

~~2599 n T~~

~~40~~

Kn 7700 40

# ARBEITEN

AUS DEM

# KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE.

(Beihefte zu den Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.)



## FÜNFZIGSTER BAND.

MIT 15 TAFELN UND IN DEN TEXT GEDRUCKTEN ABBILDUNGEN.

Z 1916.289

BERLIN.
VERLAG VON JULIUS SPRINGER.
1917.

a
R

DOI: https://doi.org/10.25646/6342


KÖNIGL. UNIVERSITÄTS
BIBLIOTHEK
BERLIN 1838



# Inhalts-Verzeichnis.


**Erstes Heft.** Ausgegeben im September 1915.

Seite

**Über die serologischen Untersuchungsmethoden als Hilfsmittel zum Nachweis der Trypanosomenkrankheiten, im besonderen der Beschälseuche.** Von R. Offermann, appr. Tierarzt und Königl. Sächs. Stabs-Veterinär, kommandiert zum Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 1

**Über die Bestimmung von Konservierungsmitteln im Kaviar.** Von Dr. Köpke, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 31

**Über die Bestimmung kleiner Arsenmengen mit besonderer Berücksichtigung des Verfahrens von Smith.** Von Regierungsrat Dr. Karl Beck, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes, und Dr. Merres, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte. (Mit 2 Tafeln) . . . . . 38

**Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Methylalkohol neben Äthylalkohol.** Von Dr. G. Reif, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 50

**Über den Befund von Typhusbacillen im Blute von Kaninchen nach Verimpfung in die Gallenblase.** Von Regierungsrat Professor Dr. Lange, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes, und Dr. Roos, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte 57

**Die Abtötung von Milzbrandsporen an Häuten und Fellen durch Natronlauge.** Von Dr. E. Hailer, Ständigem Mitarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 96

**Thelohania corethrae n. sp.,** eine neue Mikrosporidienart aus Corethra-Larven. Von Regierungsrat Professor Dr. A. Schuberg, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes, und Dr. Carlos Rodriguez, Professor an der Universität Granada. (Mit 2 Tafeln) . . 122

**Zur Frage der Verpackung der behufs Vornahme der bakteriologischen Fleischbeschau zur Versendung kommenden Fleischproben.** Von Dr. Luis Filenski, freiwilligem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 133

**Über die Bestimmung des Fettes in Kakaowaren.** Von Dr. W. Lange, Ständigem Mitarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 149

**Zweites Heft.** Ausgegeben im Dezember 1915.

**Untersuchungen über Maul- und Klauenseuche.** IV. Mitteilung: Die bei Maul- und Klauenseuche im Pansen des Rindes auftretenden Veränderungen. Von Dr. E. Kallert, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte. (Mit 2 Tafeln). . . 159

**Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Argentinien.** Nach Berichten des Kaiserl. Generalkonsulats in Buenos Aires und anderen Quellen bearbeitet durch Geheimen Regierungsrat Wehrle, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes . . . . . 164

**Über die Einwirkung von Ozon auf Mikroorganismen und künstliche Nährsubstrate, als Beitrag zur Kenntnis der Ozonwirkung in Fleischkühlhallen.** 1. Mitteilung: Die Einrichtung und Leistung des benutzten Ozonisierungsapparates und die Einwirkung von Ozon auf Bact. coli commune. Von Dr. R. Heise, Techn. Rat im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 204

**Chemische Untersuchungen zur Beurteilung des Strohmehls als Futter- und Nahrungsmittel.** Von Geheimem Regierungsrat Dr. W. Kerp, Direktor, Dr. Franz Schröder, Ständ. Mitarbeiter und Dr. B. Pfyl, wissenschaftl. Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte. (Mit 6 Tafeln) . . . . . 232

**Prüfung tragbarer Wasserfilter auf Keimdichtigkeit. Das Militär-Filter Modell 1914 und das Reise- und Armee-Filter A. F. I. der Berkefeld-Filter-Gesellschaft.** Von Regierungsrat Prof. Dr. Spitta, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes . . . . 263

**Drittes Heft.** Ausgegeben im März 1916. Seite

**Gutachten des Reichs-Gesundheitsrates über das duldbare Maß der Verunreinigung des Weserwassers durch Kali-Abwässer, ohne seine Verwendung zur Trinkwasserversorgung von Bremen unmöglich zu machen.** (1. Teil.) Mit 1 Übersichtskarte und 6 Anlagen (Tabellen). Berichterstatter: Geheimer Obermedizinalrat Dr. Abel 279

**Über ein Verfahren zur Bestimmung des Fluorgehalts von Knochen und Zähnen normaler und mit Fluoriden gefütterter Hunde.** Von Technischem Rat Dr. G. Sonntag, Ständigem Mitarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 307

**Die Behandlung von Typhusbacillenträgern mit Tierkohle.** Von Professor Dr. Ph. Kuhn, Leiter der Bakteriologischen Untersuchungsanstalt Straßburg i. E. . . . . 337

**Untersuchungen über den Mechanismus der Amboceptor- und Komplementwirkung.** Von Stabsarzt Dr. Schlemmer, z. Zt. im Felde, früher kommandiert zum Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 341

**Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des gesalzenen Seefischrogens.** Von Technischem Rat A. Weitzel, Ständigem Mitarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte 361

**Viertes Heft.** Ausgegeben im Februar 1917.

**Über den Wert der Kohlejodbehandlung echter Typhusbacillenträger.** Von Dr. Hermann von Hövell, Kgl. Kreisassistenzarzt in Berlin, ehemaligem Assistenten beim Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten in Saarbrücken . . . . . 367

**Über das kombinierte Kohlejodverfahren zur Heilung von Typhusbacillenträgern nach Dr. Kalberlah.** Von Dr. Theo Bongartz, z. Zt. Leiter der Bakteriologischen Untersuchungsanstalt in Trier . . . . . 371

**Zur Technik der Impfstoffbereitung.** Von Regierungsrat Dr. E. Ungermann, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes . . . . . 377

**Maßanalytische Bestimmung des Chlors in Lebensmitteln usw. ohne Veraschung der Stoffe auf nassem Wege.** Von Technischem Rat A. Weitzel, Ständigem Mitarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 397

**Vergleichende pharmakologische Untersuchung einiger organischer und anorganischer Säuren.** Von Geheimem Regierungsrat Professor Dr. E. Rost, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes . . . . . 405

**Über die Einwirkung von Ozon auf Mikroorganismen und künstliche Nährsubstrate, als Beitrag zur Kenntnis der Ozonwirkung in Fleischkühlhallen.** 2. Mitteilung: Die Einwirkung von Ozon auf künstliche Nährböden und auf verschiedene Bakterien, Hefen und Schimmelpilze. Von Dr. R. Heise, Technischem Rat im Kaiserl. Gesundheitsamte. (Mit 2 Tafeln) . . . . . 418

# ARBEITEN

AUS DEM

# KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE.

(Beihefte zu den Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.)




FÜNFZIGSTER BAND.

ERSTES HEFT.

MIT 4 TAFELN.

BERLIN.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER.

1915.

(Ausgegeben im September 1915.)

# Inhalts-Verzeichnis.


Seite

Über die serologischen Untersuchungsmethoden als Hilfsmittel zum Nachweis der Trypanosomenkrankheiten im besonderen der Beschälseuche. Von R. Offermann, appr. Tierarzt und Königl. Sächs. Stabs-Veterinär, kommandiert zum Kaiserl. Gesundheitsamte . 1

Über die Bestimmung von Konservierungsmitteln im Kaviar. Von Dr. Köpke, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 31

Über die Bestimmung kleiner Arsenmengen mit besonderer Berücksichtigung des Verfahrens von Smith. Von Regierungsrat Dr. Karl Beck, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes, und Dr. Merres, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte. (Mit 2 Tafeln.) 38

Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Methylalkohol neben Äthylalkohol. Von Dr. G. Reif, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 50

Über den Befund von Typhusbacillen im Blute von Kaninchen nach Verimpfung in die Gallenblase. Von Regierungsrat Professor Dr. Lange, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes, und Dr. Roos, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 57

Die Abtötung von Milzbrandsporen an Häuten und Fellen durch Natronlauge. Von Dr. E. Hailer, Ständigem Mitarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 96

Telohania corethrae n. sp., eine neue Mikrosporidienart aus Corethra-Larven. Von Regierungsrat Professor Dr. A. Schuberg, Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamtes, und Dr. Carlos Rodriguez, Professor an der Universität Granada. (Mit 2 Tafeln.) . . . . . 122

Zur Frage der Verpackung der behufs Vornahme der bakteriologischen Fleischbeschau zur Versendung kommenden Fleischproben. Von Dr. Luis Filenski (Buenos-Aires), freiwilligem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 133

Über die Bestimmung des Fettes in Kakaowaren. Von Dr. W. Lange, Ständigem Mitarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte . . . . . 149



Verlag von **Julius Springer** in **Berlin.**

Die größeren wissenschaftlichen Arbeiten u. s. w. aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte erscheinen unter dem Titel:

## Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte

in zwanglosen Heften, welche zu Bänden von 30 - 40 Bogen Stärke vereinigt werden.

Bis jetzt sind 49 Bände erschienen. — Ausführliche Inhaltsverzeichnisse stehen auf Wunsch zur Verfügung.

**Vierzigster Band.** — Mit 11 Tafeln und Abbildungen im Texte. — **Preis M 27,40.**

1. Prof. Dr. F. Neufeld und Dr. Kandiba, Beitrag zur Kenntnis der „antiaggressiven Sera".
2. Dr. E. Ungermann und Dr. L. Kandiba, Über quantitative Verhältnisse bei der Antikörperwirkung.
3. Dr. phil. C. Schellack, Über „perkutane" Infektion mit Spirochaeten des russischen Rückfallfiebers, der Hühnerspirochaetose und der Kaninchen-Syphilis. Mit 1 Tafel.
4. Dr. J. Ohmori, Zur Kenntnis des Pebrine-Erregers, *Nosema bombycis* Nägeli. Mit 1 Tafel.
5. Prof. Dr. L. Haendel und Dr. E. Gildemeister, Experimentelle Untersuchungen über das Gift der Larve von Diamphidia simplex Péringuey (Diamphidia locusta Fairmaire). Mit 1 Tafel.
6. Über die Wirkungen des Eosins auf Tiere. I. Teil. Dr. C. Titze, Fütterungsversuche mit Eosin und Eosingerste. — II. Teil. Dr. E. Rost, Pharmakologische Untersuchung des Eosins, mit Berücksichtigung der Wirkungen des Fluoreszeins und Erythrosins.
7. Prof. Dr. A. Schuberg u. Dr. Ph. Kuhn, Über die Übertragung von Krankheiten durch einheimische stechende Insekten. II. Teil.
8. Dr. W. Böing, Über Zelleinschlüsse bei Trachom und Conjunctivitiden.
9. Dr. Pfyl und Dr. R. Turnau, Über verbesserte Herstellung von Milchseren und ihre Anwendbarkeit zur Untersuchung der Milch.
10. Dr. J. Fiehe und Dr. Ph. Stegmüller, Nachprüfung einiger wichtiger Verfahren zur Untersuchung des Honigs.
11. Prof. Dr. Haendel, Vergleichende Untersuchungen über verschiedene Choleraelektivnährböden.
12. Dr. Baerthlein, Über Mutationserscheinungen bei Bakterien. Mit 8 Tafeln.

**Einundvierzigster Band.** — Mit 3 Tafeln und 23 Abbildungen im Texte. **Preis M 26,40.**

Denkschrift über die seit dem Jahre 1903 unter Mitwirkung des Reichs erfolgte systematische Typhusbekämpfung im Südwesten Deutschlands.



Fortsetzung auf Seite 3.

# Über die serologischen Untersuchungsmethoden als Hilfsmittel zum Nachweis der Trypanosomenkrankheiten, im besonderen der Beschälseuche.

Von

**Offermann,**

Königl. Sächs. Stabsveterinär,
kommandiert zum Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Durch die Untersuchungen von Lange[1]) ist die makroskopische Agglutination als diagnostisches Hilfsmittel zur Feststellung der Trypanosomenkrankheiten empfohlen worden. Lange hat als erster gezeigt, daß sich Trypanosomen in der von ihm angegebenen Weise gut agglutinieren lassen. Winkler und Wyschelessky[2]) haben den Nachweis erbracht, daß auch die Komplementbindung sich eignet, um die vielfach latent verlaufende Beschälseuche der Pferde zu diagnostizieren. Die übrigen in der Literatur vorliegenden Arbeiten über die Komplementbindung bei Trypanosomenkrankheiten kommen für diese Versuche nicht in Betracht, da sie in der Versuchstechnik zu sehr abweichen, denn alle Autoren geben an, daß sie als Antigen Organextrakt anwandten, also nach der Wassermannschen Methode arbeiteten. Levaditi und Mutermilch verwandten ein Antigen aus getrockneten Trypanosomen und später einfach frische Trypanosomenaufschwemmungen. Zu genauen und zuverlässigen Ergebnissen führten die bisher angestellten Versuche mit Ausnahme von Winkler und Wyschellesky[2]) jedoch nicht. Matthes[3]) stellte Agglutinationsversuche an und kam zu positiven Ergebnissen. Von praktischer Bedeutung war nun weiterhin die Lösung der Frage, innerhalb welcher Zeit, vom Zeitpunkt der Infektion ab gerechnet, die biologisch aktiven Reaktionskörper, die Agglutinine und die komplementbindenden Amboceptoren, im Blutserum der mit Beschälseuchetrypanosomen infizierten Tiere auftreten, namentlich auch, ob der Nachweis solcher Antikörper schon zu einer Zeit gelingt, zu der klinische Krankheitserscheinungen noch nicht nachweisbar sind. Da derartige Untersuchungen im größeren Umfang aus naheliegenden Gründen an Pferden nicht vorgenommen werden konnten, so mußten zu den einschlägigen Versuchen Tiere herangezogen werden, bei denen die künstliche Trypanosomeninfektion ebenso wie bei Pferden einen chronischen Verlauf nimmt. Dies trifft erfahrungsgemäß für

[1]) Lange, Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Bd. 50, 1911. Beiheft zu Abt. I, S. 171.

[2]) Winkler und Wyschelessky, Berliner Tierärztl. Wochenschrift 1911, S. 933.

[3]) Matthes, Zentralblatt für Bakteriologie usw. Abt. I, Bd. 65, S. 538.

Kaninchen zu. So wurden denn zu den Versuchen künstlich mit Beschälseuche-Trypanosomen infizierte Kaninchen benützt.

Über das Ergebnis dieser Versuche, die auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Regierungsrat Professor Dr. Zwick in der Veterinärabteilung des Kaiserlichen Gesundheitsamtes angestellt wurden, soll im folgenden berichtet werden.

## I. Die Komplementbindung.

Die Versuche mit der Bordet-Gengouschen Methode wurden unter Einhaltung der von Winkler und Wyschelessky mitgeteilten Technik ausgeführt. Der Beweis dafür, daß die infizierten Kaninchen in der Tat Trypanosomen in ihrem Blute beherbergten, wurde in jedem einzelnen Falle durch intraperitoneale Impfung von weißen Mäusen mit Blut der infizierten Kaninchen erbracht. Über die zu den Komplementbindungsversuchen verwendeten Bestandteile sei noch Folgendes angeführt.

### Das hämolytische Serum

wurde in der bekannten Weise gewonnen dadurch, daß Schafblutkörperchen bei Kaninchen intraperitoneal oder intravenös eingespritzt wurden. Es wurden nur Seren verwandt, die einen hämolytischen Titer von 2000 oder darüber hatten. Das durch halbstündiges Erwärmen im Wasserbade bei 56° C inaktivierte Serum wurde bei den Versuchen stets in der doppelt lösenden Menge verwendet.

### Das Komplement.

Als Komplement diente frisches Meerschweinchenserum.

### Das zu prüfende Serum

wurde den Versuchskaninchen in gewissen Abständen vom Tage der Infektion ab, meist an jedem zweiten bis dritten Tage, und zwar in der Menge von ca. 5 ccm Blut aus einer Ohrvene entnommen. Nachdem sich das Serum abgesetzt hatte, wurde es in kleine dunkle Glasfläschchen abgegossen und bis zur Prüfung gut verschlossen im Eisschrank aufbewahrt. Vor der Prüfung wurde es durch halbstündiges Erhitzen im Wasserbade bei 56° C inaktiviert.

### Das Antigen.

Zur Gewinnung des Antigens wurden 10—15 weiße oder bunte Ratten mit Beschälseuchetrypanosomen intraperitoneal infiziert und auf der Höhe der Infektion, wenn im Blute sehr viele Trypanosomen nachweisbar waren, durch Halsschnitt getötet. Das Blut wurde in weithalsigen Glasfläschchen, in denen sich Glasperlen befanden, aufgefangen und durch Schütteln defibriniert. Das defibrinierte Blut wurde sodann in Uhlenhuthsche Glasröhrchen gefüllt und in der Wasserzentrifuge bei 1600—1800 Umdrehungen in der Minute eine Viertelstunde lang geschleudert. Durch das Zentrifugieren hatten sich die Trypanosomen stets in einer etwa 1 cm hohen, bisweilen

auch noch höheren Schicht über den roten Blutkörperchen abgesetzt. Die Schicht war scharf von den Blutkörperchen und vom Serum abgegrenzt in Gestalt einer schmalen hell rötlichen oder rosaroten Zone. Mit Hilfe einer Kapillare wurde zunächst das Serum in sämtlichen Röhrchen und dann das Trypanosomenmaterial abgehoben. Dieses wurde in ein oder zwei Röhrchen gesammelt und wiederholt mit physiologischer Kochsalzlösung gewaschen und zentrifugiert, bis es möglichst von Blutkörperchen und Serum befreit als weiße Masse erschien. Ein drei- bis viermaliges Auswaschen genügte fast immer. Dieses Trypanosomenmaterial wurde gemessen und mit physiologischer Kochsalzlösung im Verhältnis 1 : 10 verdünnt. Die Aufschwemmung wurde in einen Erlenmeyerschen Kolben gebracht und alsdann 4 Tage lang ununterbrochen geschüttelt. Die grauweiße, gleichmäßig getrübte Flüssigkeit wurde in Zentrifugiergläser abgegossen und eine Viertelstunde lang in einer Zentrifuge mit ungefähr 1200 Umdrehungen zentrifugiert. Dabei setzten sich die körperlichen Bestandteile zu Boden, und darüber stand eine bläulich weiß gefärbte Flüssigkeit. Diese wurde mit der Pipette abgehoben und als Antigen benützt.

### Die Blutkörperchen.

5 ccm frisches Schafblut wurde in eine Zentrifugierröhre gefüllt. Am Glase wurde dann durch einen Strich mit einem Fettstift die Höhe des Flüssigkeitsspiegels bezeichnet. Darauf wurde physiologische Kochsalzlösung hinzugefügt, das Blut ausgewaschen und eine Viertelstunde lang bei 16—1800 Umdrehungen zentrifugiert. Nach drei- bis viermaligem Auswaschen und Zentrifugieren war das Serum vollständig entfernt, und unter der Kochsalzlösung befanden sich die reinen Blutkörperchen. Die überstehende Flüssigkeit wurde mit der Pipette abgehoben und hierauf bis zu dem erwähnten Markierungsstrich wieder Kochsalzlösung zugesetzt. Dieser Mischung wurden nun 95 ccm physiologische Kochsalzlösung zugesetzt.

### Prüfung von Seren gesunder Kaninchen.

Da sich bei orientierenden Versuchen die bereits von Blumenthal [1]) u. a. erwähnte Tatsache bestätigte, daß die Seren gesunder Kaninchen bisweilend hemmend auf den Eintritt der Hämolyse wirken, so wurden zunächst 15 von gesunden Kaninchen stammende Sera auf Eigenhemmung untersucht. Die Prüfung geschah in der Weise, daß dem hämolytischen System (Komplement, hämolytisches Serum, Blutkörperchen) fallende Mengen von Serum (von 0,2 ccm abwärts) zugesetzt wurden, um so die untere Grenze zu bestimmen, bis zu welcher die Hämolyse hemmend beeinflußt wird. Die näheren Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigt Tabelle I.

---

[1]) Blumenthal, Berliner klinische Wochenschrift 1908, S. 619.

Tabelle I.

| Serum Nr. | Serum-menge | Ergebnis | Serum Nr. | Serum-menge | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,1 ccm | Starke Hemmung | 7 | 0,1 ccm | Vollständige Hämolyse |
| | 0,02 „ | Schwache Hemmung | 8 | 0,1 „ | Spur Hemmung |
| | 0,01 „ | Vollständige Hämolyse | | 0,05 „ | Vollständige Hämolyse |
| 2 | 0,1 „ | Schwache Hemmung | 9 | 0,1 „ | Schwache Hemmung |
| | 0,05 „ | Vollständige Hämolyse | | 0,05 „ | Vollständige Hämolyse |
| 3 | 0,1 „ | Starke Hemmung | 10 | 0,1 „ | „ „ |
| | 0,02 „ | „ „ | 11 | 0,1 „ | Spur Hemmung |
| | 0,01 „ | Vollständige Hämolyse | | 0,02 „ | Vollständige Hämolyse |
| 4 | 0,1 „ | Starke Hemmung | 12 | 0,1 „ | Deutliche Hemmung |
| | 0,02 „ | Schwache Hemmung | | 0,02 „ | Spur Hemmung |
| | 0,01 „ | Vollständige Hämolyse | | 0,01 „ | Vollständige Hämolyse |
| 5 | 0,1 „ | Starke Hemmung | 13 | 0,1 „ | „ „ |
| | 0,02 „ | „ „ | 14 | 0,1 „ | Deutliche Hemmung |
| | 0,01 „ | Vollständige Hämolyse | | 0,05 „ | Vollständige Hämolyse |
| 6 | 0,1 „ | Starke Hemmung | 15 | 0,1 „ | Spur Hemmung |
| | 0,02 „ | „ „ | | 0,05 „ | Vollständige Hämolyse |
| | 0,01 „ | Vollständige Hämolyse | | | |

Wie aus vorstehender Tabelle zu ersehen ist, üben die Seren gesunder Kaninchen bisweilen eine die Hämolyse hemmende Wirkung aus. Eine Regelmäßigkeit ist jedoch nicht zu erkennen; denn während einzelne Seren den Eintritt der Hämolyse stark hemmen, lassen andere nur eine geringe, manche überhaupt keine derartige Wirkung erkennen. Bei Verwendung von 0,01 ccm Serum war indessen in keinem Falle eine hemmende Wirkung festzustellen.

**Prüfung der Seren von Kaninchen, die mit Beschälseuchetrypanosomen infiziert waren.**

Vor der Infektion mit Beschälseuchetrypanosomen wurde das Serum eines jeden Kaninchens daraufhin geprüft, ob es etwa in einer Menge von 0,01 ccm eine hemmende Wirkung auf den Eintritt der Hämolyse ausübe. In keinem Falle war eine solche festzustellen.

Die Ausführung der Komplementbindung gestaltete sich folgendermaßen:

a) Vorversuche.

Die Einstellung des Komplements

erfolgte in der bekannten Weise mittels des hämolytischen Systems. Die Flüssigkeitssäule wurde dabei durch Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung auf ein Volumen von 5 ccm gebracht. Das Komplement wurde immer in einer Verdünnung von 1 : 10 abgestuften Mengen angewandt. Im Hauptversuch wurde dann die auf die niedrigste gerade noch vollständige Hämolyse erzeugende Dosis folgende nächst höhere zugesetzt, d. h. wenn im Vorversuch bei Verwendung von 0,2 ccm Komplement noch vollständige Hämolyse eintrat, so wurden im Hauptversuch 0,3 ccm zugesetzt.

## Die Einstellung des Antigens.

Das Antigen wurde in fallenden Mengen von 0,2 bis 0,01 ccm in die Reagenzröhrchen verteilt, sodann wurde Komplement zugesetzt und die Flüssigkeitsmenge durch Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung auf 2 ccm ergänzt. Die Röhrchen wurden kräftig geschüttelt, darauf 1 Stunde lang bei 37° C im Brutschrank gehalten. Nun wurden hämolytisches Serum und Blutkörperchen zugesetzt, alsdann mit physiologischer Kochsalzlösung die Flüssigkeitsmenge auf 5 ccm gebracht und nochmals gut geschüttelt. Nach zweistündigem Aufenthalte bei 37° C im Brutschranke wurde das Ergebnis abgelesen. Im Hauptversuche wurde stets die halbe unterbindende Dosis verwandt, d. h. wenn bei 0,06 ccm Antigen vollständige Hämolyse eintrat, wurden im Hauptversuche 0,03 ccm Antigen benützt, um jede Eigenhemmung des Antigens auszuschalten.

## Der Hauptversuch.

Zunächst wurden von den zu prüfenden Seren mit physiologischer Kochsalzlösung Verdünnungen von 1 : 100 hergestellt und diese $^1/_2$ Stunde lang bei 56° C im Wasserbade inaktiviert. Sodann wurden von den Verdünnungen je 1, 0,5 und 0,2 ccm in Reagenzröhrchen gebracht, so daß die Röhrchen in Wirklichkeit Serummengen von 0,01, 0,005 und 0,002 ccm enthielten. Hierauf wurden die in den Vorversuchen festgestellten Mengen Komplement und Antigen hinzugefügt und die Flüssigkeitsmenge durch Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung auf ein Volumen von 3 ccm gebracht. Die Röhrchen wurden dann, nachdem sie zuvor zur gleichmäßigen Verteilung des Inhalts gut geschüttelt worden waren, im Brutschranke eine Stunde lang bei einer Temperatur von 37° C gehalten. Nach dieser Zeit wurde das inaktive hämolytische System hinzugefügt; nach abermaligem Durchschütteln der Mischungen kamen die Röhrchen wieder in den auf 37° C eingestellten Brutschrank. Nach weiteren zwei Stunden wurde das Ergebnis abgelesen.

Bei jedem Versuche wurden folgende Kontrollen angesetzt:

1. Spezifisches Serum + Komplement + hämolytischer Amboceptor + Blutkörperchen zur Prüfung, ob das spezifische Serum für sich allein die Hämolyse zu hemmen vermag.

2. Normales vor der Infektion entnommenes Kaninchenserum in Menge von 0,01 ccm + Komplement + Antigen + hämolytischer Amboceptor + Blutkörperchen zum Beweis, daß das zu prüfende Serum vor der Infektion keine Bindung verursachte.

3. Spezifisches, sicher bindendes Pferdeserum + Komplement + Antigen + Amboceptor + Blutkörperchen zum Beweis, daß spezifisches Serum eine Bindung des Komplements bedingt.

4. Normales, bereits geprüftes Pferdeserum + Komplement + Antigen + Amboceptor + Blutkörperchen zum Beweis, daß normales Serum keine Bindung bewirkt.

5. Komplement + Amboceptor + Blutkörperchen zur Prüfung des hämolytischen Systems.

6. Komplement + Blutkörperchen zum Beweis, daß Komplement allein nicht löst.

7. Amboceptor + Blutkörperchen zum Beweis, daß inaktives hämolytisches Serum allein nicht löst.

8. Physiologische Kochsalzlösung + Blutkörperchen zum Beweis, daß die verwendete Kochsalzlösung allein die Blutkörperchen nicht auflöst.

Die Ergebnisse der Prüfung von Seren von Kaninchen, die mit Trypanosomen der Beschälseuche infiziert waren, sind in folgenden Tabellen wiedergegeben.

### Kaninchen Nr. 762.

Silbergrau, weiblich, 3100 g schwer. Das Tier erscheint klinisch gesund. Am 4. 1. 13 Injektion von 5 Tropfen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 991 + 2 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustseite. 1. Blutentnahme am 8. 1. 13, 4 Tage nach der Infektion. Bis 14. 3. 13 keine klinischen Krankheitserscheinungen.

Tabelle II.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1:10 | | Amboceptor 1:2000 | Blutkörperchen 5% | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8. 1. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0.3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 10. 1. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 1. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 14. 1. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 20. 1. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 23. 1. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 28. 1. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 31. 1. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 3. 2. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 7. 2. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 14. 2. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche Hemmung |

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19. 2. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Deutliche Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 21. 2. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 25. 2. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 27. 2. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 1. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 4. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 6. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 12. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 15. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 17. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |

1 Stunde 37 ° C

2 Stunden 37 ° C

Das Serum des am 14. 1. 13, also 11 Tage nach der Infektion, entnommenen Blutes enthielt, wie aus diesen Versuchen hervorgeht, komplementbindende Substanzen. Dieses Serum erwies sich bereits als sehr wirksam, während des Krankheitsverlaufs änderte sich der Titer nur wenig, der Gehalt an spezifischen Amboceptoren verringerte sich vorübergehend, um kurz vor dem Tode wieder anzusteigen. Während also die komplementbindenden Substanzen bereits 11 Tage nach der Infektion nachzuweisen waren, traten die ersten klinischen Krankheitserscheinungen erst am 15. März, demnach 10 Wochen nach der Infektion, auf. Im Blute des Versuchstieres wurden am 8. 1. 13, 5 Tage nach der Infektion, durch den Mäuseversuch Trypanosomen nachgewiesen.

### Kaninchen Nr. 763.

Grauschwarz, weiblich, 2560 g schwer, klinisch gesund. Am 4. 1. 13 5 Tropfen beschälseuchetrypanosomenhaltiges Blut von Meerschweinchen Nr. 991 + 2 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustwand. Erste Blutentnahme am 8. 1. 13, 5 Tage nach der Infektion. Bis 19. 2. 13 waren keine Krankheitserscheinungen nachzuweisen. Am 20. 2. 13 war eine geringgradige Schwellung in der Umgebung der Augen zu bemerken.

Tabelle III.

| Serum vom | | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8. 1. | 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 10. 1. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 1. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 14. 1. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 20. 1. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 23. 1. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 28. 1. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Komplette „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | Deutliche „ |
| 31. 1. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 3. 2. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 7. 2. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 14. 2. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Komplette „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 19. 2. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Komplette „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 21. 2. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 25. 2. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 27. 2. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 1. 3. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. 3. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Deutliche Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 6. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 12. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 15. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 17. 3. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

Am 14. 1., 11 Tage nach der Infektion, zeigte das Serum zum ersten Male komplementbindende Eigenschaften, und zwar erwies es sich als sehr stark wirksam. Die Wirkung blieb während des Verlaufs der Krankheit ungefähr die gleiche. Die Schwankungen waren nur sehr geringgradig. Ende März, 11—12 Wochen nach der Infektion, traten die ersten typischen Krankheitserscheinungen auf. Im Blute vom 8. 1., 5 Tage nach der Infektion, wurden durch den Mäuseversuch Trypanosomen nachgewiesen.

### Kaninchen Nr. 716.

Weiß, graue Ohren, weiblich, 3000 g schwer, klinisch gesund. Am 27. 3. 13 1 ccm einer Mischung von 20 Ösen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 913 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustseite. Bis 17. 4. 13 außer Abmagerung keine Krankheitserscheinungen. Am 18. 4. 13 an der linken Schamlippe eine erbsengroße Blase. In der serösen Blasenflüssigkeit Trypanosomen mikroskopisch nicht nachzuweisen. Erste Blutentnahme am 29. 3., 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle IV.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29. 3. 0,01 ccm | 0,2 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 31. 3. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 2. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. 4. 0,01 ccm | 0,2 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 7. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 9. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 14. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Komplette „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 16. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 18. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |

Am 7. 4. 13, 11 Tage nach der Infektion wirkte das Serum zum ersten Mal in geringen Grade komplementbindend. Vom 16. Tage an war es sehr stark wirksam und blieb es auch ohne Schwankungen bis zum Ende des Versuchs. Das Tier starb am 22. 4. 13, ohne Krankheitserscheinungen gezeigt zu haben, die auf Beschälseuche schließen ließen. Trypanosomen wurden im Blute 2 Tage nach der Infektion, am 29. 3. 13, durch den Mäuseversuch festgestellt.

### Kaninchen Nr. 747.

Gelb, weiblich, 2400 g schwer, klinisch gesund. Am 27. 3. 13 1 ccm einer Mischung von 20 Ösen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 913 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustseite. Das Tier zeigte außer starker Abmagerung niemals Krankheitserscheinungen. Erste Blutentnahme am 29. 3. 13, 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle V.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20. 3. 0,01 ccm | 0,2 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 31. 3. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. 4. 0,01 ccm | 0,2 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 4. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 7. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 9. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 12. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 14. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 16. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 18. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 21. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Komplette „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 23. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Komplette „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

1 Stunde 37° C

2 Stunden 37° C

Am 7. 4. 13, 11 Tage nach der Infektion, ist zum ersten Male eine geringgradige komplementbindende Wirkung des Serums festzustellen. Vom 16. 4. 13 ab ist das Bindungsvermögen des Serums stark bezw. sehr stark. Erscheinungen der Beschälseuche zeigte das Tier nicht. Trypanosomen wurden im Blute ebenfalls 2 Tage nach der Infektion am 29. 3. durch den Mäuseversuch festgestellt.

## Kaninchen Nr. 748.

Grauweiß, weiblich, 4480 g schwer, klinisch gesund. Am 27. 3. 13 1 ccm einer Mischung von 20 Ösen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 913 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustseite. Erste Blutentnahme am 29. 3. 13, 2 Tage nach der Infektion. Das Tier zeigte außer starker Abmagerung und Appetitmangel keine Krankheitserscheinungen.

Tabelle VI.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 2 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29. 3. 0,01 ccm | 0,2 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 31. 3. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 2. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 4. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | Spur Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 7. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 9. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 14. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

Komplementbindende Substanzen traten im Serum zum ersten Male am 4. 4. 13, 8 Tage nach der Infektion, in sehr geringer Menge auf. Sie nahmen bis zum 14. 4. 13 geringgradig zu, erreichten aber keine bedeutende Höhe. Am 16. 4. 13 starb das Tier ohne Erscheinungen der Beschälseuche. Trypanosomen wurden im Blute am 29. 3. 13, 2 Tage nach der Infektion, festgestellt.

Kaninchen Nr. 924.

Albino, weiblich, 2410 g schwer, klinisch gesund. Am 27. 3. 13 1 ccm einer Mischung von 20 Ösen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 913 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustseite. Erste Blutentnahme am 29. 3. 13, 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle VII.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29. 3. 0,01 ccm | 0,2 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 31. 3. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | „ „ |

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2. 4. 0,01 ccm | 0,2 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 4. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 7. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | „ „ |

Trypanosomen wurden durch den Mäuseversuch am 31. 3. 13, 4 Tage nach der Infektion, festgestellt. Am 4. 4. 13 konnten Trypanosomen mikroskopisch im Blute nachgewiesen werden. Das Tier starb interkurrent am 8. 4. 13, ohne daß bis dahin im Serum komplementbindende Substanzen nachgewiesen werden konnten.

## Kaninchen Nr. 949.

Grau, weiblich, 3480 g schwer, klinisch gesund. Am 27. 3. 13 1 ccm einer Mischung von 20 Ösen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 913 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustwand. Erste Blutentnahme am 29. 3. 13, 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle VIII.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29. 3. 0,01 ccm | 0,2 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 31. 3. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 2. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 4. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 7. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 9. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 4. 0,01 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,2 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | „ „ |

Das Tier starb interkurrent am 13. 4. 13, 17 Tage nach der Infektion, ohne daß bis dahin komplementbindende Substanzen im Serum auftraten. Klinische Erscheinungen der Beschälseuche fehlten. Trypanosomen konnten im Blute 2 Tage nach der Infektion am 29. 3. 13 durch den Mäuseversuch nachgewiesen werden.

### Kaninchen Nr. 703.

Weiß-grau, männlich, 3480 g schwer, klinisch gesund. Am 8. 7. 13 1 ccm einer Mischung von 10 Tropfen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 937 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustwand. Erste Blutentnahme am 10. 7. 13, 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle IX.

| Serum vom | | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11. 7. | 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 14. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 16. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 19. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 22. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 24. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 26. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 28. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 30. 7. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 1. 8. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 4. 8. | 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche Hemmung |
| | 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| | 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |

1 Stunde 37° C

2 Stunden 37° C

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. 8. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | 1 Stunde 37° C | 1 ccm | 1 ccm | 2 Stunden 37° C | Deutliche Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 9. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 11. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

Am 16. 7. 13, bereits 8 Tage nach der Infektion, konnten im Serum komplementbindende Substanzen in geringer Menge festgestellt werden. Eine merkliche Steigerung in der Stärke der Reaktion trat während des Krankheitsverlaufs nicht ein. Die Reaktion war bedeutend schwächer wie bei den vorhergehenden Tieren. Die ersten klinischen Erscheinungen der Beschälseuche traten am 22. 8. 13, 6 Wochen nach der Infektion, auf. Am 10. 7. 13, 2 Tage nach der Infektion, wurden durch den Mäuseversuch Trypanosomen im Blute des Kaninchens nachgewiesen.

### Kaninchen Nr. 717.

Grauweiß, weiblich, 3100 g schwer, klinisch gesund. Am 8. 7. 13 1 ccm einer Mischung von 10 Tropfen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 937 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustwand. Erste Blutentnahme am 10. 7. 13, 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle X.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5 % | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10. 7. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | 1 Stunde 37° C | 1 ccm | 1 ccm | 2 Stunden 37° C | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 14. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 16. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 19. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

| Serum vom | Antigen | Komplement 1:10 | | Amboceptor 1:2000 | Blutkörperchen 5% | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22. 7. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Deutliche Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 24. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 26. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 28. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 30. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |

Auch bei diesem Tiere traten bereits 8 Tage nach der Infektion, am 16. 7. 13, komplementbindende Substanzen in ganz geringer Menge im Serum auf, die sich im Laufe der Krankheit aber sehr stark vermehrten. Durch den Mäuseversuch konnten Trypanosomen schon 2 Tage nach der Infektion, am 10. 7. 13, im Blute des Kaninchens nachgewiesen werden. Das Tier starb am 31. 7. 13 ohne Erscheinungen der Beschälseuche.

### Kaninchen Nr. 735.

Albino, weiblich, 2600 g schwer, klinisch gesund. Am 8. 7. 13 1 ccm einer Mischung von 10 Tropfen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 937 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustwand. Erste Blutentnahme am 10. 7. 13, 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle XI.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1:10 | | Amboceptor 1:2000 | Blutkörperchen 5% | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10. 7. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 14. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 16. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

| Serum vom | Antigen | Komplement 1:10 | | Amboceptor 1:2000 | Blutkörperchen 5% | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19. 7. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 22. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 24. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 26. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 28. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 30. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 1. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 4. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 7. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 9. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 11. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

1 Stunde 37° C

2 Stunden 37° C

Am 16. 7. 13, 8 Tage nach der Infektion, traten zum ersten Male komplementbindende Substanzen in geringer Menge im Serum auf; die Stärke der Reaktion nahm im Verlaufe der Krankheit zu, um gegen das Ende hin wieder abzunehmen. Durch den Mäuseversuch konnten bereits 2 Tage nach der Infektion Trypanosomen im Blute des Kaninchens nachgewiesen werden. Das Tier starb am 12. 8. 13, ohne spezifische Erscheinungen der Beschälseuche gezeigt zu haben.

### Kaninchen Nr. 954.

Albino, männlich, 3240 g schwer, klinisch gesund. Am 8. 7. 13 1 ccm einer Mischung von 10 Tropfen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes vom Meerschweinchen Nr. 937 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustwand. Erste Blutentnahme am 10. 7. 13, 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle XII.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5% | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10. 7. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 14. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 16. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 19. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 22. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 24. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 26. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 28. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 30. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 1. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 4. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 7. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 9. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 11. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |

Am 19. 7. 13, 11 Tage nach der Infektion, traten zum ersten Male komplementbindende Substanzen in geringer Menge im Serum auf, vom 28. 7. 13 ab erschienen sie in großer Menge und hielten sich während des Verlaufs der Krankheit auf gleicher Höhe. Zwei Tage nach der Infektion konnten durch den Mäuseversuch Trypanosomen im Blute des Kaninchens nachgewiesen werden. Die ersten klinischen Erscheinungen der Beschälseuche traten am 30. 8. 13, 7 Wochen nach der Infektion, auf.

### Kaninchen Nr. 974.

Grauweiß, weiblich, 2650 g schwer, klinisch gesund. Am 8. 7. 13 1 ccm einer Mischung von 10 Tropfen beschälseuchetrypanosomenhaltigen Blutes von Meerschweinchen Nr. 937 + 6 ccm physiologischer Kochsalzlösung subcutan an der linken Brustwand. Erste Blutentnahme am 10. 7. 13, 2 Tage nach der Infektion.

Tabelle XIII.

| Serum vom | Antigen | Komplement 1 : 10 | | Amboceptor 1 : 2000 | Blutkörperchen 5% | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10. 7. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | | 1 ccm | 1 ccm | | Vollständige Hämolyse |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 12. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 14. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 16. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 19. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | 1 Stunde 37° C | 1 „ | 1 „ | 2 Stunden 37° C | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Vollständige Hämolyse |
| 22. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Spur „ |
| 24. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 26. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,2 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 28. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 30. 7. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 1. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |

| Serum vom | Antigen | Komplement 1:10 | | Amboceptor 1:2000 | Blutkörperchen 5% | | Ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4. 8. 0,01 ccm | 0,3 ccm | 0,3 ccm | 1 Stunde 37° C | 1 ccm | 1 ccm | 2 Stunden 37° | Fast komplette Hemmung |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 7. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 9. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Deutliche „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 11. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Schwache „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |
| 13. 8. 0,01 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Fast komplette „ |
| 0,005 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | Starke „ |
| 0,002 „ | 0,3 „ | 0,3 „ | | 1 „ | 1 „ | | „ „ |

Die spezifischen Amboceptoren traten zum ersten Male in ganz geringer Menge im Serum vom 14. 7. 13, 6 Tage nach der Infektion, auf. Sie erreichten am 26. 7. 13 einen hohen Grad und hielten sich unter geringen Schwankungen auf dieser Höhe während des Verlaufs der Krankheit. Trypanosomen konnten im Blute des Tieres bereits 2 Tage nach der Infektion durch den Mäuseversuch nachgewiesen werden. Am 22. 8. 13, 6 Wochen nach der Infektion, traten die ersten klinischen Erscheinungen der Beschälseuche auf.

**Ergebnisse der Komplementbindungsversuche.**

Von den 12 untersuchten Seren lieferten 10 ein positives Ergebnis, während 2 Seren keine komplementbindende Eigenschaften zeigten. Die beiden Tiere, von denen diese Seren stammten, starben an Zufallskrankheiten, jedoch erst nach einer Zeit, zu der die Seren der gleichzeitig mit ihnen geimpften Tiere bereits komplementbindende Wirkung besaßen. Das Auftreten der komplementbindenden Antikörper und ihr weiterer Bestand in den Seren der infizierten Kaninchen waren bei den verschiedenen Tieren nicht gleichmäßig. Während bei einigen sofort eine sehr starke, ja fast komplette Bindung des Komplements eintrat, trotzdem das Serum 2 Tage vorher noch vollständig ohne Wirkung auf den Eintritt der Hämolyse gewesen war, setzte bei anderen die komplementbindende Wirkung schwach ein, um dann plötzlich hochgradig anzusteigen oder allmählich eine mehr oder weniger größere Stärke zu erreichen. Die einmal erreichte Stärke der komplementbindenden Wirkung blieb nicht immer gleich, sondern wechselte, so daß im Verlaufe der Krankheit die komplementbindenden Amboceptoren in den Seren von den infizierten Kaninchen teils bis zum Schluß anstiegen, teils sich auf einer gewissen Höhe hielten, teils aber auch wieder zurückgingen, um dann auf einer bestimmten Höhe stehen zu bleiben oder auch nochmals anzusteigen. Die Schwankungen waren jedoch immer nur geringgradig. In keinem Falle verschwanden die Amboceptoren gänzlich aus dem Serum.

Der Nachweis der komplementbindenden Amboceptoren gelang durchweg bereits zu einer Zeit, in der klinische Erscheinungen der Beschälseuche noch nicht festzustellen waren. Während in den einzelnen Fällen klinische Erscheinungen entweder gar nicht oder erst 6—12 Wochen nach der Infektion auftraten, konnten die komplementbindenden Amboceptoren bereits nach 6—11 Tagen nachgewiesen werden.

Die Komplementbindung ist demnach als ein wertvolles diagnostisches Hilfsmittel zur Feststellung latent verlaufender Beschälseuche geeignet und zwar überall da, wo diese Krankheit als einzige Trypanosomiasis der Pferde in Frage kommt; denn wie andere Versuche (Winkler und Wyschelessky[1]), eigene Untersuchungen) ergaben, gelingt es mit Hilfe der Komplementbindung nicht, Beschälseuchetrypanosomen zu differenzieren, sondern die Reaktion stellt eine Gruppenreaktion dar, so daß mit Beschälseuchetrypanosomenantigen Nagana- und Dourineserum das Komplement binden und mit Nagana- bezw. Dourineantigen Nagana-, Dourine- oder Beschälseucheserum.

## II. Die Agglutination.

Die Agglutinationsversuche wurden nach den Angaben von Lange[2]) und Winkler-Wyschelessky[1]) angestellt. Bei jedem Versuchstiere wurde das vor der Infektion gewonnene Serum auf seine agglutinierende Fähigkeit geprüft. In keinem Falle trat bei Verwendung von solchen normalen Seren Agglutination ein.

Die Gewinnung des Trypanosomenmaterials geschah in derselben Weise wie für die Komplementbindung auf Seite 2 angegeben. Die reinen Trypanosomen wurden alsdann mit physiologischer Kochsalzlösung aufgeschwemmt, bis die Flüssigkeit ein schwach milchig-weißes Aussehen zeigte. Von dieser Flüssigkeit wurden 1—2 Tropfen den zu untersuchenden Serumverdünnungen zugesetzt. Die Röhrchen wurden nun bis zur vollständig gleichmäßigen Verteilung des Inhalts geschüttelt und im Brutschranke 5 Stunden lang bei 37° C gehalten. Diese Zeit erwies sich auf Grund zahlreicher Versuche als die geeignetste zum Ablesen des Ergebnisses, die Reaktion war alsdann vollständig abgelaufen, während bei längerem Stehen nicht selten bereits Sedimentbildung einzusetzen begann. Wurden die Röhrchen 12 Stunden lang und darüber stehen gelassen, so war in allen Röhrchen Sedimentierung eingetreten, die auf die Beurteilung der Reaktion störend einwirkte. Während bei Versuchen mit spezifischen Pferdeseren die Reaktion bei stark wirkenden Seren teilweise eine sehr ausgesprochene war, wurde bei den untersuchten Kaninchenseren durchweg ein schwächerer Ausfall beobachtet. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in den Tabellen XIV—XXV niedergelegt. Zu bemerken wäre noch, daß bei jedem Versuche Kontrollen mit spezifischem, bereits austitriertem Pferdebeschälseucheserum, normalen Pferde- und Kaninchenseren und physiologischer Kochsalzlösung angestellt wurden.

---

[1]) Winkler und Wyschelessky, Berliner Tierärztl. Wochenschrift 1911, S. 933.

[2]) Lange, Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten Bd. 50, Beiheft zu Abt. I, S. 171.

Tabelle XIV.

Kaninchen Nr. 762. Am 4. 1. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 8. 1. 13 | 0 | 19. 2. 13 | 1000 |
| 10. 1. 13 | 0 | 21. 2. 13 | 1000 |
| 14. 1. 13 | 0 | 25. 2. 13 | 2000 |
| 20. 1. 13 | 0 | 27. 2. 13 | 2000 |
| 23. 1. 13 | 800 | 1. 3. 13 | 2000 |
| 28. 1. 13 | 800 | 4. 3. 13 | 2000 |
| 31. 1. 13 | 800 | 6. 3. 13 | 4000 |
| 2. 2. 13 | 800 | 12. 3. 13 | 8000 |
| 7. 2. 13 | 800 | 15. 3. 13 | 8000 |
| 14. 2. 13 | 1000 | 17. 3. 13 | 2000 |

Am 23. 1., das sind 19 Tage nach der Infektion, zeigte das Serum zum ersten Male agglutinierende Eigenschaften. Der Titer stieg von 800 bis auf 8000 in den Seren vom 12. 3. und 15. 3. Diese beiden Seren gaben auch eine sehr sinnfällige Reaktion. 2 Tage später war der Titer merklich bis auf 2000 herabgegangen.

Tabelle XV.

Kaninchen Nr. 763. Am 4. 1. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 8. 1. 13 | 0 | 19. 2. 13 | 2000 |
| 10. 1. 13 | 0 | 21. 2. 13 | 2000 |
| 14. 1. 13 | 0 | 25. 2. 13 | 2000 |
| 20. 1. 13 | 0 | 27. 2. 13 | 2000 |
| 23. 1. 13 | 0 | 1. 3. 13 | 2000 |
| 28. 1. 13 | 0 | 4. 3. 13 | 2000 |
| 31. 1. 13 | 400 | 6. 3. 13 | 2000 |
| 3. 2. 13 | 400 | 12. 3. 13 | 2000 |
| 7. 2. 13 | 1000 | 15. 3. 13 | 2000 |
| 14. 2. 13 | 1000 | 17. 3. 13 | 2000 |

Am 31. 1., 23 Tage nach der Infektion, zeigten sich zum ersten Male Agglutinine bis zu einer Verdünnung von 1 : 400 im Serum. Der Titer stieg bis auf 2000, um sich bis zum Ende auf gleicher Höhe zu halten.

Tabelle XVI.

Kaninchen Nr. 716. Am 27. 3. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 29. 3. 13 | 0 | 9. 4. 13 | 100 |
| 31. 3. 13 | 0 | 12. 4. 13 | 200 |
| 2. 4. 13 | 0 | 14. 4. 13 | 400 |
| 4. 4. 13 | 0 | 16. 4. 13 | 400 |
| 7. 4. 13 | 0 | 18. 4. 13 | 400 |

13 Tage nach der Infektion agglutinierte das Serum in einer Verdünnung von 1 : 100. Der Titer stieg während des kurzen Verlaufs der Krankheit innerhalb 9 Tagen nur bis auf eine Höhe von 400. Trypanosomen wurden durch den Mäuseversuch im Blute vom 29. 3. festgestellt.

Tabelle XVII.

Kaninchen Nr. 747. Am 27. 3. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 29. 3. 13 | 0 | 12. 4. 13 | 200 |
| 31. 3. 13 | 0 | 14. 4. 13 | 200 |
| 2. 4. 13 | 0 | 16. 4. 13 | 400 |
| 4. 4. 13 | 0 | 18. 4. 13 | 400 |
| 7. 4. 13 | 0 | 21. 4. 13 | 1000 |
| 9. 4. 13 | 0 | 23. 4. 13 | 1000 |

Das Serum dieses Tieres agglutinierte zum ersten Male 16 Tage nach der Infektion mit einem Titer von 200, der nach weiteren 9 Tagen die Höhe von 1000 erreichte. Trypanosomen wurden durch den Mäuseversuch im Blute vom 29. 3. 13 festgestellt.

Tabelle XVIII.

Kaninchen Nr. 748. Am 27. 3. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 29. 3. 13 | 0 | 7. 4. 13 | 0 |
| 31. 3. 13 | 0 | 9. 4. 13 | 0 |
| 2. 4. 13 | 0 | 12. 4. 13 | 200 |
| 4. 4. 13 | 0 | 14. 4. 13 | 200 |

Das Serum dieses Tieres agglutinierte ebenfalls 16 Tage nach der Infektion zum ersten Male mit einem Titer von 200. Der Titer blieb während des kurzen Verlaufs der Krankheit derselbe. Trypanosomen wurden durch den Mäuseversuch im Blute vom 29. 3. 13 festgestellt.

Tabelle XIX.

Kaninchen Nr. 924. Am 27. 3. 13. Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 29. 3. 13 | 0 | 4. 4. 13 | 0 |
| 31. 3. 13 | 0 | 7. 4. 13 | 0 |
| 2. 4. 13 | 0 | | |

Das Tier starb interkurrent am 8. 4. 13, ohne daß während des 11tägigen Zwischenraums zwischen Infektion und Tod Agglutinine im Serum hätten nachgewiesen werden können. Trypanosomen waren am 31. 3. 13 im Blute vorhanden, wie der Mäuseversuch ergab. Am 4. 4. 13 konnten sie mikroskopisch festgestellt werden.

Tabelle XX.

Kaninchen Nr. 949. Am 27. 3. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 29. 3. 13 | 0 | 7. 4. 13 | 0 |
| 31. 3. 13 | 0 | 9. 4. 13 | 0 |
| 2. 4. 13 | 0 | 12. 4. 13 | 100 |
| 4. 4. 13 | 0 | | |

16 Tage nach der Infektion agglutinierte das Serum zum ersten Male mit dem Titer 100. Der Versuch wurde infolge des am 13. 4. 13 erfolgten Todes beendet. Trypanosomen konnten im Blute am 29. 3. 13 durch den Mäuseversuch nachgewiesen werden.

Tabelle XXI.

Kaninchen Nr. 703. Am 8. 7. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 10. 7. 13 | 0 | 28. 7. 13 | 2000 |
| 13. 7. 13 | 0 | 30. 7. 13 | 2000 |
| 14. 7. 13 | 400 | 1. 8. 13 | 2000 |
| 16. 7. 13 | 400 | 4. 8. 13 | 4000 |
| 19. 7. 13 | 400 | 7. 8. 13 | 8000 |
| 22. 7. 13 | 400 | 9. 8. 13 | 8000 |
| 24. 7. 13 | 400 | 11. 8. 13 | 8000 |
| 26. 7. 13 | 2000 | 13. 8. 13 | 8000 |

Das Serum dieses Tieres agglutinierte bereits 6 Tage nach der Infektion mit einem Titer von 400. Der Titer erreichte allmählich die Höhe von 8000, die er bis zum Ende des Verlaufs beibehielt. Trypanosomen wurden im Blute bereits am 10. 7. 13, 2 Tage nach der Infektion, durch den Mäuseversuch nachgewiesen.

Tabelle XXII.

Kaninchen Nr. 717. Am 8. 7. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 10. 7. 13 | 0 | 22. 7. 13 | 800 |
| 12. 7. 13 | 0 | 24. 7. 13 | 2000 |
| 14. 7. 13 | 0 | 26. 7. 13 | 2000 |
| 16. 7. 13 | 0 | 28. 7. 13 | 4000 |
| 19. 7. 13 | 0 | 30. 7. 13 | 4000 |

Agglutinine traten im Serum zum ersten Male am 22. 7. 13, 14 Tage nach der Infektion auf. Trypanosomen waren im Blute durch den Mäuseversuch bereits 2 Tage nach der Infektion nachzuweisen. Der Titer erreichte während des Verlaufs der Krankheit eine Höhe von 4000, die er bis zum Ende beibehielt.

Tabelle XXIII.

Kaninchen Nr. 735. Am 8. 7. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 10. 7. 13 | 0 | 28. 7. 13 | 4000 |
| 12. 7. 13 | 0 | 30. 7. 13 | 8000 |
| 14. 7. 13 | 1000 | 1. 8. 13 | 8000 |
| 16. 7. 13 | 1000 | 4. 8. 13 | 8000 |
| 19. 7. 13 | 1000 | 7. 8. 13 | 8000 |
| 22. 7. 13 | 8000 | 9. 8. 13 | 8000 |
| 24. 7. 13 | 8000 | 11. 8. 13 | 8000 |
| 26. 7. 13 | 2000 | 14. 8. 13 | 8000 |

Das Serum dieses Tieres agglutinierte bereits 6 Tage nach der Infektion mit dem Titer 1000 und zwar sehr stark. Der Titer stieg am 22. 7. 13 plötzlich auf 8000, um am 26. 7. 13 wieder auf 2000 zu fallen. Später erreichte er wieder die Höhe von 8000, um sie bis zum Ende des Versuches beizubehalten. Interessant war bei diesem Versuche außer den plötzlichen Schwankungen des Titers, daß die Seren vom 16. 7. 13 und 24. 7. 13 die Reaktion in den stärkeren Verdünnungen in viel deutlicherer Weise gaben als in den schwachen Verdünnungen. Trypanosomen waren, wie der Mäuseversuch ergab, bereits am 10. 7. 13 im Blute des Kaninchens vorhanden.

Tabelle XXIV.

Kaninchen Nr. 954. Am 8. 7. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 10. 7. 13 | 0 | 28. 7. 13 | 8000 |
| 12. 7. 13 | 0 | 30. 7. 13 | 4000 |
| 14. 7. 13 | 0 | 1. 8. 13 | 2000 |
| 16. 7. 13 | 0 | 4. 8. 13 | 800 |
| 19. 7. 13 | 0 | 7. 8. 13 | 2000 |
| 22. 7. 13 | 100 | 9. 8. 13 | 4000 |
| 24. 7. 13 | 8000 | 11. 8. 13 | 4000 |
| 26. 7. 13 | 8000 | | |

Das Serum dieses Tieres agglutinierte zum ersten Male schwach 14 Tage nach der Infektion, um schon nach zwei weiteren Tagen eine bedeutende Höhe zu erreichen. Im Laufe der Krankheit fiel der Titer allmählich bis auf 800 und stieg dann wieder, jedoch nicht bis zur früher erreichten Höhe. Trypanosomen konnten im Blute 2 Tage nach der Infektion durch den Mäuseversuch festgestellt werden.

Tabelle XXV.

Kaninchen Nr. 974. Am 8. 7. 13 Beschälseuchetrypanosomen subcutan.

| Serum vom | Agglutinationswert | Serum vom | Agglutinationswert |
|---|---|---|---|
| 10. 7. 13 | 0 | 28. 7. 13 | 8000 |
| 12. 7. 13 | 0 | 30. 7. 13 | 8000 |
| 14. 7. 13 | 2000 | 1. 8. 13 | 8000 |
| 16. 7. 13 | 2000 | 4. 8. 13 | 8000 |
| 19. 7. 13 | 2000 | 7. 8. 13 | 8000 |
| 22. 7. 13 | 1000 | 9. 8. 13 | 8000 |
| 24. 7. 13 | 2000 | 11. 8. 13 | 8000 |
| 26. 7. 13 | 4000 | 13. 8. 13 | 8000 |

Die Agglutinine traten in diesem Serum 6 Tage nach der Infektion mit dem verhältnismäßig hohen Titer 2000 auf, der Titer ging einmal auf 1000 zurück und stieg dann wieder bis auf 8000, welche Höhe er bis zum Ende beibehielt. Trypanosomen wurden durch den Mäuseversuch bereits im Blute vom 10. 7. 13 nachgewiesen.

**Ergebnisse der Agglutinationsversuche.**

Von den 12 untersuchten Seren lieferten 11 ein positives Ergebnis; das eine Serum, welches keine Agglutination ergab, stammte von einem Kaninchen, das bereits 11 Tage nach der Infektion starb. Die Zeit des Auftretens der Agglutinine in den Seren der infizierten Kaninchen war zeitlich sehr verschieden, während bei drei Tieren bereits 6 Tage nach der Infektion Agglutinine im Serum festgestellt werden konnten, dauerte es bei einem vierten 23 Tage. Wie die komplementbindenden Amboceptoren waren aber auch die Agglutinine lange Zeit vor dem Auftreten klinischer Krankheitssymptome nachzuweisen. Die Reaktion selbst trat bei den Kaninchenseren nicht so stark in die Erscheinung als bei den Versuchen mit spezifischen Pferdeseren, bei diesen bildeten die Trypanosomen, bevor sie sich zu Boden setzten, immer zahlreiche unregelmäßig im Serum verteilte Flocken, die ein sehr sinnfälliges Bild gaben. Diese Erscheinung war bei den untersuchten Kaninchenseren viel weniger stark ausgeprägt.

Die Agglutinine waren in den meisten Fällen anfangs in geringer Menge vorhanden, um dann bis zu einem gewissen Grade anzusteigen, in einigen Fällen jedoch traten sie sofort mit einem Titer von 1000 bis 2000 auf, trotzdem das Serum zwei Tage vorher noch völlig negativ reagiert hatte. Die Agglutinine vermehrten sich im Verlaufe der Krankheit bis zu einer bestimmten Menge, um dann entweder den erreichten Stand beizubehalten oder sich wieder zu verringern, und dann ev. später nochmals anzusteigen. So hatte das Serum 954 z. B. am 22. 7. 13 einen Agglutinationswert von 100, zwei Tage später einen solchen von 8000, fiel vom 28. bis 30. 7. 13 von 8000 auf 4000, dann auf 2000, 800, um schließlich wieder auf 2000 und 4000 anzusteigen, welchen Wert es bis zum Schlusse behielt. Im allgemeinen waren aber die Schwankungen geringgradiger Art. Auch bei den Agglutininen konnte ein gänz-

liches Verschwinden aus dem Serum während des Verlaufs der Krankheit nicht beobachtet werden.

Die Agglutination stellt bei den Trypanosomiasen wie die Komplementbindung eine Gruppenreaktion dar, indem Beschälseuchetrypanosomen mit Nagana- und Dourineserum eine positive Reaktion ergaben und ebenso die Erreger dieser Krankheiten mit Beschälseucheserum. Die Agglutination ist demnach dort, wo die Beschälseuche als einzige Trypanosomenkrankheit der Pferde in Frage kommt, wie das in Deutschland der Fall ist, ebenfalls als gutes diagnostisches Hilfsmittel anzusehen.

### Haltbarkeit der Seren.

Im Eisschrank aufbewahrt, sind die Seren viele Monate lang haltbar, ohne ihren Antikörpergehalt zu verlieren, wie Versuche ergaben, die sich auf einen Zeitraum von 11 Monaten erstreckten. Ein drei Jahre altes Pferdeserum gab die Reaktion noch prompt.

### Die mikroskopische Blutuntersuchung.

Außer der serologischen Untersuchung wurde bei jeder Blutentnahme auch eine mikroskopische Untersuchung des Blutes vorgenommen. Bei den insgesamt 155 Untersuchungen konnten nur in einem Falle (bei Kaninchen 924) 8 Tage nach der Infektion Trypanosomen nachgewiesen werden.

### Der Mäuseversuch.

Leichter als durch die mikroskopische Untersuchung gelang der Nachweis von Trypanosomen durch intraperitoneale Verimpfung von Blut an weiße Mäuse. Auf diese Weise konnte gezeigt werden, daß die Trypanosomen meist bereits am zweiten Tage nach der Infektion im Blute der infizierten Kaninchen vorhanden waren.

### Vergleich der Ergebnisse der Untersuchungen.

Vergleicht man die Ergebnisse der Komplementbindung mit denen der Agglutination in den oben beschriebenen Versuchen, so ergibt sich zunächst, daß beide Methoden geeignet sind, den Nachweis der Infektion bei latent erkrankten Tieren zu erbringen. Das Serum der infizierten Tiere enthält die betreffenden Antikörper lange, bevor die Tiere sichtbar erkranken. Zur Verhütung der schweren Schädigungen, welche durch die Einschleppung der Beschälseuche in Gegenden, in denen intensive Pferdezucht getrieben wird, wie dies im Osten Deutschlands der Fall ist, den Züchtern entstehen, ist es von großem Wert, alle infizierten Tiere so bald wie möglich zu ermitteln, um ein weiteres Umsichgreifen der Seuche zu verhüten. Da bekanntlich Pferde jahrelang Trypanosomenträger sein können, ohne sichtlich zu erkranken, kann durch ein einzelnes Tier die Krankheit eine große Verbreitung erfahren. Gelingt es nun mit Hilfe der serologischen oder anderer Methoden, die infizierten Tiere frühzeitig herauszufinden, so kann das Volksvermögen vor großen Verlusten bewahrt werden. Daß dies sowohl durch die Agglutination wie durch die Komplementbindung möglich ist, haben die mitgeteilten Untersuchungen ergeben. Zahlreiche

Untersuchungen von Seren von Pferden, die teils infolge künstlicher, teils infolge natürlicher Infektion an Beschälseuche erkrankt waren, haben die Brauchbarkeit der Methoden auch für die Pferdeseren bewiesen. Darunter befanden sich Seren von Tieren, die nie irgendwelche Krankheitserscheinungen gezeigt hatten.

Die spezifischen Antikörper traten im Blute der infizierten Tiere schon einige Tage nach der Infektion auf, ohne daß die betreffenden Tiere irgendwelche Krankheitserscheinungen zeigten, und zwar dauerte es bei den komplementbindenden Amboceptoren 6—11, im Durchschnitt 9 Tage, bei den Agglutininen 6—27, im Durchschnitt 13 Tage. Da Blut, das einmal Trypanosomen-Antikörper gebildet hat, dieselben meist dauernd beibehält, so eignen sich die serologischen Methoden auch dann noch zum Nachweis der Infektion, wenn alle andern versagen, und die Tiere scheinbar von der Krankheit geheilt sind. So konnte z. B. in einem Falle, in dem Blut von einem künstlich mit Beschälseuchetrypanosomen infizierten Pferde, das aber ohne Krankheitserscheinungen war, während mehrerer Monate auch insgesamt 165 mal auf weiße Mäuse stets mit negativem Erfolge verimpft worden war, in dieser Zeit die Infektion durch die serologischen Methoden stets zweifelsfrei nachgewiesen werden.

Die Schwankungen im Antikörpergehalt der Seren waren verhältnismäßig gering, im allgemeinen bei den komplementbindenden Amboceptoren geringer als bei den Agglutininen. Die Reaktion war bei der Komplementbindung meistens stärker als bei der Agglutination; jene würde sich daher als Diagnostikum besser eignen als diese.

Betreffs der mikroskopischen Blutuntersuchung wäre zu erwähnen, daß sie als diagnostisches Mittel nicht geeignet ist.

Günstiger waren die Ergebnisse mit der intraperitonealen Übertragung von Blut infizierter Tiere auf weiße Mäuse. Hierdurch gelang es, die Trypanosomen bereits zu einer Zeit (2—4 Tage nach der Infektion) nachzuweisen, in der das Blut noch keine Antikörper enthielt. Da aber bei späteren Impfungen die Ergebnisse nicht selten negativ ausfielen, so erscheint die Annahme gerechtfertigt, daß die Trypanosomen bei Tieren, bei denen die Trypanosomiasis chronisch verläuft, nach der Einverleibung in den Organismus kurze Zeit mit dem Blute den Körper durcheilen und sich dann in bestimmten Organen niederlassen, um unter besonderen Bedingungen vorübergehend wieder im Blute zu erscheinen. Die Mäuseimpfung muß demnach neben den serologischen Methoden als wertvolles Diagnostikum angesehen werden. Da die Seren im Eisschrank aufbewahrt ihren Antikörpergehalt beibehalten, so verursacht es keine Schwierigkeiten, in den Laboratorien immer wirksame Seren zur Hand zu haben.

## Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.

In kurzer Zusammenfassung sind die Ergebnisse der mitgeteilten Untersuchungen folgende:

1. Sera, die von gesunden Kaninchen gewonnen sind, besitzen vielfach eine die Hämolyse hemmende Wirkung.

2. Eine Regelmäßigkeit im Auftreten der die Hemmung bewirkenden Körper läßt sich nicht feststellen. Während manche Sera sich als sehr stark hemmend erwiesen, ließen andere diese Fähigkeit vollständig oder fast vollständig vermissen.

3. Durch die angestellten Versuche konnte in keinem Falle bei Verwendung von 0,01 ccm oder einer geringeren Menge normalen Kaninchenserums eine Hemmung beobachtet werden.

4. Bei Verwendung von Kaninchenseren zu Komplementbindungsversuchen ist eine Prüfung des Serums vor der Infektion vorzunehmen.

5. Agglutinine, die eine Agglutination von Trypanosomen der Beschälseuche bewirken, konnten in normalen Kaninchenseren nicht nachgewiesen werden.

6. Im Serum von Kaninchen, die mit Trypanosomen der Beschälseuche infiziert waren, ließen sich komplementbindende Antikörper und Agglutinine nachweisen.

7. Die Antikörper traten nicht immer gleichzeitig auf. Im allgemeinen ließen sich komplementbindende Amboceptoren früher nachweisen als Agglutinine. Während die ersteren durchschnittlich 8—9 Tage nach der künstlichen Infektion nachzuweisen waren, dauerte es bis zum Auftreten der letzteren 12—13 Tage.

8. Die Antikörper traten später als die Trypanosomen im Blute auf. Die komplementbindenden Amboceptoren wurden 4—9 Tage und die Agglutinine 4—22 Tage später nachgewiesen.

9. Das Auftreten der Antikörper war zeitlich und in der Menge verschieden nach Individuen und Krankheitsverlauf. Die Antikörper gingen vielfach im Verlaufe der Krankheit zurück, um gegen das Ende hin wieder anzusteigen. Eine Regelmäßigkeit dieser Erscheinung konnte nicht festgestellt werden. In keinem Falle verschwanden sie ganz aus dem Blute.

10. Bei steriler Aufbewahrung des Serums ließen sich die Antikörper noch nach vielen Monaten nachweisen.

11. Zur Agglutination müssen frische Trypanosomenaufschwemmungen verwandt werden, da ältere in ihrer Wirkung nachlassen.

12. Die Antigene aus Trypanosomenaufschwemmungen zur Komplementbindung behalten, im Eisschrank aufbewahrt, wochenlang ihre Wirkung.

13. Komplementbindung und Agglutination sind als diagnostische Hilfsmittel brauchbar, ebenso die Verimpfung von Blut an weiße Mäuse.

14. Da die Komplementbindung bessere Ergebnisse liefert als die Agglutination, ist sie als Diagnostikum vorzuziehen.

---

**Literatur.**

1. Blumenthal, Berliner klinische Wochenschr. 1908, S. 618.
2. Hartsch und Yakimoff, Wiener klinische Wochenschr. 1908, S. 753.
3. Landsteiner, Müller und Poetzl, Wiener klinische Wochenschr. 1907, S. 1421.
4. Dieselben, Ebenda S. 1467.
5. Lange, Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Beiheft zu Abt. I, Bd. 50, 1911, S. 171.

6. Levaditi et Mutermilch, Zeitschr. f. Immunitätsforschung und experimentelle Therapie. I. Teil. Originale, II. Bd. 1909, S. 702.

7. Levaditi et Yamanouchi, Bulletin de la Société de Pathologie exotique T. I, 1908, f. 3, S. 26.

8. Dieselben, Ebenda S. 140.

9. Levi della Vida, Ann. d'igiene sperimentale Vol. XII, 4, S. 689.

10. Manteufel, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte 1908, Bd. 28, S. 17 c.

11. Manteufel und Woithe, Ebenda Bd. 29, 1908, S. 452.

12. Matthes, Zentralblatt f. Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten, Abt. I, Bd. 65, Orig. S. 538.

13. Schilling und Höslin, Deutsche medizinische Wochenschr. 1908, S. 1422.

14. Weber, Zeitschr. f. experimentelle Pathologie und Therapie Bd. 4, 1907, S. 587.

15. Winkler und Wyschelessky, Berliner tierärztliche Wochenschr. 1911, S. 933.

16. Zwick und Fischer, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 36, S. 54.

# Über die Bestimmung von Konservierungsmitteln im Kaviar.

Von

**Dr. Köpke,**

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Bei der Untersuchung von Kaviar ist zurzeit wohl der Nachweis und die etwaige Bestimmung von Konservierungsmitteln die wichtigste Aufgabe für die Nahrungsmittelkontrolle, da eigentliche Verfälschungen oder Nachmachungen des Kaviars nur ganz vereinzelt vorzukommen scheinen. Nach einer älteren Arbeit von Niebel[1]) soll der Zusatz von Sago, Bouillon, Weißbier, Öl zu Kaviar beobachtet worden sein. Buttenberg[2]) hat über ein als Kaviar bezeichnetes Erzeugnis berichtet, das aus Dorschrogen durch Färben mit Beinschwarz hergestellt war. Da es bei der anscheinenden Seltenheit derartigen Materials kaum möglich scheint, über derartige Verfälschungen systematische Untersuchungen anzustellen und entsprechende Untersuchungsverfahren anzugeben, so muß es im Einzelfalle dem Chemiker überlassen bleiben, einen Weg zur Feststellung solcher Verfälschungen ausfindig zu machen.

Die vorliegende Untersuchung hatte in der Hauptsache den Zweck, für den Nachweis und die Bestimmung der für Kaviar hauptsächtlich in Betracht kommenden Konservierungsmittel, nämlich der Borsäure und des Formaldehyds, geeignete Verfahren ausfindig zu machen. Da in der Literatur nur wenige Analysen von Kaviar mitgeteilt sind, so wurde an einer Reihe der für diese Versuche bestimmten Kaviarproben auch die Zusammensetzung festgestellt, deren Angabe auch an dieser Stelle vielleicht von Interesse ist. Die gefundenen Werte sind in der nachstehenden Tabelle (S. 32) zusammengestellt.

Die letzte Zeile der Tabelle gibt zum Vergleich die mittlere Zusammensetzung des Kaviars nach König[3]) an, die aus 16 Untersuchungen aus den Jahren 1876—92 berechnet ist. Die letzten 4 Spalten der Tabelle enthalten den Befund an Konservierungsmitteln und die Angaben der Kaviarimporteure über die dem Kaviar zugesetzten Mengen von Kochsalz, Borax und Hexamethylentetramin (Urotropin).

---

[1]) Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhygiene 4, 24 (1894).

[2]) Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel 7, 233 (1904).

[3]) Chemie der menschl. Nahrungs- und Genußmittel 1903, Band I, S. 65.

Tabelle. Chemische Zusammensetzung von Kaviarsorten des Handels.

| Laufende Nummer | | Bezeichnung der Probe | Stickstoffsubstanz % | Fett % | Wasser % | Asche % | Kochsalz % | Hexamethylentetramin (Urotropin) % | Borax ($Na_2B_4O_7,10H_2O$) % | Höhe der Zusätze nach Angabe der Lieferanten |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Proben I aus der nämlichen Bezugsquelle | Beluga | 24,29 | 14,00 | 45,43 | 3,27 | 1,52 | 0,08 | vorhanden | $4^1/_2$ % Kochsalz<br>0,25 % Borax |
| 2 | | Stör | 25,20 | 15,91 | 49,82 | 4,37 | 2,16 | nicht vorhanden | 1,17 | |
| 3 | | Stör | 25,29 | 13,90 | 46,67 | 3,81 | 1,83 | nicht vorhanden | 0,49 | |
| 4 | | Selvruga | 26,38 | 17,15 | 50,66 | 3,65 | 1,58 | nicht vorhanden | 0,09 | |
| 5 | | Schipp | 23,75 | 12,80 | 44,37 | 4,07 | 2,31 | 0,005 | — | $4^1/_2$ % Kochsalz<br>0,06 % Urotropin (Hexamethylentetramin) |
| 6 | | Selvruga | 26,12 | 16,44 | 50,19 | 4,09 | 2,03 | 0,009 | — | |
| 7 | Proben II aus einer zweiten Bezugsquelle | Beluga | 27,88 | 14,74 | 55,59 | — | 2,57 | 0,033 | nicht vorhanden | $3^3/_4$ % Kochsalz<br>0,05 % Urotropin |
| 8 | | Beluga | 27,12 | 15,52 | 53,04 | — | 3,66 | nicht vorhanden | nicht vorhanden | 5 % Kochsalz |
| 9 | | Stör | 25,31 | 16,49 | 54,54 | — | 2,28 | nicht vorhanden | 0,86 | $2^1/_2$ % Kochsalz<br>0,53 % Borax |
| 10 | | Stör | 26,19 | 16,62 | 53,02 | — | 1,93 | nicht vorhanden | 1,07 | 3 % Kochsalz<br>0,64 % Borax |
| 11 | | Stör | 26,44 | 15,26 | 53,85 | — | 2,71 | 0,042 | nicht vorhanden | 5 % Kochsalz<br>0,07 % Urotropin |
| 12 | | Selvruga (Faßkaviar) | 27,19 | 16,19 | 46,63 | — | 9,09 | 0,103 | nicht vorhanden | $8^3/_4$ % Kochsalz<br>0,07 % Urotropin |
| | Mittlere Zusammensetzung von Kaviar nach König . . . | | 29,34 | 13,98 | 47,96 | 7,42 | 6,18 | | | |

Über die Verfahren zur Bestimmung der einzelnen Werte der Tabelle ist folgendes zu bemerken:

Die Werte für die Stickstoffsubstanz wurden durch Bestimmung des Stickstoffs in etwa 2 g Kaviar nach Kjeldahl, unter Verwendung von konzentrierter Schwefelsäure, Kaliumsulfat und Quecksilber, und durch Multiplikation der gefundenen Stickstoffwerte mit 6,25 erhalten.

Das Wasser wurde in dem mit Sand verriebenen Kaviar durch Trocknen im Vakuumschrank unter einem Druck von etwa 10 mm Quecksilber bei etwa 70° bestimmt.

Aus dem Trockenrückstand wurde das Fett zur Fettbestimmung mit wasserfreiem Äther ausgezogen. Dieses Verfahren wurde auf Grund einer Beobachtung von Rimini[1]) angewandt, wonach beim Trocknen im Vakuum mehr und helleres Fett erhalten wird als beim Trocknen im gewöhnlichen Lufttrockenschrank.

[1]) Chem. Zentralbl. 1903 II, 631, Staz. sperim. agrar. ital. 36 (249).

Zur Bestimmung der Asche wurde der Kaviar zunächst (zur Vermeidung des beim Erhitzen ungetrockneten Kaviars auftretenden sehr lästigen Geruches) im Vakuumtrockenschrank in einer zum größten Teil bedeckten Platinschale getrocknet, dann vorsichtig über einer Flamme verkohlt, die Kohle mit Wasser ausgezogen, der Rückstand im elektrischen Ofen bei Temperaturen bis zu 560° verascht, der wässerige Auszug zugefügt, eingedampft und schwach geglüht. Das Auslaugen erwies sich als nötig, da beim unmittelbaren Veraschen bei 560° Verluste an Kochsalz beobachtet wurden, die teilweise über 1% betrugen.

Das Kochsalz wurde in dem salpetersauren Auszug der Asche gewichtsanalytisch durch Silberfällung bestimmt.

Hexamethylentetramin (Urotropin) und Borax wurden nach den weiter unten zu besprechenden Verfahren bestimmt.

Zuvor sei noch kurz die Technik der Kaviarkonservierung skizziert. Die Konservierung der feineren Sorten Kaviar wird in der Weise ausgeführt, daß der durch Absieben durch ein grobmaschiges Sieb von den Hautresten der Ovarien befreite Rogen mit dem feinkörnigen Zusatz — Kochsalz allein oder Gemisch von Kochsalz und Konservierungsmittel — mit der Hand verrührt wird, bis die einzelnen Rogenkörner die gewünschte Konsistenz haben. Danach wird der Kaviar auf ein engmaschiges Sieb gebracht, wobei die Lake in einer Menge von etwa 10% des Rogengewichts abtropft. Dann ist der Kaviar zum Versand fertig.

Die Verteilung des Salzes im Kaviar ist sehr gleichmäßig infolge des offenbar sehr sorgfältig von besonders geschulten und hochbezahlten Leuten (Kaviarpräparateuren) ausgeführten Vermischens und der Durchfeuchtung durch die sich absondernde Lake. Doppelbestimmungen des Konservierungsmittels an verschiedenen Stellen einer Probe ergaben jedenfalls stets gute Übereinstimmung. Geringere Sorten Kaviar werden statt mit dem trockenen Salzgemisch wohl auch mit einer Salzlösung behandelt (Warschauer Salzung).

Die Zubereitung des Kaviars nur mit Kochsalz ohne andere Konservierungsmittel, wie sie früher allgemein üblich war, scheint jetzt nur noch vereinzelt vorzukommen, da der vom Publikum neuerdings bevorzugte schwach gesalzene (Malossol) Kaviar ohne Zusatz anderer Konservierungsmittel sehr leicht verdirbt. Selbst mit Konservierungsmitteln versetzter schwach gesalzener Kaviar hält sich nach Entfernung aus den Kühlräumen, sogar bei Aufbewahrung im Eisschrank bei etwa 4—6°, nur kurze Zeit. In den gut eingerichteten Kühlräumen der Kaviarhändler dagegen hält sich der Kaviar viele Monate lang.

Neben Kochsalz dienen zur Konservierung von Kaviar hauptsächlich Borax und Urotropin; außerdem sind noch Fluoride als Konservierungsmittel beobachtet worden, angeblich sollen auch Salicylsäure und Benzoesäure zu diesem Zweck verwandt werden. Der Codex alimentarius austriacus führt noch Neuurotropin (anhydromethylencitronensaures Hexamethylentetramin) an. Nach Mitteilungen aus Kreisen des Kaviarhandels ist gegenwärtig nur die Konservierung mit Borax oder Urotropin neben Kochsalz üblich, und zwar soll in der Regel nur je eines der beiden Konservierungsmittel angewandt

werden. Die Konservierung mit Borax soll seit etwa 20 Jahren, die mit Urotropin seit etwa 10 Jahren geübt werden.

Als wichtigstes Konservierungsmittel enthält jeder Kaviar Kochsalz; einen Kaviar ohne Kochsalz gibt es nicht, da der Fischrogen erst durch die Salzung zu Kaviar wird. Die Höhe des Kochsalzzusatzes schwankt bei den untersuchten Proben nach den Angaben der Verkäufer zwischen $2^1/_2$ und $8^3/_4$% des Rogengewichtes und hält sich bei den meisten Proben unter 5%. Die durch die Untersuchung festgestellten Gehalte an Kochsalz sind meist wesentlich geringer, sie betragen oft weniger als die Hälfte des angeblichen Zusatzes; nur bei dem stark gesalzenen Faßkaviar (Probe 12 der Tabelle) überschreitet der Gehalt den angeblichen Zusatz.

Diese Differenzen erklären sich, soweit sie nicht auf ungenaues Arbeiten der Kaviarpräparateure zurückzuführen sind, durch den Ablauf beträchtlicher Mengen Kochsalz mit der Lake. Die ablaufende Lake soll, wie erwähnt, etwa 10% des Rogengewichts betragen, die von der Lake mitgenommene Salzmenge ist jedoch offenbar verhältnismäßig wesentlich größer als die vom Kaviar festgehaltene.

Eine besonders milde Salzung scheint die Konservierung mit Borax zu gestatten, sie gibt jedoch dem Kaviar einen eigentümlichen Beigeschmack, so daß man die Boraxkonservierung meist schon am Geschmack erkennen kann. Die Boraxzusätze bewegten sich nach den Angaben der Verkäufer bei den untersuchten Kaviarproben zwischen 0,12 und 0,64% Borax, während Gehalte von 0,09 bis 1,17% Borax ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$) gefunden wurden. Es ist nicht anzunehmen, daß die Angaben der Kaviarimporteure sich auf wasserfreien Borax ($Na_2B_4O_7$) beziehen, weil zu dessen Verwendung kein Grund vorliegen dürfte und weil zwei von einer Kaviarfirma zur Verfügung gestellte Proben Borax, die zur Kaviarkonservierung bestimmt waren, sich als wasserhaltig erwiesen. Es bestehen somit sehr wesentliche Differenzen zwischen den angeblichen Zusätzen und den gefundenen Gehalten an Borax, und zwar übersteigt der Gehalt den angeblichen Zusatz meist erheblich. Die Kaviarpräparateure scheinen demnach beim Boraxzusatz sehr willkürlich zu verfahren.

Über ähnliche Differenzen bei formaldehydhaltigem Kaviar siehe weiter unten.

Die Borsäurebestimmungen wurden nach einem im Kaiserlichen Gesundheitsamte von Herrn Dr. Pfyl ausgearbeiteten, bisher noch nicht veröffentlichten Verfahren ausgeführt.

10 g Kaviar wurden mit 10 ccm rauchender Salzsäure auf dem Wasserbade in einem mit absteigendem Kühler verbundenen Kölbchen vorsichtig erwärmt, bis der Kaviar in Lösung ging. Dann wurden so oft je 50 ccm Methylalkohol mit dieser Lösung vermischt und unter Verwendung des vorher benutzten Kühlers abdestilliert, bis das Destillat borsäurefrei war, wozu meist dreimaliges Destillieren nötig war. Die Destillate wurden neutralisiert, mit einem Überschuß von $2^1/_2$ ccm halbnormaler Natronlauge in einer Platinschale eingedampft und zur Zerstörung organischer Substanzen (besonders von Glycerin, das die Titration stören würde) geglüht. Der Rückstand wurde in verdünnter Salzsäure gelöst, mit 30 ccm 40%iger neutraler Trinatriumcitratlösung versetzt, unter Zusatz von 1 Tropfen 1%iger Phenolphthaleinlösung neutralisiert, mit so viel Mannit versetzt, daß eine 10%ige Lösung davon

entstand, und mit 0,1 normaler Natronlauge titriert. Die vom Mannitzusatz an verbrauchte Natronlauge entspricht der Borsäure, und zwar 1 ccm 0,1 normaler Lauge 6,2 mg $BO_3H_3$.

Zur größeren Sicherheit des Borsäurenachweises wurde die schwach salzsaure Lösung des Destillats stets qualitativ mit Kurkuminpapier auf Borsäure geprüft. Bisweilen wurde die titrierte Lösung nochmals eingedampft, verascht, und mit der Asche die Flammenreaktion auf Borsäure angestellt. Beide Prüfungen wurden in Anlehnung an die Vorschrift in Anlage d zu den Ausführungsbestimmungen D zum Fleischbeschaugesetz ausgeführt.

Zur Erprobung des Pfylschen Verfahrens wurden zunächst einige Versuche mit Kaviar unter Zusatz bekannter Mengen Borsäure gemacht. Es wurden 10 ccm 0,1 normale Borsäurelösung (= 62 mg $H_3BO_3$) mit überschüssigem Alkali eingedampft, dann mit 10 g borsäurefreiem Kaviar verrieben und nach obiger Vorschrift behandelt. Es wurden dabei erhalten: 57,8—60,2—60,5 mg $H_3BO_3$.

Borsäurefreier Kaviar verbrauchte bei dieser Behandlung keine Natronlauge.

Doppelbestimmungen in Kaviarproben ergaben Gehalte von:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,41 | und | 0,43% | $H_3BO_3$ | (entsprechend | 0,63 | und | 0,66% | Borax) |
| 0,67 | „ | 0,72 | „ | ( „ | im Mittel | 1,07 | „ | „ ) |
| 0,56 | „ | 0,59 | „ | ( „ | „ „ | 0,86 | „ | „ ) |
| 0,75 | „ | 0,77 | „ | ( „ | „ „ | 1,17 | „ | „ ) |
| 0,27 | „ | 0,38 | „ | ( „ | „ „ | 0,49 | „ | „ ) |
| 0,06 | „ | 0,07 | „ | ( „ | „ „ | 0,09 | „ | „ ). |

Der Formaldehyd enthaltende Kaviar ist nach den Angaben der Kaviarhändler stets mit Urotropin versetzt, andere Formaldehydpräparate scheinen nicht verwandt zu werden. Das Urotropin als solches im Kaviar nachzuweisen, scheint schwierig. Es gelang zwar, in Kaviar, dem 0,25% Urotropin (25 mg zu 10 g) zugesetzt waren, dieses nach Ausfällung der Eiweißstoffe mittels kolloidaler Eisenlösung durch Fällung mit Kaliumquecksilberjodid[1]) nachzuweisen. Der Nachweis glückte jedoch nicht in einem gewöhnlichen Formaldehydkaviar des Handels, entweder weil hier der Gehalt an Urotropin zu gering, oder weil dieses bereits zersetzt war. Diese schwierige Nachweisbarkeit bedeutet jedoch für die Nahrungsmittelkontrolle kaum eine Schwierigkeit, da die Notwendigkeit, zwischen dem Zusatz von Urotropin und anderen Formaldehyd abspaltenden Stoffen oder Formaldehyd selbst Unterschiede zu machen, kaum vorliegt und auch die Ausführungsbestimmungen zum Fleischbeschaugesetz sich mit dem gemeinsamen Nachweis von „Formaldehyd und solchen Stoffen, welche bei ihrer Verwendung Formaldehyd abgeben“ begnügen. Bei der bequemen Anwendungsart des festen, salzartigen Urotropins im Gemisch mit Kochsalz ist kaum anzunehmen, daß es bei der Kaviarpräparation durch die heftig riechenden und ätzenden Formaldehydlösungen ersetzt werden wird.

Bei den vorliegenden Untersuchungen ist demnach auf eine Unterscheidung von Urotropin und Formaldehyd verzichtet worden, die Zahlen über Urotropingehalte sind

[1]) Quecksilberchlorid erwies sich als ungeeignet zum Nachweis, wohl weil der Niederschlag von Quecksilberchlorid-Hexamethylentetramin in Kochsalzlösungen löslich ist.

vielmehr aus der gefundenen Formaldehydmenge durch Umrechnung erhalten ($6CH_2O : (CH_2)_6N_4 = 180 : 140$).

An dem Urotropingehalt der untersuchten Kaviarproben ist bemerkenswert, daß mit Ausnahme einer Probe (Nr. 12) die Proben wesentlich weniger Urotropin enthielten, als die Händler als zugesetzt angegeben hatten; so ergaben die Proben Nr. 5 und Nr. 6, denen 0,06% Urotropin zugesetzt sein sollte, nur soviel Formaldehyd wie 0,005 und 0,009% Urotropin entspricht. Zur Erklärung dieser Erscheinung ist außer den bei der Besprechung des Kochsalz- und Boraxzusatzes genannten Umständen (Ablauf mit der Lake, ungenaue Dosierung) die Eigentümlichkeit des Formaldehyds, beim Altern des Kaviars allmählich für den Nachweis zu verschwinden, heranzuziehen. Dieses Verschwinden beruht wahrscheinlich auf einer Reaktion des Formaldehyds mit Eiweißstoffen. Zur Feststellung der Tatsache des Abnehmens des Formaldehydgehaltes im Kaviar seien folgende Beobachtungen angeführt:

1 Kaviarprobe (Nr. 11) enthielt anfangs Formaldehyd entspr. 0,04% Urotropin, nach $^1/_2$ Jahr 0,01%.

1 Kaviar war im Gesundheitsamte versetzt worden mit 0,096% Urotropin, nach 4 Wochen enthielt er eine 0,066%, nach weiteren 4 Wochen eine 0,051% Urotropin entsprechende Menge Formaldehyd.

Zur Bestimmung des Formaldehyds wurden 50 g Kaviar mit 100 ccm Wasser verrieben und nach Zusatz von 10 g Kochsalz und 3 g Weinsäure unter Beibehaltung des ursprünglichen Flüssigkeitsvolumens mit Wasserdampf destilliert.

Qualitativ wurden diese Destillate mittels Milch und eisenchloridhaltiger Salzsäure nach der Vorschrift in Anlage d zu den Ausführungsbestimmungen D zum Fleischbeschaugesetz auf Formaldehyd geprüft.

Die quantitative Bestimmung des Formaldehyds erfolgte nach der Jodmethode, und zwar wurde nach der Vorschrift von Auerbach und Barschall[1]) ein aliquoter Teil des filtrierten Destillats mit alkoholfreier Jodlösung und Alkali versetzt, nach einigem Stehen angesäuert und mit 0,1 normaler Natriumthiosulfatlösung das unverbrauchte Jod zurücktitriert. Als hinreichende Einwirkungsdauer ergab sich $^1/_4$ Stunde.

Zur Feststellung, wieviel von der ursprünglichen Flüssigkeit ungefähr abzudestillieren ist, um die Hauptmenge des Formaldehyds im Destillat zu haben, wurden 0,5 g Urotropin (= 0,64 g Formaldehyd) in 100 ccm Wasser gelöst, mit 10 g Kochsalz und 3 g Weinsäure unter Konstanterhaltung des Volumens mit Wasserdampf destilliert und das Destillat in kleinen Anteilen aufgefangen. Es enthielten:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| die erste Fraktion | (163 ccm) | 509,3 mg | Formaldehyd | |
| „ zweite „ | (102 „ ) | 94,9 „ | „ | |
| „ dritte „ | (182 „ ) | 48,3 „ | „ | |
| „ vierte „ | (117 „ ) | 7,9 „ | „ | |
| „ fünfte „ | ( 95 „ ) | 3,5 „ | „ | |
| „ sechste „ | — | Reaktion negativ. | | |
| zusammen: | 659 ccm | 663,9 mg | Formaldehyd, entspr. 0,51 g | Urotropin. |

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte Bd. **22**, 591 (1905).

Der kleine Überschuß über die angewandte Menge (0,5 g) ist auf Analysenfehler zurückzuführen.

Da trotz der angewandten großen Urotropinmenge die Hauptmenge in die ersten 600 ccm Destillat übergegangen war, wurden bei den folgenden Versuchen zur Formaldehydbestimmung stets zuerst etwa 600 ccm abdestilliert und danach weiteres Destillat zunächst qualitativ auf Formaldehyd geprüft und bei positivem Ausfall der Prüfung ebenfalls noch zur quantitativen Bestimmung herangezogen.

Die Formaldehydbestimmung in wässerigen Urotropinlösungen ergab auf diese Weise folgendes:

Von 31 mg Urotropin wurden wiedergefunden 28,7 mg
„ 50 „ „ „ „ 51,0 „
„ 500 „ „ „ „ 5,17 „

Kaviar mit Zusatz von 0,10% Urotropin ergab bei der Analyse einen Gehalt von 0,096 und 0,092% Urotropin.

In Kaviarproben aus dem Handel wurden die folgenden Gehalte an Urotropin (in Doppelbestimmungen) festgestellt:

0,042 und 0,032% Urotropin
0,032 „ 0,033 „ „
0,100 „ 0,106 „ „
0,067 „ 0,056 „ „.

Vorstehende Untersuchungen wurden im Frühjahr 1914 im Chemischen Laboratorium des Kaiserlichen Gesundheitsamtes ausgeführt.

Berlin, im Juli 1914.

# Über die Bestimmung kleiner Arsenmengen mit besonderer Berücksichtigung des Verfahrens von Smith[1]).

Von

Regierungsrat **Dr. Karl Beck**, Mitglied und **Dr. Merres**, wissenschaftlichem Hilfsarbeiter

im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

(Hierzu Tafel I u. II.)

## I. Einleitung.

Der sichere Nachweis sehr kleiner Mengen Arsen ist zuerst Marsh[2]) durch das nach ihm benannte Verfahren gelungen. Dasselbe beruht bekanntlich auf der Überführung der Arsenverbindungen in Arsenwasserstoff und Zerlegung des letzteren in einer erhitzten engen Glasröhre, wobei sich in dem kühleren Teile des Rohres metallisches Arsen in Form eines Spiegels abscheidet. Man hat später das Verfahren von Marsh auch zur quantitativen Bestimmung des Arsens ausgearbeitet und dabei verschiedene Wege eingeschlagen. Polenske[3]) bringt den Arsenspiegel zur Wägung, Sanger[4]) sowie Lockemann[5]) dagegen schlagen ein kolorimetrisches Verfahren vor. Sie stellen mittels bekannter Arsenmengen eine Auswahl von Spiegeln her und vergleichen hiermit die mittels der untersuchten Proben erhaltenen Spiegel.

Neben dem Marshschen wird seit langem auch das Gutzeitsche Verfahren zum Nachweis von Arsen angewandt. Gutzeit[6]) fand, nachdem bereits früher[7]) die Eigenschaft des Arsenwasserstoffes, Silbernitrat schwarz zu färben, zum Nachweis des Arsens benutzt war, daß die geringste Menge Arsenwasserstoff bei der Einwirkung auf Silbernitratpapier eine gelbe Färbung hervorruft, wenn das Papier mit konzentrierter Silbernitratlösung getränkt ist. Er zeigte ferner, daß die gelbe Färbung durch die Einwirkung von Wasser in eine schwarze umschlug. Otto[8]), sowie Poleck und Thümmel[9]) haben diesen Vorgang näher untersucht. Die letzteren haben festgestellt, daß die gelbe Doppelverbindung ein Doppelsalz von der Zusammensetzung $AsAg_3$,

[1]) United States Department of Agriculture, Bureau of Chemistry Circular No. 102.
[2]) Liebigs Annalen d. Chemie und Pharmazie Bd. 23 (1837), S. 207.
[3]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. V (1889), S. 431.
[4]) Amer. Chemical Journal 13 (1891), S. 431.
[5]) Zeitschrift f. angew. Chemie 18 (1905), Bd. 1, S. 416—429.
[6]) Pharmazeutische Zeitung 24 (1879), S. 263.
[7]) Hager, Pharmazeutische Zentralhalle 13 (1872), S. 92 u. 93.
[8]) Archiv d. Pharmazie Bd. 221 (1883), S. 583 bis 585.
[9]) Archiv d. Pharmazie Bd. 222 (1884), S. 1 bis 20.

$(AgNO_3)_3$ ist, welches sich bei der Einwirkung von Arsenwasserstoff auf Silbernitrat nach dem folgenden Schema I bildet und mit Wasser nach dem folgenden Schema II zersetzt.

I) $6AgNO_3 + AsH_3 = AsAg_3, 3AgNO_3 + 3HNO_3$

II) $AsAg_3, 3AgNO_3 + 3H_2O = As(OH)_3 + 3HNO_3 + Ag_6$.

Eckardt[1]) hat neuerdings das Verhalten des Arsenwasserstoffes gegenüber verdünnten Silbernitratlösungen eingehend geprüft. Er ist zu dem Ergebnis gekommen, daß die Reaktion des Arsenwasserstoffes mit Silbernitrat nicht einheitlich verläuft, vielmehr von der Konzentration der Silbernitratlösung und der Dauer der Einwirkung abhängig ist. Er läßt die Frage offen, ob die beiden folgenden Vorgänge

1) $AsH_3 + 6AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + 6HNO_3 + As(OH)_3$ (Lassaigne)[2])

2) $AsH_3 + 3AgNO_3 = Ag_3As + 3HNO_3$

neben einander verlaufen, oder ob Arsenwasserstoff auf Silbernitrat nur nach der Gleichung

$$AsH_3 + 3AgNO_3 = Ag_3As + 3HNO_3$$

einwirkt und sich dann das Arsensilber mit dem überschüssigen Silbernitrat nach einer der beiden folgenden Gleichungen weiter umsetzt:

a) $Ag_3As + 3AgNO_3 = Ag_3As, 3AgNO_3$.

b) $Ag_3As + 3AgNO_3 + 3H_2O = 6Ag + As(OH)_3 + 3HNO_3$.

Treadwell und Comment[3]) haben zuerst versucht, diese Reaktion zur quantitativen Ermittelung geringer Arsenmengen zu benutzen und zwar durch Anwendung eines kolorimetrischen Verfahrens. Kürzlich haben dann noch Moreau und Vinet[4]) ein kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung sehr kleiner Mengen Arsen veröffentlicht, das ebenfalls auf der Einwirkung von Arsenwasserstoff auf Silbernitrat beruht. Jedoch abgesehen von dem Nachteil, daß Phosphor- und Antimonwasserstoff ähnliche Färbungen mit Silbernitrat hervorrufen wie Arsenwasserstoff und ein einfaches sicheres Mittel zur Unterscheidung dieser Stoffe bisher fehlte, ist das Verfahren insofern umständlich, als die Vergleichsskala wegen der geringen Haltbarkeit der Färbungen stets erneuert werden muß.

Flückiger[5]) und Lohmann[6]) änderten das Gutzeitsche Verfahren dahin ab, daß sie den Arsenwasserstoff statt auf Silbernitratpapier auf Mercurichloridpapier einwirken ließen, welches durch Arsenwasserstoff gelb bis rotbraun gefärbt wird. Dieser Vorgang soll nach Gotthelf[7]), je nachdem wenig oder viel Arsenwasserstoff vorhanden ist, nach folgendem Schema verlaufen:

$$AsH_3 + 2HgCl_2 = 2HCl + \underset{\text{gelb}}{AsH(HgCl)_2}$$

$$AsH_3 + 3HgCl_2 = 3HCl + \underset{\text{braun.}}{As(HgCl)_3}$$

---

[1]) Eckardt, Über Reaktion und Bestimmungsmethoden von Arsenwasserstoff, Inauguraldissertation, Leipzig, 1907, S. 20—34.

[2]) Journal de chimie médicale 16 (1840), S. 685.

[3]) Treadwell, Lehrbuch d. analyt. Chemie, Bd. II, Aufl. 1902, S. 138.

[4]) Comptes rendus de l'Acad. des sciences 158 (1913), S. 869—871.

[5]) Archiv d. Pharmazie Bd. 227 (1889), S. 1—30.

[6]) Pharmazeutische Zeitung 36 (1891), S. 748—750; 756—758.

[7]) Journal Society of Chemical Industry 22 (1903), S. 191.

Jedoch dürften die Umsetzungen, welche bei der Einwirkung von Arsenwasserstoff auf Quecksilberchlorid eintreten, noch nicht völlig aufgedeckt sein. Namentlich herrschen noch hinsichtlich der Zusammensetzung der gelben Verbindung Zweifel[1]). Charakteristisch für die vorstehenden Arsenwasserstoffverbindungen ist ihre Unlöslichkeit in 80%igem Alkohol, während die entsprechenden Antimonwasserstoffverbindungen hierin löslich sind. Hierdurch lassen sich die Arsenverbindungen von den Antimonverbindungen bis zu einem gewissen Grade leicht unterscheiden. Da jedoch bei dem Vorhandensein von sehr viel Antimonwasserstoff der durch den letzteren erzeugte farbige Fleck sich meist nicht mehr vollständig in Alkohol löst, so ist das Verfahren nur in beschränktem Maße zur Unterscheidung von Arsen- und Antimonwasserstoff anwendbar. Im übrigen hat die Quecksilber-Arsenverbindung gegenüber der Silber-Arsenverbindung den Vorteil größerer Beständigkeit, so daß sich die mit ihr erzeugte Färbung besser hält.

F. Hefti[2]) sowie Sanger und Black[3]) lassen daher den Arsenwasserstoff auf Mercurichloridpapier einwirken. Das letztere Verfahren ist von Smith[4]) durch die Anwendung von Quecksilberbromid anstatt Quecksilberchlorid erheblich verbessert worden. Goode und Perkin[5]) hatten nämlich gefunden, daß die mittels Quecksilberbromid erzeugten Färbungen beständiger sind, als die mittels Quecksilberchlorid erhaltenen. Auch stellten sie fest, daß das Bromid empfindlicher ist, als das Chlorid. Ferner ist von Smith ein Verfahren, welches die Trennung der Arsen- und Antimonverbindungen auf einfache Weise gestattet, ausgearbeitet worden. Die Ergebnisse der von uns vorgenommenen Nachprüfung des Verfahrens von Smith sind im folgenden beschrieben.

## II. Das Verfahren zur Arsenbestimmung nach Smith.

Smith schlägt je nach den Mengen des vorhandenen Arsens zwei Wege ein. In den Fällen, in denen der Arsengehalt unterhalb eines Betrages von 0,07 mg arseniger Säure liegt, empfiehlt er ein kolorimetrisches Verfahren. In den anderen Fällen hingegen wird das Arsen auf einem gravimetrischen oder titrimetrischen Wege ermittelt.

### 1. Das kolorimetrische Verfahren.

Für die kolorimetrische Ermittelung des Arsens dient der in Figur 1 wiedergegebene Apparat.

Auf das ungefähr 200 ccm fassende weithalsige Entwickelungsgefäß A sind mittels eines dicht schließenden durchbohrten Stopfens die beiden Rohre a und b aufgesetzt. Die letzteren sind ungefähr 15 cm lang und haben eine lichte Weite von 1—1¼ cm. Rohr a ist mit Streifen aus Filtrierpapier, welches mit einer Bleiacetatlösung getränkt

---

[1]) Smith, United States Department of Agriculture, Bureau of Chemistry, Circular No. 102, S. 5.

[2]) Inauguraldissertation, Zürich 1907.

[3]) Proceedings Amer. Academy Arts and Science, No. 8, 1907.

[4]) United States Department of Agriculture, Bureau of Chemistry, Circular No. 102.

[5]) Society of Chemical Industry London, Section 7, V, 1906.

ist, Rohr b mit ebenso behandelten Baumwollfäden beschickt. Durch das Filtrierpapier und die Baumwolle soll der das entwickelte Gas etwa begleitende Schwefelwasserstoff zurückgehalten werden. Mit dem Rohre b ist ein ungefähr 3 mm weites und 15 cm langes Glasrohr c verbunden, welches den in der nachstehend beschriebenen Weise hergestellten Streifen aus Quecksilberbromidpapier enthält. Zur Herstellung des letzteren dient weißes Zeichenpapier. Man verfertigt hieraus etwa 20 cm lange Streifen, welche so breit sein sollen, daß sie sich eben in die Glasröhre c einführen lassen. Diese Streifen werden in eine 5%ige alkoholische Lösung von Quecksilberbromid gelegt, nach etwa 1 Stunde wieder herausgenommen und zwecks Entfernung der überschüssigen Lösung am besten durch zwei nur schwach aufeinander gepreßte Finger gezogen.

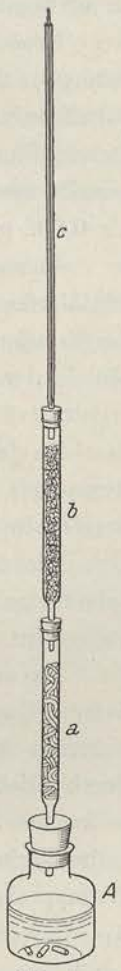


Fig. 1.

Zur Herstellung der Vergleichsstreifen löst man 5 g arsenige Säure unter Zusatz einer ausreichenden Menge Natronlauge auf, stumpft letztere nach vollständiger Auflösung der arsenigen Säure mit verdünnter Schwefelsäure ab und füllt die Lösung zu einem Liter auf. Von der so erhaltenen Lösung werden 0,2 ccm, welche 1 mg arseniger Säure entsprechen, entnommen und zu 500 ccm aufgefüllt. 1 ccm der letzten Lösung enthält demgemäß 0,002 mg arsenige Säure.

Mittels dieser Lösung stellt man sich Proben von 0,002, 0,005, 0,01 mg arseniger Säure her, welche man ohne weiteres der Prüfung in dem vorstehend beschriebenen Apparat unterwirft.

Der Ausfall des Arsennachweises hängt wesentlich von einer gleichmäßigen und ausreichenden Wasserstoffentwicklung ab. Bei der Herstellung der Vergleichsstreifen erreicht man diese durch Gleichhaltung der Konzentration der Säure, der Menge des Zinkes und des Füllungsgrades des Entwicklungsgefäßes. Ferner kann man durch Kühlen oder gelindes Erwärmen der Reaktionsflüssigkeit die Wasserstoffentwicklung regeln. Geht die Entwicklung des Wasserstoffs zu langsam vor sich, so läuft man im übrigen Gefahr, daß die sehr geringen Mengen Arsenwasserstoff in dem Entwickler teilweise zurückgehalten werden. Denn das spezifische Gewicht des Arsenwasserstoffs ist etwa 40 mal größer als das des Wasserstoffs. Auch ist zu bedenken, daß es sich z. B. bei einer Menge von 0,01 mg Arsenwasserstoff um die Absorption von rund 2,5 cmm handelt. Man soll daher vermeiden, daß in dem Entwickelungsgefäße bei Ausführung der Versuche ein allzu großer Gasraum verbleibt. Geht hingegen die Entwickelung des Wasserstoffs zu schnell vor sich, so fällt die Färbung des Quecksilberpapiers zu hell und unscharf aus. Für die Herstellung von Vergleichsstreifen empfiehlt es sich daher wie folgt zu verfahren.

Man bringt eine genau abgemessene Lösung von arseniger Säure in den Entwickler und fügt hierzu 130 ccm 10%ige Salzsäure, 4 bis 5 Tropfen einer Zinnchlorürlösung, welche man durch Auflösen von 40 g Zinnchlorür in 100 ccm konzentrierter Salzsäure erhalten hat, sowie schließlich 15 g Zink in Stangenform. Hierauf verbindet man die Absorptionsröhre mit dem Entwickler und läßt bei richtiger Wasserstoffentwicklung die Reaktion 50—60 Minuten lang gehen. Das Zink wendet man

stets in zwei Stückchen an. Bei der Verwendung von bereits benutztem Zink setzt die Wasserstoffentwickelung wesentlich schneller ein. Da nun die Wasserstoffentwickelung bei der Untersuchung von Warenproben oft zu langsam vor sich geht, so ist es in diesem Falle angebracht, bereits benutztes Zink zusammen mit frischem zu verwenden.

Großer Wert ist auf die Reinheit der Reagenzien zu legen. In erster Linie muß naturgemäß für ausreichende Arsenfreiheit derselben Sorge getragen werden. Die Salzsäure und das Zink für forensische Zwecke erwiesen sich als ausreichend arsenfrei. Durch blinde Versuche, welche mit diesen Reagenzien angestellt wurden, konnte festgestellt werden, daß in den für die Versuche erforderlichen Mengen derselben weniger als 0,002 mg arsenige Säure vorhanden waren.

In zweiter Linie sind auch sonstige Verunreinigungen nicht außer acht zu lassen. Die Verfasser beobachteten, daß infolge eines geringen Chlorat- oder Chlorgehaltes der Salzsäure die Arsenreaktion erst nach längerer Zeit und zu schwach auftrat. Mittels der gleichen Salzsäure wurden jedoch die richtigen Ergebnisse wieder dadurch erzielt, daß man vor dem Zusatz des Zinnchlorürs 1—2 g Jodkalium hinzufügte.

Zu jedem Versuche setzt man gleichzeitig mehrere, mindestens drei übereinstimmende Proben an und achtet darauf, daß die schließlich erhaltenen Reaktionsstreifen in Länge und Färbung keine auffallenden Unterschiede aufweisen.

Die normalen Reaktionsstreifen sollen entsprechend den Abbildungen auf den beigefügten Tafeln I und II eine orangerote Farbe besitzen und scharf nach oben hin abgegrenzt sein, d. h. gegebenenfalls einen nur schwachen gelblichen Rand aufweisen.

Da naturgemäß infolge der verschiedenen Beschaffenheit des Papiers und anderer äußerer Umstände Unterschiede in der Reaktionsfähigkeit des Quecksilberbromidpapiers eintreten können, so ist neu hergestelltes Reagenzpapier vor der Ingebrauchnahme durch Stichproben zu prüfen. Was die Empfindlichkeit des Bromidpapiers anlangt, so konnte festgestellt werden, daß Arsenmengen von 0,002 mg bereits eine deutliche gelbe Färbung der Spitze des Papierstreifens hervorrufen. Bei der Untersuchung von Warenproben ist damit zu rechnen, daß sich nicht immer eine vollständig gleichmäßige Arsenwasserstoffentwicklung erzielen läßt. Infolge zu langsamer Wasserstoffentwicklung erhält man häufig kürzere, dunkler gefärbte Streifen, während infolge zu schneller Wasserstoffentwicklung hellere, unklar begrenzte Farbstreifen entstehen. Diesem Umstand ist bei der praktischen Anwendung des Verfahrens Rechnung zu tragen. Gewisse Unterschiede hinsichtlich der Länge der Reaktionsstreifen werden auch dadurch hervorgerufen, daß der Arsenwasserstoff nicht gleichmäßig auf die beiden Papierflächen einwirkt, was bei der schließlichen Beurteilung gleichfalls zu berücksichtigen ist.

Die Frage, ob etwa durch die Verwendung einer anderen als 5%igen Quecksilberbromidlösung zur Herstellung der Streifen noch günstigere Ergebnisse erhalten werden könnten, muß nach den in dieser Richtung angestellten Versuchen verneint werden. Zwar gelang es, durch Anwendung von 2%iger Quecksilberbromidlösung längere und entsprechend hellere Farbstreifen zu erhalten. Jedoch können diese im allgemeinen nicht als zweckmäßig empfohlen werden. Nur in manchen Fällen, in denen mittels des 5%igen Bromidpapiers nicht eindeutige Versuchsergebnisse erhalten wurden,

gelang es, durch die gleichzeitige Verwendung von 2%igem Bromidpapier die Ergebnisse sicherer zu gestalten.

Eine besondere Prüfung erforderte die Frage, ob das zur Absorption des Schwefelwasserstoffes vorgelegte Bleiacetat auch auf den Arsenwasserstoff unter den obwaltenden Umständen einwirke. Die Verwendung einer Bleiacetatlösung zur Entfernung etwa in den Gasgemischen vorhandenen Schwefelwasserstoffes ist u. a. von Polenske[1]) sowie von Kühn und Saeger[2]) vorgeschlagen worden. Eckardt[3]) hat jedoch festgestellt, daß Arsenwasserstoff mit Bleiacetatlösung ähnlich wie Silbernitratlösung unter Bildung eines schwarzen Niederschlags reagiert, und hält somit eine Verwendung von Bleiacetatlösung zur Befreiung des Arsenwasserstoffs von Schwefelwasserstoff nicht für zulässig.

Die Nachprüfung dieser Frage fand folgendermaßen statt:

In je 4 Proben, die 0,01, 0,02 und 0,03 mg arsenige Säure enthielten und anscheinend frei von Schwefelwasserstoff waren, wurde die Untersuchung einmal mit, ein anderes Mal ohne Zwischenschalten von Bleiacetat vorgenommen. Es ergaben sich hierbei keine erkennbaren Unterschiede zwischen den Versuchen mit und ohne Bleiacetatzwischenlage.

Gegen eine Beeinflussung der Reaktion durch das zwischengeschaltete Bleiacetat spricht auch schon die Tatsache, daß durch so geringe Mengen wie 0,002 mg arsenige Säure stets eine deutliche und gleichmäßige Färbung des Quecksilberpapiers hervorgerufen wird. In einigen Fällen waren die untersten Spitzen des Bleiacetatpapiers allerdings schwärzlich angelaufen. Es liegt indessen nahe, daß diese geringe Färbung durch Spuren von Schwefelwasserstoff veranlaßt worden ist, zumal von einer etwa schwächeren Arsenreaktion in diesen Fällen nicht die Rede sein konnte. Der Widerspruch, der zwischen den Eckardtschen und den anderen Beobachtungen besteht, mag vielleicht dadurch erklärt werden, daß die Eckardtschen Versuche mit einem etwa 15—20% Arsenwasserstoff enthaltenden Gasgemisch ausgeführt wurden, während bei dem in Rede stehenden Verfahren der Arsenwasserstoff durch Wasserstoff äußerst verdünnt ist. Die Beobachtung, daß der Arsenwasserstoff unter Umständen mit Bleiacetatlösung sich umsetzen kann, ist anscheinend sehr alt. Hager[4]) schreibt hierüber bereits im Jahre 1872: „Da kleine Mengen Arsenwasserstoff Bleisalz nicht schwärzen, es aber durch Schwefelwasserstoff leicht gebräunt oder geschwärzt wird, . . . .

Da sich nach unseren Erfahrungen Arsenmengen bis zu 0,04 mg am besten nach dem beschriebenen Verfahren unterscheiden lassen, wurden die später folgenden Untersuchungen von Warenproben stets so ausgeführt, daß die Arsenmengen in den aus den Proben hergestellten Lösungen innerhalb dieser Grenzen lagen. Die beigefügten Tafeln I und II lassen erkennen, daß in den verwendeten Reagenzien weniger als 0,002 mg Arsen vorhanden ist. Auch zeigen die Tafeln, daß einerseits die Mengen von 0,002, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03 und 0,04 mg arseniger Säure charak-

---

[1]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. V (1889), S. 365.

[2]) Berichte der Deutsch. Chemischen Gesellschaft 23 (1890), S. 1798.

[3]) Eckardt, Reaktionen und Bestimmungsmethoden von Arsenwasserstoff, Inauguraldissertation Leipzig, 1907, S. 68.

[4]) Vergl. S. 38, Anmerkung 7.

teristische Färbungen ergeben, die sich in Länge und Tiefe der Färbung deutlich gegeneinander abheben, und daß anderseits die einzelnen Parallelversuche untereinander gut übereinstimmen.

### 2. Das gravimetrische und titrimetrische Verfahren.

Für die Bestimmung größerer Mengen als 0,07 mg ist von Smith das folgende gravimetrische und titrimetrische Verfahren ausgearbeitet worden, welches an der Hand der folgenden Abbildung, Figur 2, erläutert sein mag.

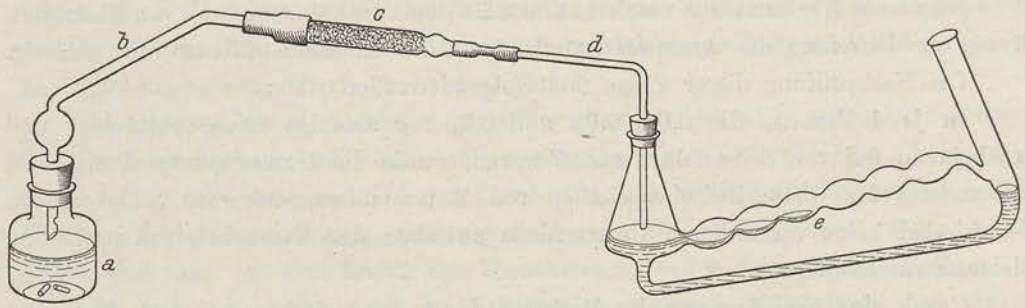



Fig. 2.

Das Entwicklungsgefäß a ist mit einem Destillationsaufsatz b versehen. An den letzteren schließt sich das Rohr c an, welches mit Bleiacetat getränkte Baumwolle enthält. Das Rohr d reicht in die zur Absorption des Arsenwasserstoffs dienende Vorlage e. Als Vorlage wählten wir an Stelle des von Smith vorgeschlagenen Erlenmeyerkolbens ein Kugelabsorptionsgefäß[1]). In der Vorlage befinden sich 20 ccm einer 5%igen Quecksilberchloridlösung, mit welcher der Arsenwasserstoff in der oben bereits erwähnten Weise unter Bildung eines gelben Niederschlages reagiert.

Die quantitative Ermittlung des Arsens läßt sich auf den beiden folgenden Wegen erreichen.

1. Man titriert direkt mittels Jodlösung: Zu der den gelben Niederschlag enthaltenden Quecksilberchloridlösung fügt man die gleiche Menge 15%ige Jodkaliumlösung sowie 5—10 g Natriumbicarbonat; dann versetzt man die Flüssigkeit mit einer abgemessenen Menge 0,01 normaler Jodlösung, bis sich der Niederschlag der Arsen-Quecksilberverbindung klar löst. Ein Überschuß von etwa 25% der Jodlösung ist hierzu ausreichend. Die überschüssige Jodlösung wird mit 0,01 normaler Thiosulfatlösung zurücktitriert.

Die bei diesem Verfahren stattfindenden chemischen Umsetzungen bestehen in der Überführung des Arsenwasserstoffes über die Arsen-Quecksilberverbindung in Arsensäure. 1 Teil Arsen entspricht hierbei 8 Teilen Jod, so daß das vorhandene Arsen durch ein hohes Jodäquivalent gemessen wird. Wie jedoch schon eben betont wurde, ist die Zusammensetzung der Arsen-Quecksilberverbindung noch nicht hinreichend festgestellt. Außerdem zersetzt sich die Verbindung in der Kälte langsam, bei Belichtung schneller und in der Hitze rasch. Infolge der schwer zu kontrollie-

[1]) Vergl. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. XXX (1909), S. 78.

renden Veränderlichkeit der Verbindung haben wir uns daher ausschließlich des folgenden Verfahrens bedient.

2. Man zersetzt durch Erhitzen der in der Vorlage enthaltenen Lösung samt dem entstandenen Niederschlage die ausgeschiedene gelbe Doppelverbindung in arsenige Säure und Quecksilberchlorür. Dieser Vorgang läßt sich hinsichtlich der in Betracht kommenden Stoffe durch das folgende Schema ausdrücken:

$$2AsH_3 + 12HgCl_2 + 3H_2O = 12HgCl + As_2O_3 + 12HCl.$$

Hierauf ermittelt man die Arsenmenge entweder nach a) durch Wägen des Quecksilberchlorürs oder nach b) durch Titrieren der arsenigen Säure mittels Jodlösung.

a) Man filtriert das Quecksilberchlorür in einem Goochtiegel ab, wäscht zuerst mit Wasser, dann mit Alkohol aus, trocknet schließlich den Niederschlag bei 105° C 30 Minuten lang und wägt das Quecksilberchlorür. Die Arsenmenge berechnet sich aus dem Gewichte des Quecksilberchlorürs so, daß 14,26 mg des letzteren 1 mg arseniger Säure entsprechen.

b) Das vom Quecksilberchlorür befreite Filtrat wird mit der gleichen Menge 15 %iger Jodkaliumlösung versetzt. Nach Hinzufügen von etwa 5 g Natriumbicarbonat titriert man hierauf die arsenige Säure mit 0,01 normaler Jodlösung. 1 ccm der verbrauchten Jodlösung entspricht 0,491 mg arseniger Säure. Die Ergebnisse von Versuchen, welche zur Prüfung der beiden vorstehenden Verfahren mit bekannten Arsenmengen ausgeführt wurden, sind in den folgenden Tabellen verzeichnet. Bei den Versuchen wurde aus 50 ccm einer bekannten Arsenigsäurelösung Arsenwasserstoff in üblicher Weise entwickelt und in die Quecksilberchloridlösung geleitet. Die entstandene gelbe Doppelverbindung wurde durch Kochen der Lösung samt dem entstandenen Niederschlage in arsenige Säure und Quecksilberchlorür zerlegt.

Tabelle 1. Arsengehalt der angewandten Versuchslösung durch Wägen des Quecksilberchlorürs bestimmt.

| Angewandte Menge $As_2O_3$ mg | Gefundene Menge HgCl mg | Ermittelte Menge $As_2O_3$ mg |
|---|---|---|
| 0,10 | 1,5 | 0,105 |
| 0,10 | 1,4 | 0,098 |
| 0,15 | 2,1 | 0,147 |
| 0,15 | 2,0 | 0,140 |
| 0,20 | 3,0 | 0,210 |
| 0,20 | 2,8 | 0,197 |
| 0,80 | 10,4 | 0,72 |
| 0,80 | 10,0 | 0,70 |
| 0,80 | 11,4 | 0,77 |
| 0,80 | 10,8 | 0,74 |
| 10 | 141,8 | 9,94 |
| 10 | 146,4 | 10,27 |

Tabelle 2. Arsengehalt der angewandten Versuchslösung, durch Titration der arsenigen Säure bestimmt.

| Angewandte Menge $As_2O_3$ mg | Gefundene Menge $As_2O_3$ mg |
|---|---|
| 0,85 | 0,87 |
| 0,85 | 0,85 |
| 0,85 | 0,87 |
| 0,85 | 0,85 |
| 0,85 | 0,87 |
| 0,85 | 0,82 |

## III. Die Untersuchung von Lebensmittelproben.

Bei Lebensmitteln, sowie bei Gebrauchsgegenständen, welche aus organischen Stoffen bestehen oder solche enthalten, wird zuerst die Zerstörung der organischen Substanz entweder mit Salzsäure und Brom oder mit Salzsäure und Kaliumchlorat oder auch mit Salpetersäure vorgenommen. Hierdurch wird das vorhandene Arsen zu Arsensäure oxydiert. Der weitere Gang der Untersuchung ist dann der folgende.

a) Die durch die Zerstörung der organischen Substanz gewonnene Lösung wird durch Eindampfen von den überschüssigen Oxydationsmitteln befreit und der Rückstand mit Salzsäure versetzt. In der so erhaltenen Lösung wird die Arsensäure zu arseniger Säure reduziert und diese in dem Entwicklungsgefäß des in Figur 1 oder 2 abgebildeten Apparates unmittelbar in Arsenwasserstoff übergeführt. Die Reduktion zu arseniger Säure erfolgt durch Zusatz von etwa 1—2 g Jodkalium zu der arsensäurehaltigen Lösung. Das hierbei entstehende freie Jod wird alsdann durch das Hinzufügen von 4—5 Tropfen der oben erwähnten 40%igen salzsauren Zinnchlorürlösung entfernt.

b) Die durch Zerstörung der organischen Substanz erhaltene saure Lösung wird mittels Ammoniak alkalisch gemacht und mit 10 ccm einer 10%igen Natriumphosphatlösung versetzt. Zu dieser Lösung fügt man 100 ccm Magnesiamischung. Hierdurch werden die Phosphorsäure und die Arsensäure als Ammoniummagnesiumphosphat und Ammoniummagnesiumarseniat ausgefällt. Es gelingt auf diese Weise, die Arsensäure quantitativ auszufällen, obwohl sie meist in einer weit unterhalb der Löslichkeitsgrenze des Ammonium-Magnesiumsalzes liegenden Menge vorhanden ist. Dieser Vorgang ist demnach ein weiterer Beitrag zu der anscheinend allgemeinen Erscheinung, daß äußerst geringe Mengen einer an und für sich schwer löslichen Verbindung mittels einer verwandten Fällungsreaktion gleichzeitig quantitativ ausgefällt werden können. Bekanntlich beruht auf diesem Vorgang die Untrennbarkeit bestimmter Radioelemente [1]), eine Erscheinung, die nach Soddy [2]) für die Natur der chemischen Elemente überhaupt

[1]) Vergl. z. B. Peretz und v. Hevesy, Radium als Indikator für Blei. Wiener Monatshefte 34 (1913), S. 1401.

[2]) Chemical News. Volume CVII (1913 I), S. 97.

von größter Bedeutung ist. Es mag darauf hingewiesen werden, daß Gautier und Clausmann[1]) ganz entsprechend bei der Ermittelung der sehr geringen, im tierischen Organismus vorhandenen Fluormengen verfahren, indem sie die kleinen Mengen Calciumfluorid durch Erzeugung eines Niederschlags von Calciumcarbonat zur Mitausfällung bringen.

Der Niederschlag von Ammoniummagnesiumphosphat und -arseniat wird in Salzsäure gelöst und durch Zusatz von etwa 2 g Jodkalium und 4—5 Tropfen der 40%igen salzsauren Zinnchlorürlösung zu arseniger Säure reduziert. Hierauf wird in der früher geschilderten Weise das Arsen ermittelt.

Die Ausführung nach a kann nur dann vorgenommen werden, wenn Antimonverbindungen fehlen. Bei Anwesenheit von Antimonverbindungen muß nach b verfahren werden. Denn hierauf beruht die Trennung von Arsen und Antimon, da im Gegensatz zu den Arsenverbindungen die Antimonverbindungen nicht durch das Ammonium-Magnesiumsalz gefällt werden.

Es empfiehlt sich ferner auch in dem Falle die Untersuchung nach b vorzunehmen, wenn die organische Substanz durch die Behandlung mit Salzsäure und Brom nicht vollständig zerstört ist. Denn dadurch, daß die organische Substanz nach dem Zusatz der Magnesiamischung in Lösung bleibt, während alles Arsen ausgefällt wird, wird die störende Wirkung der organischen Substanz beseitigt.

Es braucht kaum hinzugefügt werden, daß die Reinheit der Reagenzien, des Broms und des Natriumphosphats durch blinde Versuche festgestellt werden muß. Für die Herstellung der Natriumphosphatlösung ist das zu Enzymstudien nach Sörensen empfohlene Reagens geeignet. Wie durch besondere Versuche festgestellt werden konnte, stimmen die mittels direkter Reduktion und die mittels vorheriger Fällung der Arsensäure erhaltenen Versuchsergebnisse gut miteinander überein (vergl. Tafel I und II). Nachstehend sind die Ergebnisse einiger Untersuchungen von Lebensmittelproben wiedergegeben (s. Tabelle 3, S. 48).

Wie die nachstehenden Ergebnisse zeigen, ist in den hier untersuchten Lebensmitteln — Fleisch-, Hefe- und Pflanzenextrakt, Kaviar, gehärteten Ölen und Speisegelatine — das Vorhandensein von geringen Arsenmengen festgestellt. Diese Befunde stimmen überein mit den von Gautier[2]) und Bertrand[3]) erhaltenen. Die festgestellten Arsenmengen sind aber so gering, daß sie als vollständig unschädlich zu bezeichnen sind, zumal die Annahme, daß der tierische und pflanzliche Organismus eine geringe Menge Arsen benötigt, nicht von der Hand zu weisen ist. Was aber den Arsengehalt der gleichfalls untersuchten Leime betrifft, so ist dieser so hoch, daß dieselben für den menschlichen Genuß als nicht geeignet zu erachten sind und lediglich nur technischen Zwecken dienen dürfen. Als solche waren sie auch bezeichnet.

---

[1]) Bulletin de la Société chimique de France 4. Série, 13 (1913), S. 909.

[2]) Comptes rendus de l'Acad. des sciences 129 (1899), S. 929 u. 936; 130 (1900), S. 284; 131 (1900), S. 361; 134 (1902), S. 1394; 135 (1902), S. 812, 833, 1115; 137 (1903), S. 158, 232, 295, 374; 139 (1904), S. 101.

[3]) Ebenda 134 (1902), S. 1434; 135 (1902), S. 809; 136 (1903), S. 1083; 137 (1903), S. 266.

Tabelle 3. Übersicht über den in einigen Lebensmitteln, gehärteten Ölen, Gelatinen und Leimsorten ermittelten Arsengehalt.

| Art der untersuchten Probe | | Verfahren | Ermittelter Arsengehalt, berechnet als arsenige Säure |
|---|---|---|---|
| 1. Fleischextrakte verschiedener Herkunft | Fleischextrakt Nr. 1 | kolorimetrisch | 0,0075 mg $As_2O_3$ in 10 g |
| | „ „ 2 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 3 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 4 | „ | 0,010 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 5 | „ | 0,010 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 6 | „ | 0,010 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 7 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 8 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 9 | „ | 0,010 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 10 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 11 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 12 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 13 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 14 | „ | 0,010 „ „ „ 10 „ |
| 2. Pflanzenextrakt | | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| 3. Hefeextrakt | | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| 4. Kaviar | | „ | 0,010 „ „ „ 25 „ |
| 5. Gehärtete Öle | Erdnußöl | „ | 0,010 „ „ „ 100 „ |
| | Cottonöl | „ | 0,0075 „ „ „ 100 „ |
| | Leinöl | „ | 0,015 „ „ „ 100 „ |
| 6. Speisegelatine verschiedener Herkunft | Speisegelatine Nr. 1 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 2 | „ | 0,010 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 3 | „ | 0,030 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 4 | „ | 0,005 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 5 | „ | 0,030 „ „ „ 10 „ |
| 7. Leime verschiedener Herkunft | Leim Nr. 1 | kolorimetrisch | 0,15 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 1 | gravimetrisch | 0,14 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 1 | titrimetrisch | 0,15 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 2 | kolorimetrisch | 0,08 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 2 | gravimetrisch | 0,12 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 2 | titrimetrisch | 0,11 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 3 | kolorimetrisch | 0,23 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 3 | gravimetrisch | 0,25 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 3 | titrimetrisch | 0,26 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 4 | kolorimetrisch | 0,25 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 4 | gravimetrisch | 0,26 „ „ „ 10 „ |
| | „ „ 4 | titrimetrisch | 0,27 „ „ „ 10 „ |

## IV. Schlußfolgerungen.

Nach den vorstehend mitgeteilten Erfahrungen ist das von Smith ausgearbeitete und zur Untersuchung von Warenproben bei der Einfuhr in die Vereinigten Staaten von Amerika gebräuchliche Verfahren sehr geeignet, die geringen Arsenmengen, welche z. B. bei der Untersuchung von Lebensmitteln in Frage kommen können, mit

ausreichender Genauigkeit zu ermitteln. Die Vorteile des Verfahrens bestehen namentlich darin, daß es leicht handlich und schnell ausführbar ist sowie nur eine verhältnismäßig geringe Menge des Untersuchungsmaterials beansprucht, was in Anbetracht der Schwierigkeiten, welche sich dem Zerstören einer größeren Menge organischer Substanz häufig entgegenstellen, sehr ins Gewicht fällt. Jedoch ist das Folgende zu beachten.

Es empfiehlt sich, das einfache kolorimetrische Verfahren so anzuwenden, daß die Menge Arsen in der aus der Probe hergestellten Lösung 0,04 mg nicht übersteigt. Die Genauigkeit des Verfahrens gestattet alsdann, Arsenmengen von 0,002, 0,005, 0,01, 0,02, 0,03 und 0,04 g gut voneinander zu unterscheiden. Handelt es sich darum, den Arsengehalt genauer zu ermitteln, so empfiehlt es sich, das kolorimetrische Verfahren nur zur Orientierung zu benutzen und die genaue Feststellung des Arsengehalts, gegebenenfalls an einer entsprechend größeren Probe, nach dem gravimetrischen bezw. titrimetrischen Verfahren vorzunehmen. Der letztere Weg würde unter allen Umständen in denjenigen Fällen einzuschlagen sein, in denen der Arsengehalt von Waren durch gesetzliche Vorschriften zahlenmäßig begrenzt ist und der Ausfall der kolorimetrischen Prüfung nicht mit Sicherheit erkennen läßt, daß der Arsengehalt innerhalb der zulässigen Grenzen liegt, oder wenn eine Beanstandung der Ware auszusprechen ist.

Berlin, im Juli 1914.

# Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Methylalkohol neben Äthylalkohol.

Von

**Dr. G. Reif,**

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

## I. Allgemeines.

Jodmethyl vereinigt sich mit Schwefelmethyl zu Trimethylsulfinjodid bereits in der Kälte nach der Gleichung:

$$CH_3J + (CH_3)_2S = (CH_3)_3SJ.$$

Jodäthyl soll sich dem Schwefelmethyl gegenüber ähnlich verhalten, höhere Jodalkyle aber sollen erst bei höherer Temperatur die Schwefelverbindungen geben, wie Cahours[1]) bereits im Jahre 1865 berichtet. Weitere Angaben über diese Art der Bildung von Sulfinjodiden wurden in der Literatur nicht gefunden. Die Verschiedenheit der Bildungstemperaturen der Sulfinjodide legte den Gedanken nahe, eine Temperatur ausfindig zu machen, bei der sich nur die Methylverbindung bildet, nicht jedoch die Äthylverbindung. Dahingehende Versuche ergaben, daß nicht einmal ein Hinabgehen auf eine tiefe Temperatur nötig ist, sondern daß vielmehr schon bei Zimmertemperatur eine Bildung der Äthylverbindung nicht erfolgt, wenn der Gehalt des Äthyl-Methyljodidgemisches an Methyljodid nicht zu gering ist, und daß, auch wenn letztere Voraussetzung nicht zutrifft, ein Zusatz von Äther genügt, um die Entstehung der Äthylverbindung neben der Methylverbindung zu verhindern. Da das Trimethylsulfinjodid sich wie ein jodwasserstoffsaures Salz verhält, läßt es sich leicht titrimetrisch bestimmen. Es ist damit ein neues Verfahren zur quantitativen Bestimmung des Methylalkohols neben dem Äthylalkohol gegeben, das sich in seinen Grundlagen von den bisher bekannten Verfahren unterscheidet, indem der Methylalkohol in einen krystallisierten und leicht in reinem Zustande darstellbaren Körper übergeführt wird, der ohne Schwierigkeit titrimetrisch bestimmt werden kann. Das Verfahren hat gegenüber anderen auch den Vorzug, daß es keiner besonderen Apparate bedarf, sondern sich mit den gebräuchlichen Hilfsmitteln des Laboratoriums durchführen läßt. Eine gewisse Schwierigkeit bei der Ausführung des Methylsulfinjodidverfahrens liegt darin, daß das Arbeiten mit Methylsulfid wegen dessen unangenehmen Geruchs leicht lästig

[1]) Ann. d. Chem. **135**, S. 355.

wird. Bei Berücksichtigung der weiter unten angegebenen oder sonstiger geeigneter Maßregeln läßt sich diese Schwierigkeit jedoch leicht beheben oder wenigstens auf ein Mindestmaß einschränken.

Das Verfahren eignet sich auch zur Bestimmung des Methylalkohols in Trinkbranntweinen. Bei diesen wird ein Methylalkoholbestimmungsverfahren, das seinen Weg über die Darstellung der Jodide nimmt, stets den Vorteil vor anderen Methoden haben, daß Nebenreaktionen durch Branntweinbestandteile, die das Resultat störend beeinflussen können, wie z. B. Säuren, Ester, Aldehyde und Aceton nicht eintreten. Sollten nämlich diese eine Verbindung mit Jod bilden, so werden sie beim Ausschütteln der Jodide mit Wasser und Kalilauge wieder zerstört und beseitigt. Bei dem Trimethylsulfinjodidverfahren kommt noch hinzu, daß Fuselöle das Ergebnis nicht beeinträchtigen, da seine Jodide, wie bereits erwähnt, bei gewöhnlicher Temperatur keine Schwefelmethylverbindung einzugehen vermögen. Nur falls ätherische Öle in größerer Menge vorhanden sind, ist es ratsam, sie vor der Untersuchung durch Aussalzen zu entfernen.

Das Trimethylsulfinjodidverfahren zerfällt in die Herstellung der Alkyljodide und die Abscheidung sowie Bestimmung des Trimethylsulfinjodids.

## II. Ausführung des Verfahrens.

### a) Darstellung der Alkyljodide.

Bei der Nachprüfung der Verfahren zur Herstellung des Alkyljodidgemisches haben sich die von Wirthle[1]) angegebenen Vorschriften am besten bewährt; die nachstehende Arbeitsweise ist daher im wesentlichen seinen Vorschriften angepaßt.

10 ccm des Äthyl-Methylalkoholgemisches werden in ein kleines Destillationskölbchen, das sich in einer Schale mit Eiswasser befindet, gebracht. Dazu wird eine entsprechende Menge roter Phosphor (1 ccm Äthylalkohol erfordert theoretisch 0,18 g P, 1 ccm Methylalkohol 0,26 g P) gegeben, der Kolben rasch mit einem schräg aufsteigenden Kühler mittels Glasschliff verbunden und das Kölbchen wieder in die Schale mit Eiswasser gestellt. Dann wird mit dem Eintragen von Jod (für 1 ccm Äthylalkohol 2,2 g J, für 1 ccm Methylalkohol 3,18 g J) begonnen. Man verfährt dabei so, daß man den Kolben rasch vom Kühler wegnimmt, ungefähr 3 g Jod zugibt und schnell wieder mit dem Kühler verbindet. Die erforderliche Jodmenge ist in etwa 20 Minuten eingetragen. Sollte nach dem Zugeben des Jods eine zu heftige Reaktion eintreten, so übergießt man das Kölbchen mit Eiswasser. Sobald alles Jod zugegeben ist, setzt man das Kölbchen mit dem Reaktionsgemisch auf ein nicht angeheiztes Wasserbad und bringt an das obere Ende des Kühlers ein in Kalilauge eintauchendes Kugelrohr an. Dann wartet man einige Minuten und beobachtet, ob die Reaktion von selbst eintritt; sollte dies nicht der Fall sein, so beginnt man vorsichtig mit kleiner Flamme das Wasserbad zu erwärmen. Wenn die Reaktion zu heftig wird, kühlt man durch Übergießen des Kölbchens mit Eiswasser. Dann vergrößert man die Flamme allmählich und hält den Kolbeninhalt in mäßigem Sieden,

[1]) Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel **24**, 14 ff. (1912).

wobei der entweichende Jodwasserstoff von der Kalilauge absorbiert wird. Nachdem die Jodwasserstoffentwicklung aufgehört hat, was gewöhnlich nach 1—1½ Stunden der Fall ist, läßt man den Kolbeninhalt erkalten und nimmt das Kugelrohr ab. Hierauf wird der Kühler in eine absteigende Stellung gebracht und am unteren Ende ein Vorstoß angesetzt, der in einen länglichen Scheidetrichter von etwa 80 ccm Inhalt eintaucht. In den Scheidetrichter gibt man 10 ccm kaltes Wasser und destilliert die gebildeten Jodide unter allmählicher Steigerung der Temperatur und unter guter Kühlung über. Zuletzt erhitzt man das Wasserbad mit einem Dreibrenner und umwickelt das Kölbchen bis zum Kühler vollständig mit einem Tuch, um die letzten Anteile der Jodide überzutreiben. Die Destillation dauert ungefähr eine Stunde, dann lassen sich gewöhnlich keine übergehenden Tropfen von Jodiden mehr beobachten. Nachdem die Destillation beendet ist, wird der Kühler und der Vorstoß mit kaltem Wasser nachgewaschen. Die erhaltenen Jodide werden, um sie zu entfärben, in dem bei der Destillation benutzten länglichen Scheidetrichter mit 15 ccm einer 10%igen, gut gekühlten Kalilauge etwa 50 mal umgeschwenkt und ¼ Stunde damit stehen gelassen, worauf die über den Jodiden stehende Flüssigkeit mit einer Pipette so weit als möglich abgesaugt wird. Hierauf werden die Jodide mit 40 ccm kaltem Wasser durch fünfzigmaliges Umschütteln gewaschen, die überstehende Flüssigkeit wird wieder so weit als möglich abgesaugt und das Waschen auf die nämliche Weise einmal wiederholt. Die nun vollkommen klaren, farblosen Jodide läßt man samt dem letzten Waschwasser über Nacht, mindestens aber 4 Stunden gut verschlossen im Eisschrank stehen. Dann läßt man sie aus dem Scheidetrichter in einen mit eingeschliffenem Stöpsel versehenen gewogenen Meßzylinder von 15 ccm Inhalt fließen. Bei vorsichtigem Arbeiten kann man es leicht erreichen, daß die Jodide bis auf den letzten Tropfen von der überstehenden Wasserschicht getrennt werden. Man stellt dann Gewicht und Volumen der Jodide fest und kann hieraus, wie Wirthle angibt, bereits annähernd den Gehalt des Gemisches an Methyljodid schätzen. Dies ist besonders bei kleinen Mengen Methylalkohol zu empfehlen, da man hierbei einen Fingerzeig für ein etwa erforderliches Zugeben von Äther bei der Sulfinjodiddarstellung hat.

**b) Darstellung des Trimethylsulfinjodids und dessen titrimetrische Bestimmung.**

Handelt es sich um Jodidgemische mit weniger als etwa 5% Jodidmethyl, so hat es sich, um eine möglichst genaue Bestimmung zu erzielen, als notwendig erwiesen, dem Reaktionsgemisch 0,5 ccm trockenen Äther zuzusetzen. Man erreicht damit, daß die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Bildung der Äthylverbindung derart verlangsamt wird, daß sie praktisch außer Frage kommt. Auf diese Weise lassen sich Mengen bis 1% Methyljodid mit fast theoretischer Genauigkeit bestimmen. Bei größeren Mengen Methyljodid ist eine Zugabe von Äther überflüssig, weil hier die Bildung der Äthylverbindung an sich schon vollkommen zurückgedrängt wird.

Von dem Jodidgemische wird ein bestimmter Teil, und zwar etwa 2 ccm in ein etwa 20 ccm fassendes Kölbchen gebracht. In dieses gibt man, falls der Gehalt des Jodidgemisches an Methyljodid schätzungsweise mehr als 5% beträgt, 2 ccm Methylsulfid, im andern Falle nur 1,5 ccm sowie 0,5 ccm über Natrium getrockneten Äther,

verschließt das Kölbchen fest mit einem Korkstopfen und läßt es zweckmäßig unter dem Abzuge in einem dicht schließenden Exsikkator etwa 20—24 Stunden bei einer Temperatur von 19—20° stehen. Um nicht von der Zimmertemperatur abhängig zu sein, kann man auch in der Weise verfahren, daß man ein Einschmelzgläschen anwendet; zweckmäßig benutzt man dazu ein solches von 10 ccm Inhalt und mit einem 10 cm langen mit Einfülltrichter versehenen Hals. Nachdem die Jodide unter Eiskühlung mit einer dünnen Pipette, die bis auf den Boden des Gläschens reicht, und dann das Schwefelmethyl mit einem langhalsigen mit dünnem Rohre versehenen Trichter eingeführt sind, schmilzt man das Gläschen rasch an der Stelle kurz unter dem Einfülltrichter zu, was sich sehr leicht unter Ausschluß jeglichen Verlustes ausführen läßt. Hierauf wird es in einen Thermostaten von 19° gestellt und darin etwa 20 Stunden belassen. Dann spült man das entstandene Trimethylsulfinjodid mit Äther auf ein mit trockenem Äther befeuchtetes Filter und wäscht gut mit demselben aus. Der Äther ist vorher über Natrium zu trocknen und zu destillieren. Geringe an der Glaswand haftende Reste von Trimethylsulfinjodid werden, falls sie sich auch mit einem Glasstabe nicht lockern lassen, in dem Gläschen selbst mit Wasser gelöst. Der Trichter samt Filter und Niederschlag wird auf ein etwa 100 ccm fassendes Stöpselglas gebracht und die Krystalle auf dem Filter mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur gelöst; am Schlusse wird nun noch die im Gläschen befindliche wässerige Lösung in das Stöpselglas gegeben. Die vereinigten Lösungen werden mit $^1/_{10}$ normaler, bei größeren Mengen von Trimethylsulfinjodid mit normaler Silbernitratlösung titriert. Anfangs läßt man die Silberlösung langsam zufließen und schüttelt öfters, wobei sich die zuerst etwas trübe Ausscheidung zusammenballt, zu Boden setzt und die darüber stehende Flüssigkeit vollkommen klärt. Wenn genug Silbernitrat zugegeben ist, nimmt die Flüssigkeit einen Stich ins Grüne an. Ein etwaiger Überschuß an Silbernitrat schadet jedoch nichts, da er sich mit Rhodanammonium wieder zurücktitrieren läßt. In diesem Falle werden 2 ccm Eisenammoniumalaunlösung und soviel verdünnte Salpetersäure hinzu gegeben, daß die durch die Eisenlösung hervorgerufene bräunliche Färbung wieder verschwindet, und dann tropfenweise bis zum rotbraunen Umschlag mit Rhodanlösung zurücktitriert. Wer die Grünfärbung der Flüssigkeit schwieriger beobachten kann, kann auch schon kurz vor beendeter Titration mit der Silberlösung Eisenalaun zugeben und dann bis zum Farbenumschlag zu Ende titrieren. Besonders bei kleinen Mengen von Trimethylsulfinjodid ist letzteres zu empfehlen.

Die Berechnung der titrimetrischen Bestimmung gestaltet sich sehr einfach, da ein Molekül Silbernitrat einem Molekül Trimethylsulfinjodid (Mol.-Gew. = 204,06) bezw. Methylalkohol (Mol.-Gew. = 32,03) entspricht.

Um möglichst wenig von dem unangenehmen Geruch des Schwefelmethyls belästigt zu werden, wird das Mischen der Jodide mit Schwefelmethyl und das Filtrieren und Auswaschen mit Äther zweckmäßig im Freien vorgenommen. Auch ist es zu empfehlen, die Schwefelmethylreste nicht ohne weiteres wegzuschütten, sondern sie zuvor mit einigen Tropfen rauchender Salpetersäure zu zerstören. Das Schwefelmethyl ist in einem Einschmelzglase an einem kühlen Orte aufzubewahren.

### III. Bestimmung des Methylalkohols in Branntweinen.

Die Vorbereitung des Branntweins zur Untersuchung auf Methylalkohol wird zweckmäßig nach der von Wirthle[1]) angegebenen Arbeitsweise vorgenommen. Hat man bei der qualitativen Prüfung auf Methylalkohol eine deutliche Reaktion erhalten, so macht man zunächst eine Alkoholbestimmung. Dann werden zu 100 ccm des Branntweins 10 ccm Normalnatronlauge gegeben und mit kleiner Flamme unter Verwendung eines le Belschen Destillationsaufsatzes etwa 10 ccm mehr, als dem Alkoholgehalt entspricht, überdestilliert. Da es jedoch nicht gelingt, durch eine einmalige Destillation sämtlichen Methylalkohol überzutreiben, so setzt man dem Rückstande nach dem Abkühlen eine dem Destillate annähernd gleiche Menge absoluten Alkohol zu und destilliert nochmals mehrere Kubikzentimeter über. Von dem in einem Meßzylinder aufgefangenen Destillate wird wieder eine Alkoholbestimmung gemacht und daraus berechnet, wie viel Kubikzentimeter des Destillats 10 ccm Alkohol entsprechen. Die so berechnete Menge des Destillats wird zur Jodiddarstellung verwendet. Wichtig ist, bei der ersten, ohne Alkoholzugabe ausgeführten Destillation des Branntweins die Temperaturen genau zu beobachten, da diese einen Anhaltspunkt für den Methylalkoholgehalt im Branntwein geben, was bei der späteren Jodiddarstellung wegen der Schätzung der zuzusetzenden Mengen Jod und Phosphor wichtig ist. Es seien hier einige Beispiele gegeben und zugleich auch auf die Temperaturangaben verwiesen, die Wirthle[2]) bei seinen Methylalkoholbestimmungen gemacht hat.

Bei einem 55%igen Branntwein, der 10% Methylalkohol enthielt, wurden folgende Temperaturen beobachtet: die ersten Tropfen gingen bei 69° über, dann stieg das Thermometer auf 75°, blieb hier etwa 5 Minuten stehen, um danach für 3—4 Minuten auf 77° zu steigen. Bis dahin waren etwa 10 ccm übergegangen.

Ein 50%iger Branntwein, der 5% Methylalkohol enthielt, zeigte folgende Temperaturen: die ersten Tropfen gingen bei 69° über, dann stieg das Thermometer auf 75°, um dort etwa eine Minute zu verbleiben und schließlich langsam auf 78,5° zu steigen.

Bei einem 45%igen Branntwein, der 1% Methylalkohol enthielt, stieg das Thermometer sofort auf 75° und dann weiter auf 79°.

Bei der Schätzung der Jodmenge übt übrigens ein Überschuß von 1 g Jod auf 10 ccm Alkoholgemisch keinen schädlichen Einfluß aus. Dagegen ist es bei methylalkoholreichen Branntweinen empfehlenswert, sich bei der oben erwähnten Destillation unter Berücksichtigung der beobachteten Temperaturen ein Destillat herzustellen, dessen Gehalt an Methylalkohol annähernd 10% beträgt.

Nachstehend folgt eine Zusammenstellung von Versuchsergebnissen und Beleganalysen, aus denen die Zuverlässigkeit des Verfahrens hervorgeht.

---

[1]) A. a. O.

[2]) A. a. O. S. 25.

## IV. Ergebnisse der Versuche und Beleganalysen.

1. Titrimetrische Bestimmungen von Trimethylsulfinjodid.

| Nr. | Angewandte Menge $(CH_3)_3SJ$ g | Verbrauchte Menge $^1/_{10}$n $AgNO_3$-Lösung ccm | Gefundene Menge $(CH_3)_3SJ$ g |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,1748 | 8,5 | 0,1734 |
| 2 | 0,1348 | 6,6 | 0,1346 |
| 3 | 0,1930 | 9,5 | 0,1938 |

2. Versuche zum Nachweise, daß Methyljodid mit Methylsulfid quantitativ in Trimethylsulfinjodid übergeht und daß sich bei Gegenwart von Äthyljodid eine entsprechende Sulfinverbindung nicht bildet.

| Nr. | Angewandte Menge $CH_3J$ ccm | Angewandte Menge $C_2H_5J$ ccm | Angewandte Menge $(CH_3)_2S$ ccm | Berechnete Menge $(CH_3)_3SJ$ g | Verbrauch des Sulfinjodids an $^1/_{10}$n $AgNO_3$-Lösung ccm | Gefundene Menge $(CH_3)_3SJ$ g | Temperatur bei der Sulfinbildung ° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,35 | 2,0 | 1,0 | **1,14** | 54,2 | **1,11** | 19 |
| 2 | 0,4 | 2,0 | 2,0 | **1,31** | 61,0 | **1,25** | 19 |
| 3 | 0,3 | 2,0 | 2,0 | **0,99** | 48,0 | **0,98** | 19 |
| 4 | 0,2 | 2,0 | 2,0 | **0,66** | 34,6 | **0,71** | 19 |
| 5 | 0,1 | 2,0 | 1,5 | **0,33** | 18,1 | **0,37** | 19 |
| 6 | 0,05 | 2,0 | 1,5 | **0,16** | 7,7 | **0,16** | 20 |
| 7 | 0,05 | 3,3 | 1,5 | **0,16** | 8,2 | **0,17** | 20 |

3. Bestimmungen von Methylalkohol neben Äthylalkohol.

| Nr. | Angewandte Menge Methylalkohol ccm | Angewandte Menge Äthylalkohol ccm | Menge des erhaltenen Jodidgemisches ccm | Von dem Jodidgemische wurden weiterverarbeitet ccm | Menge des zugesetzten Methylsulfids ccm | Verbrauch des erhaltenen Sulfinjodids an $^1/_{10}$n $AgNO_3$-Lösung ccm | Gefundene Menge Methylalkohol ccm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **2,00** | 8,00 | 13,2 | 1 | 1 | 35,1 | **1,87** |
| 2 | **0,50** | 9,50 | 12,9 | 2 | 2 | 21,6 | **0,56** |
| 3 | **0,25** | 9,75 | 12,8 | 2 | 1,5 | 10,5 | **0,27** |
| 4 | **0,20** | 9,80 | 12,8 | 2 | 1,5 | 7,7 | **0,20** |
| 5 | **0,20** | 9,80 | 12,8 | 2 | 1,5 | 8,3 | **0,21** |
| 6 | **0,10** | 9,90 | 12,8 | 2 | 1,5 | 5,1 | **0,13** |

4. Bestimmungen von Methylalkohol in Tresterbranntwein, dem verschiedene Mengen des ersteren zugesetzt waren.

| Nr. | Gehalt des Branntweins an Methylalkohol Vol.-% | Gefunden wurden Methylalkohol Vol.-% |
|---|---|---|
| 1 | 10 | 9,7 |
| 2 | 10 | 10,1 |
| 3 | 5 | 4,7 |
| 4 | 5 | 4,8 |
| 5 | 1 | 1,09 |
| 6 | 1 | 1,05 |

Berlin, im Juli 1914.

# Über den Befund von Typhusbacillen im Blute von Kaninchen nach Verimpfung in die Gallenblase.

Von

Prof. **Dr. med. Lange,** Regierungsrat, und **Dr. med. Roos,** wissenschaftl. Hilfsarbeiter

im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Eine Reihe von Autoren haben sich mit der Frage beschäftigt, auf welchem Wege die Typhusbacillen in die Gallenblase gelangen. Nach den Untersuchungen von Chiarolanza[1]) findet eine direkte Überwanderung der Bacillen aus den Capillaren der Gallenblasenwand in die Galle hinein statt und nicht eine Ausscheidung aus dem Blut auf dem Umweg durch die Galle selbst. Während Doerr die Typhusbacillen frühestens 8 Stunden nach der intravenösen Injektion in der Gallenblase des Kaninchens vorfand, konnte Chiarolanza bei seinen Versuchen feststellen, daß die Bacillen schon zwei Stunden nach der Einspritzung in die Ohrvene in der Gallenblase nachzuweisen waren.

Es war nun von Interesse zu untersuchen, wie rasch die Bacillen aus der Gallenblase heraus in den allgemeinen Blutkreislauf übertreten, wenn sie in die Gallenblase direkt eingespritzt werden. Durch Hailer und Ungermann (a) und bald darauf durch Uhlenhuth und Messerschmidt wurde erwiesen, daß Kaninchen zu Typhusbacillen-Dauerträgern am besten dadurch gemacht werden können, daß man Typhusbacillen direkt in die Gallenblase injiziert.

Wir beschäftigten uns nun nicht mit der Frage der Erzielung einer Dauerausscheidung, sondern, veranlaßt durch einen überraschenden Befund bei einer anderen Untersuchung, gingen wir in erster Linie der Frage nach, wie bald nach der Verimpfung in die Gallenblase sich Typhusbacillen im Blutkreislauf nachweisen lassen[2]).

Unsere Technik hatte sich im Laufe der Versuche nach verschiedenster Weise geändert, doch betrafen diese Änderungen ganz spezielle Punkte. Ganz allgemein wäre zunächst folgendes darüber zu sagen:

Die Kaninchen wurden mit Chloroformäthergemischen narkotisiert, in Rückenlage auf dem Operationsbrett aufgespannt. Die Bauchhaut vom Sternum nach abwärts wurde rasiert und mit

[1]) Literatur siehe am Ende der Arbeit!

[2]) Über die nachstehenden Untersuchungen haben wir schon kurz in der Sitzung der Berliner mikrobiologischen Gesellschaft vom 14. Mai 1914 berichtet.

Alkohol abgewaschen. Wir machten einen Schnitt in der linea alba von etwa 10 cm Länge. Die Leber wurde mit einer glatten Pinzette hervorgehoben, so daß der untere Pol der Gallenblase gut zugängig war. Die Typhusbacillen wurden sodann mit einer Spritze mit möglichst feiner Kanüle eingespritzt, die Stichöffnung mit der Pinzette gefaßt und mit Seide unterbunden. Naht in zwei Etagen. Vor der Operation wurden die Ohren des Tieres bei den ersten Versuchen mit Sublimat und Alkohol, später nur mit Seife und Alkohol gereinigt und in Gazestückchen eingewickelt. Die nötige Zahl von Entnahmespritzen wurde sterilisiert bereit gehalten. Der Zeitpunkt der Infektion wurde genau fixiert und nach bestimmten Zeiten aus dem einen oder auch aus dem anderen Ohr Blut mit der Spritze aspiriert.

Auf Grund der oben erwähnten gelegentlichen Beobachtung wurde die erste Blutentnahme schon nach 2 Minuten vorgenommen.

Zu jeder Blutentnahme wurde selbstverständlich eine neue Spritze verwendet.

Die Menge des aus der Vene zu erhaltenden Blutes war meist eine recht geringe; da das Blut fast immer mit Luftblasen vermengt war, ließ sich nicht genau feststellen, wieviel Blut bei der einzelnen Entnahme erhalten wurde. Im allgemeinen mußten wir zufrieden sein, wenn wir etwa 0,2 ccm Blut in die Spritze bekamen. Wir bezeichneten diese Menge als „viel", während wir andererseits manchmal auch nur etwa 0,05 ccm Blut entnehmen konnten, welche Menge dann als sehr gering bezeichnet wurde. In einigen Versuchen gingen wir, um mehr Blut zu gewinnen, so vor, daß wir vor der Laparatomie eine Halsvene freilegten. Dann wurden selbstverständlich beliebig große Mengen Blut erhalten.

Die entnommenen Blutproben wurden in den beiden ersten Versuchen teils direkt auf Drigalskiplatten ausgestrichen, teils in Galleröhrchen angereichert. Nachdem sich hierbei, wie zu erwarten war, sofort gezeigt hatte, daß die Galleanreicherung dem direkten Ausstrich weit überlegen ist, nahmen wir fortan von letzterem ganz Abstand.

Die herausgezüchteten Typhuskulturen wurden durch Agglutination (je nach Veranlassung nur orientierende Agglutination, oft aber auch bis zur Titergrenze) identifiziert, s. S. 84 u. f.

Jedesmal wurden auch als Kontrolle eine Öse der injizierten Bacillenaufschwemmung in Galle angereichert.

Andere Modifikationen der Technik werden bei Besprechung der einzelnen Versuche angegeben werden.

Wir haben unsere gesamten Versuche am Kaninchen in der Hauptübersichtstabelle (s. S. 70 u. f.) chronologisch zusammengestellt.

In der Haupttabelle finden sich Angaben über den benützten Stamm, über das Alter der Kultur, über die Menge, die eingespritzt wurde, über die näheren Umstände bei der Einspritzung, über die Zeitpunkte der Entnahme und das Ergebnis des Nachweises und schließlich über das weitere Schicksal des Versuchstieres und etwaige Beobachtungen, die sich an ihm später noch erheben ließen.

Nur durch die chronologische Darstellung unserer Versuche mit den verschiedenen Irrwegen und der manchmal mangelhaften Technik glauben wir die Gedankengänge, die uns bei unserm Vorgehen leiteten, genügend klar zum Ausdruck bringen zu können. „Negative" Versuche — besonders, wenn sie unerwartet und früheren „positiven" Versuchen anscheinend widersprechend auftreten — tragen oft erst recht zur Klärung eines Problems bei, weil sie zwingen, ihren Ursachen näher nachzugehen. Gerade, daß es uns, wir wir glauben, gelungen ist, eine zunächst unerwartete und bei weiterer Verfolgung immer schwerer erklärbar gewordene Erscheinung schließlich doch aufzuklären, dürfte die Wiedergabe unserer Versuche in extenso rechtfertigen.

Es sei nunmehr auf die einzelnen Versuche näher eingegangen. Von der streng chronologischen Reihenfolge werden wir bei der Besprechung nur in wenigen Fällen abweichen.

Bei den Versuchen 1—3 wurden 24stündige Bouillonkulturen von zwei verschiedenen Typhusstämmen in der Menge von 0,3 oder 0,2 ccm injiziert. Im Ohrvenenblut waren die Typhusbacillen bei Versuch 1 nach 2 Minuten, bei Versuch 2 und 3, bei welchen die Erstentnahme schon nach einer Minute erfolgte, schon zu diesem Zeitpunkt im Blute nachzuweisen. Bei Versuch 1 war der direkte Ausstrich auf Drigalskiplatten bei der Probe nach 2 Minuten positiv. Es gingen mehrere Kolonien auf. Die weiteren Entnahmen nach 7 und 15 Minuten ergaben auf der Platte ein negatives Resultat, dagegen ließ die Gallenanreicherung Typhusbacillen in die Erscheinung treten. Bei der Entnahmeprobe nach 30 Minuten waren sowohl Platte, wie Gallenanreicherung negativ.

Bei Versuch 2 wurde nur äußerst wenig Blut erhalten. Damit mag es zusammenhängen, daß nach 6, 15, 30 Minuten der Typhusbacillennachweis nicht mehr gelang.

In Versuch 3 waren Typhusbacillen nach 1, 5, 15 und 30 Minuten festzustellen; nach 60 Minuten gelang der Nachweis nicht mehr.

Es sei gleich hier vorausgeschickt, daß wir später als 30 Minuten nach der Injektion bei keinem unserer sämtlichen Versuche Typhusbacillen im Ohrvenenblut fanden. Selbst nach 30 Minuten war ein Positivbefund nur ausnahmsweise festzustellen.

Die drei ersten Versuche hatten also übereinstimmend das Ergebnis eines überraschend schnellen Übergangs der Typhusbacillen in den Blutkreislauf erbracht.

In unseren nächsten Versuchen bemühten wir uns, den Weg zu ermitteln, welchen die Typhusbacillen bei ihrem Übertritt in die Blutbahn nehmen.

Bei Versuch 4 spritzten wir die Kultur in eine Dünndarmschlinge ein. Das Ergebnis war ein völlig negatives.

Es sei hier vorweggenommen, daß auch bei dem späteren Versuche Nr. 9, wo die Injektion in den obersten Dünndarmabschnitt, in der Nähe des Eintrittes des ductus choledochus erfolgte, und in den Versuchen 60 und 61, wo sie in eine etwas weiter abwärts gelegene Dünndarmschlinge gemacht wurde, regelmäßig negative Ergebnisse erhalten wurden.

Vom Dünndarm her, etwa durch rasche Resorption, hat also der Übergang nicht stattgefunden.

Um den rückläufigen Weg durch die Leber zu erweisen, wurde in Versuch 5 zunächst der ductus choledochus unterbunden.

Die Injektion verlief bei diesem Versuche nicht glatt. Die Gallenblase wurde zweimal angestochen, beim Abbinden glitt sie aus und es floß daher ziemlich viel Typhusbouillonkultur mit Galle vermengt in die freie Bauchhöhle. Im Ohrvenenblut war der Nachweis nach einer halben Minute negativ, nach 5 und 15 Minuten aber positiv, nach 30 Minuten wieder negativ.

Im nächsten Versuch Nr. 6 wurde die Injektion direkt in die Leber vorgenommen, nachdem die Gallenblase vorher abgebunden war.

Zunächst war beabsichtigt, die Galle durch Ansaugen aus der Gallenblase zu entnehmen; sie floß aber neben der Kanüle aus und mußte aus der Bauchhöhle durch Austupfen nach Möglichkeit wieder entfernt werden. Von der in die Leber eingespritzten Menge von 0,3 ccm floß infolge des starken Druckes, der im Innern des Organes herrschte, der größte Teil wieder in die Bauchhöhle aus.

Die Entnahme aus der Ohrvene ergab nach 2 und 5 Minuten ein positives, nach 18 und 30 Minuten ein negatives Resultat. Das Tier ließ nach 20 Minuten Urin; dieser wurde nach Aufsaugen mit steriler Gase in Galle angereichert. Das Ergebnis war überraschenderweise positiv.

Der Übergang der Typhusbacillen in die Blutbahn bei Einspritzung in die Leber war nicht weiter überraschend, wenn man sich ihn als durch einfachen Eintritt in die Blutcapillaren verursacht denkt.

Bei einem zweiten ähnlichen Versuch, Versuch 11, wurde ebenfalls wieder die Gallenblase nach doppelter Unterbindung zunächst exstirpiert; da eine Nachblutung eintrat, wurde die Abtrennungsstelle ausgeglüht. Es wurden diesmal nur etwa 0,05 ccm Typhusbouillonkultur in das

Lebergewebe injiziert, wobei aber wieder ziemlich viel herausgepreßt wurde. Der Nachweis im Ohrvenenblut gelang bei diesem Versuche nach $1^1/_2$ und 11 Minuten.

Im Versuch 7 wollten wir, veranlaßt durch die Befunde bei Versuch 6, feststellen, ob auch von Capillaren der Haut her der rasche Übertritt der Typhusbacillen statthat.

Die Haut im rechten Hypochondrium wurde rasiert, mit einem alkoholgetränkten Gazebausch fest gerieben, damit sich die Gefäße erweitern, und mit Kochsalzlösung abgewaschen. Dann wurde subcutan 0,3 ccm Typhusbacillenbouillonkultur eingespritzt. Sämtliche Entnahmen waren negativ.

Bei Versuch 8 wurde die rechte Halsvene freigelegt. Eine kleine Einrißstelle wurde mit der Klammer gefaßt. Die Entnahme des Blutes erfolgte durch Öffnung dieser Klammer und zwar wurde immer das zuerst ausfließende Blut mit Watte aufgesaugt und entfernt, um frisches Blut aus dem Kreislauf zu erhalten. Es wurden 0,5 ccm Typhusbouillonkultur intraperitoneal im rechten Hypochondrium injiziert. Bei sämtlichen Entnahmen ein negativer Befund. (Die einzelnen Blutproben waren sehr reichlich, meist 0,4 bis 0,5 ccm.)

Im nächsten Versuch 9, der oben schon kurz erwähnt ist, wurde ebenfalls eine vorherige Freilegung der Jugularis vorgenommen. Die Injektion erfolgte völlig glatt in das Duodenum. Sämtliche Entnahmen negativ.

Im Versuch 10 wurde an Stelle der Typhusbacillen Pyocyaneus in die Gallenblase injiziert. Die Einspritzung verlief völlig glatt. Die Anreicherung erfolgte hier sowohl in Bouillonröhrchen, als in Galleröhrchen. Die Entnahme geschah wieder aus der rechten Halsvene. Der Befund war ein völlig negativer. Urin nach 30 Minuten gelassen, ebenfalls negativ.

Über Versuch 11 ist oben schon kurz berichtet worden.

In Versuch 12 wurde 0,3 ccm Pyocyaneus-Bouillonkultur in die Gallenblase injiziert; es floß vielleicht die Hälfte aus. Die Entnahmen nach 5, 15 und 30 Minuten waren positiv, die nach 1 und 3 Minuten negativ.

Im nächsten Versuch 13 wurden ebenfalls 0,2 ccm Pyocyaneus-Bouillonkultur in die Gallenblase eingespritzt; die Injektion verlief „glatt". Nach 1 und 2 Minuten war der Nachweis ein negativer; nach 5 und 15 Minuten positiv, nach 30 Minuten wieder negativ.

Die zwei Versuche 12 und 13 hatten also ergeben, daß der Pyocyaneus frühestens nach 5 Minuten im Ohrvenenblut erschien, während die Typhusbacillen bisher, wenn der Versuch überhaupt positiv war, schon nach 1 und 2 Minuten nachgewiesen werden konnten. Dieser Unterschied gab Veranlassung zur Anstellung der späteren Versuche 16, 21 und 22. Diese zusammengehörigen Versuche werden auf der nächsten Seite besprochen werden.

Im Versuch 14 wurde die Gallenblase mit der Spritze entleert. Wiederum floß sehr viel Galle vorbei und mußte aufgetupft werden. Daraufhin wurde die Gallenblase zweimal mit je 1,3 ccm Kochsalzlösung ausgespült und mit Kochsalzlösung dann zur Hälfte wieder angefüllt. Daraufhin wurde 0,3 ccm Typhusbouillonkultur in die Gallenblase eingespritzt. Das Tier starb 2 Minuten nach der Injektion. Bei der Entnahme nach einer Minute war der Befund negativ, ebenso aber auch in einer Probe, die dem toten Tier nach 3 Minuten aus dem Herzen entnommen wurde.

Im nächsten Versuch 15, der am gleichen Tage gemacht wurde, wurde ebenfalls die Galle aus der Gallenblase entnommen, was diesmal ganz glatt gelang. Die Blase wurde zweimal mit Kochsalzlösung durchgespült, worauf die Wand sehr hyperämisch wurde. Alsdann wurden in die leere Blase 0,2 ccm Typhusbouillon mit 0,8 ccm Kochsalzlösung eingespritzt. Die Entnahmen nach 1, 2, 5 usw. Minuten waren sämtlich negativ.

Die Versuche 14 und 15 waren in der Absicht unternommen worden, einen etwa vorhandenen begünstigenden Einfluß der Galle auszuschließen, wie ja auch schon bei den „Leberversuchen" 6 und 11 die Gallenblase vorher exstirpiert worden

war. Der Ausfall beider Versuche 14 und 15 sprach einigermaßen dafür, daß die Galle auf den raschen Übertritt einen Einfluß habe.

In den Versuchen 17 bis 20 wurde dieser vermutete Einfluß der Galle auf andere Weise zu ermitteln gesucht.

Es wurde die Injektion nicht in die Gallenblase, sondern subcutan in das eine Ohr ausgeführt, während die Entnahme aus dem andern Ohr erfolgte.

Bei Versuch 17 wurde dem Tier 1 ccm Galle aus der Gallenblase entnommen und nach Zusatz von 0,2 ccm Typhusbouillonkultur in das linke Ohr injiziert. Die Entnahmen aus dem rechten Ohr nach $1^1/_2$, $2^1/_2$ usw. Minuten waren alle negativ. Als Kontrolle zu Versuch 17 wurde Versuch 18 angestellt. Aus der Gallenblase wurde 0,5 ccm Galle entnommen und beiseite gestellt. In das linke Ohr wurde 0,2 ccm Typhusbouillon plus 1,0 ccm Kochsalzlösung eingespritzt. Hier war die Entnahme nach 1, 2 und 5 Minuten positiv, die übrigen negativ.

Beide Versuche zusammengehalten ergaben also, daß unter den vorliegenden Versuchsbedingungen die Galle den Übertritt eher hinderte, indem sie auf die Capillaren kontrahierend wirkte. Bei Versuch 17 fand auch die Resorption der eingespritzten Flüssigkeit nur ganz allmählich statt.

Um zu sehen, ob ein Unterschied zwischen der Wirkung körpereigener und artfremder Galle besteht, wurden die Versuche 19 und 20 ausgeführt.

In Versuch 19 wurde die Gallenblase entleert. Die entnommene Galle diente zu dem Bactericidieversuch 19a (auf den erst später eingegangen werden soll, s. S. 83). In das linke Ohr wurden 0,2 ccm Typhusbouillonkultur plus 0,5 ccm sterilisierte Rindergalle eingespritzt. Hierbei spritzten ungefähr 0,4 ccm der Mischung wieder heraus. Die Entnahmen nach 5, 15 und 30 Minuten waren negativ.

Der Kontrollversuch hierzu, Versuch 20, bei dem statt Rindergalle 0,5 ccm körpereigener Galle genommen wurden, und ebenfalls nur 0,3 ccm injiziert wurden, ergab gleichfalls stets nur „negative Entnahmen".

Es war also kein Unterschied festzustellen.

Wie schon bei Besprechung der Versuche 12 und 13 auf voriger Seite erwähnt wurde, gab der zeitliche Unterschied im Auftreten der Typhusbacillen und des Pyocyaneus im Ohrvenenblut Anlaß zur Anstellung eigener Versuche. Es wäre von Interesse gewesen, wenn es sich herausgestellt hätte, daß bei gleichzeitiger Injektion der beiden Bacillenarten die eine, der Typhusbacillus, der andern, dem Pyocyaneus, sozusagen davonläuft.

In Versuch 16 wurde je 0,2 ccm Typhus- und Pyocyaneusbouillonkultur, beide 24 Stunden alt, zusammen in die Gallenblase verimpft. Da in beiden Röhrchen auf der Oberfläche Hautbildung vorhanden war, waren beide Kulturen vorher durch steriles Fließpapier filtriert worden. Von dem Filtrat wurden Zählplatten angelegt. Diese ergaben, daß in der injizierten Menge von 0,2 ccm filtrierter Typhusbouillon 22 Millionen Typhusbacillen und in der gleichen Menge der filtrierten Pyocyaneuskultur 53,5 Millionen Pyocyaneusbacillen enthalten waren.

Die einzelnen Blutproben wurden sowohl in Galle wie in Bouillon angereichert und außerdem direkt auf Agar ausgestrichen. Sämtliche Entnahmen waren negativ. Auf einer nach 32 Minuten angelegten Platte aus der Mischung wuchsen reichlich Pyocyaneusbacillen, dagegen nur ganz wenige Typhuskolonien.

Dieser Versuch hatte also wider Erwarten keine der beiden Bacillenarten in die Erscheinung treten lassen.

Der Versuch 21 stellt eine Wiederholung des Versuches 16 dar.

Es wurden diesmal je 0,15 ccm der beiden Kulturen in die Gallenblase injiziert. Die Injektion verlief völlig „glatt". Wieder war das Ergebnis bei sämtlichen Entnahmen ein für beide Bacillenarten negatives.

Dieser Befund legte die Vermutung nahe, daß unter Umständen die alkalische Reaktion des Pyocyaneus eine den Übertritt der Typhusbacillen hemmende Wirkung ausübe. Warum allerdings der Pyocyaneus selbst sich nicht nachweisen ließ, war uns zunächst nicht erklärlich.

Im nächsten Versuch 22 stellten wir uns ein Berkefeldfiltrat aus einer 4 Tage alten Pyocyaneuskultur her und injizierten 0,3 ccm einer Mischung von gleichen Teilen des Filtrats und von Typhusbouillonkultur in die Gallenblase. Sämtliche Entnahmen waren wiederum negativ (vergl. auch S. 63 Vers. 30—33).

Auf die weitere Beobachtung der zu den Versuchen 16, 21 und 22 gehörigen Kaninchen werden wir später noch näher einzugehen haben, s. S. 90.

Der nächste Versuch 23 war als Kontrolle zum eben erwähnten Versuch 22 gedacht.

Von einer Mischung von gleichen Teilen Typhusbouillonkultur und Kochsalzlösung wurden 0,3 ccm in die Gallenblase injiziert.

Nach den Ergebnissen der Versuche 1—3 mußte man bestimmt erwarten, daß die Typhusbacillen schon nach wenigen Minuten im Ohrvenenblut erschienen. Dennoch waren bei diesem Versuch sämtliche Entnahmen negativ. Damit wurde die nach den drei ersten Versuchen (Nr. 1—3) anzunehmende Regelmäßigkeit des raschen Übertritts der Typhusbacillen in den Blutkreislauf zum ersten Mal durchbrochen. Wir waren also veranlaßt, nochmals Versuche, die den Ausgangsversuchen entsprachen, anzustellen.

In Versuch 24 wurde nochmals von einer Mischung mit gleichen Teilen Kochsalz 0,3 ccm in die Gallenblase eingespritzt. Wieder war das Ergebnis völlig negativ.

Im Versuch 25 wurde die Mischung mit gleichen Teilen Kochsalz erst direkt vor der Einspritzung zusammengegossen, während sie bei Versuch 24 schon vorher etwa 20 Minuten gestanden hatte. Das Ergebnis war ein völlig negatives.

Bei Versuch 26 wurde ebenfalls eine ganz frisch zusammengegossene Mischung zu gleichen Teilen in Menge von 0,3 ccm injiziert. Wiederum gelang der Nachweis im Venenblut nicht.

Bei den vier letzterwähnten Versuchen wurde der Füllungszustand der Gallenblase bei der Injektion besonders beachtet. So war bei Versuch 23 die Gallenblase nur sehr wenig gefüllt, die Wand schlapp; bei Versuch 24 war die Blase prall gefüllt. In der Bauchhöhle wurde bei Eröffnung des Abdomens eine große Menge klaren Exsudates gefunden, das sofort gerann. Im Versuch 25 war die Gallenblase länglich und mäßig gespannt; im Versuch 26 war sie prall gefüllt. Wir glaubten eine Zeitlang, daß der Füllungsgrad der Gallenblase von der vorhergehenden Nahrungsaufnahme abhängig sei, und ließen, um weniger prall gefüllte Gallenblasen zu erhalten, vor einigen Versuchen die Tiere einen Tag hungern. Wir konnten aber keinen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen dem Hungerzustand der Tiere und der Füllung ihrer Gallenblase feststellen. Der ursprüngliche Füllungsgrad der Gallenblase hatte also keinen Einfluß auf das Ergebnis.

Man konnte nun daran denken, daß vielleicht die Menge der injizierten Typhusbouillon etwas zu gering sei. Bei den Ausgangsversuchen Nr. 1—3 waren 0,2 und 0,3 ccm injiziert worden; bei den letzten vier Versuchen nur je 0,15 ccm.

Es wurde deshalb in dem nächsten Versuch 27 wieder 0,3 ccm in die Gallenblase eingespritzt. Aber auch hier war bei sämtlichen Entnahmen der Befund ein negativer.

Bei Versuch 28, der als Kontrolle zu Versuch 27 dienen sollte, wurden wieder aus einer Mischung je 0,15 ccm Typhusbouillonkultur und 0,15 ccm Kochsalzlösung eingespritzt. In diesem Versuch zeigte sich, daß das Resultat bei der Entnahme nach 1, 2, 5 und 30 Minuten negativ war, während die nach 15 Minuten entnommene Blutprobe Typhusbacillen enthielt. Es war also wenigstens wieder einmal der Nachweis gelungen, wenn auch nur nach einer sonst ganz ungewöhnlichen Zeit.

Auf den bei diesem Versuch aus der 15 Minuten-Entnahmeprobe gezüchteten Typhusbacillenstamm werden wir noch zu sprechen kommen (s. S. 86).

Ein Einfluß der Menge der injizierten Bacillen war also beim Vergleiche der beiden letzterwähnten Versuche wieder nicht festzustellen.

Im nächsten Versuch Nr. 29 wurde wiederum eine Wiederholung der Ausgangsversuche beabsichtigt. Die Injektion geschah nach unsern Aufzeichnungen „ganz glatt". Der Nachweis der Typhusbacillen gelang diesmal wiederum ganz wie bei den ersten Versuchen nach 1, 2, 5 und 15 Minuten, während er nach 30, 60 und 90 Minuten negativ war.

Das zu Versuch 29 dienende Kaninchen wurde nach 90 Minuten getötet, um festzustellen, wo sich zu dieser Zeit, in der im Blute der Nachweis stets negativ war, die Typhusbacillen im Körper aufhalten.

Es wurden die einzelnen Organe getrennt, nach der von Hailer und Rimpau bei ihren chemotherapeutischen Versuchen angewandten Methode untersucht. Es ergab sich, daß in Lunge, Leber, Milz, Dünndarm und Knochenmark Typhusbacillen festgestellt wurden.

Bei den vier nächsten Versuchen 30—33 gingen wir wieder auf die bei den Versuchen mit Pyocyaneus-Mischkultur bezw. -Filtrat (Nr. 16—22) erhobenen negativen Befunde zurück.

Wir wollten untersuchen, ob die Reaktion der eingespritzten Kultur einen Einfluß auf den Übergang habe. In den Typhusbouillonkulturen ist bekanntlich eine schwach saure Reaktion vorhanden, während der Pyocyaneus ein Alkalibildner ist.

Wir injizierten in Versuch 30 von einer Mischung von 0,9 ccm Typhusbouillonkultur und 0,3 ccm $^1/_{100}$ Normal-Schwefelsäure 0,4 ccm in die Gallenblase, so daß also 0,3 ccm Typhusbouillon in die Blase eingebracht wurden. Die Injektion erfolgte „glatt". Bei den Entnahmen nach 2 bis 30 Minuten waren wieder sämtliche Proben negativ.

In Versuch 31 wurde genau entsprechend vorgegangen, nur daß statt der Schwefelsäure $^1/_{100}$ Normal-Kalilauge genommen wurde. Auch hier war das Ergebnis ein völlig negatives.

Bei den beiden letzten Versuchen wurde natürlich auch durch Kontrollen festgestellt, ob diese schwachen Säuren oder Laugen die Typhusbacillen irgendwie schädigen. Für den Tierversuch war ja der Kontakt zwischen Bouillonkultur und den verdünnten Normallösungen nur ein ganz kurzer. Die Kontrollen ergaben aber, daß bei den vorliegenden Konzentrationen selbst nach 30 Minuten langem Kontakt die Typhusbacillen weder durch die Säure, noch durch die Lauge irgendwie beeinflußt wurden.

Die nächsten beiden Versuche, Nr. 32 und 33, stellten eine Wiederholung der Versuche 30 und 31 dar.

In Versuch 32 wurde die Säure, in Versuch 33 die Lauge verwendet, im übrigen war alles ganz wie bei den zwei letzten Versuchen. Bei beiden Versuchen gelang der Nachweis in keiner der Entnahmen.

Damit war festgestellt, daß die Reaktion keinen Einfluß hat. Andererseits aber zeigte der Befund wiederum, daß von einem regelmäßigen Übertritt der Typhusbacillen keine Rede sein konnte.

Wir standen also jetzt vor der Tatsache, daß bei 5 Versuchen, wo nach unsern ersten Befunden die Typhusbacillen unbedingt im Blute hätten erscheinen müssen, und bei weiteren 7 Versuchen, wo der rasche Übertritt als höchstwahrscheinlich angesehen werden mußte, keinmal der Nachweis

der Typhusbacillen gelang. Wir wandten uns daher der Frage zu, ob vielleicht ein Unterschied in den einzelnen Stämmen vorliegen könnte.

In Versuch 1 war ein vor Jahren aus einem früheren Kaninchen Nr. 1268 herausgezüchteter Typhusstamm verwendet worden. In der Mehrzahl der übrigen Versuche wurde der aus der Sammlung des Gesundheitsamtes entnommene Typhusstamm 234 benutzt. Bei den Versuchen 30 bis 33 hatten wir den aus Knochenmark des Kaninchens Nr. 2047 von Versuch 29 gezüchteten Stamm genommen, der ja eigentlich nur den Typhus Nr. 234 nach einmaliger Kaninchenpassage darstellt.

Für die nächsten Versuche zogen wir einen weiteren Laboratoriumstamm, Typhus Milson, und einen Typhusstamm Zenke heran, und außerdem ließen wir uns nochmals aus der Sammlung Stamm 234 geben.

In den Versuchen 34 und 35 wurde von Typhus Milson bezw. Typhus Zenke 0,3 ccm in die Gallenblase injiziert. Das Ergebnis war in beiden Versuchen negativ. In den Aufzeichnungen finden wir bei beiden Versuchen die Notiz: Injektion „glatt".

Die Typhuskulturen für Versuch 34 und 35 waren 17 Stunden alt; die Bouillon war dicht bewachsen.

In den nächsten Versuchen verwendeten wir absichtlich eine ältere Kultur von 48 Stunden und spritzten von ihr bei Versuch 36 0,5 ccm, bei Versuch 37 0,1 ccm in die Gallenblase ein. Wiederum waren beide Versuche negativ. Zu erwähnen ist, daß bei Versuch 36 die Einspritzung nicht ganz glatt vor sich ging, weil die Pinzette abglitt und viel ausfloß; bei Versuch 37 ist notiert, daß die Gallenblase sehr prall gefüllt gewesen sei.

Eine Verschiedenheit der einzelnen Typhusstämme hinsichtlich ihres Übertrittes ins Blut konnte also nicht erwiesen werden, ebensowenig ließ sich ein Einfluß der Menge und, im Vergleich mit den Versuchen 34 und 35, des Alters der Kultur feststellen.

Bei den beiden letzten Versuchen 36 und 37 wurde noch beobachtet, daß beim Abbinden der Gallenblase unbeabsichtigt ein leichtes Loslösen derselben von der Leber eingetreten war. Wir dachten, noch bevor wir das negative Ergebnis des Versuchs 38 vor uns hatten, daß in diesem Versuch, wo ja viel ausgeflossen war, ein Übertritt durch die Leberwunden statthaben konnte. Deshalb wurde sofort an die Versuche 36 und 37 noch der Versuch 38 angeschlossen.

Es wurden hier auf die absichtlich verletzte Leber 0,2 ccm der gleichen Typhusbouillonkultur aufgeträufelt. Das Ergebnis war ein negatives, was immerhin als überraschend bezeichnet werden mußte, da doch eine Menge von Capillaren geöffnet waren.

(Es darf hier gleich erwähnt werden, daß auch in dem späteren Versuch 66 ganz entsprechend ein negatives Ergebnis erhalten wurde.)

Außerdem wurde noch am gleichen Tag eine Wiederholung des Versuches 36 vorgenommen, weil er technisch nicht einwandfrei gelungen war.

Bei dem betreffenden Versuch Nr. 39 war die Gallenblase ganz besonders prall gefüllt. Die Einspritzung gelang auch hier nicht in der gewünschten glatten Weise. Von den injizierten 0,5 ccm floß etwa die Hälfte in die freie Bauchhöhle ab. Nach dem Ergebnis von Versuch 8 hatte das an sich nichts zu sagen, da dort die intraperitoneale Einspritzung von 0,5 ccm Typhusbouillonkultur nicht zum raschen Auftreten der Bacillen im Ohrvenenblut geführt hatte. Der Ausfall des Versuches 39 war jedoch wieder einmal ein positiver, indem nach 5 und 15 Minuten der Typhusnachweis im Ohrvenenblut gelang.

Gegenüber dem Versuch 36 war aber hier wiederum nicht die erhoffte Übereinstimmung beobachtet worden.

Eine Klärung, warum wir bald positive, bald negative Ergebnisse hatten (und zwar überwogen die negativen Ergebnisse sehr), war zu diesem Zeitpunkt immer noch nicht möglich.

Wir schlossen nunmehr die weiteren Versuche 40 und 41 an. Durch sie sollte festgestellt werden, ob es einerseits vielleicht von Bedeutung sei, wie tief die Kanüle in die Gallenblase eingeführt wurde, und ob anderseits die Größe des injizierten Gesamtflüssigkeitsvolumens, unabhängig von der Menge der eingeführten Bacillen, von Einfluß sei.

Demzufolge wurde in Versuch 40 0,1 ccm einer 24stündigen Typhusbouillonkultur eingespritzt und zwar wurde mit der Kanüle sehr tief in die Gallenblase eingegangen. Bei der Injektion floß eine kleine Menge Galle heraus.

Bei Versuch 41 wurde von einer Verdünnung der gleichen Kultur mit Kochsalzlösung 1 : 40 0,4 ccm injiziert (also nur 0,01 ccm Typhusbouillon + 0,39 ccm Kochsalzlösung). Mit der Kanüle wurde mäßig tief eingegangen. Beide Versuche lieferten ein negatives Ergebnis.

Eine Entscheidung über den Einfluß von Tiefe der Einführung der Kanüle oder vom Gesamtvolumen der injizierten Flüssigkeit erbrachten also beide Versuche nicht. Es hatte den Anschein, als ob es uns nicht mehr gelingen sollte, die Befunde der Ausgangsversuche durch weitere positive Versuche zu stützen.

In der nächsten Zeit benutzten wir die Gelegenheit, daß zu chemotherapeutischen Versuchen eine größere Anzahl von Kaninchen in die Gallenblase geimpft wurden, für unsere Untersuchung und entnahmen diesen Tieren Blutproben aus den Ohrvenen und zwar wurde jedem nur je eine Blutprobe entnommen (Versuch Nr. 42).

Den Tieren war 1 Öse Agarkultur, in 0,5 ccm Kochsalz verrieben, eingespritzt worden, und zwar von einem im Kgl. Institut für Infektionskrankheiten in Saarbrücken aus einem Typhusbacillenträger herausgezüchteten Typhusbacillenstamm G.

Im Ganzen wurden sechs Kaninchen je eine Probe entnommen. Bei drei Kaninchen war nach 2 bezw. $2^1/_2$, bezw. 2 Minuten der Befund ein positiver. Bei drei anderen Kaninchen nach 5 bezw. 2, bezw. 2 Minuten ein negativer. Zu erwähnen ist hierzu noch, daß zweimal von den positiven Fällen nur wenig Blut entnommen wurde und einmal — bei einem negativen Falle nach 5 Minuten — nur Spuren von Blut erhalten wurden, so daß diesem letzterwähnten negativen Befund eigentlich nur geringe Bedeutung zuzumessen ist. Immerhin hatten wir doch wieder in drei Versuchen den so raschen Übergang in das Ohrvenenblut festzustellen vermocht.

Nach einer durch andere Ursachen bedingten Pause von etwa einem Monat gingen wir wieder an unsere Versuche heran.

Wir hatten bisher nur Bouillonkulturen von Typhusbacillen verwendet, während den für chemotherapeutische Versuche vorbehandelten Tieren in Kochsalz aufgeschwemmte Bacillen aus Agarkulturen injiziert worden waren. Wir wollten sehen, ob die Art des Aufschwemmungsmediums von Einfluß sei. Je zwei zusammengehörige Versuche wurden angestellt.

In den Versuchen 43 und 44 wurden von einer Aufschwemmung einer Öse Agarkultur des Stammes Zenke in 0,5 ccm Kochsalz bezw. Bouillon 0,3 ccm, also je 0,6 Ösen injiziert. Das Ergebnis war, daß nur bei Versuch 44, wo Bouillon genommen worden war, nach 5 und 15 Minuten ein positiver Befund erhalten wurde. Das stimmte also nicht mit der Annahme überein, daß die Aufschwemmung in Kochsalzlösung Vorzüge habe.

In den zu den vorigen Versuchen zugehörigen Versuchen 45 und 46 wurde von den Kochsalz- bezw. Bouillonaufschwemmungen je 0,1 ccm injiziert. Bei beiden Versuchen war das Ergebnis ein negatives. Als Erklärung hierfür konnte man bei diesen letzten Versuchen vielleicht die geringe Menge der eingespritzten Bacillen heranziehen, da ja nur 0,012 Ösen = $^1/_{83}$ Öse injiziert wurde (vergl. jedoch S. 68).

Bei zwei weiteren Versuchen, Nr. 47 und 48, bemühten wir uns, wieder möglichst viel Blut aus der Vene zu entnehmen. Es wurde von einer Aufschwemmung von 4 Ösen Typhus Zenke Agarkultur in 0,6 ccm Bouillon die Menge von 0,1 ccm gleich 0,66 Ösen eingespritzt. Das war die gleiche Bacillenmenge, die oben bei Versuch 44 das positive Ergebnis gehabt hatte. Der Versuch verlief negativ. (Es war mit der Kanüle sehr tief eingegangen und rasch eingespritzt worden; vergl. oben Versuch 40.)

Bei Versuch 48 wurde die gleiche Menge von 0,1 ccm wie oben, aber zusammen mit 0,4 ccm Bouillon eingespritzt. Der Versuch war wieder negativ.

Die Versuche 47 und 48 stellen hinsichtlich des Gesichtspunktes eines etwaigen Einflusses des eingespritzten Flüssigkeitsvolumens eine Wiederholung der Versuche 40 und 41 dar. Sie bestätigten das negative Ergebnis dieser Versuche.

Im nächsten Versuch 49 reizten wir die Gallenblase durch häufiges Zusammenpressen mit der Pinzette, so daß eine starke Hyperämie eintrat.

Es wurde von einer 24stündigen Agarkultur 0,6 Ösen in 0,3 ccm Kochsalzlösung injiziert. Die Entnahmen waren wiederum negativ.

Bei Versuch 50 wurde ein Typhusstamm, der aus der Gallenblase des Kaninchens von Versuch 2 gezüchtet war, verwendet. Es wurde eine Öse Agarkultur, 4 Tage alt, in 0,45 ccm Kochsalz eingespritzt. Die Entnahmen hatten wiederum ein negatives Ergebnis, obwohl jedesmal ziemlich viel Blut entnommen worden war.

Allmählich befestigte sich in uns, angesichts der vielen negativen Ergebnisse, die Vermutung, daß vielleicht die Technik bei der Einspritzung von ausschlaggebender Bedeutung sei. Vor allem war es auffallend, daß (mit ganz wenigen Ausnahmen), bei allen Versuchen, in denen die Injektion glatt verlaufen war, der Typhusnachweis stets negativ war. Unter „glatter" Injektion verstanden wir folgenden Verlauf der Injektion:

Nach dem Einstechen der Kanüle wird diese zusammen mit der in der Umgebung der Einstichstelle befindlichen Gallenblasenwand in den Rillen der Pinzette gefaßt, daraufhin injiziert und unter fortdauerndem leichtem Druck mit der Pinzette die Kanüle langsam herausgezogen. Auf diese Weise ist es möglich, daß sofort, nachdem die Kanülenspritze herausgezogen ist, die Einstichstelle mit der Pinzette zusammengepreßt wird und daß kein Tröpfchen der Galle oder der Typhusbouillonkultur in die freie Bauchhöhle abfließen kann. Die Unterbindung mit Seide schließt sich dann unmittelbar an.

Wir gingen nun in den beiden nächsten Versuchen so vor, daß wir einmal absichtlich mit schlechter Technik injizierten, das andere Mal mit glatter Technik. Bei „schlechter" oder „nicht glatter" Technik wurde die Gallenblase an der Einstichstelle nur mangelhaft gefaßt, es wurde die Kanüle rasch herausgezogen, Flüssigkeit trat aus der Blase heraus, und nach einigen Sekunden erst wurde die Einstichstelle mit der Pinzette gefaßt und abgebunden.

Im Versuch 51 und 52 wurde von der gleichen 24stündigen Bouillonkultur je 0,3 ccm injiziert. Bei dem Versuch 51 mit absichtlich schlechter Technik, erschienen die Typhusbacillen bei allen drei vorgenommenen Entnahmen nach 2, 5 und 15 Minuten im Venenblut. Bei Versuch 52, mit glatter Technik dagegen, waren sämtliche Entnahmen negativ.

Diese beiden Versuche hatten also unsere Erwartungen völlig erfüllt und gaben einen Beweis, daß unsere Voraussetzungen richtig waren.

Bei den beiden nächsten Versuchen, 53 und 54, wurde wieder bewußt ein Unterschied in der Technik vorgenommen.

Bei Versuch 53 war die Technik „glatt“ und es kamen die Typhusbacillen im Ohrvenenblut nicht zum Vorschein; bei Versuch 54 wurde die Blase vorher etwas gequetscht, die Injektion wurde ganz oberflächlich vorgenommen, das Fassen mit der Pinzette war nur ziemlich mangelhaft, kurz, es war absichtlich schlechte Technik angewandt worden. In diesem Versuch waren wieder Typhusbacillen nach 2 und 5 Minuten nachzuweisen, während die Probe nach $1^1/_2$ Minuten, obwohl ziemlich viel Blut entnommen worden war, negativ war, ebenso wie die nach 15 Minuten.

Die beiden Versuche ergaben also wiederum eine Bestätigung unserer Annahme.

Nachdem so für die Injektion in die Gallenblase eine gewisse Klärung unserer auffallenden Befunde erbracht war, schlossen wir noch einige Versuche mit Injektion der Typhusbacillen an anderen Körperstellen an, wobei wir von der inzwischen gewonnenen Erkenntnis Gebrauch machten.

Zunächst wurde in den Versuchen 55 und 56 unter die Haut des rechten Hypochondriums eingespritzt.

Bei dem Versuch 55 wurde die betreffende Stelle durch vielmaliges Quetschen und Hochziehen mit der Pinzette stark gereizt, dann wurden in das künstlich hyperämisch gemachte Gebiet subcutan 0,3 ccm Typhusbouillon injiziert.

Bei Versuch 56 wurde an die entsprechende Stelle, aber ohne jede Reizung, die gleiche Menge der gleichen Kultur eingespritzt. In beiden Versuchen war der Erfolg ein negativer. Es war dies eine Bestätigung des Versuches Nr. 7.

Von Interesse war es nun, ob sich auch die Wand der Harnblase entsprechend verhalte wie die der Galle.

In Versuch 57 wurde in die gereizte, vorher durch Katheterisieren entleerte Harnblase 0,3 ccm Typhusbouillonkultur injiziert, unter Anwendung einer absichtlich sehr schlechten Technik. Ein Nachweis der Bacillen im Blut gelang nicht.

Im unmittelbar daran angeschlossenen Versuch 58 war die Harnblase nur leicht gefüllt; es wurde ohne jede Reizung sofort unter „glatter“ Technik die Einspritzung der gleichen Kulturmenge vorgenommen. Auch hier wieder ein negatives Ergebnis.

In den nächsten beiden Versuchen wurde die Dünndarmschleimhaut als Injektionsstelle gewählt.

Bei Versuch 59 wurde unter „glatter“ Technik, bei Versuch 60 nach Reizung injiziert. Bei beiden Versuchen war der Erfolg ein negativer, was eine Bestätigung der Versuche 4 und 9 darstellt.

Die nächsten Versuche wurden in der Absicht ausgeführt, durch Herausnahme der Gallenblase und durch Anfertigung mikroskopischer Schnitte eine Bestätigung unserer Annahmen liefern zu können. Bis jetzt ist uns allerdings ein derartiger Beweis noch nicht gelungen, indem sich in den Schnitten durch 4 Gallenblasen (2 mit „schlechter“ und 2 mit „glatter“ Technik) kein Unterschied zeigte, da Typhusbacillen in den Gefäßen überhaupt nicht zu finden waren.

Die Versuche stellen aber trotzdem eine Bestätigung unserer Annahme dar, indem auch bei ihnen die Technik teils absichtlich schlecht, teils völlig „glatt“ durchgeführt wurde, und die Erfolge dementsprechend ausfielen.

Bei dem Versuch 61 wurde mit absichtlich schlechter Technik eingespritzt, und die Gallenblase nach 6 Minuten exstirpiert. Die Entnahme nach 5 Minuten war positiv, die nach 1, 2 und 15 Minuten negativ, ebenso zwei Urinproben, die nach 1 und nach 20 Minuten entnommen worden waren.

Bei Versuch 62 sollte „glatte“ Technik angewandt werden, die Einspritzung fiel aber unbeabsichtigt ganz besonders schlecht aus. Die Gallenblase wurde nach 6 Minuten exstirpiert. Im Ohrvenenblut waren nach 2 Minuten die Typhusbacillen festzustellen.

Bei dem Versuch 63 gelang die gewünschte „glatte“ Technik wiederum nicht, da ziemlich viel herausfloß. Die Gallenblase wurde wieder nach 6 Minuten entnommen. Im Ohrvenenblut waren Typhusbacillen nach 2 und nach 5 Minuten festzustellen.

Die drei letzten Versuche mit stets „schlechter“ Technik hatten also übereinstimmend wieder den raschen Übertritt der Typhusbacillen ins Ohrvenenblut ergeben, im Gegensatz zu dem nächsten Versuch mit „glatter“ Technik.

Im Versuch 64 war die Injektion eine völlige „glatte“. Die Entnahmen nach 1, 2 und 5 Minuten, wobei sehr viel Blut in die Galleröhrchen gegeben werden konnte, waren alle drei negativ.

Durch Versuch 65 sollte noch einmal geprüft werden, ob die Galle einen den Übertritt in das Blut fördernden, oder die übergetretenen Bacillen — durch Hemmung der baktericiden Kräfte — schützenden Einfluß hat.

In Versuch 38 war nach Aufträuflung von Typhusbouillon auf künstlich gesetzte Leberrisse der rasche Nachweis der Keime im Blute nicht gelungen; das Ergebnis des Versuchs 36, bei dem unfreiwillig typhusbacillenhaltige Galle auf kleine Leberwunden gekommen sein konnte, war ebenfalls ein negatives.

Bei Versuch 65 nun wurden zunächst 0,3 ccm Galle mit der Spritze aus der Gallenblase entnommen, die Einstichstelle abgebunden und die Gallenblase von der Leber ein Stück weit abgelöst. Auf die dadurch gesetzten flächenhaften Leberverletzungen wurden, nachdem in die Spritze mit den 0,3 ccm Galle noch 0,3 ccm Typhusbouillon aufgesaugt und durch Ausspritzen und wieder Einsaugen vermischt worden waren, 2 Tropfen dieser Mischung aufgeträufelt.

Der Entnahmebefund war ein negativer.

Das Ergebnis des Versuchs 65 steht im Einklang mit dem von Versuch 36. Wenn auch die aufgeträufelte Menge der Typhusbouillon nur etwa 0,05 ccm (2 gtt = 0,1 ccm einer Typhusbouillon-Gallemischung aa) betrug, so muß demgegenüber darauf hingewiesen werden, daß bei Einspritzung in die Gallenblase doch auch nur ein minimaler Bruchteil der eingespritzten Bouillonkultur oder Kochsalzaufschwemmung an oder in der Nähe der Einstichstelle in die Blutcapillaren übertreten konnte, da ja das Kanülenende frei in der in Gallenblase befindlichen Galle gehalten wurde und die eingespritzte Flüssigkeit sich zunächst mit der gesamten in der Blase vorhandenen Galle vermischen mußte.

Im letzten Versuch, über den in dieser Arbeit berichtet werden soll, Versuch 66, wollten wir sehen, ob der rasche Übertritt auch zustande kommt, wenn man die Typhusbacillen mit Galle auf die Einstichstelle der Gallenblase bloß aufträufelt.

Mit der Spritze wurden zunächst 0,4 ccm Galle aus der Gallenblase entnommen; die Öffnung der Gallenblase bleibt durch zeitliches Fassen mit der Pinzette fixiert. 2 Tropfen einer in entsprechender Weise, wie eben bei Versuch 66 geschildert, hergestellten Mischung, von Typhusbouillon und körpereigner Galle werden aufgeträufelt.

Sämtliche Entnahmen nach 1, 2 und 5 Minuten negativ.

(Das Tier stirbt nach etwa 5 Minuten in der Narkose.)

Der Versuch hat also ergeben, daß bloßes Aufträufeln auf die Einstichstelle nicht genügt. Die Druckverhältnisse in der Gallenblase scheinen demnach doch von einem gewissen Einfluß zu sein.

Bis zu einem gewissen Grade sprach hierfür auch das negative Ergebnis des Versuchs 15 (s. S. 60 unten), bei dem die Einspritzung in die leere Gallenblase gemacht worden war.

Von Versuch 51 an hatten also unsere Versuche ohne Ausnahme[1]) den nach den ersten Ergebnissen zu erwartenden Befund gezeigt. Es ist damit festgestellt, daß die Typhusbacillen an der Einstichstelle und vielleicht auch in dem durch die Pinzette gequetschten Bezirk der Gallenblasenwand in die Blutcapillaren der Gallenblase eintreten und so sehr rasch in den allgemeinen Blutkreislauf gelangen. Wird bei „glatter" Technik die Einstichstelle und ihre Umgebung so rasch gefaßt, daß die in die Capillaren eingedrungenen Bacillen noch nicht über die Grenze der Abbindung hinaus vorgeschritten sein können, dann gelingt ihr Nachweis im Ohrvenenblut nicht. Wir haben es also jetzt völlig in unserer Hand, ob wir die Typhusbacillen nach so kurzer Zeit schon im Ohrvenenblut erscheinen lassen wollen oder nicht.

Diese Klärung ist uns erst nach Anstellung sehr vieler Versuche ermöglicht worden, und wenn wir nunmehr rückschauend die früheren Versuche daraufhin ansehen, wie bei ihnen die Technik war, so geben sie im Großen und Ganzen eine Bestätigung. Unter anderem möchten wir auch auf die Pyocyaneus-Versuche 11 und 12 hinweisen: bei Versuch 11 Technik „schlecht", Nachweis +, bei Versuch 12 Technik „glatt", Nachweis —. In unseren Aufzeichnungen wurde allerdings, da wir uns damals ja über die Bedeutung dieser einzelnen Punkte noch nicht so im klaren waren wie jetzt, nicht jedesmal angegeben, wie die Technik der Einspritzung verlaufen war. Wo aber irgend welche besonderen Beobachtungen zu machen waren, da haben wir diese notiert. Unter den vielen Versuchen sind nun einige, die in einem gewissen Widerspruch zu der Bedeutung der „glatten" Injektion zu stehen scheinen. In dieser Hinsicht wären zu erwähnen die Versuche 29, wo im Protokoll angegeben ist, daß die Einspritzung „ganz glatt" verlaufen sei, wo aber trotzdem der Nachweis ein positiver war. Ferner der Versuch 30, wo ebenfalls bei glatter Technik der Befund einmal nach einer Minute positiv war. Anderseits ist bei den Versuchen Nr. 33 und Nr. 36 angegeben, daß die Technik nicht „glatt" war, trotzdem aber konnten Typhusbacillen im Ohrvenenblut nicht festgestellt werden.

Diese eben erwähnten Versuche erscheinen uns aber doch keine durchschlagende Geltung beanspruchen zu dürfen, weil von einem bewußten Vorgehen in bezug auf die Technik bei ihnen ja keine Rede war und weil auch die Abbindung trotz anscheinend schlechter Technik dennoch eine genügende, und umgekehrt bei anscheinend glatter Technik der abgebundene Bezirk ein zu kleiner gewesen sein konnte.

---

[1]) Die beiden letzten Versuche 65 und 66 gehören nicht hierher.

Hauptübersichts

Abkürzungen: B. = Bouillon, K. = 0,85%ige Kochsalzlösung, G.Bl. = Gallenblase,

Wegen der Bezeichnung „glatt“

| Versuch Nr. | Datum | Kaninchen Nr. | Infektion mit | Art und Alter der Kultur | Injizierte Menge in ccm | Ort der Injektion |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 29. 10. 13 | 1414 | Ty 1268 | Bouillonkultur 22 h | 0,3 | Gallenblase |
| 2 | 5. 11. 13 | 1465 | Ty 234 | Bouillonkultur 24 h | 0,2 | „ |
| 3 | 8. 11. 13 | 1493 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 4 | 14. 11. 13 | 1512 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | Dünndarmschlinge |
| 5 | 18. 11. 13 | 1522 | Ty 234 | desgl. | 0,2 | Gallenblase |
| 6 | 25. 11. 13 | 1573 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | Leber |
| 7 | 25. 11. 13 | 1574 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | subcutan im rechten Hypochondrium |
| 8 | 27. 11. 13 | 1584 | Ty 234 | desgl. | 0,5 | intraperitoneal im rechten Hypochondrium |
| 9 | 27. 11. 13 | 1593 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | Dünndarm (oberster Teil) |
| 10 | 1. 12. 13 | 1624 | Pyocyaneus | Bouillonkultur 18 h | 0,2 | Gallenblase |
| 11 | 1. 12. 13 | 1625 | Ty 234 | Bouillonkultur 24 h | etwa 0,05 | Leber |

[1]) In den Versuchen 1 und 2 bedeutet: (+) direkter Ausstrich auf Drigalskiplatte positiv.

tabelle.

$\frac{n}{100}$ = $^1/_{100}$ Normallösung, w. = wenig, v. = viel (Blut), s. = sehr, zl. = ziemlich.
und „nicht glatt“ s. S. 66.

| Beobachtungen bei der Injektion. (Angewandte Technik) | Befund | | Weitere Beobachtungen am Versuchstier (Sektionsbefund usw.) |
|---|---|---|---|
| | + nach wieviel Minuten | — nach wieviel Minuten | |
| — | 2 7 15[1]) (+) ○ ○ | 30 ○ | 28. 11. 13. Faeces: Ty —. Getötet am 24. 3. 14 (n. 174 Tagen). In Galle Ty ++. In Leber und Herzblut —. |
| — | 1 ○ | 6 15 35 60 | 28. 11. 13. Faeces: Ty —. Getötet am 26. 3. 14 (n. 164 Tagen). In Galle Ty ++. |
| — | 1 5 15 30 | 60 | Faeces: nach 45 und 55 Minuten nur Coli. 28. 11. 14. Faeces: Ty —. Tot am 24. 2. 14 (nach 108 Tagen). Befund: Spontaninfektion mit boviner Tuberkulose, wahrscheinlich von Operationswunde ausgegangen. Auf Typhusbac. nicht untersucht. |
| — | — | $1^1/_2$ 5 15 30 60 | Tot am 17. 11. 13 (nach 3 Tagen). Leichte Peritonitis, ohne Fibrinausscheidung und Eiterung. Herzblut: Ty — |
| Coledochus vorher unterbunden. G.Bl. wider Willen 2 mal angestochen, 1 mal davon durchstochen. Ty in die Bauchhöhle gelangt, wird aufgetupft. Tier asphyktisch, erholt sich wieder. | 5 15 | $1^1/_2$ 30 | Getötet am 23. 3. 14 (nach 125 Tagen), da es krank schien. G.Bl.-Wand sehr stark verdickt. Im Innern der G.Bl. Unterbindungsfaden. Außerhalb Gazefädchen, im Bindegewebe eingehüllt. Auf Ty nicht untersucht. |
| Vorher Ansaugen der Galle aus der G.Bl. Dabei fließt die ganze Galle in die Bauchhöhle. Wird aufgetupft. Die leere G.Bl. wird abgebunden. Dann Injektion in die Leber. Der größte Teil fließt in die Bauchhöhle aus. | 2 5 Urin: 20 | 18 30 | 25. 11. 13. Faeces: Ty —. Tot am 28. 11. 13 (nach 3 Tagen). Peritonitis. Tier trächtig. Auf Ty nicht untersucht. |
| Haut vorher rasiert und durch Reiben mit Alkoholbausch gereizt. | — | 1 5 15 30 | 28. 11. 13. Faeces: Ty —. Getötet am 24. 3. 14 (n. 119 Tagen). Völlig normaler Befund. In G.Bl. und Leber kein Typhus. |
| — | — | $^1/_2$ 2 5 15 30 | 28. 11. 13. Faeces: Ty —. Tot am 12. 12. 13 (nach 15 Tagen) an Peritonitis. Leber, Herzblut } Ty —. |
| Zieml. glatt. Entnahme der Blutproben aus Halsvene. | — | 1 2 5 15 30 | 28. 11. 13. Faeces: Ty —. Tot am 4. 12. 13 (nach 7 Tagen). Bauchnaht undicht. |
| Entnahme aus freigelegter Halsvene. | — | $1^1/_4$ 6 15 30 Urin: 30 | Tot am 12. 12. 13 (nach 12 Tagen). Starke Verwachsungen an Leber. Peritonitis. Herzblut. Pyocyan. —. |
| Vorher Exstirpation der G.Bl. Kauterisation d. Abtrennungsstellen u. der Injektionsstelle nach der Einspritzung. Von 0,15 ccm zl. v. herausgepreßt. | $1^1/_2$ 11 | 15 30 | Tot am 8. 12. 13 (nach 7 Tagen. Nekrose d. Leber i. d. G.Bl.-Gegend. Vereiterung der Bauchwunde. Leber, Milz } Ty —. |

○ direkter Ausstrich auf Drigalskiplatte —.

| Versuch Nr. | Datum | Kaninchen Nr. | Infektion mit | Art und Alter der Kultur | Injizierte Menge in ccm | Ort der Injektion |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 10. 12. 13 | 1721 | Pyocyaneus | Bouillonkultur 24 h | 0,3 | Gallenblase |
| 13 | 10. 12. 13 | 1722 | „ | desgl. | 0,2 | „ |
| 14 | 11. 12. 13 | 1741 | Ty 234 | desgl. | 0,15 Ty + 0,15 K. | „ |
| 15 | 11. 12. 13 | 1742 | Ty 234 | desgl. | 0,2 Ty + 0,8 K. | „ |
| 16 | 12. 12. 13 | 1750 | Ty 234 und Pyocyaneus | desgl. | 0,2<br>0,2 | „ |
| 17 | 15. 12. 13 | 1753 | Ty 234 | desgl. | 0,2 + 1,0 körpereigne Galle | l. Ohr subcutan |
| 18 | 15. 12. 13 | 1754 | Ty 234 | desgl. | 0,2 + 1,0 K. | „ |
| 19 | 18. 12. 13 | 1812 | Ty 234 | desgl. | 0,2 + 0,5 sterilis. Rindergalle | „ |
| 20 | 18. 12. 13 | 1813 | Ty 234 | desgl. | 0,2 + 0,5 körpereigne Galle | „ |
| 21 | 19. 12. 13 | 1829 | Ty 234 und Pyocyaneus | desgl. | 0,15<br>0,15 | Gallenblase |
| 22 | 22. 12. 13 | 1840 | Ty 234 | Bouillonkultur 96 h | 0,15 Ty + + 0,15 Pyocyaneusfiltrat | „ |
| 23 | 22. 12. 13 | 1841 | Ty 234 | desgl. | 0,15 Ty + 0,15 K. | „ |
| 24 | 29. 12. 13 | 1871 | Ty 234 | Bouillonkultur 24 h | 0,15 Ty + 0,15 K. nach einig. Stehen | „ |
| 25 | 29. 12. 13 | 1872 | Ty 234 | desgl. | 0,15 + 0,15 K. frisch zusammengegossen | „ |

[1]) Bei Versuch 12 und 13 bedeutet: (+) Wachstum bei direktem Ausstrich auf Agarplatte.

| Beobachtungen bei der Injektion. (Angewandte Technik) | Befund | | Weitere Beobachtungen am Versuchstier (Sektionsbefund usw.) |
|---|---|---|---|
| | + nach wieviel Minuten | — nach wieviel Minuten | |
| Ungefähr die Hälfte wieder ausgeflossen. (Technik also schlecht.) | 5 15 30[1]) (+)(+)(+) | 1 2 | Getötet am 24. 3. 14 (nach 139 Tagen). Befund 0. Auf Pyocyaneus nicht weiter untersucht. |
| „glatt“ | 5 15 (○)(○) | 1 2 30 | Tot am 31. 12. 13 (nach 21 Tagen). Untersuchung unterblieben. |
| G.-Bl. m. Spritze entleert. Ausgeflossene Galle aufgetupft. G.-Bl. 2mal mit je 1,3 K. ausgespült, dann mit K. etwa zur Hälfte angefüllt. Darauf die Einspritzung. | — | — | Tot nach 2 Minuten. Herzblut nach 3 Minuten Ty —. |
| Glatte Entnahme der Galle aus der G.-Bl. 2mal mit K. durchgespült, Wand wird dabei sehr hyperämisch. Einspritzung in die leere G.-Bl. | — | 1 2 5 15 30 60 | Getötet am 23. 3. 14 (n. 102 Tagen). Tier war gebissen worden. Bef. eitriger Abceß am Sternum. G.-Bl. ist bindegewebig verdickt, völlig obliteriert. Auf Ty nicht untersucht. |
| G.-Bl. ziemlich leer. Einspritzung völlig glatt. | — | 1 2 4 6 15 30 60 | Getötet am 28. 3. 14 (nach 106 Tagen). G.-Bl. bindegewebig verdickt. |
| | | 1 2 4 6 15 30 60 | Aus G.-Bl. Pyocyaneus +, Ty —. |
| | | „ Leber / „ Herzblut } | Pyocyan. —, Ty —. |
| Vorher 1,0 ccm Galle aus der G.-Bl. entnommen. Entnahme aus r. Ohr. | — | 1 2½ 5 15 30 60 | Tot am 20. 12. 13 (nach 5 Tagen). Makroskopisch kein Befund. Leber und Milz Ty —. |
| Vorher aus G.-Bl. 0,5 ccm Galle entnommen. Entnahme aus r. Ohr. | 1 2 5 | 15 30 60 | Tot am 17. 12. 13 (nach 2 Tagen). Starke Schrumpfung der G.-Bl., fast völlig leer. Reichliches Exsudat in Brust- und Bauchhöhle, letzteres gelblich, trübe. Aus Galle und Herzblut nur Coli gezüchtet. |
| Vorher Entleerung der G.-Bl. Von den 0,7 ccm, die eingespritzt werden sollten, spritzten etwa 0,4 ccm wieder heraus. Entnahme aus r. Ohr. | — | 5 15 30 | Getötet am 30. 3. 14 (n. 102 Tagen). An der Unterbindungsstelle der G.-Bl. geringe Verdickung. G.-Bl. mäßig gefüllt. Im übrigen normaler Befund. Das Serum agglutinierte Stamm Zenke u. Stamm K 1465 (Vers. 2) 1 : 50 ++, 1 : 100 —. |
| Vorher aus G.-Bl. 0,5 ccm Galle entnommen. Entnahme aus r. Ohr. | — | 1 2 5 15 30 60 | Getötet am 8. 5. 14 (nach 141 Tagen). Befund normal. Auf Ty nicht untersucht. |
| glatt | — | 1 2 5 15 30 60 | Getötet am 30. 3. 14 (nach 101 Tagen). G.-Bl. leicht bindegewebig verdickt, |
| | | 1 2 5 15 30 60 | groß und etwas schlapp. Galle: Pyocyaneus +, Ty —. |
| — | — | 1 2½ 5 15 30 120 | Getötet am 30. 3. 14 (nach 98 Tagen). G.-Bl. sehr stark bindegewebig verdickt. Mäßig gefüllt. Auf Ty nicht untersucht. |
| G.-Bl. schlapp | — | 1 2 5 15 30 | 23. 3. 14. Zu chemotherapeutischen Versuchen abgegeben. |
| Etwas herausgepreßt. In Bauchhöhle klares, sofort gerinnendes Exsudat. | — | 1 2 5 15 | desgl. |
| G.-Bl. länglich, mäßig prall | — | 1 2½ 5 15 | desgl. |

(○) direkter Ausstrich auf Agarplatte —.

| Versuch Nr. | Datum | Kaninchen Nr. | Infektion mit | Art und Alter der Kultur | Injizierte Menge in ccm | Ort der Injektion |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 26 | 29. 12. 13 | 1873 | Ty 234 | Bouillonkultur 24 h | 0,15 + 0,15 K. frisch zusammengegossen | Gallenblase |
| 27 | 6. 1. 14 | 1941 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 28 | 6. 1. 14 | 1942 | Ty 234 | desgl. | 0,15 + 0,15 K. | „ |
| 29 | 13. 1. 14 | 2047 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 30 | 24. 1. 14 | 2185 | Ty Knochenmark von Kan. 2047 (Vers. 29) | desgl. | 0,3 + 0,1 $\frac{n}{100}$ $H_2SO_4$ frisch zusammengegossen | „ |
| 31 | 26. 1. 14 | 2187 | desgl. | desgl. | 0,3 + 0,1 $\frac{n}{100}$ KOH frisch zusammengegossen | „ |
| 32 | 29. 1. 14 | 2212 | desgl. | desgl. | 0,3 + 0,1 $\frac{n}{100}$ $H_2SO_4$ | „ |
| 33 | 29. 1. 14 | 2311 | desgl. | desgl. | 0,3 + 0,1 $\frac{n}{100}$ KOH | „ |
| 34 | 9. 2. 14 | 2297 | Ty Milson | Bouillonkultur 17 h | 0,3 | „ |
| 35 | 9. 2. 14 | 2298 | Ty Zenke | desgl. | 0,3 | „ |
| 36 | 13. 2. 14 | 28 | Ty 234 noch mal aus Sammlung entnommen | Bouillonkultur 48 h | 0,5 | „ |
| 37 | 13. 2. 14 | 1590 | desgl. | desgl. | 0,1 | „ |
| 38 | 13. 2. 14 | 30 | desgl. | desgl. | 0,2 | auf Leberrisse aufgeträufelt |
| 39 | 13. 2. 14 | 1277 | desgl. | desgl. | 0,5 | Gallenblase |
| 40 | 19. 2. 14 | 2360 | desgl. | desgl. | 0,1 | „ |
| 41 | 19. 2. 14 | 2361 | desgl. | desgl. | 0,01 + 0,39 K. = 0,4 einer Verdünnung 1 : 40 | „ |

| Beobachtungen bei der Injektion. (Angewandte Technik.) | Befund | | Weitere Beobachtungen am Versuchstier (Sektionsbefund usw.) |
|---|---|---|---|
| | + nach wieviel Minuten | — nach wieviel Minuten | |
| G.-Bl. prall gefüllt. | — | 1 2 5 15 | Tot am 22. 4. 14 (nach 113 Tagen). G.-Bl. prall gefüllt ohne Verdickung. Seuche, Coccidiose. G.-Bl. \| Leber \| Ty +. |
| — | — | 1 2 5 15 30 | Tot am 1. 7. 14 (nach 136 Tagen). In der Galle Ty +. |
| — | 15 | 1 2 5 30 | Tot am 25. 2. 14 (nach 50 Tagen), allgemeine Sepsis. Über den aus der Entnahme nach 15 Minuten gewonnenen Stamm s. S. 86. |
| „ganz glatt". | 1 2 5 15 | 30 60 90 | Nach 90 Minuten getötet. Ty +: in Leber, Lungen, Milz, Knochenmark, Dünndarm. Ty —: in Dickdarm, Nieren, Urin. |
| „glatt". | 1 | 2 5 15 30 | Tot am 7. 5. 14 (nach 102 Tagen). Nicht weiter untersucht. |
| „ | — | 1 2 5 15 30 | Tot am 1. 7. 14 (nach 156 Tagen). In der Galle Ty —. |
| „ | — | 1 2 5 15 30 | Tot am 3. 2. 14 (nach 5 Tagen). Vereiterung der Operationswunde. Befund sonst 0. Herzblut: Ty + (wenige Kolonien). |
| Ein großer Teil wieder herausgespritzt. | — | 1 2 5 15 30 | Tot am 4. 2. 14 (nach 5 Tagen). |
| „glatt". | — | 1 $2^1/_2$ 5 15 30 | Tot am 19. 5. 14 (nach 109 Tagen). Peritonitis, von Absceß an Operationsstelle ausgehend. Nicht weiter untersucht. |
| „ | — | $1^1/_2$ 2 5 15 30 | — |
| Pinzette abgerutscht, sofort fast alles ausgeflossen. Beim Abbinden G.-Bl. v. Leber losgelöst, leichte Leberblutung. | — | $1^1/_2$ $2^1/_2$ 5 | Stirbt nach 10 Minuten in der Narkose. |
| G.-Bl. sehr prall gefüllt. Beim Abbinden leichte Loslösung von der Leber. | — | 1 2 5 15 | Tot nach etwa 20 Minuten. Nicht weiter untersucht. |
| Leber durch das Vorziehen an mehreren Stellen leicht verletzt. G.-Bl. sehr dicht in Leber eingebettet, so daß eine glatte Einspritzung kaum möglich. | — | 1 2 5 | Stirbt nach 7 Minuten während des Zunähens in Narkose. |
| „Nicht glatt", infolge zu starken Druckes etwa die Hälfte wieder ausgeflossen. | 5 15 | 1 2 30 | Abgegeben zu chemotherapeutischen Versuchen. |
| Kanüle sehr tief eingeführt, etwas herausgeflossen. | — | 1 2 5 15 | Tot am 2. 6. 14 (nach 103 Tagen). G.-Bl., Leber, Herzblut Ty —. |
| Mit Kanüle mäßig tief eingegangen. | — | 1 2 5 15 | Abgegeben zu chemotherapeutischen Versuchen. |

| Versuch Nr. | Datum | Kaninchen Nr. | Infektion mit | Art und Alter der Kultur | Injizierte Menge in ccm | Ort der Injektion |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 42 | 25. 2. 14 | 6 Kaninchen s. S. 65 | Ty „G." | Agarkultur 24h | je 1 Öse in 0,5 K. | Gallenblase |
| 43 | 24. 3. 14 | 2611 | Ty Zenke | desgl. | 1 Öse in 0,5 K.; hiervon 0,3 (also 0,6 Ösen in K.) | „ |
| 44 | 24. 3. 14 | 2612 | „ | desgl. | 1 Öse in 0,5 B.; hiervon 0,3 (also 0,6 Ösen in B.) | „ |
| 45 | 24. 3. 14 | 2613 | „ | desgl. | 1 Öse in 0,5 K.; hiervon 0,1 + 4,9 K. „ 0,3 (also 0,012 Ösen in K.) | „ |
| 46 | 27. 3. 14 | 2614 | „ | desgl. | 1 Öse in 0,5 B.; hiervon 0,1 + 4,9 B. „ 0,3 (also 0,012 Ösen in B.) | „ |
| 47 | 27. 3. 14 | 2632 | „ | desgl. | 4 Ösen in 0,6 B.; hiervon 0,1 = 0,66 Ösen | „ |
| 48 | 27. 3. 14 | 2635 | „ | desgl. | 4 Ösen in 0,6 B.; hiervon 0,1 (= 0,66 Ösen) + 0,4 B. | „ |
| 49 | 31. 3. 14 | 2670 | „ | desgl. | 1 Öse in 0,5 K.; hiervon 0,3 = 0,6 Ösen | „ |
| 50 | 3. 4. 14 | 2677 | aus Kan. 1465 Vers. 2 gezüchteter Ty-Stamm | Agarkultur 4 Tage | 1 Öse in 0,45 K. | „ |
| 51 | 9. 4. 14 | 2713 | Ty 234 | Bouillonkultur 24h | 0,3 | „ |
| 52 | 9. 4. 14 | 2714 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 53 | 16. 4. 14 | 2753 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 54 | 16. 4. 14 | 2754 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 55 | 22. 4. 14 | 2805 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | Unter die Haut in r. Hypochondrium |
| 56 | 22. 4. 14 | 2806 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 57 | 25. 4. 14 | 2823 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | Harnblase |

| Beobachtungen bei der Injektion. (Angewandte Technik.) | Befund | | Weitere Beobachtungen am Versuchstier (Sektionsbefund usw.) |
|---|---|---|---|
| | + nach wieviel Minuten | — nach wieviel Minuten | |
| „nicht glatt". | 2 $2^1/_2$ | 5 2 2 | Zu chemotherapeutischen Versuchen verwendet. |
| „glatt". | — | 2 5 15 | Tot am 28. 3. 14 (nach 4 Tagen). Sepsis der Bauchwunde. In Herzblut Ty —. |
| „fast glatt", eine Spur ausgeflossen. | 5 15 | 1 2 | Tot am 30. 3. 14 (nach 6 Tagen). Sepsis der Bauchwunde. G.-Bl. gut gefüllt, nicht weiter untersucht. |
| „glatt". | — | 1 2 5 15 | Tot am 29. 6. 14 (nach 97 Tagen). In Herzblut, Galle, Leber Ty — (auf Drigalskiplatten ein „Blaustamm", der aber weder Ty, noch Paratyphus, noch Ruhr ist). |
| ganz glatt. | — | 1 2 5 15 | Tot am 30. 5. 14 (nach 91 Tagen). G.-Bl. bindegewebig verdickt. G.-Bl. / Leber / Herzblut } Ty ++. |
| Tief eingegangen, rasch eingespritzt. | — | $1^1/_2$ 2 5 15 v. v. v. v. | — |
| „glatt". | — | 1 2 5 15 v. v. v. v. | Tot am 3. 4. 14 (nach 7 Tagen). Empyem der G.-Bl., Magenperforation. Sepsis. |
| G.-Bl. durch künstliche Reizung hyperämisch. Eine Spur ausgetreten, doch Technik im ganzen „glatt". | — | 1 2 5 15 | — |
| G.-Bl. zieml. prall. | — | 2 5 15 s. w. s. v. zl. v. | Getötet am 6. 4. 14 (nach 3 Tagen). G.-Bl. bindegewebig verdickt. G.-Bl. Ty +. Leber Ty —. |
| Absichtlich schlechte Technik. | 2 5 15 | — | Getötet nach 15 Minuten wegen schlechter Technik. |
| „glatt". | — | 2 5 15 | Tot am 25. 5. 14 (nach 46 Tagen). G.-Bl. obliteriert. (Nicht auf Ty untersucht.) |
| Tief eingegangen, rasch eingespritzt, Technik „glatt". (Vor der Einspritzung eine Spur Galle ausgeflossen.) | — | 1 2 5 | Tot nach 12 Minuten in Narkose. nach 15 Minuten. Herzblut 1,0 ccm in Galle 0,2 „ auf Drigalskiplatte. Beide: Ty —. |
| G.-Bl. vorher leicht gequetscht. Oberflächlich eingespritzt. Technik absichtlich nicht „glatt". | 2 5 | $1^1/_2$ 15 v. | — |
| Haut vorher durch Kneifen mit einer Pinzette gereizt. | — | 1 2 5 15 | Tot am 6. 6. 14 (nach 45 Tagen). G.-Bl. / Herzblut } Ty — |
| ungereizt. | — | 1 2 5 15 | Tot am 6. 5. 14 (nach 14 Tagen). Starke Entzündung in der Umgebung der Injektionsstelle. |
| Nach Katheterisierung und Reizung. | — | 1 2 5 15 | Tot am 12. 5. 14 (nach 17 Tagen). Harnblase atrophisch. Abscеß am Blasenhals. Urin, Leber, G.-Bl. Ty —. |

| Versuch Nr. | Datum | Kaninchen Nr. | Infektion mit | Art und Alter der Kultur | Injizierte Menge in ccm | Ort der Injektion |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 58 | 25. 4. 14 | 2824 | Ty 234 | Bouillonkultur 24h | 0,3 | Harnblase |
| 59 | 28. 4. 14 | 2860 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | Dünndarm |
| 60 | 28. 4. 14 | 2861 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | Dünndarm (nach Reizung) |
| 61 | 30. 4. 14 | 13 | Ty 234 | Bouillonkultur 48h | 0,3 | Gallenblase |
| 62 | 30. 4. 14 | 31 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 63 | 1. 5. 14 | 1725 | Ty 234 | Bouillonkultur 24h | 0,3 | „ |
| 64 | 7. 5. 14 | 3023 | Ty 234 | desgl. | 0,3 | „ |
| 65 | 11. 5. 14 | 3059 | Ty 234 | desgl. | 0,3 B + 0,3 körpereigne Galle; hiervon 2 Tropfen | Auf die Leber geträufelt |
| 66 | 11. 5. 14 | 3060 | Ty 234 | desgl. | 0,4 B + 0,4 körpereigne Galle; hiervon 2 Tropfen | Auf Gallenblasen-einstichstelle geträufelt |

Unsere Versuche gaben uns Veranlassung, eine Reihe von Nebenversuchen auszuführen, über die jetzt im Zusammenhang berichtet sei.

### Die Einwirkung von Kaninchenblut und Galle auf Typhusbacillen.

Der Gegensatz des Bacillenbefundes bei direktem Ausstrich auf Drigalskiplatten zu dem Befunde nach der Anreicherung in Galle legte die Vermutung einigermaßen nahe, daß noch auf dem Drigalski-Nährboden selbst durch das mitaufgetragene Kaninchenblut eine Bactericidie ausgeübt werde. Im Anschluß an die Versuche 25 und 26 wurde ein kleiner Nebenversuch, der diese Frage klären sollte, angesetzt.

Zu 4 Tropfen Kaninchenblut, das in paraffiniertem Glas aufgefangen wurde, wurde eine Öse einer Aufschwemmung von einer Öse Typhusbouillonkultur in 5,0 ccm Kochsalzlösung zugesetzt; ebenso wurde zu 0,3 ccm Kochsalzlösung, welche Menge ungefähr der eben erwähnten Blutmenge entsprach, eine Öse der Aufschwemmung zugesetzt. Nach verschiedenen Zeiten wurde

| Beobachtungen bei der Injektion. (Angewandte Technik.) | Befund | | Weitere Beobachtungen am Versuchstier (Sektionsbefund usw.) |
|---|---|---|---|
| | + nach wieviel Minuten | — nach wieviel Minuten | |
| Harnblase leicht gefüllt, nicht gereizt. | — | 1 2 5 | Tot nach 14 Minuten in Narkose. Gallenanreicherung. Aus Milz, Leber, Knochenmark, Herzblut, Niere Ty —. |
| glatt. | — | 1 2 5 20 | — |
| Zieml. glatt. | — | 1 2 5 15 | Tot am 1. 7. 14 (nach 63 Tagen). In Galle Ty. |
| Absichtlich schlechte Technik. G.-Bl. nach 6 Minuten exstirpiert. | 5 | 1 2 15<br>Urin 1 20 | Tot am 23. 5. 14 (nach 23 Tagen). Stärkste Seuche in der Brusthöhle. In Leber, Milz und Lunge Ty —. |
| Absichtlich sehr schlechte Technik. G.-Bl. nach 6 Minuten exstirpiert. | 2 | 1 5 | Nach etwa 10 Minuten durch $CCl_3H$ getötet, da infolge der so schlechten Technik sehr viel Injektionsmaterial in die Bauchhöhle geflossen war. |
| Zieml. schlecht, etwas herausgeflossen. G.-Bl. nach 6 Minuten exstirpiert. | 2 5 | 15 | Tot am 15. 5. 14 (nach 14 Tagen). Nicht weiter untersucht. |
| „Völlig glatt". G.-Bl. nach $6^1/_2$ Minuten exstirpiert. | — | 1 2 5 | Tot am 13. 5. 14 (nach 6 Tagen). Schwere Peritonitis. Leber, Herzblut } Ty —. |
| Aus G.-Bl. 0,3 ccm Galle aspiriert, G.-Bl. unterbunden, von Leber abgezogen. Auf die Rißstellen aufgeträufelt. | — | 1 2 5 15 | Tot am 8. 7. 14 (nach 58 Tagen). Befund 0. Herz u. Lunge eitrige Herde. (Seuche?) Galle, Leber, Herzblut } Ty 0 |
| Aus G.-Bl. 0,4 ccm Galle aspiriert, Einstichstelle offen gehalten und hierauf die Mischung von Ty-Bacillen und der körpereigenen Galle aa aufgeträufelt. | — | 1 2 5 | Tot nach etwa 4—5 Minuten in der Narkose. |

aus den beiden Röhrchen auf Drigalskiplatte ausgestrichen. Die Ergebnisse sind auf folgender kleinen Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 1.

| Ty mit frischem Kaninchenblut | Ty mit Kochsalzlösung |
|---|---|
| nach 1 Minute 9 | 2 |
| „ 5 „ 2 | 1 |
| „ 10 „ 2 | 0 |

Es geht daraus hervor, daß eine schädigende Wirkung des Blutes nicht nachweisbar ist.

Eine weitere Frage, die wir, veranlaßt durch die „negativen" Befunde, noch prüfen wollten, war die, ob vielleicht in Galleröhrchen eine größere Menge Blutes schädigend wirkt.

Wir stellten folgenden Versuch an:

In Röhrchen I wurden 0,2 ccm frisch entnommenes Blut in 3,0 ccm steriler Rindergalle gegeben und dazu 6,8 ccm Galle aufgefüllt, so daß eine Verdünnung von Blut zu Galle = 1 : 50 vorhanden war. In Röhrchen II wurde 0,5 ccm von Röhrchen I und 4,5 ccm Galle gegeben; Blut zu Galle = 1 : 500. In gleicher Weise wurden dann weitere Verdünnungen in Röhrchen III (Bl. : G. = 1 : 5000) und IV (Bl. : G. = 1 : 50000) angesetzt. Noch höhere Verdünnungen wurden dann aus Röhrchen II—IV, wie aus unten stehender Tabelle ersichtlich ist, hergestellt.

Eine Öse Agarkultur, Stamm 234, wurde in 10 ccm Kochsalz aufgeschwemmt = 1 : 5000. Hiervon 0,05 ccm + 4,95 ccm Galle = 1 : 500000; hiervon 0,2 ccm + 19,8 ccm Galle = 1 : 50000000.

Aus diesem letzten Röhrchen wurde je 1 ccm zu jedem der Versuchs-Röhrchen 1—10 (vergl. Tabelle 2) zugesetzt.

Tabelle 2.

| Versuchs-Röhrchen | Blut-Gallemischungen | Ty 1 : 50 Mill. in Galle | Blutverdünnung |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,0 I | 1,0 | 1 : 100 Galle |
| 2 | 1,0 II | 1,0 | 1 : 1 000 „ |
| 3 | 1,0 III | 1,0 | 1 : 10 000 „ |
| 4 | 0,5 III + 0,5 Galle | 1,0 | 1 : 20 000 „ |
| 5 | 0,2 III + 0,8 „ | 1,0 | 1 : 50 000 „ |
| 6 | 1,0 IV | 1,0 | 1 : 100 000 „ |
| 7 | 0,5 IV + 0,5 „ | 1,0 | 1 : 200 000 „ |
| 8 | 0,2 IV + 0,8 „ | 1,0 | 1 : 500 000 „ |
| 9 | 0,1 IV + 0,9 „ | 1,0 | 1 : 1000 000 „ |
| 10 | — 1,0 „ | 1,0 | 1 : ∞ (reine Galle) |

Alle Röhrchen kommen auf 20 Stunden in den Brutofen von 37°, darauf werden mit je 1 ccm ihres Inhalts Agarplatten gegossen.

Ergebnis: Auf allen Platten: Typhusbacillen ∞.

Also trat unter den Verhältnissen, wie sie bei unsern Kaninchenversuchen vorlagen (24stündige Anreicherung in Rindergalle) kein Unterschied auf, ob eine Blutverdünnung 1 : 100 (z. B. 0,1 Blut zu 10,0 Galle) oder von 1 : 1 Mill. oder 1 : ∞ vorgelegen hatte.

Der etwaige Einfluß der Menge des zur Rindergalle zugesetzten Blutes wurde auch noch in einem zweiten Versuch geprüft. Diesmal wurde defibriniertes Kaninchenblut genommen und die Blutverdünnungen wurden konzentrierter, 1 : 5 und 1 : 50 gestaltet.

Es wurde von der Absicht ausgegangen, durch steigende Verdünnungen zu erweisen, daß in eines der Versuchsröhrchen nur mehr ganz vereinzelte Typhusbacillen eingebracht wurden, um den Verhältnissen bei den Kaninchenhauptversuchen möglichst nahe zu kommen.

Daher wurden in 5 Röhrchen Nr. 1—5 je 2,0 ccm defibriniertes frisches Kaninchenblut eingefüllt.

Zu Röhrchen 1 wurde 1 Öse einer 24stündigen Bouillonkultur, Typhus 234, zugesetzt und durch Schütteln verteilt.

Aus Röhrchen 1 kommen dann

0,4 ccm in 1,6 Rindergalle (Röhrchen 1a),
0,1 „ „ 4,9 „ ( „ 1b),
und 0,02 „ „ Röhrchen 2.

Da in 2,0 ccm Blut in Röhrchen 1 1 Öse Typhusbouillon waren, wurden also mit 0,02 ccm $^1/_{100}$ Öse Typhusbouillon nach Röhrchen 2 übertragen.

Aus Röhrchen 2 kommen

0,4 ccm in 1,6 Rindergalle (Röhrchen 2a),
0,1 „ „ 4,9 „ ( „ 2b),
und 0,02 „ „ Röhrchen 3.

In gleicher Weise wird bis zu Röhrchen 5 fortgefahren, so daß schließlich folgende 15 Versuchsröhrchen vorhanden sind:

1. Die Röhrchen 1—5 mit Kan.-Blut + Typhusbacillen in fallender Menge.

Nach Röhrchen 1 war so 1 Öse, nach Röhrchen 2 $^1/_{100} = 10^{-2}$ Öse[1]), nach Röhrchen 3 $^1/_{10\,000} = 10^{-4}$ Öse, nach Röhrchen 4 $^1/_{1\,000\,000} = 10^{-6}$ Öse, nach Röhrchen 5 $^1/_{100\,000\,000} = 10^{-8}$ Öse übertragen worden.

2. Die 5 Röhrchen 1a—5a. In jedem dieser Röhrchen war eine Mischung von 1 Teil Blut und 4 Teilen Galle, also eine Blutverdünnung = 1:5 vorhanden.

(Da aus den Röhrchen 1—5 je 0,4 ccm übertragen wurden, so hatte auf die ursprünglich zu dem Röhrchen 1 zugesetzte 1 Öse Typhusbouillon berechnet

Röhrchen 1a . . . . . 0,2 Ösen
„ 2a . . . . . 0,002 „
„ 3a . . . . . 0,00002 „
„ 4a . . . . . 0,0000002 „
„ 5a . . . . . 0,000000002 „ erhalten.)

3. Die 5 Röhrchen 1b—5b. In jedem dieser Röhrchen war eine Mischung von 1 Teil Blut mit 49 Teilen Galle, eine Blutverdünnung = 1:50 vorhanden.

(Da aus den Röhrchen 1—5 je 0,1 ccm übertragen wurden, so hatte

Röhrchen 1b rechnerisch . . . . 0,05 Ösen
„ 2b „ . . . . 0,005 „
„ 3b „ . . . . 0,000005 „
„ 4b „ . . . . 0,0000005 „
„ 5b „ . . . . 0,00000005 „

der Typhusbouillon zugesetzt erhalten.)

Nachdem in der angegebenen Weise alle 15 Versuchsröhrchen beschickt waren, wurden sofort aus den Röhrchen 1—5, nicht aber aus den Röhrchen 1a—5a und 1b—5b, je eine große Öse (= etwa $^1/_{200}$ ccm) auf Drigalskiplatten ausgestrichen. Sämtliche Röhrchen kamen hierauf in den Brutschrank. Nach 20 Stunden wurden aus sämtlichen Röhrchen je 2 mittlere Ösen (zu je etwa $^1/_{400}$ ccm, zusammen also = etwa $^1/_{200}$ ccm) auf Drigalskiplatten ausgestrichen.

Das Ergebnis zeigt

Tabelle 3.

| Röhrchen | „sofort“ (in etwa 0,005 ccm) | nach 20 Stunden bei 37° (in etwa 0,005 ccm) |
|---|---|---|
| 1 | etwa 300—400 | 2 |
| 1a | | reichlich (etwa 2000—3000) |
| 1b | | reichlich |
| 2 | 1 | 0 |
| 2a | | reichlich |
| 2b | | reichlich |
| 3 | 0 | 0 |
| 3a | | reichlich |
| 3b | | 0 |
| 4 | 0 | 0 |
| 4a | | 0 |
| 4b | | 0 |
| 5 | 0 | 0 |
| 5a | | 0 |
| 5b | | 0 |

[1]) Unter Vernachlässigung des Umstandes, daß die 0,02 ccm von Röhrchen 1, 2 usw. nicht zu genau 1,98 ccm Blut in den Röhrchen 2, 3 usw., sondern zu je 2,00 ccm Blut zugesetzt worden waren.

Hierzu ist zunächst zu bemerken, daß der Ausdruck „sofort“ in der ersten Spalte nur sehr bedingt aufzufassen ist. Wie oben erwähnt, wurden die Plattenausstriche erst gemacht, nachdem sämtliche Verteilungen vorgenommen waren. Darüber gingen, besonders für Röhrchen 1, immerhin etwa 5—7 Minuten hin, so daß in dieser Zeit die bactericiden Kräfte schon reichlich in Wirksamkeit getreten sein konnten.

Leider unterließen wir es damals, uns durch Gießen von Agarplatten eine Kenntnis von der ungefähren Größe der Einsaat in Röhrchen 1, also des Bacillengehaltes einer Öse der Typhusbouillonkultur zu verschaffen. Zunächst schien ja auch keine Notwendigkeit dazu vorzuliegen, da wir nur einen Vergleich zwischen der Wirkung stärkerer und schwächerer Blutbeimengung zur Galle gewinnen wollten. Aber auch die nachträgliche rechnerische Verfolgung des Versuches gibt immer noch einen genügenden Anhalt für die Beurteilung der Frage, ob innerhalb der kurzen Zeit schon Bactericidie eingetreten sei.

Daß dies der Fall war, geht mit Bestimmtheit aus einem Vergleich der Befunde bei Röhrchen 1 und 2 „sofort“ und Röhrchen 2a, 2b und 3a nach 20 Stunden hervor.

Da in Röhrchen 3a nach 20 Stunden „reichlich“ Typhusbacillen gefunden wurden, so mußte in dieses Röhrchen mindestens ein Bacillus eingebracht worden sein, und da Röhrchen 3a mit 0,00002 Ösen infiziert war (s. o.), mußte 1 Öse der Typhuskultur mindestens 50000, aber weniger als 100000 Bacillen enthalten haben.

(Da hingegen in Röhrchen 3b auch nach 20 Stunden keine Typhusbacillen zu finden waren, dieses Röhrchen aber rechnerisch mit $0{,}000005 = 5 \cdot 10^{-6}$ Ösen beschickt war, so geht daraus hervor, daß die 1 Öse Typhusbouillonkultur weniger als 200000 Bacillen enthalten haben muß.)

Die „Sofort“-Ausstriche waren, wie erwähnt, mit je etwa $0{,}005 = {}^1/_{200}$ ccm gemacht worden.

Nach dem oben Angegebenen war in Röhrchen 1 (2,0 ccm Blut) 1 Öse Typhusbouillonkultur übertragen worden. In 1,0 ccm des Inhalts von Röhrchen 1 waren also $0{,}5 = 5 \cdot 10^{-1}$ Typhuskultur enthalten und dementsprechend fand

in 1 ccm Röhrchen 2: $5 \cdot 10^{-3}$ Ösen
„ 1 „ „ 3: $5 \cdot 10^{-5}$ „
„ 1 „ „ 4: $5 \cdot 10^{-7}$ „
„ 1 „ „ 5: $5 \cdot 10^{-9}$ „

Für 0,005 würde sich berechnen

für Röhrchen 1: $0{,}005 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0{,}025 \cdot 10^{-1} = 25 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-1} = 25 \cdot 10^{-4}$ (= 0,0025 Ösen oder ${}^1/_{400}$ Öse).

Entsprechend für 0,005

aus Röhrchen 2: $25 \cdot 10^{-6} = 0{,}000025$ Ösen
„ „ 3: $25 \cdot 10^{-8} = 0{,}00000025$ „[1]) usw.

Aus dem Befund von 300—400 Bacillen im Röhrchen 1 „sofort“ würden sich demnach für 1 Öse Typhuskultur nur 12000—16000 Typhusbacillen berechnen, dagegen aus dem Befund von 1 Bacillus im Röhrchen 2 mindestens 40000 Typhusbacillen, aber weniger als 80000.

---

[1]) Zum gleichen Ergebnis führt folgende Rechnung: in 1 ccm von Röhrchen 1 war ${}^1/_2$ Öse Typhuskultur enthalten. Mit der großen Öse von 0,005 ccm Fassung wurde ${}^1/_{200}$ ccm ausgestrichen, also ${}^1/_{200} \cdot {}^1/_2 = {}^1/_{400}$ Öse.

Entsprechend bei Röhrchen 2: ${}^1/_{200} \cdot {}^1/_{200} = {}^1/_{40000}$ Öse,
„ „ „ 3: ${}^1/_{200} \cdot {}^1/_{20000} = {}^1/_{4000000}$ „ usw.

Aus Röhrchen 3a hatten wir für die 1 Öse Typhuskultur mindestens 50000, aus Röhrchen 2 mindestens 40000 Bacillen errechnet. Diese Zahlen bleiben sicherlich hinter der Wirklichkeit zurück, zum mindesten die aus Röhrchen 2 erschlossenen, da ja hier schon Bactericidie eingetreten sein wird und überhaupt um deswillen, weil es sich um errechnete Minimalwerte handelt. Es muß auch mit der ungleichen Verteilung der Bacillen in den Röhrchen um den infolge der hohen Faktoren sehr großen Schwankungen in den errechneten Werten gerechnet werden.

Immerhin aber geht soviel mit Sicherheit hervor, daß der aus Röhrchen 1 sich für eine Öse Typhuskultur ergebende Wert von 12000—16000 Bacillen so sehr aus dem Rahmen fällt, daß er nur durch eine Bactericidie schon in den ersten Minuten erklärt werden kann.

Damit gibt dieser Versuch einen Stützpunkt für die Annahme ab, daß auch im Kaninchenkörper gleich in den ersten Minuten eine Keimverminderung durch Bactericidie statt hat. (Über das „Abfangen" der Bacillen in den Organen vergl. oben S. 63, Vers. 29.)

Bei den Ausstrichen nach 20 Stunden bei 37° trat die Bactericidie des unverdünnten Kaninchenbluts noch deutlicher zutage.

Anderseits hat sich in Übereinstimmung mit dem in Tabelle 2 dargestellten Versuch ergeben, daß die Galle die bactericide Wirkung des Kaninchenbluts aufhebt und daß ein Einfluß der Menge des zur Galle zugesetzten Blutes nicht zu erkennen war.

Im Anschluß an Versuch 19 wurde geprüft, ob ganz frische Kaninchengalle, ohne Zusatz von Blut, auf die Typhusbacillen abtötend wirkt.

In 0,5 ccm Galle, die soeben dem Kaninchen 1812 von Versuch 19 entnommen waren, wurde 1 Öse einer Aufschwemmung von 1 Öse Typhusbacillen in 5,0 ccm Bouillon zugesetzt. Nach bestimmten Zeiten wurden aus diesem Röhrchen mit 1 Öse Agarplatten gegossen. Das Ergebnis war folgendes:

Tabelle 4.

| Entnahme nach: | Ergebnis: |
|---|---|
| 1 Minute | 28 Kolonien |
| 2 Minuten | 20 „ |
| 5 „ | 20 „ |
| 15 „ | 30 „ |
| 30 „ | 23 „ |
| 60 „ | 31 „ |

Eine Bactericidie durch frische Kaninchengalle findet demnach nicht statt.

Unsere Ergebnisse über die Wechselbeziehungen von Galle, Typhusbacillen und Blut stehen in Einklang mit den schon jahrelang zurückliegenden Angaben verschiedener Autoren. So wies Conradi schon 1906 darauf hin, daß Galle die bactericide Wirkung des Blutserums aufhebt, so daß man Blut mit Galle im Verhältnis von 1 : 2 mischen darf.

Daß sich Typhusbacillen in frischer Galle ungehindert vermehren können, wurde von Fornet bestritten. Nach ihm wirkt frische Rindergalle entwicklungshemmend, Blutzusatz dagegen wirkt in doppelter Weise günstig, einmal mechanisch

schützend, dann durch das Freiwerden von Hämoglobin. Nach unsern Befunden wäre für frische Kaninchengalle höchstens eine Entwicklungshemmung (nach 60 Minuten bei Zimmertemperatur noch keine Vermehrung), aber jedenfalls keine Bactericidie festzustellen.

Nach Hirokawa entwickeln sich Typhusbacillen in menschlicher Galle sehr gut, ebenso nach Pies.

### Kaninchenblut und Pyocyaneusbacillen.

Bei den Versuchen, in denen wir an Stelle des Typhusbacillus den B. pyocyaneus nahmen, mußte festgestellt werden, ob nicht diese Bakterienart durch Kaninchenblutzusatz zu Bouillon geschädigt wird.

Im Anschluß an den Versuch 9 wurde daher folgender Nebenversuch gemacht:

In ein Röhrchen mit 7,5 ccm Bouillon wird eine Öse einer 48stündigen Pyocyaneus-Bouillonkultur eingebracht. Aus diesem Röhrchen 1 wird eine Öse in Bouillonröhrchen 2 mit ebenfalls 7,5 ccm Bouillon gegeben und aus diesem eine Öse in Röhrchen 3. Darauf kommt in Röhrchen 1 und 2 je 1,0 ccm frisches Kaninchenblut. Die drei Röhrchen wurden einen Tag bei 37° gehalten. Röhrchen 3 war dabei steril geblieben, was wahrscheinlich auf eine zu geringe Infektion zurückzuführen ist. Aus Röhrchen 1 und 2 werden Agarplatten gegossen. Auf beiden Platten gehen reichlich Pyocyaneuskulturen auf.

Eine Schädigung des Pyocyaneus durch Kaninchenblut fand also nicht statt.

Dieser Versuch wurde nochmals mit einer kleinen Änderung wiederholt.

In drei Bouillonröhrchen wird je eine Spur Pyocyaneusbouillonkultur eingebracht. In zwei dieser Röhrchen außerdem je etwa 1,0 ccm frisches Kaninchenblut. Nach 24stündigem Aufenthalt bei 37° wurden Agarplatten gegossen. Auf sämtlichen Platten: Pyocyaneus ∞.

Der Pyocyaneus vermehrte sich ebenso wie in Bouillon + Blut, auch in Galle + Blut.

### Agglutinatorisches Verhalten der aus dem Kaninchen nach kurzem Aufenthalt im Körper gezüchteten Stämme.

Die Identifizierung der auf Drigalskiplatten gewachsenen Typhuskolonien geschah, wie schon eingangs erwähnt wurde, stets durch die Agglutination, und zwar wurde in den ersten Versuchen die quantitative Austitrierung durchgeführt, während wir uns bei den späteren Versuchen meist mit der orientierenden Agglutination begnügten, da ja eine andere Bacterienart, die auf Drigalskiplatte typhusähnlich wuchs, kaum in Frage kommen konnte. (Trotz der Desinfektion der Ohren beobachteten wir bei unseren Untersuchungen verhältnismäßig häufig ein reichliches Auftreten einer Streptokokkenart, die auf Drigalskiplatten in sehr kleinen, punktförmigen Kolonien wuchs, so daß diese schon mit bloßem Auge deutlich von den Typhuskolonien unterschieden werden konnten. Anfangs prüften wir auch diese Bakterien stets durch Agglutination, die natürlich immer negativ ausfiel.)

Da wir in den ersten Versuchen gefunden zu haben glaubten, daß schon bei dem kurzen Aufenthalt im Kaninchenblut eine Beeinflussung der Agglutinabilität eingetreten sei, stellten wir eine Reihe von vergleichenden Prüfungen an, wobei wir berücksichtigten, ob die zu agglutinierende Kultur nach 24stündiger Anreicherung in Galle (als G I bezeichnet), oder nach 48stündiger Anreicherung in Galle auf Drigalski

gebracht wurde, ferner ob von der Drigalskiplatte ab die erste Agarkultur oder die zweite und dritte Agargeneration vorlag (bezeichnet als A 1 bezw. A 2). Als Kontrolle wurde immer die nicht durch den Tierkörper gegangene Kultur verwendet, die genau ebenso auf Nährböden übertragen war. Es sollen von den hierher gehörigen Versuchen nur einige Ergebnisse mitgeteilt werden.

So wurde im Anschluß an den Versuch 2 folgendes erhoben:

Tabelle 5.

| Serum von Titer: 0,0001 Verdünnung | Vers. 2. 1 Minute G I | | | | Vers. 2. 1 Minute G II | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $A_1$ | | $A_2$ | | $A_1$ | |
| | | Kontrolle | | Kontrolle | | Kontrolle |
| 0,001 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| 0,00033 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| 0,0002 | ++ | ++ | ++ | ++ | + | + |
| 0,0001 sofort | + | + | − | Spur | − | − |
| 0,0001 nach 20 Std. bei 37° | ++ | ++ | + | + | Spur | Spur |

Irgend welche erheblichen Unterschiede der Ergebnisse gegenüber den zur Kontrolle ebenso behandelten Stämmen sind demnach nicht aufgetreten.

Im Anschluß an Versuch 3 wurde folgende Prüfung vorgenommen:

Tabelle 6.

Das gleiche Serum wie in Tabelle 5. Stämme aus Vers. III. G I.

| | 1 Minute | 5 Minuten | 15 Minuten | 30 Minuten | Kontrolle |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,0002 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| 0,0001 sofort | + | + | + | + | ++ |
| 0,0001 nach 20 Std. bei 37° | ++ | ++ | ++ | ++ | +++ |

Also auch hier gegenüber der Kontrolle nur ein ganz geringer Unterschied in der Agglutinierbarkeit. Es sei hervorgehoben, daß wir Stämme vor uns haben, die 15 und 30 Minuten lang im Tierkörper gewesen waren.

Zur Entscheidung, ob lang dauernde Anreicherung in Galle besonders wirkt, wurde am 14. 11. noch folgender Versuch angesetzt:

Nach 4tägigem Aufenthalt in Galle wurde auf Drigalskiplatte ausgestrichen und die hierauf folgende erste Agarkultur verwendet.

Tabelle 7.

Stämme aus Vers. III. G IV. $A_1$.

| | 1 Minute | 5 Minuten | 15 Minuten | 30 Minuten | Kontrolle |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,0002 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| 0,000125 | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| 0,0001 b. Zimmertemperatur | + | ? | − | ? | + |
| 0,0001 nach 1 Std. bei 37° | ++ | ++ | + | ± | ++ |

Es geht daraus hervor, daß die Unterschiede wiederum sehr gering waren.

Bei den Versuchen mit anderen Stämmen traten Unterschiede überhaupt nicht in die Erscheinung, so z. B. bei dem in Versuch 5 nach 5 und 15 Minuten gewonnenen Stamm.

Ein auffallendes agglutinatorisches Verhalten zeigte aber ein Stamm, der bei Versuch 28 aus Kaninchen 1942 nach 15 Minuten gewonnen war. Dieser Stamm erwies sich bei der orientierenden Agglutination mit einer Serumverdünnung von 1 : 100 als inagglutinabel. Er wurde, da er auf Drigalskiplatte ganz wie ein echter Typhusbacillus wuchs, auf die sogenannte „bunte Reihe“ [1]) gebracht. Hier war sein Verhalten völlig dem des echten Typhusbacillus entsprechend. Der Stamm wurde nun anfangs alle Tage, später alle 2—3 Tage von Agarröhrchen auf Agarröhrchen überimpft und von Zeit zu Zeit durch Agglutination geprüft. Erst nach 48 Tagen, am 3. Februar 14, trat mit einer Serumverdünnung 1 : 1000 die Agglutination sofort ein und bei weiterer Prüfung wurde er bis zur Titergrenze agglutiniert.

Es dürfte immerhin von Interesse sein, daß, allerdings nur in diesem einen Fall, ein Aufenthalt von nur 15 Minuten im Tierkörper genügt hat, um diese langdauernde Inagglutinabilität des Stammes hervorzurufen.

Die Beeinflussung der Agglutinierbarkeit von Typhusbacillen durch einen Aufenthalt im tierischen oder menschlichen Organismus ist seit längerem bekannt. Es sei hier nur auf einige der älteren Arbeiten über diese Frage hingewiesen. So behandelte Hirschbruch 1906 die experimentelle Herabsetzung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbacillus.

Nach den Versuchen von Bail und Rubritius erlangen Typhusbacillen im Organismus erhöhte Widerstandsfähigkeit gegen agglutinierende und bactericide Serumstoffe, das gleiche stellte Lüdke fest.

Unsere Ergebnisse sind deswegen von Interesse, weil hier der Aufenthalt der Bacillen im Körper nur ein so äußerst kurzdauernder war.

## Befund von Typhusbacillen im Urin der Tiere.

Das Kaninchen Nr. 2047 von Versuch 29, dem die Typhusbacillen in die Gallenblase injiziert worden waren, wurde, wie schon erwähnt, nach 19 Minuten getötet, und seine Organe wurden auf die Anwesenheit von Typhusbacillen untersucht. Niere und Urin wurden als frei davon befunden. Im Gegensatz hierzu steht der Befund an Kaninchen 1573 von Versuch 6, wo in einer nach 20 Minuten entleerten Urinprobe Typhus nachzuweisen war. Eine Erklärung dürfte darin gegeben sein, daß bei Versuch 6 die Typhusbacillen in die Leber direkt eingespritzt wurden, wobei ein besonders starker Druck ausgeübt werden mußte, um überhaupt größere Mengen von Flüssigkeit in das Organ hineinzubringen.

---

[1]) Die im Gesundheitsamt zur kulturellen Differenzierung der Typhus-, Paratyphus-, Ruhr-, Coli- usw. Stämme stets benutzte Reihe von 12 verschiedenen Nährböden.

Bei Patrik fanden wir Angaben bezüglich der menschlichen Typhus-Bacillurie, die mit diesem Befund in Einklang stehen. Nach dem genannten Autor kann die Infektion der Blase mit Typhusbacillen auch direkt erfolgen, ohne daß sich vorher kleine multiple Abscesse in der Niere oder in der Urethra gebildet haben.

Ob es sich bei unserm Kaninchen 1573 um einen direkten Austritt in die Blase aus den Blutgefäßen der Blase, oder um eine Ausscheidung durch die Nieren hindurch gehandelt hat, muß zunächst unentschieden bleiben.

Im Versuch 61 (Kaninchen 13) war der Urin nach 1 und nach 20 Minuten frei von Typhusbacillen. Bei diesem Kaninchen war die Gallenblase infiziert und nach 6 Minuten exstirpiert worden.

Ebenso war bei dem Kaninchen Nr. 2823 von Versuch 57, bei dem die Typhusbacillen in die Harnblase injiziert worden waren, der Urin bei dem nach 16 Tagen erfolgten Tode des Tieres frei von Typhusbacillen.

## Beobachtungen über die Dauer der Anwesenheit der Typhusbacillen in den Kaninchen.

Mit der Feststellung der Schnelligkeit des Übertrittes der Typhusbacillen in die Blutbahn war die Hauptaufgabe unserer Versuche erledigt. Wir haben aber doch noch, anfänglich allerdings nur mehr beiläufig, einige Beobachtungen über das Schicksal der Typhusbacillen in den infizierten Kaninchen angestellt, da uns die Frage interessierte, wie lange sich die Typhusbacillen in den Tieren halten könnten.

Eine größere Zahl der Kaninchen ist nach kürzerer oder längerer Zeit spontan eingegangen. Bei den meisten wurde der Sektionsbefund genau aufgenommen. Angaben hierüber sowie über die weitere Verarbeitung des Materials finden sich in der letzten Spalte der Haupttabelle. Einige Tiere verloren wir noch in der Narkose; andere wieder wurden, wie angegeben, zu bestimmten Zwecken getötet. Mehrere Tiere wurden weiterhin zu chemotherapeutischen Versuchen benutzt. Eine Anzahl dieser Tiere lebt zur Zeit des Niederschreibens dieser Zeilen noch.

Im folgenden seien nun einige Beobachtungen, die wir bei den spontan gestorbenen oder getöteten Tieren machten, angegeben.

Wir ordnen die Versuche im folgenden nach dem Orte der Einspritzung und nach den besonderen Versuchsbedingungen an, also nicht wie im Hauptteil der Arbeit chronologisch.

Eine tabellarische Übersicht über die Tiere, welche noch nachträglich auf Typhusbacillen untersucht wurden[1]) — in der gleichen Reihenfolge wie im folgenden angeführt — ist in Tabelle 10 gegeben.

---

[1]) Von den 66 Kaninchen leben zur Zeit der Niederschrift noch . . . . 7 Tiere
es starben noch innerhalb der Narkose oder wurden sofort getötet . . 11 „
es wurden abgegeben . . . . . 3 „
es starben später, wurden aber nicht weiter untersucht . . . . . 19 „
es wurden nach dem Tode auf Typhus resp. Pyocyaneus untersucht . . 27 „
Hierüber die Tabelle 8.

Tabelle 8.

| Art der Injektion (und deren besondere Technik) | Tiernummer | Versuch | Injizierte Menge (Bk. = Bouillonkultur B. = Bouillon K. = Kochsalzlösung) | Nachweis im Venenblut innerhalb 15 Min. | Tiere ? Tage nach der Injektion gestorben | Tiere ? Tage nach der Injektion getötet | Befund von Typhus- (resp. Pyocyaneus-) Bacillen in Galle oder Gallenblase | Leber | Milz | Herzblut | Lunge | Urin |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gallenblase | 1414 | 1 | 0,3 Bk. | + | | 174 | + | — | . | — | | |
| | 1465 | 2 | 0,2 „ | + | | 164 | + | . | . | . | | |
| | 1873 | 26 | 0,15 „ | — | 113 | | + | + | . | . | | |
| | 1941 | 27 | 0,3 „ | — | 136 | | + | . | . | . | | |
| | 2360 | 40 | 0,1 „ | — | 103 | | — | — | . | — | | |
| | 2611 | 43 | 0,6 Ösen Agark. in K. | — | 4 | | . | . | . | — | | |
| | 2613 | 45 | 0,012 Ösen in K. | — | 97 | | — | — | . | — | | |
| | 2614 | 46 | 0,012 „ „ „ | — | 91 | | + | + | . | + | | |
| | 2677 | 50 | 1 Öse in K. | — | | 3 | + | — | . | . | | |
| Gallenblase nach 6 Min. exstirpiert | 13 | 61 | 0,3 Bk. | — | 23 | | . | — | — | . | — | |
| | 3023 | 64 | 0,3 „ | + | 6 | | . | — | . | — | . | |
| Pyocyaneus | 1624 | 10 | 0,2 Bk. | — | 12 | | . | . | . | — | . | |
| Typhus + Pyocyaneus | 1750 | 16 | 0,2 Bk. Ty. | — | | 106 | — | — | . | — | | |
| | | | 0,2 „ Pyoc. | — | | | + | — | . | — | | |
| | 1829 | 21 | 0,15 „ Ty. | — | | 101 | — | . | . | . | | |
| | | | 0,15 „ Pyoc. | — | | | + | . | . | . | | |
| Typhus + Lauge oder Säure | 2187 | 31 | 0,3 Bk. + 0,1 $\frac{n}{100}$ KOH | — | 156 | | — | . | . | . | | |
| | 2212 | 32 | 0,3 „ + 0,1 $\frac{n}{100}$ $H_2SO_4$ | — | 5 | | . | . | . | + | | |
| | 2211 | 33 | 0,3 „ + 0,1 $\frac{n}{100}$ KOH | — | 5 | | — | — | — | — | | |
| Injektion in die Gallenblase Abbindung d. Choledochus | 1741 | 14 | 0,3 Bk. | — | | | | | | | | |
| in die Leber injiziert (Gallenblase nach 6 Minuten exstirpiert) | 1625 | 11 | 0,05 Bk. | + | 7 | | . | — | — | . | | |
| auf die Leber geträufelt | 3059 | 65 | 0,05 Bk. | — | 58 | | — | — | — | — | . | . |
| subcutan r. Hypochondrium ohne Reizung | 1574 | 7 | 0,3 Bk. | — | | 119 | — | — | . | . | | |
| subcutan r. Hypochondrium „gereizt“ | 2805 | 55 | 0,3 „ | — | 45 | | — | — | . | . | | |
| subcutan l. Ohr | 1753 | 17 | 0,2 Bk. + körpereigne Galle | — | 5 | | . | — | — | . | | |
| | 1754 | 18 | 0,2 „ + K. | + | 2 | | — | . | . | — | | |
| Dünndarm ohne Reizung | 1512 | 4 | 0,3 Bk. | — | 3 | | . | . | . | — | | |
| Dünndarm „gereizt“ | 2861 | 60 | 0,3 „ | — | 63 | | — | . | . | . | | |
| intraperitoneal r. Hypochondrium | 1584 | 8 | 0,5 Bk. | — | 15 | | . | — | . | — | | |
| Harnblase | 2823 | 57 | 0,3 Bk. | — | 17 | | — | — | . | . | | — |
| | 2824 | 58 | | — | . | | | | | | | |

**Tiere mit Injektion in die Gallenblase.**

Kaninchen 1414 zu Versuch 1 wurde nach 174 Tagen (24. 3.) getötet. Durch das Gallenröhrchenanreicherungsverfahren wurden in der Galle reichlich Typhusbacillen nachgewiesen, während sich in Leber und Herzblut Typhusbacillen nicht mehr feststellen ließen.

Kaninchen 1465 von Versuch 2 wurde nach 164 Tagen getötet; auch bei diesem Tier enthielt die Gallenblase reichlich Typhusbacillen.

Kaninchen 1873 (Versuch 26) ging nach 113 Tagen an Enteritis und Seuche ein. Die Gallenblase war prall gefüllt, ohne daß sie besondere bindegewebige Verdickungen zeigte. In Galle und in Leber wurden Typhusbacillen nachgewiesen.

Kaninchen 1941 (Versuch 27) starb nach 136 Tagen. In der Galle Ty +. Hier also ebenso wie bei Versuch 26 ein langes Haften der Typhusbacillen, auch ohne daß es zum raschen Übertritt des Typhus in die Blutbahn gekommen wäre.

Kaninchen 2360 (Versuch 40) starb nach 102 Tagen. Gallenblase mäßig bindegewebig verdickt. In Gallenblase, Leber und Herzblut keine Typhusbacillen nachzuweisen (vergl. unten Kaninchen 2614!)

Kaninchen 2611 (Versuch 43) starb nach 4 Tagen an Sepsis der Bauchwunde. Die Gallenblasenwunde war verheilt. Im Herzblut keine Typhusbacillen nachzuweisen.

Kaninchen 2613 (Versuch 45) ging nach 97 Tagen ein. Typhusbacillen waren in den untersuchten Organen nicht nachzuweisen. Daß die Infektionsdosis nicht zu klein war, geht aus dem positiven Befund bei Kaninchen 2614 (Versuch 46) hervor, das die gleiche Menge erhalten hatte. Auf den Umstand, daß einmal Kochsalz, das andere Mal Bouillon als Aufschwemmungsmedium genommen wurde, dürfte nichts zu geben sein.

Kaninchen 2614 (Versuch 46) verendete spontan nach 67 Tagen. Gallenblase bindegewebig verdickt. Typhusbacillen waren in Galle, Leber, Milz und Herzblut festzustellen.

Kaninchen 2677 (Versuch 50) wurde nach 3 Tagen getötet, da bei diesem Versuch aus der Kontrollaufschwemmung keine Typhusbacillen gewachsen waren. Es mußte ein Irrtum vorgelegen haben, denn aus dem Inhalt der leicht bindegeweblich verdickten Gallenblase dieses Tieres wurden Typhusbacillen reichlich isoliert, dagegen merkwürdigerweise nicht aus der Leber.

Kaninchen 2753 (Versuch 53) ging, wie schon oben erwähnt, nach 12 Minuten in Narkose ein. Aus dem 15 Minuten nach der Injektion entnommenem Herzblut konnten Typhusbacillen nicht gezüchtet werden.

**Tiere mit Injektion in die Gallenblase, Gallenblase jedoch nach 6 Minuten exstirpiert.**

Kaninchen Nr. 13 (Versuch 61) starb nach 23 Tagen. Dem Tier war die Gallenblase nach 6 Minuten exstirpiert worden. Es fand sich eine sehr schwere Seuchenerkrankung in Brust- und Bauchhöhle vor. Fibrinöse Beläge auf den Organen. Die Anreicherung in Galle ergab für Leber, Milz und Lunge negativen Befund. Diese Feststellung ist um deswillen von Interesse, weil 5 Minuten nach der Injektion Typhusbacillen im Herzblut nachgewiesen worden waren. Durch die Exstirpation der Gallen-

blase scheint der weitere Übertritt von Typhusbacillen in den Organismus des Tieres abgeschnitten worden zu sein.

Kaninchen 3023 (Versuch 64) erlag nach 6 Tagen einer schweren Peritonitis. Auch bei diesem Tier war die Gallenblase nach $6^1/_2$ Minuten herausgenommen worden. In Leber und Herzblut fanden sich nach dem Tode des Tieres Typhusbacillen nicht mehr vor.

**Tiere mit Injektion von Pyocyaneus in die Gallenblase.**

Kaninchen 1624 (Versuch 10) ging nach 12 Tagen an starker Peritonitis mit Verwachsungen der Gallenblase und Leber ein. Pyocyaneusbacillen waren im Herzblut nicht mehr vorhanden.

**Tiere mit Injektion von Typhus + Pyocyaneus in die Gallenblase.**

Kaninchen 1750 (Versuch 16) wurde nach 105 Tagen getötet. Die Gallenblase war leicht bindegewebig verdickt. Bei diesem Versuch war eine gleichzeitige Infektion mit Pyocyaneus und Typhusbacillen vorgenommen worden. Aus der Galle wuchs nun nur Pyocyaneus, Typhus war dagegen nicht mehr nachzuweisen. Aus Leber und Herzblut konnten weder Typhusbacillen, noch Pyocyaneus isoliert werden. Dieser Antagonismus zwischen Pyocyaneus und Typhus verdient ein besonderes Interesse und regt zu weiteren Versuchen an. Wie schon erwähnt, war die Infektionsdosis für die Typhusbacillen eine geringere, wie die für Pyocyaneus (22 Millionen gegenüber 54 Millionen). Daraus allein kann aber der negative Befund von Typhusbacillen nicht genügend hergeleitet werden.

Kaninchen 1829 (Versuch 21, Injektion von Typhus + Pyocyaneus $\overline{aa}$) wurde nach 101 Tagen getötet. Die Gallenblase war bindegewebig verdickt und stellte einen großen, infolge mäßiger Füllung etwas schlappen Sack dar. In der Galle wurde wiederum nur Pyocyaneus festgestellt. Dem Tier war vor der Tötung Serum entnommen worden und dieses Serum wurde gegenüber 3 Pyocyaneusstämmen auf Agglutinationskraft untersucht. Das Ergebnis ist folgendes:

Tabelle 9.

| Serum Kaninchen 1829 (Versuch 21) | Pyocyaneus „alt“ Sammlungsstamm | Pyocyaneus aus Kaninchen 1750 (Versuch 16) | Pyocyaneus aus Kaninchen 1829 (Vers. 21) (einige Tage später geprüft) |
|---|---|---|---|
| 1 : 10 | + | + | + |
| 1 : 20 | Spur | + | + |
| 1 : 50 | — | + | + |
| 1 : 100 | — | + | + |
| 1 : 200 | — | — | — |

Es wurden also 2 Pyocyaneusstämme, die schon im Kaninchen waren, wesentlich stärker beeinflußt, als der Sammlungsstamm.

Kaninchen 1840 (Versuch 22) wurde nach 90 Tagen getötet. Die Gallenblase war stark bindegewebig verdickt und mäßig gefüllt. Da bei diesem Tier zugleich mit den Typhusbacillen Pyocyaneusfiltrat injiziert worden war, wurde der Gehalt des Serums an Agglutininen geprüft. Es ergab sich folgendes:

Tabelle 10.

| Serum Kaninchen 1840 (Versuch 22) | Pyocyaneus „alt“ Sammlungsstamm | Pyocyaneus aus Kaninchen 1750 (Versuch 16) | Pyocyaneus aus Kaninchen 1829 (Versuch 21) |
|---|---|---|---|
| 1 : 10 | + | + | + |
| 1 : 50 | — | — | — |
| 1 : 100 | — | — | — |

Zu einer wesentlichen Bildung von Agglutininen war es also nicht gekommen.

**Tiere, bei denen die Typhusbacillen zugleich mit schwacher Säure oder Lauge in die Gallenblase injiziert worden waren.**

Kaninchen 2187 (Versuch 31 Zusatz von $\frac{n}{100}$ KOH) ging nach 156 Tagen ein. In der Galle fanden sich keine Typhusbacillen mehr vor.

Kaninchen 2212 (Versuch 32 Zusatz von $\frac{n}{100}$ $H_2SO_4$) ging nach 5 Tagen ein. Die Operationswunde war stark vereitert. Im Herzblut waren Typhusbacillen festzustellen.

Kaninchen 2311 (Versuch 33 Zusatz von $\frac{n}{100}$ KOH) starb bereits nach 5 Tagen. Peritonitis. Typhusbacillen in Galle, Leber, Milz, Herzblut negativ.

Die schwache KOH scheint das Haften der Typhusbacillen zu beeinträchtigen. Daß sie selbst direkt tötend auf die Typhusbacillen einwirke, ist nach den Kontrollversuchen, über die oben auf S. 63 berichtet ist, nicht anzunehmen.

**Tiere mit Injektion in die Gallenblase unter besonderen Bedingungen (Abbindung des Choledochus, Ausspülung der Gallenblase usw.).**

Kaninchen 1741 (Versuch 14) ging bereits 2 Minuten nach der Injektion infolge Narkosewirkung ein. In dem etwa 3 Minuten nach der Injektion entnommenen Herzblut waren Typhusbacillen nicht nachzuweisen.

**Tiere mit Injektion in die Leber oder Aufträufelung auf die Leber.**

Kaninchen 1625 (Versuch 11) starb nach 7 Tagen. Der ganze Leberlappen, an dem die Gallenblase gesessen war, war nekrotisch. Vereiterung der Bauchwunde. Aus Leber und Milz konnten Typhusbacillen nicht isoliert werden. Auf die Nekrose der Leber weisen auch schon Hailer und Ungermann (b) hin.

Hier liegt wieder ein Fall vor, bei dem trotz Nachweises der Typhusbacillen im Herzblut nach $1^1/_2$ und 11 Minuten die Typhusbacillen aus dem Organismus ver-

schwunden waren. Dabei war eben auch hier die Gallenblase exstirpiert worden. Der Befund stimmt mit dem bei den Versuchen 61 und 64 (s. S. 89 u. 90) erhobenen überein. Damit scheint ein Hinweis gegeben zu sein, daß für die Persistenz der Typhusbacillen im Kaninchenorganismus die Anwesenheit der Gallenblase notwendig ist.

Kaninchen 3059 ging nach 58 Tagen ein. In Anreicherungen von Galle, Leber und Herzblut keine Typhusbacillen nachweisbar.

**Tiere mit subcutaner Infektion.**

Kaninchen 1574 (Versuch 7) wurde nach 118 Tagen getötet. Typhusbacillen waren weder in der Galle, noch in der Leber nachzuweisen. Durch die subcutane Injektion werden eben Kaninchen nur ganz ausnahmsweise zu Dauerträgern.

Kaninchen 2805 (Versuch 55) starb nach 45 Tagen. Galle und Leber frei von Typhusbacillen.

**Tiere mit subcutaner Infektion in das linke Ohr.**

Kaninchen 1753 (Versuch 17) ging nach 5 Tagen ein. In Leber und Milz Typhusbacillen negativ. Das Tier war subcutan in das linke Ohr infiziert worden!

Kaninchen 1754 (Versuch 18) starb schon nach 2 Tagen. Die Gallenblase war zu einem stricknadeldünnen Strange geschrumpft und völlig leer (Folge der Entnahme der Galle). Starkes blutiges Exsudat in Brust- und Bauchhöhle. Peritonitis. Am rechten Ohr eine von der Injektion herrührende Schwellung. In Galle und Herzblut nur Coli nachzuweisen. Dieser Befund ist angesichts des Umstandes, daß im Herzblut schon nach 1, 2 und 5 Minuten Typhusbacillen festgestellt worden waren, auffällig. Aber auch hier war eben die Gallenblase zwar nicht exstirpiert, aber obliteriert.

Kaninchen 1812 (Versuch 19) wurde nach 102 Tagen getötet. An der Gallenblase fand sich an der Unterbindungsstelle eine geringe Verdickung. Gallenblase mäßig gefüllt. Aus der Gallenblase konnten keine Typhusbacillen herausgezüchtet werden. Die Prüfung des Serums auf Agglutination gegenüber 2 Stämmen von Typhusbacillen ergab 1 : 50 + + + und 1 : 100 negativ.

**Tiere mit Injektion in den Dünndarm.**

Kaninchen 1512 (Versuch 4) starb nach 3 Tagen. Befund: leichte Peritonitis, ohne Eiterung und Fibrinausscheidung. Im Herzblut Typhusbacillen negativ.

Kaninchen 2861 (Versuch 60) starb nach 63 Tagen. In der Galle Typhusbacillen nicht nachweisbar.

**Tiere mit intraperitonealer Infektion.**

Kaninchen 1584 (Versuch 8) starb nach 15 Tagen an Peritonitis. In Leber und Herzblut Typhusbacillen negativ.

**Tiere mit Injektion in die Harnblase.**

Kaninchen 2823 (Versuch 57) erlag nach 17 Tagen an Peritonitis. Die Harnblase war atrophisch, am Blasenhals ein Abscеß vorhanden. In Urin, Gallenblase und Leber Typhusbacillen negativ. Bei Injektion in die Harnblase scheinen die Typhusbacillen demnach sehr rasch aus dem Körper zu verschwinden. Ob es über-

haupt zu einer Verbreitung im Körper kommt, wäre noch festzustellen. Aus Versuch 58 geht hervor, daß innerhalb 17 Minuten die Typhusbacillen die Harnblase nicht überschritten haben.

Bei Kaninchen 2824 (Versuch 58), das nach 14 Minuten in der Narkose gestorben war, wurde aus Milz, Leber, Knochenmark, Herzblut und Niere eine Gallenanreicherung vorgenommen. Typhusbacillen überall negativ. Ein rascher Übertritt der Typhusbacillen aus der Harnblase hatte also nicht statt.

---

Wenn wir uns auch dessen bewußt sind und dies auch schon erwähnt haben, daß die Untersuchungen über die Dauer des Vorhandenseins der Typhusbacillen in den Kaninchen wenig vollständig sind, da sie, namentlich anfangs, nur beiläufig gemacht worden waren, so durften unsere Resultate doch um deswillen mitgeteilt werden, weil sie eine volle Bestätigung der jüngst von Hailer und Ungermann (b) in systematischen Untersuchungen festgestellten Tatsachen geben.

Als das für uns wichtigste Ergebnis möchten wir anführen, daß die Kaninchen nach Injektion von Typhusbacillen in die Gallenblase sehr oft zu „Dauerträgern" werden und zwar gleichgültig, ob bei ihnen der rasche Übertritt der Bacillen in den Blutkreislauf stattgefunden hatte oder nicht. Auch die Menge der injizierten Bacillen scheint nur von geringem Einfluß zu sein, da sowohl nach 0,012 = $^1/_{83}$ Öse Agarkultur, wie nach 0,3 ccm dicht bewachsener Bouillonkultur ein Haften der Bacillen eintrat.

Besonders erwähnenswert, wenn auch nicht überraschend, erscheint uns auch der bei sämtlichen in Betracht kommenden Versuchen übereinstimmend gemachte Befund zu sein, daß bei baldiger Exstirpation der Gallenblase, vielleicht auch bei ihrer Obliteration aus andern Gründen, die länger dauernde Ansiedlung der Typhusbacillen im Organismus ausbleibt.

## Faeces-Untersuchungen.

Schließlich wäre noch kurz eine einmalige, beiläufige Untersuchung der Faeces zu erwähnen.

Am 28. 11. 13 wurden die Faeces der bis dahin noch am Leben gebliebenen Kaninchen der Versuche 1—9 auf Typhusbacillen untersucht. Die Faeces wurden nach Zerkleinerung in Galle angereichert und dann Ausstriche auf Drigalskiplatten vorgenommen. Die Ergebnisse waren, wie die unten stehende kleine Tabelle zeigt, überall negativ.

Tabelle 11.

| Kaninchen Nr. | Versuch Nr. | Die Injektion war gemacht | Wieviel Tage nach Versuch | Typhusbacillen in den Faeces |
|---|---|---|---|---|
| 1414 | 1 | G.-Bl. | 30 | — |
| 1465 | 2 | G.-Bl. | 23 | — |
| 1493 | 3 | G.-Bl. | 20 | — |
| 1522 | 5 | G.-Bl. | 10 | — |
| 1573 | 6 | Leber | 3 | — |
| 1574 | 7 | Haut u. Hypochondrium | 3 | — |
| 1584 | 8 | i. p. | 1 | — |
| 1589 | 9 | Dünndarm (!) | 1 | — (!) |

Die Hauptergebnisse unserer Untersuchungen lassen sich in Kürze folgendermaßen zusammenfassen:

1. Bei Einspritzung von Typhusbacillen in die Gallenblase von Kaninchen kann ein sehr rascher Übertritt von Typhusbacillen in den Blutkreislauf stattfinden, so daß sich die Typhusbacillen schon nach 1—2 Minuten im Ohrvenenblut nachweisen lassen.

2. Der Übertritt der Typhusbacillen findet direkt an der Einstichstelle oder in deren nächster Umgebung durch die Blutcapillaren der Gallenblase statt.

3. Man hat es in der Hand, durch Beobachtung bestimmter technischer Maßnahmen diesen Übertritt zu ermöglichen oder zu verhindern.

4. Von anderen Körperstellen her, die ebenfalls reich mit Capillaren versorgt sind, wie vom Dünndarm, von der Harnblase, von gereizten Hautstellen usw. findet ein rascher Übertritt der Typhusbacillen in den Blutkreislauf nicht statt.

5. Die in das strömende Blut übergetretenen Typhusbacillen sind meist schon nach 30 Minuten, stets aber nach 60 Minuten nicht mehr im Ohrvenenblut nachzuweisen.

6. Sie werden durch die bactericiden Kräfte des Blutes vernichtet, zum Teil aber auch in den Capillaren der inneren Organe abgefangen.

7. Die Galle, die bei Injektion in die Gallenblase den Übertritt zu erleichtern scheint, wirkt bei subcutaner Injektion direkt hemmend auf den Übertritt.

8. Bei direkter Injektion in die Leber findet sofort ein Übertritt statt. Diese Injektionsart ist einer intravenösen Einspritzung an die Seite zu stellen.

9. Die durch Gallenblasenimpfung infizierten Tiere werden zu Typhusbacillenträgern, gleichgültig, ob der rasche Übertritt ins Blut statthat oder nicht.

10. Wurde die Gallenblase kurze Zeit (etwa 6 Minuten) nach der Einspritzung exstirpiert, so wurden die Kaninchen nicht zu Typhusbacillenträgern. Die Obliteration der Gallenblase dürfte ähnliche Folgen wie die Exstirpation haben (Versuch 18).

11. Bei einem Typhusstamm wurde schon nach 15 Minuten langem Aufenthalt im Tierkörper eine 48 Tage lang anhaltende und erst nach etwa 15 maliger Übertragung von Agar zu Agar verschwindende Inagglutinabilität festgestellt.

12. Bei einem Kaninchen, Versuch 6, wurden schon 20 Minuten nach einer Einspritzung in die Leber im Urin Typhusbacillen nachgewiesen.

---

**Literatur.**

Bail, O. und H. Rubritius, Veränderungen von Bakterien im Tierkörper. I. Versuche mit Typhusbacillen. Zentralbl. f. Bakt. Orig. Abt. I. Bd. 63. 1907, S. 641.

Chiarolonza, R., Experimentelle Untersuchungen über die Beziehungen der Typhusbacillen zu der Gallenblase und den Gallenwegen. Zeitschrift f. Hygiene und Infektionskrankheiten. Bd. 62. 1908, S. 11.

Conradi, H., Über das Verhalten der im Blute der Typhuskranken nachweisbaren Typhusbacillen gegenüber der bactericiden Wirkung des Blutes. Notiz zum Aufsatz von Eppenstein und Korte. Münchener med. Wochenschrift 1906, S. 1361.

Doerr, R., Experimentelle Untersuchungen über das Fortwuchern von Typhusbacillen in der Gallenblase. Zentralbl. f. Bakteriol. Orig. Abt. I. Bd. 39, S. 624.

Fornet, W., Über Bactericidie der Galle. Archiv f. Hygiene. Bd. 60. 1907, S. 134.

Hailer, E. und E. Ungermann, a) Zur Typhusinfektion des Kaninchens. Deutsche med. Wochenschrift 1912, Nr. 48, S. 2267. — b) Zur Technik der experimentellen Typhusinfektion. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. 47, 1914. Heft 3, S. 451.

Hirokawa, Waichi, Über den Keimgehalt der menschlichen Galle und ihre Wirkung auf Bakterien. Zentralbl. f. Bakt. Orig. Abt. I, Bd. 53, S. 30.

Hirschbruch, A., Die experimentelle Herabsetzung der Agglutinierbarkeit beim Typhusbacillus. Archiv f. Hygiene. Bd. 56. 1906, S. 280.

Lüdke, H., Über den latenten Mikrobismus der Typhusbacillen. Münchener med. Wochenschrift 1909, S. 57.

Patrik, A., Remarks on Typhoid bacilluria. Journ. of Pathology and Bacteriology. Vol. XVIII, 1914, Nr. 3, S. 365.

Pies, W., Untersuchungen über die Wachstumsgeschwindigkeit der Typhusbacillen in Galle. Archiv f. Hyg. Bd. 62. 1907, S. 107.

Uhlenhuth, P. und Th. Messerschmidt, Versuche, Kaninchen zu Typhusbacillenträgern zu machen und sie therapeutisch zu beeinflussen. Deutsche med. Wochenschr. 1912, S. 2397.

# Die Abtötung von Milzbrandsporen an Häuten und Fellen durch Natronlauge.

Von

**Dr. rer. nat. E. Hailer,**

ständigem Mitarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Bevor Schattenfroh[1]) und Reichel[2]) in der Salzsäure-Kochsalzbehandlung ein wirksames und unschädliches Verfahren zur Desinfektion milzbrandiger Häute und Felle gefunden hatten, war schon mehrfach versucht worden, die Weichung und Äscherung mit und ohne Zusatz eines Desinfektionsmittels so zu leiten, daß die Milzbrandsporen in diesen Prozessen abgetötet werden. Der Hauptzweck dieser Versuche war, die Gerbereiabwässer tunlichst von virulenten Milzbrandkeimen zu befreien und so deren Verbreitung durch den Vorfluter zu verhindern.

Xylander[3]) hat eine Reihe von Desinfektionsmitteln, die eventuell dem Weichwasser zuzusetzen wären, auf ihre Wirkung gegenüber Milzbrandsporen geprüft, aber keines gefunden, dessen praktische Anwendung in Frage käme.

Brekle[4]) machte den Vorschlag, das Weichwasser 48 Stunden lang bei einer Temperatur von 43—44° C zu halten und dadurch die Milzbrandsporen zum Auskeimen zu bringen, ohne daß sich bei dieser Temperatur neue Sporen bildeten; die vegetativen Formen des Virus sollten dann durch Kalkmilch abgetötet werden.

Eingehend ist ferner die Wirkung des normalen und des sogenannten angeschärften, d. h. mit Schwefelnatrium oder mit Arsen- und Antimonsulfid versetzten Äschers auf Milzbrandsporen geprüft worden. Diese Äscher sind nicht einheitlich zusammengesetzt; die Gerbereien haben ihre eigenen Rezepte und modifizieren die Herstellung der Äscherflüssigkeit auch nach den Fellarten, die eingebracht werden sollen.

Der gewöhnliche Äscher ist Kalkmilch oder Kalkbrühe; Calciumoxyd ist in Wasser von 15° C nur zu 1,29, bei 20° zu 1,23% löslich (Herzfeld[5])); der übrige Teil des eingebrachten gelöschten Kalks ist in der Lösung nur suspendiert.

Nach Paul und Prall[6]) erhöht dieser Überschuß an festem Calciumhydroxyd

---

[1]) Schattenfroh, Wiener klin. Wochenschrift 1911, S. 735.
[2]) Reichel, Zentralbl. f. Bakteriologie, I. Abt. Referate, Bd. 50, Beiheft, S. 83 (1911).
[3]) Xylander, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 25, S. 457. 1907.
[4]) Brekle, Zentralblatt für Bakteriologie. I. Abt. Orig. 50. 101.
[5]) Herzfeld, Zeitschr. d. Vereins der Rübenzuckerind. 1897. 818.
[6]) Paul und Prall, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 26, S. 73. 1907.

die keimtötende Wirkung des in Wasser gelösten Anteils gegenüber Staphylokokken nicht; die Keimabnahme an den Granaten war in Kalkwasser, Kalkmilch (1 Teil CaO auf 9 Teile Wasser) und Kalkbrei (gleiche Teile CaO und Wasser) in 2,5 und 10 Minuten annähernd die gleiche. In Wirkung tritt demnach nur das gelöste Calciumhydroxyd. Selbstverständlich ist aber bei der Äscherung, bei Desinfektionsmaßnahmen usw. das suspendierte Calciumhydroxyd nicht zwecklos, denn aus ihm ergänzt sich immer wieder der Gehalt der Lösung daran, wenn ihr durch chemische Umsetzung mit den behandelten Stoffen, Bindung der Kohlensäure der Luft usw. ein Teil des Kalkhydrats entzogen ist.

Calciumhydroxyd wirkt auf Milzbrandsporen nur sehr schwach ein. In drei parallelen Versuchsreihen, die in den hygienischen Instituten der Universität Jena und der Tierärztlichen Hochschule in Hannover und im Kaiserlichen Gesundheitsamte angestellt wurden[1]), konnte eine Abtötung der an Seidenfäden angetrockneten Milzbrandsporen in Äscher

mit 1% Calciumoxyd nicht in 25, 40 und 23,
mit 2,5% Calciumoxyd nicht in 31, 40 und 26

Tagen erreicht werden.

Wurden die Milzbrandsporen in Kalkbrühe suspendiert, während mehrerer Tage aus der Aufschwemmung nach Umrühren Proben entnommen[2]) und damit Gelatineplatten gegossen, so wurde wohl eine starke Keimabnahme während der ersten Tage beobachtet, ein völliges Verschwinden der Milzbrandsporen konnte aber erst nach 58 tägigem Stehen festgestellt werden.

Hilgermann und Marmann[3]) fanden Milzbrandsporen in einer Kalkmilch mit 5% Ätzkalk bis zu 96 Tagen, mit 10% bis zu 42 und mit 30% bis zu 12 Tagen lebensfähig.

Von gewöhnlichem Kalkäscher ist daher keine Desinfektion der milzbrandigen Häute und Felle in Zeiten zu erwarten, wie sie für die Praxis in Betracht kommen.

Bei der Herstellung des angeschärften Äschers aus Ätzkalk und Schwefelarsen bildet sich Calciumsulfid bezw. -sulfhydrat, Calciumarsenit und -sulfarsenit; die Verstärkung der enthaarenden und lockernden Wirkung des Kalkäschers durch den Zusatz des Schwefelarsens dürfte dabei im wesentlichen dem Calciumsulfhydrat zukommen, das in Wasser ziemlich gut löslich ist.

Bei dem Kalk-Arsen-Äscher einer Gerberei fanden Hilgermann und Marmann[3]) eine ziemlich starke Wirkung auf Milzbrandsporen an Leinwandläppchen, sie waren in 8, 5 und 13 Tagen abgetötet. Der Kalk-Arsen-Äscher einer anderen Firma aber hatte in 25 Tagen keine Abtötung bewirkt. Die chemische Zusammensetzung der beiden Äscher ist nicht angegeben.

---

[1]) Gutachten des Reichsgesundheitsrats über das Auftreten des Milzbrands unter dem Rindvieh im Schmeiegebiet; Berichterstatter Prof. Dr. Gärtner und Prof. Dr. Dammann. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 25, S. 416. 1907.

[2]) Ebenda veröffentlicht.

[3]) Hilgermann und Marmann, Archiv f. Hygiene Bd. 79, S. 168. 1913.

Mehr als Arsen- und Antimonsulfide wird das Natriumsulfid als anschärfender Zusatz zum Äscher benutzt. Natriumsulfid ist das Salz einer starken Base mit einer schwachen Säure; seine wässerige Lösung reagiert infolge hydrolytischer Spaltung daher alkalisch.

Diese Verbindung selbst hat eine nicht unerhebliche keimtötende Kraft; Hilgermann und Marmann[1]) fanden Milzbrandsporen abgetötet

in 1%iger Natriumsulfidlösung in 18 (nicht in 16) Tagen,
„ 5%iger „ „ längstens 48 Stunden,
„ 10%iger „ „ 11 Stunden,
„ 30%iger „ „ 2 Stunden.

Die starke bactericide Wirkung dürfte im wesentlichen den Hydroxylionen zuzuschreiben sein, die infolge der Hydrolyse des Schwefelnatriums entstehen.

In der mit Natriumsulfid versetzten Kalkmilch bildet sich durch Umsetzung eines Teiles der Stoffe Calciumsulfid bezw. -hydrosulfid und Natriumhydroxyd bezw. ihre Ionen.

In dem oben erwähnten Gutachten von Gärtner und Dammann[2]) ist über die Wirkung eines Kalk-Natriumsulfidäschers aus 2 Teilen Calciumoxyd und einem Teil Natriumsulfid auf 100 Teile Wasser gegenüber Milzbrandsporen berichtet: bei drei parallelen in verschiedenen Instituten angestellten Versuchsreihen waren die Milzbrandsporen je einmal nicht abgetötet in 25 und 40 Tagen, dagegen einmal abgetötet in 29 Tagen. Auf die Sporen an milzbrandinfizierten Meerschweinchenfellen war der gleiche Äscher in 27 Tagen ohne Wirkung.

Stärker wirkten drei aus verschiedenen Gerbereibetrieben stammende Kalk-Natriumsulfidäscher in den Versuchen von Hilgermann und Marmann[3]) auf die Milzbrandsporen an Leinwandläppchen ein; der eine, dem 10% Natriumsulfid zugesetzt waren, tötete die Milzbrandsporen sogar in längstens 8¼ Stunden. Auf Ziegenfellstückchen oberflächlich aufgetragene Milzbrandsporen wurden in solchem Äscher wohl in 46, nicht aber in 30 Stunden abgetötet. So stark angeschärfter Äscher ist aber nach Angabe der Sachverständigen nur für wenige Zwecke brauchbar.

Von den in der Gerbereitechnik angewandten gewöhnlichen und angeschärften Äschern ist daher eine sichere Desinfektionswirkung bei milzbrandinfizierten Häuten und Fellen nicht zu erwarten.

## Eigene Versuche.

Die die Hautschichten lockernde Wirkung des gewöhnlichen Äschers ist wohl zurückzuführen auf seinen Gehalt an Hydroxylionen. Es lag daher der Versuch nahe, den Gehalt der Äscherflüssigkeit an Hydroxylionen so zu vermehren, daß auch auf eine Abtötung der Milzbrandsporen gerechnet werden kann. Dann konnten Desinfektion und Äscherung, eventuell auch die Weichung in einem Prozesse vorgenommen werden.

---

[1]) s. Anmerk. 3, S. 97.
[2]) s. Anmerk. 1, S. 97.
[3]) s. Anmerk. 3, S. 97.

Die Unschädlichmachung der Sporen würde in diesem Fall wie bei jedem Desinfektionsverfahren, das in die Gerberei verlegt wird, ziemlich spät erst einsetzen; die Infektionsgefahr würde von der Schlachtung bis zum Beginn der gerbereitechnischen Bearbeitung, also während des Transportes und der Lagerung, ungemindert fortbestehen. Aber ein solches Verfahren würde gegenüber dem jetzigen Zustand doch einen wesentlichen Fortschritt bedeuten. Denn es würden dadurch die nicht ganz seltenen Infektionen während der Bearbeitung in der Gerberei[1]) vermieden und weiterhin würden die Gerbereiabwasser ihrer Infektiosität beraubt. Voraussetzung wäre für letzteren Zweck, daß das betreffende Mittel die der Äscherung vorangehende Einweichung der Häute überflüssig macht, indem es selbst stark aufquellend und schmutzlösend wirkt.

Da die Löslichkeit des Calciumhydroxyds in Wasser eine sehr beschränkte ist, mußte dazu ein anderer Hydroxylionen abspaltender Stoff verwendet werden. Als einfachstes Mittel bot sich das Natriumhydroxyd, das in Wasser leicht löslich und namentlich relativ billig ist und das auch zur Äscherung in der Gerberei schon Verwendung findet[2]).

Über die keimtötende Kraft der Natronlauge wurden einige orientierende Vorversuche mit Milzbrandsporen, die an Battistläppchen angetrocknet waren, angestellt.

Normalnatronlauge tötete Milzbrandsporen bei 20° in 270, nicht in 240 Minuten; Zusatz von 2 Molekülen Kochsalz erhöht die keimtötende Kraft: Keimfreiheit wird in 150, nicht in 120 Minuten erzielt; bei weiterem Kochsalzzusatz geht die Wirkung wieder zurück und bei einer Normal-Natronlauge mit 4 Molekülen Kochsalz ist das Keimtötungsvermögen geringer als in der Natronlauge ohne Salzzusatz[3]).

In $^1/_4$ Normal-Natronlauge verlieren Milzbrandsporen ihre Keimfähigkeit in 42, nicht in 30 Stunden; kleinere Kochsalzzusätze erhöhen, stärkere verringern auch hier die Wirkung der Lauge; und zwar liegt das Wirkungsoptimum bei einem Zusatz von einem Molekül Kochsalz zu $^1/_4$ Normal-Lauge.

Es war daher auch von der Wirkung der Natronlauge auf Milzbrandsporen an und in Fellen und Häuten eine Wirkung zu erwarten.

## Die chemischen Beziehungen zwischen den Hautsubstanzen und der Natronlauge.

Wie schon in der Arbeit über die Einwirkung von Salzsäure-Kochsalzlösungen auf Milzbrandsporen an Häuten und Fellen ausgeführt wurde[4]), sind die die Hautsubstanz bildenden eiweißartigen Körper amphoterer Natur; sie vermögen also Säuren und Basen zu binden. Auch das Bindungsvermögen für Basen dürfte

---

[1]) Reichel (Zentralbl. f. Bakt. I. Abt. Ref. Bd. 50, Beiheft S. 83 (1911)) und Hilgermann und Marmann (s. o.) führen z. B. einige Fälle auf, bei denen die Infektion zweifellos erst nach der Äscherung erfolgte.

[2]) Eine Vorbehandlung der Felle mit Natronlauge findet z. B. statt bei der Gerbung nach dem sogenannten Oroponverfahren. Wie oben ausgeführt ist, ist auch in dem Kalk-Natriumsulfidäscher freie Natronlauge vorhanden.

[3]) Eine ausführliche Mitteilung der Reagenzglasversuche wird später erfolgen.

[4]) Hailer, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 47, S. 69. 1913.

wie das für Säuren bei gleicher Fellmenge wechseln mit der Konzentration der Lauge und die Bindung des Alkalis dürfte ebenso wie die der Säure eine lockere sein.

Es ist daher a priori anzunehmen, daß ein gewisser Teil des Alkalis schon an sich durch die Hautsubstanz der Lauge entzogen und gebunden wird.

Durch Alkalien wird ferner ebenso wie durch Säuren eine hydrolytische Spaltung eiweißartiger Stoffe bewirkt, bei der Säuren entstehen, die Alkali binden. Dann haftet an den Fellen und Häuten regelmäßig noch Fettgewebe und auch die Haare sind fetthaltig; dieses Fett wird von der Lauge unter Bildung von Salzen der Fettsäuren zersetzt, verseift; auch hierdurch verschwindet ein Teil des freien Alkalis aus der Lösung. Schließlich sind in dem Schweiß und dem anhaftenden Schmutz Säuren, wie Milchsäure, oder Salze schwacher Basen enthalten; diese Säuren und Salze bemächtigen sich einer stärkeren Base durch Neutralisation bezw. durch Umsetzung.

Man muß daher damit rechnen, daß durch die Einwirkung der Lauge auf die Hautsubstanz und die ihr anhaftenden Stoffe ein Teil des Alkalis endgültig oder in reversibler Weise gebunden und dadurch der Wirkung auf die Milzbrandsporen entzogen wird. Die Größe dieser Bindung festzustellen, mußte auch hier die erste Aufgabe sein.

Zu dem Zweck wurde ähnlich wie in den Versuchen über die Salzsäurebindung durch die Hautsubstanz verfahren: ein Hautstück von bestimmtem Gewicht wurde in einer Pulverflasche mit gut passendem eingeschliffenem Stopfen mit einem Vielfachen ihres Gewichtes an 0,5 oder 1%iger Natronlauge übergossen. Nach bestimmten Zeiten, zuerst nach einer Stunde, wurden dem Glas 5 oder 10 ccm der überstehenden Lauge mit einer Pipette entnommen und in diesen unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator mit $N/_{10}$ Säure der Gehalt an Alkali bestimmt; diese Entnahmen und Bestimmungen wurden dann meist noch nach 24, 48, 72 und 96 Stunden vorgenommen.

Schließlich wurde, nachdem eventuell eine gemessene Menge der überstehenden Flüssigkeit entfernt war, der in der zurückgebliebenen Lösung und im Fell vorhandene Alkaligehalt gleichfalls mit $N/_{10}$ Säure bestimmt. War die Flüssigkeit bei Verwendung des Indikators Phenolphthalein bis zur Entfärbung mit Säure titriert, so war meist das Hautstück noch rosa gefärbt und nach einiger Zeit nahm auch die Lösung wieder eine ausgesprochene Rotfärbung an, die, durch neuen Säurezusatz beseitigt, wieder auftrat.

Dieser Vorgang wiederholte sich im Laufe einiger Stunden mehrfach und wurde verfolgt, bis schließlich die zur Entfärbung nötigen Säurezusätze ganz klein wurden. Er dürfte zum Teil durch die allmähliche Wiederabgabe des in das Fellinnere hineindiffundierten Alkalis zu erklären sein; die Säure vermag nicht sogleich nachzudringen und das Alkali tritt aus der Hautsubstanz wieder aus, wenn in der Außenflüssigkeit neutrale Reaktion herrscht. Ein Teil des nachträglich wieder abgegebenen Alkalis mag aber auch in eine lockere salzartige Bindung mit der Hautsubstanz getreten sein, die bei neutraler Reaktion der umgebenden Flüssigkeit zurückgeht.

Ganz ähnliche Erscheinungen wurden auch bei der Behandlung der Hautstücke mit Salzsäure beobachtet und es sei auf die dort gegebene Erklärung der Vorgänge im Einzelnen verwiesen[1]).

Bestimmt man nun die Differenz zwischen der zum Hautstück gegebenen Menge Alkali und der durch die Titrationen mit Säure wiedergefundenen, so erfährt man, welche Alkalimenge von der Hautsubstanz endgültig gebunden und durch Umsetzung verschwunden ist. Durch das Auftreten schwacher Basen und hydro-

[1]) S. 74 der Arbeit.

lytisch gespaltener Natriumsalze (z. B. Seifen) werden die Verhältnisse sehr kompliziert und die Titrationen geben nur ein annäherndes Maß des in den Flaschen noch vorhandenen freien Alkalis.

Die Versuche wurden mit Stücken aus zwei verschiedenen frischen Rinderhäuten angestellt.

Um festzustellen, bei welchem Mengen-Verhältnis zwischen Haut und Flüssigkeit die Bindung des Natriumhydroxyds durch die Hautsubstanz sich relativ am geringsten bemerkbar macht, wurden die Hautstücke mit dem 5-, 10- und 20fachen ihres Gewichts an 0,5- und 1%iger Natronlauge zusammengebracht. Durch den Feuchtigkeitsgehalt der Haut tritt dabei eine geringe Verdünnung der Lauge ein.

Tabelle I. Vergleichende Versuche über die Bindung 0,5 und 1%iger Natronlauge durch feuchte Rinderhautstücke bei wechselndem Mengenverhältnis zwischen Haut und Lauge. Rinderhaut A.

| Gewicht der Hautstücke g | Zugegeben wurde Natronlauge in ccm (entsprech. ? ccm N/10 Säure) | 5 ccm der überstehenden Flüssigkeit nach 1h entnommen und titriert brauchten von N/10 Säure ccm | 24h ccm | 72h ccm | Der nach Entfernung von ccm (entsprech. ? ccm N/10 Säure) | in der Flasche gebliebene Flüssigkeitsrest plus Haut brauchte zur Neutralisierung an N/10 Säure ccm | Dazu kamen im Lauf von 4 Stunden weitere ccm | Zusammen wurden verbraucht von N/10 Säure ccm | Verschwunden war demnach von der Lauge eine ccm N/10 Säure entsprechende Menge | = % der angewandten Lauge | Bei einem Verhältnis von Fell : Lösung von | betrug auf 100 g Trock.-substanz berechnet demnach der Verlust an Na OH g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1%ige Lauge | | | | | | | | | | | |
| 18,5 | 90 (228,6)[1]) | 11,7 | 10,0 | 10,0 | 60 (120) | 38,3 | 4,8 | 194,8 | 33,8 | 17 | 1 : 5 | 2,2 |
| 6,5 | 65 (165,1) | 12,0 | 11,4 | 11,4 | 40 (91,2) | 33,0 | 2,9 | 161,9 | 3,2 | 2 | 1 : 10 | 0,6 |
| 5,5 | 110 (279,4) | 12,4 | 12,1 | 12,2 | 90 (219,6) | 15,0 | 3,7 | 275,0 | 4,4 | 1,5 | 1 : 20 | 0,9 |
| | 0,5%ige Lauge | | | | | | | | | | | |
| 9 | 45 (57,2) | 6,1 | 5,8 | 4,9 | 25 (31,7) | 4,6 | 0,4 | 53,5 | 3,7 | 6 | 1 : 5 | 0,48 |
| 8,5 | 85 (108,0) | 6,3 | 5,9 | 5,5 | | | | | | | | |
| 4,5 | 90 (114,3) | 6,3 | 6,3 | 6,1 | 70 (84,5) | 11,2 | 2,6 | 117,0 | 0 | 0 | 1 : 20 | 0 |

5 ccm der 1%igen Ausgangslauge entsprachen 12,7 ccm N/10 Schwefelsäure
5 „ „ 0,5 „ „ „ 6,35 „ „ „

Im ersten Versuch — s. Tabelle I — wurden verschieden schwere Stücke der feuchten Rinderhaut A in den angegebenen Verhältnissen mit 1/2 und 1%iger Natronlauge übergossen; nach 1, 24 und 72 Stunden wurden je 5 ccm der überstehenden Flüssigkeit entnommen und ihr Alkaligehalt bestimmt.

[1]) Die in Klammern gesetzten Zahlen geben an, wie viel ccm N/10 Schwefelsäure die angegebene Menge Natronlauge entspricht.

Kgl. Univ. Bibl. Berlin



Hatten 5 ccm der zugesetzten Laugen 12,7 bezw. 6,35 ccm $N/_{10}$ Säure entsprochen, so wurden nach einer Stunde bei einem Mischungsverhältnis 1 : 5 in 5 ccm der über dem Hautstück stehenden Flüssigkeit nach Umschütteln nur noch eine 11,7 bezw. 6,1 ccm $N/_{10}$ Säure entsprechende Alkalimenge gefunden und diese Werte gingen im Lauf von 72 Stunden noch weiter zurück auf 10,0 bezw. 4,9 ccm.

Bei einem Mischungsverhältnis 1 : 10 und 1%iger Lauge war der Alkalirückgang schon in der ersten Stunde weniger stark: von 12,7 auf 12,0 und auch während der folgenden 72 Stunden ging der Wert nur auf eine 11,4 ccm $N/_{10}$ Säure entsprechende Konzentration zurück. Bei 0,5%iger Lauge war in der ersten Stunde kein Konzentrationsabfall eingetreten, wohl aber bis zum dritten Tag von 6,35 auf 5,5.

Bei einem Mischungsverhältnis von 1 : 20 war der Verlust an Natriumhydroxyd in der Lösung bei 1 und $^1/_2$%iger Lauge gering: von 12,7 auf 12,4 nach einer, und auf 12,2 nach 72 Stunden bei 1%iger Lauge, und von 6,3 ohne Rückgang nach einer Stunde auf 6,1 nach 72 Stunden.

Wird nun bestimmt, wie viel Alkali in dem übrigen Flascheninhalt, also in dem Flüssigkeitsrest und Hautstück, noch vorhanden sind, so wird auch hier gefunden, daß der Verlust an Natriumhydroxyd bei einem Mischungsverhältnis von 1 : 5 relativ am größten ist, er betrug 17 bezw. 6% der zugesetzten Lauge; auf 100 g trockenes Fell waren 2,2 bezw. 0,48 g Natriumhydroxyd infolge von Bindung oder Umsetzung nicht mehr nachzuweisen.

Bei den Verhältnissen 1 : 10 und 1 : 20 waren die Verluste an Alkali weniger groß, sie betrugen durchweg weniger als 0,9% des Hauttrockengewichts.

Ein etwas anderes Ergebnis hatte die entsprechende Behandlung von Stücken aus der Rinderhaut B — s. Tabelle II (S. 103) —; hier kamen in allen 12 Reihen 5 g Haut (Feuchtgewicht) zur Verwendung.

Der Rückgang der Natriumhydroxydkonzentration in der überstehenden Flüssigkeit war hier in den ersten drei Tagen viel stärker als bei der Rinderhaut A; und zwar auch bei dem Verhältnis 1 : 20 und 1 : 10, nicht nur bei 1 : 5; bei einem Zusatz von 100 ccm Lauge auf 5 g Haut d. h. einem Verhältnis von 1 : 20 war sie aber auch hier relativ am schwächsten.

Wurde nun durch Titration des Flascheninhalts, d. h. des Flüssigkeitsrestes mit dem Hautstück festgestellt, wie viel Natriumhydroxyd durch Bindung oder Umsetzung endgültig verloren ging, so ergeben sich auch hier höhere Zahlen, als bei dem Versuch mit der Rinderhaut A. Wurden dort auf 100 g trockene Haut in keinem Fall mehr als 2,2 g Natriumhydroxyd gebunden, so stieg die Bindung bei der Rinderhaut B bis auf 3,9 g und betrug nie unter 1,1 g. Die absolute gebundene Menge Natriumhydroxyd war unabhängig von der Relation zwischen Lauge und Haut; sie betrug, wenn man je von einem herausfallenden Wert absieht, bei 1%iger Lauge zwischen 1,5 und 2,1 g, bei 0,5%iger Lauge 1,1 bis 1,6 g Natriumhydroxyd auf 100 g Hauttrockensubstanz; die Bindung ist also merkbar abhängig von der Konzentration der überstehenden Flüssigkeit, nicht aber von ihrer absoluten Menge.

In Übereinstimmung mit dieser ziemlich gleich bleibenden Bindung des Alkalis durch die Fellsubstanz steht der viel stärkere Rückgang des Natriumhydroxydgehalts der über dem Hautstück stehenden Flüssigkeit bei Anwendung einer niederen Relation zwischen Haut- und Laugenmenge (d. h. bei einem Verhältnis von 1 : 5); die Hautsubstanz bindet eben eine von der Konzentration der überstehenden Lösung abhängige, von der absoluten Menge der vorhandenen Lauge unabhängige Menge Alkali. Da die Hydroxylionen dieses Alkalis weder in der Lösung noch in der Haut mehr nachweisbar sind, kommen sie auch für die Abtötung der Milzbrandsporen nicht mehr in Betracht. Um daher auch die im wesentlichen von der Konzentration abhängige Wirkung der Lauge auf das Virus nicht zu gefährden, empfiehlt es sich, durch Verwendung einer entsprechend großen Menge Alkalilösung die Konzentration der überstehenden Flüssigkeit an Hydroxylionen möglichst hoch zu halten.

Tabelle II. Vergleichende Versuche über die Bindung etwa 1 und $^1/_2$ %iger (0,98 und 0,49%iger) Natronlauge durch je 5 g feuchte Rinderhaut bei wechselndem Verhältnis zwischen Haut und Lauge. Rinderhaut B.

| Zu 5 g Haut wurden an Lauge gegeben ccm (entspr. ? ccm $N/_{10}$ Säure) | Verhältnis zwisch. Haut- und Laugenmenge | 5 ccm der überstehenden Flüssigkeit nach 1 h \| 24 h \| 72 h \| 96 h entnommen und titriert brauchten $N/_{10}$ Säure | | | | Der nach Entfernung von ccm (entsprech. ? ccm $N/_{10}$ Säure) | in der Flasche gebliebene Flüssigkeitsrest plus Haut brauchte zur Neutralisierung an $N/_{10}$ Säure | Dazu kamen im Lauf von 4 Stunden weitere | Zusammen wurden verbraucht von $N/_{10}$ Säure | Verschwunden war demnach von der Lauge eine ? ccm $N/_{10}$ Säure entsprechende Menge | = % der angewandten Lauge | Durch 100 g Trock.-substanz waren demnach gebunden von NaOH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ccm | ccm | ccm | ccm | | ccm | ccm | ccm | | | g |
| 0,98%ige Lauge | | | | | | | | | | | | |
| 25 (61,25)[1] | 1 : 5 | 11,4 | 8,9 | 8,2 | — | — | 17,1 | 8,0 | 53,6 | 7,6 | 12,5 | 1,8 |
| 25 (61,25) | 1 : 5 | 11,5 | 8,0 | 7,6 | — | — | 15,0 | 10,5 | 52,6 | 8,6 | 14,1 | 2,1 |
| 50 (122,5) | 1 : 10 | 11,7 | 10,1 | 9,9 | — | 20 (39,6) | 31,0 | 11,5 | 113,8 | 8,7 | 7,1 | 2,0 |
| 50 (122,5) | 1 : 10 | 11,9 | 10,6 | 10,3 | — | 20 (41,2) | 31,1 | 11,0 | 116,1 | 6,4 | 5,2 | 1,5 |
| 100 (245,0) | 1 : 20 | 12,2 | 11,5 | 11,4 | — | 70 (159,6) | 25,0 | 8,5 | 228,2 | 16,8 | 6,9 | 3,9 |
| 100 (245,0) | 1 : 20 | 12,2 | 11,3 | 11,4 | — | 70 (159,6) | 35,0 | 9,5 | 239,0 | 6,0 | 2,5 | 1,5 |
| 0,49%ige Lauge | | | | | | | | | | | | |
| 25 (30,5) | 1 : 5 | 5,5 | 3,6 | 3,4 | — | — | 7,0 | 4,1 | 23,6 | 6,9 | 22,6 | 1,6 |
| 25 (30,5) | 1 : 5 | 5,7 | 3,5 | 3,5 | — | — | 6,5 | 6,1 | 25,3 | 5,2 | 17,0 | 1,2 |
| 50 (61,0) | 1 : 10 | 5,8 | 5,1 | 4,9 | 4,9 | 20 (19,6) | 9,6 | 5,6 | 55,5 | 5,5 | 9,0 | 1,3 |
| 50 (61,0) | 1 : 10 | 5,8 | 4,7 | 4,3 | 4,2 | 20 (16,8) | 13,5 | 2,7 | 52,0 | 9,0 | 14,7 | 2,1 |
| 100 (122,0) | 1 : 20 | 6,0 | 5,6 | 5,0 | 5,5 | 70 (77,0) | 10,0 | 6,4 | 115,5 | 6,5 | 5,3 | 1,5 |
| 100 (122,0) | 1 : 20 | 6,0 | 5,6 | 5,4 | 5,5 | 65 (71,5) | 15,0 | 8,3 | 117,3 | 4,7 | 3,8 | 1,1 |

5 ccm der 0,98%igen Ausgangslauge entsprachen 12,25 ccm $N/_{10}$ Schwefelsäure
5 „ „ 0,49 „ „ „ 6,1 „ „ „

Durch Zugabe eines der Bindung entsprechenden Zuschusses an Alkali den Rückgang der Alkalikonzentration zu kompensieren, wie dies für die Behandlung der Häute und Felle mit Salzsäure-Kochsalzlösungen vorgeschlagen wurde, ist hier nicht angängig, denn aus den Tabellen I und II geht hervor, daß verschiedene Rinderhäute sich in der Bindungsgröße für Natriumhydroxyd nicht gleich verhalten, ja daß auch Stücke aus der gleichen Haut in ihrem Verhalten gegenüber Alkali

[1]) Die in Klammern stehenden Zahlen geben an, wie viel ccm $N/_{10}$ Schwefelsäure die genannte Menge Lauge entspricht.

starke Unterschiede zeigen können (Tabelle II); ein unnötig hoher Gehalt der Lösung an Alkali wird zudem zu vermeiden sein.

Wie die Feststellung des Alkaligehalts der überstehenden Flüssigkeit nach 72 und 96 Stunden zeigt, ist schon bei einem Verhältnis von 1 : 10 und noch mehr bei 1 : 20 zwischen Hautsubstanz und Lauge nicht mehr mit einem so starken Rückgang des Gehalts der Lösung an dem sporentötenden Natriumhydroxyd zu rechnen. Ob aber bei einer Relation von 1 : 10 die Desinfektionswirkung eine ausreichende ist und ob nicht besser ein Verhältnis zwischen Hautgewicht und Flüssigkeitsmenge von 1 : 20 innegehalten wird, das muß ebenso wie die Frage, ob der $^1/_2$ %igen Lauge die 1%ige der stärkeren Wirkung wegen vorzuziehen ist, das bakteriologische Experiment entscheiden.

Festzustellen war ferner, wie sich trockene Rinderhaut gegenüber Laugen verhält.

Je 5 g schwere feuchte Stücke der Rinderhaut B wurden im Vakuumexsikkator über Phosphorpentoxyd bis zur Gewichtskonstanz getrocknet; das Trockengewicht der Stückchen betrug zwischen 1,5 und 2,2 g, dies entspricht einem Feuchtigkeitsgehalt zwischen 70 und 56%, im Mittel von 63%; dieser Wert stimmt mit dem in den früheren Versuchen gefundenen von 66,5% recht gut überein.

Da nur ein Drittel der feuchten Hautstücke als Trockengewicht zu berechnen ist, wurde bei diesen Versuchen mit trockener Haut das Verhältnis zwischen Hautgewicht und Laugen-

Tabelle III. Vergleichende Versuche über die Bindung von Natrium- wechselndem Verhältnis zwischen
(10 ccm 1%iger Lauge = 25 ccm N/10 Säure,

| Gewicht in feuchtem Zustand g | Gewicht im trockenen Zustand g | Feuchtigkeitsgehalt in % | Zu dem trockenen Hautstück wurde an Lauge zugegeben ccm (entsprechend ? ccm N/10 Säure) | Verhältnis zwischen Trockensubstanz und Flüssigkeitsmenge etwa | 5 ccm der überstehenden Flüssigkeit nach 1 h entnommen und titriert brauchten von N/10 Säure | 24 h | 48 h | 72 h | 96 h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | ccm | ccm | ccm | ccm | ccm |
| | | | 1%ige Lauge | | | | | | |
| 5 | 1,5 | 70 | 20 (50)[1]) | 1 : 10 | 11,9 | 10,3 | — | — | — |
| 5 | 1,8 | 64 | 40 (100) | 1 : 20 | 12,2 | 11,5 | 11,0 | 9,5 | — |
| 5 | 2,1 | 58 | 80 (200) | 1 : 40 | 12,3 | 12,0 | 11,9 | 10,1 | — |
| | | | $^1/_2$%ige Lauge | | | | | | |
| 5 | 1,8 | 64 | 20 (25) | 1 : 10 | 5,8 | 4,2 | — | — | — |
| 5 | 2,2 | 56 | 40 (50) | 1 : 20 | 5,7 | 4,9 | 4,8 | 4,8 | 4,6 |
| 5 | 1,8 | 64 | 80 (100) | 1 : 40 | 5,7 | 5,6 | 5,6 | 5,1 | 5,7 |
| | | im Mittel 63 | | | | | | | |

[1]) Die in Klammern stehenden Zahlen geben an, wie viel ccm

menge höher gewählt als bei den ersten beiden Versuchsreihen, bei denen feuchte Hautstücke zur Verwendung kamen. Es wurden nämlich — s. Tabelle III — die Relationen 1 : 10, 1 : 20 und 1 : 40 statt 1 : 5, 1 : 10 und 1 : 20 angewandt.

Bei diesen Versuchen geht der Alkaligehalt der über den Hautstücken stehenden Flüssigkeit bei 1%iger Lauge im Lauf von 72 Stunden besonders stark zurück und zwar auch bei dem Verhältnis 1 : 40; schwächer ist der Konzentrationsrückgang bei Anwendung ½%iger Lauge und namentlich bei der Relation 1 : 40 ist die Konzentration nach einem kleinen Rückgang in der ersten Stunde während der folgenden 96 Stunden gleich geblieben.

Wird nun bestimmt, wie viel Alkali in dem aus Flüssigkeitsrückstand und Fellstück bestehenden Flascheninhalt noch vorhanden ist, so ergibt sich ein anderes Bild, als bei den in Tabelle I und II dargestellten Versuchsreihen. War hier die Bindung der Natronlauge durch die Hautsubstanz nur abhängig von der Konzentration der überstehenden Flüssigkeit an Alkali und nicht von dessen absoluter Menge gewesen, d. h. war aus 1%iger Lauge immer annähernd gleich viel Natriumhydroxyd gebunden worden, gleichgültig, ob die Flüssigkeitsmenge 25, 50 oder 100 ccm betrug, so macht sich in dieser Reihe, wenigstens bei der 1%igen Lauge ein starker Einfluß auch der absoluten Menge Alkali geltend: die Bindung von Natriumhydroxyd betrug bei einem Verhältnis zwischen

Haut- und Flüssigkeitsmenge = 1 : 10 . . . . 1,7%
„ „ „ = 1 : 20 . . . . 2,5 „
„ „ „ = 1 : 40 . . . . 4,9 „,

stieg also bei gleicher Konzentration mit der absoluten Menge an Alkali in der Lösung.

Bei 0,5%iger Lauge allerdings schwankte die Bindung nur zwischen 1,6 und 1,8%.

hydroxyd aus 1- und ½%iger Lösung durch trockene Rinderhaut bei Haut und Lauge.

0,5%iger Lauge = 12,5 ccm N/10 Säure.)

| Der nach Entfernung von ccm (entsprechend ? ccm N/10 Säure) | in der Flasche gebliebene Flüssigkeitsrest plus Hautstück brauchte zur Neutralisierung an N/10 Säure ccm | Dazu kamen im Lauf von 4 Stunden weitere ccm | Zusammen wurden verbraucht von N/10 Säure ccm | Verschwunden war demnach von der Lauge eine ccm N/10 Säure entsprechende Menge | = % der angewandten Lauge | Durch 100 g Trockensubstanz waren gebunden an Na OH g |
|---|---|---|---|---|---|---|
| — | 14,0 | 7,4 | 43,6 | 6,4 | 12,8 | 1,7 |
| 10 (19) | 15,3 | 10,0 | 88,5 | 11,5 | 11,5 | 2,5 |
| 50 (101,0) | 21,0 | 6,0 | 174,3 | 25,7 | 12,8 | 4,9 |
| — | 5,0 | 2,9 | 17,9 | 7,1 | 28,4 | 1,6 |
| 5 (4,6) | 7,0 | 4,5 | 40,9 | 9,1 | 18,2 | 1,6 |
| 45 (51,3) | 7,0 | 5,6 | 91,6 | 8,4 | 8,4 | 1,8 |

N/10 Schwefelsäure die genannte Menge Lauge entspricht.

Bei der Salzsäurebehandlung der Felle wird Kochsalz zugegeben, um der lockernden Kraft der Säure durch die wasserentziehende Wirkung eines starken Salzgehalts der Lösung zu begegnen. Da auch Natronlauge stark quellend wirkt, liegt es nahe, bei ihrer Anwendung gleichfalls durch einen Salzzusatz die Schädigung der Häute zu vermeiden.

Bei den Versuchen über die Bindung der Chlorwasserstoffsäure durch die Hautsubstanz aus Salzsäurelösungen mit und ohne Kochsalzzusatz war nun gefunden worden, daß der Rückgang der Säurekonzentration in der überstehenden Flüssigkeit in den 10% Kochsalz enthaltenden Säurelösungen etwas geringer ist, als in den salzfreien, daß aber der endgültige Verlust an Chlorwasserstoffsäure aus einer Salzsäure-Kochsalzlösung größer ist, als aus reiner Salzsäure.

Es war möglich, daß auch die Bindung des Alkalihydroxyds aus kochsalzhaltiger Natronlauge anders verlief als aus reiner. Um eventuelle Unterschiede festzustellen, wurden vergleichende Versuche über die Bindung in 1,0- und 0,5%iger Natronlauge ohne und mit 10 und 20% Kochsalz vorgenommen (s. Tabelle IV).

Tabelle IV. Vergleichende Versuche über die Bindung von Natriumhydroxyd aus 1- und $^1/_2$%iger Lösung ohne und mit Kochsalzgehalt der Lauge.

| Gewicht des Hautstücks feucht | Hierzu wurden gegeben | | | 10 ccm dieser Lösung entsprachen ccm $N/_{10}$ Säure | 5 ccm der überstehenden Flüssigkeit nach | | | | | Bei der Titration der in Gesamtflüssigkeit plus Haut enthaltenen Menge Alkali wurden nach 96 Stunden von $N/_{10}$ Säure verbraucht | Verschwunden waren von der Lauge eine ? ccm $N/_{10}$ Säure entsprechende Menge | = % der angewandten Lauge | Verlust im Mittel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 1 h | 24 h | 48 h | 72 h | 96 h | | | | |
| | | | | | entnommen und titriert brauchten von $N/_{10}$ Säure | | | | | | | | |
| g | ccm einer Lösung | mit % Natriumhydroxyd | und % Chlornatrium | | ccm | ccm | ccm | ccm | ccm | ccm | | | |
| 5 | 50 | 1 | 0 | 24,9 | 11,9 | 10,8 | 10,5 | 10,1 | 9,9 | 106,7 | 17,8 | 14,3 | 12,6 |
| 5 | 50 | 1 | 0 | 24,9 | 12,0 | 11,2 | 11,0 | 10,7 | 10,5 | 110,7 | 13,8 | 11,0 | |
| 5 | 50 | 1 | 10 | 25,0 | 11,8 | 10,6 | 10,6 | 10,5 | 10,6 | 112,3 | 12,7 | 10,1 | 10,4 |
| 5 | 50 | 1 | 10 | 25,0 | 11,8 | 10,7 | 10,5 | 10,4 | 10,2 | 111,6 | 13,4 | 10,7 | |
| 5 | 50 | 1 | 20 | 25,0 | 12,1 | 10,9 | 10,8 | 10,8 | 10,6 | 114,0 | 11,0 | 8,8 | 10,1 |
| 5 | 50 | 1 | 20 | 25,0 | 11,9 | 10,4 | 10,2 | 10,0 | 9,9 | 110,7 | 14,3 | 11,4 | |
| 5 | 50 | 0,5 | 0 | 12,6 | 6,0 | 5,0 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 53,4 | 9,6 | 15,2 | 14,6 |
| 5 | 50 | 0,5 | 0 | 12,6 | 5,9 | 5,1 | 5,1 | 5,0 | 4,8 | 54,1 | 8,9 | 14,1 | |
| 5 | 50 | 0,5 | 10 | 12,4 | 6,0 | 5,3 | 5,0 | 4,9 | 4,9 | 52,2 | 9,8 | 15,8 | 15,8 |
| 5 | 50 | 0,5 | 10 | 12,4 | 5,8 | | | | | | | | |
| 5 | 50 | 0,5 | 20 | 12,5 | 5,7 | 4,9 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 50,8 | 11,7 | 18,7 | 16,7 |
| 5 | 50 | 0,5 | 20 | 12,5 | 5,9 | 5,1 | 4,9 | 5,0 | 4,9 | 53,2 | 9,3 | 14,8 | |

Zu den Versuchen dienten feuchte je 5 g schwere Stücke der Rinderhaut B, denen die entsprechende Lösung im Verhältnis 1 : 10 (also je 50 ccm) zugesetzt wurde.

Der Alkaligehalt der überstehenden Flüssigkeit war bei den Versuchsreihen mit 1- bezw. $^1/_2$%iger Natronlauge eine Stunde nach dem Übergießen des Fellstücks in allen Fällen, gleichgültig ob kein oder 10 oder 20% Kochsalz in der Lösung vorhanden waren, gleichmäßig

zurückgegangen; und er nahm während der folgenden 96 Stunden in allen Versuchsreihen in etwa gleichem Maße weiter ab.

Ebenso war der Gesamtverlust an Alkali im Flascheninhalt (Flüssigkeitsrückstand und Hautsubstanz) in allen Versuchen etwa der gleiche, ob Kochsalz zugesetzt war oder nicht; er lag bei 1%iger Natronlauge zwischen 10,1 und 12,6%, bei 0,5%iger Lauge zwischen 14,6 und 16,7%. Ein starker Einfluß des Kochsalzzusatzes auf die Bindung des Alkalis durch die Hautsubstanz bezw. die Zerlegung der Hautsubstanz durch das Alkali wurde somit nicht festgestellt.

Die Versuche über die Bindung des Alkalis durch die Hautsubstanz ergaben keine so eindeutigen Resultate wie die entsprechenden Bestimmungen der Salzsäurebindung. Es verhalten sich nicht alle Felle in ihrem Bindungsvermögen für Alkali gleich (wie ein Vergleich der Tabellen I, II und III zeigt), so daß nicht, wie bei der Anwendung der Salzsäure, ein bestimmter Mehrzusatz an Alkali von Anfang an gemacht werden könnte, noch läßt die Konzentrationsabnahme während der ersten Stunden einen Schluß auf die Menge Alkali zu, die endgültig aus der Lösung verschwindet (Versuche I und II).

Man kann aber aus den Versuchen folgern, daß bei einem Verhältnis von 1 : 10 oder 1 : 20 zwischen Fell- und Flüssigkeitsmenge relativ kleine Mengen freien Alkalis aus dem Bad verschwinden und daß ein Kochsalzzusatz die Bindung nicht wesentlich beeinflußt.

Die Entscheidung, welches Verhältnis zwischen Fell- und Flüssigkeitsmenge einzuhalten ist, muß hier das bakteriologische Experiment erbringen.

## Bakteriologische Untersuchungen.

Die Versuche wurden angestellt mit 4 Rinderhäuten (W, O, B, N II) und je einem Schaf- und Ziegenfell; die Tiere waren an Milzbrand eingegangen. Es waren dieselben Objekte, an denen auch die Desinfektionskraft der Salzsäure-Kochsalzlösungen erprobt wurde[1]). Die Vorbereitung und Prüfung dieser Testobjekte ist in der genannten früheren Arbeit beschrieben.

Behandelt wurden die etwa 6 $cm^2$ großen Stückchen aus diesen Häuten und Fellen mit 0,5- und 1%iger Natronlauge bei einer Temperatur von 15—20° C. Bei einzelnen Versuchen war der Lauge Kochsalz in Mengen zwischen 0,7 und 10% zugesetzt, um den Einfluß eines aus praktischen Gründen eventuell erforderlichen Kochsalzzusatzes auf die Desinfektionswirkung festzustellen.

Angewandt wurde das 10- und 20fache des Fellgewichts an Volumen der betreffenden Lauge; die mit der Lauge übergossenen Haut- und Fellstücke befanden sich in Pulverflaschen von 250—500 ccm Inhalt mit gut eingeschliffenen Glasstopfen. Ein Beschweren der Fellstückchen war nicht nötig; sie blieben in der Flüssigkeit untergetaucht. Von Zeit zu Zeit wurden die Flaschen etwas geschüttelt, um Konzentrationsschwankungen in der Lösung auszugleichen und Luftblasen von den Fellstücken zu entfernen.

Die Versuche über die Abtötung der Milzbrandsporen in Häuten durch Salzsäure-Kochsalzlösungen hatten nicht immer gleiche Resultate gegeben. Obschon alle Stücke recht stark mit Sporen infiziert waren, war doch die Abtötung in

[1]) Hailer, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 47, S. 69. 1913.

einzelnen Stückchen in sehr kurzer, in anderen nicht in einem mehrfachen dieser Zeit erfolgt. So war es nötig, aus einer großen Zahl von Versuchen gewisse Zeiten abzuleiten, innerhalb derer auf eine Desinfektion der Stücke mit großer Sicherheit gerechnet werden kann.

Ein gleiches Verhalten war auch in den Versuchen mit Natronlauge zu erwarten; auch hier war von einigen wenigen Versuchen keine eindeutige Angabe der zur Desinfektion erforderlichen Zeit zu erhoffen. So wurden bei diesen Untersuchungen in 104 doppelt und dreifach ausgeführten Versuchsreihen zusammen etwa 600—700 Hautstückchen durch den Kulturversuch auf Milzbrandsporen geprüft. Nur aus einer so großen Zahl von Resultaten konnten Regeln abgeleitet und Ausnahmebefunde als solche erkannt werden. Denn solche Ausnahmen, bei denen meist nur eine oder wenige Kolonien gefunden werden, dürfen nicht zu hoch bewertet werden und nicht als Maßstab für die Festsetzung der Einwirkungszeiten dienen, wenn dadurch die Anwendung des Verfahrens zu teuer, oder aus anderen Gründen irrationell würde.

Auch bei der Behandlung infizierter Häute und Felle wird man sich, ebenso wie sonst vielfach in der Desinfektionspraxis, damit begnügen müssen, wenn die überwiegende Mehrzahl der infektiösen Keime abgetötet ist.

Jede Versuchsreihe wurde zweimal, in einzelnen Fällen auch dreimal parallel ausgeführt; es wurden nämlich 2—3 Flaschen mit Stücken vom gleichen Fell und derselben Lösung beschickt; nach bestimmten Zeiten wurde dann aus jeder Flasche ein Fellstückchen entnommen und auf die zu beschreibende Weise getrennt verarbeitet. Diese parallelen Entnahmen sind in den Tabellen unter der Rubrik „Probe“ mit den Ziffern I, II, III aufgeführt.

Die zu bestimmten Zeiten mit Platinpinzetten aus den Flaschen entnommenen Fellstückchen wurden zuerst einzeln in verdünnte (etwa 2%ige) Essigsäure eingelegt, um das anhaftende Alkali abzustumpfen; dann wurde aus der Mitte einer jeden Probe ein etwa $1^1/_2$ cm² großes Stückchen geschnitten, in etwa quadratmillimetergroße Teilchen zerlegt, in der Porzellanreibschale unter Zusatz von physiologischer Kochsalzlösung fein zerrieben und nochmals zerschnitten und zerrieben. Zu dieser breiigen Emulsion wurden einige Tropfen Lackmuslösung und dann verdünnte Essigsäure tropfenweise unter Verreiben zugegeben, bis die Reaktion neutral war; das Einlegen in die Essigsäure hatte nur selten zur Neutralisation des in die Fellstücke diffundierten Alkalis ausgereicht, auch wenn die Lösung noch sauer reagierte; dieses in die Tiefe eingedrungene Alkali wurde dann beim Zerschneiden und Zerreiben frei und gab der Emulsion noch eine kräftig alkalische Reaktion, die unabgestumpft das Wachstum auf den Agarplatten behindert hätte. Von einer Zerlegung der Hautstückchen in mehrere Teile (Epidermis, Corium, Subcutis) wurde in diesen Versuchen abgesehen, nachdem die Salzsäureversuche gezeigt haben, daß die Abtötung eventuell im Corium sitzender Sporen nicht schwieriger ist, als die Desinfektion der Epidermis und der Subcutisschichten.

Von der neutralisierten Emulsion wurden reichliche Mengen mit einer Platinöse auf 2—3 Agarplatten verteilt, mit dem Glasspatel verrieben und in der bekannten Weise weitere Verdünnungen angelegt. Nachdem die Platten zur Verdunstung der mitübertragenen Flüssigkeit einige Zeit halbbedeckt gestanden hatten, kamen sie für 18—20 Stunden in den Brutschrank von 37°. Es entwickelten sich meist nur Einzelkolonien; aber auch unter zusammenhängenden Rasen konnten die Milzbrandkolonien gewöhnlich durch ihr charakteristisches Wachstum erkannt werden. Die verdächtigen Partien aus solchen überwachsenen Platten wurden dann mit der Platinöse abgehoben, in Kochsalzlösung verteilt und in Röhrchen $1-1^1/_2$ Stunden lang im Wasserbad bei 60° gehalten; von der Aufschwemmung wurden reichliche Mengen auf Agarplatten verteilt, die nach 20stündigem Aufenthalt im Brutschrank durchgesehen wurden; die Isolierung verdächtiger Kolonien gelang fast immer auf diese Weise.

Wurden auf den überwachsenen Platten keine milzbrandähnlichen Kolonien bemerkt oder gelang die Isolierung festgestellter nicht, so wurde der Versuch in den Tabellen mit „V“ d. h. verunreinigt bezeichnet.

Von den milzbrandverdächtigen Kolonien wurden mit der Platinnadel Teilchen abgenommen und auf Agarplatten in Strichform verteilt. Zeigten die Einzelkolonien das charakteristische Wachstum, so wurden die betreffenden Kulturen im Mäuseversuch durch intraperitoneale Verimpfung von etwa $^1/_{10}$ Öse auf ihre Pathogenität geprüft. Gleichzeitig wurden Ausstriche der betreffenden Aufschwemmungen zur Kontrolle auf Agarplatten angelegt. Gingen die Mäuse innerhalb von 48 Stunden ein, so wurden sie seziert und Milz und Herzblut ausgestrichen; wuchsen daraus typische Milzbrandkolonien, so ist in die Tabellen „Mi*“ d. h. durch den Tierversuch erhärteter Nachweis von Milzbrand eingetragen. Gingen die Tiere nicht innerhalb von 48 Stunden ein, so wurde der Versuch mit einer anderen verdächtigen Kultur aus der gleichen Versuchsreihe wiederholt. Selbstverständlich sind auf diese Weise nur Kolonien aus Platten geprüft worden, die mit dem am längsten mit Natronlauge behandelten Fellmaterial angelegt waren. War dabei Milzbrand festgestellt worden, so wurde das Vorhandensein von milzbrandverdächtigen Kolonien in weniger lang behandeltem Material in den Tabellen schlechtweg mit „Mi“ bezeichnet. Das Zeichen „—“ bedeutet, daß keine verdächtigen Kolonien in den betreffenden Plattenserien gewachsen sind oder daß verdächtige Kolonien sich nicht mäusepathogen erwiesen.

Diese Prüfung ist sehr umständlich und zeitraubend und erfordert die Anlage einer ungemein großen Zahl von Platten. Sie scheint mir aber vor der Absprengung der Keime durch Schütteln der Fellstücke mit Kochsalzlösung, wie sie von anderen Seiten bei den Salzsäure-Kochsalzversuchen angewandt wurde, in diesem Falle schon dadurch den Vorzug zu verdienen, weil die mit Natronlauge behandelten Fellstückchen infolge der Quellung sehr weich sind und eine Ablösung der Milzbrandsporen von ihrer Oberfläche durch bloßes Schütteln mit Flüssigkeiten daher kaum immer gelingen dürfte. Auch werden nur auf diese Weise auch die unter der äußersten Schicht sitzenden Sporen, die während der Verarbeitung der Felle in der Gerberei die gleiche Gefahr für den Arbeiter bilden und ebenso in die Gerbereiabwässer übergehen, wie die oberflächlich sitzenden Keime, nachgewiesen.

Als die Versuche ihrem Abschluß nahe waren, machte Conradi[1]) auf die von hm gefundene sogenannte Ölstäbchenmethode zur Isolierung von Diphtheriebacillen aus Rachenschleim usw. aufmerksam. Lange und Nitsche[2]) hatten gefunden, daß außer den Tuberkelbacillen auch andere Bakterienarten, wie Diphtheriebacillen und die vegetativen Formen und Sporen des Milzbranderregers, beim Ausschütteln ihrer Suspension in Wasser mit Ligroin in die Grenzschicht übergehen, während andere Arten, wie die Heubacillen, die Bakterien der Typhus-Koligruppe im Wasser suspendiert bleiben. Conradi schlägt nun vor, die Ligroinschicht mit den von ihm angegebenen Ölstäbchen (mit Öl getränkten Wattezylindern unter einer Filtrierpapierhülle) abzunehmen und auf Platten auszustreichen.

Diese Anreicherung der Milzbrandkeime in der Grenzschicht hätte den Vorzug, daß mit einer kleineren Zahl Platten gearbeitet werden könnte, da die besonders störenden Bakterien aus der Heubacillengruppe in dem wässerigen Medium verteilt bleiben. Ich habe diese Methode daher noch bei einigen Versuchsreihen für die Isolierung der Milzbrandsporen aus den Fellstückchenemulsionen gleichzeitig mit der bisher benutzten Nachweisart zur Probe angewandt. Die Einzelheiten und die

[1]) Conradi, Zentralbl. f. Bakt. I. Abt. Referate Bd. 57, Beiheft, S. 93. 1913.

[2]) Lange und Nitsche, Zeitschr. f. Hygiene Bd. 67, 151.

Ergebnisse sollen später besprochen werden. Gelang die Isolierung der Milzbrandkeime nur mittels dieser Ölstäbchenmethode, so ist dies in den Tabellen mit „Mi!“ bezeichnet.

### Versuche mit 0,5%iger Natronlauge.

Die Versuche sind mit den Milzbrandsporen enthaltenden Rinderhäuten W, O, B, NII und je einem Schaf- und Ziegenfell angestellt und umfassen insgesamt 104 Versuchsreihen (s. Tabelle V).

Tabelle V. Einwirkung 0,5%iger Natronlauge auf milzbrandinfizierte Rinderhaut- und Ziegen- und Schaffellstücke.

| Fell | Verhältnis zwischen den Mengen des Fells u. der Lösung | Versuchsreihe | Bakteriologischer Befund nach Stunden | | | | | | | | Weitere Befunde |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 48 | | 72 | | 96 | | 120 | | |
| | | | Probe | | Probe | | Probe | | Probe | | |
| | | | I | II | I | II | I | II | I | II | |
| Rind W | 1 : 10 | 198 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 231 | | | Mi | Mi | Mi* | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 237 | | | V | — | — | — | — | — | Nach 144 u. 168 Stunden keine Milzbrandkeime mehr (je 2 Proben). |
| | 1 : 10 | 238 | | | — | — | — | — | — | — | Ebenso. |
| | 1 : 20 | 264 | — | Mi | Mi | Mi* | — | — | | | |
| Rind O | 1 : 10 | 159 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 203 | Mi | Mi | Mi | Mi | — | Mi* | | | In einer dritten Hautprobe wurden nach 96 (nicht nach 72) Stunden noch Milzbrandsporen gefunden. |
| | 1 : 10 | 234 | | | — | — | — | — | — | — | In 2 Proben nach 144 Stunden keine Milzbrandkeime. |
| | 1 : 10 | 239 | | | — | — | — | — | — | — | Nach 144 u. 168 Stunden keine Milzbrandkeime mehr (je 2 Proben). |
| | 1 : 10 | 240 | | | — | — | — | — | — | — | Ebenso. |
| | 1 : 20 | 266 | — | — | — | — | Mi!* | Mi! | | | |
| | 1 : 20 | 272 | Mi | — | Mi | Mi* | | | | | |
| | 1 : 20 | 274 | Mi | Mi | Mi | Mi* | | | | | |
| | 1 : 20 | 287 | | | — | — | Mi!* | — | — | — | Nach 144 Stunden in 2 Proben keine Milzbrandkeime mehr. |
| | 1 : 20 | 288 | | | Mi! | Mi | Mi* | Mi | — | — | |
| Rind B | 1 : 10 | 160 | Mi | Mi | Mi | Mi | Mi* | Mi | — | — | |
| | 1 : 10 | 202 | — | Mi | Mi | — | — | Mi* | — | | In einer dritten Hautprobe wurden nach 96 (nicht nach 72) Stunden noch Milzbrandsporen gefunden. |
| | 1 : 10 | 232 | | | — | — | — | — | — | — | In einer dritten Hautprobe wurden nach 96- und 120stündiger Einwirkung der Lauge gleichfalls keine Milzbrandsporen mehr gefunden. |
| | 1 : 10 | 243 | | | — | — | — | — | — | — | Nach 144 u. 168 Stunden keine Milzbrandkeime mehr (je 2 Proben). |
| | 1 : 10 | 244 | | | — | — | — | — | — | — | Ebenso. |

Fortsetzung von Tabelle V.

| Fell | Verhältnis zwischen den Mengen des Fells u. der Lösung | Versuchsreihe | Bakteriologischer Befund nach 48 Stunden | | | | | | | | Weitere Befunde |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 48 | | 72 | | 96 | | 120 | | |
| | | | Probe | | Probe | | Probe | | Probe | | |
| | | | I | II | I | II | I | II | I | II | |
| Rind NII | 1 : 10 | 163 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 199 | V | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 233 | | | — | — | — | — | — | — | Nach 144 Stunden keine Milzbrandkeime mehr (je 2 Proben). |
| | 1 : 10 | 241 | | | — | — | — | — | — | — | Nach 144 u. 168 Stunden keine Milzbrandkeime (je 2 Proben). |
| | 1 : 10 | 242 | | | — | V | — | — | — | Mi*[1]) | Ebenso. |
| | 1 : 20 | 265 | Mi* | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 20 | 275 | Mi! | Mi! | Mi | Mi | Mi | Mi* | | | |
| | 1 : 20 | 276 | Mi! | Mi | — | Mi! | Mi* | — | | | |
| | 1 : 20 | 283 | | | — | — | — | — | — | — | Nach 144 Stunden 2 Proben negativ. |
| | 1 : 20 | 285 | | | Mi | Mi | Mi | — | | | Ebenso. |
| | 1 : 10 | 201 | — | — | — | — | — | Mi* | | | In einer 3. Hautprobe wurden nach 72 und 96 Stunden keine Milzbrandsporen gefunden. |
| Ziege | 1 : 10 | 162 | Mi | Mi | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 205 | Mi | Mi | Mi | Mi | Mi | Mi* | | | An Ziegenhaaren wurden nach 48 und 72, nicht nach 96 Stunden Milzbrandsporen gefunden. |
| | 1 : 10 | 253 | | | — | — | — | — | — | — | Nach 144 u. 168 Stunden je 2 Proben negativ. |
| | 1 : 10 | 254 | | | — | — | — | — | — | — | Ebenso. |
| | 1 : 20 | 270 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 20 | 271 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 20 | 279 | | | — | Mi*[1]) | — | — | | | |
| | 1 : 20 | 280 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 20 | 281 | — | — | — | — | — | — | | | |
| Schaf | 1 : 10 | 161 | | | — | | — | | — | | |
| | | Wolle | | | Mi* | | — | | — | | |
| | 1 : 10 | 200 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 204 | — | — | — | — | — | — | | | In einer 3. Probe wurden weder nach 72 noch nach 96 Stunden Milzbrandsporen gefunden. |
| | | Wolle | — | | — | | — | | | | |
| | | 236 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | | Wolle | | | — | | — | | — | | |
| | 1 : 10 | 245 | | | — | — | — | — | — | — | Nach 144 u. 168 Stunden negativ (je 2 Proben). |
| | | Wolle | | | — | | — | | — | | Ebenso (je 1 Probe). |
| | 1 : 10 | 246 | | | — | — | — | — | — | — | Ebenso (je 2 Proben). |
| | | Wolle | | | — | | — | | — | | Ebenso (je 1 Probe). |

[1]) Eine Kolonie.

Hautstückchen wurden den Laugen entnommen nach 48, 72, 96, 120, 144 und 168 Stunden.

In den meisten Fällen ließen sich schon nach 72 Stunden keine Milzbrandkeime mehr an den Rinderhautstückchen nachweisen, nach 96stündiger Einwirkung war der kulturelle Nachweis an Rinderhäuten negativ in 45 Versuchsreihen, positiv in 17; nach 120 Stunden negativ in 40 Reihen, positiv in einem Fall.

An Ziegenfellstücken waren keine Milzbrandsporen nachzuweisen nach 96stündiger Einwirkung $^1/_2$%iger Natronlauge in 17 Reihen, feststellbar aber waren sie in 2 Fällen; nach 120 Stunden wurden in keiner von 6 Proben mehr Milzbrandkeime gefunden.

An Schaffellstücken war Abtötung erfolgt nach 72 Stunden in 17 Reihen, keine Abtötung nur in einem Fall. Nach 96 Stunden wurden in keinem von 18 Schaffellstückchen mehr Milzbrandkeime gefunden.

In der Mehrzahl der Versuche war das Verhältnis, in dem Hautstücke und Lauge zusammengebracht wurden, 1 : 10, d. h. zu 50 g Hautstücken wurden 500 g Natriumhydroxydlösung gegeben; in mehreren Versuchen aber war das Verhältnis aus den im chemischen Teil erwähnten Gründen = 1 : 20, d. h. auf 50 g trockener Haut 1000 ccm Lauge. Es ist von Interesse, den Einfluß dieser Verhältnisse auf die Desinfektionswirkung zu prüfen.

Der Milzbrandsporennachweis war

bei Rinderhautstücken

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| nach | 72 | Stunden | bei | 1 : 10 | unter | 44 | Prüfungen | 7 mal | positiv, | 37 mal | negativ |
| | | | „ | 1 : 20 | „ | 22 | „ | 13 „ | „ | 9 „ | „ |
| „ | 96 | „ | „ | 1 : 10 | „ | 44 | „ | 8 „ | „ | 36 „ | „ |
| | | | „ | 1 : 20 | „ | 17 | „ | 9 „ | „ | 8 „ | „ |

an Ziegenfellstücken

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| nach | 72 | Stunden | bei | 1 : 10 | unter | 9 | Prüfungen | 3 mal | positiv, | 6 mal | negativ |
| | | | „ | 1 : 20 | „ | 10 | „ | 1 „ | „ | 9 „ | „ |

Eine bessere Wirkung der größeren Laugenmenge ist aus der Zusammenstellung jedenfalls nicht abzuleiten.

### Versuche mit 1%iger Natronlauge.

Stücke von den genannten Rinderhäuten wurden in 41 Versuchsreihen, Stücke von dem Ziegenfell in 12 und von dem Schaffell in 10 Reihen geprüft (s. Tabelle VI).

Tabelle VI. Einwirkung 1%iger Natronlauge auf die Milzbrandsporen an Rinderhaut- und Schaf- und Ziegenfellstücken.

| Fell | Mengenverhältnis zwischen Fell und Alkalilösung | Versuchsreihe | Bakteriologischer Befund nach einer Einwirkung der desinfizierenden Lösung von 24 Stunden | | | | | | | | Weitere Befunde |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 24 | | 48 | | 72 | | 96 | | |
| | | | Probe | | Probe | | Probe | | Probe | | |
| | | | I | II | I | II | I | II | I | II | |
| Rind W | 1 : 10 | 225 | | | | | — | — | — | — | Nach 120 und 144 Stunden keine Milzbrandkeime mehr in je 2 Proben. |
| | 1 : 10 | 247 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 267 | | | — | — | — | — | — | — | |
| Rind O | 1 : 10 | 228 | | | | | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 248 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 269 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 273 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 20 | 286 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 289 | V | Mi* | — | — | — | — | | | |
| Rind B | 1 : 10 | 207 | | | Mi* | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 226 | | | | | — | — | — | — | Nach 120 Stunden in 2 Proben keine Milzbrandsporen, wohl aber nach 144 Stunden in beiden Proben Milzbrandkeime. |
| | 1 : 10 | 250 | — | — | — | — | — | — | | | |
| Rind NII | 1 : 10 | 206 | | | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 227 | | | | | — | — | — | — | Nach 120 und 144 Stunden je 2 Proben negativ. |
| | 1 : 10 | 249 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 268 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 277 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 284 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 290 | | | — | — | — | Mi!* | — | — | |
| Ziege | 1 : 10 | 209 | | | — | — | — | — | | | |
| | | Haare | | | — | | — | | | | |
| | 1 : 10 | 229 | | | | | — | — | — | — | |
| | | Haare | | | | | — | | — | | |
| | 1 : 10 | 252 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | 1 : 10 | 278 | | | — | — | — | — | — | — | |
| | 1 : 10 | 282 | | | — | — | — | — | | | |
| Schaf | 1 : 10 | 208 | | | — | — | — | — | | | |
| | | Wolle | | | — | | — | | | | |
| | 1 : 10 | 230 | | | | | — | — | — | — | Nach 120 und 144 Stunden je 2 Proben negativ. |
| | | Wolle | | | | | — | | — | | Nach 120 und 144 Stunden je eine Probe negativ. |
| | 1 : 10 | 251 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | | Wolle | — | | — | | — | | | | |

Die Abtötung der Milzbrandsporen an den Rinderhäuten war 28mal in weniger als 48 Stunden erfolgt, während in 4 Reihen längere Zeiten erforderlich waren; und zwar gelang der Nachweis einmal noch nach 72 Stunden und einmal nach 144 Stunden. Bei anderen Stücken aus der gleichen Partie der Rinderhaut B waren aber nach 72—120stündiger Einwirkung der 1%igen Lauge keine Milzbrandsporen gefunden worden. Wir haben es hier also mit einem der Ausnahmebefunde zu tun, wie sie auch bei den Desinfektionsversuchen mit Salzsäure-Kochsalzlösungen beobachtet wurden; keinenfalls dürfen sie als Grundlage für Desinfektionsmaßnahmen dienen.

An Ziegen- und Schaffellstücken konnten nach 48stündiger Einwirkung der 1%igen Natriumhydroxydlösung in keinem von 9 bezw. 6 Fällen mehr Milzbrandkeime festgestellt werden.

Das Verhältnis, in dem Hautstücke und Flüssigkeit zusammengebracht wurden, war, von einem Falle abgesehen, stets 1 : 10.

### Einfluß des Kochsalzzusatzes zu ½%igen Natriumhydroxydlösungen auf die Desinfektionswirkung.

Kleine Kochsalzzusätze zur Natronlauge erhöhen, wie oben erwähnt wurde, die keimtötende Kraft des Natriumhydroxyds, stärkere setzen sie herab. Das Wirkungsoptimum lag bei Normal-Natronlauge bei einem Zusatz von 2 Molekülen = etwa 12% Natriumchlorid, bei ¼ Normal-Natronlauge bei einem Molekül = etwa 6%.

Da auch aus gerbereitechnischen Gründen eine Kochsalzzugabe zur Lauge erwünscht sein konnte, wurden noch Versuche darüber angestellt, in welcher Weise das Natriumchlorid die keimtötende Wirkung des Alkalis auf die Milzbrandsporen in den Häuten und Fellen beeinflußt.

Da die höhere Salzkonzentration die Quellung der Hautsubstanz herabsetzt, war denkbar, daß infolgedessen das Natriumhydroxyd gehindert würde, in die Tiefe zu dringen; dadurch würde die Desinfektionswirkung vermindert. Anderseits konnte man auch annehmen, daß die Erhöhung der bactericiden Kraft des freien Alkalis durch den Salzzusatz auch im Fellinnern zur Geltung käme. Welcher von beiden Vorgängen die Überhand gewinnt, konnte nur das bakteriologische Experiment entscheiden (s. Tabelle VII, Seite 115).

Zu den Versuchen wurde nur ½%ige Natronlauge verwendet, der 0,7, 1,0, 5,0 und 10,0 Gewichtsprozent Kochsalz zugesetzt wurden.

Die 0,5%ige Natronlauge tötete bei einem Zusatz von

1% Kochsalz die Milzbrandsporen

an Rinderhautstücken in 72 Stunden bei 16 Versuchen 15mal (einmal in 96 Stunden),
„ Schaffellstücken „ 72 „ „ 3 „ 2mal ( „ erst in 120 „ ).

5% Kochsalz die Milzbrandsporen

an Rinderhautstücken in 72 Stunden bei 16 Versuchen 15mal (einmal erst in 120 Stunden),
„ Schaffellstücken „ 72 „ „ 3 „ 3mal.

Tabelle VII. Einwirkung 0,5%iger Natronlauge mit verschiedenen Kochsalzzusätzen auf die Milzbrandsporen an Rinderhaut-, Schaf- und Ziegenfellstücken.

| Fell | Gehalt der Lösung an | | Versuchsreihe | Bakteriologischer Befund nach einer Einwirkung der desinfizierenden Lösung von | | | | | | Weitere Befunde |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 48 Stunden | | 72 Stunden | | 96 Stunden | | |
| | | | | Probe | | Probe | | Probe | | |
| | Natriumhydroxyd % | Kochsalz % | | I | II | I | II | I | II | |
| Rind W | 0,5 | 0,7 | 192 | Mi* | — | — | — | — | — | |
| Rind O | 0,5 | 0,7 | 193 | — | — | — | — | — | — | |
| Rind B | 0,5 | 0,7 | 194 | Mi | — | — | — | — | — | |
| Rind NII | 0,5 | 0,7 | 195 | Mi* | — | — | — | — | — | |
| Schaf | 0,5 | 0,7 | 196 | — | — | — | — | — | — | |
| | | | Wolle | — | | — | | — | | |
| Ziege | 0,5 | 0,7 | 197 | — | | — | | Mi* | — | |
| | | | Haare | — | | — | | — | | |
| Rind W | 0,5 | 1,0 | 216 | | | — | Mi* | — | — | Nach 120 und 144 Stunden 2 bezw. 3 Proben negativ. |
| | 0,5 | 1,0 | 258 | — | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 5,0 | 217 | | | — | — | — | — | Ebenso. |
| | 0,5 | 5,0 | 259 | — | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 10,0 | 218 | | | — | — | — | — | Ebenso. |
| | 0,5 | 10,0 | 260 | — | — | — | — | — | — | |
| Rind O | 0,5 | 1,0 | 210 | — | Mi* | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 1,0 | 261 | — | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 5,0 | 211 | — | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 5,0 | 262 | — | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 10,0 | 212 | — | Mi* | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 10,0 | 263 | — | V | — | — | — | — | |
| Rind B | 0,5 | 1,0 | 219 | | | — | — | — | — | Nach 120 und 144 Stunden je 3 Proben negativ. |
| | 0,5 | 5,0 | 220 | | | — | — | — | Mi* | Ebenso. |
| | 0,5 | 10,0 | 221 | | | — | — | — | — | Ebenso. |
| Rind NII | 0,5 | 1,0 | 213 | Mi* | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 1,0 | 255 | — | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 5,0 | 214 | — | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 5,0 | 256 | — | — | — | — | — | — | |
| | 0,5 | 10,0 | 215 | — | — | Mi | — | Mi | Mi* | |
| | 0,5 | 10,0 | 257 | — | Mi* | — | — | — | — | |
| Schaf | 0,5 | 1,0 | 222 | | | — | — | — | Mi* | Nach 120 und 144 Stunden negativ (je 2 Proben). |
| | | | Wolle | | | — | | — | | Ebenso (je 1 Probe). |
| | 0,5 | 5,0 | 223 | | | — | — | — | — | Ebenso (je 2 Proben). |
| | | | Wolle | | | — | | — | | Ebenso (je 1 Probe). |
| | 0,5 | 10,0 | 224 | | | — | | — | | Ebenso. |
| | | | Wolle | | | — | | — | | Ebenso. |

10% Kochsalz die Milzbrandsporen
an Rinderhautstücken in 72 Stunden bei 16 Versuchen 14mal (2mal nicht in 96 Stunden),
„ Schaffellstücken „ 72 „ „ 3 „ 3mal.

Die keimtötende Kraft der Natronlauge gegenüber den Milzbrandsporen in den Fell- und Hautstücken war bei Kochsalzzusatz besser als ohne Salzzugabe; denn die Abtötung des Virus erfolgte innerhalb von 72 Stunden in einer relativ größeren Zahl von Versuchen als bei der Anwendung von reiner Natronlauge.

Ein Zusatz von 5—10% Kochsalz ist daher mit Rücksicht auf den Desinfektionserfolg ohne weiteres zulässig, wenn er sich der Verarbeitung der Häute wegen als nötig erweisen sollte.

**Anwendung der Conradischen Ölstabmethode zur Isolierung der Milzbrandsporen.**

Bei einem Teil der Versuche wurde vergleichend geprüft, ob durch Petrolätherausschüttelung, Aufnahme der Petrolätherschicht durch ölgetränkte Watte mit einer Filtrierpapierhülle und Abstreichen der dieser Hülle anhaftenden Keime auf Agarplatten eine Isolierung der gesuchten Keime auch dann gelingt, wenn die früher angewandte unmittelbare Verteilung des Fellteilchenbreis auf den Platten versagt, und ob dabei die Aufnahme der Keime eine so elektive ist, daß mit Überwucherung durch andere Arten nicht mehr in dem Maße wie früher gerechnet zu werden braucht, so daß eine geringere Zahl von Platten genügt.

Zu dem Zweck wurden von der Emulsion des fein zerschnittenen und im Porzellanmörser zermahlenen Fellstückchens zunächst in der früher beschriebenen Weise mehrere Platten bestrichen; dann wurde der übrige Teil der Emulsion in zwei sterile Pulverfläschchen mit gut eingeschliffenem Glasstopfen je zur Hälfte eingefüllt und $1^1/_2$ ccm Petroläther zugegeben; die Fläschchen wurden etwa 2 Minuten lang gut durchgeschüttelt und der Inhalt des einen Fläschchens unmittelbar in Zentrifugengläser eingefüllt und auf der Wasserzentrifuge bei etwa 1500 Umdrehungen in der Minute 20 Minuten lang ausgeschleudert, um die Hautpartikelchen und Haare, die sich bei bloßem Umschütteln der Fläschchen meist an der Petroläther-Wasser-Grenzschicht ansammeln, zum Absetzen zu bringen; dies wurde durch das Zentrifugieren nicht immer erreicht.

Nun wurde die Petrolätherschicht aus dem Fläschchen und dem Zentrifugenglas mit je einem Ölstab abgehoben und die Filtrierpapierumhüllung auf je zwei, später auf einer Agarplatte verrieben.

Die Ergebnisse der Versuche sind in Tabelle VIII dargestellt. „+“ bedeutet, daß eine kleine, „+ +“, daß eine mittlere, „+ + +“, daß eine große Zahl von Milzbrandkolonien auf den Platten bei Anwendung einer der drei Isolierungsmethoden festgestellt wurde, „—“, daß kein Milzbrandkeim gefunden wurde.

Tabelle VIII. Vergleich der Ergebnisse der Milzbrandfeststellung bei unmittelbarem Ausstrich der Hautteilchenemulsion und bei Anwendung der Petrolätherausschüttelung mit und ohne Zentrifugieren.

| Fell | Gehalt der Lösung an Natriumhydroxyd % | Probe | Versuchsreihe | Bakteriologischer Befund nach der Einwirkung der desinfizierenden Lösung von 48 Stunden | | | 72 Stunden | | | 96 Stunden | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | direkter Ausstrich | Petrolätherschicht abgenommen: nach bloßem Schütteln | Petrolätherschicht abgenommen: nach Zentrifugieren | direkter Ausstrich | Petrolätherschicht abgenommen: nach bloßem Schütteln | Petrolätherschicht abgenommen: nach Zentrifugieren | direkter Ausstrich | Petrolätherschicht abgenommen: nach bloßem Schütteln | Petrolätherschicht abgenommen: nach Zentrifugieren |
| Fell | 0,5 | I | 264 | | | | | | | − | − | |
| | | II | | | | | | | | − | − | |
| | 1,0 | I | 267 | | | | | | | − | − | |
| | | II | | | | | | | | − | − | |
| Rind O | 0,5 | I | 266 | | | | | | | − | + + | |
| | | II | | | | | | | | − | + + + | |
| | 0,5 | I | 272 | + + + | + + + | + + + | + + | + + | + | | | |
| | | II | | − | − | − | + + + | + + + | + + + | | | |
| | 0,5 | I | 274 | + + | − | + + + | + + + | + + + | + + + | | | |
| | | II | | + | + + + | + + + | + + + | + + + | + + + | | | |
| | 0,5 | I | 287 | | | | − | − | − | − | + | − |
| | | II | | | | | − | − | − | − | − | − |
| | 0,5 | I | 288 | | | | − | + | − | + + | + + | + + |
| | | II | | | | | + | − | − | − | − | − |
| | 1,0 | I | 273 | − | − | − | − | − | − | | | |
| | | II | | − | − | − | − | − | − | | | |
| | 1,0 | I | 286 | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | | II | | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | 1,0 | I | 289 | V | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | | II | | + + + | + + | − | − | − | − | − | − | − |
| | 0,5 | I | 265 | | | | | | | − | − | |
| | | II | | | | | | | | − | − | |
| Rind N II | 0,5 | I | 275 | − | + + | − | + + + | + + | + + + | + | + + | − |
| | | II | | − | + + | − | V | + + | + + + | + | + | − |
| | 0,5 | I | 276 | − | + + | − | − | − | − | + + + | + + + | + + |
| | | II | | + | + | − | − | − | + (1 Kol.) | − | − | − |
| | 0,5 | I | 283 | | | | − | − | − | − | − | − |
| | | II | | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | 0,5 | I | 285 | | | | + + + | + + + | + | + + + | + + + | + + + |
| | | II | | + + | − | − | − | − | − | | | |
| | 1,0 | I | 268 | | | | | | | − | − | − |
| | | II | | | | | | | | − | − | − |
| | 1,0 | I | 277 | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | | II | | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | 1,0 | I | 284 | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | | II | | − | − | − | − | − | − | | | |
| | 1,0 | I | 290 | − | − | − | − | − | − | | | |
| | | II | | − | + | − | − | − | − | | | |

Fortsetzung von Tabelle VIII.

| Fell | Gehalt der Lösung an Natriumhydroxyd % | Probe | Versuchsreihe | Bakteriologischer Befund nach der Einwirkung der desinfizierenden Lösung von 48 Stunden | | | 72 Stunden | | | 96 Stunden | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | direkter Ausstrich | Petrolätherschicht abgenommen nach bloßem Schütteln | Petrolätherschicht abgenommen nach Zentrifugieren | direkter Ausstrich | Petrolätherschicht abgenommen nach bloßem Schütteln | Petrolätherschicht abgenommen nach Zentrifugieren | direkter Ausstrich | Petrolätherschicht abgenommen nach bloßem Schütteln | Petrolätherschicht abgenommen nach Zentrifugieren |
| Ziege | 0,5 | I | 270 | | | | | | | — | — | |
| | | II | | | | | | | | — | — | |
| | 0,5 | I | 279 | | | | — | — | — | — | — | — |
| | | II | | | | | + | — | — | — | — | — |
| | 0,5 | I | 280 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | II | | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 0,5 | I | 281 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | II | | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1,0 | I | 278 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | II | | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | 1,0 | I | 282 | — | — | — | — | — | — | | | |
| | | II | | — | — | — | — | — | — | | | |

Bei 28 von 119 untersuchten Proben wurde ein Wachstum von Milzbrandkeimen festgestellt; davon ergaben 11 bei allen drei Nachweismethoden ein übereinstimmendes Ergebnis. Ein weiteres Mal waren die Agarplatten mit dem unmittelbaren Ausstrich der Emulsion völlig von dicht wachsenden anderen Kolonien überwachsen, während die mit den Ölstäben angelegten Ausstriche reichliches Wachstum von Milzbrandkolonien zeigten.

Fünfmal waren auf den Platten mit den unmittelbaren Emulsionsausstrichen und auf einer der beiden Ölstabplatten übereinstimmend Milzbrandkolonien; dabei wurden häufiger aus der Petrolätherschicht im Fläschchen als aus der im Zentrifugenglas die gesuchten Keime isoliert.

Achtmal ergab die Ölstabmethode ein positives Resultat, während in den direkten Emulsionsausstrichen keine Milzbrandkolonien gefunden wurden; und zwar erwies sich auch hier das Zentrifugieren für die Isolierung nicht förderlich.

Umgekehrt wurden in drei Versuchen in den direkten Ausstrichen der Emulsionen Milzbrandkolonien festgestellt, nicht aber in den Ausstrichen der Petrolätherschichten.

Eine unbedingte Überlegenheit der Ölstabmethode in der Sicherheit des Nachweises der Milzbrandbacillen aus Hautteilchenemulsionen gegenüber der direkten Anlegung von Ausstrichen aus dem Hautteilchenbrei besteht demnach nicht; 8 nur beim Ölstabausstrich positiven Resultaten stehen 3 nur beim unmittelbaren Ausstrich erhaltene gegenüber.

Dagegen hat die Petrolätherausschüttelung ohne Frage den Vorzug vor dem unmittelbaren Ausstreichen der Emulsion, daß eine große Zahl von Keim-

arten bei ihrer Anwendung überhaupt nicht auf die Platten kommen, da sie in der Wasserschicht bleiben und nicht in die Petroläther-Wasser-Grenzschicht heraufkommen.

Dabei handelt es sich namentlich um Bakterienarten, die sonst in dicken zusammenhängenden Rasen die Agarplatten überwuchern, die Milzbrandkolonien völlig überwachsen oder ihre Isolierung schwierig machen. In der Tat wurden bei der Petroläther-Ausschüttelung nie Platten erhalten, die wegen „Verunreinigung" unbrauchbar gewesen wären, was beim direkten Ausstrich der Emulsion nicht selten vorkommt.

Die Milzbrandkolonien lagen bei den Ölstabausstrichen fast immer ganz isoliert und öfters wurden Platten erhalten, auf denen nur Milzbrandkeime gewachsen waren. Es wurde daher später nur noch eine Platte mit dem Ölstab bestrichen.

Die Petrolätherausschüttelung hat daher vor dem unmittelbaren Ausstrich der Emulsion den Vorzug einer etwas größeren Sicherheit der Isolierung etwa vorhandener Keime; vor allem aber den der größeren Bequemlichkeit. Denn die Mühe der Ausschüttelung der Emulsion mit Petroläther wird reichlich aufgewogen dadurch, daß statt 6—9 Platten für jedes Fellstückchen deren nur 1—2 nötig sind und daß die Erkennung und Abimpfung verdächtiger Kolonien in vielen Fällen einfacher ist, als bei den Platten, die mit der Emulsion unmittelbar bestrichen sind.

**Zusammenstellung der Ergebnisse der bakteriologischen Versuche.**

Bei Einwirkung der 0,5%igen Natronlauge waren die Milzbrandsporen abgetötet

an und in Rinderhautstücken

in weniger als 72 Stunden 35mal (nicht in 72 Stunden 29mal),
„ „ „ 96 „ 44mal ( „ „ 96 „ 18mal),
„ „ „ 120 „ 50mal ( „ „ 120 „ 1mal);

an und in Schaffellstücken und der Wolle

in weniger als 72 Stunden 17mal (nicht in 72 Stunden einmal),
in 96 Stunden in allen 18 untersuchten Proben;

an und in Ziegenfellstücken und den Haaren

in weniger als 72 Stunden 15mal (nicht in 72 Stunden 4mal),
„ „ „ 96 „ 17mal ( „ „ 96 „ 2mal).

Durch 1%ige Natronlauge waren die Milzbrandsporen abgetötet

an und in Rinderhautstücken

in weniger als 48 Stunden 28mal (nicht in 48 Stunden 4mal),
„ „ „ 72 „ 38mal ( „ „ 72 „ 3mal),
„ „ „ 96 „ 39mal ( „ „ 96 „ 2mal);

an und in Schaffellstücken und Wolle

in weniger als 48 Stunden 6mal,
„ „ „ 72 „ in allen untersuchten 10 Proben;

an und in Ziegenfellstücken und Haaren

in weniger als 48 Stunden 9mal,
„ „ „ 72 „ in allen untersuchten 12 Proben.

In ½%iger Natronlauge mit 1% Kochsalzzusatz waren die Milzbrandsporen abgetötet

an und in Rinderhäuten
in weniger als 72 Stunden 15mal (nicht in 72 Stunden 1mal),
„ „ „ 96 „ in allen untersuchten 18 Proben;

an und in Schaffellstücken und Wolle
in weniger als 72 Stunden 2mal (nicht in 72 Stunden 1mal),
„ „ „ 120 „ in allen untersuchten 3 Proben.

Durch ½%ige Natronlauge mit 5% Kochsalzzusatz waren die Milzbrandsporen abgetötet

an und in Rinderhautstücken
in weniger als 72 Stunden 15mal (nicht in 72 Stunden 1mal),
„ „ „ 96 „ 16mal ( „ „ 96 „ 1mal),
„ „ „ 120 „ in allen untersuchten 17 Proben;

an und in Schaffellstücken und Wolle
in weniger als 72 Stunden in allen untersuchten 3 Proben.

Durch ½%ige Natronlauge mit 10% Kochsalzzusatz waren die Milzbrandsporen abgetötet

an und in Rinderhäuten
in weniger als 72 Stunden 14mal (nicht in 72 Stunden 2mal),
„ „ „ 96 „ 16mal ( „ „ 96 „ 2mal);

an und in Schaffellstücken und Wolle
in weniger als 72 Stunden in allen 3 untersuchten Proben.

Die Zusammenstellung zeigt, daß sich auch bei der Natronlaugebehandlung der Häute und Felle sehr wohl bestimmte Minimalzeiten aufstellen lassen, innerhalb derer in der weitaus größten Zahl der Fälle eine Abtötung der Milzbrandsporen gelingt.

Bei der Behandlung mit Natronlauge scheinen für die Abtötung der Milzbrandsporen an Schaf- und Ziegenfellen kürzere Einwirkungszeiten nötig zu sein, als für die Desinfektion der Rinderhäute, während sich bei der Pickelung größere Unterschiede dieser Haut- und Fellarten nicht feststellen ließen.

## Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Es gelingt, durch ½- und 1%ige Natronlauge Milzbrandsporen in Rinderhäuten und Schaf- und Ziegenfellen bei einer Temperatur von 15—20° abzutöten; die keimtötende Wirkung der Lauge wird durch einen Zusatz von 5—10% Kochsalz noch gesteigert.

Die Sporen wurden durch ½%ige Natronlauge mit einem Zusatz von 5—10% Kochsalz bei 72stündiger Einwirkung in fast allen untersuchten Rinderhaut- und Schaffellstücken abgetötet gefunden.

Ähnlich wie bei der Pickelung fanden sich auch bei der Behandlung mit Natronlauge Sporen in vereinzelten Hautstücken selbst nach längerer Einwirkung der Lauge nicht abgetötet.

Es handelt sich dabei um Ausnahmebefunde, mit denen fast immer bei der praktischen Desinfektion zu rechnen ist.

2. Die Behandlung der Häute und Felle mit Natronlauge hätte vor der Pickelung den Vorzug, daß sich dabei Einweichen, Äscherung und Desinfektion in einem Prozesse vornehmen ließen.

3. Ob etwa durch die Behandlung mit Natronlauge von dem angegebenen Gehalt die Verwendbarkeit der Häute und Felle zu einzelnen Lederarten beeinträchtigt wird, konnte im Laboratoriumsversuch nicht festgestellt, muß vielmehr noch durch Versuche in der Praxis geprüft werden.

4. Für die Bindung der Natronlauge durch die Hautbestandteile lassen sich nicht wie bei der Salzsäure bestimmte Beziehungen aufstellen.

Die bakteriologischen Versuche zeigen, daß mindestens das 10fache des Fellgewichts an Lauge anzuwenden ist.

5. In mehreren Versuchsreihen wurde neben dem Ausstreichen der zur Emulsion zerriebenen Hautstückchen auf Agarplatten die sogenannte Ölstäbchenmethode angewandt, die von Conradi zur Isolierung der Diphtheriebacillen aus Rachenausstrich empfohlen worden ist.

Eine unbedingte Überlegenheit bezüglich des sicheren Nachweises der Milzbrandkeime ergab sich bei dieser Methode gegenüber dem bisher angewandten unmittelbaren Ausstreichen der Emulsion nicht. Ein unverkennbarer Vorzug der Petroläther-ausschüttelung ist aber, daß mehrere die Agarplatten schnell überwuchernde Bakterienarten dabei ausgeschaltet werden, daß man daher mit einer kleineren Zahl von Platten auskommen kann und Erkennung und Nachweis der Milzbrandkolonien einfacher und bequemer sind.

# Thelohania corethrae n. sp.,

## eine neue Mikrosporidienart aus Corethra-Larven.

Von

**Dr. A. Schuberg,**
Regierungsrat im Kaiserl. Gesundheitsamte

und

**Dr. Carlos Rodriguez,**
Professor an der Universität Granada.

(Hierzu Tafel III und IV.)

---

In den auf dem Gelände des Kaiserl. Gesundheitsamts in Dahlem gelegenen Versuchsteichen und Becken finden sich während der wärmeren Jahreszeit meist ziemlich viele Larven von *Corethra (Savomyia) plumicornis*. Unter diesen fielen Ende Oktober und Anfang November 1911 einige dadurch auf, daß der sonst glashell durchsichtige Körper eine Anzahl weiße, meist etwa kugelige Einschlüsse enthielt. Merkwürdigerweise waren diese Tiere alle auf ein Zementbecken beschränkt; in zwei, nur wenige Meter davon entfernten Zementbecken und zwei nicht mit Zement ausgekleideten Teichen fehlten sie vollständig. Die Untersuchung unter dem Mikroskop bestätigte den sofort aufgetauchten Verdacht, daß es sich um eine Infektion mit Mikrosporidien handeln möchte, und zwar mit einer Art, die, wie sich ergab, bisher noch nicht beschrieben worden ist. Da es damals nicht möglich war, die Parasiten sofort eingehender zu untersuchen, wurde eine Anzahl der infizierten Tiere konserviert, um wenigstens die Untersuchung später vornehmen zu können. Ebenso wurden einige Skizzen und Photographien angefertigt. Da leider mit Rücksicht auf den bald eintretenden Frost die Zementbecken entleert und eingedeckt werden mußten, war es auch unmöglich, die Tiere im Freien weiter zu beobachten. Es wurden daher so viele wie möglich herausgefangen und im Aquarium gehalten, wo sie jedoch allmählich abstarben. In das gleiche Aquarium wurden sehr viele nicht infizierte Larven mit eingesetzt, um, wenn möglich, eine Infektion derselben zu erzielen. Obwohl sich jedoch viele nicht infizierte Larven bis zum nächsten Frühjahr lebend erhielten, wurden niemals neu infizierte Tiere gefunden. Unter den bei Füllung des Zementbeckens im Frühjahr bald wieder erscheinenden Larven gelang es ebenfalls nicht mehr, von den Mikrosporidien befallene Tiere zu beobachten, obwohl der ganze Inhalt des Aquariums in dieses Becken eingegossen worden war. Auch in den folgenden beiden Jahren wurden infizierte Larven nicht mehr beobachtet.

Die nachfolgende Untersuchung beschränkt sich daher im wesentlichen auf die Beobachtungen an dem 1911 konservierten Material.

## Technik.

Als Fixierungsmittel diente Gilsonsche Flüssigkeit (Sublimat-Salpetersäure-Essigsäure-Alkohol). Ausstriche des fixierten Materials erwiesen sich als wenig vorteilhaft; wir waren daher fast ganz auf die Untersuchung von Schnitten angewiesen (Paraffineinbettung). Zur Färbung diente vorwiegend die Giemsasche Methode nach dem von Schuberg für Schnittfärbung angegebenen Verfahren (Schuberg, 1909 und 1910). Färbungen mit Eisenhämatoxylin nach Heidenhain wurden ausgeführt, aber wegen der oft schwierigen Beurteilung der verschiedenen Extraktionseffekte wenig verwertet.

Ein Wort der Erläuterung erfordern die von den ganzen infizierten Larven wiedergegebenen Photographien (Fig. 1 und 2).

Da die Zartheit und Durchsichtigkeit des Larvenkörpers und die dagegen sich scharf abhebenden, im auffallenden Lichte kreideweiß erscheinenden Parasitenmassen bei Wiedergabe auf dunkelm Grunde besser zur Geltung kommen, schien es wünschenswert, sie in dieser Weise abzubilden. Ein Versuch zeigte jedoch, daß sich Photographien im auffallenden Lichte, die dies wiedergeben würden, nicht herstellen lassen, da die zarten Umrisse zu wenig auf die Platte wirken. Es wurden daher von Aufnahmen in durchfallendem Lichte Diapositive hergestellt und von diesen Kopien angefertigt, die nun also ein weißes Bild auf dunkelm Grunde zeigen. Da auch diese Bilder zum Teil noch ziemlich feine Linien zeigen, wurden sie durchretuschiert, indem die einzelnen Linien, soweit erforderlich, nachgezogen wurden. Die Parasitenmassen, die bei der Aufnahme im durchfallenden Lichte natürlich nur als Silhouetten zur Geltung kamen, konnten jetzt auch durch Schattierung körperlich dargestellt werden. Die Bilder, wie sie jetzt vorliegen, erheben demnach nicht den beurkundenden Beweiswert einer Photographie, sondern stellen Zeichnungen dar, deren Anfertigung mit Hilfe der Photographie wesentlich erleichtert wurde, die aber durch die photographische Grundlage doch wesentlich an Genauigkeit gewonnen haben dürften.

## Sitz der Parasiten im Wirtskörper.

Wie schon eingangs erwähnt, waren die von Parasiten befallenen Larven dadurch aufgefallen, daß sie undurchsichtige, im auffallenden Lichte kreideweiß erscheinende Einschlüsse enthielten. Diese Erscheinung beruht zweifellos auf dem starken Lichtbrechungsvermögen der Sporen, die bei allen Tieren schon vorhanden waren. Sie wird auch für andere Fälle von Mikrosporidien-Infektionen bei Arthropoden berichtet, so von L. Pfeiffer für die mit *Thelohania mülleri* (L. Pfr.) *(Glugea mülleri* L. Pfr.) befallenen *Gammarus pulex* L. und die mit *Plistophora coccoidea* (L. Pfr.) und *Pl. obtusa* (Monz.) infizierten Daphnien (1895, S. 56, 65 und 67), von Léger (1897), Strickland (1911) und Debaisieux (1913) für *Glugea varians* aus Larven von *Simulium*, von Hesse (1903) für *Gurleya legeri* aus Larven von *Ephemerella ignita*, von Léger und Hesse (1910) für *Telomyxa glugeiformis* aus Larven von *Ephemera vulgata* u. a. m.

Bei Betrachtung der Parasitenmassen fällt sofort auf, daß sie nicht den ganzen Körper der *Corethra*-Larve erfüllen, sondern kugelige Gebilde darstellen, die zwar oft

zu mehreren zusammenliegen oder auch anscheinend zu größeren Massen verschmelzen, öfter aber auch einzeln bleiben (Fig. 1—5). Besonders häufig sind größere Massen im Thorax unter den Luftsäcken (Fig. 1—4), in dem die hinteren Luftsäcke umschließenden 7., sowie in dem vorhergehenden 6. und dem folgenden 8. Segment des Abdomens (Fig. 1, 3—5). Aber auch im Kopfe bemerkt man zuweilen über den Facettenaugen Massen von Parasiten (Fig. 1). Man beobachtet ferner, daß sowohl diese großen Körper wie die einzelnen Kugeln öfter eine gewisse symmetrische Anordnung zeigen, was besonders deutlich wird, wenn man die Larven von der Dorsalseite her betrachtet (Fig. 4). Schon daraus konnte man vermuten, daß der Sitz der Parasiten nicht die Muskulatur oder die Leibeshöhle, bezw. das Fettgewebe sein kann, wie es bei verschiedenen anderen Mikrosporidienarten von Insekten vorkommt. Der Nachweis, wo die Parasiten wirklich sitzen, war allerdings nicht ganz leicht. Untersucht man nämlich Schnitte von Tieren, bei denen, wie meistens, nur Sporen vorhanden sind, so findet man, daß die großen Massen von Sporen zwar äußerlich eine bestimmte Umgrenzung zeigen, aber doch fast den Eindruck machen, als ob sie in abgegrenzten Teilen der Leibeshöhle oder innerhalb einer den Parasiten selbst angehörenden Cystenmembran lägen. Dies ist aber tatsächlich nicht der Fall. Denn bei genauerer Untersuchung ließ sich zeigen, daß innerhalb der Massen von Sporen große körnige Körper liegen, die sich als stark hypertrophierte Zellkerne erwiesen. Um dies sicher zu erkennen, ist es zweckmäßig, etwas dickere Schnitte zu untersuchen, auf denen die Kerne klarer hervortreten.

Überdies aber gelang es, allerdings nicht häufig, auch frühe Stadien aufzufinden, aus denen mit Klarheit hervorgeht, daß die Mikrosporidien intracelluläre Parasiten sind und in ganz bestimmten Zellen ihren Sitz haben. Die Zellen, in denen sie liegen, sind in jedem Segmente nahe dem Dorsalgefäß in paariger Anordnung vorhanden. Nach ihrem ganzen Aussehen glauben wir sie als Önocyten[1]) in Anspruch nehmen zu müssen. So erklärt sich auch die symmetrische Anordnung der kugeligen Parasitenmassen. Ob die größere Anhäufung in bestimmten Segmenten auf einem größeren Reichtum dieser Segmente an Önocyten beruht, könnte nur auf Grund einer genaueren Feststellung über die Verteilung der Önocyten im normalen Tiere erwiesen werden, die wir nicht ausgeführt haben, da sie eine besondere Untersuchung erfordern würde.

Die einzeln liegenden kugeligen Parasitenmassen sind also, und das ist von besonderem Interesse, keine Parasitencysten, sondern einzelne hypertrophierte Zellen, in denen sich ein richtiger hypertrophierter Kern nachweisen läßt. Die Mikrosporidien der *Corethra*-Larven bilden daher ein ganz besonders klares und lehrreiches Beispiel für die durch den Parasitismus von Mikrosporidien bedingte Zellhypertrophie, wie sie nun schon für verschiedene Arten nachgewiesen ist: so bei *Nosema bryozoides* (Korotneff), bei *Glugea lophii* (Mrazek, Weißenberg), bei *Myxocystis ciliata* (Mrazek), bei

---

[1]) Es könnten höchstens noch „Perikardialzellen“ in Betracht kommen. Herr Professor Dr. Heymons, der so freundlich war, einige Präparate von nicht infizierten *Corethra*-Larven anzusehen, ist ebenfalls der Ansicht, daß es sich um Önocyten handelt.

*Thelohania chaetogastris* (Schröder), bei *Plistophora longifilis* (Schuberg), bei *Gurleya francottei* (Léger und Dubosq).

Bei der starken Hypertrophie der Zellen ist schließlich vom Protoplasma so gut wie nichts mehr zu erkennen; die reifen Sporen der Mikrosporidien, und auch schon die vorhergehenden Stadien der Entwicklung liegen scheinbar frei nebeneinander, und nur die Oberfläche der Zellen erweckt noch den Anschein einer Art Cystenmembran. Der hypertrophierte Kern zeigt eine außerordentlich bedeutende Vergrößerung und seine Umrisse sind oft gelappt, wie es von Schuberg für die im Hoden der Barbe lebende *Plistophora longifilis* nachgewiesen wurde. Wie dort, ist auch bei den *Corethra*-Larven eine Vermehrung des Chromatins eingetreten, das in Form von Krümeln und Körnern dem netzigen Kerngerüst aufliegt; ebenso sind auch hier anscheinend die Nucleolen vermehrt.

---

## Entwicklung.

Für die Erkenntnis der Entwicklungsvorgänge war es von großem Wert, daß es gelang, einige nur schwach infizierte Zellen aufzufinden, die noch keine stärkere Hypertrophie zeigten. Daraus konnte mit Sicherheit geschlossen werden, daß die in diesen Zellen eingeschlossenen Parasiten jüngere Stadien sein mußten, und es konnte somit festgestellt werden, welche der zahlreichen und mannigfaltigen Entwicklungsstadien als die frühesten aufgefaßt werden müssen.

Von vornherein mag bemerkt werden, daß die Entwicklung sich in zwei Zyklen abspielt, von denen der eine als Schizogonie, der andere als Sporogonie bezeichnet werden kann. Die Stadien dieser beiden Zyklen unterscheiden sich verhältnismäßig leicht dadurch, daß die der Schizogonie bei Behandlung mit Giemsalösung sich viel dunkler färben, als die der Sporogonie; sie erscheinen bei intensiver Färbung ziemlich dunkelblau. Dies beruht wohl nicht nur allein, oder vielleicht sogar weniger auf einer stärkeren Aufnahme des Farbstoffes, sondern darauf, daß das Protoplasma verhältnismäßig kleine Alveolen besitzt, die anscheinend in dichter strukturierten Partien eingeschlossen sind. Bei den Stadien der Sporogonie dagegen tritt eine Vergrößerung der einzelnen Alveolen und stärkere Vakuolisierung ein, worauf noch zurückzukommen sein wird.

Die jüngsten intracellulär gefundenen Stadien, die stets im Protoplasma, niemals im Kern der Önocyte liegen, sind kleine Kugeln, die in der Regel zwei mit Giemsalösung stark rot färbbare Kerne umschließen (Fig. 8). Mitunter scheint nur ein Kern vorhanden zu sein. Es ließ sich aber nicht immer mit Sicherheit ausschließen, ob es sich nicht um zwei dicht aufeinander liegende Kerne handelt. Jedenfalls sind die Kerne einander oft so genähert, daß sie nur schwer zu unterscheiden sind. An diese Stadien, die übrigens leicht mit Teilen späterer Stadien, die beim Schneiden von diesen abgetrennt wurden, verwechselt werden können, reihen sich zunächst länglich ovale Formen, bei denen der Kern an die beiden Pole gerückt ist. Gleichzeitig beginnt die Teilung der Kerne in je zwei, die aber vorerst an den

Polen noch nahe beieinander liegen bleiben (Fig. 9, 10). Darauf zieht sich der ganze Parasit in die Länge und bildet eine allerdings nicht sehr tief einschneidende Ringfurche (Fig. 11, 12). In jeder der beiden Hälften, die zunächst noch durch eine breite Brücke verbunden bleiben, rücken die Kerne in einer zu der ersten Teilungsachse senkrechten Richtung auseinander (Fig. 13, 14). Die Kerne teilen sich nun abermals, so daß ein achtkerniges, oder, da die Kerne wieder paarweise zusammen liegen bleiben, richtiger ein zweimal vierkerniges Stadium entsteht (Fig. 15, 16). Man kann bei genauer Beobachtung feststellen, daß die Kerne nicht alle genau in einer Ebene liegen; die Verbindungslinien der der gleichen Körperhälfte angehörenden Kernpaare sind nicht parallel, sondern kreuzen einander. Dies ist z. B. in Fig. 15 zu erkennen, wo das eine Kernpaar (links unten) tiefer liegt. Die beiden Körperhälften ziehen sich nun in der gleichen Richtung noch mehr aus, so daß der ganze Körper ungefähr x-förmig wird (Fig. 16); dabei tritt eine gewisse Drehung der Kernpaare ein. Auf diese Weise entsteht schließlich eine kreuzartig angeordnete Figur mit vier kugeligen, in der Mitte durch eine breite Protoplasmabrücke verbundenen Körpern, deren jeder zwei Kerne enthält. Das Kreuz ist insofern nicht ganz regelmäßig, als die durch die Kerne bestimmten Symmetrieebenen der einzelnen Kugeln etwas gegeneinander gedreht sind (Fig. 17, vergl. die obere und untere Kugel). Schließlich entwickelt sich aus diesem Stadium eine Rosette von 8 Kugeln, deren jede zwei Kerne enthält (Fig. 18 und 19). Wie die achtteilige Rosette aus der vierteiligen entsteht, konnte bisher nicht festgestellt werden; vermutlich teilen sich die einzelnen Kugeln der vierteiligen Rosette in ähnlicher Weise wie es früher bei dem zweiteiligen Stadium der Fall war.

Über die Art der Kernteilung konnten wegen der Kleinheit des Objektes genauere Beobachtungen nicht gemacht werden. Wir glauben jedoch, daß es sich stets um direkte Kernteilungen handelt. Irgendwelche Bilder, die Anhaltspunkte für das Vorhandensein einer Mitose gäben, wurden jedenfalls nicht gefunden.

Bemerkenswert ist, daß der ganze Vermehrungsvorgang der Schizogonie mit einem andauernden Wachstum einhergeht. Sobald die Größe des Ausgangsstadiums über ein gewisses Maß hinausgeht, beginnt die Kernvermehrung (Fig. 9), und bis das Endstadium, die achtteilige Rosette, erreicht ist (Fig. 18, 19), hat sich das Volumen des Protoplasmas um das achtfache vermehrt, da jedes Teilstück der Rosette die Größe des Ausgangsstadiums besitzt. Dieser Vermehrung des Volumens entspricht die Vermehrung der Kerne, deren Zahl ebenfalls achtmal so groß geworden ist.

Bei dem letzten Stadium der Schizogonie, der achtteiligen Rosette, wird schließlich die Verbindung der einzelnen, in der Mitte noch miteinander zusammenhängenden Teilstücke stielartig ausgezogen (Fig. 19): die Rosette zerfällt in acht je zweikernige Kugeln.

Ob nun diese Kugeln wieder die gleiche Entwicklung, wie vom Ausgangspunkt der Entwicklung an, durchlaufen, konnte, wie das ja in solchen Fällen die Regel darstellt, nicht unmittelbar ermittelt werden. Man darf aber wohl annehmen, daß dies auch hier zutrifft, da sonst die starken Infektionen der einzelnen Wirtszellen, in denen schließlich ungeheure Massen von Parasiten enthalten sind, nicht gut zu erklären wären. Es wird also wohl auch hier eine Wiederholung der Schizogonie stattfinden.

Jedenfalls aber bildet die achtteilige Rosette auch den Ausgangspunkt für die weitere Entwicklung, die Sporogonie.

Zunächst findet man öfter mehrere Kugeln so dicht und in derartiger Weise zusammenliegen, daß man kaum daran zweifeln kann, daß sie gemeinsam aus einer Rosette entstanden sind; vor allem geht dies daraus hervor, daß die Kerne der meisten von ihnen noch die ursprüngliche, von dem Mittelpunkt der Rosette abgewendete Lage besitzen. In Fig. 20 sind vier derartige Kugeln abgebildet; zwei weitere, die in dem gleichen Schnitte nur teilweise getroffen waren, sind weggelassen. Was weiterhin beweist, daß diese Stadien sich an die Rosetten anschließen, ist die noch etwas stärkere Färbung und die Art der Vakuolisierung, die sich noch im Anfangsstadium befindet. Häufig tritt eine größere mittlere Vakuole stärker hervor (Fig. 20). Jede dieser Kugeln enthält zwei Kerne, die, wie bei den Teilstücken der Rosetten, zunächst noch nahe beieinander liegen.

Derartige Kugeln findet man nun in großer Anzahl auch einzeln, bezw. in nicht mehr regelmäßiger Anordnung nebeneinander liegen. Bei ihnen ist dann die Vakuolisierung meist noch weiter fortgeschritten, derart, daß zwischen den einzelnen Vakuolen oft nur noch dünne Scheidewände oder Flächen ausgespannt erscheinen (Fig. 21—24). Eine etwas stärkere Ansammlung von Protoplasma umschließt in der Regel die beiden Kerne (s. besonders Fig. 22 und 23). Mitunter bemerkten wir derartige Kugeln, die nur einen kugeligen Kern zu enthalten schienen; es war jedoch nie mit Sicherheit auszuschließen, ob etwa nur der eine Kern durch den anderen verdeckt wurde oder ein Kern durch den Schnitt abgetrennt worden war. In manchen Fällen erschienen beide Kerne nicht, wie in der Regel, kreisförmig, sondern mehr länglich oval bis stabförmig (Fig. 22). Vermutlich beruht dieses Bild darauf, daß die Kerne abgeflacht und in diesem Falle mit der Fläche der Scheiben einander zugekehrt sind. Die Aneinanderlagerung der Kerne ist gelegentlich so dicht, daß der Anschein einer Kernteilung entsteht. Formen, wie die in Fig. 25 abgebildete können sogar wohl nur auf einer Kernteilung oder Kernverschmelzung beruhen. In einzelnen Fällen bemerkten wir auch langgestreckte Kerne mit undeutlich und unregelmäßig spindelartiger Form.

Wir glauben, daß unsere Beobachtungen über diese Stadien vielleicht nicht ganz vollständig sind. Nach Analogie mit vielen anderen Protozoen könnte man vermuten, daß ungefähr auf diesem Stadium geschlechtliche Vorgänge sich abspielen müßten, die ja in der Regel zwischen Schizogonie und Sporogonie eingeschaltet sind. Leider liegen uns indessen hierüber bestimmte Beobachtungen nicht vor.

Jedenfalls aber, mag nun ein einkerniges Stadium oder irgend welche Befruchtungsvorgänge, vielleicht Autogamie, zwischen Schizogonie und Sporogonie eingeschaltet sein: den Ausgangspunkt der weiteren Entwicklung der Sporogonie bildet ebenfalls wieder ein zweikerniges Stadium. Zunächst rücken die beiden Kerne weiter auseinander. Dabei entstehen interessante Bilder, die den Anschein einer Mitose erwecken (Fig. 26 und 27). Die beiden stark gefärbten Kerne liegen an den Polen eines langgestreckten protoplasmatischen Stranges (Fig. 26). In einem späteren Stadium ist der Strang in der Mitte zu einem feinen Faden ausgezogen (Fig. 27). Schließlich

sind die beiden Kerne vollständig voneinander getrennt (Fig. 28). Daß diese Stadien keine Mitosen sind, glauben wir daraus schließen zu müssen, daß die Kerne ja schon vor ihrem Beginn in der Zweizahl vorhanden sind. Unserer Ansicht nach handelt es sich vielmehr um die Teilung der stärkeren Protoplasmaansammlung, in der die Kerne in der sonst stark vakuolisierten Kugel liegen.

Der Körper streckt sich nun in die Länge. Es kommt jedoch keine vollständige Teilung, sondern nur eine ringförmige Einschnürung zustande, so daß ein ähnliches Stadium wie bei der Schizogonie entsteht. Jeder der beiden Kerne teilt sich alsbald wieder, wobei wieder die gleichen mitoseartigen Figuren entstehen (Fig. 29), deren Bedeutung die nämliche sein dürfte wie bei den vorhergehenden Stadien (Fig. 26 und 27). Auch auf diesem Stadium sind die Teilungsachsen der beiden Kernpaare nicht parallel, sondern gekreuzt (vergl. Fig. 30 und 31), wodurch die nachfolgende Anordnung der sich nun bildenden, in der Mitte mit breiter Fläche verbunden bleibenden vier Teile schon angedeutet wird. Im mikroskopischen Bilde erscheint dieses vierkernige Stadium zunächst etwa nach den Achsen eines Kreuzes angeordnet (Fig. 33, 34); eine genauere Untersuchung ergibt jedoch, daß die Kerne eher derart liegen, daß sie den Ecken eines Tetraëders entsprechen (Fig. 32).

Durch abermalige Teilung der Kerne kommt es zur Bildung eines achtkernigen Stadiums, dessen einzelne Teile zuerst ebenfalls in der Mitte noch zusammenhängen. In der Regel findet sich in der Mitte eine etwas dichtere Anhäufung des Protoplasmas, falls eine solche nicht etwa nur durch die hier stärkere Übereinanderlagerung vorgetäuscht wird (Fig. 37—39). Jedenfalls sind die sich halbkugelig vorwölbenden Partien, in denen die Kerne liegen, etwas stärker vakuolisiert als in der Mitte. Die Kerne selbst erscheinen mitunter ziemlich schmal, fast stabförmig (Fig. 38, 39). Vielleicht beruht dies auch nur darauf, daß eine scheibenförmige Gestalt der Kerne in seitlicher Ansicht dieses Bild ergibt. In seltenen Fällen konnte die Teilung der Kerne beobachtet werden, die bei dem Übergang des vierkernigen in das achtkernige Stadium stattfindet (Fig. 35). Das Chromatin bildet hierbei an den beiden Polen des der Länge nach ausgezogenen und in der Mitte etwas eingeschnürten und heller gefärbten Kernes dunklere, kappenartige Ansammlungen. Ob diese Teilungen als Mitosen aufzufassen sind, oder als Amitosen, ließ sich bei der Kleinheit der Objekte nicht sicher entscheiden. Äquatorialplattenartige Bildungen, die für eine Mitose sprechen würden, wurden nicht gefunden.

An das achtkernige Stadium reiht sich der Zerfall in Sporen an. Bisher war es uns nicht möglich, weitere Einzelheiten dieses Vorgangs, der bei der Kleinheit des Objektes und der Schwierigkeit der technischen Behandlung nur schwer zu beobachten ist, zu ermitteln.

Die Bilder, die man von den Sporen selbst im Schnittpräparat erhält, sind, wie bei allen Mikrosporidien, namentlich bei solchen mit kleinen Sporen, außerordentlich mannigfaltig. Wir verzichten darauf, die Frage des Baues der Sporen an dieser Stelle genauer zu erörtern. Es erscheinen uns hierzu Arten mit größeren Sporen besser geeignet. Wir fanden jedoch, und zwar in manchen Präparaten fast durchaus regelmäßig, Bilder, die mit jenen übereinstimmen, die Schuberg für die Sporen von

*Plistophora longifilis* beschrieben und Ohmori für jene von *Nosema bombycis* bestätigt hat. Jedenfalls ist auch hier das Protoplasma schließlich auf eine schmale, dem einen Pole genäherte ringförmige Zone beschränkt, welche einen Kern umschließt (Fig. 40, 41). Bei Betrachtung dieser Zone von dem Pole der Spore aus zeigt sich, daß der Kern exzentrisch liegt (Fig. 42). Die Gestalt der Sporen selbst ist die übliche birnförmige. Eine besondere Polkapsel ließ sich nicht nachweisen. Wenn der Polfaden, was gelegentlich vorkommt, streckenweise gefärbt ist, so liegt er unmittelbar unter der Oberfläche der Sporenmembran. Im Innern der Spore, außerhalb des Protoplasmaringes, finden sich nicht selten mit Giemsalösung purpurrot gefärbte Körner und Krümel. Wir sind der Ansicht, daß es sich auch hier, wie Schuberg früher für *Plistophora* gezeigt hat, nicht um Kerne, sondern um Gerinnungsprodukte des Kapselinhalts handelt.

Nur sehr schwer, und in der Regel nicht bei Anwendung der Giemsafärbung festzustellen ist, daß die zur Bildung der Sporen führenden Stadien von einer sehr feinen Membran umhüllt sind. In seltenen Fällen erschien diese Membran bei Giemsafärbung ganz schwach rosa gefärbt; etwas deutlicher tritt sie bei Färbung mit Säurefuchsin nach vorheriger Kernfärbung mit Eisenhämatoxylin nach Heidenhain hervor. Wir konnten sie noch beobachten, wenn schon acht Kerne vorhanden waren. Sie scheint jedoch bei Bildung der Sporenmembran zu verschwinden. Mitunter findet man die ausgebildeten Sporen noch in einzelnen Gruppen zusammenliegen; anscheinend werden sie jedoch sehr bald nach Zerstörung der dünnen Membran unregelmäßig verteilt. Bei stark hypertrophierten Wirtszellen, die über und über mit reifen Sporen erfüllt sind, findet man in der Regel keine regelmäßige Zusammenlagerung von Sporen mehr. Man muß wohl, auch wenn die Entwicklung einer Hülle nur vorübergehend und in schwacher Ausbildung auftritt, die Entwicklung der vorliegenden Form als eine Entwicklung unter Bildung eines Pansporoblasten bezeichnen, was namentlich für die Beurteilung der systematischen Stellung wichtig ist.

Von den Stadien der Schizogonie sind alle Stadien der Sporogonie, vor allem alle Vermehrungsstadien, leicht und mit Sicherheit zu unterscheiden. Das Hauptunterscheidungsmerkmal ist der Bau des Protoplasmas, dessen Vakuolisierung die Stadien der Sporogonie als solche sicher kennzeichnet. Aber auch abgesehen von diesem Merkmal ergeben die von uns gefundenen Stadien zwei so scharf geschiedene und in den einzelnen Stadien sich so lückenlos aneinanderreihende Zyklen, daß wohl von einer unrichtigen Einreihung einzelner Stadien kaum die Rede sein kann.

Während die Schizogonie mit einer Zunahme des Gesamtvolumens verbunden ist, bleibt dieses während der Sporogonie annähernd gleich; dies findet auch darin seinen Ausdruck, daß das Endprodukt der Schizogonie, der neue Schizont, ohne weiteres Wachstum schon sofort die Größe des Ausgangs-Schizonten besitzt, die Spore dagegen wesentlich kleiner ist, als der Sporont, dessen Teilungen sie ihre Entstehung verdanken. Das Verhalten des Schizonten hat seine Bedeutung wohl darin, daß sofort, ohne daß Zeit verloren geht, bis der Schizont wieder herangewachsen wäre, eine neue Teilung einsetzen kann. Das Wachstum während der Schizogonie bewirkt also eine Zeitersparnis bei der Ausbreitung des Parasiten im Organismus des Wirtes und ist

eine Einrichtung, die ganz im Sinne der Bedeutung liegt, die wir der Schizogonie nach ihrem ganzen Verhalten überhaupt zuschreiben müssen, nämlich: den Wirtsorganismus möglichst rasch mit einer großen Menge von Parasiten zu überschwemmen.

Ein Vergleich der Entwicklung mit den von anderen Arten beschriebenen Entwicklungsvorgängen zeigt, daß die bei der *Corethra*-Larve vorkommende Mikrosporidienart viele Anklänge an *Thelohania chaetogastris* zeigt. Zahlreiche Stadien stimmen mit solchen überein, die O. Schröder von jener Form beschrieben und abgebildet hat. Allerdings hat Schröder die einzelnen Stadien teilweise in anderer Weise aneinander gereiht und beschreibt besonders die Schizogonie mehr in der Art, wie sie Stempell für *Thelohania mülleri* geschildert hat und wie sie von Stempell, sowie von Ohmori für *Nosema bombycis* und von Debaisieux für *Thelohania varians* angegeben wird. Die bei diesen Arten beobachteten kettenartigen Stadien der Schizogonie haben wir nicht gefunden. Da wir die in nicht hypertrophierten Zellen eingeschlossenen Stadien mit Sicherheit als junge beurteilen dürfen, und da kettenförmige Aneinanderreihung in diesen Zellen von uns nicht beobachtet wurde, glauben wir annehmen zu müssen, daß die Kettenbildung bei unserer Art tatsächlich fehlt und nicht etwa nur uns nicht zu Gesicht gekommen ist.

Von anderen Stadien gleichen die — nach unserer Auffassung zur Schizogonie zu rechnenden — Vermehrungsformen, die in Fig. 8—19 abgebildet sind, einer Reihe von Stadien, die Schröder in seinen Figuren 22—29 und 39 wiedergegeben hat. Schröder rechnet diese Stadien, die mit unseren zum Teil außerordentlich große Übereinstimmungen zeigen, alle zur Sporogonie. Es erforderte wohl eine Nachuntersuchung am gleichen Objekte, um festzustellen, ob Schröders Aneinanderreihung der einzelnen Stadien völlig einwandsfrei ist. Für die von uns beobachtete Art reihen sich, wie schon oben betont, innerhalb der Schizogonie wie der Sporogonie die einzelnen Stadien so gut aneinander, daß wir glauben, die Aneinanderreihung als einwandfrei bezeichnen zu dürfen. Dazu kommt, daß, wie ebenfalls schon oben bemerkt wurde, sowohl die Struktur des Protoplasmas, wie die Größenverhältnisse der Stadien — Wachstum während der Schizogonie, Gleichbleiben des Volumens während der Sporogonie — die beiden Zyklen recht gut auseinander zu halten erlauben.

Die für andere Arten von Mikrosporidien beschriebenen Vermehrungsvorgänge weichen von denen unserer Form größtenteils in so weitgehendem Maße ab, daß auf einen Vergleich an dieser Stelle verzichtet werden kann.

## Systematische Stellung.

Ihrer systematischen Stellung nach gehört die von uns bei *Corethra*-Larven gefundene Art jedenfalls zu den Oligosporogenea: die Sporen entstehen je zu 8 aus einem Sporonten. Wenn eine Pansporoblastenmembran auch nur vorübergehend und in schwacher Ausbildung sichtbar ist, so darf doch wohl von einer Umbildung des Sporonten in einen Pansporoblasten gesprochen werden. Die Verhältnisse sind ähnlich wie bei *Thelohania chaetogastris*, bei welcher die Pansporoblastenhülle ebenfalls äußerst zart ist und von Schröder nicht immer sicher nachgewiesen werden konnte.

Nach dem von Pérez aufgestellten System der Mikrosporidien würde die Art, da acht Sporen gebildet werden, zur Gattung *Thelohania* zu stellen sein. Die Art ist bisher noch nicht beschrieben, wir schlagen für sie den Namen *Thelohania corethrae* Schuberg et Rodriguez vor. Ob sie etwa mit anderen, in Dipteren-Larven vorkommenden Arten nähere Verwandtschaft zeigt, kann zurzeit nicht genauer gesagt werden. Vielleicht dürfte sie der zuerst von Léger aus *Simulium* unter dem Namen *Glugea varians* beschriebenen Art, die Debaisieux neuerdings als zu *Thelohania* gehörig erkannt hat, am nächsten stehen. Daß sie mit dieser identisch sei, ist nicht wahrscheinlich, da letztere Form im Fettkörper parasitiert, während *Thelohania corethrae* ausschließlich auf die Önocyten beschränkt ist. Die von Debaisieux beschriebenen Entwicklungsvorgänge konnten wir bei unserer Art nicht bestätigen.

---

**Figurenerklärung.**

Tafel III.

Fig. 1: Larve von *Corethra plumicornis*. Infektion im Thorax, im 7. Segment und im Kopf. Nach Photographie.

Fig. 2: Vorderende einer *Corethra*-Larve, stärker vergrößert. Infektion im Thorax. Nach Photographie.

Fig. 3: *Corethra*-Larve; von der Seite. Infektion im Thorax, im 1., 2., 4., 6. und 8. Abdominalsegment.

Fig. 4: Dasselbe Tier wie in Fig. 3 bei Betrachtung von der Dorsalseite.

Fig. 5: Hinterende einer *Corethra*-Larve von der Seite. Infektion im 5., 6., 7. und 8. Segment.

Tafel IV.

Sämtliche Figuren sind nach Schnitten gezeichnet. Fixierung Gilsonsche Flüssigkeit, Färbung der Schnitte mit Giemsalösung nach der Modifikation von Schuberg.

Alle Figuren wurden mit einem Zeißschen Mikroskope unter Benützung des Zeichenapparates angefertigt. Fig. 6: Obj. 16 mm. Comp. Oc. 4. — Fig. 7: Immers. 2 mm, Comp. Oc. 8. — Fig. 8—42: Immers. 2 mm, Comp. Oc. 12.

Fig. 6: Stark infizierte Önocyte mit bedeutend vergrößertem und gelapptem Zellkern. Die in der Zelle enthaltenen Stadien sind großenteils Sporen, dazwischen einzelne, durch die Stärke der Färbung auffallende Stadien der Schizogonie. Ebenfalls vorhandene frühere Stadien der Sporogonie treten bei der schwachen Vergrößerung nicht hervor.

Fig. 7: Schwach infizierte Zelle mit wenigen jüngeren Stadien der Schizogonie.

Fig. 8—19: Stadien der Schizogonie.

Fig. 20—39: Stadien der Sporogonie.

Fig. 40—41: Reife Sporen von der Seite gesehen.

Fig. 42: Reife Spore vom Pol gesehen.

---

**Literatur.**

Debaisieux, P., Microsporidies parasites des larves de *Simulium*, *Thelohania varians*. In: La Cellule, T. XXX, 1913.

Hesse, Sur la présence de Microsporidies du genre *Thelohania* chez les Insectes. In: Compt. rend. Acad. Sc. Paris. T. 137, 1903.

Korotneff, Myxosporidium bryozoides. In: Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 53, 1892.

Léger, Sur une nouvelle Myxosporidie de la famille des Glugéidées. In: Compt. rend. Acad. Sc. Paris. T. 125, 1897.

Léger, L. et O. Dubosq, Protistes parasites de l'intestin d'une larve de *Ptychoptera* et leur notion sur l'hôte. In: Bull. Acad. Roy. de Belgique, Sci. Nr. 8. 1909.

Léger, L., et Hesse, Ed., Cnidosporidies des larves d'Ephémères. In: Compt. rend. Acad. Sc. T. 150, 1910.

Mrazek, Sporozoënstudien II. *Glugea lophii* Doflein. In: Sitzungsber. d. K. Böhm. Ges. Wiss. Math.-Nat. Cl. Prag 1899. Auszug von Doflein in: Zool. Zentralbl. Jahrg. 7, 1900.

Derselbe, Sporozoënstudien. Zur Auffassung der Myxocystiden. In: Arch. f. Protistenk. Bd. 18, 1910.

Ohmori, I., Zur Kenntnis des Pebrine-Erregers, *Nosema bombycis* Näg. In: Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. 40. 1912.

Pérez, Microsporidies parasites des Crabes d'Arcachon (Note préliminaire). In: Trav. Lab. Soc. scient. Arcachon. Ann. 8, 1905.

Derselbe, Sur Dubosquia légeri, Microsporidie nouvelle parasite du Termes lucifugus, et sur la classification des Microsporidies. C. R. Soc. Biol. Paris, T. 65, 1908.

Pfeiffer, L., Die Protozoën als Krankheitserreger (Nachträge). Jena 1895.

Schröder, O., *Thelohania chaetogastris*, eine neue in Chaetogaster diaphanus Gruith. schmarotzende Mikrosporidienart. In: Arch. f. Protistenk. Bd. 14, 1909.

Schuberg, A., Über die Färbung von Schnittpräparaten mit der Giemsaschen Azur-Eosin-Methode. In: Deutsche med. Wochenschr. Jahrg. 1909, Nr. 48.

Derselbe, Über Mikrosporidien aus dem Hoden der Barbe und durch sie verursachte Hypertrophie der Kerne. In: Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 33, 1910.

Stempell, Über *Thelohania mülleri* (L. Pfr.). In: Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. Bd. 16, 1902.

Strickland, E. H., Some parasites of *Simulium* larvae and their effects on the development of the host. In: Biol. Bull. T. 21. 1911.

Weißenberg, R., Über Mikrosporidien aus dem Nervensystem von Fischen *(Glugea lophii* Doflein) und die Hypertrophie der befallenen Ganglienzellen. In: Arch. mikroskop. Anat. Abt. 1, Bd. 78. 1912.

# Zur Frage der Verpackung der behufs Vornahme der bakteriologischen Fleischbeschau zur Versendung kommenden Fleischproben.

Von

**Dr. Luis Filenski** (Buenos Aires),
früherem freiwilligen Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte.

---

Seit der allgemeineren Anwendung der bakteriologischen Fleischbeschau hat die Frage, auf welche Weise die zur Einsendung kommenden Proben zu verpacken sind, eine größere Bedeutung erlangt. Da sich die bakteriologische Untersuchung der Proben meist nicht an Ort und Stelle ausführen läßt, ist es von Wichtigkeit, die zu untersuchenden Proben in zweckmäßiger Verpackung und auf dem schnellsten Wege den mit der Untersuchung betrauten Laboratorien zu übermitteln.

Der Zweck jeder Art von Verpackung ist, eine nachträgliche Infektion der Proben von außen her zu verhindern. Soweit chemische Mittel zur Keimabhaltung, zur Sterilisierung der Oberfläche der Proben angewandt werden, ist darauf zu achten, daß nur solche Stoffe verwendet werden, die die ursprünglich in der Probe vorhandenen Bakterien nicht beeinflussen.

Schon diese kurzen Hinweise zeigen, daß die Art der Verpackung der einzusendenden Proben eine wichtige, für die Bewertung des Ergebnisses nicht zu unterschätzende Rolle bei der regelrechten Ausführung der bakteriologischen Fleischbeschau spielt. Eine in ungeeigneter Weise vorgenommene Verpackung der Fleisch- oder Organproben kann das Ergebnis der Untersuchung verschleiern oder die Gewinnung eines verlässigen Ergebnisses der Untersuchung überhaupt in Frage stellen.

Um die verschiedenen Verfahren zur Verpackung von Fleischproben miteinander vergleichen zu können, ist die Kenntnis des Keimgehalts des Fleisches gesunder, frisch geschlachteter Tiere unerläßlich, denn nur bei Berücksichtigung dieses Umstandes kann ein Schluß auf das Vorkommen von Bakterien unter pathologischen Verhältnissen gezogen werden. Durch neuere Untersuchungen muß die Tatsache als bestätigt anerkannt werden, daß das Muskelfleisch gesunder, frisch geschlachteter Rinder der Regel nach keimfrei ist. Im Gegensatze zum Fleische sind die parenchymatösen Organe gesunder Schlachttiere öfter bakterienhaltig gefunden worden.

Zwick und Weichel fanden von 63 Muskelproben eine, von 8 Leberproben 6 keimhaltig, während Milz- und Nierenproben keimfrei waren. Bemerkenswert war, daß es sich bei den keimhaltigen Proben um ein Stück aus der Nackenmuskulatur handelte, die bekanntermaßen der

Verunreinigung bei der Schlachtung besonders ausgesetzt ist. Zu ähnlichen Ergebnissen ist Amako gekommen, der das Vorkommen von latenten Keimen in den Organen gesunder Tiere nicht nachweisen konnte. Seiner Ansicht nach sind Befunde von Bakterien in der Muskulatur und in den Organen meistens auf eine Außeninfektion zurückzuführen. Meßner und Junack haben ebenfalls bestätigen können, daß das Fleisch gesunder Schlachttiere keimfrei ist. Auch Grunt vertritt die Ansicht, obgleich er in einer Versuchsreihe 2 Prozent und bei einer anderen 20 Prozent der Muskelproben keimhaltig gefunden hat, daß im Fleische gesunder Rinder keine Bakterien vorkommen. Die Befunde von Grabert und Mergell, die unter 108 untersuchten Muskelproben nur eine keimhaltig fanden, sprechen ebenfalls für die Keimfreiheit des Fleisches.

Im Gegensatze zu diesen Angaben stehen die Befunde von Conradi, der bei Anwendung seines bekannten Verfahrens von 162 Organteilen 150 gesunder Schlachtrinder 72 Proben keimhaltig fand. Conradi hat jedoch darauf hingewiesen, daß die Anzahl der Keime im Fleische und in den Organen eine derart geringe ist, daß sie erst durch Anreicherung nachzuweisen sind. Im gleichen Sinne hat sich Horn geäußert, der der Anreicherung insofern Bedeutung beimißt, als es erst hierdurch gelinge, die im Fleische vorhandenen spärlichen Keime zum Nachweis zu bringen. Bei Nachprüfung des Conradischen Verfahrens fanden Bierotte und Machida unter 54 Organteilen von 11 gesunden Schlachttieren 32 keimhaltig.

Während die bisher mitgeteilten Befunde sich auf Material beziehen, das dem besonderen Untersuchungszweck entsprechend entnommen wurde, geben die seit Einführung der bakteriologischen Fleischbeschau im Königreiche Sachsen gemachten Angaben darüber Aufschluß, wie sich der Keimgehalt von Muskelproben verhält, die ohne besondere Vorkehrungen zur Untersuchung gelangten. Von den 910 im Jahre 1909 untersuchten Proben, die von verdächtigen Rindern herrührten, waren 40 Prozent, von 600 im Jahre 1910 18 Prozent und von 693 im Jahre 1911 untersuchten verdächtigen Proben ebenfalls 18 Prozent mit Bakterien behaftet.

Über den Bakteriengehalt des Fleisches verdächtiger oder kranker Tiere liegen außerdem folgende Mitteilungen vor.

W. Müller hat in 50 untersuchten Fällen von Nabel- und Gelenkentzündungen, Gebärmutter-, Euter-, Darmentzündung, Tympanitis usw. in 46 Prozent der Fälle Bakterien im Fleische nachgewiesen. Bugge traf unter 116 Muskelproben notgeschlachteter Tiere 22 keimhaltig. Junack fand unter Fleischproben von 67 verdächtigen Schlachttieren in 7 Fällen und bei weiteren 28 verdächtigen Rindern in 2 Fällen Bakterien.

Er fragt sich nun, auf welche Weise die Keime in das Fleisch gelangen. Einmal kann es sich um pathogene Arten handeln, die bei örtlicher oder allgemeiner Erkrankung der Schlachttiere im Fleische vorhanden sind (intravitale Infektion). Auf der anderen Seite ist es aber auch möglich, daß das Fleisch nach dem Tode der Tiere durch sekundäre Ansiedelung von Keimen von außen her infiziert wird (postmortale Infektion). Dieser Art der Infektion kommt bei der Ausführung der bakteriologischen Fleischbeschau eine besondere Bedeutung zu, weil durch die von außen eindringenden Keime der bakteriologische Befund an der Untersuchungsprobe gestört oder vollkommen unmöglich gemacht werden kann.

Eine sachgemäße Ausführung der bakteriologischen Fleischuntersuchung erfordert es mithin, daß die Proben vor dem Versand so verpackt werden, daß sie vor der Außeninfektion geschützt sind. Von verschiedenen Seiten ist daher versucht worden, der Frage der Außeninfektion der Fleischproben experimentell näher zu treten.

Trautmann, L. Meyer und Amako haben festgestellt, daß auf die Schnittfläche von Fleisch verbrachte Keime, namentlich solche pathogener und sehr beweglicher Art, nach 24—48 Stunden, bei günstiger Temperatur in noch kürzerer Zeit die Fleischstücke zu durchwachsen vermögen. Wie sich jedoch aus den Untersuchungen von Zwick und Weichel ergibt, vermögen Bakterien, die auf die Oberfläche von mit Fascien umhüllten Muskelstücken verbracht wurden, selbst nach 36 bis 48 Stunden

nicht in die Muskulatur einzudringen. Schon früher hatte Bugge darauf hingewiesen, daß sich zum Nachweis der intra vitam eingedrungenen Bakterien tiefer gelegene, von Fascien umgebene Muskeln am besten eignen, wie dies auch die Königl. Sächs. Kommission für das Veterinärwesen in den Vorschriften für die Durchführung der bakteriologischen Fleischbeschau zum Ausdruck gebracht hat.

Zur Einsendung behufs bakteriologischer Fleischuntersuchung sind daher solche Muskeln am geeignetsten, die von Fascien völlig umhüllt sind. Es sind je ein Muskelstück (im besonderen Beuger oder Strecker) aus einem Vorder- und Hinterviertel, sowie außerdem je eine intermuskuläre Lymphdrüse von den beiden anderen Vierteln zur Untersuchung einzusenden. Außerdem sind die Milz sowie Proben aus veränderten Teilen des Tierkörpers und der dazu gehörigen Drüsen zur Untersuchung heranzuziehen.

Vergleichende Untersuchungen über den Wert der verschiedenen Verpackungsarten dieser Teile liegen bisher nur wenige vor. Erst durch die allgemeinere Einführung der bakteriologischen Fleischbeschau ist, wie erwähnt, die Aufmerksamkeit auf diese Frage hingelenkt worden. Wenn auch verschiedene Arten des Verfahrens für die Verpackung der zur bakteriologischen Fleischbeschau bestimmten Proben angegeben und angewandt worden sind, ist man doch zu einer auf Grund vergleichender Prüfungen allgemein anerkannten Methode noch nicht gekommen.

Vor jeder Art der Verpackung ist zunächst für eine möglichst sterile Entnahme der Proben Sorge zu tragen. Am zweckmäßigsten ist es natürlich, die so entnommenen Proben in sterilen Behältern (Edenhuizen, Kühnau) zur Untersuchungsstelle zu senden. Da eine sterile Versendung in der Praxis bei Notschlachtungen mit Schwierigkeiten verknüpft, wenn nicht unmöglich ist, so ist man dazu gekommen, verschiedene Arten des Verfahrens der Verpackung anzuwenden, die auf thermischem, physikalischem oder chemischem Wege eine Außeninfektion der Proben verhüten sollen.

Ein einfaches Verfahren der Oberflächensterilisation ist die in der Bakteriologie zur Materialentnahme übliche Methode des Abbrennens. Mießner schlägt eine allseitige Anröstung der Proben vor. Auch Bongert empfiehlt dies im besonderen zur Verhinderung der Fäulnis. Auf demselben Grundsatz beruht das von Conradi beschriebene Ölbadverfahren. Wenn auch Bierotte und Machida bei Anwendung des Ölbades günstige Ergebnisse erhalten haben, so ist doch darauf hinzuweisen, daß dieses Verfahren zu umständlich und für die Bedürfnisse der Praxis daher ungeeignet ist.

Auf physikalischen Grundsätzen beruhen die Arten des Verfahrens, die eine Austrocknung der Oberfläche der Proben bezwecken. Das Einschlagen der Proben in Fließpapier empfehlen Forster sowie Raebiger. Die Anhaltinische Regierung hat dieses Verfahren auf Anraten Raebigers amtlich vorgeschrieben. Reinhardt schlägt die Verpackung der trockenen Muskelproben in starkes Packpapier, O. Müller in Pergamentpapier vor. M. Müller empfiehlt das Einlegen der Proben in Kleie oder Sägemehl. Bei so verpackten Proben wurde eine Verunreinigung der Proben von außen her nicht beobachtet. Tiede rühmt gleichfalls die Verpackung in Kleie, hinsichtlich der Organproben ist er jedoch der Ansicht, daß ein vorheriges Eintauchen in 1promillige Sublimatlösung zweckmäßig ist. Während auch Bongert die Ver-

packung in Kleie günstig beurteilt hat, ist Rommeler der Meinung, daß sich diese Verpackungsart zur Einsendung der Proben für die bakteriologische Fleischbeschau nicht eignet.

Von den chemisch wirkenden Mitteln kommen zur Oberflächensterilisierung der Proben hauptsächlich Desinfektionsmittel in Betracht. Das Verpacken der Proben in mit gewöhnlichem Brennspiritus getränkte Tücher ist von Reinhardt vorgeschlagen worden. Rössle, M. Müller, Bugge sowie Bongert konnten den günstigen Einfluß des Spiritus zur Abhaltung von Keimen bestätigen, Erk ist dagegen auf Grund von Versuchen zu der Ansicht gekommen, daß 96prozentiger Alkohol (15 Minuten langes Verweilen darin) dem Eindringen der Keime in die Proben keinen Einhalt tut. M. Müller hat ferner Essig in Form der Emmerichschen Fleischkonservierungsflüssigkeit (Glycerinessig) empfohlen. Die Verwendung der Sublimatlösung ist von verschiedenen Seiten angeregt worden. Conradi suchte die nachträgliche Infektion der im Ölbade sterilisierten Proben durch Versand in 2promilliger Sublimatlösung zu verhindern. Zwick und Weichel empfehlen 0,5prozentige, Grunt 2prozentige Sublimatlösung, Reinhardt das Einschlagen in mit Sublimatwasser getränkte Tücher. Zwick und Weichel halten es jedoch für erforderlich, die Versandproben vor dem Einlegen in Sublimatlösung 2—5 Minuten in kochendes Wasser zu halten. Im Gegensatze zu diesen günstigen Ergebnissen glaubt Erk, daß $^1/_2$prozentige Sublimatlösung das Eindringen von Außenkeimen nicht verhindert. Über die Verwendbarkeit von wässerigen Lösungen von Karbolsäure, von Lysol (10prozentig), unverdünnter Lösung von essigsaurer Tonerde und 15prozentiger Kalilauge äußert sich Erk, daß diese Mittel eine Einwanderung von Keimen in die Tiefe der Proben nicht abhalten. Formalin soll sich zur Außensterilisation deshalb nicht eignen, weil es im Innern der Proben gelegene Keime abtötet. Nach Erk ist jedoch vor dem Versande das Einlegen der Proben einige Minuten lang in eine 3prozentige Höllensteinlösung empfehlenswert. Von pulverförmigen Mitteln hält Erk Kochsalz, Borsäure, Gerbsäure und Alaun als zu Verpackungszwecken nicht geeignet. Die Verwendung von Chlorkalk erachtet er jedoch für sehr empfehlenswert, wenn die Proben in eine breiige Masse von Chlorkalk eingetaucht und dann an der Luft getrocknet werden. Auf die Brauchbarkeit des Kochsalzes zur Konservierung des Fleisches, namentlich bei Rauschbrand, Tuberkulose und Rotzmaterial, hat M. Müller hingewiesen. Aus der täglichen Erfahrung und ad hoc angestellten Versuchen ist ja bekannt, daß das Kochsalz konservierend auf Fleisch wirkt. Hinsichtlich der Fleischvergiftungsbakterien ist dabei der Umstand von Bedeutung, daß das Kochsalz auf Paratyphusbakterien im Fleische, wie aus den Untersuchungen von Weichel hervorgeht, nicht schädigend wirkt.

Die angeführten, zum Teil widersprechenden Angaben lassen erkennen, daß die Frage der für die Verpackung der Organ- und Muskelproben zum Zwecke ihres Versandes besten Methoden noch nicht genügend geklärt ist. Wie die folgenden Versuche zeigen, läßt sich nur bei Anwendung gewisser Arten des Verfahrens die Außeninfektion der Proben mit Sicherheit verhindern, ohne daß eine Schädigung der in ihrem Innern vorhandenen Keime durch die Verpackungsmittel stattfindet.

Zur Klärung der für die bakteriologische Fleischbeschau nicht unwichtigen Frage, welche Art von Verpackung der Versandproben am zweckmäßigsten ist, wurden auf Veranlassung von Herrn Geheimrat von Ostertag im Veterinärlaboratorium des Kaiserlichen Gesundheitsamts eine Reihe von Untersuchungen angestellt.

## Eigene Untersuchungen.

Das meiste Material zu diesen Versuchen verdanke ich der Liebenswürdigkeit des verstorbenen Kreistierarztes Prieur. Es handelte sich um Fleisch und Organproben (Milz, Lymphdrüsen) von Rindern, die im Polizei-Schlachthaus des Berliner Zentralviehhofs geschlachtet worden waren.

Die Zusendung der Proben ins Laboratorium erfolgte auf die Weise, daß diese in undurchlässiges Papier eingeschlagen wurden, ohne daß vorher besondere Vorsichtsmaßregeln bei der Entnahme innegehalten worden wären. Gemäß dem Vorschlag von Bugge sowie von Zwick und Weichel wurde bei den Fleischproben besonderer Wert auf die Verwendung solcher Muskelstücke gelegt, die allseitig von Fascien umhüllt waren und vornehmlich den Streckern und Beugern des Vorderarmes und Mittelfußes entstammten. Außerdem wurden einige Proben von Pferdefleisch untersucht, die aus einer öffentlichen Verkaufsstelle herrührten.

Um zunächst einen Überblick über den Keimgehalt der eingesandten Fleischproben zu erhalten, wurden aus jeder Sendung Stichproben sowohl von unversehrten als auch von angeschnittenen Muskelbäuchen geprüft. Aus dem Ausfall dieser Prüfung konnte auf den durchschnittlichen Keimgehalt der Proben ein und derselben Sendung geschlossen werden. Die zu prüfenden Muskel- und Organproben wurden stellenweise durch längeres Anrösten oberflächlich sterilisiert. An diesen Stellen wurden durch Herausschneiden mit sterilen Messern mehrere Stücke sowohl 3 mm unter der Oberfläche, als auch aus der Tiefe der Probe entnommen und auf erstarrtem Agar in Petrischalen ausgestrichen. In einigen Fällen wurden zwecks Anreicherung etwaiger spärlicher Keime die Muskelstückchen in Bouillon verbracht, in anderen Fällen wurden Anaërobenkulturen in Traubenzuckeragar angelegt.

Aus den Vorversuchen über den Keimgehalt ergab sich, daß von 41 Muskelproben von frisch geschlachteten Rindern 11 keimhaltig und 30 keimfrei waren, wobei sich zeigte, daß der Bakteriengehalt der als keimhaltig erkannten Proben in den oberflächlichen Schichten im Durchschnitt ein größerer war als in der Tiefe. In der Mehrzahl der keimhaltigen Proben handelte es sich um angeschnittene Muskelstücke. Von 9 Pferdefleischproben waren 5 keimhaltig, was darauf znrückzuführen sein dürfte, daß diese Proben ohne Ausnahme in angeschnittenen Stücken vom Schlächter bezogen worden waren.

Nachdem auch durch diese Vorversuche im großen und ganzen festgestellt werden konnte, daß die Annahme von der Keimfreiheit des Fleisches gesunder Schlachtrinder zu Recht besteht, wurde dazu übergegangen, die verschiedenen Verpackungsmethoden hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit zu prüfen. Als Grundsatz hat hierbei zu gelten, daß nur solche Mittel Verwendung finden können, die unter völliger Erhaltung des Innenkeimgehalts jedwede Infektion von außen möglichst verhindern.

Besonderer Wert ist ferner darauf zu legen, daß die gebrauchten Mittel überall leicht erhältlich und ohne Schwierigkeit anwendbar sind, besonders mit Rücksicht auf die zur Versendung kommenden Proben bei Notschlachtungen auf dem Lande.

Als solche leicht erhältliche und in der Praxis ohne besondere Vorkehrungen anwendbare Mittel wurden folgende auf ihre Brauchbarkeit geprüft:

1. Kleie (und Sägemehl),
2. Brennspiritus,
3. Essig,
4. Sublimatlösung,
5. sog. Pickelflüssigkeit,
6. Borax,
7. Chlorkalk.

In einer ersten Versuchsreihe wurden die zur Verwendung kommenden Muskel- und Organproben sowohl unmittelbar vor der Verpackung als auch nachdem sie 24, 48 Stunden und in einzelnen Fällen auch 72 Stunden in dem Verpackungsmittel gelegen hatten, auf ihren Keimgehalt geprüft. In einer zweiten Reihe von Versuchen wurden mit Fleischvergiftungsbakterien künstlich infizierte Proben in den verschiedenen Mitteln verpackt und nach den angegebenen Zeiten untersucht. Um die natürlichen Verhältnisse, die bei Vornahme der bakteriologischen Fleischbeschau vorkommen können, möglichst zu berücksichtigen, wurden in einigen Versuchen auch Proben untersucht, die mit Fleischvergiftungsbakterien und gleichzeitig mit Kokken oder Koli- oder Milzbrand- oder Rotlaufbacillen infiziert worden waren. Diese Septikämieerreger wurden deshalb zur Untersuchung mit herangezogen, um ein Urteil darüber zu erhalten, ob sie bei Anwendung der genannten Verfahren lebensfähig bleiben. Wenn auch der Zweck der bakteriologischen Fleischbeschau in erster Linie der ist, etwa in den Proben vorhandene Fleischvergifter aufzufinden, so dürfen doch anderseits nicht Verpackungsmittel gebraucht werden, die in den Proben anwesende andere Septikämieerreger, insbesondere die Erreger des Milzbrandes, schädigen.

Von den Fleischproben wurden von Fascien allseitig umhüllte Muskelbäuche, von Organproben Milz und Lymphdrüsen, die teils unversehrt, teils angeschnitten eingesandt wurden, zur Untersuchung verwendet. Handelte es sich um angeschnittene Milzen, so wurde das angeschnittene Ende in einer Ausdehnung von etwa 10 cm abgetrennt und die Schnittfläche zur Vermeidung einer Sekundärinfektion stark angeröstet. Die künstliche Infizierung der Proben wurde so vorgenommen, daß Bakterienaufschwemmungen, in der Regel Bouillonkulturen, an verschiedenen Stellen in das Gewebe eingespritzt wurden. Die Proben wurden in ein baumwollenes Tuch eingeschlagen, das mit der zu prüfenden Flüssigkeit getränkt war. Bei Verwendung von Kleie (und Sägemehl) und Borax wurden die Proben allseitig mit dem Mittel bestreut und darin eingelegt; von Chlorkalk wurde ein dicker Brei hergestellt, worin die Proben eingetaucht wurden, um hierauf an der Luft getrocknet zu werden. Nach diesen Vorbereitungen wurden die Proben in Glasschalen verbracht und nach 24—48stündigem Verweilen bei einer Temperatur von 12—18° C weiter verarbeitet.

Zur Bestimmung des Keimgehalts wurden den Proben nach vorherigem Abbrennen etwa 1 qcm große Stücke aus der Tiefe unter sterilen Kautelen entnommen und auf Agarplatten ausgestrichen. Bei den künstlich infizierten Proben wurde Gewebe von der der Impfung entsprechenden Stelle zur Aussaat benutzt. Zum Nachweis der Paratyphusbacillen im besonderen dienten Lackmusmilchzuckeragar- oder Malachitgrünagarplatten.

### 1. Verpackung in Kleie.

Was den Keimgehalt der Kleie selbst anbetrifft, so konnte ich durch das Plattenkulturverfahren feststellen, daß die eine Probe der zu den Versuchen verwandten Kleie sehr keimhaltig war, während die andere Probe ebenso wie das Sägemehl nur spärlichen Keimgehalt aufwies. Es ist klar, daß der Keimgehalt der Kleie je nach ihrer Herkunft und Behandlung verschieden groß ist. Doch dürften die in der Kleie enthaltenen Keime für die Verwendbarkeit der Kleie als Verpackungsmaterial nicht von erheblicher Bedeutung sein, da durch die schnelle austrocknende Wirkung, welche die Kleie auf die Oberfläche der Fleischprobe ausübt, die Vermehrung und das Eindringen der Keime sehr erschwert wird.

Im ganzen wurden 16 Einzelversuche mit 14 Fleischproben (12 vom Rinde und 2 vom Pferde) und 2 Milzen angestellt. Bei den 14 Fleischproben handelte es sich fast ausnahmslos um kleinere Muskelbäuche, die meistens eine Fascienumhüllung nicht aufwiesen.

Um die Brauchbarkeit der Kleie auf ihre keimabhaltende Wirkung zu prüfen, wurden 5 Rindfleischproben und eine Milz verwendet. Ferner wurden 5 Fleischproben mit Paratyphus B-Bacillen, je eine Fleischprobe mit Gemischen von Paratyphen und Koli, Paratyphen und Kokken, Milzbrand, Rotlauf und Kokken sowie eine Milz mit Paratyphen künstlich infiziert. Dieses geschah, um festzustellen, ob die eingespritzten Bakterien bei Verpackung in Kleie in den Proben sich lebensfähig erhalten.

Durch die Untersuchung der nicht infizierten Proben wurde festgestellt, daß eine nennenswerte Außeninfektion bei den in Kleie aufbewahrten Muskelstücken nicht eintrat. Es ließen sich in den aus den Proben angelegten Platten, wie aus der am Schlusse der Arbeit beigefügten Tabelle I ersichtlich ist, selbst nach 72 stündiger Aufbewahrung in Kleie nur wenige Keime nachweisen. Daß der Kleie eine keimabhaltende Wirkung zukommt, konnte auch daraus ersehen werden, daß Kontrollproben, die in nasse Tücher eingeschlagen waren, nach derselben Zeit vollkommen von Saprophyten durchwuchert waren. Auch bei den künstlich mit Paratyphen und Septikämieerregern infizierten Proben zeigte sich, daß durch die Verpackung in Kleie eine Außeninfektion der Proben im Gegensatze zu den in feuchte Tücher eingeschlagenen Kontrollproben nicht stattgefunden hatte. In mehreren Fällen waren die eingespritzten Bakterien vielmehr in Reinkultur vorhanden.

Was den Einfluß der Kleie auf die Proben selbst anbetrifft, so ist hervorzuheben, daß die Kleie eine austrocknende Wirkung auf die Oberfläche der Proben hat, die sich durch ein Trockenwerden und durch eine Braunfärbung der oberflächlichen Schichten der Fleischproben anzeigt, während die tieferen Schichten ihre normale Farbe und Beschaffenheit beibehalten.

In Zusammenfassung sämtlicher Versuche ist zu sagen, daß die Kleie zur Verpackung von Fleisch- und Organproben brauchbar ist, da sie durch Oberflächenaustrocknung der Proben eine Außeninfektion zurückhält und die in ihrem Innern enthaltenen spezifischen Keime auf diese Weise vor einer Sekundärinfektion gut bewahrt. Die Wirkung der Kleie erscheint in noch günstigerem Lichte, wenn man in Betracht zieht, daß ich zu diesen Versuchen ausschließlich kleine, nicht von Fascien umhüllte Muskelbäuche verwendete, die sich also einer Außeninfektion in hohem Maße zugänglich erwiesen hätten. Durch meine Versuche finden somit die Angaben von M. Müller ihre experimentelle Bestätigung, der bereits darauf hingewiesen hat, daß sich die Verpackung in Kleie für die Einsendung der Proben zur bakteriologischen Fleischbeschau gut eignet.

Wie sich aus einem beiläufig angestellten Versuche mit einer Fleischprobe, die mit einem Gemische von Paratyphus- und Kolibacillen infiziert und in Sägemehl verpackt war, ergab, scheint sich auch dieses Mittel zur Verpackung zu eignen. Die zur Untersuchung verwandte Muskelprobe behielt bei der Verpackung in Sägemehl ihre normale Farbe und sonstige Beschaffenheit. Im Vergleich mit den in Kleie aufbewahrten Proben war jedoch eine geringere austrocknende Wirkung des Sägemehls zu beobachten.

### 2. Brennspiritus.

Im ganzen wurden 33 Einzelversuche mit 27 Fleischproben (23 vom Rinde und 4 vom Pferde) sowie mit 2 Lymphdrüsen und 4 Milzen angestellt. Die 27 Fleischproben betrafen vorwiegend größere Muskelbäuche, von denen ein Teil von Fascien umgeben war. Es wurden 11 Fleischproben, 2 Milzen und 1 Lymphdrüse nicht künstlich infiziert in Versuch genommen. Außerdem wurden 7 Fleischproben, 2 Milzen und 1 Lymphdrüse mit Paratyphus B-Bacillen, eine Fleischprobe mit einem Gemische von Paratyphen und Koli, 2 Fleischproben mit Paratyphus und Kokken, 3 Fleischproben mit Milzbrand und 3 Fleischproben mit Rotlaufbacillen und Kokken infiziert. Die Verpackung der einzelnen Proben geschah auf die Weise, daß sie in mit Brennspiritus getränkte baumwollene Tücher eingeschlagen wurden.

Aus den in der angegebenen Weise vorgenommenen Versuchen, deren Einzelheiten aus den Tabellen ersichtlich sind, war zu schließen, daß der Brennspiritus eine Außeninfektion der Proben sicher verhindert, und daß außerdem eine Schädigung der im Innern der Proben befindlichen pathogenen Bakterien — abgesehen von den Milzbrandbacillen — nicht eintritt. Zu bemerken ist jedoch, daß der Brennspiritus eine gewisse schädigende Wirkung auf die in den oberflächlichen Schichten befindlichen Bakterien ausübt. Dies ist daraus zu schließen, daß in den oberflächlichen Schichten stets eine geringere Anzahl der eingeimpften Bakterien nachzuweisen war als in der Tiefe. Der grobsinnlich wahrnehmbare Einfluß des Brennspiritus auf die Oberfläche der Fleischproben bestand darin, daß die oberflächlichen Schichten eine graue Farbe und eine härtere Beschaffenheit angenommen hatten.

Es ist deshalb bei Verwendung von Brennspiritus darauf zu achten, daß die zum Einschlagen verwendeten Tücher mit dem Mittel nicht zu stark durchtränkt werden.

Hervorgehoben sei, daß in die Proben eingespritzte Milzbrandbacillen in ihrer Lebensfähigkeit geschädigt wurden. Ob eine Beeinflussung der Milzbrandbacillen in den Proben lediglich auf eine schädigende Wirkung des Brennspiritus zurückzuführen ist, war nicht zu entscheiden. Allem Anscheine nach zeigen die vegetativen Formen der Milzbrandbacillen in der Muskulatur an und für sich eine geringe Widerstandsfähigkeit, und es scheint deshalb ein geringer, von außen kommender schädigender Einfluß bei den Milzbrandbacillen im Fleische eine stärkere Wirkung auszuüben als bei andern im Muskelfleische befindlichen pathogenen Bakterien.

Um den Einfluß des Brennspiritus auf Paratyphusbacillen zu prüfen, wurden Versuche in der Weise angestellt, daß zu verschiedenen abgestuften Konzentrationen von Brennspiritus Paratyphuskultur zugesetzt und nach 24stündigem Aufenthalt im Brutschrank auf Wachstum geprüft wurden. Hierbei ergab sich, daß bei einem Spiritusgehalt von 14 Prozent die Paratyphusbacillen abgetötet waren. Diese wachstumsschädigende Wirkung des Brennspiritus gibt auch eine Erklärung dafür, daß in den oberflächlichen Schichten weniger Keime als in der Tiefe anzutreffen waren. Für praktische Verhältnisse dürfte jedoch der schädigenden Wirkung des Brennspiritus auf die Fleischvergifter keine allzugroße Bedeutung zukommen, da meine Versuche gezeigt haben, daß diese Keime in der Tiefe nicht beeinflußt werden. Dagegen ist die Verwendung von Brennspiritus zur Verpackung von Fleischproben, die zwecks bakteriologischer Untersuchung versandt werden sollen, mit Rücksicht darauf bedenklich, daß etwaige in den Proben enthaltene Milzbrandbacillen durch die in Rede stehende Art der Verpackung abgetötet werden können.

### 3. Essig.

Essig wurde an 6 Fleischproben (5 von Pferdefleisch und eine vom Rinde) geprüft. Hiervon waren zwei nicht infiziert und je zwei mit Paratyphen sowie mit Milzbrand geimpft. Außerdem wurden eine nicht geimpfte und 4 mit Milzbrandbacillen infizierte Milzproben geprüft. Die bei der Verpackung der Proben in Essig erhaltenen Ergebnisse waren wenig befriedigend. Paratyphus sowohl wie Milzbrandbacillen blieben in den infizierten Proben zwar nachweisbar. Zur Haltbarmachung der Proben ist der Essig aber nicht zu empfehlen, weil er, wie an den nicht infizierten Proben festgestellt wurde, die Einwanderung von Saprophyten nicht zu unterdrücken vermag (s. Tabellen).

### 4. Sublimatlösung (1 promillig).

Mit 1 promilliger Sublimatlösung wurden 21 Versuche mit 18 meist von Fascien umhüllten größeren Fleischproben (17 vom Rinde und einer vom Pferde) sowie 3 Lymphdrüsen angestellt. Von den Fleischproben wurden 9 in nicht infiziertem Zustand, 8 mit Paratyphen, eine mit Milzbrand, ebenso wie zwei Lymphdrüsen mit Paratyphen infiziert, geprüft, während eine dritte nicht infizierte Lymphdrüse als Kontrolle diente.

Aus diesen Versuchen ging hervor, daß die Paratyphen in sämtlichen damit infizierten Proben nachgewiesen werden konnten. In dem einen Versuche, der mit

Milzbrandbacillen infiziertes Fleisch betraf, waren nach 24stündigem Aufbewahren diese Erreger nicht mehr nachzuweisen. Da die Platten mit Saprophyten überwuchert waren, war nicht zu entscheiden, ob die Milzbrandbacillen abgetötet oder nur durch andere Keime verdeckt wurden. Immerhin ist daran zu denken, daß in diesem Falle eine Schädigung der Milzbrandbacillen durch antagonistisch wirkende Saprophyten stattgefunden haben kann.

Ein Vergleich des Untersuchungsergebnisses der Proben ein und derselben Sendung in drei Parallelversuchen, wobei eine Fleischprobe in Sublimatlösung, eine andere Probe in Brennspiritus, eine dritte Probe in ein nasses Tuch eingeschlagen worden war, zeigte, daß in den Sublimatproben ein bedeutend größerer Gehalt an Saprophyten als in der Spiritusprobe festzustellen war, während die naß eingeschlagene Probe, wie erwartet werden konnte, die meisten Keime aufwies.

Berücksichtigt man diesen Befund, der durch wiederholte Versuche bestätigt werden konnte, so ist zu schließen, daß das Sublimat in 1 promilliger Lösung auf die auf der Oberfläche gelegenen Keime nur eine geringe Wirkung ausübt. Diese Tatsache findet dadurch ihre Erklärung, daß das Sublimat bei der Berührung mit Fleisch mit diesem eine Quecksilbereiweißverbindung bildet und so seine Desinfektionskraft einbüßt. Auf diesen Umstand ist wohl auch der verhältnismäßig hohe Keimgehalt der in Sublimattüchern gehaltenen Proben zurückzuführen.

In der Erwägung, daß vielleicht die keimhabhaltende Wirkung des Sublimats von der Beschaffenheit seiner Lösung beeinflußt werden könnte, wurde ein vergleichender Versuch ausgeführt.

Muskelbäuche wurden in Tücher eingeschlagen, die mit 1 promilliger wässeriger Lösung, 1 promilliger Sublimatlösung in Wasser, das 10 Prozent Salzsäure enthielt, und mit 1 promilliger Sublimatpastillenlösung getränkt waren. Es zeigte sich, daß weder die wässerige noch die mit Salzsäure versetzte Sublimatlösung bessere Ergebnisse hatte, als die zu den anderen Versuchen verwendete Sublimatpastillenlösung (s. Tabelle Nr. I). Bezüglich der Erhaltung der in die Tiefe der Muskelproben eingespritzten Paratyphus B-Bacillen konnte kein Unterschied zwischen Sublimatpastillenlösung und der mit Salzsäure versetzten Sublimatlösung festgestellt werden.

Für praktische Verhältnisse dürfte die Sublimatlösung wegen ihrer geringen keimabhaltenden Wirkung weniger zu empfehlen sein.

### 5. Sog. „Pickelflüssigkeit".

Die sog. Pickelflüssigkeit wurde bei 27 einzelnen Proben angewendet. Die Pickelflüssigkeit wurde nach den Angaben von Schattenfroh wie folgt hergestellt: In einem Meßzylinder wurden zu 10 g Kochsalz 2 ccm Salzsäure gegeben und hierauf Wasser bis zur Gesamtmenge von 100 ccm hinzugefügt. Neun Fleischproben, eine Lymphdrüse und eine Milz wurden in ihrem ursprünglichen Zustand in mit dieser Lösung getränkten Tüchern eingelegt. Um festzustellen, ob die Pickelflüssigkeit eine Wirkung auf die in den Proben anwesenden Keime ausübt, wurden sieben Fleischproben mit Paratyphus B-Bacillen, je eine Fleischprobe mit Gemischen von Paratyphen und Kokken sowie Paratyphus und Koli, zwei Fleischproben mit Milzbrand, eine Lymphdrüse

und eine Milz mit Paratyphen, eine Lymphdrüse und zwei Milzen mit Milzbrandbacillen infiziert und in Tücher eingeschlagen, die in Pickelflüssigkeit getränkt waren. Auch bei der Verpackung der Proben in Pickelflüssigkeit konnte beobachtet werden, daß die in den Proben enthaltenen Paratyphen und Milzbrandbacillen nicht geschädigt werden. Bemerkenswert war, daß die nicht infizierten Proben nur wenige Keime aufwiesen, woraus zu schließen ist, daß die Pickelflüssigkeit eine Einwanderung von Oberflächenkeimen hintanhält.

Der allgemeineren Anwendung der Pickelflüssigkeit zur Verpackung der Proben für die bakteriologische Fleischbeschau dürfte aber entgegenstehen, daß die Pickelflüssigkeit nicht überall erhältlich ist. Die mit ihr erhaltenen günstigen Ergebnisse lassen es jedoch angezeigt erscheinen, weitere Versuche über ihre Brauchbarkeit anzustellen.

### 6. Borax.

Mit Borax wurden 15 Fleischproben (vom Rinde 7 Proben, vom Pferde 8 Proben) sowie 3 Lymphdrüsen auf die Weise behandelt, daß die Proben mit pulverisiertem Borax dicht bestreut und darin eingelegt wurden.

Sieben Fleischproben und 2 Lymphdrüsen wurden unbeimpft verpackt. Mit Paratyphen wurden 4 Fleischproben, mit Milzbrandbacillen 4 Fleischproben und eine Lymphdrüse geimpft und in Borax eingelegt.

Aus diesen Versuchen ergab sich, daß der Borax die Paratyphusbakterien im Fleische nicht schädigt. Ebenso waren Milzbrandbacillen in der Mehrzahl der Fälle nachzuweisen. Ein offensichtlicher Einfluß auf die Oberflächenkeime scheint dem Borax nicht zuzukommen, denn fast sämtliche nicht infizierten Proben waren mehr oder weniger keimhaltig. Es ist jedoch zu bemerken, daß bei diesen Versuchen kleinere, nicht von Fascien umhüllte Proben zur Verwendung kamen. Der geringe Einfluß, den der Borax in Pulverform auf von außen eindringende Keime ausübt, ist ein Grund dafür, daß der Borax nicht zur Verwendung empfohlen werden kann.

### 7. Chlorkalk.

Mit diesem Mittel wurden 20 Versuche angestellt; und zwar mit 16 Fleischproben (11 Rindfleisch- und 5 Pferdefleischproben) und mit 2 Milzen. Zur Untersuchung gelangten Muskelbäuche verschiedener Größe teils von Fascien umhüllte, teils unverhüllte, von denen 4 Fleischproben sowie 2 Milzen dazu dienten, den Einfluß des Chlorkalks auf das Fleisch und den normalen Keimgehalt festzustellen. Sodann wurden eine Fleischprobe mit Paratyphen, 3 Fleischproben mit Gemischen von Paratyphen und Koli, 2 mit solchen von Paratyphen und Kokken, 3 Fleischproben mit Rotlauf und Kokken, eine Milz mit Paratyphen und eine Milz mit Milzbrand infiziert.

Vom Chlorkalk wurde mit Leitungswasser ein dicker Brei hergestellt und die Proben darin eingelegt.

Die Versuche mit Chlorkalk führten zu dem Ergebnis, daß der Chlorkalk jede Außeninfektion sicher verhütet. Auch waren die Paratyphus- sowie Milzbrand- und Rotlaufbacillen bei dieser Verpackung in den Proben nachzuweisen. Nachteilig war, daß der Chlorkalk ebenfalls in die oberflächlichsten Schichten eindringt und infolgedessen die hier befindlichen Keime abtötet.

Wenn auch der Chlorkalk unter besonderen Verhältnissen, namentlich im Laboratorium, zur Konservierung der Proben manche Vorteile bietet, so ist er doch zur Verpackung der Proben in der Praxis weniger zu empfehlen, weil der Chlorkalk infolge seines hygroskopischen Verhaltens Wasser anzieht und daher schwer antrocknet.

Über das Durchschnittsergebnis der mit den einzelnen Mitteln erhaltenen Befunde gibt die folgende Zusammenstellung nähere Auskunft.

I. Fleischproben.

| Verpackungsmittel | Infiziert mit | Nicht infiziert |
|---|---|---|
| **Kleie.** Keimgehalt der Kleie: 1. Probe: sehr viel Keime, 2. Probe: wenig Keime. | 1. Paratyphus B (5 Versuche): nach 24 St. und 48 St. viele Paratyphuskolonien.<br>2. Paratyphus B + Koli (1 Versuch): nur Kolibacillen (Probe mit 9 Teilen Koli + 1 Teil Paratyphusbouillonkultur geimpft!).<br>3. Paratyphus B + Kokken (1 Versuch): beide in Reinkultur.<br>4. Milzbrand (1 Versuch): nach 24 St. viele Milzbrandkolonien; nach 48 St. von Saprophyten überwuchert.<br>5. Rotlauf + Kokken (1 Versuch): beide in Reinkultur. | 5 Versuche: nach 24 St. wenige Keime, „ 48 „ desgl., „ 72 „ desgl. |
| **Sägemehl.** Keimgehalt des Sägemehls: wenige Keime. | Paratyphus B + Koli (1 Versuch): Paratyphus in Reinkultur (Probe mit 9 Teilen Paratyphusbacillen und 1 Teil Koli-Bouillonkultur geimpft!). | |
| **Brennspiritus.** | 1. Paratyphus B (7 Versuche): nach 24 St. wenige und nach 48 St. viele Paratyphusbacillen, in den oberen Schichten weniger als in der Tiefe.<br>2. Paratyphus B + Koli (1 Versuch): nur Koli (s. o.).<br>3. Paratyphus B + Kokken (2 Versuche): beide in Reinkultur (auch nach 72 St. noch nachweisbar).<br>4. Milzbrand (3 Versuche): nach 24 St. wenige Milzbrandkolonien, viele Saprophyten, nach 48 St. wenige Milzbrandkolonien u. wenige Saphrophyten.<br>5. Rotlauf + Kokken (3 Versuche): beide in Reinkultur (selbst nach 72 St.). | 11 Versuche: nach 24 St. keimfrei, „ 48 „ einige Keime. |
| **Essig.** | 1. Paratyphus B (2 Versuche): nach 24 St. und 48 St. viele Paratyphuskolonien.<br>2. Milzbrand (2 Versuche): nach 24 St. wenige, nach 48 St. keine Milzbrandkolonien, viele Saprophyten. | 2 Versuche: nach 24 St. wenige Keime, „ 48 „ viele „ |

| Verpackungsmittel | Infiziert mit | Nicht infiziert |
|---|---|---|
| **Sublimatpastillenlösung 1‰.** | 1. Paratyphus B (8 Versuche): nach 24 St. und 48 St. viele Paratyphuskolonien.<br>2. Milzbrand (1 Versuch): keine Milzbrandkolonien, viele Saprophyten (nur ein Versuch!). | 9 Versuche: nach 24 St. viele Keime, „ 48 „ desgl. |
| **Sublimatlösung 1‰.** | — | 1 Versuch: nach 24 St. sehr viel. Keime, „ 48 „ desgl. |
| **Sublimat-Salzsäurelösung 1‰.** | Paratyphus B (2 Versuche): nach 24 St. viele Paratyphuskolonien, „ 48 „ sehr viele „ | 1 Versuch: nach 24 St. einige Keime, „ 48 „ sehr viele „ . |
| **Pickelflüssigkeit.** | 1. Paratyphus B (7 Versuche): nach 24 und 48 St. viele Paratyphuskolonien.<br>2. Paratyphus B + Koli (1 Versuch): beide in Reinkultur.<br>3. Paratyphus B + Kokken (1 Versuch): viele Paratyphusbacillen, viele Kokken, wenige Saprophyten.<br>4. Milzbrand (2 Versuche): nach 24 St. wenige Milzbrandkolonien, nach 48 St. keine Milzbrandkolonien und viele Saprophyten. | 9 Versuche: nach 24 St. wenige Keime, „ 48 „ desgl. |
| **Borax.** | 1. Paratyphus B (4 Versuche): nach 48 St. viele Paratyphuskolonien.<br>2. Milzbrand (4 Versuche): nach 24 St. viele Milzbrandkolonien, nach 48 St. nur vereinzelte Milzbrandkolonien, aber viele Saprophyten. | 7 Versuche: nach 24 St. wenige Keime, „ 48 „ viele „ . |
| **Chlorkalk.** | 1. Paratyphus B (1 Versuch): nach 24 und 48 St. viele Paratyphuskolonien.<br>2. Paratyphus B + Koli (3 Versuche): nach 48 St. viele Paratyphuskolonien, viele Kolikolonien.<br>3. Paratyphus B + Kokken (2 Versuche): viele Paratyphuskolonien, viele Kokken (selbst nach 72 Stunden).<br>4. Milzbrand (3 Versuche): wenige Milzbrandkolonien.<br>5. Rotlauf + Kokken (3 Versuche): sehr viele Kolonien von beiden. | 4 Versuche: nach 24 St. keimfrei, „ 72 „ desgl. |

| Verpackungsmittel | Infiziert mit | Nicht infiziert |
|---|---|---|
| | II. Milz und Lymphdrüsen. | |
| **Kleie.** | Paratyphus B (1 Versuch):<br>Milz nach 24 St. viele Paratyphuskolonien und viele Saprophyten. | 1 Versuch:<br>Milz: nach 24 St. viele Keime. |
| **Brennspiritus.** | Paratyphus B (3 Versuche):<br>Milz (2 Proben): nach 48 St. viele Paratyphuskolonien in Reinkultur,<br>Lymphdrüse: desgl. | 3 Versuche:<br>Milz (2 Proben): nach 48 St. keimfrei.<br>Lymphdrüse: nach 48 St. wenige Keime. |
| **Essig.** | Milzbrand (4 Versuche):<br>Milz (4 Proben): nach 24 St. viele Milzbrandkolonien, nach 48 St. nur Saprophyten. | 1 Versuch:<br>Milz: nach 24 St. wenige Keime. |
| **Sublimatpastillenlösung 1 ‰.** | Paratyphus B (2 Versuche):<br>Lymphdrüsen (2 Proben): nach 48 St. viele Paratyphusbacillen und andere Keime. | 1 Versuch:<br>Lymphdrüse: nach 48 St. viele Keime. |
| **Pickelflüssigkeit.** | 1. Paratyphus B (2 Versuche):<br>Milz: nach 48 St. Paratyphusbacillen in Reinkultur.<br>Lymphdrüse: nach 48 Std. Paratyphusbacillen und vereinzelte Saprophyten.<br>2. Milzbrand (3 Versuche):<br>Milz (2 Proben): nach 24 St. viele, nach 48 St. keine Milzbrandbacillen, nur Saprophyten.<br>Lymphdrüse: desgl. | 2 Versuche:<br>Milz: nach 48 St. keimfrei.<br>Lymphdrüse: nach 48 St. viele Keime. |
| **Borax.** | Milzbrand (1 Versuch):<br>Lymphdrüse: nach 48 St. unzählige Kolonien, kein Milzbrand. | 2 Versuche:<br>Lymphdrüse: nach 24 St. viele Keime. |
| **Chlorkalk.** | 1. Paratyphus B (1 Versuch):<br>Milz: nach 48 St. viele Paratyphusbacillen in Reinkultur.<br>2. Milzbrand (1 Versuch):<br>Milz: nach 48 St. viele Milzbrandkolonien in Reinkultur. | 2 Versuche:<br>Milz: beide Proben nach 48 St. keimfrei. |

Die Kontrollen zu diesen Versuchen sind in vorstehender Zusammenstellung nicht einzeln aufgeführt. In jedem Falle wurde von den zu prüfenden Proben eine Kontrolle teils infiziert, teils nicht infiziert in ein mit Leitungswasser getränktes Tuch verbracht und in gleicher Weise wie die entsprechende Probe untersucht, wobei sich im allgemeinen ergab, daß diese Kontrollproben in jedem Falle bedeutend mehr Saprophyten enthielten als die in die verschiedenen Verpackungsmittel eingelegten.

## Zusammenfassung.

Vorstehende Versuche haben ergeben, daß es sich empfiehlt, die zur bakteriologischen Fleischbeschau benötigten Proben in Kleie verpackt zu versenden.

Wenn es sich um größere Untersuchungsproben handelt, so ist das Einschlagen der Proben in mit Brennspiritus leichtgetränkte Tücher empfehlenswert. Die Verwendung von Essig, Sublimatlösung, Pickelflüssigkeit, Borax sowie Chlorkalk ist trotz den mit einzelnen von diesen Mitteln erzielten guten Resultaten für die Praxis nicht anzuraten.

---

### Literatur.


Amako, Untersuchungen über das Conradische Ölbad und den Bakteriengehalt der Organe gesunder Tiere. (Ein Beitrag zur Pathogenese der Fleischvergiftung.) Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 66, 1910, S. 166.

Bericht über das Veterinärwesen im Königreiche Sachsen. Bakteriologische Fleischbeschau. Verordnung des Kgl. Min. des Innern vom 21. 7. 1908/20. 11. 1908, in Kraft getreten am 1. Januar 1909 für die Jahre 1909, 1910, 1911.

Bierotte und Machida, Untersuchungen über den Keimgehalt normaler Organe. Münch. mediz. Wochenschr. 1910, Nr. 12, S. 636.

Bongert, J., Bakteriologische Diagnostik der Tierseuchen für Tierärzte und Studierende der Tiermedizin 1912, 3. Aufl.

Bugge, Die bakteriologische Untersuchung von Fleisch notgeschlachteter Tiere. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. Jahrg. 18, 1908, S. 141.

Derselbe, Über die Auswahl geeigneter Muskelstücke für die bakteriologische Untersuchung des Fleisches notgeschlachteter Tiere. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. 19. Jahrg. 1909, S. 145.

Derselbe, Beiträge zur bakteriologischen Untersuchung des Fleisches notgeschlachteter Tiere. 19. Jahrg. 1909, S. 165.

Bugge und Kiessig, Über den Keimgehalt der Muskulatur gewerbsmäßig geschlachteter normaler Rinder. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. Jahrg. 92, 1911, S. 69.

Conradi, H., Eine neue Methode der bakteriologischen Fleischbeschau. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. 19. Jahrg. 1909, S. 341.

Derselbe, Über den Keimgehalt normaler Organe. Münchener mediz. Wochenschr. 1909, 1318.

Edenhuizen, B., Über den Zusammenhang zwischen Schlachttierkrankheiten und Fleischvergiftungen durch Bakterien der Typhus-Koligruppe. Inaug. Dissert. Göttingen 1907.

Erk, W., Konservierung der Proben für die bakteriologische Fleischbeschau beim Versande. Inaug. Dissert. Leipzig 1913.

Forster, zitiert nach F. Glage.

Glage, F., Kompendium der angewandten Bakteriologie für Tierärzte. 1913.

Grabert, K. und R. Mergell, Zur Bewertung des Conradischen Anreicherungsverfahrens. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. Jahrg. 22, 1912, S. 171.

Grunt, O., Beitrag zur Frage des physiologischen Vorkommens von Bakterien im Fleische gesunder Schlachtrinder. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. Jahrg. 23, 1913, S. 193.

Horn, A., Ein Beitrag zur Frage des Bakteriengehalts des Muskelfleisches gesunder und kranker Schlachttiere. Zeitschr. f. Infektionskrankheiten der Haustiere. Bd. 8, 1910, S. 424.

Junack, Zur bakteriologischen Fleischbeschau. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. 18. Jahrg. 1908, S. 289.

Kühnau, Anleitung zur Entnahme und Einsendung von Präparaten zum Zwecke mikroskopischer Untersuchung. Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung. 8. Jahrg. 1908, S. 437.

Marxer, A., Beitrag zur Frage des Bakteriengehalts und der Haltbarkeit des Fleisches bei gewöhnlicher Aufbewahrung. Fortschritte der Veterinärhygiene. Jahrg. 1, 1904, S. 328.

Messner, Ein Beitrag zur bakteriologischen Fleischuntersuchung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in der bakteriologischen Fleischbeschau. Tierärztl. Zentralbl. 1910, S. 436.

Meyer, L., Über Außeninfektion des Fleisches. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. Jahrg. 20, 1910, S. 109.

Meyer, L., Zur Conradischen Methode der bakteriologischen Fleischbeschau. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. 19. Jahrg. 1909, S. 382.

Miessner, H., Ziele der bakteriologischen Fleischbeschau. Mitteilung d. Kaiser Wilhelm-Inst. Bromberg. Bd. 4, 1912, S. 224.

Müller, M., Über den Keimgehalt des Fleisches bei septischen Infektionen und die Methodik bei der bakteriologischen Fleischbeschau. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. 20. Jahrg. 1909, S. 7.

Derselbe, Zur Methodik der bakteriologischen Fleischbeschau. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. 1909. 19. Jahrg., S. 377.

Derselbe, Über die Behinderung der Fäulnis in Organen durch Kochsalz und die Einwirkung von Kochsalz auf die Vitalität pathogener Bakterien in tierischen Geweben. Zeitschr. f. Infektionskrankh. der Haustiere. Bd. 7, 1910, S. 30.

Derselbe, Über das Wesen des sog. septischen Beschaubefundes bei den Schlachttieren, seine Beziehung zu der Entstehung der „Fleischvergiftung" sowie über die Methodik der bakteriologischen Fleischbeschau. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. 20. Jahrg. 1910, S. 145.

Müller, O., Königsberg — zitiert nach Raebiger.

Müller, W., Bakterien im Fleische notgeschlachteter und kranker Tiere. Zentralbl. f. Bakteriologie. I. Abt. Orig. Bd. 56, 1910, S. 277.

von Ostertag, R., Handbuch der Fleischbeschau. 1913.

Raebiger, Vortrag über die bakteriologische Fleischbeschau mit Demonstrationen. Deutsche tierärztl. Wochenschr. 1912, S. 199.

Reinhardt, R., Fleischvergiftungen. Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung. 11. Jahrg., 1909, S. 641.

Derselbe, Wie ist die bakteriologische Fleischuntersuchung auszuführen? Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung. 10. Jahrg., 1910, S. 183.

Rommeler, Zur Theorie und Praxis der bakteriologischen Fleischbeschau. Zeitschr. f. Fleisch- und Milchhyg. Jahrg. 20, 1910, S. 115.

Rössle, Bakteriologische Fleischbeschau. Deutsche Tierärztliche Wochenschr. 1910, S. 76.

Tiede, Bericht über die Verhandlungen der VII. allgem. Versammlung des Vereins preußischer Schlachthoftierärzte. Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung. 9. Jahrg., 1909, S. 520.

Vorschriften der anhaltinischen Regierung, zit. nach Raebiger.

Weichel, A., Über die Einwirkung von Kochsalz auf Bakterien aus der Gruppe der Fleischvergiftungserreger. Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. 34, 1910, S. 247.

Zwick und Weichel, Zur Frage des Keimgehalts des Fleisches gesunder Schlachttiere. Bericht über die 4. Tagung der Freien Vereinigung für Mikrobiologie. Zentralbl. f. Bakteriol. I. Abt. Referate Bd. 47 (Beilage) 1910, S. 174.

Dieselben, Zur Frage des Vorkommens von Bakterien im Fleische normaler Schlachttiere und zur Technik der bakteriologischen Fleischbeschau bei Notschlachtungen. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. 38, 1911, S. 327.

# Über die Bestimmung des Fettes in Kakaowaren.

Von

**Dr. W. Lange,**

Ständigem Mitarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

## I. Über Mängel beim Ausziehen des Kakaofetts mit dem Soxhletschen Apparate.

Soweit es sich nicht um gewisse schnell ausführbare, aber nur annähernd genaue Werte ergebende Verfahren handelt, ist für die Fettbestimmung in Kakaowaren in der Literatur die Anwendung des Soxhletschen Extraktionsapparates empfohlen, mit Hilfe dessen das mit Sand gemischte Kakaopulver oder dergl. eine bestimmte in der Literatur verschieden angegebene Zeitdauer auszuziehen ist. In den „Vereinbarungen zur einheitlichen Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln usw." (Heft III, S. 71) ist der Soxhletsche Apparat zwar nicht ausdrücklich vorgeschrieben, sondern nur gesagt, daß die angewandte Substanz mindestens 16 Stunden lang mit Äther auszuziehen sei; bei einer solchen Zeitdauer kommt aber wohl nur der Soxhletsche oder ein ähnlicher selbsttätig wirkender Apparat in Frage.

Bei einer Anzahl von Fettbestimmungen mit Hilfe des Soxhletschen Apparates, die aus Anlaß einer Prüfung der für die Bestimmung des Fettgehalts von Kakaowaren empfohlenen Verfahren ausgeführt wurden, machten sich Nachteile verschiedener Art geltend, die es dem Verfasser wünschenswert erscheinen ließen, ein anderes Verfahren ausfindig zu machen, das hinsichtlich der Genauigkeit der Ergebnisse dem Soxhletschen Verfahren nicht nachsteht, aber dessen Mängel nicht aufweist.

Ein solcher ist zunächst die lange Auszugsdauer. Diese wird in den „Vereinbarungen", wie schon erwähnt, auf mindestens 16 Stunden angegeben, außerdem wird dort empfohlen, durch nochmaliges Ausziehen mit Äther zu prüfen, ob das Fett tatsächlich gänzlich entfernt ist. In der für die Zollbehörden maßgebenden „Anleitung zur chemischen Untersuchung von Kakaowaren" (Anlage 2 der Ausführungsbestimmungen zum Gesetze, betreffend die Vergütung des Kakaozolls bei der Ausfuhr von Kakaowaren, vom 22. April 1892)[1]) ist vorgeschrieben, die Probe im Soxhletschen Apparate bis zur Erschöpfung, mindestens aber 10 bis 12 Stunden lang mit Äther auszuziehen.

[1]) Zentralblatt für das Deutsche Reich 1903, S. 437.

Tschaplowitz[1]) sowie Welmans[2]), die sich eingehender mit der Dauer der Fettextraktion mittels des Soxhletschen Apparates befaßten, berichten, daß das Ausziehen sehr häufig bis zu 4 Tage lang fortgesetzt werden mußte. Farnsteiner[3]) gibt allerdings an, daß bei Kakaopulver die Extraktion des eigentlichen Fettes schon nach 3 bis 4 Stunden beendigt sei und die weitere Extraktion im wesentlichen Nichtfett, insbesondere Theobromin und Koffein, liefere.

Um bei diesen einander widersprechenden Angaben, die leicht um weitere vermehrt werden könnten, ein Urteil über die erforderliche Zeitdauer und den Verlauf der Extraktion von Kakaowaren zu gewinnen, wurden je 10 g Kakaomasse, Kakaopulver und Schokolade in der üblichen Weise im Soxhletschen Apparat mit Äther behandelt, das Ausziehen aber nach bestimmten Zeitabschnitten unterbrochen und jedesmal die Menge des in Lösung gegangenen Fettes bestimmt. Das Ergebnis dieser Versuche zeigt die folgende Tabelle I, in der die Menge des jedesmal gefundenen Fettes auf 100 g der angewandten Kakaoware berechnet ist.

Tabelle I.

| Es wurden erhalten: | Kakaomasse | Kakaopulver I | Kakaopulver II | Schokolade | Milchschokolade |
|---|---|---|---|---|---|
| | % Fett | | | | |
| nach $2^1/_2$ Stunden . . . . | 25,36 | 18,32 | 10,89 | 30,43 | 31,96 |
| „ weiteren $2^1/_2$ Stunden . | 10,67 | 9,49 | 3,05 | 0,05 | 0,05 |
| „ „ $2^1/_2$ „ . | 9,25 | 3,82 | 0,91 | 0,02 | 0,03 |
| „ „ $2^1/_2$ „ . | 3,02 | 0,98 | 0,13 | 0,02 | 0,03 |
| „ „ 5 „ . | 1,96 | 1,09 | 0,16 | Nicht weiter ermittelt | |
| „ „ 5 „ . | 0,15 | 0,20 | 0,14 | | |
| „ „ 5 „ . | 0,04 | 0,10 | 0,03 | | |
| „ „ 5 „ . | 0,00 | 0,03 | Nicht weiter ermittelt | | |
| Insgesamt wurden erhalten | 50,45 | 34,03 | 15,31 | 30,52 | 32,07 |

Eine Reihe von weiteren Versuchen, bei denen jedoch nicht, wie bei den vorstehenden, der Verlauf der Fettextraktion in einzelnen Zeitabschnitten verfolgt, sondern nur die Gesamtzeit der Extraktionsdauer ermittelt wurde, lieferte im wesentlichen das gleiche Ergebnis; es zeigte sich auch hierbei, daß sich das Fett aus Schokolade schneller ausziehen läßt als aus Kakaomasse und Kakaopulver und daß bei den letzteren meist eine bis zu 25 Stunden dauernde Extraktion erforderlich ist, um genaue Werte für den Fettgehalt zu bekommen. Da sich eine bestimmte Norm für die Extraktionsdauer bei Anwendung des Soxhletschen Apparates überhaupt nicht gut geben läßt, so ist es in allen Fällen zweckmäßig, die Extraktion zu unterbrechen, wenn man sie für beendet hält und sich nach dem Wechsel des Kölbchens

[1]) Zeitschrift für analytische Chemie **45** (1906) , S. 231.
[2]) Zeitschrift für öffentliche Chemie 1900, S. 304.
[3]) Zeitschrift für Unters. d. Nahr.- u. Genußmittel **16** (1908), S. 625.

durch weiteres Fortsetzen der Extraktion zu vergewissern, ob nicht noch bemerkenswerte Mengen Fett in Lösung gehen.

Auf den ersten Blick erscheint es auffallend, daß das Ausziehen des Fettes aus Kakaopulver und -masse mit dem Soxhletschen Apparate eine so geraume Zeit erfordert, denn die Bestandteile dieser Kakaowaren sind so fein gemahlen und Kakaofett ist in Äther und den anderen gebräuchlichen Fettlösungsmitteln so leicht löslich, daß man eher das Gegenteil erwarten sollte. Der Grund, weshalb das Ausziehen des Fettes so lange dauert, dürfte hauptsächlich der sein, daß Kakaopulver u. dergl. infolge seiner eigentümlichen physikalischen Beschaffenheit beim Behandeln im Soxhletschen Apparate mit Äther oder anderen Fettlösungsmitteln keinen genügenden Wechsel des in die auszuziehende Masse eingedrungenen Lösungsmittels gestattet, so daß der weitaus überwiegende Teil desselben die Extraktionshülse und die darin befindliche Masse nur umspült. Die Folge davon ist, daß sich in der Masse Zonen bilden, von denen namentlich die innerste dem Lösungsmittel nur schwer zugänglich ist. Diese Beobachtung ist übrigens auch bei anderen feinpulverigen Stoffen gemacht worden und hat z. B. zu dem von Kardos und Schiller[1]) gemachten Vorschlage geführt, in die die auszuziehende Masse umgebende Papierhülse ein mit zahlreichen seitlichen Öffnungen versehenes Röhrchen einzusetzen, das unten geschlossen und oben trichterförmig erweitert ist. In dieses Röhrchen gelangt der aus dem Kühler träufelnde Äther, der dadurch gezwungen werden soll, die auszuziehende Masse von innen nach außen zu durchdringen. Eigene Versuche sind mit dieser Vorrichtung nicht gemacht worden, ihre Wirksamkeit ist jedoch von Bornemann[2]) in Zweifel gestellt worden.

Ein anderer Nachteil der Verwendung des Soxhletschen Apparates zur Fettbestimmung in Kakaowaren ist der, daß infolge der langen Behandlungsdauer andere Bestandteile des Kakaos als Fett in Lösung gehen und dadurch die gefundenen Werte zu hoch ausfallen. Namentlich kommen hierbei Theobromin und Koffein in Betracht. Diese, besonders Theobromin, sind zwar in Äther schwer löslich — 1 Teil Theobromin gebraucht 2500 Teile, 1 Teil Koffein 1300 Teile Äther zur Lösung —; berücksichtigt man aber, daß die Gesamtmenge des Äthers, mit dem die auszuziehende Substanz in Berührung kommt, infolge des im Wesen des Soxhletschen Apparates liegenden beständigen Hinzufließens und Abheberns sehr groß ist — bei dem einen der vom Verfasser angewendeten Apparate betrug die Gesamtmenge des Äthers während 20 Stunden ungefähr 13 Liter — so ist es verständlich, daß sich eine nicht unerhebliche Menge Theobromin trotz dessen großer Schwerlöslichkeit neben dem Koffein in den Auszugskölbchen wiederfindet, an deren Wandungen es meist einen ringförmigen, weißen Beschlag bildet.

Wenn man auch annehmen kann, daß bei der Fettextraktion nicht sämtliches Alkaloid in Lösung geht, da ein großer Teil desselben in gebundener, in Äther unlöslicher Form im Kakao enthalten ist, so darf doch nicht außer acht gelassen

---

[1]) Chemiker-Zeitung **37** (1913), S. 920.
[2]) Daselbst **38** (1914), S. 833.

werden, daß der Gehalt der Kakaobohnen an Alkaloid gewöhnlich etwa 1,5, bei einzelnen Sorten aber bis zu 2,4 Prozent beträgt und in den Kakaowaren, namentlich in stark entfettetem Kakaopulver, auf mehr als das Doppelte steigen kann, so daß durch die Lösung des Alkaloids bei der Fettbestimmung mit dem Soxhletschen Apparate leicht ein erheblicher Fehler entstehen kann. Dieser läßt sich nachträglich zwar dadurch ausschalten, daß man, wie von Farnsteiner[1]) empfohlen worden ist, den Stickstoffgehalt des Fettes nach Kjeldahl ermittelt, daraus seinen Gehalt an Alkaloid berechnet und dieses in Abzug bringt; dies würde aber die Fettbestimmung in Kakaowaren noch umständlicher und zeitraubender machen, ganz abgesehen auch davon, daß dadurch neue Fehler entstehen können.

Nach dem oben (S. 150) mitgeteilten Ergebnisse der Versuche über den Extraktionsverlauf kann dem Vorschlage Farnsteiners, durch Beschränkung der Extraktionsdauer auf 3 bis 4 Stunden den durch die Lösung der Alkaloide verursachten Fehler zu umgehen, nicht zugestimmt werden. Denn wenn diese Zeit auch in einzelnen Fällen, namentlich bei Schokolade, ausreicht, um alles Fett auszuziehen, so wird in der Mehrzahl der Fälle nach 4 Stunden noch eine erhebliche Menge Fett ungelöst sein, die in keinem Verhältnis zu der gleichzeitig in Lösung gehenden Menge der Alkaloide stehen würde. Bei den obigen Versuchen betrug z. B. die Menge der selbst noch nach 5 Stunden in Lösung gehenden festen Bestandteile bei Kakaomasse 14,42 und bei 2 Sorten Kakaopulver 6,22 bezw. 1,37 vom Hundert der angewendeten Kakaoware. Diese Mengen, abgesehen von dem letzteren Werte, würden das mehrfache des Gewichtes des in den Proben enthaltenen Alkaloids auch dann übersteigen, wenn man annimmt, daß es sich um Erzeugnisse aus besonders alkaloidreichen Kakaosorten handelt.

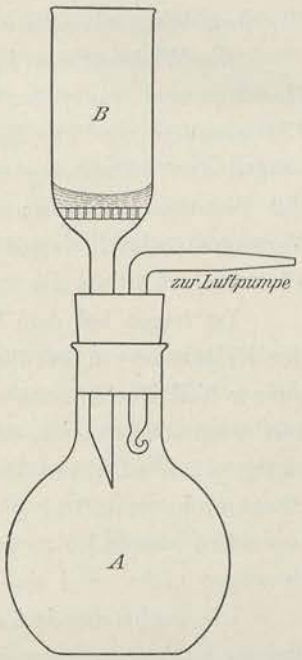
Bei mehreren Fettbestimmungen in Kakaopulver mit Hilfe des Soxhletschen Apparates trat eine Störung auch dadurch ein, daß das ausgezogene Fett durch braungefärbte Bestandteile des Kakaos verunreinigt war. Da sich in den Kakaowaren die Gewebsteile der Kakaobohne in äußerst feiner Verteilung befinden, so ist es nicht zu verwundern, daß bei den käuflichen Extraktionshülsen und auch bei solchen, die durch mehrfaches Zusammenrollen und -falten eines Streifens Filtrierpapier selbst hergestellt sind, leicht die Filterporen von festen Kakaobestandteilen durchdrungen werden. Das Gesamtgewicht derselben scheint zwar gewöhnlich gering zu sein und kann bei Bestimmungen, bei denen es auf Genauigkeit nicht besonders ankommt, auch wohl vernachlässigt werden. Die Verunreinigung ist aber zum mindesten sehr störend, da man ihr Gewicht nur schwer beurteilen und sie nur dadurch beseitigen kann, daß man das Fett in Äther löst, die Lösung filtriert, das Filter samt Rückstand gründlich mit Äther nachwäscht und die Lösung wie gewöhnlich weiter behandelt. Hierbei erhält man ein klares Filtrat; jedenfalls wurde in keinem von mehreren Fällen, in denen eine Verunreinigung des Auszuges mit unlöslichen Kakaobestandteilen eingetreten war, ein Durchgehen dieser Bestandteile durch das Filter beobachtet.

---

[1]) a. a. O.

## II. Ein neues Verfahren zur Fettbestimmung in Kakaowaren.

Zur Ausführung des Verfahrens dient der abgebildete Apparat, der folgendermaßen zusammengesetzt ist: Auf ein etwa 250 ccm fassendes weithalsiges Kölbchen, das vor Ingebrauchnahme (zweckmäßig nach Umhüllen mit einem Tuche) durch Absaugen der eingeschlossenen Luft auf Widerstandsfähigkeit geprüft worden ist, ist mittels eines Gummistopfens, durch den ein zur Luftpumpe führendes, am unteren Ende verengtes und nach oben umgebogenes Knierohr führt, das Filterrohr B aufgesetzt. Dieses hat einen Durchmesser von 3,5 bis 4 cm, sein erweiterter Teil ist etwa 8 cm lang. Im unteren Teile der Erweiterung des Filterrohrs liegt eine $^3/_4$ bis 1 mm große Öffnungen enthaltende Wittsche Filterplatte aus Porzellan, die zur Verhütung einer sonst leicht eintretenden Verlagerung eingeschliffen ist. Die Filterplatte wird durch Eingießen einer Asbestaufschwemmung und Absaugen des Wassers mit einer 3 bis 4 cm dicken Asbestschicht bedeckt und diese unter Verwendung der Luftpumpe so lange mit Wasser durchgespült, bis dieses beim Ablaufen keine Asbestfäserchen mehr enthält. Dann wird das Filter mit Alkohol und Äther getrocknet. Die Anwendungsweise des Apparates ist folgende: Nachdem das Kölbchen gewogen, mit einer am Halse desselben angebrachten Klemmvorrichtung an einem Stative befestigt und das Filterrohr aufgesetzt ist, bringt man je nach der zu erwartenden Menge Fett 5 bis 10 g des Kakaopulvers oder der auf einer Gewürzreibe zerkleinerten Schokolade bezw. Kakaomasse ohne Zusatz von Sand oder dergleichen in das Filterrohr, ebnet die Substanz mit einem Glasstabe, übergießt sie mit 10 bis 15 ccm Äther, bedeckt das Filterrohr mit einem Uhrglase oder verschließt es mit einem mit seitlicher Rille versehenen Korkstopfen und wartet, bis die Fettlösung von der Filterplatte abzulaufen beginnt, was meist nach einigen Minuten eintritt. Dann saugt man mit Hilfe der Luftpumpe — zuerst vorsichtig, um ein Erstarren der meist sehr konzentrierten Fettlösung in den Öffnungen der Filterplatte zu verhindern — die Fettlösung ab, und wiederholt das Ausziehen unter Anwendung von je 7 bis 10 ccm Äther so lange, bis im ganzen etwa 100 ccm verbraucht sind. Bisweilen zeigen sich nach dem ersten Absaugen oder auch später Risse oder Öffnungen in dem im übrigen zusammenhängenden Rückstande. In diesem Falle ist es, um ein gleichmäßiges Durchdringen der Masse mit dem Lösungsmittel zu bewirken, notwendig, sie nach dem Übergießen des Äthers mit einem Glasstabe aufzurühren und dann erst die Lösung abzusaugen.




Sobald dies geschehen ist, vertauscht man das Kölbchen gegen ein anderes, ebenfalls gewogenes und verfährt in der gleichen Weise unter Anwendung von weiteren etwa 50 ccm Äther. Bei keiner der vom Verfasser ausgeführten Fettbestimmungen

in verschiedenen Kakaowaren, namentlich Kakaopulver und Schokolade, war die in dem zweiten Kölbchen gefundene Menge Fett so erheblich, daß eine noch weitere Behandlung mit Äther erforderlich gewesen wäre. Die gesamte Extraktion nimmt bei Anwendung von 150 ccm Äther eine halbe bis dreiviertel Stunde in Anspruch[1]). Nachdem der in den beiden Kölbchen enthaltene Äther abdestilliert ist, werden sie vorsichtig in einen Wasserdampftrockenschrank gelegt und bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Die Wirkung des Apparats unterscheidet sich von der des Soxhletschen Extraktionsapparates im wesentlichen dadurch, daß die auszuziehende Masse von dem Lösungsmittel gleichmäßig durchdrungen und die Fettlösung bei jedesmaligem Absaugen fast vollständig entfernt wird. Unter diesen Bedingungen ist die Wirkung des Lösungsmittels ungemein stärker, was sich z. B. bei einem eigens angestellten Versuche dadurch zeigte, daß beim Absaugen des ersten Ätheranteils bereits rund 75 Prozent Fett in die Lösung übergingen.

Da ferner bei dem Verfahren eine nur verhältnismäßig geringe Menge Äther mit der Kakaoware in Berührung kommt, so vermag sich auch nur ein entsprechend kleiner Teil Theobromin und Koffein zu lösen. Selbst wenn man, was in Wirklichkeit ausgeschlossen ist, annimmt, daß der ablaufende Äther mit den Alkaloiden gesättigt wäre, so würde, da bis zu 150 ccm Äther angewendet werden, höchstens 0,06 g Theobromin und 0,11 g Koffein in Lösung gehen. Tatsächlich werden, was nicht besonders begründet zu werden braucht, diese Zahlen nicht erreicht; die letztere schon deswegen nicht, weil sich so viel Koffein wohl niemals in 10 g einer Kakaoware findet.

Die nachstehende Tabelle II enthält das Ergebnis von Fettbestimmungen, die in einigen Kakaowaren sowohl mit dem Apparat von Soxhlet als auch dem des Verfassers ausgeführt wurden.

Tabelle II.

| Nr. | Art der Kakaoware | Fettgehalt, ermittelt mit dem Apparate | |
|---|---|---|---|
| | | von Soxhlet | des Verfassers |
| 1 | Kakaopulver I . . . . . | 24,57 % | 24,28 % |
| 2 | „ II . . . . . | 14,38 „ | 14,06 „ |
| 3 | „ III . . . . . | 30,58 „ | 30,40 „ |
| 4 | „ IV . . . . . | 33,10 „ | 32,88 „ |
| 5 | Schokolade I . . . . . | 30,56 „ | 30,47 „ |
| 6 | „ II . . . . . | 33,46 „ | 33,25 „ |
| 7 | „ III . . . . . | 17,92 „ | 17,69 „ |
| 8 | „ IV . . . . . | 22,10 „ | 21,94 „ |
| 9 | Kakaomasse . . . . . | 51,88 „ | 51,77 „ |
| 10 | Milchschokolade I . . . . . | 32,49 „ | 32,09 „ |
| 11 | „ II . . . . . | 30,46 „ | 30,14 „ |
| 12 | Kasseler Haferkakao . . . . . | 16,78 „ | 16,64 „ |

[1]) An Stelle des oben beschriebenen Apparates kann, wenn es sich um nur annähernd genaue Fettbestimmungen handelt, auch ein in entsprechender Weise hergerichteter gewöhnlicher Trichter dienen. Es ist dann aber der Rückstand auf dem Filter mehrmals durch Rühren mit einem Glasstabe mit dem Äther gut aufzuschlämmen, um ein gründliches Durchdringen auch desjenigen Teiles der Substanz mit dem Lösungsmittel zu ermöglichen, der sonst am Rande liegen bleiben und weniger gründlich mit dem Lösungsmittel in Berührung kommen würde.

Einer Erläuterung zu der Tabelle bedarf es nach den obigen Ausführungen nicht; die Unterschiede in den gefundenen Werten für den Fettgehalt der einzelnen Kakaowaren dürften im wesentlichen auf der Verunreinigung des mit dem Soxhletschen Apparate ausgezogenen Fettes durch Alkaloid beruhen.

Zum Beweise dafür, daß die Fettextraktion nach dem oben beschriebenen Verfahren ebenso gründlich ist, wie bei Anwendung des Soxhletschen Apparates, wurde noch folgender Versuch angestellt: 10 g Kakaopulver wurden nach dem ersteren Verfahren mit 150 ccm Äther entfettet. Die erhaltene Masse wurde mit der gleichen Menge Sand vermischt und das Gemisch 10 Stunden lang im Soxhletschen Apparate mit Äther ausgezogen. Der nach dem Abdunsten des Äthers hinterbliebene Rückstand wog 0,047 g und war zum weitaus größten Teil in Wasser löslich. Wurde er mit Petroläther behandelt, so ging ein sehr geringer Teil in Lösung, bei deren Abdunsten ein wachsartig zäher Beschlag hinterblieb, dessen Menge aber so gering war, daß sie vernachlässigt werden konnte.

Erwähnt sei auch noch die folgende Beobachtung. Behandelt man Kakaopulver, das mit dem Soxhletschen oder dem oben beschriebenen Apparate vollständig entfettet worden ist, nach dem Fettbestimmungs-Verfahren von Polenske[1]) mit Salzsäure, so erhält man schließlich 0,1 bis 0,2% eines Rückstandes, der eine fettartige Beschaffenheit zeigt, sich aber von Kakaofett durch seine zähe Beschaffenheit unterscheidet und nach einer oberflächlichen Prüfung auch in chemischer Hinsicht von ihm abweicht.

### Fettgehalt einiger Proben Kakaomasse.

Im Hinblick darauf, daß die Literaturangaben über den Fettgehalt von Kakaomasse ziemlich spärlich sind — das Handbuch von König (4. Aufl. Bd. I, S. 1026) enthält das Untersuchungsergebnis von nur 7 nach der Herkunft bezeichneten Sorten — sei in der folgenden Tabelle III noch der nach vorstehendem Verfahren ermittelte Fettgehalt einiger Sorten Kakaomasse mitgeteilt. Die Proben 1 und 4 waren von der hiesigen Firma J. D. Riedel bezogen, die übrigen Proben von der Schokoladenfabrik Sarotti freundlichst überlassen worden.

Tabelle III.

| Nr. | Herkunft, bezw. Handelsbezeichnung | Fettgehalt % |
|---|---|---|
| 1 | Ecuador, Guayaquil | 51,62 |
| 2 | „ , Arriba | 51,12 |
| 3 | „ , Machala | 51,94 |
| 4 | Venezuela, Caracas | 50,66 |
| 5 | „ „ | 50,91 |
| 6 | Trinidad | 51,47 |
| 7 | Kamerun | 57,30 |
| 8 | S. Thomé | 53,60 |
| 9 | Samoa | 54,62 |

[1]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte **33** (1910), S. 565.

### III. Über die Behandlung des Kakaofettes nach der Extraktion.

In den „Vereinbarungen“ (Heft I, S. 5) sowie in der Seite 149 näher bezeichneten amtlichen Anleitung ist über die weitere Behandlung der ätherischen Fettlösung zum Zwecke der Wägung des Fettes vorgeschrieben, den Äther abzudestillieren, den Rückstand eine Stunde im Wasserdampftrockenschranke zu trocknen und nach dem Erkalten im Exsikkator zu wägen. Diese Vorschrift ist auch in die gebräuchlichen Lehrbücher der Nahrungsmittelchemie übergegangen. Bei den Versuchen des Verfassers zeigte sich, daß nach einstündigem Stehen der Kölbchen im Dampftrockenschranke in der Regel eine Gewichtskonstanz nicht erreicht wird, sondern daß vielmehr namentlich bei den zum Soxhletschen Apparate gehörenden Kölbchen nach dieser Zeit noch eine recht erhebliche Gewichtsabnahme stattfindet. Um festzustellen, nach welcher Zeit dies nicht mehr der Fall ist, wurde eine Versuchsreihe in der Weise angestellt, daß je 3 g Kakaofett in einem Soxhletschen und einem weithalsigen Kölbchen, wie es bei dem unter II beschriebenen Verfahren zur Anwendung gelangt, in Äther gelöst, dieser abdestilliert und die Kölbchen nach jedesmaligem einstündigem Stehen im Dampftrockenschranke und Erkalten im Exsikkator gewogen wurden. Die lichte Halsweite des Soxhletschen Kölbchens betrug 18 mm, die des weithalsigen Kölbchens 32 mm. Die gleichen Versuche wurden auch mit Petroläther ausgeführt. Durch einen Vorversuch wurde festgestellt, daß Kakaofett selbst nach 10stündiger Erhitzung im offenen Porzellanschälchen im Dampftrockenschranke keinerlei Gewichtsveränderung erleidet. Das Ergebnis der Versuche ist aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle IV.

| | Gewichtserhöhung von 3 g Kakaofett nach Behandlung | | | |
|---|---|---|---|---|
| | im Soxhletschen Kölbchen | | im weithalsigen Kölbchen | |
| | mit | | | |
| | Äther | Petroläther | Äther | Petroläther |
| Nach einstündigem Erhitzen . . | 0,0390 g | 0,0842 g | 0,0018 g | 0,0166 g |
| „ zwei „ „ . . . | 0,0068 „ | 0,0175 „ | 0,0008 „ | 0,0002 „ |
| „ drei „ „ . . . | 0,0040 „ | 0,0057 „ | } nicht weiter bestimmt | |
| „ vier „ „ . . . | 0,0030 „ | 0,0013 „ | | |
| „ fünf „ „ . . . | 0,0018 „ | 0,0003 „ | | |

Weitere, jedoch nur mit dem Soxhletschen Kölbchen angestellte Versuche, bei denen 1,5 und 5 g Fett angewendet wurden, lieferten ein ähnliches Ergebnis; im ersteren Falle waren zweieinhalb-, im letzteren Falle fünfstündiges Erhitzen im Dampftrockenschranke erforderlich, um Gewichtskonstanz zu erreichen.

Die Versuche lehren also, daß einstündiges Erhitzen des äther- oder petrolätherhaltigen Kakaofettes im Dampftrockenschranke meist nicht genügt, um die letzten Anteile des Lösungsmittels zu entfernen, sondern daß man gut tun wird, in allen Fällen so lange zu erhitzen, bis Gewichtskonstanz erreicht ist.

Daß die Erhitzungsdauer von der Gestalt der Kölbchen, besonders deren Halsweite abhängt, war von vornherein zu erwarten; es konnte jedoch nicht vorausgesehen werden, daß die Unterschiede so erheblich sind, wie sie sich bei den vorliegenden Versuchen herausgestellt haben. Die Dauer der Erhitzung kann übrigens dadurch erheblich abgekürzt werden, daß die Kölbchen nicht in den Trockenschrank gestellt, sondern mit der zur Vermeidung von Verlusten erforderlichen Vorsicht gelegt werden. Durch diesen kleinen Kunstgriff wird ein besserer Austausch der über der Fettschicht lagernden äther- bezw. petrolätherhaltigen Luft bewirkt und damit die Gewichtskonstanz erheblich eher erreicht. Noch schneller kommt man zum Ziel, wenn man die Kölbchen auf einem flott siedenden Wasserbade erhitzt, so lange Luft einbläst, bis der Geruch nach dem Lösungsmittel verschwunden ist, und dann noch eine halbe Stunde in den Trockenschrank legt. Bei weiterem Erhitzen läßt sich dann gewöhnlich eine Gewichtsabnahme nicht mehr feststellen.

Berlin, im Mai 1915.

---

Ende des 1. Heftes.

Abgeschlossen am 3. August 1915.

# Untersuchungen über Maul- und Klauenseuche.

IV. Mitteilung.

## Die bei Maul- und Klauenseuche im Pansen des Rindes auftretenden Veränderungen.

Von

**Dr. E. Kallert,**

wissenschaftlichem Hilfsarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte.

(Hierzu Tafel V und VI.)

---

Es ist eine längst bekannte Tatsache[1]), daß bei der Maul- und Klauenseuche neben den typischen Aphthen auf der Schleimhaut des Maules, auf der Zunge, an den Klauen usw. auch im Verdauungskanal, insbesondere im Pansen, spezifische Veränderungen vorkommen können. Obwohl derartige Veränderungen der Pansenschleimhaut in zahlreichen Fällen von Maul- und Klauenseuche zur Ausbildung gelangen, treten sie doch gegenüber den pathologischen Vorgängen an den erwähnten Prädilektionsstellen in den Hintergrund. Eine wesentliche diagnostische Bedeutung kommt den Pansenveränderungen nicht zu, da in der Regel die Diagnose durch den typischen Blasenausbruch an Körperstellen, die der Besichtigung leicht zugänglich sind, gesichert wird.

Vielleicht ist es aber für den Verlauf der Krankheit im einzelnen Falle nicht bedeutungslos, ob die Schleimhaut des ersten Magens in mehr oder weniger hohem Grade an dem krankhaften Prozesse beteiligt ist. Es ist denkbar, daß eine Miterkrankung der Pansenschleimhaut erhöhte Gelegenheit zum Übergang von Sekundärkeimen und von Toxinen aus dem in Zersetzung befindlichen Inhalte des Pansens in den Körper bietet und auf diese Weise den Verlauf der Krankheit ungünstig beeinflußt.

Aus diesen und aus allgemeinen wissenschaftlichen Gründen lohnt es sich, eine eingehende Beschreibung der in der Literatur bisher etwas nebensächlichlich behandelten Veränderungen der Pansenschleimhaut zu geben.

### Makroskopische Beschreibung.

Wie die farbige Abbildung auf Tafel V zeigt, haben die Veränderungen der Pansenschleimhaut ein sehr verschiedenartiges Aussehen. Die kleinsten, jüngsten

---

[1]) Vergl. u. a. Hutyra und Marek, Spezielle Pathologie und Therapie der Haustiere, 1913, Bd. 1, S. 340.

Herde stellen rundliche, braunrote bis dunkelrote, kaum erhabene Flecken von Stecknadelkopfgröße dar. Neben ihnen finden sich größere, ebenfalls braunrote bis dunkelrote Flecken, die unregelmäßig rundlich bis oval gestaltet sind und bis etwa einen halben Zentimeter im Durchmesser haben können. Legt man einen senkrechten Schnitt durch einen der jüngsten oder besser durch einen der größeren beschriebenen Herde an, so sieht man deutlich, daß es sich um eine Abhebung der oberen Schleimhautschicht handelt, in deren Bereiche eine starke Blutung stattgefunden hat. Es liegt demnach, wie schon makroskopisch erkennbar ist, die Bildung von Bläschen vor, die sich von den an anderen Stellen auftretenden Blasen nur durch die sehr frühzeitig stattfindende, ausgedehnte Blutung unterscheiden.

Das weitere Entwicklungsstadium der Pansennaphthen, wie man diese Veränderungen wohl mit Recht bezeichnen darf, ist aus der farbigen Abbildung auf Tafel V zu entnehmen. Nach Verlust der abgehobenen Blasendecke bleiben Epitheldefekte zurück, die einen unregelmäßigen Rand und einen hellroten bis grauweißen Grund aufweisen. Am Rande dieser Defekte sitzen gewöhnlich noch Reste der losgerissenen Blasendecke. Das in den Blasenhohlraum ergossene und dann geronnene Blut stößt sich, wie aus der grauen Farbe des Defektgrundes hervorgeht, mit der Blasendecke ab.

Die ausgedehnteste Blasenbildung findet, wie auch aus der Abbildung hervorgeht, auf der Schleimhaut der Pansenpfeiler statt, während diese Veränderungen im Bereiche der langen Pansenzotten völlig fehlen. Der Entwicklungsgang der Pansenaphthe muß sich sehr rasch abspielen, denn man findet bei getöteten maul- und klauenseuchekranken Tieren alle Entwicklungsstadien nebeneinander vor. Vielleicht ist hierbei von Bedeutung, daß die Blasendecke im Pansen durch die sich hin- und herschiebenden groben Futtermassen sehr frühzeitig abgerissen wird. Dieses Abreißen der Decke findet um so leichter und schneller statt, je größer die Aphthe ist. Auf dem in der Abbildung dargestellten Pansenpfeiler finden sich deshalb auch, entsprechend der ausgedehnten Epithelabhebung, sehr große Defekte vor.

Die Abheilung der Pansenaphthen zu verfolgen hatte ich keine Gelegenheit, es ist jedoch anzunehmen, daß sie sich in der gleichen Weise wie bei den an anderen Stellen gebildeten Maul- und Klauenseucheblasen vollzieht. Der aus der Pansenaphthe entstandene oberflächliche Epitheldefekt wird jedenfalls sehr schnell von den am Rande und im Grunde des Defektes stehen gebliebenen intakten Epithelbezirken aus mit neu gebildeten Zellagen überzogen.

## Mikroskopische Beschreibung.

Zum besseren Verständnis der Histogenese und Histologie der Pansenaphthe ist es vielleicht nicht überflüssig, auf die histologischen Verhältnisse der gesunden Pansenschleimhaut kurz einzugehen (s. auch Tafel VI, Fig. 1). Nach Ellenberger[1]) besteht die Pansenschleimhaut aus einer Lamina epithelialis sowie einer Lamina

[1]) Ellenberger, Handbuch der vergleichenden mikroskopischen Anatomie der Haustiere, Bd. 3, 1911, S. 145.

propria und besitzt an Stelle einer Lamina muscularis ein Stratum subpapillare fibrosum, das sich aus dichten, parallelfaserigen Bindegewebszügen und vielen elastischen Fasern zusammensetzt und sich von der Umgebung deutlich abhebt. Die Epithelschicht der Schleimhaut, die für uns das meiste Interesse besitzt, zeigt den Bau eines vielschichtigen Plattenepithels. Der Oberfläche am nächsten liegt ein stark entwickeltes Stratum corneum, unter dem sich ein Stratum granulosum, bestehend aus langgestreckten granulierten Zellen, befindet. Unter dem Stratum granulosum folgt das am mächtigsten ausgebildete Stratum spinosum, das sich aus mehrfachen Lagen polyedrischer Zellen zusammensetzt. Unter der Stachelzellenschicht endlich liegt das aus Zylinderzellen bestehende Stratum cylindricum, das den Papillen der Lamina propria unmittelbar aufsitzt.

Die Histogenese und Histologie der Maul- und Klauenseucheblase habe ich auf Grund eigener Untersuchungen bereits an anderer Stelle[1]) ausführlich dargestellt, ich kann deshalb auf die dort gemachten Ausführungen Bezug nehmen und mich hier darauf beschränken, das speziell für den feineren Bau der Pansenaphthe Wichtige hervorzuheben. Wie ich an der genannten Stelle ausführte, entsteht die Aphthe durch bestimmte Degenerationsvorgänge im Epithel, die den von Unna beschriebenen Formen der ballonierenden und retikulierenden Degeneration entsprechen. Den Anstoß zu diesen degenerativen Vorgängen im Epithel bildet die unter dem Einfluß des Erregers stattfindende Exsudation aus den Papillargefäßen. Wie bereits Zschokke[2]) hervorhob und wie ich durch eigene Untersuchungen bestätigt fand, trifft man die ersten Veränderungen nicht etwa in der tiefsten, den Papillen aufsitzenden Zellage, der Zylinderepithelschicht, sondern in dem nächst höheren Stratum spinosum. Es hat demnach den Anschein, als ob das aus den Papillargefäßen austretende Exsudat zunächst zwischen den Zylinderzellen, vielleicht durch die sich erweiternden Intrazellularräume, hindurchzutreten vermag, ohne diese Zellen zu schädigen. Eine Schädigung der Zylinderzellen tritt erst gleichsam rückläufig während und nach der Zerstörung der Stachelzellenschicht ein.

Das histogenetische Bild der Aphthen, wie es am reinsten z. B. an Schnitten durch junge Blasen von der Rüsselscheibe des Schweines zur Beobachtung gelangt, wird bei den Pansenaphthen schon sehr frühzeitig durch Blutungen getrübt. Wie die Figur 2 auf Tafel VI zeigt, ist das Stratum spinosum im Bereiche der Aphthenbildung völlig zerstört, an seine Stelle ist mit Zell- und Kerntrümmern durchsetztes Blutgerinnsel getreten. Darüber, weshalb diese Blutungen schon in den jüngsten Pansenaphthen stattfinden, kann man nur Vermutungen äußern. Man kann sich vorstellen, daß die in den Papillen der Pansenschleimhaut verlaufenden Kapillargefäße besonders zarte Wandungen besitzen, die dem hyperämischen Druck nur geringen Widerstand entgegen zu setzen vermögen und sehr bald auch für rote Blutkörperchen durchlässig werden. Die frühzeitige Durchblutung der Pansenaphthe hat ferner nichts Erstaun-

[1]) Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. 47, 1914, S. 603.

[2]) Zschokke, Zur Pathologie der Maul- und Klauenseuche. Schweizer Archiv f. Tierheilk. Bd. 54, 1912, S. 505.

liches, wenn man die allgemein bekannte Tatsache in Betracht zieht, daß die Schleimhaut des ganzen Verdauungstraktus auch bei anderen Infektionskrankheiten hohe Neigung zur Bildung größerer und kleinerer Blutungen besitzt.

Wie schon bei der makroskopischen Beschreibung der Pansenaphthen gesagt wurde, geht die Hornzellenschicht mit dem darunter liegenden Zelldetritus sehr bald durch die mechanische Einwirkung des Panseninhaltes verloren. Der Grund des so entstandenen Epitheldefektes wird von den fast völlig von Epithel entblößten Papillen gebildet, auf denen noch Überreste der zerstörten Epithellagen sitzen können (Tafel VI, Fig. 4). Ein Übergangsstadium zeigt Fig. 3 der Tafel VI, indem dort nur die Hornzellenschicht verloren gegangen ist, während die ganze Masse des zerstörten Epithels vorläufig noch erhalten geblieben ist.

Wenn auch die feineren degenerativen Vorgänge im Epithel des Pansens durch den Eintritt von Blutungen verdeckt und gestört werden, so läßt gerade die Pansenaphthe eine Erscheinung besonders deutlich erkennen, die für den Ersatz des zerstörten Epithels in allen Aphthen von größter Wichtigkeit ist, nämlich die lange dauernde, fast völlige Erhaltung der Zylinderzellenschicht. In Figur 6 der Tafel VI, die einen Abschnitt aus einer jungen Pansenaphthe zur Darstellung bringt, ist das ganze Stratum spinosum und granulosum in einen mit geronnenem Blute durchsetzten Zellbrei verwandelt; nur oben ist noch ein Stück der Hornschicht erhalten geblieben, und trotzdem erkennt man in der Tiefe die fast völlig intakte Zylinderzellenschicht als dunkle, gezackte Linie auf und zwischen den Papillen. Obwohl im weiteren Verlaufe die Mehrzahl der Zylinderzellen ebenfalls der Zerstörung anheimfällt, so bleiben doch Gruppen dieser Zellen erhalten, von denen aus die Regeneration des Epithels kräftig einsetzen kann.

Neben der frühzeitig eintretenden Blutung besitzt die Pansenaphthe eine weitere Eigentümlichkeit. Während nämlich bei den an anderen Körperstellen entstehenden Aphthen das gesunde vom kranken Gewebe nach den Seiten hin ziemlich scharf abgegrenzt zu sein pflegt, ist bei der Pansenaphthe gerade das Gegenteil der Fall. Die Zerstörung des Epithels, und der Bluterguß beschränken sich nicht auf einen scharf umschriebenen Gewebsbezirk, vielmehr dringt die Masse des Zelldetritus, die den Hohlraum der Aphthe ausfüllt, nach allen Seiten hin weiter in das gesunde Gewebe vor. Dieses Vordringen findet jedoch nicht in der Weise statt, daß das intakte Epithel der Umgebung in seiner ganzen Ausdehnung immer weiter zerstört wird, sondern der Zellbrei schiebt sich zwischen Stratum corneum und granulosum und Stratum spinosum ein. Dadurch kommen histologische Bilder wie das in Figur 5 auf Tafel VI dargestellte zustande. Auf der rechten Seite sieht man die Stelle der primären Zerstörung des Epithels, gekennzeichnet durch einen strukturlosen Zelldetritus. Nach der linken Seite zu hat sich der Zelldetritus zwischen die Stachelzellenschicht, die fast völlig intakt geblieben ist, und das Stratum corneum unter Zerstörung des Stratum granulosum hineingeschoben. An dieser eigenartigen Ausbreitung der Pansenaphthen sind jedenfalls die besonderen Druckverhältnisse schuld. Vielleicht wird durch den frühzeitig erfolgenden Bluterguß in der Aphthe ein Überdruck geschaffen, dem zwar die noch intakte, im Pansen stark ausgebildete Hornschicht standzuhalten ver-

mag, durch den aber die zerstörte Zellmasse nach den Stellen des geringsten Widerstandes, eben zwischen Stratum granulosum oder corneum und Stratum spinosum hinein, gepreßt wird.

## Zusammenfassung.

Aus Vorstehendem geht hervor, daß die bei Maul- und Klauenseuche im Pansen des Rindes vorkommenden Veränderungen typische Blasen, Aphthen, darstellen, die sich makroskopisch und mikroskopisch von den an anderen Körperstellen auftretenden Aphthen durch einige Besonderheiten, insbesondere durch einen Bluterguß in die Aphthe und frühzeitigen Verlust der Epitheldecke, unterscheiden.

---

### Erklärung der Tafeln[1]).

Tafel V.

Pansenschleimhaut vom Rinde mit Maul- und Klauenseucheveränderungen in den verschiedensten Stadien der Entwicklung (Farbenphotogramm: natürliche Größe).

Tafel VI.

Fig. 1. Epithel der normalen Pansenschleimhaut des Rindes (Photogramm: Vergr. 15fach).

Fig. 2. Frische Aphthe in der Pansenschleimhaut des Rindes (Photogramm: Vergr. 15fach). Die Stachelzellenschicht ist zerstört, an ihrer Stelle ist eine aus Blut und Zelltrümmern bestehende dunkle Masse sichtbar; das Stratum corneum ist bis auf zwei Stellen noch völlig erhalten.

Fig. 3. Etwas ältere Pansenaphthe als die in Fig. 2 dargestellte (Photogramm: Vergr. 15fach). Die Hornschicht ist bereits verloren gegangen, dagegen sitzt die übrige Masse des Zelldetritus noch auf den Papillen.

Fig. 4. Maul- und Klauenseucheepitheldefekt in der Pansenschleimhaut des Rindes (Photogramm: Vergr. 15fach). Auch der Zelldetritus ist zum größten Teil abgestoßen worden, so daß die Papillen frei zutage treten.

Fig. 5. Detail aus der in Fig. 2 dargestellten Pansenaphthe (Photogramm: Vergr. 60fach). Man sieht das Vordringen der Zerstörungszone in das gesunde Gewebe. Das Stratum corneum oben und das Stratum spinosum unten sind noch erhalten, das Eindringen des Zelldetritus erfolgt im Bereiche des Stratum granulosum.

Fig. 6. Detail aus der in Figur 2 dargestellten Pansenaphthe (Photogramm: Vergr. 60fach). Die Figur läßt die Erhaltung des Stratum cylindricum (als dunkle Zickzacklinie in der Tiefe sichtbar) erkennen, während das Stratum spinosum bereits völlig zerstört ist.

---

[1]) Herrn Technischen Rat Dr. Heise fühle ich mich für die Herstellung der Photogramme zu besonderem Danke verpflichtet.

# Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Argentinien.

Nach Berichten

des Kaiserlichen Generalkonsulats in Buenos Aires und anderen Quellen

bearbeitet durch

Geheimen Regierungsrat **Wehrle,**
Mitglied des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.

---

Inhalt: I. Veterinärbehörden und tierärztliches Personal. A. Organisation der Veterinärbehörde. B. Geprüfte Tierärzte. Tierärztliche Bildungsanstalten. Tierärztlicher Unterricht. C. Beamtete Tierärzte. — II. Viehbestand. A. Zahl der Tiere. B. Verhältnis des Viehbestandes zur Bevölkerung und zur Bodenfläche des Landes. C. Hauptsächliche Tierrassen. D. Viehhaltung und Viehverwertung. E. Viehversicherung. — III. Viehverkehr. A. Viehhandel. Ein- und Ausfuhr. Bestimmungsländer. B. Viehbeförderung auf Eisenbahnen und Schiffen. C. Viehmarktwesen. Beaufsichtigung der Viehmärkte, der Händlerställe und Gastställe. — IV. Bekämpfung der Viehseuchen. A. Abwehrmaßregeln gegen die Einschleppung von Viehseuchen aus dem Auslande. B. Bekämpfung der Viehseuchen im Inland. a) Allgemeine Maßregeln gegen die Verbreitung von Viehseuchen; b) besondere Maßregeln zur Bekämpfung der einzelnen Seuchen: 1. Rinderpest, 2. Lungenseuche, 3. Pockenseuche der Schafe, 4. Beschälseuche, 5. Maul- und Klauenseuche, 6. Rotz, 7. Rotlauf und Schweineseuche, 8. Schweinepest, 9. Tollwut, 10. Milzbrand, 11. Tuberkulose, 12. Räude der Schafe und Ziegen, 13. Texasfieber; c) Impfungen. Impfstoffbereitungsanstalten; d) Staatliche Entschädigung bei Verlusten durch Viehseuchen; e) Viehseuchenstatistik; f) Verhütung der Seuchenverschleppung nach dem Ausland. C. Desinfektion bei Viehseuchen. D. Unschädliche Beseitigung der Kadaver. Abdeckereiwesen. — V. Schlachtvieh- und Fleischbeschau. A. Organisation der Schlachtvieh- und Fleischbeschau. Schlachthäuser. B. Ergebnisse der Schlachtvieh- und Fleischbeschau. C. Verfahren mit beanstandetem Fleische. D. Versorgung mit Fleisch und Fleischverbrauch. E. Vieh- und Fleischpreise. Zustandekommen der Preisnotierungen. F. Verbote und Beschränkungen der Ein- und Durchfuhr von Fleisch und Fett. G. Ausfuhrschlächtereien. H. Trichinenschau. J. Staatliche Schlachtviehversicherung.

---

## I. Veterinärbehörden und tierärztliches Personal.

### A. Organisation der Veterinärbehörde.

Die Veterinärpolizei ist in Argentinien eine verhältnismäßig junge Einrichtung. Als gegen Ende des vorigen Jahrhunderts mit der Ausfuhr von lebendem Vieh und gefrorenem Fleische und mit der Veredelung der Viehrassen durch Zuchtvieheinfuhr begonnen wurde, ergab sich auch das Bedürfnis, der Gesundheitspflege der Haustiere größere Sorgfalt zuzuwenden. Aus diesem Bedürfnis entstand das Veterinärpolizeigesetz vom 10. Oktober 1900 (Ley Nr. 3959 de Policia Sanitaria Animal)[1]), das inzwischen verschiedentlich abgeändert und ergänzt worden ist[2]).

---

[1]) Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1901 S. 384.

[2]) Desgl. 1903 S. 1226.

Ausführung und Überwachung dieses Gesetzes sind dem Landwirtschaftsministerium zugewiesen und im besonderen einer Abteilung dieses Ministeriums, der Direccion General de Ganaderia (früher Division de Ganaderia genannt) übertragen, der auch die Pflege der allgemeinen Viehzuchtinteressen obliegt.

Sie setzte sich am 1. Januar 1914 aus den folgenden Abteilungen und Unterabteilungen zusammen.

A. Policia Sanitaria (Abteilung für Sanitätspolizei),
   a) Policia Sanitaria Regional (örtliche Sanitätspolizei),
   b) Inspección de fabricas de Carnes Conservados (Beaufsichtigung der Herstellung von Fleischkonserven),
   c) Inspección de Extinción de la Garrapata (Inspektion der Zeckenbekämpfung),
   d) „ de Importación (Inspektion der Vieheinfuhr),
   e) „ de Exportación (Inspektion der Viehausfuhr),
   f) „ de Tablada (Inspektion des Viehmarktwesens),
   g) „ de Mataderos (Inspektion der Schlachthäuser).

B. Instituto Bacteriológico (Bakteriologisches Institstut) verbunden mit dem Consultorio de Policia Veterinaria (Beratungsstelle für Veterinärpolizei).

C. Administración (Verwaltung und Registratur).

D. Fomento Ganadero (Abteilung für Hebung der Viehzucht),
   a) Officina de Carnes (Abteilung für Fleischverwertung),
   b) Refrigeracion y Lecheria (Abteilung für Gefrier- und Kühlanlagen und Milchwirtschaft).

E. Zoologia, fomento de Pesca (Abteilung für Zoologie und Hebung der Fischzucht).

Der Beamtenkörper setzt sich aus einem Generaldirektor, dem zweiten Direktor und zahlreichen untergeordneten Personen zusammen. Außerdem ist ein Veterinärpolizeidienst eingerichtet worden, der sich über alle Provinzen und Territorien erstreckt. Zu diesem Zwecke sind 24 Inspektionen in der Provinz Buenos Aires, 6 Inspektionen in der Provinz Santa Fé, 5 Inspektionen in der Provinz Cordoba, 6 Inspektionen in der Provinz Entre Rios, 6 Inspektionen in der Provinz Mendoza und in der Pampa Central und je eine in den übrigen Provinzen und Territorien eingerichtet worden.

Außer den genannten Inspektionen gibt es auch solche, die den provinzialen und den munizipalen Behörden zum Zwecke der Beaufsichtigung der Schlachthäuser untergeordnet sind.

**B. Geprüfte Tierärzte. Tierärztliche Bildungsanstalten. Tierärztlicher Unterricht.**

Die Zahl der geprüften und approbierten Tierärzte beläuft sich einem Verzeichnis der Div. General de Ganaderia zufolge in Argentinien gegenwärtig auf 347. Außerdem amtieren auch einige solche, die allerdings keine abgeschlossene Ausbildung haben, im Dienste der Nationalregierung, des Heeres und der Stadtverwaltungen.

Über die Vorbildung zum tierärztlichen Studium bestehen keine bestimmten Vorschriften. Im allgemeinen wird zwar die Erledigung einer Mittelschule (Colegio Nacional) verlangt, die Zulassung wird aber von Fall zu Fall, wahrscheinlich unter

Berücksichtigung des Bedarfes an Tierärzten, von dem akademischen Rate (Consejo Academico) entschieden. Die Tierheilkunde wird in Argentinien, außer von Tierärzten, noch von vielen anderen Personen ausgeübt, die sich dazu für befähigt halten. Eine gesetzliche Regelung der Ausübung des tierärztlichen Berufes wird erstrebt. Zwei diesen Gegenstand betreffende Gesetzentwürfe harren noch ihrer Erledigung innerhalb der gesetzgebenden Körperschaften der Provinz Buenos Aires und vor dem Nationalkongreß. Nach einem für die Provinz Buenos Aires erlassenen Gesetze vom 3. Oktober 1891 dürfen von den Apotheken nur die von geprüften Tierärzten geschriebenen Rezepte angefertigt werden.

An tierärztlichen Bildungsanstalten bestehen in Argentinien:

1. die Facultad de Agronomia y Veterinaria in La Plata, die, hervorgegangen aus der 1883 gegründeten Facultad Veterinaria, seit 1905 einen Bestandteil der nationalen Universität bildet;

2. das im Jahre 1904 gegründete, neuerdings mit einer Klinik für 42 Tiere versehene Instituto Superior de Agronomia y Veterinaria in Buenos Aires. Letzteres verfügt über Lehrer, die ihre wissenschaftliche Ausbildung in Europa genossen haben, und ist seit Mai 1908 der Universität angegliedert.

Das tierärztliche Studium dauert 4 Jahre und umfaßt nach dem Lehrplan der Veterinärabteilung der Universität in La Plata folgende Fächer.

1. Jahr: Beschreibende und vergleichende Anatomie; Embryologie und normale Histologie; Botanik und pharmazeutische Chemie; Parasitenlehre; Chemie und biologische Physik.

2. Jahr: Beschreibende und vergleichende Anatomie. Allgemeine Zootechnik, Allgemeine Pathologie und Einführung in die Wissenschaft (Propedeutica). Lehre vom Exterieur und Podologia. Physiologie. Technische und allgemeine Mikrobiologie.

3. Jahr: Medizinische Pathologie; Chirurgische Pathologie; Pharmakodynamik und Toxikologie; Geburtshilfe und Teratologie; Pharmazie; Allgemeine pathologische Anatomie; Spezielle Zootechnik; Klinik.

4. Jahr: Ansteckende Krankheiten, spezielle Mikrobiologie; Spezielle pathologische Anatomie; Untersuchung der Nahrungsmittel tierischen Ursprungs; Medizinische Klinik; Chirurgische Klinik; Hygiene und Sanitätspolizei.

In ähnlicher Weise ist auch der Lehrgang an der Tierärztlichen Hochschule in Buenos Aires geordnet:

Für die Studierenden beider Lehranstalten sind gemäß einer Verordnung vom 17. Oktober 1909 auch besondere Unterweisungen in der Herstellung und Anwendung der Impfstoffe im bakteriologischen Institute vorgesehen.

Die Studierenden der Veterinärmedizin haben zwei Arten von Prüfungen abzulegen:

1. die semestralen Prüfungen (exsamenes de curso), die jeweils im Dezember und März abgehalten werden;

2. die Diplomprüfungen (exsamenes de grado), denen eine schriftliche These zugrunde gelegt wird, die der Prüfling in einer Diskussion zu vertreten hat.

Für im Ausland approbierte Tierärzte, die sich in Argentinien niederlassen wollen, wird eine in spanischer Sprache abzulegende Bestätigungsprüfung (diplomas de revalida) verlangt.

### C. Beamtete Tierärzte.

Abgesehen von den im Militärdienst und bei einzelnen städtischen Verwaltungen tätigen Tierärzten, sind tierärztliche Beamte, insbesondere vom Landwirtschaftsministerium, angestellt und zwar

a) für die Fleischbeschau (inspección sanitaria) 1 General-Veterinärinspektor, 1 Unterinspektor, 1 Inspektor für die Gefrieranstalten, 37 Inspektoren (inspectores de zona), 25 Unterinspektoren und 4 Hilfstierärzte;

b) für die Untersuchung eingeführter Nahrungsmittel tierischen Ursprungs 1 Veterinärinspektor und 2 Veterinäre;

c) für das bakteriologische Institut 1 Direktor, 1 Subdirektor und 2 Assistenten.

Sämtliche vorstehend genannten Beamten werden vom Präsidenten der Republik ernannt. Für die Besoldung der in den Fleischgefrieranstalten usw. amtierenden Veterinäre müssen die betreffenden Gesellschaften die Gehälter bei der Hauptkasse der Nationalregierung (Contaderia General) deponieren.

Die Gehälter der beamteten Tierärzte liegen zwischen 250 und 700 Papierpesos[1]) monatlich.

Studierende des Instituto Superior in Buenos Aires oder der Facultad de Agronomia y Veterinaria in La Plata, die während ihrer Studienzeit vorzügliche Leistungen nachgewiesen haben, sind von der Prüfung befreit.

Ausländische Tierärzte werden zur Prüfung zugelassen, wenn ihr Diplom vom Instituto de Agronomia y Veterinaria anerkannt worden ist und sie selbst mindestens ein Jahr im Lande praktiziert haben. Falls ein ausländischer Kandidat die Prüfung nicht besteht, kann er ein zweites Mal nicht zugelassen werden.

Einheimische Prüflinge dagegen können, wenn sie eine Prüfung nicht bestanden haben, noch einmal und zwar nach Ablauf eines Jahres, zur Prüfung zugelassen werden.

## II. Viehbestand[2]).

### A. Zahl und Wert der Tiere.

Nach dem Ergebnis der bisher in Argentinien veranstalteten Viehzählungen waren vorhanden in den Jahren

| | 1888 | 1895 | 1908 | Zu- oder Abnahme 1895/1908 % |
|---|---|---|---|---|
| Pferde . . . . . | 4 262 917 | 4 445 859 | 7 531 376 | + 69,40 |
| Maultiere und Esel . . . . | 430 940 | 483 369 | 750 125 | + 55,19 |
| Rinder . . . . . | 21 963 930 | 21 701 529 | 29 116 625 | + 34,16 |
| Schafe . . . . . | 66 701 097 | 74 379 562 | 67 211 754 | — 9,64 |
| Ziegen . . . . . | 1 969 765 | 2 748 860 | 3 945 086 | + 43,52 |
| Schweine . . . . . | 403 203 | 652 766 | 1 403 591 | + 115,02 |

[1]) 1 Papierpesos = 1,78 Mark.

[2]) Nach dem Berichte von Dr. A. Hermes unter Mitwirkung von Dr. H. Holtmeier-Schomberg, zur Kenntnis der argentinischen Landwirtschaft, herausgegeben im Reichsamt des Innern. Berlin 1913, Verlagsbuchhandlung Paul Parey.

Die Zahl der Rinder und Schafe hat in Argentinien in den letzten Jahren stark abgenommen. Erstere durch große Verluste infolge der Dürre des Jahres 1910, infolge übertriebener Schlachtungen von Kühen, wie auch starker Schlachtungen für den Export, letztere hauptsächlich durch die großen Verluste infolge Überschwemmungen im Verlaufe mehrerer Jahre. Der gegenwärtige Schafbestand in Argentinien ist auf 50 Millionen berechnet worden.

Die nachstehende Tabelle enthält die Verteilung des bei der Zählung von 1908 ermittelten Gesamtviehbestandes auf die einzelnen Provinzen und Territorien des Landes.

| Provinzen und Territorien | Größe in qkm | Pferde Stück | Rinder Stück | Maultiere und Esel Stück | Schafe Stück | Ziegen Stück | Schweine Stück |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Hauptstadt u. Insel Martin Garcia . . | — | 42 557 | 4 861 | 29 | — | — | — |
| Provinzen: | | | | | | | |
| Buenos Aires . . . | 305 121 | 2 519 953 | 10 351 235 | 18 813 | 34 604 972 | 11 335 | 711 241 |
| Santa Fé . . . . | 131 382 | 913 695 | 3 413 446 | 30 427 | 969 406 | 35 596 | 208 462 |
| Entre Rios . . . | 75 754 | 647 107 | 3 145 639 | 12 896 | 7 005 469 | 31 748 | 81 109 |
| Corrientes . . . | 86 879 | 596 130 | 4 275 895 | 20 725 | 3 138 563 | 29 978 | 31 198 |
| Córdoba . . . . | 173 349 | 997 514 | 2 639 480 | 141 058 | 1 992 110 | 810 831 | 131 043 |
| San Luis . . . . | 75 219 | 210 099 | 578 889 | 49 673 | 867 416 | 468 216 | 7 729 |
| Santiago del Estea | 143 484 | 208 615 | 628 652 | 99 437 | 740 207 | 705 127 | 47 772 |
| Tucumán . . . . | 27 000 | 126 095 | 403 811 | 48 500 | 124 248 | 101 394 | 42 385 |
| Mendoza . . . . | 146 378 | 131 858 | 329 998 | 28 360 | 290 123 | 205 427 | 25 551 |
| San Juan . . . . | 98 096 | 41 619 | 81 917 | 33 635 | 96 820 | 90 796 | 7 310 |
| La Rioja . . . . | 98 030 | 61 789 | 417 353 | 56 764 | 132 837 | 359 811 | 12 940 |
| Catamarca . . . | 95 337 | 57 291 | 268 158 | 46 471 | 154 329 | 311 548 | 12 053 |
| Salta . . . . . | 125 134 | 98 115 | 559 997 | 44 982 | 336 626 | 217 054 | 27 584 |
| Jujuz . . . . . | 38 347 | 31 260 | 113 018 | 68 455 | 601 967 | 133 658 | 4 938 |
| Territorien: | | | | | | | |
| Chaco . . . . . | 136 635 | 17 590 | 265 279 | 1 775 | 9 989 | 6 261 | 5 551 |
| Chubut . . . . . | 242 039 | 165 832 | 334 995 | 1 831 | 2 123 628 | 21 934 | 1 370 |
| Formosa . . . . | 107 258 | 16 194 | 233 724 | 1 914 | 22 483 | 15 890 | 1 570 |
| Los Andes . . . | 90 000 | 121 | 905 | 11 756 | 54 133 | 16 049 | 23 |
| Misiones . . . . | 29 822 | 32 411 | 94 361 | 4 671 | 9 633 | 11 579 | 13 243 |
| Neuquen . . . . | 105 000 | 104 695 | 193 728 | 7 480 | 672 957 | 170 919 | 4 748 |
| La Pampa . . . | 145 907 | 281 537 | 464 645 | 14 079 | 4 809 077 | 113 161 | 20 860 |
| Rio Negro . . . | 206 750 | 182 474 | 279 459 | 5 899 | 4 724 844 | 76 689 | 3 332 |
| Santa Cruz . . . | 282 750 | 36 382 | 25 329 | 387 | 2 387 566 | 14 | 1 017 |
| Tierra del Fuego . | 21 499 | 10 173 | 11 851 | 108 | 1 342 351 | 53 | 562 |
| Republik Argentinien | 2 952 551 [1] | 7 531 376 [2] | 29 116 625 | 750 125 | 67 211 754 | 3 945 086 | 1 403 591 |

[1]) Es ist dies die von Latzina für die Gesamtfläche Argentiniens berechnete Zahl; die Zusammenzählung der in der Tabelle enthaltenen Einzelzahlen ergibt 2 987 170 qkm.

[2]) Es ist dies die in der offiziellen Statistik angegebene Gesamtzahl, während die Addition der Einzelzahlen nur 7 491 376 ergibt. — Derartige Unstimmigkeiten sind in der argentinischen Statistik nicht selten. Sie beruhen bei Flächenangaben darauf, daß die Ländereien zum großen Teil nicht genau, in den Nationalterritorien streckenweise überhaupt nicht vermessen sind.

Außer den in den vorstehenden Übersichten angegebenen Tierarten sind 1908 in Argentinien noch gezählt worden

| | |
|---|---|
| Guanacos | 20000 |
| Lamas | 54755 |
| Alpacas | 200 |
| Vicuñas | 8000 |
| Zusammen | 82955 Tiere. |

Ferner waren an Geflügel in der Gesamtrepublik vorhanden

| | Stück | In % des gesamten Geflügelbestandes |
|---|---|---|
| Hühner | 15213771 | 84,11 |
| Enten | 608768 | 3,37 |
| Gänse | 219986 | 1,22 |
| Truthühner | 678655 | 3,75 |
| Tauben | 1356051 | 7,50 |
| Verschiedenes | 9501 | 0,05 |
| Insgesamt | 18086732 | 100,00. |

| | Stück | In % des gesamten Straußenbestandes |
|---|---|---|
| Amerikanische Strauße | 409961 | 96,97 |
| Afrikanische Strauße | 12822(?) | 3,03 |
| Insgesamt | 422783 | 100,00. |

Der Wert des 1908 ermittelten argentinischen Viehbestandes wird wie folgt angegeben:

| | Gesamtwert 1908 in M. |
|---|---|
| Pferde | 370488301 |
| Maultiere und Maulesel | 40609935 |
| Esel | 5138910 |
| Rinder | 1689634501 |
| Schafe | 517246337 |
| Ziegen | 14979310 |
| Schweine | 28210747 |
| Insgesamt | 2666308040 M. |

Der Wert des Gesamtviehbestandes von Argentinien hat sich in den 13 Jahren von 1895 bis 1908 angeblich um etwa 620 Millionen M. vermehrt, wobei die beträchtliche Wertsteigerung nicht allein auf die Zunahme der Stückzahl der Tiere, sondern wesentlich auch auf den durch die Veredelung bewirkten Mehrwert der einzelnen Tiere zurückzuführen ist.

Der Wert der einzelnen Haustiere ist je nach ihrer Veredelung sehr verschieden und auch innerhalb des Landes großen Schwankungen unterworfen. Die höchsten Preise werden in der Provinz Buenos Aires bezahlt, während in anderen Provinzen die Preise geringer sind und oft nur die Hälfte des in Buenos Aires bezahlten Preises betragen.

Als durchschnittliche Werte für die einzelnen Tiergruppen in Buenos Aires sind von der „Sociedad Rural Argentinia“ ermittelt worden:

| | Edelzucht mit Pedigree M. | Edelzucht[1] M. | Edelzucht auf gekreuzt M. | Veredelte Kreuzung M. | Unveredelt M. |
|---|---|---|---|---|---|
| a) für Pferde: | | | | | |
| Hengste | — | 1260 | — | 450 | 180 |
| Stuten | — | 540 | — | 90 | 36 |
| Wallache | — | 900 | — | 90 | 54 |
| Fohlen | — | 180 | — | 45 | 18 |
| b) für Rinder: | | | | | |
| Bullen | 1080 | — | 360 | 108 | 54 |
| Kühe | 900 | — | 216 | 72 | 45 |
| Milchkühe | 1080 | — | 270 | 144 | 72 |
| Ochsen | 540 | — | 180 | 126 | 72 |
| Kälber | 180 | — | 108 | 27 | 18 |
| c) für Schafe: | | | | | |
| Böcke | — | 90 | — | 36 | 9 |
| Hammel | — | 54 | — | 9 | 5 |
| Mutterschafe | — | 45 | — | 8 | 4 |
| Lämmer | — | 18 | — | 3 | 2 |
| d) Schweine: | | | | | |
| Eber | — | 180 | — | 45 | 27 |
| Mutterschweine | — | 144 | — | 45 | 27 |
| Absatzferkel | — | 36 | — | 9 | 3 |

Für Esel wird angegeben als Durchschnittswert für Edelzucht 900 M. für die Provinz Buenos Aires, 180 M. für die übrigen Gebiete Argentiniens, für veredelte Kreuzung 180 M. und für Landesel 18 M. für die ganze Republik. Der Wert für Maultiere schwankt zwischen 62 bis 126 M.

Der durchschnittliche Wert der Ziegen beträgt für das ganze Land: für Edelzucht 36 M., für veredelte Kreuzung und für Landziegen 3,60 M.

**B. Verhältnis des Viehbestandes zur Bevölkerung und zur Bodenfläche des Landes.**

Die Einwohnerzahl Argentiniens wurde im Jahre 1908 auf 6484023 angegeben bei einer Gesamtbodenfläche des Landes von 2950517 qkm[2]). Von der Gesamtfläche sind 1167955 qkm eingetragene Grundstücke (establecimientos empadronados).

---

[1]) Als Edelzucht werden die reingezüchteten Vertreter der zur Verbesserung eingeführten europäischen Tierrassen zusammengefaßt.

[2]) Mangels einer genauen Vermessung kann die Gesamtfläche Argentiniens zurzeit nicht sicher angegeben werden. Nach einer Berechnung von Latzina ergibt sich eine Gesamtfläche von 2894257 qkm, die aber nach Hermes (a. a. O.) auf 2869200 qkm richtig gestellt werden muß.

Unter Zugrundelegung des 1908 ermittelten Viehbestandes entfielen

| auf | 100 Einwohner | 1 Quadratkilometer (Gesamtoberfläche) | 1 Quadratkilometer (eingetragene Grundstücke) |
|---|---|---|---|
| Pferde . . . . . | 116,15 | 2,55 | 6,45 |
| Rinder . . . . . | 449,05 | 9,86 | 25,77 |
| Schafe . . . . . | 1036,56 | 22,74 | 57,63 |
| Ziegen . . . . . | 60,98 | 1,34 | 3,38 |
| Schweine . . . . | 21,64 | 0,47 | 1,29 |

## C. Hauptsächliche Tierrassen.

### Pferde.

Das in Argentinien einheimische oder Criollopferd stammt von dem andalusischen, einem arabisches Blut führenden leichten Pferde ab, das die spanischen Eroberer eingeführt haben. Dieses Pferd wurde viele Jahrhunderte lang in wildem oder halbwildem Zustande frei auf der Weide gehalten. Später, insbesondere von der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts an, hat die erhebliche Einfuhr europäischer Pferderassen rasch zu einer weitgehenden Kreuzung des einheimischen Criollobestandes geführt. Von einem einheitlichen Typus des einheimischen Pferdes kann sonach in Argentinien nicht mehr gesprochen werden. Das Criollopferd ist ein 1,40 bis 1,50 m durchschnittlich messendes Pferd mit unschönen Körperformen. Vorherrschend sind dunkle Farben, es kommen aber auch hellgefärbte Tiere vor und insbesondere recht auffallende Scheckfarben.

Von den leichten Pferderassen hat das Vollblut, das in hervorragenden Vater- und Muttertieren aus England und Frankreich eingeführt wird, in Argentinien große Bedeutung gewonnen. Das Blühen der argentinischen Vollblutzucht ist eng verknüpft mit der Vorliebe der einheimischen Bevölkerung für Rennen.

Von anderen leichten Pferderassen steht der Hackney als elegantes Wagenpferd an der Spitze, während Yorkshire- und Clevelandpferde in Argentinien keine besondere Bedeutung erlangt haben.

Der Anglo-Normänner wird in den letzten Jahren in größerer Zahl eingeführt und scheint sich zunehmender Beliebtheit zu erfreuen.

Von anderen leichten oder mittelschweren Pferderassen sind Hunter, Morgan, russische und amerikanische Traber und von deutschen Rassen Trakehner, Oldenburger, Holsteiner und Ostfriesen eingeführt worden, ohne daß bei der Kürze der seit ihrer Einfuhr verflossenen Zeit schon von besonderen Ergebnissen gesprochen werden kann.

Trakehnerpferde sind zwar in Argentinien seit Jahrzehnten bekannt und sehr geschätzt, leider aber zu wenig verbreitet, da ihre Einfuhr lange Zeit unterblieben war, bis im vorigen Jahre wieder einer der angesehensten Estancieros (Leonardo Pereyra auf San Juan bei Quilmes) zwei Trakehnerhengste importierte.

Von den schweren Pferden standen lange Zeit die Clydesdales und Shires im Vordergrund, werden aber in der neueren Zeit von den französischen Percherons und Boulonnais etwas zurückgedrängt. Namentlich der Percheron erfreut sich infolge

der Vielseitigkeit der Verwendbarkeit seiner Kreuzungsprodukte mit dem Criollopferd — zu landwirtschaftlichen Arbeiten und als Reit- und Wagenpferd — großer Beliebtheit. Auch der englische Suffolk Punch hat gute Kreuzungsprodukte geliefert. Desgleichen der Belgier, der bisher zwar nur in beschränktem Umfang verwendet worden ist, dem aber allem Anschein in Argentinien eine größere Zukunft bevorsteht.

Zur Förderung der Maultierzucht sind Eselhengste aus Catalonien in Spanien, dem Poitou in Frankreich und in geringer Zahl aus Italien eingeführt worden.

Auf allen Gebieten der Vieheinfuhr haben die Engländer durch ein Privileg die Oberhand als Entschädigung für die Zulassung argentinischen Fleisches auf ihren Märkten.

Von reingezüchteten Hengsten, Wallachen und Stuten gehörten für 1908 im ganzen Lande folgenden Rassen an:

| | | |
|---|---|---|
| Clydesdale, Shire, Suffolk | 6121 | Stück |
| Percheron | 12436 | „ |
| Hackney | 2037 | „ |
| Yorkshire, Cleveland | 998 | „ |
| Anglo-Normänner | 1724 | „ |
| Pony, Morgan, Araber, Hunter, Andalusier usw. | 1586 | „ |
| Andere Rassen | 15173 | „ |
| Zusammen | 40075 | Stück |

Von Kreuzungsprodukten sind für das Gesamtgebiet Argentiniens 1908 ermittelt worden:

| | | |
|---|---|---|
| Clydesdale, Shire, Suffolk | 228513 | Stück |
| Percheron | 241921 | „ |
| Hackney | 45719 | „ |
| Yorkshire und Cleveland | 33909 | „ |
| Normänner | 67710 | „ |
| Pony, Morgan, Araber, Hunter, Andalusier usw. | 741206 | „ |
| Andere Rassen | 746921 | „ |
| Zusammen | 1405899 | Stück |

Aus den vorstehenden Übersichten ergibt sich das außerordentliche Übergewicht der schweren gegenüber den leichteren Pferderassen. An der Spitze der eingeführten schweren Pferde steht der Percheron, während unter den leichteren Pferden der Anglo-Normänner am meisten begehrt wird.

Das Argentinische Stutbuch (Stud Book Argentino), das, wie alle Zuchtbücher Argentiniens Eigentum der Sociedad Rural Argentina ist und von ihr geführt wird, besteht seit dem 1. Januar 1907. Das deutsche Halbblut ist, wenn auch in geringer Anzahl, vertreten durch Trakehner, Holsteiner und Oldenburger.

In das argentinische Stutbuch sind die Tiere folgender Rassen und Schläge eingetragen:

| | Männliche | Weibliche |
|---|---|---|
| Clydesdale | 1432 | 4263 |
| Shire | 1219 | 3391 |
| Suffolk Punch | 139 | 419 |
| Hackney | 1247 | 2074 |
| Yorkshire Coaching | 186 | 529 |
| Hunter | 31 | 102 |
| Shetland Pony | 9 | 19 |
| Polo Pony | 35 | 45 |
| Percheron | 1445 | 4515 |
| Boulonnais | 101 | 123 |
| Anglo Normano | 130 | 536 |
| Belga | 15 | 58 |
| Oldenburges | 7 | 11 |
| Olstein | 8 | 8 |
| Orloff | 65 | 77 |
| American Trotting | 3 | 16 |
| Trakehnen | 2 | — |

Bisher sind je ein Band Studbook Argentino für Hackney, Percheron und Clydesdale veröffentlicht worden.

### Rinder.

Auch der Rinderbestand setzt sich aus einheimischem Vieh, reingezüchteten ausländischen Rassen und deren Kreuzungsprodukten zusammen.

Von reingezüchteten Bullen, Zucht- und Milchkühen gehörten nach der Zählung von 1908 im ganzen Lande folgenden Rassen an:

| | |
|---|---|
| Shorthorn | 460820 Tiere |
| Hereford, Polled Angus | 76805 „ |
| Red Polled, Jersey | 1959 „ |
| Flamländer, Schweizer | 1396 „ |
| Holländer | 2786 „ |
| Andere Rassen | 47724 „ |
| Zusammen | 591490 Tiere. |

An Kreuzungsprodukten der vorstehend bezeichneten Rassen (Bullen, Zucht- und Milchkühe) sind für 1908 in Argentinien ermittelt worden:

| Kreuzungen mit | Stück |
|---|---|
| Shorthorn | 6925060 |
| Hereford und Polled Angus | 602579 |
| Red Polled und Jersey | 1819 |
| Flamländer und Schweizer | 3849 |
| Holländer | 18378 |
| Andere Rassen | 423928 |
| Zusammen | 7975613 |

Der Schwerpunkt der verbesserten argentinischen Rinderzucht liegt in der Zucht der Fleischviehrassen, als deren Mutterland fast ausschließlich England in Betracht kommt. Die überwiegende Vorherrschaft des Shorthorn ist unbestritten, und erst in weiterem Abstand hinter ihm folgen die anderen Vertreter der englischen Fleischviehrassen Hereford und Polled Angus, von denen die ersteren die letzteren an Zahl weit überragen. Unter den mehr auf Milch gezüchteten Schlägen überwiegen nach der Gesamtzahl die als „Holländer" bezeichneten Tiere, während Red Polled und Jersey sowie Flamländer und Schweizer in der Minderheit sind.

Das einheimische Vieh, die sogenannte Criollorasse, stammt von Rindern ab, die während langer Zeiträume aus Spanien, namentlich aus Andalusien, eingeführt wurden. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts hat diese Rasse das ganze Land bevölkert, dann aber weitgehende Durchkreuzung mit englischen Kulturrassen erfahren, so daß sich reines Criollovieh jetzt fast nur noch in einigen Nordprovinzen des Landes findet. Das Criollovieh zeigt sich als ein knochiger, fleischarmer Typus von eckiger Form und geringer Größe. Die Haarfarbe ist ein helles Rot oder Gelb bis zu dunklem Rot, weist aber auch andere Farben, insbesondere Schwarz in Mischung mit Weiß auf. Die langen lyraförmig gebogenen Hörner sind im Verhältnis zum Körper sehr schwer. Die charakteristischen Eigenschaften des Criollorindes sind Anspruchslosigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse und Krankheiten. Dagegen ist es sehr spät reif und wenig leistungsfähig. Es dient vorwiegend zur Fleischerzeugung und liefert auch brauchbare Arbeitsochsen; für Milchleistung kommt es dagegen gar nicht in Betracht.

Das Shorthornvieh, das in Argentinien allgemein unter seinem älteren Namen „Durham" geht, eignet sich vorzüglich zur Kreuzung mit dem einheimischen Criollovieh. Mit seiner Frühreife und Mastfähigkeit sowie seinem hohen Gewicht ist das Shorthornvieh unter den günstigen Weidenverhältnissen Argentiniens allen anderen Fleischviehrassen überlegen. In den Kreuzungsprodukten mit Criollovieh hat sich der Shorthorntypus in Form und Leistung und selbst in der Farbe vorzüglich vererbt.

An zweiter Stelle, aber weit hinter den Shorthorns, steht das Herefordvieh, das weniger frühreif und hauptsächlich durch seine geringe Milchergiebigkeit gegenüber dem Shorthorn nicht aufkommt. Dagegen ist dieses Vieh sehr widerstandsfähig gegen klimatische Einwirkungen, gegen Krankheiten und gegen Futterknappheit. Außerdem zeichnet sich das Herefordvieh durch große Fruchtbarkeit aus. Es hat deshalb in solchen Gegenden Argentiniens, wo das anspruchsvollere und empfindlichere Shorthornvieh keine befriedigenden Leistungen mehr aufzuweisen vermag, eine größere Zukunft. Die beliebteste Farbe ist für die argentinischen Herefords ein sehr dunkeles Rot mit weißem Kopf und mit braunen Ringen um die Augen. Der Bauch, die unteren Teile der Gliedmaßen sowie der Schwanz sind ebenfalls weiß. Tiere mit weißen Augenringen haben sich dem Sonnenlicht gegenüber als besonders empfindlich erwiesen und sind deshalb weniger beliebt.

Die Aberdeen-Angus, die ursprünglich aus Schottland stammende schwarze, hornlose Fleischviehrasse, ist in Argentinien weniger stark vertreten. Die Tiere dieser Rasse paaren sich angeblich nicht so gut mit dem Criollo wie die Shorthorns und

Herefords; auch ist ihre Farbe bei den argentinischen Züchtern nicht beliebt. So sehr einerseits die Widerstandsfähigkeit und Anspruchslosigkeit dieser Tiere gerühmt wird, so scheinen andererseits gewisse Erfahrungen darauf hinzuweisen, daß die Tuberkulose unter ihnen häufiger vorkommt als bei dem anderen Vieh. Trotzdem erfreut die Rasse sich zunehmender Beliebtheit, zumal Fleisch und Fett besser über den Körper verteilt — durchwachsen — sind, was bei den Shorthorns nicht der Fall ist und von nicht englischen Konsumenten argentinischen Fleisches gewünscht wird.

Alle anderen Viehrassen haben in Argentinien bis jetzt keine besondere Bedeutung erlangt. Flamländer und schwarzbuntes Niederungsvieh sind seit 20 Jahren im Lande. Schwarzbuntes Niederungsvieh kann heute nur aus den Vereinigten Staaten von Amerika nach Argentinien eingeführt werden. Die Flamländer, in Argentinien „Flamencos" genannt, sind eine in ihrer flandrischen Heimat geschätzte Milchviehrasse, die sich im großen und ganzen auch in Argentinien bewährt hat, ohne daß man jedoch von einer hochentwickelten einheitlichen Flamencozucht in Argentinien sprechen kann.

Das argentinische Rinderherdbuch (Herd Book Argentino) ist im Jahre 1888 von einzelnen Shorthornzüchtern gegründet worden und 1901 an die argentinische Landwirtschaftsgesellschaft übergegangen. Es vereinigt die wichtigsten Rinderrassen des Landes, die in verschiedene Register eingetragen sind. Im Jahre 1913 ist bereits der 16. Band des Shorthornregisters veröffentlicht worden, der bis zum 31. Dezember 1911 reicht und über 57 000 eingetragene Bullen und Kühe aufweist. Der 1. Band des argentinischen Herefordregisters erschien 1891, der 7., der bis zum 31. Dezember 1912 reicht, 1913. Im Jahre 1912 erschien der 1. Band des argentinischen Aberdeen-Angus-Registers.

Das Herd Book Argentino umfaßt gegenwärtig 17 Bände Shorthorn, 6 Bände Hereford und 1 Band Aberdeen-Angus. Im einzelnen waren eingetragen:

| | Männliche | Weibliche |
|---|---|---|
| Shorthorn . . . . . | 33058 | 33810 |
| Hereford . . . . . | 6843 | 8956 |
| Aberdeen Angus . . . . | 2606 | 3024 |
| Red Shorthorn . . . . | 130 | 188 |
| Red Polled . . . . . | 75 | 92 |
| Devon . . . . . | 10 | 16 |

### Schafe.

Von dem 67211754 Stück betragenden Schafbestand des Jahres 1908 waren 10585523 einheimische Tiere, 55448749 Halbblut, und 1179482 gehörten dem Vollblut an.

Die heute noch als einheimisch bezeichneten Schafe gehen auf zwei verschiedene Rassen zurück, das ursprüngliche Pampaschaf und das Criolloschaf. Das Pampaschaf stammte von dem erstmals durch die Spanier eingeführten Churraschaf, einer den spanischen Bergschafen angehörenden Rasse. Es war groß und kräftig, hatte ein weißes kahles Gesicht und lange ungekräuselte Glanzwolle. Demgegenüber war das

Criolloschaf klein, von zartem Knochenbau und hatte braune oder schwarze Mischwolle. Später, namentlich vom 19. Jahrhundert an, als die Schafwolle durch veränderte Handelsverhältnisse ein Ausfuhrartikel für Argentinien wurde, führte man Merinoschafe zunächst aus Spanien und mit Vorliebe aus Deutschland ein. Dazu kamen dann noch die französischen Rambouillets, die einen gewissen Übergang vom Wollschaf zum Fleischschaf und zu den englischen Fleischschafrassen bildeten. Mit der durch die Fortschritte der Technik ermöglichten Gefrierfleischerzeugung und der zunehmenden Lebendviehausfuhr stieg die Wertschätzung der Fleischproduktion. Infolgedessen hat sich das Verhältnis der Zuchtschafeinfuhr mehr und mehr zugunsten Englands verschoben.

Das englische Lincolnschaf nimmt in dem argentinischen Schafbestand jetzt eine ähnlich überragende Stellung ein, wie das Shorthorn in der Rinderzucht.

Ihm schließt sich das Merinoschaf an, bei dem die amtliche Statistik zwischen Rambouillet und Negretti unterscheidet. Die als Negretti bezeichneten Merinos treten jedoch gegenüber den Rambouillets an Bedeutung sehr zurück.

Von den englischen Downschlägen halten sich Southdown und Shropshire mit beachtenswerten Zahlen annähernd die Wage.

Von anderen englischen Schafrassen haben noch die den Lincolns ähnlichen Romnay-March einige Bedeutung, weniger dagegen Leicester-Cotsvold- und Cheviotschafe.

Von reingezüchteten Böcken und Mutterschafen gehörten nach der Zählung von 1908 folgenden Rassen an:

| | | |
|---|---|---|
| Merino . . . . . | 244591 | Stück |
| Lincoln . . . . . | 423954 | „ |
| Southdown, Shropshire . . . . . | 29261 | „ |
| Leicester und anderen Rassen . . | 169407 | „ |
| Zusammen | 867213 | Stück. |

An Kreuzungsprodukten der vorstehend bezeichneten Rassen mit einheimischen Schafen wurden für die gesamte Republik gezählt von

| | | |
|---|---|---|
| Merino . . . . . | 9105614 | Stück |
| Lincoln . . . . . | 17883262 | „ |
| Southdown und Shropshire . . . | 775898 | „ |
| Leicester und anderen Rassen . . | 6189591 | „ |
| Zusammen | 33754365 | Stück. |

In das argentinische Schaf-Herdbuch (Flock Book Argentino) sind gegenwärtig folgende Rassen eingetragen:

| | Männliche | Weibliche |
|---|---|---|
| Merino Argentino . . . . | 2412 | 4450 |
| Lincoln . . . . . | 6717 | 32228 |
| Border Leicester . . . . . | 53 | 179 |
| Romney March . . . . . | 529 | 2349 |
| Leicester . . . . . | 6 | 20 |

| | Männliche | Weibliche |
|---|---|---|
| Shropshire Down | 286 | 1000 |
| Oxford Down | 187 | 2390 |
| Hampshire Down | 225 | 884 |
| Dorset Horn | 17 | 62 |
| Corriedale | — | 56 |

### Schweine.

Die Schweinezucht steht in Argentinien noch im Anfang ihrer Entwicklung, weil ein Export noch nicht in Gang gekommen ist und weil der Konsum im Lande nicht groß ist, da die Argentinier gekochtes und gebratenes Schweinefleisch nur als Lechon (Spanferkel) genießen und die Italiener und Spanier es nur zu Wurstwaren verarbeitet essen. Bei dem Überfluß an Rind- und Schaffleisch ist der Verbrauch an Schweinefleisch gering.

Die Veredelung der einheimischen Schweine geschieht ausschließlich durch englische Kulturrassen, insbesondere durch Berkshire und Yorkshire.

Der nach der Zählung von 1908 insgesamt auf 1403591 Stück angegebene Schweinebestand umfaßte 780003 einheimische Tiere, 589126 Halbblut und 34462 Vollblut.

Die Zahl der 1908 in Argentinien reingezüchteten Eber, Sauen und Ferkel belief sich auf

| | |
|---|---|
| Berkshire | 69491 Stück |
| Leicester | 21129 „ |
| Yorkshire | 62455 „ |
| Andere Rassen | 291497 „ |
| Zusammen | 444572 Stück |

Ein Schweine-Herdbuch (Swine Book Argentino) ist erst 1908 gegründet worden und hat noch keinen großen Umfang erlangt. Es hat gegenwärtig folgende Eintragung:

| | Männliche | Weibliche |
|---|---|---|
| Berkshire | 1256 | 1398 |
| Large Black | 601 | 720 |
| Large White | 48 | 69 |
| Widdle White Yorkshire | 673 | 936 |
| Poland China | 20 | 23 |
| Durve Jersey | 19 | 27 |
| Tamworth | 17 | 22 |
| Lincolnshire | — | 1 |

### Ziegen.

Von 3945086 nach der Zählung von 1908 vorhanden gewesenen Ziegen waren 3816965 einheimische Tiere, 124800 Halbblut und 3321 Vollblut. Gegenüber dem Schafe spielt die Ziege in Argentinien nur eine untergeordnete Rolle. Ihr Hauptnutzen liegt in der Haut, für die gute Preise bezahlt werden.

### Geflügel.

Auch die Geflügelzucht ist in Argentinien noch sehr schwach entwickelt, obwohl die natürlichen Grundlagen dazu in hohem Maße gegeben sind. In voller Freiheit werden auf den Estanzien Hühner, Truthühner, Enten, Gänse und Tauben gezogen. Der einheimische Strauß oder „Nandu" liefert nur geringwertige Federn. Die Zucht des afrikanischen Straußes, der in Argentinien auf trockenem sandigen Boden sehr gut gedeiht, ist nur vereinzelt aufgenommen worden.

## D. Viehhaltung und Viehverwertung.

Wenn Argentinien ein Viehzuchtland ersten Ranges genannt werden darf, so verdankt es diesen Ruf in erster Linie der Pampa, dieser großen, die Provinz Buenos Aires und Teile der Provinzen Cordoba, Santa Fé und San Luis sowie die Territorien Pampa Central und Teile der daran angrenzenden Landesteile umfassenden Ebene, deren mildes Klima und deren Reichtum an natürlichen Weiden den Unterhalt für zahllose große Herden unter freiem Himmel ermöglicht. Abgesehen von einigen Strecken im Osten der Provinz Buenos Aires, wo stellenweise niedriges, leicht der Überschwemmung ausgesetztes Gelände zu finden ist, dessen Hebung noch große Entwässerungsarbeiten erfordern wird, bietet die Pampa, vornehmlich der sandige Westen der Provinz Buenos Aires nebst gleichgearteten Teilen der anderen bereits genannten Provinzen und Territorien mit ihren weitverzweigten unterirdischen Wasserschichten für den Anbau der Luzerne („Alfalfa") und damit für die Viehzucht besonders günstige Vorbedingungen.

An zweiter Stelle sind zu nennen das argentinische Mesopotamien d. h. die Provinzen Entre Rios und Corrientes. Während die seit etwa drei Jahrzehnten bestehende Fleischgefrierindustrie der hervorragendste Abnehmer des Pampaviehs geworden ist, versorgt Mesopotamien noch die alte Salzerei (Saladeros), die das „Tasajo" genannte Dörrfleisch für Cuba und Brasilien liefert, deren Betrieb aber im Schwinden begriffen ist.

An dritter Stelle steht das bis jetzt in der Hauptsache nur der Schafzucht dienende, als kalt, trocken und windig verrufene, aber dennoch als Viehzuchtland beachtenswerte Patagonien.

Die Entdecker dieser Teile Amerikas fanden hier Weidegräser von großer Zähigkeit und geringem Nährwert — den sog. pasto fuerte — vor, die im Laufe der Kolonisation von eingeführten zarteren und dem Vieh zuträglicheren Gräsern (pasto tierno) allmählich ersetzt wurden. Neuerdings weicht das Gras der Luzerne, der Gerste, dem Hafer und anderen wertvollen Futtermitteln und gibt damit mehr und mehr einer verfeinerten Viehwirtschaft Raum.

Das Weidevieh wird in seiner Bewegungsfreiheit durch Drahtzäune beschränkt, die nicht nur die einzelnen Güter (Estanzien) voneinander abschließen, sondern auch innerhalb dieser Abteilungen (Potreros) bilden, durch die die Tiere voneinander gesondert werden. In wie großem Umfang von solcher Drahteinzäunung Gebrauch gemacht wird, erhellt daraus, daß innerhalb der letzten 30 Jahre für rund 70 Mill.

Goldpesos[1]) Zaundraht eingeführt worden ist. Endlich gehören zu einer Estanzia auch die sogenannten Corrale, das sind Gehege mit Einrichtungen, welche die Kennzeichnung oder etwaige tierärztliche Behandlung der Tiere ermöglichen. Die Verfeinerung der Rassen hat es schließlich mit sich gebracht, daß für einzelne wertvollere Tiere auch Ställe erbaut worden sind. Die Versorgung des Viehes mit Trinkwasser ist eine der ersten Sorgen und geschieht neuerdings in der Pampa vielfach durch Brunnen, die von Windmotoren bedient werden.

Wenn auch das Vieh in der Hauptsache sich seine Nahrung auf der Weide sucht, so wird es in besseren Estanzien doch auch schon an der Krippe gefüttert, und zwar vornehmlich mit Mais und trockener Luzerne, stellenweise auch mit Gerste und Hafer. Die Fütterung der Tiere mit Trockenfutter geschieht, außer in den Stammherden, nur vereinzelt zu Mästungszwecken, neben der Haltung auf der Weide. Die „Invernada", d. h. das Fettmachen von Magervieh hat sich allmählich in solchen Estanzien eingebürgert, die über reichliche Kunstweiden und aufgespeicherte Futtermittel verfügen.

Die Verwertung der Kuhmilch in größerem Maßstab ist erst neueren Datums, hat sich aber bisher recht vielversprechend entwickelt, so daß z. B. Butter, die vor Jahrzehnten noch als Konserve eingeführt wurde, jetzt nicht nur für den Inlandsverbrauch hergestellt wird, sondern auch ins Ausland geht. Die Entwicklung der Kaseinfabrikation hat zum Fortschritt der Milchwirtschaft erheblich beigetragen.

Schafe wurden früher in Argentinien fast überall in größeren Herden (majadas) gehalten, von denen mehr als 1500 unter der Aufsicht eines Schäfers standen; in Patagonien ist dies auch heute noch regelmäßig die übliche Art der Hütung. In der Provinz Buenos Aires, die noch immer beinahe die Hälfte des argentinischen Schafbestandes in sich birgt, ist insofern eine Änderung eingetreten, als die Ausbreitung des Ackerbaues so große Schafherden nicht mehr zuläßt und überdies die Züchtung feinerer Rassen sowohl für Wolle (Rambouillet) als auch für Fleisch (Lincoln und South Down) die Haltung der Tiere beeinflußt hat. Wie für Rinder, so werden auch für Schafe Drahteinfriedigungen geschaffen, Potreros und Corrales angelegt, und auf diese Weise Böcke, Hammel, Mutterschafe, Schafe und Lämmer gesondert untergebracht; für feineres Vieh stehen Ställe zur Verfügung. Auch Stammschäfereien zur Züchtung rassereiner Tiere sind vorhanden. Die Lammzeit fällt in den zentralen Teilen Argentiniens in die Zeit von Mai bis Juli, bei Lincoln noch etwas später. In Patagonien wird die Lammzeit auf den Monat Oktober gelegt. Zwei Lammzeiten sind selten anzutreffen und wegen des vermehrten Aufwands an Arbeit nicht beliebt. Die letztere Zeit ist im ganzen auch für Land mit hartem Gras am geeignetsten. Zwei Monate nach der Geburt werden die Lämmer gezeichnet und, soweit es sich um für die Zucht ungeeignete männliche Tiere handelt, kastriert. Die Schur wird je nach der geographischen Breite und dem Wetter früher oder später im Frühling vorgenommen, beginnt aber im Süden der Provinz Buenos Aires nicht vor dem 1. November.

---

[1]) 1 Goldpeso etwa 4,05 M.

Zuerst werden die alten und später bis in den Februar hinein die jungen Schafe geschoren.

Die Schweinezucht ist im Vergleich zu der Rinder- und Schafzucht, wie erwähnt, wenig verbreitet. Im wesentlichen dient sie zur Deckung des meist nur während der kurzen Winterzeit notwendigen Eigenbedarfs im Inlande. In neuester Zeit findet die Schweinezucht mehr Beachtung, da sie sich als lohnend erwies, und da einer der großen Frigorificos im Begriffe ist, sich auf die Schlachtung für Exportzwecke (vorläufig mit 2000 Schweinen pro Tag) zu verlegen.

Soweit die Viehzucht nicht den verhältnismäßig geringen inländischen Bedarf befriedigt, dient sie der Ausfuhr. Diese Art der Viehverwertung macht sich von Jahr zu Jahr in steigendem Maße geltend. Sie macht den Reichtum Argentiniens aus und überholt den Wert der gesamten Einfuhr des Landes bei weitem.

Die Gesamtsumme der aus der Viehhaltung in Argentinien gewonnenen Werte hat sich im Laufe der Jahre außerordentlich gehoben. Der Gesamtwert der Ausfuhr der genannten Erzeugnisse belief sich im Jahre 1887 auf 20122130,30 M., zehn Jahre später auf 47493993,80 und erreichte 1910 die Summe von 173625367,05 M. Im einzelnen setzt sich diese Ausfuhr für 1910 folgendermaßen zusammen:

| | |
|---|---|
| Salzfleisch im Werte von . . . . . | 4183731,00 M. |
| Lebende Rinder im Werte von . . . . . | 16428622,50 „ |
| Gefrorene Hammel im Werte von . . . . . | 24332938,65 „ |
| Fleischextrakt im Werte von . . . . . | 12339054,00 „ |
| Lebende Schafe im Werte von . . . . . | 937372,50 „ |
| Konservierte und gesalzene Zungen im Werte von | 1151625,60 „ |
| Fleischmehl im Werte von . . . . . | 5135254,20 „ |
| Konservenfleisch im Werte von . . . . . | 4893157,35 „ |
| Gefrorenes Rindfleisch im Werte von . . . . | 102751800,75 „ |
| Konzentrierte Bouillon im Werte von . . . . | 827386,65 „ |
| Verschiedenes gefrorenes Fleisch im Werte von . | 644423,85 „ |
| Gesamtwert aller Produkte . . . . . | 173625367,05 M. |

Der Anteil des Salzfleisches an diesen Gesamt-Ausfuhrwerten, der 1887 noch 48% und 1897 noch 22% ausmachte, ist 1910 auf 2,5% heruntergegangen. Es beweist dies, welche Umgestaltung die argentinische Ausfuhr an Vieh und tierischen Erzeugnissen im Laufe der Jahre erfahren hat. An erster Stelle steht heute die Ausfuhr an gefrorenem Rind- und Hammelfleisch.

Sehr bedeutend ist die argentinische Häuteausfuhr. Auch sie hat im Laufe der Jahre eine dauernde Steigerung erfahren. Sie belief sich 1910 auf 29961 Tonnen Schaffelle, 31486 t trockene und 59825 t gesalzene Rinderhäute, 1950 t trockene und 116 t gesalzene Pferdehäute und auf 2984115 kg Ziegenhäute.

Auch die Wollausfuhr Argentiniens ist nicht unbedeutend. Sie belief sich in den Jahren:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1900 | auf | 101 113,0 Tonnen | 1908 | auf | 175 538,1 Tonnen |
| 1901 | „ | 228 358,0 „ | 1909 | „ | 176 681,0 „ |
| 1902 | „ | 197 936,0 „ | 1910 | „ | 150 599,0 „ |
| 1903 | „ | 192 989,0 „ | 1911 | „ | 132 036,0 „ |
| 1904 | „ | 168 599,0 „ | 1912 | „ | 164 964,0 „ |
| 1905 | „ | 191 007,0 „ | 1913 | „ | 120 080,0 „ |
| 1906 | „ | 149 110,0 „ | 1914 | „ | ca. 120 000,0 „ |
| 1907 | „ | 154 810,0 „ | | | |

Der Wert der Wollausfuhr wird für 1910 angegeben auf 58 847 699 Pesos Gold bei einem Durchschnittspreis der Wolle von 3,91 Pesos Gold für 10 kg.

Unter den Bestimmungsländern für argentinische Wolle war Frankreich an der Spitze. Dann folgten Deutschland, Belgien, England und die Vereinigten Staaten von Amerika. Im Jahre 1913 stand Deutschland mit 33,1% an erster Stelle. Dann folgten Frankreich mit 30,7% und England mit 15,4%. Neuerdings (1914) treten die Vereinigten Staaten als Käufer argentinischer Wolle stärker hervor.

Der Ausfuhrwert einiger der wichtigsten Nebenprodukte der Viehverwertung stellte sich für ganz Argentinien im Jahre 1910 wie folgt:

| | Ausfuhrwert in M. |
|---|---|
| Rinderhäute | 100 789 952 |
| Talg und geschmolzenes Fett | 38 623 558 |
| Schaffelle | 34 926 884 |
| Knochen | 5 867 028 |
| Schweinsborsten | 5 407 398 |
| Oleo-Margarine | 3 307 522 |
| Guano | 1 935 815 |
| Getrocknetes Blut | 994 951 |
| Rinderhörner | 985 009 |
| Därme | 930 791 |
| Gegerbte Schaffelle | 892 527 |
| Knochenasche | 50 864 |

### E. Viehversicherung.

Eine staatliche Viehversicherung besteht in Argentinien nicht. Die Versicherung wertvoller Zuchttiere wird von Privat-Versicherungsgesellschaften nebenbei übernommen. Gegen den Schaden, der aus der Beschlagnahme von Fleisch bei der Fleischbeschau entsteht, versichern sich die Schlächter gegenseitig.

## III. Viehverkehr.

### A. Viehhandel. Ein- und Durchfuhr. Bestimmungsländer.

Der argentinische Viehzüchter kauft fremdes Vieh entweder zu Zuchtzwecken oder um größere Futtererträge seines Landbesitzes zu verwerten. Er verkauft sein

Vieh hauptsächlich an die Schlachthäuser, die Salzereien, die Gefrieranstalten oder nach dem Ausland. Zuchttiere werden in großer Anzahl aus dem Ausland, insbesondere aus England, bezogen.

Die Einfuhr von Zuchtpferden weist nach den verschiedenen Rassen seit 1900 folgende Zahlen auf:

| | 1900 | 1901 | 1902 | 1903 | 1904 | 1905 | 1906 | 1907 | 1908 | 1909 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rennpferde | 17 | 30 | 14 | 10 | 30 | 195 | 302 | 219 | 197 | 277 |
| Clydesdale | 25 | 20 | — | 9 | 45 | 79 | 210 | 146 | 76 | 36 |
| Percheron | 7 | — | 1 | 7 | 22 | 84 | 256 | 180 | 303 | 30 |
| Anglo-Normänner | 1 | — | — | 6 | 5 | — | 2 | 12 | 20 | 16 |
| Hackney | 17 | 29 | 3 | 7 | 42 | 49 | 100 | 40 | 62 | 45 |
| Shire | 9 | 17 | 2 | 6 | 9 | 34 | 69 | 57 | 55 | 56 |
| Yorkshire | 15 | — | — | 1 | 13 | 31 | 9 | 7 | 11 | 4 |
| Suffolk | 1 | 1 | — | 2 | 1 | 2 | 39 | 1 | 5 | 2 |
| Andere Rassen | 30 | 5 | 9 | 2 | 13 | 74 | 155 | 132 | 136 | 94 |
| Zusammen | 122 | 102 | 29 | 50 | 180 | 548 | 1142 | 794 | 865 | 560 |

In den 10 Jahren von 1900 bis 1909 sind sonach insgesamt 4392 Zuchtpferde eingeführt worden.

Der Pferdeeinfuhr steht eine erheblich größere Ausfuhr gegenüber, die aber in den letzten Jahren stark in der Abnahme begriffen ist.

Die Pferdeausfuhr Argentiniens in den Jahren 1902 bis 1910 nach Stückzahl und Bestimmungsländern ergibt folgendes Bild:

| Bestimmungsland | 1902 | 1903 | 1904 | 1905 | 1906 | 1907 | 1908 | 1909 | 1910 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Stück | | | | | | | | |
| Großbritannien | 383 | 909 | 265 | 233 | 256 | 438 | 285 | 319 | 172 |
| Frankreich | 191 | 240 | 37 | 20 | 13 | 85 | 13 | 4 | 9 |
| Belgien | 44 | 3 | 4 | 192 | 45 | 42 | 2 | — | 40 |
| Deutschland | 59 | 15 | 67 | 15 | 99 | 42 | 23 | 125 | 56 |
| Österreich | — | — | — | — | — | — | — | — | 90 |
| Italien | 4 | 3 | 5 | 1 | 11 | 28 | 66 | 96 | 393 |
| Spanien | 141 | 117 | 137 | 3 | 6 | 3 | 5 | 5 | 185 |
| Portugal | — | — | — | 4 | — | — | 247 | — | 15 |
| Afrika | 6 761 | 5 972 | 3 271 | 7 548 | 3271 | 1255 | 381 | — | 277 |
| Brasilien | 1 205 | 834 | 758 | 1 300 | 398 | 1228 | 792 | 423 | 248 |
| Uruguay | 1 625 | 412 | 32 897 | 4 228 | 1755 | 1330 | 837 | 947 | 529 |
| Chile | 1 364 | 2 894 | 1 845 | 1 615 | 2245 | 1278 | 750 | — | 6 |
| Bolivien | 869 | 823 | 517 | 826 | 231 | 1022 | 415 | — | — |
| Paraguay | 3 342 | 1 601 | 5 891 | 4 353 | 60 | 239 | 1214 | — | 6 |
| Vereinigte Staaten | — | — | — | — | 3 | — | — | — | — |
| Peru | — | — | — | — | — | — | — | — | 627 |
| Mexiko | — | — | — | — | — | — | — | — | 8 |
| Verschiedene | 20 | 80 | 23 | 97 | 181 | 384 | 52 | 2846 | — |
| Insgesamt | 16 008 | 13 903 | 45 717 | 20 435 | 8574 | 7374 | 5082 | 4765 | 2661 |

An Zuchtrindern wurden eingeführt in den Jahren:

| Rassen | 1900 | 1901 | 1902 | 1903 | 1904 | 1905 | 1906 | 1907 | 1908 | 1909 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Shorthorn (Durham) . . | 300 | 29 | 32 | 572 | 1124 | 1360 | 2180 | 1219 | 645 | 656 |
| Hereford . . . . . | 14 | 1 | 6 | 31 | 20 | 56 | 93 | 46 | 27 | 24 |
| Polled Angus . . . . . | 8 | — | 4 | 38 | 26 | 19 | 116 | 48 | 16 | 41 |
| Red Polled . . . . . | — | 4 | 7 | 12 | 14 | 4 | 27 | 3 | 16 | 5 |
| Shorthorn Red . . . . | 118 | — | 7 | — | — | — | — | — | — | — |
| Jersey . . . . . | 1 | — | — | — | 7 | 13 | 23 | 16 | 12 | 11 |
| Flamländer . . . . . | 4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Schweizer . . . . . | — | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| Holländer . . . . . | — | — | — | — | — | — | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Dexter Kerry . . . . . | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 10 | 9 |
| Sonstige . . . . . | — | 2 | — | — | 2 | 10 | 2 | 9 | 13 | 37 |

Als Herkunftsland für Zuchtrinder kommt fast ausschließlich Großbritannien in Betracht. Der Anteil anderer Länder ist verschwindend. Am meisten Zuchtrinder lieferten von anderen Ländern noch neben Uruguay die Vereinigten Staaten von Amerika. Die Vorherrschaft Großbritanniens als Zuchtviehexportland für Argentinien ist durch argentinisches Landesgesetz festgelegt, das mit einigen ergänzenden Dekreten, besonders denen vom 9. und 16. Janur 1903[1]) die Rinder-, Schaf- und Ziegeneinfuhr aus anderen europäischen Staaten verbietet.

Die Ausfuhr von lebendem Rindvieh geht vorzugsweise nach Chile, ferner nach Portugal, Spanien und Italien. Lebende Schafe werden hauptsächlich nach Antwerpen versandt.

Die größeren Viehmärkte sind in der Nähe der Hauptstadt gelegen; es kommen für Rinder in erster Linie Liniers und für Schafe Tablada in Betracht.

An Zuchtschafen sind seit dem Jahre 1900 folgende Rassen eingeführt worden:

| Rassen | 1900 | 1901 | 1902 | 1903 | 1904 | 1905 | 1906 | 1907 | 1908 | 1909 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lincoln . . . . . | 1869 | — | 271 | 1179 | 2559 | 4546 | 6555 | 3551 | 1765 | 1332 |
| Merino-Rambouillet . . . | 273 | 61 | — | — | 92 | 37 | 43 | 98 | 14 | 83 |
| Hampshire . . . . . | 64 | — | — | 253 | 145 | 260 | 412 | 114 | 60 | 80 |
| Shropshire . . . . . | 123 | — | — | 299 | 232 | 243 | 299 | 244 | 59 | 92 |
| Oxforddown . . . . . | 50 | — | — | 44 | 19 | 83 | 30 | 26 | 77 | 85 |
| Romney March . . . . | 38 | — | — | 71 | 54 | 197 | 217 | 271 | 137 | 86 |
| Leicester . . . . . | — | — | — | 25 | 80 | 100 | 14 | 3 | — | — |
| South Down . . . . . | — | — | — | 6 | — | — | 113 | — | 3 | 23 |
| Verschied. andere Rassen | 69 | — | — | — | 83 | 186 | 119 | 5 | 108 | 122 |

Unter die Herkunftsländer verteilt sich die Einfuhr von Zuchtschafen für die Zeit von 1880 bis 1907, wie folgt:

[1]) Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1903 S. 1226.

Es haben geliefert:

| | Stück | zum Werte von Goldpesos |
|---|---|---|
| Großbritannien | 65734 | 3141971 |
| Deutschland | 3327 | 207833 |
| Frankreich | 1184 | 60154 |
| Vereinigte Staaten | 502 | 33250 |
| Englische Besitzungen | 223 | 15500 |
| Belgien | 209 | 19829 |
| Australien | 125 | 5100 |
| Spanien | 128 | 8165 |
| Italien | 56 | 540 |
| Holland | 10 | 30 |
| Zusammen | 71488 | 3492372 |

### B. Viehbeförderung auf Eisenbahnen und Schiffen.

Von der Viehbeförderung auf der Eisenbahn wird in Argentinien in großem Umfang Gebrauch gemacht. Gleichwohl lassen die für den Viehtransport getroffenen Einrichtungen vieles zu wünschen übrig. Nicht selten kommt es vor, daß Vieh, das für die größeren Schlachthäuser auf der Eisenbahn angefahren wird, tot oder schwer beschädigt ankommt. In der Zeit vom 1. April 1907 bis 31. März 1908 sind z. B. von 2961491 Schlachttieren, die für den Viehmarkt in Liniers bestimmt waren, 1153 tot mit der Eisenbahn angekommen, und zwar waren die Tiere meist infolge von Verletzungen gestorben.

Die Division de Ganaderia (vergl. S. 165) hat nunmehr ihr besonderes Augenmerk auf die hygienische Seite der Viehbeförderung gerichtet und einen eigenen Dienst für die Desinfektion der Eisenbahn-Viehwagen eingeführt. Wände und Fußboden der Wagen werden, nachdem sie von Kot und Streu gereinigt sind, abgekratzt und mit Kalkmilch bestrichen. Ein von der Division de Ganaderia ausgearbeiteter Entwurf einer neuen Desinfektionsordnung für Eisenbahnen sieht die Anlage bestimmter Desinfektionsanstalten nach neusten Mustern vor.

Über die Desinfektion der Wagen und Schiffe, die zur Viehbeförderung gedient haben, sind Vorschriften enthalten im Veterinärpolizeigesetze — Ley de Policia Sanitaria de los Animales — vom 17. Januar 1903[1]). Gemäß Artikel 11 dieses Gesetzes ist jeder Beförderungsunternehmer verpflichtet, die von der Regierung erlassenen Vorschriften zu befolgen und insbesondere die Desinfektion aller Räumlichkeiten durchzuführen, in denen sich Vieh aufgehalten hat. Nach Artikel 21 und 22 ist das Verladen von Vieh nur in solche Schiffe gestattet, in denen die hygienischen Vorschriften befolgt sind. Schiffen und Schiffsgesellschaften, bei denen Verstöße in dieser Hinsicht bemerkt werden, wird der Erlaß eines Ladeverbots auf die Dauer bis zu 5 Jahren angedroht. Nach einer Verordnung vom 8. November 1906 muß spätestens 24 Stunden nach Löschung von Vieh jeder Wagen und jedes Schiff desinfiziert sein, und erst nach Ausführung dieser Vorschrift darf neues Vieh verladen werden.

[1]) Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1903 S. 1226.

### C. Viehmarktwesen — Beaufsichtigung der Viehmärkte, der Händlerställe und der Gastställe.

Die größten Viehmärkte des Landes sind:

1. der 26 km westlich von Buenos Aires bei Liniers gelegene Markt, in dessen Nähe sich auch die hauptstädtischen Schlachthäuser befinden; im Jahre 1908 wurden auf diesen Markt 956074 Rinder aufgetrieben. Die Erweiterung des Marktes, sein Ausbau und seine hygienische Vervollkommnung sind in Aussicht genommen, auch ist die Verstaatlichung des ganzen Marktwesens in Buenos Aires geplant.

Weitere Märkte sind der in Barracas al Sur im Süden von Buenos Aires und der von Matanzas bei Tablada, in der Nähe von Buenos Aires, für Schafe.

Nach Artikel 10 des Gesetzes vom 17. Januar 1903[1]) unterstehen Viehmärkte der veterinärpolizeilichen Aufsicht. Dasselbe gilt von Händler- oder Gastställen oder, was diesen bei dem Klima in Argentinien stellenweise entsprechen dürfte, den Pferchen (corrales). Die veterinärpolizeiliche Aufsicht über den hauptstädtischen Viehmarkt, Tablada, ist durch eine Verordnung vom 29. Dezember 1906 geregelt.

Eigentliche Viehmärkte bestehen im Lande erst seit wenigen Jahren und haben sich dort aus den ferias rurales herausgebildet, die als Nachahmung der alljährlich im September in Buenos Aires und in Rosario veranstalteten großen landwirtschaftlichen Ausstellungen entstanden waren. Die große Ausstellung der Sociedad Rural Argentina in Palermo findet im August, die Ausstellung für Tiere „ohne Pedegree“ im September und die Fettviehausstellung Ende Oktober statt.

## IV. Bekämpfung der Viehseuchen.

### A. Abwehrmaßregeln gegen die Einschleppung von Viehseuchen aus dem Auslande.

Die gesetzliche Grundlage für die Abwehr der aus dem Auslande drohenden Viehseuchengefahr ist gegeben in dem Veterinärpolizeigesetze vom 10. Oktober 1900[2]), das in einigen Punkten durch das Gesetz vom 17. Januar 1903[3]) abgeändert worden ist.

Danach erfolgt der Schutz des Viehbestandes im Gebiete der Republik gegen das Eindringen ausländischer, ansteckender Krankheiten unter Anwendung der in diesem Gesetze angegebenen Mittel durch die ausführende Zentralgewalt.

Verboten ist die Einfuhr von mit ansteckenden Krankheiten behaftetem oder seuchenverdächtigem Vieh sowie von tierischen Stoffen oder von Gegenständen, die mit krankem oder verdächtigem Vieh oder sonstigen Trägern des Ansteckungsstoffes in Berührung gekommen sind.

Alle aus überseeischen Ländern kommenden Tiere werden einer Quarantäne unterworfen, deren durch Ausführungsvorschrift festgesetzte Dauer nur nach einer drei Monate vorhergegangenen Ankündigung abgeändert werden darf. Wird ein Tier mit einer ansteckenden Krankheit behaftet gefunden, so kann dessen sofortige Tötung angeordnet werden, ohne daß der Besitzer einen Anspruch auf Entschädigung hat.

---

[1]) Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1903 S. 1226.
[2]) Desgl. 1901 S. 384.
[3]) Desgl. 1903 S. 1226.

Der Unterhalt der Tiere während der Dauer der Quarantäne erfolgt auf Kosten der Eigentümer.

Wenn auf einem Schiffe während der Fahrt nach Argentinien eine ansteckende Krankheit mit oder ohne tödlichen Ausgang der davon befallenen Tiere ausbricht, so kann die gesamte Ladung zurückgewiesen werden. Das Schiff darf an der argentinischen Küste erst dann landen, wenn es nach den Anforderungen der Gesundheitsbehörden desinfiziert worden ist.

Aus Ländern, in denen Rinderpest, Tuberkulose, Maul- und Klauenseuche, Schafpocken oder irgendwelche, dem einheimischen Viehbestand gefährliche Krankheiten herrschen, kann die Einfuhr von Vieh sowie von tierischen Erzeugnissen oder Rohstoffen oder giftfangenden Gegenständen verboten werden. Dasselbe gilt gegenüber Ländern, die hinsichtlich ihrer seuchenpolizeilichen Vorschriften und Maßnahmen der argentinischen Regierung keine genügende Sicherheit gegen die Einschleppung von Viehseuchen nach Argentinien bieten.

Falls in einem der Nachbarländer der Republik eine der vorstehend genannten Krankheiten ausbricht, so hat die ausführende Gewalt dieses Land, soweit die Einfuhr in Betracht kommt, den gleichen Beschränkungen zu unterwerfen, denen die überseeischen Länder unterliegen. Dasselbe hat zu geschehen, wenn die Gefahr besteht, daß die in einem überseeischen Lande herrschende Seuche über ein der Argentinischen Republik benachbartes Land eingeschleppt werden könnte.

In der gleichen Weise kann einem Nachbarlande gegenüber verfahren werden, das in der Zulassung überseeischen Viehes nicht die erforderliche veterinärpolizeiliche Vorsicht walten läßt.

Auf Grund des Gesetzes ist im Verordnungswege die Einfuhr von Vieh aller Art verboten aus: Bolivien, Englisch-, Holländisch- und Französisch-Guayana, Gibraltar, Peru, Venezuela, Columbien, Rußland, Rumänien, Serbien, der Capkolonie, Natal, Orange, Transvaal, Zululand und den übrigen englischen Besitzungen in Südafrika, aus den deutschen und portugiesischen Besitzungen Ost- und Westafrikas, den französischen Besitzungen Westafrikas und aus Madagaskar. Ferner ist bis auf weiteres die Einfuhr von Rindvieh, Schafen, Ziegen und Schweinen verboten aus: Deutschland, Österreich-Ungarn, Belgien, Brasilien, Chile, Dänemark, Spanien, Frankreich, Griechenland, Holland, Italien, Malta, Marokko, Montenegro, der Türkei, Portugal, Paraguay, Schweden, Norwegen und den Vereinigten Staaten von Amerika.

Eine Verordnung vom 6. April 1906[1]) enthält besondere Vorschriften über die Behandlung einzuführender Zuchtpferde. Eine frühere Verordnung (vom 16. Juni 1904) bestimmt folgendes: Die Einfuhr von Vieh darf im allgemeinen nur über eine bestimmte Stelle des Hafens von Buenos-Aires erfolgen. Die Krankheiten, deren Vorhandensein oder Verdacht in jedem Falle als eine Gefahr angesehen wird, sind[2]):

---

[1]) Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1906 S. 745.

[2]) Ausführungsbestimmungen zu dem Gesetze vom 10. Oktober 1900, betr. die gesundheitliche Überwachung der Tiere vom 29. Januar 1903. Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1903 S. 1226.

die Rinderpest;

die Lungenseuche (peripneumonia contagiosa);

die Maul- und Klauenseuche bei Rindern, Schafen, Schweinen und Ziegen;

der Rotz in jeder Form bei Pferden;

die Beschälseuche;

die Pocken bei Schafen.

Die ansteckenden Krankheiten, die bekämpft werden müssen, wenn sie epizootisch auftreten, sind:

der Milzbrand bei allen Vieharten;

der Rauschbrand bei Rindern;

die Tuberkulose bei allen Vieharten;

die Räude bei Schafen und Ziegen;

die Tristeza (Texasfieber) des Rindviehs;

der Rotlauf der Schweine und die Schweineseuche, einschließlich Schweinepest (pneumo-enteritis infectiosa);

die Tollwut bei allen Vieharten.

Aus einem Lande, in dem die Rinderpest herrscht, oder in dem sie während der letzten 10 Jahre geherrscht hat, ist die Einfuhr von Vieh verboten. Aus einem Lande, in dem die ansteckende Lungenseuche noch vor 6 Monaten aufgetreten ist, darf Rindvieh nicht eingeführt werden. Ferner ist die Einfuhr von Rindern, Schafen, Ziegen und Schweinen aus einem Lande, in dem die Maul- und Klauenseuche während der letzten 6 Monate aufgetreten ist, untersagt. Auch ist aus Ländern, in denen der Rotz oder die Schafpocken noch vor 6 Monaten geherrscht haben, die Einfuhr von Pferden oder Schafen verboten. Über das Nichtvorhandensein aller dieser Krankheiten muß der Kapitän eines Vieh einführenden Schiffes eine vom argentinischen Konsul beglaubigte Bescheinigung des landwirtschaftlichen Ministeriums oder der sonst zuständigen Behörde des Herkunftslandes beibringen. Außerdem haben die Kapitäne eine Erklärung abzugeben über Anzahl, Rasse, Eigentümer, Empfänger, Einschiffungshafen, während der Reise verstorbenes Vieh, Todesursache usw. Außerdem kann die Regierung das Schiff und die einzuführenden Tiere einer genauen Untersuchung und Desinfektion unterwerfen, an Bord befindliches Vieh töten lassen und je nach dem Ergebnis die Landung bedingt oder unbedingt verbieten.

Die Quarantänefrist ist auf 15 Tage bei Schafen und Schweinen, auf 8 Tage bei Pferden festgesetzt. Tuberkulös befundenes Rindvieh und rotzkranke Pferde sowie solches Vieh, das mit jenen in Berührung gewesen ist, wird sofort getötet. Die Quarantäne kann nach Lage der Fälle verlängert werden. Über die Handhabung der Quarantäne, vorzunehmende Isolierungen, Desinfektionen, Verbrennung von Tierleichen, Mist, Stroh und dergl. sind ausführliche Bestimmungen erlassen.

Gegen die Einschleppung der Tuberkulose durch Zuchttiere im besonderen richtet sich die Verordnung vom 8. Mai 1908, die eine Quarantäne von 30 Tagen, Anwendung der Augenimpfung, Vornahme der Tuberkulinprüfung am vorletzten oder letzten Tage vor Beendigung der Quarantäne, Tötung der tuberkulös befundenen Tiere vorschreibt; ferner die Überführung der verdächtigen Tiere nach dem bakteriologischen Institut

unter Beobachtung bestimmter Vorsichtsmaßregeln und die endgültige Entscheidung darüber, ob die Tiere freizugeben oder zu töten sind, bestimmt.

Aus Uruguay darf Vieh außer über Buenos Aires noch über La Plata, Campana, Zarate (am Rio Parana), Gualeguaychu, Concepcion del Uruguay, Colon, Concordia und Monte Caseros (am Rio Uruguay) eingeführt werden. Erforderlich ist die Beibringung einer Bescheinigung des uruguayischen Wohlfahrtsministeriums (Ministerio de Fomento), aus der die veterinärpolizeiliche Unbedenklichkeit des einzuführenden Viehs hervorgeht. Mangels einer solchen oder, wenn das einzuführende Vieh krank, insbesondere mit Zecken, den Überträgern der Tristeza (Texasfieber), behaftet ist, kann es zurückgewiesen werden.

Zwischen Argentinien und Paraguay besteht ein Übereinkommen vom 1. Dezember 1907 über die gegenseitige Zulassung lebenden Viehes. Dieses bezeichnet die Häfen, denen der Verkehr mit lebendem Vieh vorbehalten ist, und enthält verschiedene Anordnungen, je nachdem dieser Verkehr in lebendem Vieh sich vollzieht, über die Flüsse Paraguay und Pilcomayo sowie über den Alto Parana im Bereich des Territoriums Misiones, oder über die Grenze zwischen Paraguay und der Provinz Corrientes. Für das erstere Gebiet behalten sich die vertragsschließenden Staaten das Recht vor, eine Veterinärinspektion anzuordnen und im Falle des Ausbruchs einer Viehseuche Schutzmaßregeln nach Maßgabe ihrer Gesetze zu treffen. Für das zweite Gebiet schreibt das Übereinkommen die Beibringung veterinärpolizeilicher Atteste über das Nichtvorhandensein von Seuchen in den Herkunftsorten sowie — bei Rindvieh — die Bescheinigung der Zeckenfreiheit und der erfolgreichen Anwendung zeckentötender Bäder vor; auch sieht es für Vieh, das zur Aufzucht oder zum Fettmachen bestimmt ist, gegebenenfalls die Besichtigung im Einfuhrhafen vor.

Zur Beaufsichtigung der Viehein- und -ausfuhr verfügt die Division de Ganaderia über eine allerdings noch im Privatbesitz befindliche, in Buenos Aires in der Nähe des Embarcadero La Blanca am Riachuelo gelegene Quarantäneanstalt, an der überseeische Dampfer leicht anlegen können, und die mit dem Lande durch Schienenwege in Verbindung steht. In der Quarantäneanstalt befindet sich ein Sektionsraum und ein zur Beseitigung von Tierresten bestimmter Verbrennungsofen. Außerdem befinden sich ähnliche Einrichtungen in Concordia, Concepcion del Uruguay, Gualeguaychu, die alle am Uruguay gelegen und hauptsächlich wegen des mit dem gleichnamigen Nachbarlande dort bestehenden lebhaften Viehhandels eingerichtet sind. Eine neue Quarantäneanstalt ist in dem hauptstädtischen Hafen Dock 3 im Bau und soll in 2—3 Jahren fertiggestellt sein. Der Kostenaufwand wird auf 1 350000 Papierpesos veranschlagt.

### B. Bekämpfung der Viehseuchen im Inlande.

#### a) Allgemeine Maßregeln gegen die Verbreitung von Viehseuchen.

Der Bekämpfung der Viehseuchen im Inland dient in erster Linie die durch das Veterinärpolizeigesetz vom 10. Oktober 1900 (vergl. S. 185) festgelegte Anzeigepflicht. Nach Artikel 4 dieses Gesetzes müssen Eigentümer von Tieren, die mit einer ansteckenden Krankheit behaftet oder einer solchen verdächtig sind, sowie alle mit der Pflege oder Behandlung solcher Tiere beauftragten Personen den zuständigen Behörden

Anzeige erstatten. Auch sind sie zu sofortiger Absonderung der kranken Tiere verpflichtet (Art. 5). Dieselben Vorschriften gelten für Vieh, das an einer ansteckenden Krankheit verendet ist; auch sollen ihre Kadaver vergraben oder nach Maßgabe anderweitiger behördlicher Anordnung vernichtet werden (Art. 6).

Die Behörde hat im Anschluß an die Anzeige das Ermittelungsverfahren einzuleiten (Art. 7).

Die beamteten Tierärzte sind angewiesen, die zu ihrer Kenntnis gelangenden Fälle von Viehseuchen alsbald zu untersuchen und je nach dem Befund sowie nach Maßgabe der Ley de Policia Sanitaria de los Animales und der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Verordnungen geeignet erscheinende Maßregeln, zu denen unter Umständen auch die Tötung kranker oder verdächtiger Tiere gehört, selbständig zu treffen.

Gegebenenfalls können das betroffene Gehöft, der Bezirk oder die Provinz von der Division de Ganaderia für verseucht erklärt werden. Nach dieser Erklärung dürfen folgende Maßregeln ergriffen werden, wobei auf die Mitwirkung der Lokalbehörden gerechnet werden kann:

Überwachung des Personenverkehrs sowie der Beförderung von Tieren und Gegenständen, Absperrung, Behandlung, Kennzeichnung und Zählung der Tiere und Herden, Verbot der Abhaltung von Ausstellungen und Viehmärkten, Verbrennung und Desinfektion von Ställen, Scheunen, Fahrzeugen, Pferchen sowie aller Gegenstände, die mit krankem Vieh in Berührung gekommen sind oder Träger des Ansteckungsstoffes sein können, Räumung der Weiden, Desinfektion und zeitweises Verbot der Benutzung der natürlichen oder künstlichen Tränken; Verbote, Tiere oder tierische Erzeugnisse ohne behördliche Genehmigung zu verkaufen, zu verbrauchen oder zu verwenden, Schutzimpfung und Notimpfung.

Ist eine Seuche amtlich festgestellt, so muß das kranke und verdächtige Vieh abgesondert werden (Art. 16). Handelt es sich um eine Krankheit, deren Vorhandensein oder Verdacht in jedem Falle als eine Gefahr angesehen wird (s. 4a), so werden die Tiere abgesondert und von besonderem Wartepersonal gepflegt; in besonderen Fällen kann auch die Tötung der Tiere angeordnet werden. Die Tierbesitzer haben ihre Tiere von der Berührung mit seuchekranken oder verdächtigen Tieren und von verseuchten Örtlichkeiten fernzuhalten (Art. 18). Die Verbrennung der Kadaver hat nach behördlicher Anordnung zu erfolgen (Art. 20). Die Beförderung von krankem Vieh ist verboten. Eisenbahnwagen, Schiffe und sonstige Fahrzeuge, die zur Beförderung von Vieh gedient haben, müssen innerhalb 24 Stunden nach der Ausladung der Tiere gründlich desinfiziert werden und dürfen vorher keine neue Ladung von Vieh annehmen. Eisenbahnen und sonstige Verkehrsunternehmungen, die sich mit der Viehbeförderung befassen, müssen die Obduktion gestorbenen Viehes jeder Zeit gestatten und auf solche eingerichtet sein.

### b) Besondere Maßregeln zur Bekämpfung der einzelnen Seuchen.

#### I. Rinderpest.

Bei Ausbruch der Rinderpest wird der betroffene Bezirk für verseucht erklärt, abgesperrt und veterinärpolizeilich überwacht; nur im Notfalle dürfen Nicht-Wieder-

käuer in das verseuchte Gebiet eingelassen werden. Personen dürfen den verseuchten Bezirk nur mit besonderer Erlaubnis der Division de Ganaderia verlassen, ebenso dürfen Gegenstände daraus nur mit dieser Erlaubnis entfernt werden. Das kranke und angesteckte Vieh, gegebenenfalls auch das verdächtige, muß getötet werden, und die Kadaver sind an einem besonders zu bestimmenden Orte zu verbrennen. Die der Ansteckung ausgesetzten Tiere sind zu impfen. Alle Räumlichkeiten, in denen das Vorhandensein des Ansteckungsstoffes anzunehmen ist, sind noch 6 Monate nach dem letzten Krankheitsfall abgeschlossen zu halten und inzwischen nach Vorschrift der Division de Ganaderia zu desinfizieren. Ebenso sind alle Gegenstände zu desinfizieren, die Träger des Ansteckungsstoffs sein können.

#### 2. Lungenseuche.

Bei der Lungenseuche beträgt die für die Abschließung und Desinfektion nach dem letzten Auftreten der Krankheit festgesetzte Frist mindestens 3 Monate.

#### 3. Pockenseuche der Schafe.

Bei Ausbruch der Pocken bei Schafen und Ziegen ist der betroffene Bezirk für verseucht zu erklären und abzusperren; die kranken Tiere sind abzusondern, die verdächtigen und angesteckten Tiere zu impfen. Kadaver und Häute dürfen nicht verwertet werden. 30 Tage nach dem letzten Krankheitsfalle oder nach Impfung sind die Tiere unter Anwendung der von der Division de Ganaderia zu bestimmenden Desinfektionsmittel zu baden, wonach die Erklärung, die den Bezirk als verseucht bezeichnet, aufgehoben werden kann.

#### 4. Beschälseuche.

Bei der Beschälseuche der Pferde sind die erkrankten Tiere zu töten, die verdächtigen abzusondern und die von der Division de Ganaderia anzuordnenden Desinfektionen auszuführen.

Ausnahmsweise kann die genannte Behörde anordnen, daß an Stelle der Tötung die Kastration der erkrankten Hengste vorgenommen wird.

#### 5. Maul- und Klauenseuche.

Bei Maul- und Klauenseuche ist der betroffene Bezirk für verseucht zu erklären und streng abzusperren. Tiere, Personen und Gegenstände, die Träger des Ansteckungsstoffes sein können, dürfen den verseuchten Bezirk nur nach gründlicher Desinfektion verlassen; in den verseuchten Bezirk dürfen Menschen und Pferde nur mit besonderer Erlaubnis eingelassen werden. Kranke und verdächtige Tiere sind auf dem Gehöfte selbst bis zu vollständiger Heilung abzusondern. Kadaver und Abfälle gefallener oder getöteter Tiere dürfen nur nach Maßgabe der Anordnungen der Division de Ganaderia verwertet werden.

Die Verseuchterklärung kann erst 14 Tage nach dem letzten Krankheitsfall und nach Vornahme der erforderlichen Desinfektion aufgehoben werden. Die Milch der kranken Tiere darf nur nach Vorschrift der Division de Ganaderia verwertet werden. In geeignet erscheinenden Fällen kann auch die Tötung der kranken und verdächtigen

Tiere angeordnet werden. Wo dies nicht geschieht, ist es gestattet, die Notimpfung vorzunehmen, indem man kranke und gesunde Tiere zusammenbringt und letztere unmittelbar anstecken läßt.

### 6. Rotz.

Bei Rotz ist der betroffene Bezirk für verseucht zu erklären und für Pferde, Esel und Maultiere streng abzusperren. Kranke Tiere sind zu töten und ihre Kadaver auf der Stelle zu verbrennen. Angesteckte oder verdächtige Tiere sind zu malleïnisieren und, falls eine positive Reaktion eintritt, zu töten. Der betroffene Bezirk ist 3 Monate nach dem letzten Krankheitsfall abzusperren.

### 7. Rotlauf der Schweine und Schweineseuche.

Bei Rotlauf und Schweineseuche ist der betroffene Bezirk für verseucht zu erklären, die kranken und verdächtigen Tiere sind abzusperren. Verdächtige Tiere dürfen für den Konsum geschlachtet werden, gefallene sind zu verbrennen; verdächtige und angesteckte können geimpft werden. 30 Tage nach dem letzten Krankheitsfall oder 20 Tage nach erfolgter Impfung kann die Verseuchterklärung aufgehoben werden,

### 8. Schweinepest.

Die Schweinepest wird nach Maßgabe der Anordnungen der Division de Ganaderia durch Absonderung der kranken und seuchenverdächtigen Tiere bekämpft. Verdächtige Tiere dürfen für den Konsum geschlachtet werden. Verseuchterklärung darf unter denselben Voraussetzungen wie bei der Schweineseuche aufgehoben werden.

### 9. Tollwut.

Bei der Tollwut sollen sich die Inspektoren der Division de Ganaderia nach Maßgabe der Provinzial- und Munizipalverordnungen an der Bekämpfung beteiligen, sonst nach besonderer Anordnung ihrer vorgesetzten Behörden verfahren.

### 10. Milzbrand.

Tritt Milzbrand bei Tieren auf, oder ist dessen Vorhandensein durch Vorkommen der pustula maligna (grano malo) bei Menschen nachgewiesen, so sind erkrankte oder der Ansteckung ausgesetzte Tiere zu impfen. Erst dann dürfen Tiere aus dem betroffenen Gehöft herausgelassen werden.

Die Milzbrandimpfung mit inländischem Virus (vaccinacion anticarbunculosa) ist im Jahre 1906 an 1287872 Rindern, 292129 Schafen und 28393 Pferden,

im Jahre 1907 an 1564624 Rindern, 274015 Schafen und 41721 Pferden vorgenommen worden.

Ist die angeordnete Impfung nicht oder ungenügend ausgeführt worden oder sind trotz der Impfung neue Krankheitsfälle vorgekommen, so ist das betroffene Gehöft für verseucht zu erklären. Diese Maßregel darf erst 15 Tage nach dem letzten Krankheitsfall oder der letzten Impfung wieder aufgehoben werden. Ferner kann für das betroffene Gehöft die Entfernung von Vieh, Häuten oder Abfällen sowie das Ein-

bringen von ungeimpftem Vieh verboten werden. Auch soll in diesem Falle an Milzbrand gefallenes oder dieser Seuche verdächtiges Vieh mit der Haut verbrannt werden; desgleichen soll eine ausgiebige Desinfektion vorgenommen werden, die sich auf die Gegenstände zu erstrecken hat, die mit milzbrandkranken oder an Milzbrand gefallenen Tieren in Berührung gekommen waren.

### II. Tuberkulose.

Nach einem Bericht der Sociedad Rural Argentina ist die Tuberkulose, die besonders unter dem feinen Zuchtvieh verbreitet ist, im Jahre 1908 in den Fleischgefrieranstalten bei 2% der geschlachteten Tiere, in den ländlichen Milchwirtschaften mit 8% und in den Milchkuhställen von Buenos Aires mit 18% der dort vorhandenen Tiere ermittelt worden.

Alle Milchkuhställe (tambos) und sonstige Anstalten, in denen Milch oder Milcherzeugnisse feilgeboten werden, unterstehen der Aufsicht der Division de Ganaderia. Von hier aus werden Untersuchungen über etwaige tuberkulöse Erkrankungen der Tiere angestellt. Bei Feststellung von Tuberkulose ist die gesamte Milch des betreffenden Stalles nach den Angaben und unter Aufsicht der Division de Ganaderia zu erhitzen. Von dieser Verpflichtung kann der Eigentümer befreit werden, wenn er gestattet, daß die verdächtigen Kühe mit Tuberkulin geimpft und im Falle der Reaktion ausgemerzt werden.

Für Märkte oder Ausstellungen bestimmte Zuchttiere müssen auf Anordnung der Division de Ganaderia der Tuberkulinprobe unterworfen und je nach dem Ergebnis gekennzeichnet werden.

Unter gewissen Voraussetzungen darf das Fleisch geschlachteten tuberkulösen Viehes zum Verbrauch als Nahrungsmittel nicht verwertet werden.

### 12. Räude der Schafe und Ziegen.

Mit Räude behaftete Ziegen oder Schafe dürfen weder befördert noch zum Gegenstand des Handels gemacht werden. Häute von räudekrankem Vieh dürfen nur, wenn sie ausreichend desinfiziert sind, befördert oder in den Handel gebracht werden.

Zurückgewiesene räudekranke Herden müssen in einem Zwischenraum von 12 Tagen zweimal gebadet werden, ehe die Schlachtung oder anderweitige Verwertung gestattet werden kann. Im Rückfall kann die Herkunftsstelle des räudekranken Viehes für verseucht erklärt und aus diesem jede Ausfuhr von Schafen und Ziegen verboten werden, bis die Tilgung der Krankheit auf Grund veterinärpolizeilicher Besichtigung dargetan ist. Sehr erfolgreich zur Bekämpfung der Räude (Krätze, Sarne) hat sich das Reglement vom 29. Dezember 1906 für die Veterinärkontrolle auf dem Markte von Tablada erwiesen, in dessen Folge der Prozentsatz der dort eingelieferten gefallenen Schafe von 0,95 im Jahre 1907 auf 0,38 im Jahre 1913 zurückgegangen ist.

### 13. Texasfieber.

Um der Ausbreitung des Texasfiebers (Tristeza — Piroplasmosis bovina) durch die aus dem Norden eingeschleppte Zecke (garrapata) vorzubeugen, ist Argentinien in drei Zonen eingeteilt worden, und zwar in die verseuchte — die zeckenfreie — und eine Zwischenzone. Die jeweilige Lage dieser Zonen wird von der Division de Ganaderia je nach dem Grade der Ausbreitung der Zecke bestimmt und bekannt gegeben.

Die Bekämpfung der Zecke selbst geschieht nach Maßgabe einer Verordnung vom 2. Juli 1907, die ihren Anweisungen eine Klassifikation der Viehbestände (establecimientos de ganaderia) in reine (limpios), halbreine (semilimpios) und verseuchte (infestados) zugrunde legt.

Die Division de Ganaderia wird in ihrer Bekämpfung der Zecken von eigens ernannten Abgeordneten der landwirtschaftlichen Verbände (sociedades rurales) unterstützt und unterhält eine gewisse Anzahl von Desinfektionsbadestellen (bañaderos), deren Gebrauch für das Vieh unter gewissen Bedingungen vorgeschrieben ist. Neben diesen amtlichen Badestellen ist noch eine große Anzahl privater Badeeinrichtungen vorhanden, deren Zahl sich in den Provinzen Cordoba und Santa Fé auf 197, in den Provinzen Entre Rios und Corrientes auf 175 beläuft.

### c) Impfungen. Impfstoffbereitung.

Die Impfung, die etwaige Einfuhr von Impfstoff sowie die Herstellung und der Vertrieb der Impfstoffe, insbesondere der Milzbrand-Impfstoffe, stehen unter Aufsicht der Division de Ganaderia und haben ihre Hauptstelle in dem Instituto Bacteriológico. In einer Verordnung vom 25. Januar 1906 wird der in diesem Institut gegen den Milzbrand hergestellte Impfstoff als sehr wirksam empfohlen. Der gegen die Pasteurellosis der Schafe, Rinder und Pferde bereitete Impfstoff wird in derselben Verordnung für verhältnismäßig ungefährlich erklärt und seine Anwendung versuchsweise empfohlen. Ebenda wird ein Impfstoff gegen das Texasfieber (tristeza) als von verhältnismäßig guter Schutzkraft bezeichnet und seine Verwendung für statthaft erklärt.

### d) Staatliche Entschädigung bei Verlusten durch Viehseuchen.

Für Tiere, Gegenstände und Gebäulichkeiten, die auf Grund veterinärgesetzlicher Bestimmungen vernichtet wurden, wird eine Entschädigung in Höhe des im Streitfall gerichtlich festzustellenden Wertes zur Zeit der unschädlichen Beseitigung gezahlt. War die Krankheit, derentwegen ein Tier getötet werden mußte, unbedingt tödlich, so wird keine Entschädigung gezahlt. Im übrigen erlischt der Entschädigungsanspruch drei Monate nach erfolgter Beseitigung. Eigentümer, die dem Veterinärpolizeigesetz oder dessen Ausführungsbestimmungen zuwider gehandelt haben, gehen dadurch ihrer Rechte auf Entschädigung verlustig.

Für eingeführte Tiere wird eine Entschädigung nur gezahlt, wenn ihre Tötung frühestens drei Monate nach Verlassen der Quarantäneanstalt angeordnet wurde.

e) Viehseuchenstatistik.

Eine umfassende Viehseuchenstatistik wird in Argentinien nicht geführt.

f) Verhütung der Seuchenverschleppung nach dem Auslande.

Die Ausfuhr von Vieh, das mit einer ansteckenden Krankheit behaftet oder einer solchen verdächtig ist, ist gemäß Artikel 19 des Veterinärpolizei-Gesetzes vom 10. Oktober 1900[1]) verboten. Dieses Verbot rechtfertigt aber keinen Entschädigungsanspruch. Die Genehmigung zum Export lebenden Viehs wird von der Direccion General de Ganaderia versagt, wenn das betreffende Vieh nicht mindestens 30 Tage auf der Estancia gewesen ist, auf der der Ankauf erfolgte. Die zur Ausfuhr von Vieh bestimmten Schiffe müssen den bestehenden Vorschriften gemäß eingerichtet sein. Verstöße gegen veterinärpolizeiliche Vorschriften können für Schiffe ein Viehladeverbot bis zur Dauer von zwei Jahren zur Folge haben. Der Kapitän eines Schiffes, das in Argentinien Vieh fürs Ausland geladen hat, muß den etwaigen Ausbruch einer ansteckenden Krankheit, sobald es angeht, der argentinischen Regierung melden, die ihrerseits diese Anzeige an den Bestimmungshafen weitergibt. Die Unterlassung dieser Meldepflicht ist mit erweitertem Viehladeverbot bedroht. Die Regierung kann wegen des Auftretens ansteckender Krankheiten die Ausfuhr von Vieh der betroffenen Art verbieten oder diese von vorheriger Desinfektion abhängig machen.

Im übrigen muß alles zur Ausfuhr bestimmte Vieh am Herkunftsort zusammen mit dem sonstigen dort vorhandenen Vieh auf seinen Gesundheitszustand untersucht werden. Nur derartig untersuchtes Vieh darf auf der Eisenbahn befördert werden. Erst nach einer Beobachtung von 30 Tagen darf das auszuführende Vieh in die Quarantäneanstalt und von da erst nach 24- bis 48stündiger weiterer Beobachtung verschifft werden. Schafe müssen vor der Ausfuhr einem Räudebade unterworfen werden. Die Veterinärbehörde beaufsichtigt die für den Viehtransport getroffenen Einrichtungen der Dampfer und die Art der Unterbringung des Viehes.

## C. Desinfektion bei Viehseuchen.

Nach Artikel 15, Ziffer 5b der Ausführungsverordnung vom 8. November 1906 zum Veterinärpolizeigesetz können je nach Lage des Falles angeordnet werden: Verbrennung oder Desinfektion der Ställe, Fahrzeuge und Pferche, die mit kranken oder verdächtigen Tieren in Berührung gekommen sind oder den Ansteckungsstoff verbreiten können sowie Räumung und Desinfektion der Weideflächen durch Feuer. Personen sowie Gegenstände oder Örtlichkeiten, die Träger von Ansteckungsstoffen sein können, müssen desinfiziert werden. Soweit die Art der Desinfektion nicht bereits besonders vorgeschrieben ist, hat darüber die Division de Ganaderia Bestimmung zu treffen.

Bei der Rinderpest hat die Desinfektion nach besonderer Anweisung der Division zu erfolgen. Nach Abheilung der Schafpocken sind die Schafe in desinfizierender Flüssigkeit nach Anweisung der Division zu behandeln.

---

[1]) Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1901 S. 384.

Für die Maul- und Klauenseuche ist vorgeschrieben, daß Personen, Tiere, Gegenstände und alles andere, was die Krankheit verbreiten kann, aus verseuchtem in seuchefreies Gebiet überhaupt nicht oder nur nach ordentlicher Desinfektion übergehen oder verbracht werden darf.

Wenn beim Milzbrand die vorgeschriebenen Impfungen nicht oder nur unvollkommen ausgeführt worden sind, so wird noch eine Desinfektion angeordnet, die sich auf die mit kranken oder gefallenen Tieren in Berührung gekommenen Gegenstände erstreckt.

Ferner können in einem als verseucht erklärten Gebiete Tiere und Gegenstände, die den Ansteckungsstoff verbreiten können, vernichtet werden.

### D. Unschädliche Beseitigung der Kadaver. Abdeckereiwesen.

Die Unschädlichmachung der Kadaver unterliegt den Bestimmungen der Division de Ganaderia. Art. 20 und Art. 23 des Veterinärpolizeigesetzes legen den Eisenbahnen und sonstigen Viehbeförderungsunternehmen die Verpflichtung auf, die zur unschädlichen Beseitigung gefallener Tiere erforderlichen Einrichtungen nach Anweisung der Division de Ganaderia zu treffen.

Für die Rinderpest ist die Tötung kranker oder verdächtiger Tiere und die Verbrennung ihrer Kadaver an zu bestimmenden Plätzen vorgeschrieben.

Die Benutzung der Kadaver von zeckenkranken Schafen ist verboten.

Rotzkranke Tiere müssen getötet und ihre Kadaver an einem zu bestimmenden Orte verbrannt werden. Schweine, die an Rotlauf oder an Schweinepest gefallen sind, müssen verbrannt werden. An Milzbrand gefallene oder dieser Krankheit verdächtige Tiere sollen, wo sie gefunden werden, mitsamt der Haut verbrannt werden.

Nach Art. 12 und 13 der Marktordnung vom 29. Dezember 1906 werden Kadaver, wenn der Tod der Tiere nicht durch gefährliche oder übertragbare Krankheiten herbeigeführt ist, mit einer stark riechenden Flüssigkeit begossen und 6 Stunden zur Verfügung des Eigentümers gehalten. Wenn sie nicht abgeholt werden oder wenn eine gefährliche ansteckende Krankheit als Todesursache festgestellt wird, so werden die Kadaver mitsamt der Haut verbrannt.

Nach einer für Buenos Aires erlassenen Munizipalverordnung vom 5. Oktober 1899 wird gefallenes Vieh behördlich zusammen mit dem Kehricht vernichtet, wenn es nicht binnen 12 Stunden von den Eigentümern zurückverlangt wird. Diesen wird es wieder zugestellt, wenn als Todesursache keine ansteckende Krankheit ermittelt ist; andernfalls wird der Kadaver vernichtet und der Eigentümer darf nur Haut, Hörner und Klauen behalten. Die Räumlichkeit, in der ein Tier an einer ansteckenden Krankheit verendet ist, muß binnen 24 Stunden desinfiziert werden. Fleisch von gefallenem Vieh darf nicht verkauft werden, es sei denn, daß es infolge eines Unfalls getötet wurde oder gefallen ist.

In kleineren Städten und auf dem Lande ist das Abdeckereiwesen mehr oder weniger dem der Bundeshauptstadt nachgebildet, läßt aber hier und insbesondere auf dem Lande noch sehr zu wünschen übrig. Die besten Abdecker sind auf dem Lande noch die Aasvögel.

Soweit nicht die Vernichtung der Haut vorgeschrieben ist, kann sie abgezogen und verwertet werden. Für die Schafpocken ist dies ausdrücklich verboten. Die Häute räudekranker Schafe dürfen erst nach gehöriger Desinfektion in den Handelsverkehr gebracht werden. Ebenso müssen die Häute zeckenkranker Tiere vorschriftsmäßig desinfiziert werden, bevor sie zur Verwertung zugelassen werden.

Über die Verwertung des Fleisches seuchenkranker Tiere bestehen folgende Vorschriften:

Die Kadaver oder Abfälle (despojos) von Tieren, die an der Maul- und Klauenseuche gefallen oder wegen dieser Krankheit geschlachtet worden sind, können nach Anweisung der Division de Ganaderia verwertet werden.

Schweine, die ansteckender Krankheiten verdächtig sind, wie Rotlauf, Schweineseuche oder Schweinepest, können für den Konsum geschlachtet werden. Tuberkulöses Vieh kann mit behördlicher Erlaubnis innerhalb einer bestimmten Frist für den Konsum geschlachtet werden; außer wenn die Tuberkulose in den intermuskulären und visceralen Lymphknoten vorkommt oder gleichzeitig Hautausschlag oder krankhafte Veränderungen an den Schleimhäuten und Organen der Brust- und Bauchhöhle zu bemerken sind. Wenn die tuberkulösen Verletzungen in der Bauchhöhle lokalisiert sind, so können die Tierkörper und Abfälle teilweise oder ganz benutzt werden. Wo keine entsprechenden Einrichtungen (Digestionsapparate) vorhanden sind, sind Kadaver und Abfälle tuberkulöser Tiere durch Feuer zu zerstören.

Leimleder und Tierflechsen werden zur Ausfuhr hergestellt. Über die Menge dieser Erzeugnisse gibt die amtliche Statistik, die alle derartigen Gegenstände mit dem Sammelnamen „Garras“ unter den „Residuos de la ganaderia“ zusammenfaßt, keine genauere Auskunft.

## V. Schlachtvieh- und Fleischbeschau.

### A. Organisation der Schlachtvieh- und Fleischbeschau. Schlachthäuser.

Ein allgemein gültiges Fleischbeschaugesetz gibt es in Argentinien zurzeit nicht. Der Erlaß eines solchen Gesetzes ist bereits von der dritten latino-amerikanischen Ärzteversammlung im März 1907 empfohlen worden, und auch unter Sachverständigen Argentiniens sind Stimmen laut geworden, die die Einführung einer für das ganze Land einheitlich geregelten Fleischbeschau als notwendig bezeichnen.

Die Grundlage zu einer solchen Regelung bildet der Artikel 10 des Veterinärpolizeigesetzes, wonach der Regierung die Vollmacht zur Aufsicht über die Viehmärkte, Schlachthäuser, Gefrieranstalten, Salzereien und überhaupt über alle Anstalten erteilt worden ist, in denen Erzeugnisse tierischen Ursprungs hergestellt werden. Dieses Aufsichtsrecht ist aber infolge der föderativen Verfassung Argentiniens erheblich eingeschränkt und gilt nur dann, wenn der Ort des Verkaufs, der Schlachtung oder der Herstellung jener Erzeugnisse der Bundesgewalt unmittelbar unterstehen. Wenn also der fragliche Ort in einer Provinz liegt, darf diese Aufsicht nur über Vieh, Fleisch oder Fleischprodukte ausgeübt werden, die aus dem Ausland, einer anderen Provinz

oder einem Territorium kommen oder die für den internationalen oder den Verkehr zwischen verschiedenen Provinzen und Territorien bestimmt sind.

Auf Grund von Artikel 10 des Veterinärpolizeigesetzes sind nachstehende Verordnungen erlassen worden:

1. Verordnung vom 4. Oktober 1906[1]), betreffend die Aufsicht über industrielle Anstalten, in denen Erzeugnisse tierischen Ursprungs hergestellt werden, sowie über die Verkaufsstellen für solche Erzeugnisse. Nach Artikel 2 dieser Verordnung sind die Schlachthäuser von Liniers bei Buenos Aires, von Rosario sowie jedes etwa später in ähnlicher Weise zu errichtende Schlachthaus unter die sanitäre Aufsicht der Division de Ganaderia gestellt, die durch eigens hierzu ernannte Tierärzte ausgeübt wird. Desgleichen sind nach Artikel 6 alle bestehenden oder später zu errichtenden gewerblichen Anstalten, in denen Erzeugnisse tierischen Ursprungs für den internationalen, interprovinzialen oder den Handel mit Territorien hergestellt werden, der Aufsicht der Division de Ganaderia unterstellt. Nach Artikel 7 wird für alle Salzereien, Gefrieranstalten, Fleischkonservenfabriken und Fettsiedereien die Befolgung der von der Division de Ganaderia erteilten hygienischen Vorschriften verlangt, dabei werden diesen Anlagen die Kosten der Aufsicht auferlegt und es wird ihnen die Herrichtung der zur Ausübung dieser Aufsicht erforderlichen Räumlichkeiten zur Pflicht gemacht.

2. Verordnung vom 4. Februar 1907 für die Fleischgefrieranstalten, Salzereien, Fettsiedereien und Fleischkonservenfabriken. Sie fordert strenge Sonderung der einzelnen Abteilungen dieser Betriebe, d. h. des Schlachthofes, der Trockenräume, der Kaldaunenwäsche, der Fettsiederei, der Häuteeinsalzstelle, der Dörrfleischzubereitung, der Fleischextraktfabrikation u. a. und enthält außerdem Vorschriften darüber, wie diese und andere Räumlichkeiten beschaffen sein und gehalten werden müssen. Die sanitäre Aufsicht über diese Anlagen wird unmittelbar von der Division de Ganaderia ausgeübt. Die geschlachteten Tiere einschließlich ihrer Eingeweide sind zu untersuchen, und der Veterinärinspektor hat die erfolgte Untersuchung auf dem Fleische und den Fleischprodukten zu bescheinigen, insbesondere ist alle Ausfuhrware mit einem „certificado sanitario“ zu versehen.

Nachdem in Buenos Aires die Fleischbeschau für den hauptstädtischen Konsum sich auf Grund einer Lokalverordnung vom 29. September 1887 entwickelt hatte, wurde im Jahre 1901 der hauptstädtische Schlachthof zu Liniers mit einem Kostenaufwand von 35 Millionen Mark gebaut. Er befindet sich 15 km südwestlich von Buenos Aires und bedeckt einen Flächenraum von 48 ha. Die Fleischbeschau wird dort von 27 geprüften Tierärzten und mehreren Assistenten ausgeübt. Diese beaufsichtigen das ganze Verfahren vom Eingang des lebenden Schlachtviehs bis zum Versand des frischen Fleisches. Es werden täglich mehrere tausend Tiere geschlachtet. Das Vieh wird — zum größten Teil auf der Eisenbahn — von weither herangeschafft, bis zum Schlachten in Pferchen untergebracht, hier mit der Fangschlinge (Lasso) nach

[1]) Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamts 1907 S. 802.

Landesbrauch eingefangen und auf dem Erdboden abgestochen. Die Fleischbeschaustelle ist mit einem Obduktionsraum sowie mit trichinoskopischen und mikroskopischen Laboratorien ausgestattet. Dagegen fehlt ein bakteriologisches Laboratorium, so daß für gewisse Arbeiten das bereits erwähnte bakteriologische Institut zu Hilfe genommen werden muß.

Die Schlachtungen finden im Winter von 4 bis 9 und im Sommer von 3 bis 4 Uhr morgens statt. Für Kälber können sie bis 2 Uhr nachmittags ausgedehnt werden. Die Verarbeitung des geschlachteten Viehes hat regelmäßig innerhalb 3 Stunden nach der Schlachtung zu geschehen. Das Schlachten trächtiger Kühe oder Schafe ist verboten. Für das Abhäuten der Schlachtstücke sind durch städtische Verordnung vom 15. April 1893 ausführliche Vorschriften erteilt worden. Der Schlachtraum ist täglich zu reinigen. Überreste an tierischen Teilen dürfen für den nächsten Tag nicht aufbewahrt werden, sondern sind zu beseitigen. Der Verkauf von Fleisch, das von gefallenem Vieh herrührt, ist verboten.

Der Markt von Liniers ist mit einem Schlachtviehmarkte verbunden, zu welchem Zwecke sehr große Anlagen vorhanden sind.

Auf den vier größeren Eisenbahnstationen der Hauptstadt wird der Zugang von Fleisch und Fleischwaren gleichfalls von der Division de Ganaderia überwacht. Im übrigen ist die Fleischbeschau Sache der Gemeindeverwaltungen.

Öffentliche Schlachthäuser gibt es zurzeit in allen größeren Gemeinden Argentiniens. Die öffentliche Statistik des Landwirtschaftsministeriums „La Argentina Agricola für 1912/13“ macht 359 in den verschiedensten Teilen des Landes namhaft. Sie stehen alle unter munizipaler Aufsicht und sind sehr einfach ausgestattet.

### B. Ergebnisse der Schlachtvieh- und Fleischbeschau.

Über die Ergebnisse der Schlachtvieh- und Fleischbeschau wird in Liniers seit 1897 Statistik geführt.

Nach dem Bericht von 1908 sind in diesem Jahre 226063 Ochsen, 167158 Kühe und 177187 Kälber geschlachtet und davon 399 Ochsen, 1377 Kühe und 1102 Kälber beanstandet worden. Das Fleisch der beanstandeten Tiere wurde unbrauchbar gemacht.

Von 66137 geschlachteten Schweinen ist das Fleisch von 904, und unter 791932 geschlachteten Schafen das Fleisch von 2842 unbrauchbar gemacht worden.

Im Jahre 1907 sind in Liniers geschlachtet worden: 637672 Schafe, 54456 Schweine, 233240 Ochsen, 146102 Kühe und 132864 Kälber. Hiervon waren behaftet mit allgemeiner Tuberkulose: 549 Schweine, 349 Ochsen, 684 Kühe und 21 Kälber; mit örtlicher Tuberkulose: 5082 Schweine, 1358 Ochsen und 400 Kühe; mit Milzbrand: 13 Schafe, 2 Schweine, 30 Ochsen, 16 Kühe, 3 Kälber; mit Quetschungen und sonstigen leichten Verletzungen: 1 Schaf, 3 Schweine, 61 Ochsen, 76 Kühe, 53 Kälber; mit Ermüdungsfieber: 324 Schafe, 8 Schweine, 13 Ochsen, 31 Kühe, 47 Kälber; mit Trichinen: 223 und mit toten Trichinen 398 Schweine.

Ferner wurden wegen zu starker Abmagerung beanstandet: 474 Schafe, 1 Schwein, 1 Ochse, 7 Kühe, 120 Kälber; wegen eitriger Gebärmutterentzündung 1 Kuh, wegen Gelbsucht 3 Schweine und wegen sonstiger Krankheiten 90 Tiere.

Das Fleisch dieser Tiere ist unbrauchbar gemacht worden.

Nach dem Jahresbericht für 1907 war die Maul- und Klauenseuche in dem Berichtsjahre nicht festgestellt worden, der Milzbrand war erheblich zurückgegangen, dagegen hatte die Tuberkulose bedenklich zugenommen.

| Jahr | In Liniers wurden | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | geschlachtet | | tuberkulös befunden | | | |
| | | | Ochsen | | Kühe | |
| | Ochsen | Kühe | allgemein | örtlich | allgemein | örtlich |
| 1897 | 421 524 | — | — | 882 (0,20 %) | — | — |
| 1898 | 308 622 | 128 032 | 343 | 333 (0,21 „) | 298 | 312 (0,48 %) |
| 1899 | 305 304 | 137 702 | 289 | 280 (0,18 „) | 258 | 148 (0,29 „) |
| 1900 | 321 068 | 131 443 | 423 | 257 (0,21 „) | 364 | 155 (0,39 „) |
| 1901 | 336 133 | 84 902 | 605 | 393 (0,29 „) | 370 | 165 (0,63 „) |
| 1902 | 287 378 | 109 432 | 475 | 149 (0,21 „) | 384 | 70 (0,41 „) |
| 1903 | 260 501 | 139 501 | 274 | 49 (0,12 „) | 551 | 28 (0,41 „) |
| 1904 | 274 745 | 126 107 | 267 | 80 (0,12 „) | 416 | 63 (0,38 „) |
| 1905 | 270 194 | 109 803 | 351 | 203 (0,25 „) | 564 | 74 (0,58 „) |
| 1906 | 264 731 | 120 437 | 300 | 537 (0,31 „) | 521 | 203 (0,60 „) |
| 1907 | 233 240 | 146 102 | 348 | 1358 (0,73 „) | 684 | 400 (0,74 „) |

Über die Ergebnisse anderer Schlachthäuser liegen zwar vereinzelte statistische Angaben vor; sie sind aber lückenhaft und unzuverlässig.

In den Exportschlächtereien sind tuberkulös befunden worden:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1903 in den | Gefrieranstalten | von | 228374 | Ochsen | 646 = 0,29 | % |
| | Salzereien | „ | 181688 | „ | 5 = 0,002 | „ |
| 1904 in den | Gefrieranstalten | „ | 306332 | „ | 2000 = 0,64 | „ |
| | Salzereien | „ | 212954 | „ | 14 = 0,005 | „ |
| 1905 in den | Gefrieranstalten | „ | 517036 | „ | 7760 = 1,49 | „ |
| | Salzereien | „ | 302205 | „ | 44 = 0,01 | „ |
| 1906 in den | Gefrieranstalten | „ | 563217 | „ | 6212 = 1,10 | „ |
| | Salzereien | „ | 245103 | „ | 89 = 0,03 | „ |
| 1907 in den | Gefrieranstalten | „ | 548545 | „ | 5604 = 1,00 | „ |
| | Salzereien | „ | 323925 | „ | 192 = 0,04 | „ |

Aus dem geringeren Prozentsatz der Tuberkulosebefunde in den Salzereien ist ersichtlich, daß das in diesen verwendete einheimische (Criollo) Vieh der Tuberkulose gegenüber widerstandsfähiger ist, als das in den Gefrieranstalten verwertete feinere Vieh der Kulturrassen.

Nach dem „Censo Agropecuario“ vom Jahre 1908 wurden in der Zeit vom 1. April 1907 bis zum 31. März 1908 zurückgewiesen Tierkörper oder einzelne Teile

| in den Gefrieranstalten | geschlachtet | | | generelle Tuberkulose | lokale Tuberkulose | Milzbrand | Ermüdungsfieber | Actinobacillosis | Kontusionen | Equinococcosis | Gelbsucht | sonstige Krankheiten | sterilisiert | verbrannt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ochsen | Kühe | Kälber | | | | | | | | | | | |
| La Negra . . . | 160 852 | 8058 | 7087 | 310 | 945 | 70 | 244 | — | 166 | 30 | — | 450 | 1208 | 72 |
| La Blanca . . . | 81 726 | 54 | — | 229 | 894 | 27 | 46 | 116 | 144 | 22 | 41 | 176 | 705 | 41 |
| El Argentino . . | 21 744 | — | — | 55 | 77 | 1 | 10 | 13 | 36 | 17 | 5 | 59 | 126 | 3 |
| The La Plata Cold Storage . . . | 85 445 | — | — | 360 | 1864 | — | 17 | 412 | 61 | 20 | — | 132 | 431 | 4 |
| Las Palmas Produce | 77 745 | 181 | 255 | 377 | 708 | 64 | 32 | 87 | 50 | 10 | — | 142 | 812 | 65 |
| The Smithfield Argentine . . . | 48 903 | — | — | 105 | 255 | 6 | 4 | 86 | 96 | 5% | — | 117 | 330 | 6 |
| The River Plate . | 94 910 | 1448 | — | 289 | 1488 | — | 3 | 2 | 116 | 20 | 10 | 160 | 522 | — |
| Cuatreros . . . | 15 906 | 157 | — | 23 | 195 | — | 37 | 35 | 193 | 5 | 4 | 92 | 103 | 4 |
| | 587 231 | 9898 | 7342 | 1748 | 6426 | 178 | 393 | 750 | 861 | — | 60 | 1308 | 4247 | 195 |

### C. Verfahren mit beanstandetem Fleische.

In Liniers ist ein Verbrennungsofen vorhanden für beanstandetes Fleisch, das unschädlich beseitigt werden soll. Das Fleisch von milzbrandkranken Tieren wird stets auf diese Weise vernichtet. Im Jahre 1908 sind dort verbrannt worden: Rinder 496, Kälber 2584, Schafe 1755, Schweine 70, Pferde 31, Schaffelle 45, Hunde 178, Schlachtabfälle 2983 cbm.

Soweit noch eine anderweite, insbesondere industrielle Verwertung zulässig ist, wird das beanstandete Fleisch mit Petroleum und Phenolsäure behandelt und dann abgegeben. Neuerdings sind neben dem Verbrennungsofen Räume geschaffen worden mit Digestoren und Kesseln, in denen sich eine möglichst vorteilhafte Verwertung des beanstandeten Fleisches ausführen läßt.

Außer in Liniers sind Einrichtungen für die Behandlung beanstandeten Fleisches nicht oder nur in ganz unzureichender Form vorhanden.

Nach der Verordnung vom 4. Februar 1907 sind die Exportschlächtereien, Fettsiedereien und Fleischkonservenfabriken verpflichtet, alle tierischen Reste nach Anordnung des Staatsveterinärs unbrauchbar zu machen. Dies geschieht durch Sterilisierung bei hoher Temperatur, soweit eine industrielle Verwertung des Fleisches möglich ist, oder durch Verbrennen. In Fällen von allgemeiner Tuberkulose oder von fieberhaften Krankheiten wird der ganze Kadaver unbrauchbar gemacht; bei Kontusionen, Zerreißungen, lokalen Abscessen, schwerer Gelbsucht und dergleichen werden nur die krankhaft veränderten Teile unbrauchbar gemacht.

### D. Versorgung mit Fleisch und Fleischverbrauch.

Der gesamte Fleischverbrauch in Argentinien wird nach dem „Censo Agropecuario“ von 1908 geschätzt auf jährlich 2700000 Rinder, 5500000 Schafe und 150000 Schweine.

Die Stadt Buenos Aires erhält ihr Fleisch

1. aus dem Schlachthof in Liniers,
2. von den in der Nähe der Stadt gelegenen Gefrieranstalten, und
3. aus der Umgegend; letztere wird, wie erwähnt, an den vier Haupteisenbahnhöfen untersucht.

Der Absatz des Fleisches wird durch die städtischen Märkte — 42 an Zahl — und die beinahe 500 zählenden Fleischverkaufsstellen sowie durch umherziehende Verkäufer vermittelt. Das aus dem Lande kommende Vieh wird auf den großen Viehmärkten durch Vermittlung von Kommissionären an die „Abastecedores" (wörtlich Verproviantierer) verkauft, für deren Rechnung die Schlachtungen erfolgen, und die das Fleisch an Kleinhändler veräußern. Durch Vermittlung der letzteren — auf Märkten, in festen Fleischverkaufsstellen oder im Umherziehen — gelangt es an die Bevölkerung. Auch die Gefrieranstalten bringen das Fleisch meist durch Zwischenhändler zum Verkauf.

In den anderen Städten Argentiniens vollzieht sich die Fleischversorgung ähnlich.

In Buenos Aires sind im Jahre 1908 nach der städtischen Statistik zum Verbrauch gekommen:

| | | |
|---|---|---|
| Rinder aus Liniers . . . . . | 570408 | Stück |
| „ „ den Gefrieranstalten . . . . . | 87198 | „ |
| Schafe „ Liniers . . . . . | 791932 | „ |
| „ „ den Gefrieranstalten . . . . . | 265008 | „ |
| „ sonstwoher . . . . . | 4727 | „ |
| Schweine aus Liniers . . . . . | 66137 | „ |
| „ „ sonstiger Herkunft . . . . | 404575 | „ |
| Schweinefleisch in Stücken, Würste usw. . . | 996556 | kg |
| Rind- und Schaffleisch . . . . . | 739677 | „ |
| Rinder- und Schaffett . . . . . | 1221540 | „ |

**E. Vieh- und Fleischpreise. Darstellung des Zustandekommens der Preisnotierungen.**

Das Landwirtschaftsministerium veröffentlicht monatlich die Preise, die die „abastecedores" für lebendes Vieh (Rinder, Schafe, Schweine) in den hauptstädtischen Märkten zahlen. Preisnotierungen für Fleisch gibt es nicht. Die „abastecedores" verkaufen das Fleisch an die Kleinhändler zu Großpreisen, die sich bei Rind- und Schaffleisch auf 0,20 bis 0,40 Papierpesos[1]) (0,35 bis 0,70 Mark) und bei Schweinefleisch auf 0,40 bis 0,60 ℳ. m/n (0,70 bis 1,05 Mark) für das Kilo belaufen. Im Kleinverkauf ändern sich diese Preise durch den unausbleiblichen Aufschlag erheblich. Für gutes Rinderfilet wird 1,00 ℳ. m/n (1,80 Mark) für das Kilo bezahlt; Kalb- und Schweinefleisch ergaben noch höhere Preise.

[1]) 1 Papierpeso = 1 ℔ m/n = etwa 1,78 Mark.

Über die Spannung von Vieh- und Fleischpreisen wird angegeben[1]), daß im Jahre 1908 die Preise schwankten:

| für | | zwischen | | Differenz |
|---|---|---|---|---|
| Halbblutochsen, besondere Klasse . . . . | 75 | und 120 $ moneda nac. m/n | | 45 $ moneda nac. m/n |
| „ fette . . . . . | 68 | „ 105 | „ | 37 „ |
| „ mit fettem und gutem Fleisch . . | 60 | „ 90 | „ | 30 „ |
| Halbblut Jungochsen, besondere, von 550 bis 600 kg . . . . . | 78 | „ 125 | „ | 47 „ |
| Halbblut Jungochsen fette über 500 kg . . | 68 | „ 92 | „ | 24 „ |
| „ „ fette . . . . . | 58 | „ 84 | „ | 26 „ |
| „ „ mit fettem Fleisch . . | 53 | „ 75 | „ | 22 „ |
| Halbblut Kühe besondere . . . . . | 60 | „ 100 | „ | 40 „ |
| „ „ fette, gute Klasse . . . . | 50 | „ 85 | „ | 35 „ |
| „ „ fette . . . . . | 40 | „ 70 | „ | 30 „ |
| „ „ fettes Fleisch und fette . . | 36 | „ 60 | „ | 24 „ |
| „ „ mit fettem und gutem Fleisch | 30 | „ 52 | „ | 22 „ |

Diese Tabelle ist aus den Monatsdurchschnitten zusammengestellt, so daß die äußersten Preise darin nicht zur Erscheinung kommen. Im Jahre 1908 sind 570408 Stück Rindvieh geschlachtet worden. Zieht man davon die 177187 Kälber ab, so verblieben an Ochsen und Kühen 393221 Stück, die durchschnittlich je 423,20 kg wogen, was einem Fleischertrag von 253,956 kg für jedes Tier entspricht. Nimmt man nach vorstehender Tabelle unter Berücksichtigung der Preise für Häute, Talg und andere Unterprodukte eine Durchschnittsschwankung von 32 Papierpesos an, so kommt auf das kg Fleisch eine solche von 0,12 Papierpesos. Wenn also ein „abastecedor" für einen Jungochsen von 550 kg Lebendgewicht 78 Papierpesos bezahlt, so bekommt er für 330 kg Fleisch, die dieses Tier ergibt, $0{,}20 \times 330 = 66$ Papierpesos, für die Haut 14, den Talg 6, für weitere Nebenprodukte 1,40, im ganzen 87,40 $ moneda nac. m/n; er verdient also an diesem Ochsen, der ihn außer dem Kaufpreis noch 3,85 $ moneda nac. m/n Abgaben, 2,50 $ moneda nac. m/n für Beförderung und 1,50 $ moneda nac. m/n für Schlachtung kostet, etwa 1,55 $ moneda nac. m/n.

Bei einer Preiserhöhung von 47 $ moneda nac. m/n, wie sie im Jahre 1908 vorgekommen ist, wird sich der Preis für das kg Fleisch um 14 $ moneda nac. m/n heben müssen, wenn der Verproviantierer einen entsprechenden Gewinn haben soll. Der Marktrichter hält diese großen Schwankungen für einen die Fleischversorgung schwer beeinträchtigenden Übelstand, dessen Beseitigung er von einer bisher nicht durchführbar gewesenen, hygienisch wünschenswerten Scheidung von Markt und Schlachthaus erhofft. Auch befürwortet er, um der durch die große Zahl der Zwischenhändler bewirkten Fleischverteuerung zu begegnen, die Verstadtlichung des Fleischverkaufs.

**F. Verbote und Beschränkungen der Ein- und Durchfuhr von Fleisch und Fett.**

Nach Artikel 9 und 10 der Verordnung vom 4. Oktober 1906 müssen alle vom Ausland kommenden Erzeugnisse tierischen Ursprungs vor ihrer Einfuhr untersucht

[1]) Jahresbericht des Marktrichters in Buenos Aires für 1908.

werden. Die Erzeugnisse dürfen nicht von Tieren stammen, die mit ansteckenden Krankheiten behaftet waren, und für die Verbraucher nicht gesundheitsschädlich sein.

Bei ihrer Einfuhr muß eine legalisierte Bescheinigung der zuständigen Behörde ihres Ursprungslandes beigebracht werden, wonach diese Erzeugnisse gesundheitspolizeilich untersucht worden sind.

### G. Ausfuhrschlächtereien.

Es bestehen in Argentinien zwei Arten von Ausfuhrschlächtereien:

Die eine Art wird gebildet durch die Salzereien, deren Produktion nur noch der lokalen Fleischversorgung dient und die andere durch die modernen Gefrieranstalten, die hauptsächlich gekühltes und gefrorenes Fleisch nach London absetzen.

An Salzereien gibt es noch in Argentinien: 2 in Gualeguaychu (im Südzipfel der Provinz Entre Rios), 2 in Concordia (Provinz Entre Rios), 1 in Santa Elena, und 1 in San Javier in der Provinz Santa Fé. Diese Saladeros bilden mit den zahlreichen uruguayischen und brasilianischen gleichartigen Anstalten, die zum großen Teil Vieh aus den argentinischen Provinzen Entre Rios und Corrientes verwerten, ein wirtschaftliches Interessengebiet. Für die Errichtung und Benutzung der Ausfuhrschlächtereien sowie für die Handhabung der Schlachtvieh- und Fleischbeschau in diesen sind in der Verordnung vom 4. Februar 1907 ausführliche Vorschriften enthalten. Jede Gefrieranstalt wird durch eigens von der Division de Ganaderia dazu bestimmte Tierärzte beaufsichtigt. Die Anstalten sind mit Laboratorien versehen, in denen die erforderlichen genaueren Untersuchungen vorgenommen werden können.

Wie die Gefrieranstalten im allgemeinen belebend auf die Viehzucht des Landes eingewirkt haben, so haben sie hier auch den Begriff der Fleischbeschau erst geschaffen und das Interesse daran so geweckt, daß die in den Fleischgefrieranstalten im Ausfuhrinteresse eingeführten gesundheitspolizeilichen Einrichtungen zu der Überzeugung geführt haben, daß deren Vorteile auch dem einheimischen Verbrauch zugute kommen müssen.

### H. Trichinenschau.

Die Trichinenschau wurde in Buenos Aires erst im Jahre 1899 eingeführt, nachdem mehrere Erkrankungen an Trichinose vorgekommen waren. Bis zum Dezember 1908 sind im ganzen 2749 Schweine wegen Trichinen vom Verbrauche zurückgewiesen worden.

Im Schlachthaus von Liniers befindet sich ein gut ausgestattetes trichinoskopisches Laboratorium. Mit ebensolchen Einrichtungen sind auch die Fleischgefrieranstalten versehen. In diesen Anstalten sind in der Zeit vom 1. April 1907 bis zum 31. März 1908 21 Schweine trichinös befunden worden.

Außerhalb der Hauptstadt gibt es eine Trichinenschau nur in den Städten Avellaneda, La Plata, Rosario und Parana.

Die fabrikmäßige Bearbeitung des Schweinefleisches unterliegt den besonderen Vorschriften der ministeriellen Verordnung vom 10. Januar 1907.

### J. Staatliche Schlachtviehversicherung.

Eine staatliche Schlachtviehversicherung besteht in Argentinien nicht.

# Über die Einwirkung von Ozon auf Mikroorganismen und künstliche Nährsubstrate, als Beitrag zur Kenntnis der Ozonwirkung in Fleischkühlhallen.

1. Mitteilung:

## Die Einrichtung und Leistung des benutzten Ozonisierungsapparates und die Einwirkung von Ozon auf Bact. coli commune.

Von

**Dr. R. Heise,**

Technischem Rat im Kaiserl. Gesundheitsamte.

---

Inhaltsübersicht: Einleitung. Ia) Der Ozonisierungsapparat. b) Konzentration und Menge des entstehenden Ozons und der Gehalt der ozonisierten Luft an Stickstoffoxyden. — II. Bisherige Erfahrungen über die Wirkung von Ozon auf Bakterien. — III. Eigene Versuche über die Einwirkung von Ozon auf Bact. coli commune. a) Versuchsbedingungen; b) Die Einwirkung von Ozon auf Keime von Bact. coli 1—$2^1/_2$ Stunden nach der Impfung auf Nährgelatine; c) Die Einwirkung von Ozon auf 20 Stunden alte Kolonien von Bact. coli; d) Ozonisierung von Bact. coli-Kulturen an mehreren aufeinander folgenden Tagen; e) Zusammenwirken von Ozonisierung und niedriger Temperatur; f) Impfung ozonisierter Fleischwasserpeptongelatine mit Bact. coli; g) Vergleich der bisher mit Bact. coli gewonnenen Ergebnisse mit den Erfahrungen der Praxis. — Zusammenfassung.

---

### Einleitung.

Zu den folgenden Untersuchungen hatte sich dadurch Gelegenheit geboten, daß dem Kaiserlichen Gesundheitsamte von der Firma Siemens & Halske in Siemensstadt ein Luftozonisierungsapparat für technische Zwecke zur Verfügung gestellt worden war.

Ursprünglich war eine allgemeine Studie über die Verwendbarkeit des Ozons bei der Fleischkonservierung beabsichtigt gewesen. Die Schwierigkeiten bei der Herstellung geeigneter Versuchsbedingungen und die Unstimmigkeiten der anfänglichen Ergebnisse nötigten jedoch bald dazu, die Untersuchung zunächst auf ein engeres Gebiet, nämlich auf nur eine Bakterienart und einen künstlichen Nährboden zu beschränken. Die Versuche wurden daher ausschließlich mit Bacterium coli commune auf Fleischwasserpeptongelatine ausgeführt.

Die Leistung des Ozonisierungsapparats ist unter wechselnden Betriebsverhältnissen eingehend geprüft worden. Für die nachstehend beschriebenen Versuche hätte zwar eine nur teilweise Wiedergabe des Zahlenmaterials genügt; da es sich jedoch um eine in der Ozonisierungstechnik benutzte Ausführungsform des Apparats handelt, dürften auch die weiteren Angaben von gewissem Interesse sein.

## I. a) Der Ozonisierungsapparat.

Der Ozonisierungsapparat bestand im wesentlichen aus einem Gleichstrom-Wechselstromumformer, einem Hochspannungstransformator, einer Siemensschen Ozonröhre mit Wasserkühlung, einer Trocken- und Filtriereinrichtung für die zu ozonisierende Luft und einem Kapselgebläse; ferner war ein Spannungsmesser und ein Regulierwiderstand für den Primärstrom und eine Anzahl Sicherungen vorhanden. Diese Teile befanden sich teils im Innern eines eisernen Kastens, teils waren sie außen daran befestigt. Fig. 1 zeigt die äußere Ansicht des Apparats.




Fig. 1.
Luftozonisierungsapparat der Firma Siemens & Halske.

Die Betätigung des Apparats war folgende: Der mit 110 Volt aus dem Leitungsnetz entnommene Gleichstrom wurde von dem Umformer in Wechselstrom von 55 bis 75 Volt verwandelt. Die Einstellung erfolgte durch den an der Vorderseite des Apparats befindlichen Regulierwiderstand. Die Spannung des Wechselstroms wurde an dem über dem Widerstande befindlichen Voltmeter abgelesen. Der Wechselstrom gelangt in den Hochspannungstransformator mit dem Umsetzungsverhältnis 70 : 8000. Die Hochspannung war an die Siemenssche Ozonröhre gelegt, deren Außenpol ein Wasser-

mantel bildete. Der zylindrische Innenpol bestand aus Aluminium. Die zu ozonisierende Luft wurde mittels des durch den Umformer angetriebenen Kapselgebläses in die Ozonröhre gedrückt, nachdem sie durch das im unteren Teile des eisernen Kastens befindliche Chlorcalcium und durch ein Filtertuch gesaugt worden war. Der Wassermantel des Ozonisators war so groß bemessen, daß während eines mehrstündigen Betriebes der Anlage das Kühlwasser nur um einige Grade erwärmt wurde. Der Verbrauch an elektrischer Energie betrug etwa 100 Watt, wovon der Hochspannungstransformator bei normalem Betriebe 22 Watt aufnahm.

### b) Konzentration und Menge des entstehenden Ozons und der Gehalt der ozonisierten Luft an Stickstoffoxyden.

Bevor mit den beabsichtigten Untersuchungen begonnen wurde, war es nötig festzustellen, in welcher Konzentration und Menge das Ozon und die sich gleichzeitig bildenden Stickstoffoxyde bei normalem Betriebe des Apparates erhalten werden, und in welchem Maße sich diese Werte bei gewissen Änderungen der Versuchsbedingungen verschieben. Zu den veränderlichen Größen gehören hauptsächlich die elektrische Spannung, die Luftgeschwindigkeit und die Feuchtigkeit der Luft. Außerdem wäre noch die Temperatur der Ozonröhre zu berücksichtigen[1]).

Den Einfluß eines Spannungsunterschiedes von $\pm$ 5 Volt des primären Wechselstromes in dem für die Verwendung des Ozonisierungsapparates in Frage kommenden Intervall zeigen die folgenden beiden Versuchsreihen in der Tabelle 1.

Tabelle 1.

Einfluß der Spannung auf die Ozonkonzentration.

Luftgeschwindigkeit a) 150 l/Stde. b) 135 l/Stde. Temperatur der angesaugten Luft 20°.

| Spannung | | Ozonkonzentration mg/l | | |
|---|---|---|---|---|
| des primären Wechselstroms Volt | an der Ozonisierungsröhre Volt | a | b | |
| 60 | 6860 | 1,13 | — | |
| 65 | 7430 | 1,76 | 1,96 | ↑ Abnahme 16% |
| 70 | 8000 | 2,10 | 2,34 | |
| 75 | 8570 | 2,35 | 2,62 | ↓ Zunahme 12% |

Die Spannungsschwankungen beim Betriebe des Ozonisierungsapparats ließen sich leicht auf weniger als $\pm$ 1 Volt des primären Wechselstroms halten, so daß praktisch nennenswerte Verschiedenheiten in der Ozonkonzentration durch diese Schwankungen nicht bewirkt wurden. Andererseits können aber, wie sich aus Tabelle 1 ergibt, durch weitergehende Änderung der Spannung beträchtliche Unterschiede in der Ozonkonzentration hervorgerufen werden.

[1]) Wegen der Methodik der Ozonbestimmung vgl. Abschnitt IIIa.

Von wesentlicher Bedeutung ist ferner die Luftgeschwindigkeit im Ozonisierungsrohr. Die Ozonkonzentration fällt mit steigender Luftgeschwindigkeit, erst schnell, dann immer langsamer, wogegen die in der Zeiteinheit erzeugte Ozonmenge asymptotisch einen Maximalwert erreicht, der sich auch bei den größten, praktisch verwendbaren Luftgeschwindigkeiten nicht mehr zu ändern scheint[1]).

Wenn der aus der Ozonisierungsanlage austretende Luftstrom nur eine unmittelbar angeschlossene Gasuhr zu passieren hatte, war die stündliche Leistung etwa 400 Liter. Bei den Ozonisierungsversuchen mußten aber schon wegen des Widerstandes in den Absorptionsgefäßen, Rohrleitungen und Apparaten viel geringere Geschwindigkeiten benutzt werden; meistens wurde daher mit 150 l/Stde. gearbeitet.

Tabelle 2 enthält die stündliche Menge und die Konzentration des Ozons bei Luftgeschwindigkeiten von 50 bis 200 l/Stde.

Tabelle 2.

Einfluß der Luftgeschwindigkeit auf die Menge und Konzentration des Ozons.

| Luftmenge in 1 Stunde Liter | Ozonmenge mg in 1 Stunde | | Ozonkonzentration mg im Liter | |
|---|---|---|---|---|
| | bei 6860 Volt | bei 8000 Volt | bei 6860 Volt | bei 8000 Volt |
| 50 | 130 | 244 | 2,60 | 4,88 |
| 100 | 168 | 298 | 1,68 | 2,98 |
| 150 | 184 | 308 | 1,22 | 2,05 |
| 200 | 196 | 318 | 0,98 | 1,59 |

Die vorstehenden Zahlen lassen erkennen, daß Menge und Konzentration des Ozons bei der meistens benutzten Luftgeschwindigkeit von 150 l/Stde. und 8000 Volt bereits in dem Intervall der langsamen Änderung liegen.

Der Feuchtigkeitsgehalt der ozonisierenden Luft ist von weitgehendem Einfluß auf die Ozonausbeute, worauf u. a. von E. Dieckhoff[2]) und von Warburg und Leithäuser[3]) hingewiesen worden ist. Bei dem Siemens & Halskeschen Ozonisierungsapparat ist, wie schon erwähnt, dieser Erfahrung dadurch Rechnung getragen, daß die Luft vor Eintritt in die Ozonröhre durch Chlorcalcium getrocknet wird. Daß diese Art der Trocknung ihren Zweck recht gut erfüllt, zeigt ein Vergleich der Ozonausbeute bei Versuchen mit und ohne Chlorcalciumtrocknung in Tabelle 3. Durch die Trocknung einer Luft mit 56 Prozent relativer Feuchtigkeit wird die Ozonmenge auf mehr als das 1,5fache erhöht. Immerhin ist das Chlorcalcium ein nur langsam wirkendes Trockenmittel[4]) und es scheint, als ob eine verschiedene Feuchtigkeit der Luft auch nach dem Durchgang durch das Chlorcalcium in gewissem Grade noch

[1]) Vergl. O. Fröhlich, Über das Ozon, dessen Herstellung usw. Elektrotechn. Zeitschr. Jahrg. XII (1891), S. 342. — Gg. Erlwein, Luftreinigung durch Ozon. Gesundh.-Ing. 31 (1908), S. 195.

[2]) Über das Ozon. Habilit.-Schrift. Karlsruhe 1891.

[3]) Über den Einfluß der Feuchtigkeit und der Temperatur auf die Ozonisierung des Sauerstoffs und der atmosphärischen Luft. Ann. d. Physik 1906, Bd. 20, S. 751.

[4]) E. Fleischer, Das Hygrometer im Exsikkator. Zeitschr. f. analyt. Chemie. Jahrg. 23 (1884), S. 33.

bestehen bleibt. Bei den, allerdings nur wenigen Zahlen der Tabelle 3 fallen die niedrigsten Ozonwerte mit der höchsten Feuchtigkeit der angesaugten Luft, und umgekehrt, zusammen. Der letzte Versuch in Tabelle 3 zeigt, daß bei stark angefeuchteter Luft die Ozonausbeute nur noch etwa ein Viertel derjenigen bei getrockneter Luft beträgt.

Besonders bemerkt sei, daß der Innenpol vor jeder Versuchsreihe gereinigt wurde. Die Anlage war vor der Probeentnahme mindestens 1 Stunde im Betrieb.

Tabelle 3.

Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Ozonausbeute.

Luftgeschwindigkeit: 150 l/Stde. Spannung 8000 Volt.

| Feuchtigkeitszustand der Luft bei Eintritt in die Ozonröhre | Relative Feuchtigkeit der angesaugten Luft % | Barometerstand mm | Ozonmenge in 1 Stunde mg | Ozonkonzentration mg/l | |
|---|---|---|---|---|---|
| Die Luft ging durch die mit Chlorcalcium beschickte Trocken- und Filtriereinrichtung des Ozonisierungsapparats. | 49 | 760 | 318 | 2,12 | Im Mittel 2,06 |
| | 51 | 759 | 314 | 2,09 | |
| | 40 | 762 | 328 | 2,19 | |
| | 61 | 754 | 287 | 1,92 | |
| | 53 | 760 | 303 | 2,02 | |
| | 53 | 758 | 303 | 2,02 | |
| Die angesaugte Luft mit 56% Feuchtigkeit wurde nur filtriert. | 56 | — | 204 | 1,36 | |
| Die angesaugte Luft ging durch einen Turm mit feuchtem Bimstein. | — | — | 83 | 0,56 | |

Schließlich war noch der Einfluß der Temperatur auf die Ozonausbeute zu berücksichtigen. E. Warburg und G. Leithäuser[1]) stellten Versuche bei 19° und 80° an. Sie fanden, daß die Ozonisierung bei 80° und konstanter Dichte in atmosphärischer Luft nicht unerheblich vermindert wird. Im vorliegenden Falle wurde der Einfluß der Erwärmung des Kühlwassers während des Betriebes der Anlage durch zwei Versuchsreihen bei 23—24° und bei 37—38° geprüft. Der Natriumthiosulfatverbrauch bei den jodometrischen Ozonbestimmungen ist ohne Umrechnung in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4.

Einfluß der Erwärmung des Kühlwassers auf die Ozonausbeute.

Luftgeschwindigkeit: 150 l/Stde.
Zur Ozonbestimmung wurden je 7,5 l Luft angewandt.
Titer des Natriumthiosulfats: 101 ccm = 100 ccm n/10.

| Temperatur des Kühlwassers | Natriumthiosulfatverbrauch bei je 3 hintereinander ausgeführten Versuchen | | |
|---|---|---|---|
| 23—24° | 6,7 | 6,6 | 6,6 ccm |
| 37—38° | 6,6 | 6,55 | 6,6 „ |

[1]) a. a. O. S. 757.

Aus diesen Zahlen geht unmittelbar hervor, daß unter den hier gegebenen Bedingungen die Erwärmung des Kühlwassers um 14° die Ozonisierung der Luft nicht herabsetzt. Bei mehrstündigem Betriebe stieg die Temperatur des Kühlwassers im übrigen nur um einige Grade.

Bei der Einwirkung der stillen elektrischen Entladung auf atmosphärische Luft tritt neben der Ozonbildung auch eine Oxydation von Stickstoff ein. Nach O. Fröhlichs[1]) Untersuchungen an Siemensschen Ozonröhren entstehen kleine Mengen salpetrige und Salpetersäure, nie aber wird Stickoxyd gebildet. Ohlmüller und Prall[2]) fanden in der mit einem kleinen Laboratoriumsapparat ozonisierten Luft neben Salpetersäure keine niederen Stickstoffoxyde, insbesondere auch keine salpetrige Säure. Nach ihren Angaben betrug die Menge der Salpetersäure ($N_2O_5$) rund 8 bis 12 Proznt des zugehörigen Ozons, bei einer Konzentration des letzteren von 3 bis 10 mg/l. Auch Warburg und Leithäuser[3]) konnten bei der Ozonisierung trockner Luft spektralanalytisch keine niederen Stickstoffoxyde nachweisen. Aus ihren Untersuchungen ist ferner zu ersehen, daß unter gewissen scheinbar gleichen Bedingungen sehr wechselnde Ausbeuten von oxydiertem Stickstoff erzielt werden. Bei stiller Büschelentladung aus einer positiven Kugelelektrode war die Menge des oxydierten Stickstoffs unabhängig von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Bemerkenswert ist eine Angabe von Ludwig A. von Kupffer[4]), nach dessen Erfahrungen das Auftreten von Stickstoffoxyden bei der Ozonisierung atmosphärischer Luft auf das Verbrennen von Staubteilchen im Ozonisator zurückzuführen ist. Filtration der Luft durch Tuchfilter soll die Bildung der Stickstoffoxyde verhindern. Diese Angabe konnte, wie gleich hier erwähnt sei, an dem vorliegenden, für die Praxis bestimmten, mit einem guten Flanellfilter versehenen Ozonisierungsapparat der Firma Siemens & Halske nicht bestätigt werden.

Nach diesen Angaben ist also bei verschiedener Einrichtung der Apparate mit wechselnden, z. T. recht erheblichen Salpetersäuremengen (Ohlmüller und Prall) zu rechnen, während niedere Stickstoffoxyde nicht oder doch nur spurenweise außerhalb des Ozonisators vorkommen.

Um die Größe der Stickstoffoxydation durch den Siemens & Halskeschen Ozonisierungsapparat kennen zu lernen, wurden einige Versuche mit trockener und

---

[1]) a. a. O. S. 343.

[2]) Die Behandlung des Trinkwassers mit Ozon. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 18 (1902), S. 432.

[3]) Über die Oxydation des Stickstoffs bei der Wirkung der stillen elektrischen Entladung auf atmosphärische Luft. Annalen der Physik Bd. 20 (1906), S. 743 und Bd. 23 (1907), S. 209.

Nach Ehrlich und Ruß (Über den Verlauf der Stickstoffoxydation bei elektrischen Entladungen in Gegenwart von Ozon, Monatshefte f. Chemie, Bd. 32 (1911), S. 917 und E. Dieckhoff (a. a. O.) sollen sich zwar zunächst niedere Stickstoffoxyde bilden, die jedoch, insbesondere bei Gegenwart von Wasser, durch das Ozon zu Salpetersäure oxydiert werden.

Der von Warburg und Leithäuser in sehr geringer Menge nachgewiesene Körper Y sei hier nur erwähnt.

[4]) Verwendung des Ozons in der Lüftung. Ergebnisse der Praxis. Gesundheits-Ingenieur Jahrg. 36 (1913), S. 609.

feuchter Luft von verschiedener Geschwindigkeit angestellt, deren Ergebnisse in der Tabelle 5 eingetragen und mit den entsprechenden Ozonwerten verglichen worden sind.

Die Mengen des oxydierten Stickstoffs wurden als Salpetersäure nach dem kolorimetrischen Verfahren von J. Tillmans und W. Sutthoff[1]) bestimmt.

Tabelle 5.

Oxydation des Stickstoffs (Salpetersäurebildung) bei der Ozonisierung getrockneter und angefeuchteter atmosphärischer Luft.

Spannung 8000 Volt.

| Luftgeschwindigkeit in 1 Stunde l | Luft durch Chlorcalcium getrocknet | | | | | Luft über feuchten Bimstein geleitet | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ozon[2]) | | Salpetersäure ($N_2O_5$) | | | Ozon | | Salpetersäure ($N_2O_5$) | | |
| | in 1 Stde. mg | in 1 Liter mg | in 1 Stde. mg | in 1 Liter mg | $N_2O_5$ in Prozenten zum Ozon | in 1 Stde. mg | in 1 Liter mg | in 1 Stde. mg | in 1 Liter mg | $N_2O_5$ in Prozenten zum Ozon |
| 50 | 244 | 4,88 | 3,0 | 0,06 | 1,2 % | 28,6 | 0,57 | 1,3 | 0,025 | 4,5 % |
| 100 | 298 | 2,98 | 5,1 | 0,05 | 1,7 „ | 58,4 | 0,58 | 2,5 | 0,025 | 4,3 „ |
| 150 | 308 | 2,05 | 7,5 6,2 6,7 Mittel 6,8 | 0,045 | 2,2 „ | 83,5 | 0,56 | 3,2 | 0,021 | 3,8 „ |
| 200 | 318 | 1,59 | 8,2 | 0,04 | 2,6 „ | 103,5 | 0,52 | 4,1 | 0,020 | 4,0 „ |

Diese Ergebnisse zeigen, daß bei dem hier benutzten Ozonisierungsapparat Salpetersäure im Verhältnis zum Ozon nur in geringer Menge gebildet wurde, wenn getrocknete Luft ozonisiert wurde. Bei Luftgeschwindigkeiten zwischen 50 und 200 l/Stde. betrug die Salpetersäuremenge ($N_2O_5$) 1,2 bis 2,6 Prozent des Ozons.

Das Verhalten stark gefeuchteter Luft bei der Ozonisierung hat nur nebensächliches Interesse, weshalb lediglich auf die Zahlen in Tabelle 5 hingewiesen sei.

Nicht unerwähnt darf bleiben, daß sich auf dem aus Aluminium hergestellten Innenpol der Ozonröhre allmählich ein weißer Anflug bildete, in welchem Salpetersäure nachweisbar war, so daß merkliche Säuremengen in dem Ozonisator zurückgehalten worden waren und wahrscheinlich bei feuchter Luft verhältnismäßig mehr als bei trockner.

Wurde ozonisierte Luft längere Zeit durch mit Schwefelsäure schwach angesäuertes Wasser geleitet, so waren Spuren salpetriger Säure nachweisbar[3]). Bei feuchter Luft war die Reaktion kräftiger, aber von wechselnder Stärke; die Oberflächenbeschaffenheit des Innenpols schien dabei eine wesentliche Rolle zu spielen. Auch Warburg und Leithäuser[4]) haben bei der Ozonisierung feuchter Luft das Auftreten kleiner Mengen niederer Stickoxyde beobachtet.

[1]) Ein einfaches Verfahren zum Nachweis und zur Bestimmung von Salpetersäure und salpetriger Säure im Wasser. Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. 50 (1911), S. 473.

[2]) Aus Tabelle 2 entnommen.

[3]) Zum Nachweise diente Griess-Ilosvaysches Reagenz (α-Naphthylamin und Sulfanilsäure). Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. 33 (1894), S. 223.

[4]) Annalen der Physik Bd. 20, S. 757 Anmerkung.

## II. Bisherige Erfahrungen über die Wirkung von Ozon auf Bakterien.

Aus den vielseitigen Versuchen über die Wirkung des Ozons auf Mikroorganismen im Laboratorium wie in der Praxis hat sich übereinstimmend ergeben, daß Bakterien im trocknen Zustande gegen Ozon äußerst widerstandsfähig sind, wogegen sie in reinem Wasser verteilt sehr leicht abgetötet werden. Ferner hat sich gezeigt, daß die Gegenwart von leblosen, organischen Substanzen im Wasser die Ozonwirkung auf die Bakterien mehr oder weniger herabsetzt. Diesen sicheren Ergebnissen gegenüber sind die Befunde über die Wirkung von Ozon auf nur feuchte, in der Luft oder auf Nährböden befindliche Bakterien und andere Mikroorganismen, Bedingungen, wie sie bei der Konservierung von Nahrungsmitteln vorhanden sind, keineswegs eindeutig. Eine Übersicht über den Stand der Ozonfrage im Jahre 1913 geben die von Czaplewski[1]) und Ludwig Ad. v. Kupffer[2]) in ihren auf dem IX. Kongreß für Heizung und Lüftung über dieses Thema erstatteten Referaten. Diese Berichte lassen die bereits bekannte Tatsache hervortreten, daß die in technischen Betrieben mit der Ozonisierung gemachten Erfahrungen im Gegensatz zu den Ergebnissen der rein wissenschaftlichen Untersuchungen fast ausschließlich sehr günstig lauten, worauf auch Czaplewski in dem Abschnitt über die Einwirkung des Ozons auf Bakterien (a. a. O. S. 567) besonders hinweist. Im einzelnen fand Oerum[3]), der Ozon mit Hilfe von Phosphor herstellte, daß bei Konzentrationen von 0,015 bis 0,030 Prozent in 8 bis 10 Tagen Nährgelatine- und Kartoffelkulturen von Micrococcus tetragonus, Bac. anthracis, Micrococcus Pflügeri und Bac. cyaneus keinen Unterschied gegenüber Kontrollkulturen aufwiesen. Lukaschewicz[4]) kam zu dem Ergebnis, daß eine in Betracht kommende Wirkung des Ozons auf Bac. subtilis, Kommabacillen, Milzbrand und auf die Mikroorganismen des faulenden Eiweißes nicht vorhanden ist. H. J. Oberdörffer[5]) fand, daß Luft, die durch einen Baboschen Ozonisator gegangen war, Kulturrasen verschiedener Bakterienarten selbst bei 4stündiger Einwirkung nicht beeinflußte, wogegen Bakterienaufschwemmungen in Wasser je nach der Versuchsanordnung in 10 Minuten bis 1 Stunde, Milzbrandsporen nach 5 Stunden abgetötet wurden. Er kam zu dem Schlusse, daß nur dünnste Schichten von Bakterien oder deren Aufschwemmungen von Ozon angegriffen werden. J. de Christmas[6]) hielt sporenfreie Bouillonkulturen von Bac. anthracis, Bac. typhi, Bac. diptheriae oder Sporen von Aspergillus niger 5 Tage in einer Atmosphäre mit 0,061 bis 0,1 Volumprozent Ozon. Die Organismen

---

[1]) Über die Verwendung des Ozons bei der Lüftung in hygienischer Beziehung. Referat, erstattet a. d. IX. Kongreß f. Heizung und Lüftung. Gesundheits-Ingenieur 1913, S. 565. Dem Referat ist ein erschöpfendes Literaturverzeichnis angefügt.

[2]) Verwendung des Ozons bei der Lüftung, Ergebnisse der Praxis. Gesundheits-Ingenieur 1913, S. 605.

[3]) Desinfectionsforsög med Ozon. Ugeskrift for Läger 1887 Nr. 11—12. Nach Zentralbl. f. Bakteriologie 1887 (II), S. 202.

[4]) Über die desinfizierende Wirkung des Ozons. Inaug.-Diss. Petersburg 1888. Nach Malys Jahresber. über d. Fortschritte der Tierchemie f. d. Jahr 1888, Bd. 18, S. 338.

[5]) Über Einwirkung des Ozons auf Bakterien. Inaug.-Diss. Bonn 1889.

[6]) Sur la valeur antiseptique de l'ozone. Ann. de l'Institut Pasteur Bd. 7 (1893), S. 776.

wurden mit Ausnahme von Aspergillus stets abgetötet. Bei einem Gehalt von 1,5 bis 2 mg/l Ozon wurde Milzbrand in 24 Stunden nicht geschädigt, in 48 Stunden geschädigt und in 96 Stunden getötet. Bei 0,5 mg Ozon im Liter wuchsen Bakterienkulturen ganz normal und Fleisch, Früchte und ähnliches faulten wie unter gewöhnlichen Verhältnissen. De Christmas schließt, daß die desinfizierende Kraft des Ozons gleich Null wird, wenn die Konzentration unter 0,05 Volumprozente (1 mg/l) sinkt. A. Ransome und R. Foulerton[1]) ließen Ozon auf 24 Stunden alte Kulturen verschiedener Bakterienarten während 4 Stunden einwirken. In keinem Falle war eine Beeinflussung der Bakterien sicher festzustellen. Die Verfasser führten dieses Ergebnis zunächst darauf zurück, daß nur die Substanz des Nährbodens vom Ozon angegriffen worden sei. Um vom Nährboden unabhängig zu sein, brachten sie 12 verschiedene Bakterienarten, darunter Bact. coli comm., von Vorratskulturen auf Gips- und Porzellanstücke, die darauf 30 Minuten einer Ozonkonzentration von etwa 2,4 Volumprozenten ausgesetzt wurden. Auch hierbei war in keinem Falle das Wachstum beschränkt oder die Farbstoffbildung verhindert worden. W. Siegmund[2]) untersuchte die Wirkung von durch Überleiten über feuchtes Natriumhydrokarbonat gereinigtem Ozon auf Bac. mycoides, Knöllchenbakterien, Penicill. glaucum und einige andere Pilze. Die Organismen wurden auf geeignete Nährböden geimpft und in Petrischalen unter Glasglocken einem Ozonstrom von 0,6 mg/l ausgesetzt. Bei täglich 20stündiger Einwirkung wurde Bac. mycoides in 4 Tagen abgetötet, wogegen Penicillium eine Verzögerung, aber auch eine Verminderung des Wachstums erfuhr. Bei Versuchen, bei denen feuchte Bakterien an Büscheln von Glasfäden der Ozonwirkung während 1 Stunde ausgesetzt waren, trat bei Knöllchenbakterien und Bac. mycoides eine Verzögerung des Wachstums ein. Konrich[3]) bestätigte zunächst die wiederholt beobachtete große Widerstandsfähigkeit trockner Bakterien gegen Ozon. Bei 8 verschiedenen, an Papier, Glas- oder Holzstäben angetrockneten Bakterienarten, darunter Bact. coli, die einem Ozonluftstrom von 30 mg/cbm ausgesetzt wurden, war nach 8 Stunden und bei 6 mg/cbm nach 52 Stunden irgend welcher Einfluß nicht zu bemerken. Wesentlich besser stellten sich die Ergebnisse, wenn die mit Bouillonkulturen getränkten Fließpapierstreifen noch feucht dem Ozon ausgesetzt wurden. Bei einer Ozonkonzentration von 93,7 mg/cbm und andauernder Befeuchtung der Luft durch Dampf wurden von 18 verschiedenen Kulturen 16 im Verlaufe von 1 bis 4 Stunden abgetötet. Eine Staphylokokkenart und Sporen von Bac. subtilis waren auch nach dieser Zeit noch lebensfähig. Bact. coli wurde nach 2 bis 3 Stunden getötet. Galli-Valerio[4]) stellte einige Versuche mit einem elektrischen Zimmerventilator in einem 30 cbm großen Raum an. Weder bei Agarkulturen von Luftbakterien noch bei Emulsionen solcher Kulturen war ein

---

[1]) Über den Einfluß des Ozons auf die Lebenskraft einiger pathogener und anderer Bakterien. Zentralbl. f. Bakteriologie Bd. 29 (1901), Abt. I, S. 900.

[2]) Die physiologischen Wirkungen des Ozons. Zentralbl. f. Bakteriologie Abt. II, Bd. 14 (1905), S. 500.

[3]) Zur Verwendung des Ozons in der Lüftung. Zeitschr. f. Hygiene u. Infekt.-Krankh. Bd. 37 (1913), S. 443.

[4]) Zur Verwendung des Ozons für Luftdesinfektion. Zentralbl. f. Bakteriologie Abt. I, Bd. 75 (1914), S. 93.

Einfluß des Ozons bemerkbar. Milton W. Franklin[1]) kam zu auffällig günstigen Resultaten. Bei einer zwischen 1 und 10 mg/cbm schwankenden Ozonkonzentration waren z. B. an Glasstäben angetrocknete Keime von Bac. typhosus, Bact. coli und Staphylococc. pyogenes aureus schon nach 2stündiger Einwirkung so weit abgeschwächt, daß in einer bei 37° gehaltenen Bouillonkultur erst nach 48 Stunden ein Wachstum sichtbar wurde. Im feuchten Zustande wurden dagegen bei gleicher Einwirkung Bact. coli und Bac. typhosus abgetötet oder doch so geschwächt, daß sie sich erst nach 4 Tagen im Brutschrank entwickelten. Allerdings bemerkt Franklin, daß die Bedingungen, unter welchen diese Versuche ausgeführt wurden, eine strenge wissenschaftliche Kontrolle nicht zuließen.

Das Gesamtergebnis der wissenschaftlichen Untersuchungen über die Einwirkung des Ozons auf Bakterien, die einem künstlichen Nährboden anhaften, läßt das Ozon als ein nur schwaches Desinfektionsmittel erscheinen, obwohl es unter gewissen Bedingungen (Aufschwemmung von Bakterien in reinem Wasser) stark baktericide Eigenschaften entfalten kann. Demgegenüber sind mit der Ozonisierung in der Konservierungstechnik, im besonderen in den Kühlräumen der Schlachthöfe recht günstige Erfahrungen gemacht worden. Es scheint, wie auch schon von anderer Seite hervorgehoben worden ist, daß sich die Bedingungen jener Versuche nicht mit den Verhältnissen in der Praxis deckten. Zwar sind nach R. Edelmann[2]) die Ansichten über den Wert der Ozonisierung noch geteilt; immerhin geht aus zahlreichen, z. T. nicht veröffentlichten Berichten insbesondere von Schlachthausverwaltungen hervor, daß das Verderben des Fleisches durch die Beigabe von Ozon zur Kühlluft ganz erheblich hinausgeschoben werden kann. Besonders eingehend berichtet Klepp[3]) über die auf dem Schlachthof zu Potsdam gemachten Erfahrungen, wonach das Verderben des Fleisches in der Hauptsache durch die Tätigkeit der Bakterien bedingt ist, die namentlich beim Schlachten, Abhäuten und Aufbrechen der Tiere, aber auch auf dem Transport und sogar noch im Kühlhause das Fleisch befallen. Die Haltbarkeit des Fleisches wird durch die Ozonisierung bedeutend erhöht; doch ist es nicht möglich, die Ozonkonzentration so weit zu steigern, daß das Wachstum der auf den Schnittflächen mit dem Messer eingeimpften Bakterien und Schimmelpilze, namentlich bei längerer Aufbewahrung als 3 Wochen, völlig ausgeschlossen wäre. Die Hoffnung, nach Einführung der Ozonisierung die Temperatur der Kühlhausluft auf 4 bis 5° halten zu können, hat sich nicht erfüllt. Wohl aber kann unbeschadet der Haltbarkeit des Fleisches bei genügend tiefer Temperatur nach dem Ozonisieren der Betrieb mehrere Stunden ausgesetzt werden, auch wenn dadurch die relative Feuchtigkeit auf weit über 80 Prozent ansteigt. Klepp hat noch durch einige bakteriologische Versuche den Einfluß der Ozonisierung auf die Kühlhausluft geprüft.

---

[1]) Über den Wert des Ozons in der Lüftung. Referat a. d. 4. Internat. Kongreß für Schulhygiene. Nach Gesundheits-Ingenieur 1914, S. 155.

[2]) Lehrbuch der Fleischhygiene 4. Aufl. 1914, S. 107.

[3]) Die Ozonisierung der Kühlhausluft. Vortrag auf der 10. Versammlung des Vereins preußischer Schlachthoftierärzte zu Dresden. Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung Jahrg. 11 (1911), S. 473.

Er fand nach längerem, täglich 5stündigem Ozonisieren eine fast vollständige Vernichtung der Luftkeime. Allerdings stehen hier nur vereinzelte, zu weit auseinander liegenden Zeiten gemachte Versuche zum Vergleich. Der Einfluß des Ozons auf den Keimgehalt der Kühlhausluft soll hier nicht weiter erörtert werden. Vielmehr handelte es sich bei den nachfolgend beschriebenen Versuchen zunächst um die experimentelle Nachprüfung, inwieweit das Ozon imstande ist, Keime, die sich bereits auf einem festen Nährboden abgesetzt haben, abzutöten oder in der Entwicklung zu hemmen. Als Versuchsobjekt wurde das Bacterium coli commune gewählt.

## III. Einwirkung von Ozon auf Bacterium coli commune.

### a) Versuchsbedingungen.

Bei den bakteriologischen Versuchen, soweit diese die Behandlung von Petrischalen mit stark ozonisierter Luft betrafen, wurde die in Fig. 2 dargestellte Anordnung angewandt.

Der Weg der ozonisierten Luft ist ohne weiteres zu erkennen. Wenn von Stickstoffoxydationsprodukten befreite, ozonisierte Luft[1]) verwendet werden sollte, so wurde das Rohr B durch die Waschflaschen C ersetzt, deren erste eine 0,5prozentige Lösung von krystallisiertem Natriumkarbonat, deren zweite mit derselben Lösung angefeuchtetes Porzellanschrot enthielt.

Das Manometer D war mit Benzin gefüllt und bei a und b mit Wattestopfen verschlossen[2]). Die Vorrichtung G diente zur Exposition der geimpften Petrischalen, wenn diese mit konzentriertem Ozon behandelt wurden; sie bestand aus einem Trichter, der zur besseren Verteilung der Ozonluft eine Porzellanscheibe enthielt. Auf dem Trichter saß ein kassettenartiger Aufsatz aus Nickel[3]), mit einem Ausschnitt von etwas kleinerem Durchmesser als der einer Petrischale. Der Verschluß gegen die mit der Gelatineschicht nach unten gekehrte Petrischale H wurde durch einen gläsernen Schieber J bewirkt, der während der Einwirkungszeit geöffnet war. Die Lage der Petrischale war durch drei kurze Metallstifte gesichert. Während der Einwirkung des Ozons wurde die Schale langsam gedreht. Da die Ozonkonzentration von der Luftgeschwindigkeit in der Ozonröhre abhängig ist, mußte die Geschwindigkeit zunächst eingestellt werden. Hierzu wurde nach Inbetriebsetzen des Ozonapparats auf die Quecksilberverbindung F ein Rotamesser[4]) gesetzt und bei ganz geöffnetem Hahn E durch allmähliches Schließen des Hahnes A die gewünschte Luftgeschwindigkeit eingestellt. Dann wurde der Stand des Manometers D abgelesen. Nunmehr wurde der Rotamesser durch den Trichter G ersetzt und der Hahn E soweit geschlossen, daß der vorher beobachtete Manometerstand wieder hergestellt war.

---

[1]) Im folgenden kurz als gereinigtes Ozon bezeichnet.

[2]) Beim Einsetzen der Absorptionsflaschen für die Ozonkontrollbestimmungen (s. d.) muß zur Dämpfung der Stopfen bei b ziemlich fest eingesetzt werden.

[3]) Es ist dies die nämliche Vorrichtung, die zur Herstellung der Oberflächenkulturen nach Spitta und Müller (vergl. weiter unten) Verwendung findet.

[4]) Neuer Gasmesser (Rotamesser). Chemiker-Zeitung Jahrg. 34 (1910), S. 725. Vergl. hierzu Fig. 3 a.

Zur Ausführung von Kontrollbestimmungen der Ozonkonzentration wurde auf die Quecksilberverbindung F ein Absorptionsflaschenpaar gesetzt und durch eine weitere Quecksilberverbindung L mit dem Rotamesser verbunden. Fig. 3 zeigt diese Anordnung. Zunächst wurde bei einem blinden Versuch die Luftgeschwindigkeit wieder durch den Hahn A eingestellt und das Manometer abgelesen. Dann wurden die Flaschen entfernt und das darin enthaltene Wasser durch Jodkaliumlösung[1]) ersetzt; hierauf

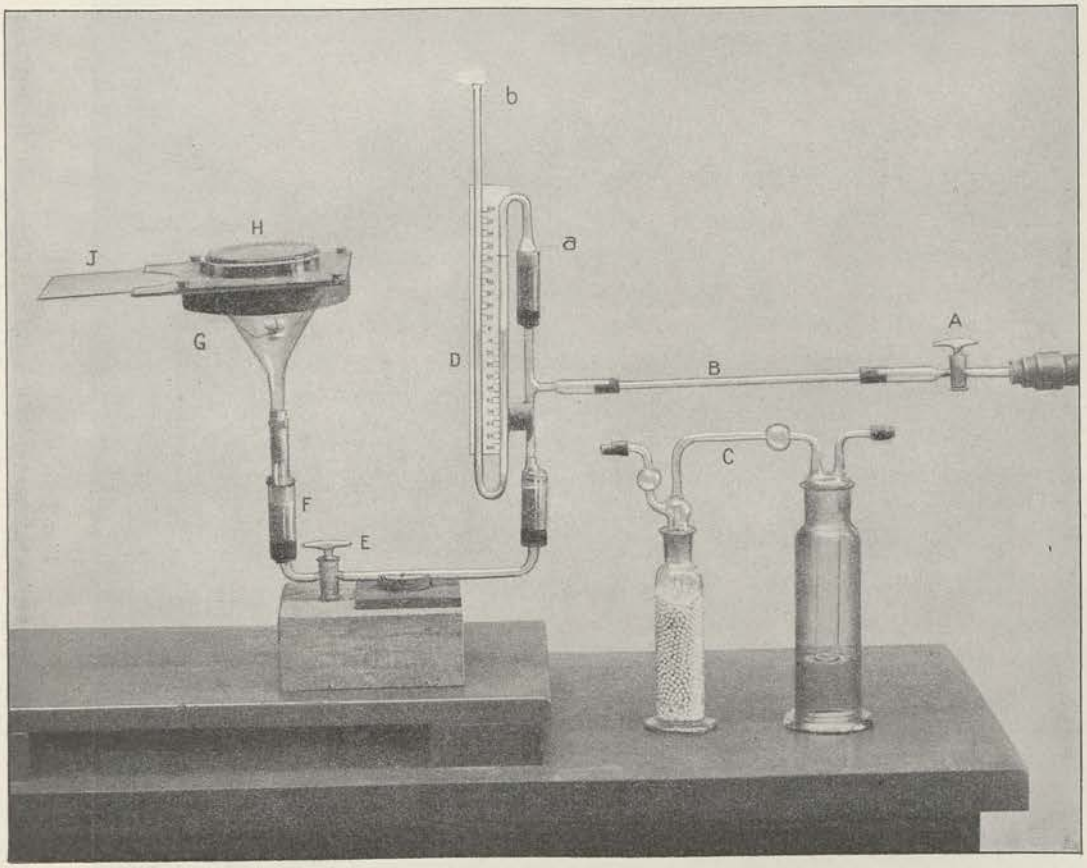



Fig. 2.
Versuchsanordnung für die Behandlung von Petrischalen mit stark ozonisierter Luft.

wurden sie unter gleichzeitiger Ablesung einer Sekundenuhr wieder eingesetzt und sofort der Hahn E, der nach dem Entfernen der Flaschen entsprechend gedrosselt worden war, wieder ganz geöffnet. Die etwa notwendige Korrektur der Einstellung wurde sogleich durch den Hahn A bewirkt. Am Schlusse der Einleitungszeit, meistens 3 Minuten, wurden die Flaschen aus den Verbindungsstücken herausgehoben.

[1]) Die Ozonbestimmungen erfolgten durchgehends jodometrisch und zwar unter Benutzung von alkalischer Jodkaliumlösung (vergl. G. Lechner, Zeitschr. f. Elektrochemie 17 (1911), S. 412 und E. Czakow, Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1912, S. 769). Die erste Absorptionsflasche enthielt 90, die zweite 25 ccm einer Lösung von 10 g Jodkalium und 4 g Kaliumhydroxyd im Liter. Bei den Kontrollbestimmungen wurden meistens 7,5 Liter Luft durchgeleitet. Zur Titration diente $n/_{10}$ Natriumthiosulfatlösung.

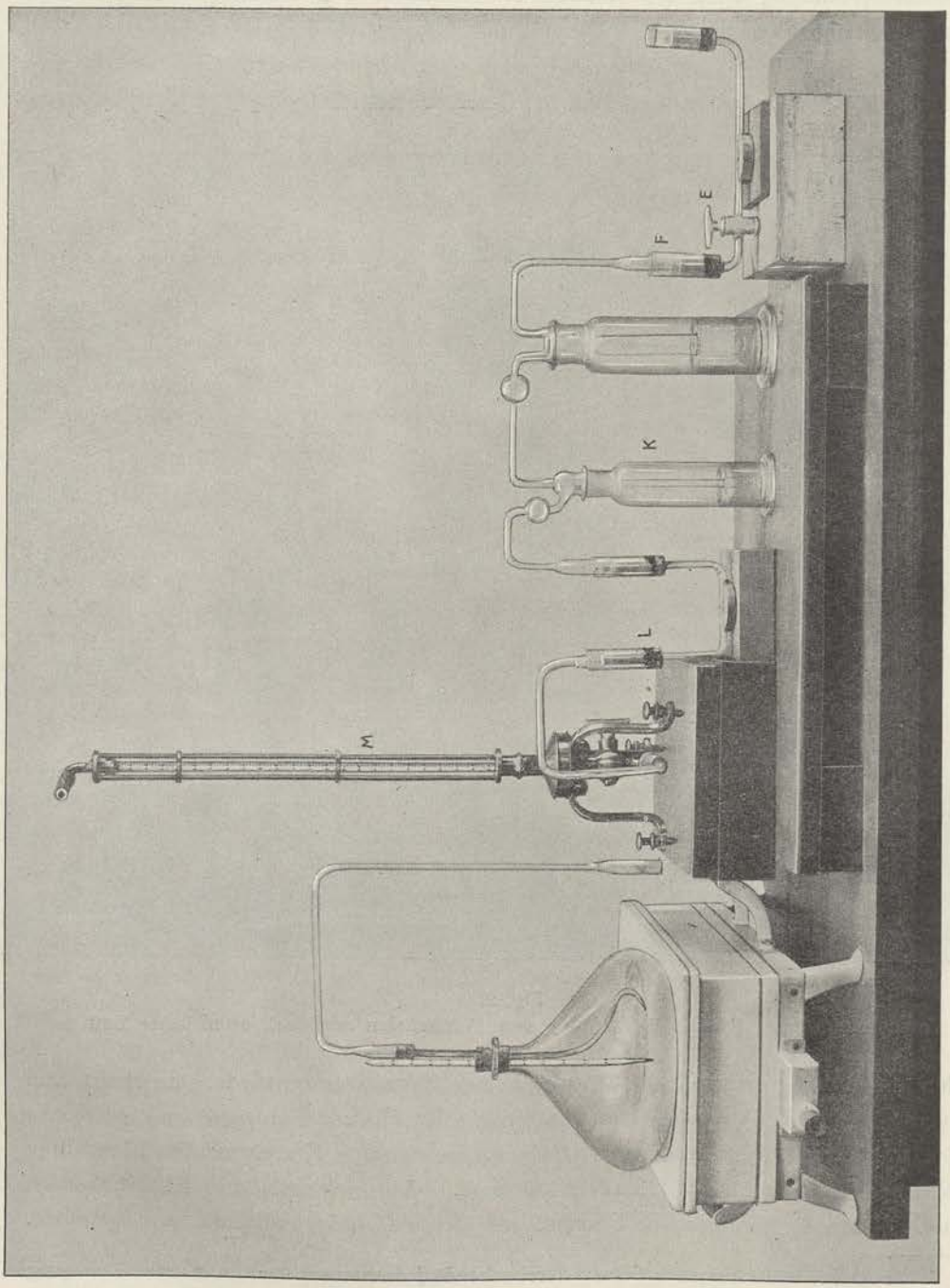



Fig. 3.
Versuchsanordnung zur Ausführung von Ozonkontrollbestimmungen. Links ein Kolben zur Ozonisierung verflüssigter Nährgelatine auf einem elektrischen Luftbade.

Bei manchen Versuchen, so insbesondere bei den im ersten Abschnitt beschriebenen Bestimmungen des Ozons und der Salpetersäure wurde eine etwas andere Anordnung benutzt, bei der die Absorptionsflaschen möglichst nahe an den Auslaßstutzen des Ozonisators angesetzt waren; ein kurzes Glasrohr mit seitlicher Abzweigung und einem Dreiweghahn bildete die Verbindung. Durch letzteren konnte, wie die nebenstehende Skizze zeigt, der Luftstrom auf die Absorptionsflaschen oder auf eine Nebenleitung geschaltet werden. Beide Wege vereinigten sich vor dem Rotamesser. Die Luftmenge in der Nebenleitung wurde durch einen Glashahn gleich der durch die Absorptionsflaschen gehenden eingestellt, damit durch das Umschalten des Dreiweghahnes keine Änderung der Luftgeschwindigkeit im Ozonisator eintrat.

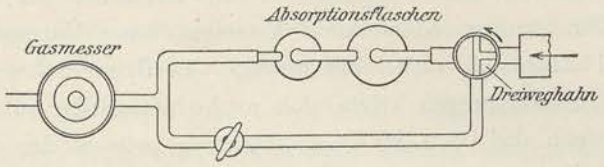


Fig. 3a.

Bei den Versuchen mit geringer Ozonkonzentration wurde die ozonisierte Luft von der Quecksilberverbindung F durch ein Glasrohr in das Austrittsrohr einer von dem Ozonisierungsapparat unabhängigen Ventilatoranlage mit regulierbarer Luftförderung und von dort in den Versuchsraum gegen die auf einem senkrechten Brett angebrachten Kulturen geleitet.

Als Nährboden für die Bakterien diente alkalische Fleischwasserpeptongelatine mit 1 Prozent Pepton, 0,5 Prozent Natriumchlorid und 15 Prozent Gelatine. Der gegen Lackmus neutralen, fertigen Nährgelatine waren 0,15 Prozent krystallisiertes Natriumkarbonat zugesetzt worden.

Die Impfung des Nährbodens mit Bakterien wurde anfänglich in der üblichen Weise durch Mischen der verflüssigten Gelatine mit Bakterienaufschwemmung oder in Strichkultur bewirkt. Später wurde die Infektion den praktischen Verhältnissen dadurch näher gebracht, daß ausschließlich die Oberfläche des Nährbodens mit einzelnen Keimen geimpft wurde. Hierzu wurde steril in Petrischalen gegossene und wieder erstarrte Nährgelatine nach dem Verfahren von Spitta und Müller[1]) mit Aufschwemmungen von Bakterien in physiologischer Kochsalzlösung besprüht. Bei diesem Verfahren werden 100 ccm der Bakterienaufschwemmung in einen Porzellantrichter mit fest eingelassener poröser Filterplatte gegossen. Von unten her wird dann durch die Filterplatte komprimierte Luft gedrückt, wobei die aufsteigenden Gasbläschen beim Zerplatzen feine Flüssigkeitströpfchen in die Höhe schleudern, die die Gelatineschicht des über den Trichter gedeckten Unterteils einer Petrischale treffen. Als Auflage für die Petrischale diente ein Metallrahmen, wie er bei der Ozonisierung bereits beschrieben worden ist. Durch Öffnen und Schließen des Glasschiebers wurde die Zeitdauer der Besprühung — 10 bis 20 Sek. — nach der Sekundenuhr genau bemessen. Die Schalen müssen während der Besprühung gedreht werden. Wegen der Einzelheiten des Verfahrens sei auf die Originalarbeit verwiesen.

[1]) Beiträge zur Frage des Wachstums und der quantitativen Bestimmung von Bakterien an der Oberfläche von Nährböden. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 33 (1909), S. 149.

**b) Die Einwirkung von Ozon auf Keime von Bact. coli 1—2½ Stunden nach der Impfung auf Nährgelatine.**

Zu den anfänglichen Ozonisierungsversuchen war der Nährboden, wie schon erwähnt, durch Zumischen von Bakterien zu der verflüssigten Gelatine, durch Strichkultur oder durch Verteilen einer Vorratskultur auf der Oberfläche mittels Platinspatels vorbereitet worden. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen zeigte sich auch hier wieder eine auffällig geringe Wirkung, selbst wenn das Ozon in Konzentrationen, wie es den Ozonisator verließ, zur Anwendung gebracht wurde. Die weiteren Beobachtungen lehrten jedoch, daß es von wesentlicher Bedeutung für den Erfolg der Ozonisierung ist, ob sich die Keime einzeln oder in Kolonien an der Oberfläche des Nährbodens befinden oder ob sie von Nährsubstrat oder wohl auch von Stoffwechselprodukten eingehüllt sind.

Tabelle 6 zeigt die Einwirkung von Luft mit hohem Ozongehalt auf eine Sprühkultur von Bact. coli nach Spitta und Müller auf Fleischwasserpeptongelatine 1 Stunde nach der Impfung.

Tabelle 6.

Einwirkung von Ozon auf Oberflächenkulturen von Bact. coli 1 Stunde nach der Impfung.

Impfung durch Besprühen[1]). Ozonkonzentration 1,9 mg/l.

| Dauer der Ozonisierung Min. | a) Ungereinigtes Ozon | | b) Gereinigtes Ozon[2]) | |
|---|---|---|---|---|
| | Anzahl der Kolonien, 48 Stdn. nach der Ozonisierung gezählt | Größe der Kolonien zur Zeit der Zählung | Anzahl der Kolonien, 48 Stdn. nach der Ozonisierung gezählt | Größe der Kolonien zur Zeit der Zählung |
| | | 1. Versuchsreihe. | | |
| 0 | 8700 | Infolge dichter Aussaat sehr klein | 8970 | Infolge dichter Aussaat sehr klein |
| 1 | 173 | Die Kolonien waren etwa halb so groß wie auf den mit gereinigtem Ozon behandelten Platten | 177 | 1—1,5 mm |
| 3 | 16 | | 9 | |
| 6 | 0 | — | 10 | |
| 0 | 8970 | Infolge dichter Aussaat sehr klein | 8170 | Infolge dichter Aussaat sehr klein |
| | | 2. Versuchsreihe. | | |
| 0 | 49, 57, 55 Im Mittel 54 | . | 70, 53, 55 Im Mittel 59 | . |
| 1 | 3, 3, 1, 3 Im Mittel 2,5 | . | 8, 8, 3, 2 Im Mittel 5,2 | . |
| 3 | 1, 1, 1, 2 Im Mittel 1,2 | . | 3, 1, 2, 0 Im Mittel 1,5 | . |
| 6 | 0, 1, 1, 2 Im Mittel 1,0 | . | 3, 3, 1, 0 Im Mittel 1,7 | . |

[1]) Soweit nichts anderes bemerkt ist, erfolgte die Impfung des Nährmaterials durch Besprühen.

[2]) Unter „gereinigtes Ozon“ ist im folgenden die durch Durchleiten durch Natriumkarbonatlösung von den Stickstoffoxyden befreite ozonisierte Luft verstanden.

Die Versuchsreihe 1 der Tabelle 6 läßt zunächst erkennen, daß die stark ozonisierte Luft sowohl in dem Zustande wie sie den Ozonisator verläßt, als auch nach dem Befreien von den Stickstoffoxyden von etwa 8800 Kolikeimen unter den gegebenen Versuchsbedingungen schon bei einer Einwirkungsdauer von 1 Minute 98 Prozent abgetötet hatte. Bei 3 und 6 Minuten langer Einwirkung war die Keimzahl noch erheblich weiter zurückgegangen; eine Schale war völlig keimfrei geworden.

In der Annahme, daß weniger dicht besäte Platten vielleicht völlig sterilisiert werden würden, war die zweite Versuchsreihe mit etwa 50—60 Keimen ausgeführt worden. Auch hier trat eine weitgehende Verminderung der Keime ein; völlig steril wurden jedoch von je 8 Schalen bei 3 Minuten langer Ozonisierung nur eine und bei 6 Minuten nur zwei Schalen.

Bemerkenswert war der Unterschied in der Größe der Kolonien. Die nach der Behandlung mit ungereinigtem Ozon übrig gebliebenen hatten nach 2 tägigem Wachsen bei Zimmertemperatur nur etwa den halben Durchmesser derjenigen, die bei der Einwirkung von gereinigtem Ozon zurückgeblieben waren. Dieser Unterschied machte sich auch bemerkbar, als bei späteren Versuchen (s. d.) Bact. coli auf Nährgelatine gebracht wurde, die vor der Impfung ozonisiert worden war.

Bei der gegenüber früheren Untersuchungen auffällig guten Wirkung des Ozons schien es möglich, daß insofern ein besonderer Umstand mitspricht, als die Bakterien bei der gewählten Impfmethode in feinen Wassertröpfchen schwimmend auf den Nährboden gelangen. Allerdings zeigte die Beobachtung, daß die Tröpfchen und selbst die nach dem Aufsaugen des Wassers eintretende Quellung der Gelatine bei geschlossenen Petrischalen schon nach $^1/_4$ Stunde vollständig verschwunden war; immerhin schien es nötig, einen Versuch in der Weise anzustellen, daß die Schalen vor der Ozonisierung 1 bis 2 Stunden offen stehen blieben, um die Feuchtigkeit der Gelatineoberfläche zu vermindern.

Tabelle 7.

Einwirkung von ungereinigtem Ozon auf Bact. coli, nachdem die geimpften Schalen 1 bis 2 Stunden offen gestanden hatten.

Nährgelatine an der Oberfläche geimpft. Ozonkonzentration 2,1 mg/l.

| Die Schalen hatten vor der Ozonisierung offen gestanden Stunden | Zeit der Ozonisierung nach der Impfung Stunden | Dauer der Ozonisierung Minuten | Anzahl der der Keime. Nach 3 Tagen gezählt | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|
| 1 | — | 0 | 2078 | Die Kolonien auf den ozonisierten Schalen hatten etwa den halben Durchmesser der auf den nicht ozonisierten Kontrollschalen gewachsenen. |
| 1 | $1^1/_2$ | 1 | 18 | |
| 1 | $1^1/_2$ | 1 | 20 | |
| 2 | $2^1/_2$ | 1 | 4 | |
| 2 | $2^1/_2$ | 1 | 19 | |
| 1 | — | 0 | 2115 | |

Die vorstehenden Zahlen zeigen, daß die durch 1- bis 2stündiges Offenstehen der Schalen bewirkte Feuchtigkeitsänderung der Gelatineoberfläche keinen Einfluß auf die Ozonwirkung ausübte; wieder war eine weitgehende, im prozentualen Verhältnis noch etwas günstigere Verminderung der Keime eingetreten. Die wenigen, nach der Ozonisierung ausgewachsenen Kolonien waren noch wesentlich kleiner als diejenigen auf den nicht ozonisierten, hundertfach dichter besäten Schalen.

Den Ergebnissen der Ozoneinwirkung auf die an der Oberfläche des Nährbodens verteilten Keime möge noch eine Versuchsreihe folgen, bei der die Gelatine in der ganzen Masse geimpft worden war und die Ozonisierung ebenfalls bald nach der Impfung erfolgte. Da anzunehmen war, daß die Gelatine den darin eingebetteten Bakterien einen guten Schutz gegen die Einwirkung des Ozons geben würde, ist die lange Einwirkungsdauer von 15 Minuten gewählt worden.

Tabelle 8.

Einwirkung von nicht gereinigtem Ozon auf Bact. coli 1 Stunde nach der Impfung. Die Nährgelatine war in der ganzen Masse geimpft.

Höhe der Gelatineschicht 1,27 mm. Ozonkonzentration 2,2 mg/l.

| Dauer der Ozonisierung Minuten | Anzahl der Kolonien nach 4 Tagen gezählt | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 264 | 266 | 251. | Im Mittel: 260 |
| 15 | 204 | 177 | 196. | „ „ : 192 |

Auf den ozonisierten Schalen waren keine Oberflächenkolonien zur Entwicklung gelangt. Die im Innern des Nährbodens gewachsenen Kolonien unterschieden sich in der Größe nicht von den Tiefenkolonien der nicht ozonisierten Schalen. Aus den Mittelzahlen der beiden Versuchsreihen ergibt sich, daß 26 Prozent der Keime durch diese sehr starke Ozonisierung vernichtet worden waren. Die Dicke der in den Petrischalen befindlichen Gelatineschicht berechnete sich zu 1,27 mm. Unter der Voraussetzung gleichmäßiger Verteilung der Keime sind diese in 26 Prozent der gesamten Gelatine abgetötet worden, d. h. das Ozon ist in 15 Minuten nur 0,33 mm in einer für Bact. coli tödlichen Konzentration in die Gelatine eingedrungen.

Im Anschluß an die Versuche mit hoher Ozonkonzentration und kurzer Einwirkungsdauer wurde ein Versuch mit niedriger Konzentration und langer Einwirkungszeit ausgeführt. Die Versuchsanordnung war folgende: Die ozonisierte Luft wurde in einer Menge von 150 l/Stde. in den unteren Teil eines knieförmig gebogenen Ventilatorrohres geleitet. Der Ventilator förderte stündlich 37 cbm filtrierte Außenluft von 19°. Dem in horizontaler Richtung austretenden Luftstrom war eine kleine Holztafel in 1 Meter Entfernung von der Austrittsöffnung entgegengestellt, auf der zwei Reihen von je drei Petrischen Schalen eng nebeneinander befestigt werden konnten. Die Luftgeschwindigkeit vor dem Brett war mit etwa 4 m/Min. dieselbe wie an dem oberen Rande des bei den vorigen Versuchen benutzten Trichters. Aus der mit 150 l/Stde. zugeführten Ozonmenge und der an der Mündung des Ventilatorrohres gemessenen Geschwindigkeit berechnete sich die Ozonkonzentration der austretenden

Luft zu 8,4 mg im Kubikmeter. Wenn das Produkt aus Konzentration und Einwirkungszeit dasselbe sein sollte wie bei der mittleren Konzentration von 2,06 mg/l und 1 Minute, so hätte die Versuchsdauer 4 Stdn. 5 Min. betragen müssen. Bei dem folgenden Versuch wurde die Ozonisierungsdauer jedoch auf 1 Stunde beschränkt, um den Wassergehalt der Gelatine möglichst wenig zu verändern[1]). Zuerst wurden drei Schalen unmittelbar nach der Impfung 1 Stunde mit reiner Luft und hierauf drei Schalen mit der ozonhaltigen Luft unter sonst gleichen Bedingungen behandelt.

Tabelle 9.

Einwirkung von ungereinigtem Ozon auf Bact. coli 1 Stunde nach der Impfung.

Nährgelatine nur an der Oberfläche geimpft. Ozonkonzentration 8,4 mg im Kubikmeter. Dauer der Ozonisierung 1 Stunde. Luftgeschwindigkeit an den Petrischalen etwa 4 m/Min. Relative Feuchtigkeit der Zimmerluft 53 Prozent. Temperatur 19°.

| | Keimzahlen | Größe der Kolonien nach 2 Tagen |
|---|---|---|
| Kontrollschalen 1 Stunde mit nicht ozonisierter Luft behandelt | 337<br>303<br>307 } Im Mittel 326 | meist 1,5 bis 1,75 mm |
| Ozonisierte Schalen | 5<br>1<br>14 } Im Mittel 10 | meist 1 bis 1,5 mm |

Dieser Versuch läßt erkennen, daß auch bei niedriger Konzentration und verhältnismäßig längerer Einwirkungszeit eine weitgehende Vernichtung der Kolikeime erfolgt. Zum Vergleich mit den Ergebnissen bei hoher Konzentration und kurzer Einwirkungszeit eignet sich besonders Tabelle 7, weil dort die Schalen ebenso wie bei diesem Versuch längere Zeit offen gestanden hatten. Auf 100 Keime vom Mittelwert der Kontrollschalen blieben dort (bei 2100 mg/cbm und 1 Minute) 0,2 bis 1 Keim, bei dem vorstehenden Versuch (bei 8,4 mg/cbm und 1 Stunde) 0,3 bis 4,3 Keime zurück.

Die Zahlenwerte beider Versuche stimmen also unter Berücksichtigung des Verhältnisses der Einwirkungszeiten der Größenordnung nach überein.

Die bisher gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß ungereinigtes und gereinigtes Ozon bei hoher Konzentration (etwa 2 mg/l) und 1 Minute Einwirkungszeit und bei verhältnismäßig niedriger Konzentration (etwa 8 mg/cbm) und 1 Stunde Einwirkungszeit über 95% der Kolikeime abtötete, wenn diese an der Oberfläche des festen Nährbodens verteilt waren und die Ozonisierung bald nach der Impfung stattfand.

Über die Generationsdauer von Bact. coli sei noch bemerkt, daß diese bei 22° nach Barber[2]) 77 Minuten beträgt.

[1]) Nach Beendigung der Ozon- bezw. Luftbehandlung wurde in den Deckel jeder Schale eine mit sterilem Wasser stark angefeuchtete Scheibe Filtrierpapier gelegt. Die Schalen wurden mit dem Deckel nach unten, bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

[2]) The rate of multiplication of Bacillus coli at different temperature. Journ. of infect. diseases Vol. 5 (1908), S. 379; Zentralbl. f. Bakteriologie, Abt. I Referate, Bd. 43 (1909), S. 175.

### c) Die Einwirkung von Ozon auf 20 Stunden alte Kolonien von Bact. coli.

Die abtötende Wirkung des Ozons auf Kolibakterien, die einzeln an der Oberfläche des Nährsubstrats lagen, trat unter den verschiedenen Versuchsbedingungen in hohem Grade in Erscheinung. Nach den bei der Wasserreinigung durch Ozon gemachten Erfahrungen wird die baktericide Wirkung des Ozons durch die gleichzeitige Anwesenheit lebloser organischer Substanz erheblich beeinträchtigt. Unter den hier vorliegenden Bedingungen war die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, daß die bei der Weiterentwicklung der Bakterien entstehenden Stoffwechselprodukte oder auch überlagernde Bakterienschichten einen wirksamen Schutz für die darunter liegenden Organismen bieten könnten. Auch bei den in der Literatur bekannt gewordenen experimentellen Untersuchungen über das Verhalten von Mikroorganismen auf festen Substraten gegen Ozon wurde meistens mit Bakterienmassen gearbeitet, wie sie erst bei ausgiebiger Entwicklung entstehen. Dabei wurde durchgängig keine oder nur eine geringe Desinfektionswirkung erreicht, worauf schon S. 218 hingewiesen worden ist.

Wenn man von gelegentlichen, gröberen Infektionen absieht, so erhebt sich die Frage, wie sich die in größerer oder geringerer Anzahl auf einen festen Nährboden, z. B. auf das Fleisch der geschlachteten Tiere, gelangten einzelnen Keime nach kürzerer Weiterentwicklung gegen Ozon verhalten. Bact. coli bildete nach 20 stündigem Wachsen bei Zimmertemperatur auf Fleischwasserpeptongelatine Kolonien, deren Durchmesser nur etwa 0,1 mm betrug. Diese winzigen Kolonien verhielten sich in der Tat völlig anders als die schon 1 Stunde nach dem Aufbringen auf die Nährgelatine behandelten Keime. Zu den folgenden Versuchen blieben die durch Besprühen mit Bact. coli an der Oberfläche geimpften Gelatineschalen zunächst 20 Stunden bei Zimmertemperatur stehen. Nunmehr wurden die Kulturen teils mit ungereinigtem, teils mit gereinigtem Ozon behandelt. Die Schalen waren in der angegebenen Reihenfolge mit der Koliaufschwemmung besprüht worden.

Die 2 Versuchsreihen der Tabelle 10 (S. 223) zeigen, daß die Ozoneinwirkung von 1 Minute, die, wenn sie eine Stunde nach der Impfung erfolgte, die einzelnen Keime fast vollständig vernichtete (vergl. Tab. 6), die Entwicklung der 20 Stunden alten, kleinen Kolonien nicht störte, und selbst die Verlängerung der Einwirkungsdauer auf das 6fache führte keine merkliche Verminderung der Anzahl der weiter wachsenden Kolonien herbei. Dabei ist noch beachtenswert, daß die sich weiter entwickelnden Kolonien keine oder nur eine geringe Hemmung im Wachstum erkennen ließen, während die aus ozonbehandelten Keimen entstandenen Kolonien gegenüber den Kontrollen ganz erheblich in der Größe zurück geblieben waren, wenn ungereinigtes Ozon benutzt worden war.

Der Erfolg der Ozonisierung ist demnach auch bei der Infektion mit einzelnen Keimen im wesentlichen davon abhängig, ob sich diese bei der Ozonbehandlung schon zu Kolonien entwickelt haben oder nicht, d. h. welche Zeit zwischen der Infektion und der Ozonisierung verstrichen ist. 20 Stunden alte Kolikolonien von etwa 0,1 mm Durchmesser waren gegen eine 6 Minuten lange Behandlung mit ozonisierter Luft von 2 mg/l widerstandsfähig.

Tabelle 10.

Einwirkung von Ozon auf 20 Stunden alte Kolonien von Bact. coli.

Nährgelatine an der Oberfläche geimpft. Ozonisierung 20 Stunden nach der Impfung. Ozonkonzentration 2,0 mg/l. Durchmesser der Kolonien zur Zeit der Ozonisierung durchschnittlich 0,1 mm.

| Reihenfolge der Ozonisierung | Dauer der Ozoneinwirkung Min. | a) Ungereinigtes Ozon | | b) Gereinigtes Ozon | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Anzahl d. Kolonien, 48 Stdn. nach der Ozonisierung gezählt | Größe der Kolonien zur Zeit der Zählung mm | Anzahl d. Kolonien, 48 Stdn. nach der Ozonisierung gezählt | Größe der Kolonien zur Zeit der Zählung mm |
| | | 1. Versuchsreihe. | | | |
| 1 | 0 | 1490 | etwa 1,5 | 1240 | etwa 1,5 |
| 2 | 1 | 1500 | Etwas kleiner als auf den nicht ozonisierten Schalen | 1290 | Sehr wenig kleiner als auf den nicht ozonisierten Schalen. |
| 3 | 3 | 1350 | | 1370 | |
| 4 | 6 | 1330 | | 1380 | |
| 5 | 0 | 1240 | etwa 1,5 | 1510 | etwa 1,5 |
| | | 2. Versuchsreihe. | | | |
| | | 24 Stunden nach der Ozonisierung gezählt | | 24 Stunden nach der Ozonisierung gezählt | |
| 1 | 0 | 909 | 0,6—0,8 | 926 | 0,6—0,8 |
| 2 | 1 | 921 | durchschnittlich ein wenig kleiner als auf den nicht ozonisierten Schalen etwa 0,5—0,7 | 965 | von den nicht ozonisierten Kolonien nicht merklich verschieden |
| 3 | 3 | 896 | | 936 | |
| 4 | 6 | 901 | | 845 | |
| 5 | 0 | 907 | 0,6—0,8 | 881 | 0,6—0,8 |

**d) Ozonisierung von Bact. coli-Kulturen an mehreren aufeinander folgenden Tagen.**

Im Anschluß an die mit 20 Stunden alten Kolikolonien gemachten Erfahrungen sollte noch festgestellt werden, ob etwa eine wiederholte Ozonbehandlung auf die Entwicklung der Kolikolonien von Einfluß sein würde.

Tabelle 11.

Wiederholte Einwirkung von Ozon auf Oberflächenkolonien von Bact. coli.

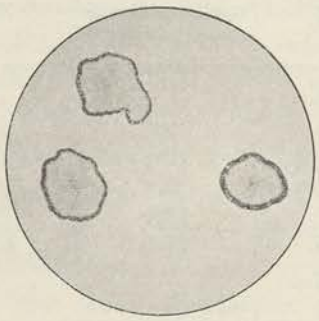
Durchmesser der 20 Stunden alten Kolonien etwa 0,08 mm. Ozonkonzentration 2,2 mg/l.

| Ozonisierungszeiten nach der Impfung Stdn. | Dauer der Ozonisierung Min. | a) Ungereinigtes Ozon | | b) Gereinigtes Ozon | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Anzahl der Kolonien, 4 Tage nach der ersten Ozonisierung | Mittlerer Durchmesser der Kolonien mm | Anzahl der Kolonien, 4 Tage nach der ersten Ozonisierung | Mittlerer Durchmesser der Kolonien mm |
| 0 | 0 | 297 | 2,5 | 284 | 2,5 |
| 20 | 1 | 282 | Etwas kleiner als auf den nicht ozonisierten Schalen | 270 | Von fast gleicher Größe wie auf den nicht ozonisierten Schalen |
| 20, 48 | 1 | 237 | | 334 | |
| 20, 48, 72 | 1 | 244 | | 298 | |
| 20 | 6 | 252 | | 285 | |
| 20, 48 | 6 | 212 | | 250 | |
| 20, 48, 72 | 6 | 227*) | | 288*) | |
| — | 0 | 286 | 2,5 | 289*) | 2,5 |

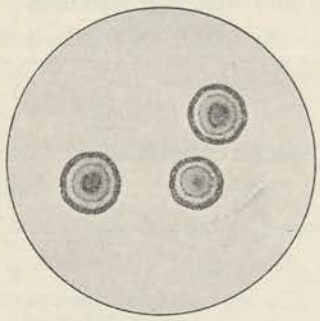
*) Von den mit Sternchen versehenen Schalen sind einige Kolonien auf Fig. 4 wiedergegeben.

Tabelle 11 enthält die Ergebnisse einer mehrfachen Ozonisierung. Die Kulturen wurden teils einmal, teils in Abständen von je 24 Stunden zwei oder dreimal ozonisiert. Die Ozonisierungsdauer betrug 1 und 6 Minuten, Versuchsreihe a) wurde mit nicht gereinigtem, Versuchsreihe b) mit gereinigtem Ozon ausgeführt.

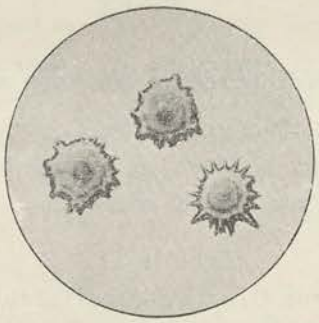
Es zeigte sich zunächst, daß auch die mehrfache Ozonisierung der 20 Stunden alten Kulturen keine oder nur eine geringe Verminderung der



a) Nicht ozonisierte Kolonien.



b) An 3 auf die Impfung folgenden Tagen je 6 Minuten mit ungereinigtem Ozon behandelt.



c) An 3 auf die Impfung folgenden Tagen je 6 Minuten mit gereinigtem Ozon behandelt.

Fig. 4.
Nicht ozonisierte und wiederholt ozonisierte Kolonien von Bact. coli commune. 4 Tage nach der Impfung in etwa 4facher Vergrößerung photographiert.

Keimzahl herbeigeführt hatte. Die Größe der Kolonien wurde dabei nur ebenso wenig beeinflußt, wie bei einmaliger Ozonisierung. Indessen machte sich eine auffällige morphologische Verschiedenheit der mehrmals ozonisierten Kolonien untereinander, je nachdem ungereinigtes oder gereinigtes Ozon verwendet worden war, und gegenüber den nicht ozonisierten Kolonien bemerkbar. Fig. 4 veranschaulicht einige charakteristische Kolonien, und zwar sind neben einer nicht ozonisierten Kultur solche gewählt worden, die an drei aufeinander folgenden Tagen je 6 Minuten ozonisiert worden waren.

Die nicht ozonisierten Kolikolonien (Fig. 4a) haben glatte Flächen; ihre Ränder sind schwach ausgebuchtet. Die mit ungereinigtem Ozon behandelten Kolonien (Fig. 4b) zeigten eine deutliche Schichtung der Oberflächen, deren Zustandekommen wohl so zu erklären ist, daß bei jedesmaligem Ozonisieren die an der Oberfläche liegende Keimschicht abgetötet wurde, während die darunter liegenden Teile der Kolonie unbehindert weiter wuchsen, ohne jedoch die Ausbuchtungen der Oberflächenkolonien zu bekommen; vielmehr waren ihre Ränder fast kreisrund. Die mit gereinigtem Ozon behandelten Kolonien (Fig. 4c) hatten eine weniger scharf abgegrenzte Schichtung, dagegen sind die zackigen, mit dornenförmigen Ausläufern versehenen Ränder äußerst auffällig.

### e) Zusammenwirken von Ozonisierung und niedriger Temperatur.

Die Beobachtung, daß die baktericide Wirkung des Ozons nur zur Geltung kommen kann, wenn die Ozonisierung bald nach der Impfung erfolgte, legte es nahe, zu versuchen, ob die Ozonwirkung noch in gleicher Weise eintritt, wenn die geimpften Schalen vor der Ozonisierung längere Zeit bei niedriger Temperatur gehalten worden waren.

Tabelle 12.

Einwirkung von ungereinigtem Ozon auf Kulturen von Bact. coli, die vor der Ozonisierung 1 bis 4 Tage im Eisschrank bei 4,5 bis 5° gestanden hatten.

Dauer der Ozonisierung 1 Minute. Mittlere Ozonkonzentration 2,1 mg/l.

| Lfde. Nr. | Die Schalen standen nach der Impfung durch Besprühen | Weitere Behandlung der Schalen (ozonisiert, nicht ozonisiert) | Anzahl d. Kolonien 5 Tage nach der Impfung [1] | Durchmesser der Kolonien | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | zur Zeit der Ozonisierung [2] | 2 Tage nach d. Ozonisierung [3] |
| | Versuchsreihe a. | | | | |
| 1 | 24 Stdn. im Zimmer bei 19—20° | nicht ozonisiert | 544 | etwa 0,1 mm | etwa 1 mm |
| 2 | 24 „ „ „ „ 19—20° | „ „ | 529 | „ 0,1 „ | „ 1 „ |
| 3 | 24 „ „ „ „ 19—20° | ozonisiert | 544 | „ 0,1 „ | „ 1 „ |
| 4 | 24 „ „ „ „ 19—20° | „ | 551 | „ 0,1 „ | „ 1 „ |
| 5 | 24 „ „ Eisschrank „ 4,5° | „ | 3 | nicht erkennbar | 0,3 mm |
| 6 | 24 „ „ „ „ 4,5° | „ | 2 | „ „ | 0,3 „ |
| | Versuchsreihe b. | | | | |
| 7 | 48 Stdn. im Eisschrank bei 4,5—5° | ozonisiert | 0 | nicht erkennbar | — |
| 8 | 48 „ „ „ „ 4,5—5° | „ | 0 | „ „ | — |
| 9 | 96 „ „ „ „ 4,5—5° | „ | 0 | „ „ | — |
| 10 | 96 „ „ „ „ 4,5—5° | „ | 0 | „ „ | — |
| 11 | 96 „ „ „ „ 4,5—5° | nicht ozonisiert | 158 | „ „ | etwa 1 mm |
| 12 | 96 „ „ „ „ 4,5—5° | „ „ | 143 | „ „ | „ 1 „ |
| 13 | 96 „ „ Zimmer „ 20—22° | „ „ | 158 | 2—3 mm | 3—4 mm |
| 14 | 96 „ „ „ „ 20—22° | „ „ | 181 | 2—3 „ | 3—4 „ |

[1]) Nach dem Ozonisieren wurden sämtliche Schalen bei 20—22° aufbewahrt.

[2]) Das Alter der ozonisierten und nicht ozonisierten Kulturen ist aus den Zeitangaben in der Spalte 2 zu entnehmen.

[3]) Bezw. bei den nicht ozonisierten Schalen 2 Tage nach der ersten Messung.

Die beiden Versuchsreihen in Tabelle 12 zeigen in der Tat, daß auch nach 96stündigem Aufbewahren der geimpften Schalen im Eisschrank bei 4,5 bis 5° eine darauf folgende Ozonisierung dieselbe stark keimtötende Wirkung ausübte, wie wenn sie eine Stunde nach der Impfung ausgeführt worden war. Es scheint fast, als ob ein langes Verweilen bei der niedrigen Temperatur die Keime gegen Ozon empfindlicher gemacht hätte, denn in diesem Falle waren bei 1 Minute langem Ozonisieren nach 48- und 96stündigem Stehen im Eisschrank alle vier Schalen (Nr. 7—10) steril geworden, während bei gleicher Ozonisierungsdauer 1 Stunde nach dem Impfen stets einige Keime wachstumsfähig geblieben waren (vergl. hierzu Tabelle 6 und 7). Die Vermutung, daß die niedrige Kühlhaustemperatur die Wirkung des Ozons vielleicht unterstützt, ist übrigens auch schon von Czaplewski (a. a. O. S. 568) ausgesprochen worden. Zur Kontrolle wurden gleichartige Kulturen bei Zimmertemperatur und zwar nicht ozonisierte (Tabelle 12 Nr. 1, 2, 13 und 14) und ozonisierte (Nr. 3 und 4) und ferner im Eisschrank aufbewahrte aber nicht ozonisierte (Nr. 11 und 12) beobachtet. Bei allen diesen Schalen trat eine normale Entwicklung der Kolonien ein.

Für die Fleischkonservierung in Kühlhäusern werden Keime, die sich bei der dort herrschenden Temperatur nicht vermehren, zunächst belanglos bleiben; wohl aber können sie, in größeren Mengen angesammelt, das Verderben des Fleisches beschleunigen, sobald es später in höhere Temperatur gebracht wird. In dieser Hinsicht dürfte der Vernichtung auch solcher Keime durch Ozon eine gewisse Bedeutung zukommen.

### f) Impfung ozonisierter Fleischwasserpeptongelatine mit Bact. coli.

Bei den vorstehenden Untersuchungen ist mehrfach eine Verschiedenheit in der Größe der Kolonien hervorgetreten, je nachdem die Versuche mit nicht gereinigtem oder gereinigtem Ozon angestellt worden waren. Der Einwand, daß vielleicht beim Durchgang des Ozons durch die Waschflaschen eine wesentliche Konzentrationsänderung herbeigeführt sein könnte, ließ sich durch wiederholte, unmittelbar aufeinander folgende Ozonbestimmungen beseitigen. Die Wirkung der Waschflaschen bestand praktisch nur in der Wegnahme der Stickstoffoxydationsprodukte. Daß die im ungereinigten Ozon enthaltene kleine Salpetersäuremenge oder etwa auftretende Spuren niederer Stickstoffoxyde bei der erheblichen Alkaleszenz der Nährgelatine einen derartigen Einfluß ausüben könnten, war wenig wahrscheinlich. Kleine Nitrat- und Nitritmengen sind dem Bakterienwachstum nicht schädlich[1]); überdies verträgt Bact. coli einen weiten Spielraum im Alkaleszenzgrade[2]).

Die Frage, inwieweit künstliche Nährböden für Mikroorganismen durch Behandlung mit reinem Ozon verändert werden, scheint noch wenig untersucht zu sein.

---

[1]) W. Kruse, Allgemeine Mikrobiologie. Leipzig 1910, S. 578 und 803.

[2]) Marinus Deelemann, Der Einfluß der Reaktion des Nährbodens auf das Bakterienwachstum. Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 13 (1897), S. 392.

Czaplewski (a. a. O. S. 567) erwähnt eine Arbeit von Wyssokowicz[1]) aus dem Jahre 1890. Letzterer stellte eine mit Säurebildung einhergehende Veränderung des Nährbodens fest, wobei dieser für das Bakterienwachstum zum Teil untauglich wurde. Dazu bemerkt jedoch Czaplewski, daß das verwendete Ozon mit Hilfe von Phosphor entwickelt wurde, und dabei andere Einwirkungen mitgespielt haben können, weshalb er diesen Versuchen weniger Bedeutung beimißt.

Um eine etwa vorhandene Beeinflussung des Nährbodens durch Ozon zu ermitteln, wurde zunächst die in Tabelle 13 wiedergegebene Versuchsreihe unter Benutzung der bisher angewandten Versuchsanordnung ausgeführt. Der Nährboden wurde 1 oder 6 Minuten ozonisiert und darauf 1, 24 oder 48 Stunden später mit Bact. coli geimpft.

Tabelle 13.

Ozonisierte Nährgelatine, 1 bis 48 Stunden nach der Ozonisierung mit Bact. coli geimpft.

Ozonkonzentration 2,1 mg/l.

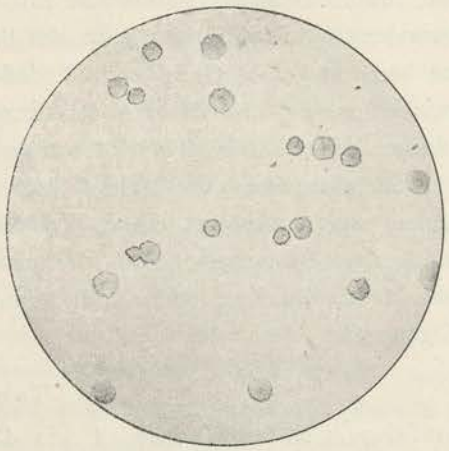
| Petrieschale Nr. | Dauer der Ozonisierung Min. | Von der Ozonisierung bis zur Impfung waren vergangen | a) Ungereinigtes Ozon | | | Petrieschale Nr. | Dauer der Ozonisierung Min. | b) Gereinigtes Ozon | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Anzahl der Kolonien | Durchmesser der Kolonien | | | | Anzahl der Kolonien | Durchmesser der Kolonien | |
| | | | | 2 Tage nach der Impfung mm | 5 Tage nach der Impfung mm | | | | 2 Tage nach der Impfung mm | 5 Tage nach der Impfung mm |
| 1 | 0 | — | 53 | 1,9—2,5 | 2—3 | 8 | 0 | 58 | 1,5—2 | 2—2,5 |
| 2 | 1 | 48 Stdn. | 63 | 0,9—1,2 | 1,5—1,8 | 9 | 1 | 57 | 1,5—2 | 2—3 |
| 3 | 6 | 48 „ | 45 | 0,8—1 | 1,5—1,8 | 10 | 6 | 47 | 1,5—2 | 2—3 |
| 4 | 1 | 24 „ | 51 | 0,9—1 | 1,5—1,8 | 11 | 1 | 51 | 1,0—2 | 2—3 |
| 5 | 6 | 24 „ | 51 | 0,9—1 | 1,5—1,8 | 12 | 6 | 55 | 1,0—2 | 2—2,5 |
| 6 | 1 | 1 „ | 60 | 0,8—1 | 1,5—1,8 | 13 | 1 | 46 | 1,0—1,5 | 2—2,5 |
| 7 | 6 | 1 „ | 54 | 0,8—1 | 1,5—1,8 | 14 | 6 | 45 | 1,0—1,5 | 2—2,5 |

Tabelle 13 läßt erkennen, daß eine 6 Minuten lange Ozonisierung der Gelatineoberfläche bei 2,1 mg/l Ozon auf die Anzahl der Kolikolonien gegenüber nicht zonisierten Kontrollen keinen sicher erkennbaren Einfluß ausübte. Hinsichtlich der Größenverhältnisse der Kolonien zeigte sich auch hier ein Unterschied zwischen ungereinigtem und gereinigtem Ozon. Bei Vorbehandlung des Nährbodens mit ungereinigtem Ozon blieben die Kolonien, selbst wenn die Impfung erst 48 Stunden nach der Ozonisierung erfolgt war, erheblich im Wachstum zurück. Bei gereinigtem Ozon war dagegen nur an 2 Tage alten Kulturen eine deutliche Hemmung bemerkbar, sofern schon 1 Stunde nach dem Ozonisieren geimpft worden war. In der Fig. 5 sind Ausschnitte der Schalen 1, 2, 6, 9 und 13 aus Tabelle 13 in 1,5facher Vergrößerung wiedergegeben.

[1]) Die Wirkung des Ozons auf das Wachstum der Bakterien. Mitt. aus Dr. Brehmers Heilanstalt. N. F. Wiesbaden 1890; vergl. auch: Zentralbl. f. Bakteriologie Bd. V (1889), S. 715.

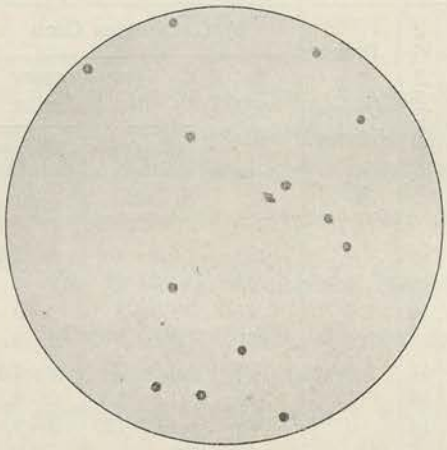
Fig. 5.
Wachstum von Bact. coli auf ozonisierter Nährgelatine (2 Tage alte Kulturen in 1,5 facher Vergrößerung).

Nicht ozonisierter Nährboden.

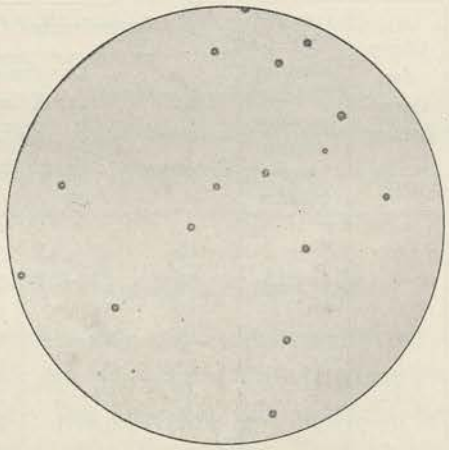


a) Kontrolle.

Nährboden mit ungereinigtem Ozon behandelt.

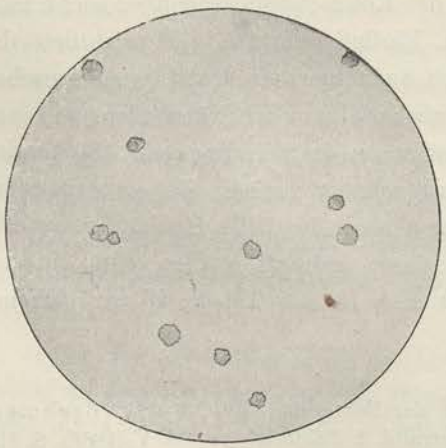


b) 48 Stdn. nach dem Ozonisieren geimpft.

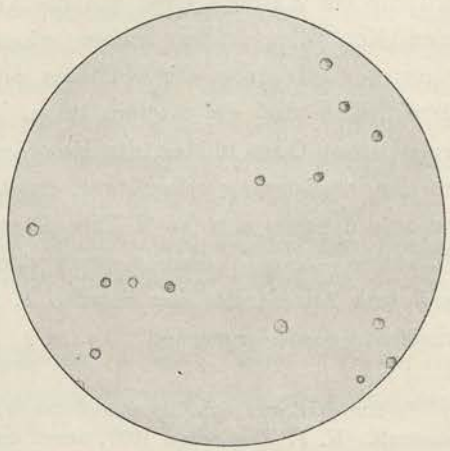


c) 1 Stde. nach dem Ozonisieren geimpft.

Nährboden mit gereinigtem Ozon behandelt.



d) 48 Stdn. nach dem Ozonisieren geimpft.



e) 1 Stde. nach dem Ozonisieren geimpft.

Über die Veränderung des Nährbodens durch Ozon sind weitere Versuche im Gange, nach deren vorläufigem Ergebnis verflüssigte Nährgelatine, auf deren Oberfläche längere Zeit gereinigtes Ozon geblasen wurde (vergl. den Apparat in Fig. 3 links) unter Braunfärbung und Säurebildung verändert wurde.

### g) Vergleich der bisher mit Bact. coli gewonnenen Ergebnisse mit den Erfahrungen der Praxis.

Gelegentlich der Besprechung der Literatur über die Einwirkung von Ozon auf Bakterien ist (Seite 213) auf die Unstimmigkeit der Ergebnisse früherer wissenschaftlicher Untersuchungen mit den praktischen Erfahrungen bei der Ozonisierung hingewiesen worden, worauf u. a. auch Gg. Erlwein[1]), Czaplewski[2]) und v. Kupffer[3]) aufmerksam gemacht haben. Als Ursache für diese Verschiedenheit wurde angenommen, daß das Ozon bei der in technischen Betrieben benutzten niedrigen Konzentration und langen Einwirkungsdauer viel besser wirke, als bei der hohen Konzentration und meist kurzen Einwirkungsdauer der Laboratoriumsversuche. Im Hinblick hierauf möge ein kurzer Überblick gegeben werden, inwieweit sich die vorstehenden Befunde mit Bact. coli den wichtigsten Erfahrungen bei der Kühlhausozonisierung anpassen. Hierbei ist zu bemerken, daß die Anwendung des Ozons zur Fleischkonservierung in den Kühlhallen darauf gerichtet ist, einerseits diejenigen Keime unschädlich zu machen, die dem Fleisch beim Einbringen in den Kühlraum schon anhaften und durch andauernde Neuinfektion im Kühlraum selbst hinzukommen; dabei käme auch eine Veränderung des Nährbodens, d. h. der Oberfläche des Fleisches, in Frage. Andererseits sollen neben einer Desodorierung die in der Luft schwebenden Keime möglichst verringert werden.

Nach der Abgrenzung der vorstehenden Versuche kann hier nur die erste Frage, nämlich das Verhalten der dem Nährsubstrat anhaftenden Keime gegen Ozon betrachtet werden. Nachstehend sind die wichtigsten praktischen Erfahrungen und die darauf bezüglichen wissenschaftlichen Ergebnisse nebeneinander gestellt[4]).

| Beobachtungen über die Ozonwirkung im Kühlhause[5]). | Wissenschaftliche Ergebnisse mit Bact. coli. |
|---|---|
| 1. Die Haltbarkeit des Fleisches wird durch die Ozonisierung bedeutend erhöht. | 1. Einzeln auf der Oberfläche des Nährbodens festsitzende Keime wurden weitgehend vernichtet, wenn die Ozonisierung bald nach der Infektion erfolgte oder durch niedrige Tem- |

[1]) Über Luftozonisierung. Zeitschr. f. Sauerstoff- und Stickstoff-Industrie 1913, Heft 8 und 9, Sonderabdr. S. 6.

[2]) a. a. O. S. 568.

[3]) a. a. O. S. 608.

[4]) Ausdrücklich sei betont, daß hiermit nicht eine Erklärung des gesamten Konservierungsvorganges durch Ozon gegeben, sondern nur gezeigt werden soll, inwieweit sich die vorstehenden wissenschaftlichen Befunde mit Bact. coli den Beobachtungen der Praxis qualitativ anpassen.

[5]) Die Angaben sind der Abhandlung von Klepp (a. a. O.) entnommen.

| Beobachtungen über die Ozonwirkung im Kühlhause. | Wissenschaftliche Ergebnisse mit Bact. coli. |
|---|---|
| | peratur die Entwicklung der Keime bis zur Ozonisierung verhindert wurde. Ozonisierung des Nährbodens vor der Impfung führte zu einer Hemmung des Wachstums von Bact. coli. |
| 2. Es ist nicht angängig, die Ozonkonzentration so weit zu steigern, daß das Wachstum der auf den Schnittflächen mit dem Messer eingeimpften Keime ausgeschlossen wäre. | 2. Nach früheren Ergebnissen ist die Einwirkung des Ozons auf Bakterien, die in einem Nährboden eingebettet sind, außerordentlich erschwert. Bei Kolikeimen, die im Innern der Nährgelatine lagen, war der verhältnismäßig geringe Erfolg einer sehr starken Ozonisierung ebenfalls ersichtlich. |
| 3. Die Erhöhung der Kühlhaustemperatur ist nicht angängig. | 3. Keime vom Bact. coli wurden bei Eisschranktemperatur an der Weiterentwicklung gehindert und konnten dann noch 96 Stunden nach der Impfung durch Ozon abgetötet werden. Hatte jedoch bei höherer Temperatur die Zeit zur Bildung kleiner Kolonien ausgereicht, so beeinträchtigte selbst starke und wiederholte Ozonisierung deren Weiterentwicklung nicht oder doch nicht wesentlich. |

Dieser Vergleich läßt erkennen, daß die Ergebnisse der mit sehr hoher Ozonkonzentration bei nur minutenlanger Einwirkungsdauer und künstlichem Nährboden angestellten Laboratoriumsversuche mit den Beobachtungen unter den Bedingungen der Kühlhauspraxis, d. h. geringer Ozonkonzentration und stundenlanger Einwirkung mindestens nicht im Widerspruch stehen.

## Zusammenfassung:

Zu den vorstehenden Untersuchungen über die Einwirkung von Ozon auf Bact. coli comm. diente ozonisierte atmosphärische Luft, die teils so, wie sie dem Ozonisierungsapparat entströmte, teils durch Natriumkarbonatlösung von den Oxydationsprodukten des Stickstoffs befreit, verwendet wurde. Es wurde mit hoher Konzentration des Ozons und kurzer Einwirkungszeit gearbeitet. Als Nährboden diente Fleischwasserpeptongelatine.

Bei diesen Versuchen ergab sich im wesentlichen folgendes:

1. Die baktericide Kraft des ungereinigten und gereinigten Ozons trat nur dann in Erscheinung, wenn es auf **einzeln** an der Oberfläche des Nährbodens liegende Keime einwirken konnte, d. h. wenn die Ozonisierung **bald** nach der Impfung erfolgte.

2. Wurde die Entwicklung der Keime durch niedrige Temperatur verhindert, so wirkte auch eine erst nach mehreren Tagen ausgeführte Ozonisierung noch ebenso stark baktericid, als wenn die Behandlung kurze Zeit nach der Impfung erfolgte.

3. Wenn sich die Keime zu **Kolonien** entwickelt hatten, war unter sonst gleichen Versuchsbedingungen keine praktisch bemerkenswerte Wirkung des Ozons vorhanden.

Wiederholte Ozonisierung änderte hieran nichts; jedoch zeigten die Kolonien morphologische Verschiedenheiten, je nachdem ungereinigtes oder gereinigtes Ozon eingewirkt hatte.

4. Wurden Keime von Bact. coli auf Nährgelatine gebracht, die **vor** der Impfung an der Oberfläche ozonisiert worden war, so machte sich eine Hemmung des Wachstums bemerkbar, die bei Verwendung von ungereinigtem Ozon stärker war als bei gereinigtem.

Welche Bestandteile des Nährbodens durch das Ozon in einer für das Bakterienwachstum nachteiligen Weise verändert werden, und welche Rolle die Stickstoffoxydationsprodukte dabei spielen, muß der weiteren Untersuchung vorbehalten bleiben.

5. Die Ergebnisse dieser Laboratoriumsversuche stehen mit den bei der Ozonisierung in Fleischkühlhallen gemachten Erfahrungen nicht im Widerspruch.

Aus dem hygienischen Laboratorium des Kaiserl. Gesundheitsamts. Berlin, im März 1915.

---

# Chemische Untersuchungen zur Beurteilung des Strohmehls als Futter- und Nahrungsmittel.

Von

Geh. Reg.-Rat **Dr. W. Kerp,**
Direktor

**Dr. Franz Schröder**
Ständigem Mitarbeiter

und **Dr. B. Pfyl,**
Wissenschaftlichem Hilfsarbeiter
im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

(Hierzu Tafel VII—XII.)

## Einleitung. Umgrenzung der Aufgabe.

Zu Beginn dieses Jahres, zu einer Zeit, als die Sorge um die Sicherstellung der Ernährung unseres Volkes während des Krieges Behörden und weite Kreise der Bevölkerung eindringlich beschäftigte, wurde die Öffentlichkeit durch Mitteilungen in der Tagespresse überrascht und erregt, nach denen in dem Strohmehl eine neue, fast unversiegliche Quelle für die Ernährung von Mensch und Tier entdeckt sein sollte. Es handelte sich um Berichte über Vorträge, die der Privatdozent für Physiologie an der Berliner Universität, Professor Dr. Friedenthal, u. a. im Bunde der Landwirte, auf dem Berliner Kriegsärztlichen Abend[1]) über seine angebliche Erfindung, aus Stroh Mehl, Brot und Viehfutter herzustellen, gehalten hatte. Neuerdings hat Friedenthal seine Anschauungen über das Strohmehl und seine Verwendbarkeit als Nahrungs- und Futtermittel in einer Druckschrift: „Die Nährwerterschließung in Heu und Stroh und Pflanzenteilen aller Art“[2]) zusammengefaßt, in der er sich bemüht, seine Anschauungen weiteren Volkskreisen verständlich zu machen und näher zu bringen. Ohne auf eine Kritik seiner Darlegungen im einzelnen einzugehen, beschränken wir uns darauf, seine Grundanschauungen, wie folgt, zusammenzufassen und diese durch unsere Versuche zu widerlegen.

1. Bei einer genügend feinen Vermahlung können alle Pflanzenteile der menschlichen und tierischen Ernährung nutzbar gemacht werden. Wenn dies nicht ohne weiteres möglich ist, so liegt das daran, daß die pflanzlichen Nährstoffe in den Pflanzenzellen eingebettet liegen und durch die aus Zellulosemembranen bestehenden Zellwände vor dem Angriff der Verdauungssäfte geschützt sind; denn diese verfügen

[1]) Vergl. z. B. Deutsche Tageszeitung Nr. 102 vom 25. Februar 1915, sowie Berliner Klinische Wochenschr. 52. Jahrgang 1915, Nr. 17, S. 451, Bericht über die Sitzung der Kriegsärztlichen Abende vom 13. April 1915.

[2]) Leipzig 1915, Reichenbachsche Verlagsbuchhandlung.

nicht über Mittel, die Zellwände aufzulösen. Das Pflanzenmaterial muß daher so fein vermahlen werden, daß dadurch die Zellwände zertrümmert und die in den Zellen abgelagerten Nährstoffe frei gelegt werden. Das nach dem Verfahren von Friedenthal hergestellte Strohmehl entspricht diesen Anforderungen.

2. Der Nährstoffgehalt der Stroharten ist nach den darüber vorliegenden Analysen beträchtlich.

3. Wenn mit dem Strohmehl neben den Nährstoffen auch unverdauliche Bestandteile dem menschlichen und tierischen Organismus zugeführt werden, so ist dies nicht nur unbedenklich, sondern sogar nützlich, sobald das Stroh nur fein genug gemahlen ist. Denn eine gewisse Menge von Füll- und Ballaststoffen wird vom Verdauungsvorgang verlangt und steigert die Ausnutzung der Nahrung; ein Beispiel hierfür ist das Kommißbrot, das trotz seinem erheblichen Gehalt an unverdaulichen Bestandteilen sehr bekömmlich ist. Mit einer Nahrung, die restlos vom Darm aufgesaugt wird, lassen sich Mensch und Tier auf die Dauer nicht gesund erhalten.

4. Erst durch die Verwendung von Strohmehl bei der Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln wird eine wirkliche Ersparnis an Nährstoffen erzielt, weil die zur Streckung unserer Getreidevorräte bisher verwendeten oder hierfür zugelassenen Stoffe, wie Kartoffeln, Erbsen, Bohnen, an sich schon Nahrungsmittel sind.

Friedenthal stützt seine Ansichten über die Verwertbarkeit des Strohmehls für die Ernährung auf seine Untersuchung über die Ernährung mit dem Pulver von getrocknetem Spinat, Kohl und anderem Blattgemüse, über die er in einer Abhandlung „Über die körperliche Anpassung des Menschen an die Ausnutzung pflanzlicher Nahrung“ [1]) berichtet hat. Darin wird u. a. ausgeführt, daß „wie dem Menschen, so auch den Säugetieren eigene chemische Waffen gegen die Verpackung pflanzlicher Nährstoffe in Zellulosemembranen fehlen; sie benutzen daher eine Symbiose mit zellulasehaltigen Bakterien im Darmkanal, um die Zellwände der Pflanzen zu zerstören und den Inhalt den Verdauungssekreten zugänglich zu machen. — — — Der Mensch kann einen erheblichen Teil der Ernährungsarbeit durch Maschinen ausführen lassen. — — — Kauarbeit und Verdauungsarbeit werden ein Minimum, wenn der Mensch so fein verteilte grüne Pflanzensubstanz genießt, daß die Zellwände zerrissen und der Inhalt den Verdauungssäften zugänglich gemacht ist.“

Zum Beweise für die gute Ausnutzung der Gemüsepulver werden die Ergebnisse von Ausnutzungs- und Stoffwechselversuchen angeführt [2]), die im Altonaer Krankenhaus von Professor von Bergmann und Dr. Strauch gewonnen wurden. Darnach werden die Gemüsepulver nicht nur an sich, sondern auch hinsichtlich ihres Zellulosegehalts erheblich besser ausgenutzt als die entsprechenden frischen Gemüse und in großen Mengen und auch bei Krankheitszuständen des Darms gut vertragen.

Im Gegensatz hierzu steht eine Mitteilung von Loewy und von der Heide [3]), nach welcher Pilze (getrocknete Steinpilze), die sie im Selbstversuch auf ihre Aufsaugbarkeit im Darm untersuchten, gleich schlecht ausgenutzt wurden, ob sie nur klein

[1]) Medizinische Klinik 1912, S. 196.
[2]) Zusammenfassende Druckschrift S. 11 ff.
[3]) Berliner klinische Wochenschrift Bd. 52 (1915), S. 600.

zerschnitten oder staubfein vermahlen genossen wurden. Hier wurde also trotz weitgehender Zerkleinerung der Pilze eine Erhöhung ihrer Verwertbarkeit und Ausnutzbarkeit nicht beobachtet.

Nach Friedenthal dagegen liegen die Verhältnisse für die Nährstoffe in Heu und Stroh nicht wesentlich anders als bei seinen Gemüsepulvern, falls nur die Teilchen des Heu- oder Strohmehls „nicht allzu grob" sind. Ein Beweis für diese Annahme wird nicht erbracht, wie überhaupt die Angaben Friedenthals, so weit sie das Strohmehl betreffen, durch keine planmäßigen Versuche und keinen strengen wissenschaftlichen Beweis belegt werden.

Übrigens ist der Gedanke, Getreidestroh durch feine Vermahlung für die tierische Ernährung besser auszunutzen als in Form des Häcksels, nicht neu. So berichtet O. Kellner in seinem Lehrbuch „Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere" [1]) über vergleichende Fütterungsversuche an Schnittochsen mit Weizen- und Gerstenstroh, das einerseits in Form eines 3,5 cm langen Häcksels, anderseits in feingemahlenem Zustand verabreicht wurde. Er faßt die Ergebnisse dieser Versuche dahin zusammen, „daß selbst eine so weitgehende Zerkleinerung der Stroharten, wie sie hier vorgenommen wurde, die Verdaulichkeit derselben nicht ändert". Ferner hat die Firma Gebrüder Dippe in Quedlinburg mitgeteilt [2]), daß sie sich bereits seit 15 Jahren mit der gewerbsmäßigen Vermahlung von Stroh zur Verwertung desselben als Futtermittel beschäftigt. Auch die Rüben- und Getreidezüchterei Rittergut Aderstedt in Gunsleben soll nach der gleichen Quelle seit mindestens 12 Jahren Stroh — insbesondere Rübensamenstroh — in großen Mengen vermahlen haben. Den Mißerfolg bei der Verfütterung des Feinmehls der Gebrüder Dippe führt Friedenthal auf eine noch nicht genügend feine Vermahlung dieses Erzeugnisses zurück.

Die Behauptungen Friedenthals sind vielfachem Widerspruch, darunter von den namhaftesten physiologischen und landwirtschaftlich-chemischen Sachverständigen begegnet. So lehnt Rubner die Verwendung des Strohpulvers zur menschlichen Ernährung ab, weil die Zellulose des Strohs für den Menschen unverdaulich, daher für die Ernährung nutzlos, ja schädlich ist, da sie die Aufsaugung der sonstigen verdaulichen Nahrungsstoffe im Darm verschlechtert [3]). Auch Zuntz hält aus den nämlichen Gründen die Zuführung von Ballast- und Füllstoffen zur menschlichen Nahrung in Gestalt des Strohmehls für unangebracht. Allenfalls zur Verfütterung an Schweine könne man entsprechend verarbeitetes Stroh verwenden [4]). Auf die von Zuntz an Schweinen ausgeführten Ausnutzungsversuche wird später noch einzugehen sein. König in Münster [5]) führt aus, daß das Stroh wegen seines geringen Gehalts an Eiweiß, Fett und leicht hydrolysierbaren Kohlehydraten (Stärke) für die Tiere kaum in Betracht komme; sein Hauptwert als Futtermittel liege in dem hohen Gehalt

[1]) Berlin, Paul Parey, 4. Auflage 1907, S. 266.

[2]) Landwirtschaft und Gartenbau, Beilage der Magdeburgischen Zeitung Nr. 195 vom 14. März 1915.

[3]) Die Post, Nr. 115 vom 4. März 1915; Münchener Neueste Nachrichten vom 5. März 1915.

[4]) Berliner Tageblatt, Nr. 214 vom 28. April 1915.

[5]) Münsterischer Anzeiger, Nr. 207 vom 18. März 1915; Landwirtschaftliche Zeitung, Münster, 1915, Bd. 72, S. 151.

an Hemizellulose und Zellulose, und weil letztere wegen ihrer Verholzung und Verkieselung den Verdauungssäften nur schwer zugänglich seien, bilde das Stroh vorwiegend nur ein Futter für die Wiederkäuer. Durch die Pulverung des Strohs werde hierin keine oder keine wesentliche Änderung hervorgebracht. Denn die Zellulose sei im Stroh und ähnlichen verholzten Pflanzen so innig mit den Ligninen (Holzstoffen) und der Kieselsäure durchwachsen, daß sie durch mechanische Zerkleinerungsmittel nicht, sondern nur durch chemische Lösungsmittel voneinander getrennt werden könnten. Die mechanische Zerkleinerung könne daher den Tieren das Kauen erleichtern, auf die Lösung und Verdauung bleibe sie ohne Einfluß. Mit der Verwertung des Strohmehls für die Brotbereitung und menschliche Ernährung stehe es noch viel ungünstiger, weil der Mensch nur Zellulose aus jungen, zarten, nur wenig verholzten Zellmembranen und auch nur in geringem Maße verdauen könne und die unverdaulichen verholzten und verkieselten Zellmembranen des Strohs Ausnutzung und Verdauung im Darm schädigten. König verhält sich daher einer Verwendung des Strohmehls bei der Brotbereitung gegenüber völlig ablehnend. Fingerling in Möckern[1]) hält aus ähnlichen Gründen und im Hinblick auf die bereits erwähnten Fütterungsversuche Kellners an Ochsen mit Häcksel und Strohmehl die Bestrebungen Friedenthals für von Grund aus verfehlt. Franz Lehmann in Göttingen hat sie sogar dem Deutschen Landwirtschaftsrat gegenüber als eine „unverantwortliche Irreführung der Landwirtschaft“ bezeichnet[2]).

Dies ist der derzeitige Stand der Angelegenheit. Da es einerseits von vornherein nicht ausgeschlossen erschien, daß die Verwertung des Strohmehls wenn auch nicht für die menschliche, so doch vielleicht für die tierische Ernährung von Bedeutung werden konnte, da anderseits jegliche beweiskräftigen wissenschaftlichen Unterlagen dafür fehlten, hat das Gesundheitsamt Anlaß genommen, durch eigene Versuche zur Klärung der Frage beizutragen. Im folgenden berichten wir über die von uns angestellten Versuche.

Der Kern der Aufgabe ist offenbar in den beiden ersten der vier Sätze enthalten, in denen oben die Friedenthalschen Anschauungen zusammengefaßt wurden. Man hat erstens zu fragen, ob es in der Tat richtig ist, daß Stroh in feiner oder feinster Zermahlung an Lösungsmittel, wie sie der menschliche und tierische Organismus bei der Verdauung zur Verfügung hat, erheblich mehr Stoffe abgibt, als nur in grob zerkleinertem Zustand.

Es ist zweifellos, daß das Friedenthalsche Strohmehl kein Pulver darstellt, in dem alle Zellwände gesprengt und die etwa in den Zellen abgelagerten Stoffe vollkommen bloßgelegt sind. Für die Beantwortung der Frage und damit für eine Entscheidung über den Wert des Verfahrens genügt es aber, wenn die Zellwände auch nur zu einem erheblichen Teile zerrissen sind. Anderseits wird man nicht von vornherein die Fragestellung mit dem Hinweis ablehnen können, daß die Zellulose aus ihrer innigen Vermischung mit Ligninstoffen und Kieselsäure in verholzten Pflanzen-

[1]) Vergl. Berliner Tageblatt Nr. 235 vom 9. Mai 1915.

[2]) Sächsische Landwirtschaftliche Zeitschrift 1915, Nr. 13 nach Meißner Tageblatt vom 30. März 1915.

teilen nur mit Hilfe von chemischen Aufschlußmitteln der Verdauung zugänglich gemacht werden könne. Denn es ist an sich denkbar, daß die außerordentliche Vergrößerung der Oberfläche, welche das Stroh durch das Pulvern erfährt, den Verdauungssäften eine erheblich vergrößerte Angriffsfläche und damit die Möglichkeit bietet, aus dem Strohmehl Stoffe, z. B. solche aus der Gruppe der sogenannten stickstofffreien Extraktstoffe, in Lösung zu bringen, die im Stroh selbst durch ihre Einbettung zwischen verholzten Zellmembranen unzugänglich waren.

Die zweite wichtige Frage ist, ob im Stroh überhaupt Nährstoffe in der allgemeinen Bedeutung dieses Begriffs vorhanden sind.

Diese Frage kann nicht kurzer Hand durch den Hinweis entschieden werden, daß im Stroh auf dem Wege der üblichen Analyse Stoffgruppen, wie Fette, Eiweißstoffe, stickstofffreie Extraktstoffe, Rohfaser (Zellulose), nachgewiesen werden, die auch die Bestandteile von vollwertigen Nahrungsmitteln bilden. Es ist unzulässig, wie Friedenthal dies auf Seite 18 seiner zusammenfassenden Schrift tut, die verschiedenartigsten Nahrungsmittel hinsichtlich ihres Nährwerts lediglich nach der Menge der in ihnen durch die Analyse ermittelten Stoffgruppen zu vergleichen, ohne sich um die Natur der in diesen Gruppen enthaltenen einzelnen Bestandteile zu bekümmern. Es ist unzulässig, hierbei außer acht zu lassen, ob man es z. B. mit genuinem oder koaguliertem Eiweiß, ob mit Zucker und Stärke oder mit Pentosanen und Hemizellulosen zu tun hat usf. Wollte man nach Friedenthal den Nährwert z. B. von Haferstroh gegenüber dem der Magermilch lediglich durch Vergleich der Mengen der einzelnen in ihnen enthaltenen Stoffgruppen beurteilen, so würde man zu dem aller Erfahrung widersprechenden Ergebnis kommen, daß man mit Haferstroh etwa gleiche Mengen Eiweiß, etwa 7 mal so viel Fett, etwa 9 mal so viel stickstofffreie Extraktstoffe als mit der gleichen Menge Magermilch seinem Organismus zuführen würde, daß also das Haferstroh ein ungleich besseres Nahrungsmittel als die Magermilch wäre!

Wir schildern nun zunächst die vergleichenden Versuche, die wir zur Ermittelung der löslichen Anteile von grob zerkleinertem Stroh einerseits, von Strohmehl anderseits ausgeführt haben, und gehen dann auf die Art und Menge der Nährstoffe des Strohs zur Beurteilung seines Nährwerts näher ein.

## Vergleichende Versuche zur Ermittelung der löslichen Anteile von grob zerkleinertem Stroh und von Strohmehl.

Der den Versuchen zugrunde liegende Gedanke bestand darin, von der nämlichen Strohart stufenweise fortschreitende Zerkleinerungen bis zum feinsten Mehl herzustellen, diese Zerkleinerungen unter den gleichen, den Bedingungen der natürlichen Verdauung möglichst angepaßten Verhältnissen mit geeigneten Lösungsmitteln auszuziehen und die Mengen der in Lösung gegangenen Stoffe zu bestimmen und mit einander zu vergleichen.

Zu den Untersuchungen wurde das Stroh der vier hauptsächlich in Deutschland angebauten Getreidearten, nämlich Hafer-, Roggen-, Weizen- und Gerstenstroh

herangezogen. Das zunächst zu Häcksel von etwa 2 cm Länge geschnittene Stroh wurde auf einer nach Art der Kaffeemühlen wirkenden, elektrisch angetriebenen Mühle, deren Umdrehungszahl etwa 200 in der Minute betrug, zerkleinert. Von jeder Strohart wurden auf dieser Mühle drei Zerkleinerungen (Mahlungen 1, 2 und 3) gewonnen. Die Erzeugnisse der dritten Mahlung wurden darauf in einer von dem Direktor des Tierphysiologischen Instituts der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin, Herrn Geheimen Regierungsrat Professor Dr. Zuntz, zur Verfügung gestellten Excelsior-Schlagmühle zu Mehlen zerkleinert, die jedoch noch aus gröberen und feineren Anteilen bestanden. Die weitere Zerkleinerung wurde in einer gleichfalls von Herrn Geheimrat Zuntz zur Verfügung gestellten Porzellankugelmühle größeren Inhalts vorgenommen, in der nach 24stündigem Vermahlen ein staubfeines, für das unbewaffnete Auge gleichmäßig erscheinendes Pulver erhalten wurde, das sich zwischen den Fingern von feinstem Weizenmehl nicht unterscheiden ließ. Herrn Geheimrat Zuntz für sein freundliches Entgegenkommen auch an dieser Stelle zu danken, möchten wir nicht unterlassen.

Die Herstellung dieser Pulver verlief jedoch keineswegs ohne Schwierigkeiten. Während solche bei der Herstellung der ersten drei Mahlungen nicht zu beobachten waren, machte es sich bei der Verarbeitung des Pulvers auf der Schlagmühle sehr unangenehm bemerkbar, daß infolge der großen, aber für die Zerkleinerung des Mahlguts erforderlichen Umdrehungsgeschwindigkeit der Mühle von 3000 Umdrehungen in der Minute sowohl die Mühle als auch das Mahlgut schon nach kurzer Zeit sehr heiß wurden, so daß die Mühle nur kurze Zeit im Betriebe gehalten werden konnte und jedesmal ihre Abkühlung erst wieder abgewartet werden mußte. Zur Herstellung größerer Mengen Strohmehl nach diesem Verfahren würde daher ein sehr erheblicher Aufwand an Zeit erforderlich sein, der durch die nachfolgende Verarbeitung des gröberen Mehles auf Kugelmühlen, deren Leistungsfähigkeit gleichfalls gering ist, noch ganz wesentlich vermehrt wird. Auf der zur Verfügung stehenden, für Laboratoriumsverhältnisse schon recht großen Kugelmühle gelang es bei 24 stündigem ununterbrochenen Betriebe nicht, mehr als 700 g des feinsten Strohmehls herzustellen. Um indessen sicher zu sein, ein Pulver von größtmöglicher Feinheit zu erhalten, wurden auf der Kugelmühle im 24stündigen Betriebe von uns nicht mehr als 200 g des Strohmehls hergestellt. Auf die bei der Herstellung des Strohmehls auftretenden technischen Schwierigkeiten und die dadurch bedingte nicht unerhebliche Verteuerung des Erzeugnisses ist auch bereits von anderer Seite hingewiesen worden[1]). Auch die in der Armeekonservenfabrik zu Spandau angestellten Versuche zur Gewinnung von Strohmehl haben, wie sich aus dem Rundschreiben des Preußischen Herrn Landwirtschaftsministers vom 28. Februar d. Js.[2]) ergibt, „namentlich in pekuniärer Beziehung zu einem unbefriedigenden Ergebnis“ geführt. Die Herstellungskosten für 50 kg Strohmehl werden an dieser Stelle zu 2,50 Mark angegeben. Nach einer von besonders

---

[1]) Vergl. z. B. Brahm, v. d. Heide und Zuntz, Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1915, 30. Jahrg., S. 226. — Boruttau, Deutsche Medizinische Wochenschrift 1915, 41. Jahrg., S. 377.

[2]) Deutscher Reichsanzeiger Nr. 53 vom 4. März 1915.

sachverständiger Seite dem Herrn Professor Boruttau, Berlin, erteilten Auskunft[1]) sollen sich 50 kg wirklich mehlfeines Strohpulver unter Berücksichtigung der hohen Abnutzung der Anlage und einschließlich der Amortisation nicht unter 4 Mark Mahllohn herstellen lassen.

Von den bei der stufenweisen Zerkleinerung der vier Stroharten von uns erhaltenen Erzeugnissen sind, um ihre Größenabstufungen besser vergleichen und beurteilen zu können, photographische Abbildungen hergestellt worden, die in den am Schlusse der Abhandlung beigefügten Tafeln VII—X wiedergegeben sind. Gleichzeitig wurden von dem feinsten Mahlgut der vier Stroharten, desgleichen von einer von Professor Friedenthal stammenden Probe Haferstrohmehl mikrophotographische Aufnahmen im Maßstab 1 : 45 hergestellt. Die vier zuerst bezeichneten mikrophotographischen Aufnahmen sind sowohl auf den ersten vier Tafeln mit zur Darstellung gebracht, als auch auf einer fünften Tafel (XI) zum Vergleich unter sich und mit der mikrophotographischen Aufnahme der von Professor Friedenthal stammenden Probe zusammengestellt worden. Aus diesen Abbildungen ist die morphologische Beschaffenheit der Pulver mit genügender Deutlichkeit zu ersehen. Vergleicht man das Bild des Friedenthalschen Haferstrohmehls mit dem des von uns hergestellten entsprechenden Erzeugnisses, so zeigt sich, daß letzteres in der Feinheit der Vermahlung dem Friedenthalschen Präparat nicht nachsteht und somit den Anforderungen Friedenthals in bezug auf den Grad der Zerreißung der Zellverbände genügt. Anderseits ergibt sich aus den mikrophotographischen Abbildungen, daß auch das feinste Pulver, das zwischen den Fingern nicht mehr fühlbar ist, keineswegs aus Teilen von einheitlicher Größe besteht; vielmehr sind neben den durch weiteste Zertrümmerung der Zellverbände entstandenen Teilchen auch solche von gröberer Beschaffenheit vorhanden, bei denen die Anordnung der Zellen noch deutlich zu erkennen ist, und die — nach Auffassung Friedenthals — der Einwirkung der Verdauungssäfte nicht zugängig sein würden. Vergleicht man die unter gleichen Bedingungen gewonnenen feinsten Mehle der vier Stroharten unter sich, so zeigt sich aus den Abbildungen, daß die größte Gleichmäßigkeit hinsichtlich der Größe der Teilchen beim Weizenstrohmehl vorhanden ist, während das Roggenstroh-Feinmehl durch einen wesentlich höheren Gehalt an Teilchen, die aus größeren Zellverbänden bestehen, gekennzeichnet ist. Es ist anzunehmen, daß die einzelnen Stroharten je nach dem Grade ihrer Sprödigkeit der Zerkleinerung einen verschieden großen Widerstand entgegensetzen und deshalb bei gleicher Zeitdauer der Mahlung ein Pulver ergeben, dessen Teilchen eine mehr oder weniger gleichmäßige Beschaffenheit in der Korngröße aufweisen.

Um ein Urteil darüber zu gewinnen, in welchem Maße von den einzelnen Mahlerzeugnissen an die von uns angewandten Lösungsmittel, auf die sogleich noch näher einzugehen sein wird, lösliche Stoffe abgegeben werden, erschien es nicht notwendig, alle diese Erzeugnisse dem Versuche zu unterwerfen. Es genügte vielmehr im allgemeinen, von jeder Strohart zwei Zerkleinerungen herauszugreifen, die hin-

[1]) Vergl. Fußnote 1 auf voriger Seite.

sichtlich ihres Zerkleinerungsgrades erheblich voneinander verschieden waren, so daß deutliche Unterschiede in der Menge an ausziehbaren Stoffen erwartet werden konnten, falls mit steigender Zerkleinerung des Strohs die Menge dieser Stoffe tatsächlich zunimmt. Es wurden daher die vergleichenden Untersuchungen der vier Stroharten einerseits an dem nach dreimaligem Durchgang durch die erste Mühle erhaltenen spreuartigen Pulver, anderseits an dem mittels der Kugelmühle gewonnenen „Feinmehl", die nachfolgend als dritte und fünfte Mahlung bezeichnet werden sollen, vorgenommen. Der Vollständigkeit halber ist beim Haferstroh, da dieses als Futtermittel unter den Getreidestroharten das wertvollste ist, noch das Erzeugnis der ersten Mahlung mit untersucht worden.

Zunächst wurde der Gehalt dieser Erzeugnisse an Wasser, Stickstoffverbindungen (Eiweiß), ätherlöslichen Stoffen (Fett), Rohfaser, Asche und stickstofffreien Extraktstoffen in der üblichen Weise ermittelt. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle 1 zusammengestellt; gleichzeitig ist in dieser Tabelle die mittlere Zusammensetzung der vier Stroharten, und zwar sowohl nach der Gesamtmenge der einzelnen Stoffe als auch nach ihrem verdaulichen Anteil angeführt. Es zeigt sich, daß die Unterschiede in der Zusammensetzung der einander entsprechenden Erzeugnisse der dritten und fünften Mahlung ohne wesentliche Bedeutung sind. Die beträchtlichsten Unterschiede werden beim Wasser- und Aschengehalt beobachtet. Der Wassergehalt ist bei den staubfeinen Mehlen stets niedriger als bei der Spreu; dies erklärt sich durch die Tatsache, daß sich beim weiteren Vermahlen der dritten Mahlung zur Herstellung der fünften Mahlung das Mahlgut regelmäßig erhitzte, wobei kleine Mengen Wasser verdampften. Der Aschengehalt weist mit steigender Feinheit des Mahlguts regelmäßig eine — bei Weizen- und Gerstenstroh sogar nicht unbeträchtliche — Zunahme auf. Diese ist zweifellos auf die Abnutzung der Porzellankugeln der Kugelmühle zurück zu führen, wodurch das Mahlgut durch Porzellanpulver verunreinigt wird. In einem Fall konnten sogar größere Porzellansplitter in der Asche der fünften Mahlung von Haferstroh aufgefunden werden. Gegen die mittlere Zusammensetzung zeigten die hier untersuchten Stroharten größere Abweichungen im Wasser- und Rohfasergehalt. Das zu unsern Versuchen verwendete Stroh ist darnach als recht trocken zu bezeichnen, ein Umstand, der für den Anteil der stickstofffreien Extraktstoffe an löslichen Stoffen vielleicht nicht ohne Bedeutung ist; es ist möglich, daß dieser Anteil bei einem weniger trockenen Stroh größer ist, als er hier gefunden wurde. Die Abweichungen im Rohfasergehalt gegen die mittlere Zusammensetzung sind für die vorliegenden Untersuchungen belanglos und erklären sich wahrscheinlich aus den jeweilig angewandten Bestimmungsverfahren. Wenn der Rohfasergehalt der feinsten Mahlung stets niedriger gefunden wurde, als der der dritten Mahlung, so ist dieser Unterschied nur scheinbar und durch die verschiedene Feinheit des Pulvers verursacht, infolge deren bei der dritten Mahlung noch Bestandteile als Rohfaser mitbestimmt werden, die bei der feineren Vermahlung durch die angewandten Lösungsmittel in Lösung gehen. Es erhellt auch hieraus die Notwendigkeit, bei der Bestimmung der Rohfaser das Untersuchungsmaterial so fein als nur möglich zu pulvern.

Tabelle 1. Vergleichende Übersicht über die Zusammensetzung der untersuchten Zerkleinerungen der Getreidestroharten.

| Art des Strohs | Gehalt an | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Wasser[2] % | Stickstoffverbindungen (Eiweiß) | | Ätherlöslichen Stoffen (Fett) | | Rohfaser[3] | | Asche % | Stickstofffreien Extraktstoffen | |
| | | insgesamt % | verdaulich % | insgesamt % | verdaulich % | insgesamt % | verdaulich % | | insgesamt % | verdaulich % |
| 1. Haferstroh | | | | | | | | | | |
| 1. Mahlung . . . . . | 7,03 | 2,75 | — | 1,35 | — | 41,7 | — | 5,86 | 41,31 | — |
| 3. Mahlung . . . . . | 7,90 | 2,87 | — | 1,22 | — | 45,3 | — | 6,55 | 36,16 | — |
| 5. Mahlung (Haferstrohmehl) . . . . . | 6,45 | 2,93 | — | 1,22 | — | 44,8 | — | 6,88 | 37,72 | — |
| Mittlere Zusammensetzung des Haferstrohs[1] | 14,3 | 3,8 | 1,3 | 1,6 | 0,5 | 28,7 | 20,9 | 5,7 | 35,9 | 16,5 |
| 2. Roggenstroh | | | | | | | | | | |
| 3. Mahlung . . . . . | 6,51 | 2,66 | — | 1,59 | — | 49,5 | — | 4,44 | 35,30 | — |
| 5. Mahlung (Roggenstrohmehl) . . . . | 5,4 | 2,7 | — | 1,6 | — | 45,5 | — | 5,0 | 39,80 | — |
| Mittlere Zusammensetzung des Strohs von Winterroggen[1] . . . | 14,3 | 3,1 | 0,6 | 1,3 | 0,4 | 44,0 | 22,0 | 4,1 | 33,2 | 12,9 |
| 3. Weizenstroh | | | | | | | | | | |
| 3. Mahlung . . . . . | 7,85 | 1,78 | — | 1,03 | — | 52,27 | — | 6,03 | 31,04 | — |
| 5. Mahlung (Weizenstrohmehl) . . . . | 6,20 | 1,84 | — | 1,00 | — | 51,12 | — | 7,70 | 32,14 | — |
| Mittlere Zusammensetzung des Strohs von Winterweizen[1] . . . | 14,3 | 3,0 | 0,2 | 1,2 | 0,4 | 40,8 | 20,4 | 4,8 | 35,9 | 13,3 |
| 4. Gerstenstroh | | | | | | | | | | |
| 3. Mahlung . . . . . | 7,55 | 6,56 | — | 1,08 | — | 44,0 | — | 4,10 | 36,71 | — |
| 5. Mahlung (Gerstenstrohmehl) . . . . | 6,3 | 6,01 | — | 1,05 | — | 40,75 | — | 5,77 | 40,12 | — |
| Mittlere Zusammensetzung des Strohs von Sommergerste[1] . . . | 14,3 | 3,5 | 0,9 | 1,4 | 0,5 | 39,5 | 21,3 | 5,4 | 35,9 | 19,0 |
| Mittlere Zusammensetzung des Strohs von Wintergerste[1] . . . . | 14,3 | 3,2 | 0,7 | 1,4 | 0,4 | 42,0 | 21,0 | 5,6 | 33,5 | 12,7 |

Was nunmehr die zu den Versuchen angewendeten Lösungsmittel angeht, so haben wir nicht mit natürlichen Verdauungssäften gearbeitet, weil diese in den benötigten Mengen nicht zu beschaffen gewesen wären, sondern wir haben an ihrer

[1]) Nach O. Kellner, Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere IV. Aufl., S. 587.

[2]) Bei der Gleichmäßigkeit des Wassergehalts der untersuchten Stroharten konnte von einer Umrechnung der erhaltenen Ergebnisse auf wasserfreie Substanz abgesehen werden.

[3]) Die Rohfaser wurde bei unsern Versuchen nach dem in den „Vereinbarungen zur einheitlichen Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln", Heft 1, S. 16 angegebenen Verfahren bestimmt.

Stelle Wasser, verdünnte — $^1/_{10}$ normale — Salzsäure von der Konzentration der Magensalzsäure, verdünnte — $^1/_{10}$ normale — wässerige Natriumbicarbonatlösung von der Konzentration, wie sie im Pankreas- und Darmsaft anzunehmen ist, sowie Diastaselösungen zur Einwirkung gebracht. Dies erscheint ausreichend und zweckmäßig, weil es uns nicht darauf ankam, die absolute Löslichkeit von Bestandteilen des Strohs in den Verdauungssäften festzustellen, sondern weil in vergleichenden Versuchen nur ermittelt werden sollte, ob in Lösungsmitteln, wie sie bei der Verdauung wirksam sind, Bestandteile des Strohs mit dessen zunehmender Zerkleinerung eine wachsende Löslichkeit erfahren und von welcher Größenordnung gegebenenfalls diese Zunahme der Löslichkeit ist. Was die Konzentration der angewendeten Salzsäure anlangt, so ist hinlänglich bekannt, daß der Gehalt des Magensaftes an Salzsäure etwa demjenigen einer $^1/_{10}$ normalen Säure entspricht. Dagegen bedarf die Frage, weshalb wir zur Nachahmung der alkalischen Reaktion des Pankreas- und Darmsaftes $^1/_{10}$ normale Natriumbicarbonatlösung genommen haben, einer kurzen Erörterung.

Bei früheren Verdauungsversuchen der Physiologen wurde als Medium, das dem Darmsaft ähnlich sein sollte, fast allgemein verdünnte Sodalösung benutzt, da angenommen wurde, daß die Säfte des Darms stark alkalisch sind. In einer Abhandlung über „Die Alkalität von Pankreassaft und Darmsaft lebender Hunde“ [1]) zeigten aber Auerbach und Pick, daß jene Annahme unrichtig ist. Untersuchungen an einer großen Reihe von Säften mittels dreier verschiedener Verfahren — koloriskopische Vergleichung der Indikatorfärbungen, elektrometrische Messung der Wasserstoffionenkonzentration, chemische Analyse — führten übereinstimmend zu dem Ergebnis, daß das Verhältnis von Kohlensäure zu Alkali in den Säften, wie sie zur Untersuchung gelangten, nicht demjenigen einer Sodalösung, sondern fast genau dem einer Lösung von Natriumbicarbonat entsprach, so daß z. B. Phenolphthalein in den Säften keine oder nur eine geringe Rötung bewirkte. Da zudem ein geringer Verlust an Kohlensäure aus den Säften vor der Untersuchung unvermeidlich war, so ergab sich, daß Pankreas- und Darmsaft in ihrer Alkalität Bicarbonatlösungen vergleichbar sind, die noch etwas freie Kohlensäure enthalten. Die freie Kohlensäure, die ja auch in den Darmgasen zu finden ist, hat ihren Ursprung wenigstens zum Teil in der Einwirkung des sauren Mageninhalts auf die bicarbonathaltigen Ausscheidungen der Pankreas- und Darmdrüsen. Als Produkt dieser Einwirkung ist auch Natriumchlorid in reichlicher Menge im Darmsaft enthalten. Bei den damals untersuchten Proben von Pankreassaft bewegte sich der Gehalt an $NaHCO_3$ zwischen 0,4 und 1,1%, derjenige an NaCl zwischen 0,18 und 0,37%, während der Darmsaft 0,20—0,24% $NaHCO_3$ und 0,72—0,81% NaCl enthielt. Eine $^1/_{10}$ normale Natriumbicarbonatlösung, die 0,84% $NaHCO_3$ enthält, entspricht also in ihrer Konzentration etwa dem mittleren Gehalt des Pankreassaftes an Bicarbonat und ist etwa 4mal so stark im Vergleich mit dem Gehalt des Darmsaftes an Bicarbonat. Dies stößt aber auf keine Bedenken, weil die Alkalität von Natriumbicarbonatlösungen innerhalb eines ziemlich

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 43 (1912), S. 155.

weiten Gebiets unabhängig von der Konzentration ist. Es genügte daher, Natriumbicarbonatlösungen von nur einer Konzentration zur Anwendung zu bringen. Die $^1/_{10}$ normale Natriumbicarbonatlösung empfahl sich auch deshalb, weil dadurch bei den Versuchen, bei denen man auf das Strohmehl zuerst Salzsäure und darauf Bicarbonat einwirken ließ, die Versuchsanordnung vereinfacht wurde.

Für die im Verdauungskanal verlaufenden chemischen Vorgänge kommt den Enzymen eine ausschlaggebende Bedeutung zu. Es war daher notwendig, auch in dieser Richtung Versuche mit Strohmehl anzustellen. Da die Getreidestroharten nur geringe Mengen an ätherlöslichen Bestandteilen (Fett) und an Stickstoffverbindungen (Eiweiß) enthalten, war von fettspaltenden und eiweißlösenden Enzymen eine bemerkenswerte Einwirkung kaum zu erwarten. Es wurde deshalb auf Versuche mit solchen Enzymen verzichtet, dagegen die Wirksamkeit eines amylolytischen, d. h. Kohlehydrate in Zucker überführenden Enzyms, der Diastase, auf das Strohmehl näher untersucht. Zu den Versuchen wurden sowohl Gerstenmalzauszüge als auch eine Lösung von reiner Diastase verwendet und die Bedingungen für den Angriff durch die Diastase so günstig als möglich gewählt. Es wurde daher nicht bei einer Temperatur von 37°, bei der die Wirksamkeit der Diastase noch gering ist, sondern bei der für die Einwirkung der Diastase günstigsten Temperatur von 60° gearbeitet. Außerdem wurde das Strohmehl durch vorheriges Erhitzen mit Wasser auf 100° nach Möglichkeit zu verkleistern und damit für die Einwirkung der Diastase möglichst geeignet zu machen versucht. Durch Kontrollversuche mit Stärke überzeugte man sich in jedem Falle von der guten Wirksamkeit der angewandten Malzauszüge und Diastaselösung.

Abgesehen von den Versuchen mit Diastase und einigen vergleichenden Versuchen bei höheren Temperaturen, die in Tabelle 4 (Seite 247) zusammengestellt sind und später noch zu besprechen sein werden, wurde bei Körpertemperatur, also bei 37°, gearbeitet. Denn es kam nicht darauf an, festzustellen, wieviel lösliche Stoffe Stroh verschiedenen Zerkleinerungsgrades überhaupt, sondern unter solchen Bedingungen entzogen werden können, über die der menschliche und tierische Organismus verfügt.

Die von uns innegehaltene Versuchsanordnung war im einzelnen die folgende:

10 g des betreffenden Mahlguts wurden bei den Versuchen mit Wasser und mit Salzsäure mit 400 ccm des Lösungsmittels in einem 600 ccm fassenden Stehkolben versetzt und zwei Stunden im Thermostaten bei 37° stehen gelassen, wobei die Kolben, um ein Verdunsten des Lösungsmittels zu vermeiden, mit Uhrgläsern bedeckt waren. In $^1/_4$ stündlichen Zwischenräumen wurde der Kolbeninhalt tüchtig durchgeschüttelt. Nach Ablauf der Reaktionsdauer wurde die Lösung vom Rückstand durch Filtrieren durch ein Faltenfilter getrennt. Das Filtrieren geht im allgemeinen leicht von statten. Bei den Versuchen mit Salzsäure wurde die Mischung vor dem Filtrieren mit einer abgewogenen Menge Natriumbicarbonat neutralisiert, um bei dem nachfolgenden Eindampfen des Filtrats eine Zersetzung der in Lösung gegangenen Stoffe durch die Salzsäure zu verhindern. Bei den Versuchen mit Natriumbicarbonat wurde eine etwas stärkere Lösung als eine $^1/_{10}$ normale angewendet, damit man mit einem Volum des Lösungsmittels von 360 ccm auskam. Das geschah, weil nach Beendigung der Einwirkung des Bicarbonats 40 ccm normale Salzsäure

zuzusetzen waren, einerseits um die angewendete Bicarbonatmenge zu neutralisieren, anderseits um das Flüssigkeitsvolum wie bei den Versuchen mit Wasser und mit Salzsäure auf 400 ccm zu bringen. Bei der Neutralisation von Auszügen mit Salzsäure und Natriumbicarbonat, bei denen dies in einigen Fällen absichtlich erst nach dem Filtrieren geschah, konnte eine Ausfällung von Eiweiß nicht beobachtet werden.

Um die einzelnen Phasen der Verdauung nachzuahmen, wurden weitere Versuche angestellt, bei denen 10 g Mahlgut zuerst mit 360 ccm einer etwas stärkeren als $^1/_{10}$ normalen Salzsäure zwei Stunden lang im Thermostaten behandelt und die Mischung darauf mit einer doppelt so großen Menge festem Natriumbicarbonat, als zur Neutralisation der angewendeten Salzsäuremenge erforderlich war, versetzt wurde, so daß nunmehr an Stelle der $^1/_{10}$ normalen Salzsäure eine etwa $^1/_{10}$ normale Lösung von Natriumbicarbonat und Natriumchlorid zur Einwirkung gelangte. Auch diese ließen wir wiederum zwei Stunden im Thermostaten bei 37° andauern, wobei die Kolben von $^1/_4$ zu $^1/_4$ Stunde kräftig geschüttelt wurden. Nach Beendigung des Versuches wurde durch Zusatz von 40 ccm normaler Salzsäure neutralisiert. Auf diese Weise suchten wir die Verhältnisse nachzuahmen, wie sie bei der Verdauung eintreten, wenn der Speisebrei aus dem Magen in den Darm wandert.

Bei den Experimenten mit Diastase wurde zur Herstellung der Diastaselösungen einerseits von frischem Darrmalz, anderseits von einem Diastasepräparat ausgegangen, das von der Firma Merck in Darmstadt bezogen war[1]). Von dem Darrmalz wurden 200 g mit 1 Liter Wasser etwa $^1/_2$ Stunde lang bei 30° ausgezogen und die Lösung durch ein Faltenfilter filtriert, bis sie klar war. Die aus dem Diastasepräparat durch Behandeln mit Wasser bei gewöhnlicher Temperatur und Filtrieren der Flüssigkeit durch ein Faltenfilter hergestellte Lösung enthielt etwa 1 g der Substanz in 100 ccm. Zur Prüfung der Wirksamkeit der so erhaltenen Fermentlösungen wurde je 1 g Weizenstärke mit den Lösungen in der gleichen Weise behandelt, wie dies bei der Beschreibung des Hauptversuchs sogleich näher angegeben werden wird. Die Filtrate wurden dann mit einer hinreichenden Menge Fehlingscher Lösung gekocht und dabei eine erheblich stärkere Reduktion beobachtet, als sie beim Malzauszug allein bei der gleichen Behandlung eintrat.

Der Versuch selbst wurde so ausgeführt, daß 10 g Mahlgut mit 300 ccm Wasser zwei Stunden lang in einem kochenden Wasserbad im Stehkolben von 600 ccm Inhalt erwärmt wurden, der zur Vermeidung einer Verdunstung von Wasser mit einem Glasrohr als Rückflußkühler versehen war. Hierdurch sollte im Stroh etwa vorhandene Stärke verkleistert werden. Darnach wurde die Mischung auf etwa 60° abgekühlt, mit 100 ccm der Fermentlösung versetzt, zwei Stunden lang auf 60° erwärmt, dann abgekühlt und durch Filtration durch ein Faltenfilter getrennt. Die Filtration geht langsam von statten, das Filtrat läuft jedoch klar ab.

Daneben erwiesen sich folgende Kontrollversuche als notwendig. Zunächst war das Mahlgut mit Wasser bei den gleichen Temperaturen zu behandeln, um festzustellen, welche Mengen an Strohbestandteilen bei diesen Temperaturen in Wasser

---

[1]) Mit dem Diastasepräparat von Merck wurde nur ein Versuch mit Haferstroh ausgeführt.

allein in Lösung gehen. Es wurden daher 10 g Mahlgut für sich mit 300 ccm Wasser zwei Stunden lang im kochenden Wasserbad erwärmt, hierauf auf 60° abgekühlt, mit 100 ccm Wasser versetzt, die Mischung zwei weitere Stunden auf 60° erwärmt, dann abgekühlt und filtriert. Ferner wurde ein blinder Versuch ausgeführt, indem 300 ccm Wasser von 60° mit 100 ccm der Fermentlösung versetzt und zwei Stunden lang bei dieser Temperatur erhalten wurden; alsdann wurde verfahren wie zuvor. Überdies wurde noch ein Gemisch von 10 g Haferstrohmehl und 1 g Stärke dem gleichen Verfahren wie beim Hauptversuch unterworfen, um nachzuweisen, daß die Wirksamkeit der Diastase durch Bestandteile des Strohs nicht behindert und die Stärke hierbei auch gefunden wird, wenn sie vorhanden ist.

Bei den Versuchen mit den Diastaselösungen wurde jedoch nicht nur der Trockenrückstand der schließlich erhaltenen Filtrate, sondern in einer Anzahl derselben auch der entstandene Zucker mittels Fehlingscher Lösung[1]) bestimmt (vergl. Tabelle 6). Dabei wurde der Gehalt an Zucker auch in den entsprechenden wässerigen Auszügen ermittelt; hierbei wurden geringe Mengen Zucker festgestellt, die beim Hafer-, Weizen- und Roggenstrohmehl größer waren als der Zuckergehalt der Malzauszüge dieser Stroharten nach Abzug der im Malzauszug selbst enthaltenen Menge Zucker.

In diesen Fällen ist also durch Einwirkung der Diastase auf die betreffenden Stroharten Zucker nicht gebildet worden. Beim Gerstenstroh wurde eine geringe Menge solchen Zuckers festgestellt. In allen Fällen handelte es sich aber um so geringe Mengen, daß die Versuchsfehler eine bedeutende Rolle spielen und alle diese Werte außer Betracht bleiben können. Ob der in den wässerigen Auszügen nachgewiesene reduzierende und als Zucker angesprochene Stoff auch wirklich oder wenigstens teilweise aus Zucker bestand, bleibt dahingestellt. Bei den ermittelten geringen Mengen war es belanglos, diese Frage näher zu prüfen.

Von den sämtlichen Filtraten, die wir bei unsern Versuchen nach der vorstehend geschilderten Versuchsanordnung gewannen, wurden je 200 ccm in Platinschalen eingedampft und der Abdampfrückstand bei 108—110° in der Regel bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Das Endgewicht[2]), mit 20 multipliziert, ergibt dann den ausziehbaren Gesamtrückstand oder den Gehalt des betreffenden Mahlguts an ausziehbaren Bestandteilen in Prozenten. Bei den mittels Diastase bewirkten Auszügen war eine Gewichtskonstanz des Abdampfrückstandes nicht zu erreichen; die hierbei erhaltenen Rückstände wurden daher bei 108—110° zwei Stunden lang getrocknet, dann gewogen, nochmals zwei Stunden lang getrocknet und abermals gewogen. Das Gewicht dieser zweiten Wägung wurde als das maßgebende angesehen, da bei weiter fortgesetztem Trocknen so starke Gewichtsabnahmen eintraten, daß auf Zersetzungen innerhalb des Rückstandes geschlossen werden mußte.

Schließlich wurden zur Bestimmung des organischen Anteils der ausziehbaren Bestandteile des Strohs die Abdampfrückstände vorsichtig verascht.

---

[1]) Mit der von Schoorl angegebenen Abänderung der Rücktitration des überschüssigen Kupfersulfats mittels Jodkaliumlösung; vergl. Zeitschrift für angewandte Chemie, 1899, 12. Bd., S. 633.

[2]) Nötigenfalls nach Abzug der durch Neutralisation der Auszüge entstandenen Kochsalzmenge sowie des Abdampfrückstandes des Malzauszuges.

Das Aschengewicht[1]), mit 20 multipliziert, ergab den Gehalt des betreffenden Mahlguts an ausziehbaren Mineralstoffen in Prozenten[2]). Wurde dieser Wert vom Wert des Gesamtrückstandes abgezogen, so erhielt man den Gehalt des betreffenden Mahlguts an ausziehbaren organischen Stoffen in Prozenten.

Die Veraschung des Abdampfrückstandes war auch in den Fällen zulässig, in denen durch die Neutralisation der Auszüge Kochsalz entstanden war, das dem Abdampfrückstand und der Asche beigemengt blieb. Denn bei der Untersuchung der Asche auf ihre Alkalität und ihren Gehalt an Phosphorsäure und Kieselsäure zeigte es sich, daß mehr Alkali in der Asche vorhanden war, als zur völligen Neutralisation der darin enthaltenen Phosphorsäure und Kieselsäure erforderlich war; es waren daher Verluste an Chlor aus dem der Asche beigemengten Chlornatrium infolge von Umsetzungen mit der Phosphor- oder Kieselsäure nicht zu befürchten.

Die Veraschung der mittels Salzsäure, Natriumbicarbonat und Salzsäure + Natriumbicarbonat erhaltenen Auszüge wurde jedoch nur beim Haferstroh durchgeführt. Bei den übrigen Stroharten haben wir uns damit begnügt, nur bei den wässerigen Auszügen den Aschengehalt zu bestimmen und diesen auch bei den Berechnungen des organischen Anteils der mittels Salzsäure usw. erhaltenen Auszüge zu benutzen. Dies konnte unbedenklich geschehen, weil die Aschenbestimmungen der verschiedenen Auszüge des Haferstrohs für die praktischen Ziele der vorliegenden Untersuchungen nur unbeachtliche Unterschiede ergeben hatten.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind in der Tabelle 2 (S. 246 u. 247) zusammengestellt.

Bevor die aus den Versuchsergebnissen ableitbaren Schlußfolgerungen mitgeteilt werden, erscheint es zweckmäßig, zunächst noch auf einige ergänzende Versuche einzugehen, die mit Haferstroh allein ausgeführt wurden, da die verschiedenen Stroharten den Lösungsmitteln gegenüber so geringe Unterschiede gezeigt hatten, daß mit einem verschiedenartigen Verhalten der einzelnen Stroharten bei diesen Versuchen nicht zu rechnen war.

Um dem Einwand zu begegnen, daß die angewendeten Mengen der Lösungsmittel (400 ccm auf 10 g Stroh) und die Einwirkungsdauer von zwei Stunden unzureichend gewesen seien, wurden die in Tabelle 3 (S. 246) angeführten Versuche vorgenommen.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß es keinen Unterschied ergibt, ob 10 g des Strohs der dritten oder fünften Mahlung mit 200, 400 oder 1000 ccm Wasser von 37° behandelt werden, und daß es nicht gelang, aus dem feinsten Haferstrohmehl eine größere Menge an löslichen Bestandteilen als aus dem spreuartigen Erzeugnis der dritten Mahlung auszuziehen, selbst als im ersten Fall der Versuch auf zwei Tage ausgedehnt, im letzteren Fall auf zwei Stunden beschränkt wurde. Die Menge des Gesamtextrakts betrug in diesem Falle beim Strohmehl 9,80% und bei der Strohspreu 9,50%, ein Unterschied, der unbeachtlich ist.

---

[1]) Nötigenfalls nach Abzug der durch Neutralisation der Auszüge entstandenen Kochsalzmenge sowie der Aschenmenge des Malzauszuges.

[2]) Dabei wurde der Kohlensäuregehalt der Asche nicht in Rechnung gebracht.

Tabelle 2. Ergebnisse vergleichender Extraktionsversuche von Getreide-Verdauungssäften

| Art und Menge des Lösungsmittels | Dauer der Extraktion | Temperatur | Haferstroh | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1. Mahlung (10 g) | | | 3. Mahlung (10 g) | | | 5. Mahlung (10 g) | | |
| | | | Menge des Gesamtextrakts[1] % | Menge der löslichen Mineralstoffe[1] % | Menge der löslichen organischen Stoffe % | Menge des Gesamtextrakts[1] % | Menge der löslichen Mineralstoffe[1] % | Menge der löslichen organischen Stoffe % | Menge des Gesamtextrakts[1] % | Menge der löslichen Mineralstoffe[1] % | Menge der löslichen organischen Stoffe % |
| Wasser, 400 ccm . . . . . | 2 Std. | 37° | 8,15 | 3,54 | 4,61 | 7,95 | 3,19 | 4,76 | 9,53 | 3,30 | 6,23 |
| $^1/_{10}$ normale Salzsäure, 400 ccm | 2 Std. | 37° | 8,30 | 3,52 | 4,78 | 7,98 | 3,94 | 4,04 | 9,01 | 4,18 | 4,84 |
| $^1/_{10}$ normale Natriumbicarbonatlösung, 400 ccm . . | 2 Std. | 37° | 9,32 | 3,93 | 5,39 | 8,80 | 3,90 | 4,90 | 9,62 | 3,57 | 6,05 |
| Salzsäure + Natriumbicarbonatlösung, je $^1/_{10}$ normal. Gesamtvolum 400 ccm . . | 2 + 2 Std. | 37° | 8,85 | 3,68 | 5,17 | 9,30 | 3,50 | 5,80 | 9,45 | 3,82 | 5,63 |
| 1 prozentige Diastaselösung, 100 ccm + 300 ccm Wasser | 2 Std. | 60° | — | — | — | 11,0 | — | — | 11,0 | — | — |
| Malzauszug, 100 ccm + 300 ccm Wasser . . . . . | | | 11,6 | — | — | 11,7 | — | — | 11,4 | — | — |
| Wasser unter gleichen Bedingungen, 400 ccm . . . | | | 11,3 | — | — | 11,3 | — | — | 11,7 | — | — |

[1]) Nach Abzug des bei der Neutralisation entstandenen Kochsalzes.

Tabelle 3. Extraktionsversuche von Haferstrohpulver mit Wasser zur Prüfung der Frage, welche Zeit und welche Wassermengen zur erschöpfenden Extraktion erforderlich sind.

| Art und Menge der angewandten Substanz | Menge des Lösungsmittels, Wasser | Temperatur | Zeitdauer der Extraktion | Menge des Gesamtextrakts % | Menge der löslichen Mineralstoffe % | Menge der löslichen organischen Stoffe % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 g Haferstroh, 3. Mahlung . . | 200 ccm | 37° | 2 Stunden | 9,50 | 3,42 | 6,08 |
| 10 g „ , 5. „ . . | 400 „ | 37° | 2 „ | 9,53 | 3,30 | 6,23 |
| 10 g „ , 5. „ . . | 200 „ | 37° | 2 Tage | 9,80 | 3,72 | 6,08 |
| 10 g „ , 3. „ . . | 200 „ | 37° | 2 Stunden | 8,04 | 3,03 | 5,01 |
| 10 g „ , 5. „ . . | 200 „ | 37° | 2 „ | 8,60 | 2,97 | 5,63 |
| 10 g „ , 3. „ . . | 1000 „ | 37° | 2 „ | 8,63 | 3,28 | 5,35 |
| 10 g „ , 5. „ . . | 1000 „ | 37° | 2 „ | 9,55 | 3,53 | 6,02 |

strohpulver verschiedenen Feinheitsgrades mit Lösungsmitteln, die vergleichbar sind.

| Gerstenstroh | | | | | | Roggenstroh | | | | | | Weizenstroh | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3. Mahlung (10 g) | | | 5. Mahlung (10 g) | | | 3. Mahlung (10 g) | | | 5. Mahlung (10 g) | | | 3. Mahlung (10 g) | | | 5. Mahlung (10 g) | | |
| Menge des Gesamtextrakts[1]) | Menge der löslichen Mineralstoffe[1]) | Menge der löslichen organischen Stoffe | Menge des Gesamtextrakts[1]) | Menge der löslichen Mineralstoffe[1]) | Menge der löslichen organischen Stoffe | Menge des Gesamtextrakts[1]) | Menge der löslichen Mineralstoffe[1]) | Menge der löslichen organischen Stoffe | Menge des Gesamtextrakts[1]) | Menge der löslichen Mineralstoffe[1]) | Menge der löslichen organischen Stoffe | Menge des Gesamtextrakts[1]) | Menge der löslichen Mineralstoffe[1]) | Menge der löslichen organischen Stoffe | Menge des Gesamtextrakts[1]) | Menge der löslichen Mineralstoffe[1]) | Menge der löslichen organischen Stoffe |
| % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| 7,28 | 4,95 | 2,33 | 7,30 | 4,41 | 2,89 | 6,10 | 2,08 | 4,02 | 7,44 | 2,22 | 5,22 | 5,30 | 3,18 | 2,12 | 5,50 | 3,22 | 2,28 |
| 6,99 | 4,95 | 2,04 | 7,26 | 4,41 | 2,85 | 6,38 | 2,08 | 4,30 | 6,23 | 2,22 | 4,01 | 5,55 | 3,18 | 2,37 | 5,81 | 3,22 | 2,59 |
| 8,72 | 4,95 | 3,77 | 9,03 | 4,41 | 4,62 | 6,89 | 2,08 | 4,81 | 7,67 | 2,22 | 5,45 | 6,20 | 3,18 | 3,02 | 6,54 | 3,22 | 3,32 |
| 7,42 | 4,95 | 2,47 | 7,70 | 4,41 | 3,29 | 6,75 | 2,08 | 4,67 | 6,87 | 2,22 | 4,65 | 6,90 | 3,18 | 3,72 | 6,80 | 3,22 | 3,58 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 11,2 | — | — | 12,0 | — | — | 8,4 | — | — | 8,7 | — | — | 6,8 | — | — | 7,7 | — | — |
| 9,9 | — | — | 11,2 | — | — | 8,7 | — | — | 9,3 | — | — | 7,1 | — | — | 7,6 | — | — |

Über den Einfluß der Temperatur beim Ausziehen des Strohmehls mit Wasser geben die Versuche der nachstehenden Tabelle 4 Auskunft, aus denen hervorgeht, daß die Erhöhung der Temperatur keinen großen Einfluß auf die Menge der löslichen Stoffe ausübt. Während die Menge des Gesamtextrakts bei 37° 9,53% betrug, stieg sie bei 100° nur noch um etwa 3% bis zum Höchstbetrage von 12,47%.

Tabelle 4. Versuche zur Prüfung der Frage, welchen Einfluß die Temperatur auf die Menge der durch Wasser aus Haferstrohmehl ausziehbaren Stoffe hat.

| Art und Menge der angewandten Substanz | Menge des Lösungsmittels, Wasser | Zeitdauer der Extraktion | Temperatur | Menge des Gesamtextrakts % | Menge der löslichen Mineralstoffe % | Menge der löslichen organischen Stoffe % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 g Haferstroh, 5. Mahlung . . | 400 ccm | 2 Stunden | 37° | 9,53 | 3,30 | 6,23 |
| 10 g „ , 5. „ . . | 400 „ | 2 „ | 50° | 10,44 | 3,64 | 6,80 |
| 10 g „ , 5. „ . . | 400 „ | 2 „ | 100° | 12,47 | 4,01 | 8,46 |

Schließlich ist noch die Menge an löslichen Stoffen bestimmt worden, welche durch wiederholtes Ausziehen mit Wasser bei 100° aus Haferstroh überhaupt in Lösung gebracht werden kann. Bei den ersten Auszügen wurde die Temperatur bei 50° belassen, um etwa noch nicht koagulierte Eiweißstoffe, die bei 100° koaguliert und unlöslich geworden wären, in Lösung zu bringen. Die nachfolgenden Auszüge sind dann bei 100° hergestellt worden. Hierbei zeigte es sich, daß nach dreimaligem Ausziehen mit je 400 ccm Wasser die löslichen Stoffe des jeweiligen Mahlguts so gut wie erschöpft waren; die Menge der löslichen Stoffe betrug unter diesen Verhältnissen, wie aus der nachstehenden Tabelle 5 hervorgeht, 14,5—15,6%.

Tabelle 5. Versuche zur Prüfung der Frage, welche Gesamtmenge löslicher Stoffe durch wiederholtes Ausziehen mit Wasser aus Haferstrohpulver in Lösung gebracht werden kann.

| Art und Menge der angewandten Substanz | Menge des Lösungsmittels | Temperatur | Zeitdauer der Extraktion | Menge des Gesamtextrakts % | Menge der löslichen Mineralstoffe % | Menge der löslichen organischen Stoffe % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 g Haferstroh, 3. Mahlung | 1. Extraktion: 400 ccm Wasser | 50° | 2 Stdn. | 10,40 | 3,55 | 6,85 |
| | 2. „ : 400 „ „ | 100° | 2 „ | 3,97 | 1,33 | 2,64 |
| | 3. „ : 400 „ „ | 100° | 2 „ | 1,25 | 0,37 | 0,88 |
| | Insgesamt: | | 6 Stdn. | 15,62 | 5,25 | 10,37 |
| 10 g Haferstroh, 5. Mahlung | 1. Extraktion: 400 ccm Wasser | 50° | 2 Stdn. | 10,44 | 3,64 | 6,80 |
| | 2. „ : 400 „ „ | 100° | 2 „ | 3,02 | 0,92 | 2,10 |
| | 3. „ : 400 „ „ | 100° | 2 „ | 1,03 | 0,35 | 0,68 |
| | Insgesamt: | | 6 Stdn. | 14,49 | 4,91 | 9,58 |
| 10 g Haferstroh, 5. Mahlung | 1. Extraktion: 400 ccm Wasser | 50° | 4 Stdn. | 10,47 | 3,65 | 6,82 |
| | 2. „ : 400 „ „ | 100° | 4 „ | 3,07 | 0,88 | 2,19 |
| | 3. „ : 400 „ „ | 100° | 4 „ | 1,08 | 0,31 | 0,77 |
| | Insgesamt: | | 12 Stdn. | 14,62 | 4,84 | 9,78 |

Aus den in den Tabellen 2—5 zusammengestellten Übersichten lassen sich nun hinsichtlich der Einwirkung der angewandten Lösungsmittel auf die untersuchten Getreidestroharten die folgenden Ergebnisse ableiten:

Die vier untersuchten Stroharten weisen, unter sich verglichen, nur geringe Unterschiede im Gehalt an löslichen Stoffen auf. Ordnet man sie nach steigendem Gehalt an diesen, so ergibt sich die Reihe: Weizen-, Roggen-, Gersten-, Haferstroh. Haferstroh ist also auch nach diesen Ergebnissen das am besten ausnutzbare.

Der Grad der Zerkleinerung der Stroharten vom groben Strohhäcksel bis zum feinsten Strohmehl ist, praktisch genommen, ohne jeden Einfluß auf die Menge der Stoffe, die bei der Behandlung des Strohs mit Wasser, verdünnter Salzsäure, verdünnter Natriumbicarbonatlösung oder Malzauszug unter Bedingungen, wie sie bei der Verdauung anzunehmen sind, in Lösung gehen. Die Auffassung von Friedenthal

trifft somit nicht zu, daß der Nährstoffgehalt des Strohs deshalb nicht völlig ausgenutzt werden könne, weil die in den Zellen abgelagerten Stoffe des Strohs wegen der durch Verholzung und Verkieselung undurchlässig gewordenen Zellwände für die Verdauungssäfte unangreifbar geworden seien, daß es daher der Zertrümmerung der Zellwände bedürfe, um diese Stoffe bloßzulegen und in Lösung zu bringen.

Die Mengen der aus ein und derselben Strohart durch die angewendeten verschiedenen Lösungsmittel — mit scheinbarer Ausnahme des Malzauszugs — ausgezogenen Stoffe sind nicht wesentlich voneinander verschieden. Es macht daher keinen großen Unterschied, ob das Stroh mit Wasser, verdünnter Salzsäure oder verdünnter Natriumbicarbonatlösung bei Körpertemperatur ausgezogen wird.

Die aus Getreidestroh durch die angewandten Lösungsmittel bei 37° ausziehbaren Mengen an löslichen Stoffen sind überaus gering; sie betragen im Höchstfalle 10,0% der angewendeten Strohmenge. Dabei ist zu beachten, daß ein erheblicher Teil dieser löslichen Stoffe (mindestens ein Drittel) aus Mineralstoffen besteht.

Die Erscheinung, daß durch Diastaselösungen dem Stroh größere Mengen an löslichen Bestandteilen entzogen werden, als durch die übrigen angewendeten Lösungsmittel, ist nicht auf die Wirkung der Diastase zurückzuführen, sondern erklärt sich aus der bei den Versuchen mit Diastase innegehaltenen höheren Temperatur. Denn unter gleichen Bedingungen hergestellte wässerige Auszüge weisen die gleichen höheren Gehalte an löslichen Bestandteilen auf.

Im übrigen beweisen die in der nachstehenden Tabelle 6 zusammengefaßten Versuchsergebnisse, daß selbst bei der für die Wirksamkeit der Diastase günstigsten Temperatur von 60° die Entstehung von Zucker in mehr als spurenhaften Mengen in keinem Falle nachweisbar war. Die hier untersuchten Stroharten enthalten also keine durch Diastase verzuckerbaren Kohlehydrate, insbesondere keine Stärke. Von der Abwesenheit der Stärke konnte man sich auch mit Hilfe der Jodreaktion überzeugen. In einigen anderen Strohmehlpulvern, die von uns geprüft wurden, konnten mittels dieser Reaktion gelegentlich geringe Mengen Stärke nachgewiesen werden. Bei der mikroskopischen Untersuchung dieser Proben zeigte es sich dann aber, daß es sich dabei nicht um dem Strohmehl eigentümliche, in den Zellen eingelagerte, sondern um zufällig in das Strohmehl hineingelangte Stärke handelt, die wahrscheinlich aus Mehlresten herrührte, die an der Mühle, die zur Vermahlung des Strohs gedient hatte, haften geblieben waren. Auch bei den Versuchen mit Diastaselösungen konnten Unterschiede zwischen dem spreuartigen Strohpulver der dritten Mahlung und dem Feinmehl der fünften Mahlung in bezug auf den Gehalt an löslichen Stoffen nicht beobachtet werden.

Die in den wässerigen Auszügen der Strohmehle aufgefundenen Mengen eines Fehlingsche Lösung reduzierenden und daher als Zucker angesprochenen Stoffs waren nur gering. Die erhaltenen Werte sind daher mit erheblichen Versuchsfehlern behaftet, und es muß dahingestellt bleiben, wie viel von diesen Mengen tatsächlich vorhandenem Zucker entspricht. Da die Mengen so gering sind, daß sie für die Beurteilung des Nährwerts der Stroharten kaum in Betracht kommen, ist von ihrer weiteren Untersuchung Abstand genommen worden. Der Gehalt der Stroharten an Zucker kann höchstens zu 1% angenommen werden.

Tabelle 6.

a) Versuche, aus denen hervorgeht, daß in den mittels Malzauszug oder Diastaselösung hergestellten Auszügen von Strohmehl Zucker nicht oder nur in unbeachtlicher Menge vorhanden ist, daß somit Dextrin, Stärke und sonstige, durch Diastase in Zucker überführbare Kohlehydrate im Stroh nicht vorkommen.

b) Versuche, aus denen hervorgeht, daß deutliche Mengen Zucker in diesen Auszügen auftreten, sobald dem Strohmehl Stärke zugefügt wird.

| 1. Art des Auszuges | 2. In 100 ccm des Auszuges gefundene Menge Zucker g | 3. In 100 ccm des Malzauszuges gefundene Menge Zucker nach Abzug der in 100 ccm des wässerigen Auszuges enthaltenen Zuckermenge g | 4. Versuchsergebnis |
|---|---|---|---|
| **Versuche a.** | | | Die im Malzauszug allein enthaltene Menge Zucker überwiegt den in Spalte 3 erhaltenen Wert beim Haferstrohmehlauszug um 0,021 g, beim Roggenstrohmehlauszug um 0,008 g, beim Weizenstrohmehlauszug um 0,012 g. Diese Werte liegen innerhalb der Versuchsfehler. Es ist somit Zucker aus Dextrin, Stärke oder aus einem sonstigen, durch Diastase in Zucker überführbaren Kohlehydrat im Auszug nicht vorhanden. Ob die in den wässerigen Auszügen gefundenen Zuckermengen gänzlich oder nur teilweise aus Zucker bestehen, ist wegen ihrer Geringfügigkeit nicht weiter untersucht worden. |
| Haferstrohmehl (10 g) + Malzauszug (400 ccm) | 0,417 | 0,384 | |
| Haferstrohmehl (10 g) + Wasser (400 ccm) | 0,033 | | |
| Malzauszug allein (400 ccm) | 0,405 | | |
| Roggenstrohmehl (10 g) + Malzauszug (400 ccm) | 0,308 | 0,278 | |
| Roggenstrohmehl (10 g) + Wasser (400 ccm) | 0,030 | | |
| Malzauszug allein (400 ccm) | 0,286 | | |
| Weizenstrohmehl (10 g) + Malzauszug (400 ccm) | 0,290 | 0,260 | |
| Weizenstrohmehl (10 g) + Wasser (400 ccm) | 0,030 | | |
| Malzauszug allein (400 ccm) | 0,272 | | |
| Gerstenstrohmehl (10 g) + Malzauszug (400 ccm) | 0,350 | 0,338 | Der in Spalte 3 erhaltene Wert überwiegt die im Malzauszug allein enthaltene Menge Zucker um 0,007 g. Dieser Wert liegt innerhalb der Versuchsfehler. Schlußfolgerung wie zuvor. |
| Gerstenstrohmehl (10 g) + Wasser (400 ccm) | 0,012 | | |
| Malzauszug allein (400 ccm) | 0,331 | | |
| Haferstrohmehl (10 g) + Diastaselösung (400 ccm) | 0,051 | 0,018 | Der in Spalte 3 erhaltene Wert überwiegt die in der Diastaselösung allein enthaltene Menge Zucker um 0,002 g. Dieser Wert liegt innerhalb der Versuchsfehler. Schlußfolgerung wie zuvor. |
| Haferstrohmehl (10 g) + Wasser (400 ccm) | 0,033 | | |
| Diastaselösung allein (400 ccm) | 0,016 | | |
| **Versuche b.** | | nach Abzug der in 100 ccm des Malzauszugs allein enthaltenen Zuckermenge | |
| Haferstrohmehl (10 g) + 1 g Weizenstärke + 400 ccm Malzauszug | 0,530 | 0,125 | Es entsteht bei allen 4 Versuchen aus je 1 g Weizenstärke die gleiche erhebliche Zuckermenge, ein Beweis, daß, wenn Stärke den Strohmehlen zugefügt wird, Zucker im Malzauszug der Strohmehle deutlich nachweisbar ist. |
| Roggenstrohmehl (10 g) + 1 g Weizenstärke + 400 ccm Malzauszug | 0,409 | 0,123 | |
| Weizenstrohmehl (10 g) + 1 g Weizenstärke + 400 ccm Malzauszug | 0,400 | 0,128 | |
| Gerstenstrohmehl (10 g) + 1 g Weizenstärke + 400 ccm Malzauszug | 0,454 | 0,123 | |

Für die praktische Beurteilung des Friedenthalschen Vorschlages ergibt sich zunächst, daß die Menge der in Lösungsmitteln, die Verdauungssäften vergleichbar sind, löslichen Bestandteile des Strohs an sich äußerst gering ist, daß sie durch das Mahlen des Strohs selbst bis zum feinsten Strohmehl und damit die Ausnutzung des Strohs nicht erhöht wird, daß es daher eine zwecklose Maßnahme ist, Tieren (insbesondere Wiederkäuern), an die Getreidestroh als Häcksel verfüttert wird, dieses als Feinmehl zu verabreichen, zumal das Mahlen des Strohs ein sehr kostspieliges Verfahren ist. Es erscheint hier erwähnenswert, daß auf Grund von Fütterungsversuchen mit Kakaoschalen an Masttieren in der Versuchswirtschaft Lauchstädt Professor Albert zu dem Ergebnis kommt, daß es gänzlich überflüssig ist, Kosten für das Mahlen von Kakaoschalen aufzuwenden, da die Aufnahme der gemahlenen Kakaoschalen keinerlei Vorteil vor derjenigen der ungemahlenen hat[1]).

## Beurteilung der Nährstoffe des Strohs.

Nunmehr haben wir die Frage nach der Art und Menge der im Stroh etwa vorhandenen Nährstoffe zu prüfen. Diese Prüfung ist notwendig, weil, wie bereits in der Einleitung bemerkt wurde, durch die analytische Ermittelung der einzelnen im Stroh vorhandenen Stoffgruppen allein über seinen Gehalt an Nährstoffen nichts Endgültiges ausgesagt wird.

Außerdem wird hierbei die Frage zu erörtern sein, ob das Stroh durch seine Überführung in feinste Pulverform nicht für die Ernährung solcher Tiere oder auch des Menschen nutzbar gemacht werden kann, bei denen dies bisher lediglich wegen der Form, in der das Stroh zur Verwendung kam, nicht möglich war.

Von den Stoffgruppen, die für die Beurteilung des Nährwerts des Strohs in Betracht kommen, sind nur die Rohfaser (Zellulose) und die stickstofffreien Extraktstoffe von Bedeutung, während die Stickstoffverbindungen (Eiweiß) und die ätherlöslichen Stoffe (Fett) keine oder nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen und keinesfalls die kostspielige Vermahlung des Strohs rechtfertigen oder lohnen würden.

Was zunächst die Stickstoffverbindungen anlangt, so ist ihre Menge gering, sie beträgt etwa 3—4 % des Strohs und ist höchstens etwa zur Hälfte verdaulich (vergl. Tabelle 1)[2]). Wieviel davon aus wirklichem Eiweiß besteht, bleibe dahingestellt[3]). Der wasserlösliche Anteil ist gleichfalls gering. In den Auszügen, die wir von Haferstrohmehl bei 37° herstellten, und zwar

---

[1]) Landwirtschaftliche Jahrbücher Bd. 28, 1899, S. 973.

[2]) Stutzer, Journal f. Landwirtschaft 28. Bd. (1881), S. 195; 36. Bd. (1889), S. 321; 37. Bd. (1890), S. 107, hat in künstlichen Verdauungsversuchen mit saurem Magensaft und alkalischem Bauchspeichel den verdaulichen Anteil der Stickstoffverbindungen von feingepulvertem Getreidestroh im Maximum zu 47,8 %, im Minimum zu 15,5 %, im Mittel zu 29,4 % gefunden.

[3]) Nach einer Angabe von M. Schrodt und H. von Peter (Milchzeitung 1880, S. 641) waren in einer von ihnen untersuchten Probe Haferstroh (Trockensubstanz) 8,54 % Stickstoffverbindungen, in einer anderen 3,48 % enthalten; von diesen waren 4,95 % bezw. 2,09 % nach Stutzer mittels Kupferhydroxyd fällbares Eiweiß.

mit Wasser waren . . . . . 0,9%
„ Salzsäure . . . . . 0,5%
„ Natriumbicarbonat . . . . . 0,9%
„ Salzsäure + Natriumbicarbonat . . . . 0,7%

des Strohmehls an Stickstoffverbindungen (berechnet als Eiweiß) enthalten; diese Menge ist für den Nährstoffgehalt des Auszuges bedeutungslos.

Ähnliches gilt von dem Gehalt des Strohs an ätherlöslichen Stoffen. Auch ihre Menge ist gering und beträgt nur etwa 1,5% des Strohs, wovon nur ein kleiner Teil (vergl. Tabelle 1) verdaulich ist. Angesichts dieser geringfügigen Werte kann ununtersucht bleiben, welcher Anteil der ätherlöslichen Stoffe des Strohs tatsächlich aus Fett besteht und ob dieses nicht zu einem erheblichen Teil mit Farb- und Gerbstoff verunreinigt ist[1]).

Die Menge der Rohfaser des Strohs ist beträchtlich, sie beträgt etwa ein Drittel bis die Hälfte der Strohsubstanz. Die Rohfaser des Strohs wird aber erfahrungsgemäß, soweit sie aus Zellulose sowie aus Lignin und Cutin besteht, nur vom Wiederkäuer und auch von diesem, wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, nur zum Teil verdaut. Nach dem von uns angewendeten Verfahren zur Bestimmung der Rohfaser, wie es in den „Vereinbarungen zur einheitlichen Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln" angegeben ist[2]), bleibt aber ein Teil der im Stroh enthaltenen Pentosane der Rohfaser beigemengt, während ihre Hauptmenge, wie wir noch sehen werden, den wesentlichen Bestandteil der stickstofffreien Extraktstoffe ausmacht. Nach einer Angabe von Tollens[3]) enthält Rohfaser aus Haferstroh 13,9% Pentaglykosen = 12,2% Pentosane. Jedoch sind auch die Pentosane des Strohs, wie Tollens[4]) nachgewiesen hat und noch näher zu erörtern sein wird, nur schwer ausnutzbar. Zellulose wie Pentosane des Strohs kommen daher für die Ernährung anderer Tiere als der Wiederkäuer oder für die des Menschen nicht in Betracht. Daß daran durch die Vermahlung des Strohs etwas geändert wird, ist nicht anzunehmen, da durch dieses Verfahren an der physikalischen oder chemischen Beschaffenheit der Rohfaser nichts geändert wird. Aber selbst wenn die Rohfaser sich im Strohmehl für den Wiederkäuer als verdaulicher erweisen würde, als im Stroh selbst, würde diese Vermehrung der Verdaulichkeit nicht so ins Gewicht fallen, um die Kosten für die Vermahlung des Strohs auszugleichen. Überdies sprechen die bereits angeführten Fütterungsversuche Kellners gegen eine solche Annahme.

Es bleibt somit für die Bestreitung des Nährwerts des Strohs nur noch die Gruppe der stickstofffreien Extraktstoffe übrig, und es ist nunmehr zu untersuchen, aus welchen Bestandteilen sich diese Gruppe im Stroh zusammensetzt und welcher Nährwert den einzelnen Bestandteilen zukommt.

---

[1]) Th. Anderson teilt mit (vergl. Dietrich und König, Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Futtermittel 2. Bd. (1891) S. 992), daß der Gehalt an Fett bei den von ihm untersuchten Stroharten nicht groß genug war, um bestimmt werden zu können.

[2]) Heft I, S. 16.

[3]) Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen Bd. 39 (1891), S. 449.

[4]) Zeitschrift für Rübenzucker-Industrie 1896, II, S. 14 u. 15.

Zunächst ist zu bemerken, daß die Menge der stickstofffreien Extraktstoffe wie bei den Futtermitteln überhaupt, so auch beim Stroh nicht unmittelbar analytisch ermittelt, sondern durch Berechnung gefunden wird, indem man die Menge aller übrigen Bestandteile des Strohs in Prozenten ermittelt und ihre Summe von 100% abzieht. Der verbleibende Rest stellt die vorhandene Menge an stickstofffreien Extraktstoffen dar und ist vor allem von dem Ausfall der Rohfaserbestimmung abhängig. Da, wie bereits auseinandergesetzt wurde, dieser Ausfall je nach dem für die Rohfaserbestimmung angewendeten Verfahren schwankend ist, so ist auch der Wert für die stickstofffreien Extraktstoffe mit der gleichen Unsicherheit behaftet. Die Menge der stickstofffreien Extraktstoffe im Stroh schwankt zwischen 30 und 40%, wovon ein Drittel bis die Hälfte für die Wiederkäuer verdaulich ist (vergl. Tabelle 1).

Zu dieser Gruppe gehören nun die Kohlehydrate außer Zellulose, also die Zuckerarten, Dextrine, Stärke, gewisse Arten von Hemizellulose, Mannane, Galaktane, Pentosane (Arabane, Xylane), während die jeweils vorhandenen organischen Säuren, Pflanzenfarbstoffe, Gerbstoffe, Bitterstoffe zwar nicht zu ihr gehören, aber analytisch bei ihr erfaßt werden. Es ist offenbar, daß je nach dem Vorwalten der einen oder anderen dieser Stoffarten die stickstofffreien Extraktstoffe hinsichtlich ihrer Bedeutung als Nährstoffe sehr unterschiedlich zu beurteilen sind. Die wertvollsten unter diesen Bestandteilen sind die Zuckerarten, Dextrine und Stärke. So rechnen die Getreidemehle, das Brot, die Hülsenfrüchte, die Kartoffeln gerade deshalb zu unsern wertvollsten Nahrungsmitteln, weil die großen Mengen an stickstofffreien Extraktstoffen, die sie enthalten, fast ausschließlich aus Stärke neben geringen Mengen von Zucker und Dextrin bestehen. Stroh und Strohmehl enthalten dagegen, wie bereits angegeben wurde, nur sehr geringe, 1% nicht übersteigende Mengen Zucker, dagegen keine Stärke und kein Dextrin. Desgleichen wurde durch unsere Versuche nachgewiesen, daß die im Stroh vorkommenden Kohlehydrate, darunter die in ihm enthaltenen Pentosane, durch Malzauszug nicht in Zucker übergeführt werden können, wenigstens nicht in irgend welchen beachtlichen Mengen (vergl. Tabelle 6).

Wir gelangen nunmehr zur Besprechung der in der Gruppe der stickstofffreien Extraktstoffe einbegriffenen Pentosane. Daß ein Teil von ihnen bei der Rohfaser mitbestimmt wird, wurde bereits erwähnt. Legt man den von Tollens ermittelten Wert für den Gehalt der Rohfaser an Pentosan mit 12,2% zugrunde, so würden bei einem mittleren Gehalt des Strohs an Rohfaser von 40% etwa 5% davon aus Pentosanen bestehen. Die Pentosane, über die wir Tollens umfangreiche Untersuchungen verdanken[1]), sind in ihrem chemischen Aufbau der Zellulose vergleichbar und stehen zu den Zuckerarten Xylose und Arabinose in dem gleichen Verhältnis, wie die Zellulose zum Traubenzucker. Je nachdem sie bei ihrer hydrolytischen Zerlegung Xylose oder Arabinose ergeben, werden sie als Xylane oder Arabane bezeichnet. Die Pentosane sind dadurch ausgezeichnet, daß sie beim Erhitzen mit wässeriger Salzsäure Furfurol liefern, eine Reaktion, die von Tollens zu einem Bestimmungs-

[1]) Vergl. Annalen der Chemie, Bd. 260, S. 290; Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft Bd. 24 (1891), II, S. 3583; Bd. 36 (1903), III, S. 3318; Zeitschrift für Rübenzucker-Industrie 1896, II, S. 14.

verfahren der Pentosane ausgearbeitet wurde, indem das entstandene Furfurol mittels Phloroglucin gefällt, das Furfurol-Phloroglucin zur Wägung gebracht und aus diesem die Menge der Pentosane berechnet wird. Mit zunehmender Verholzung der Pflanzenteile, in denen die Pentosane vorkommen, werden diese weniger löslich, so daß sie schließlich so gut wie unlöslich werden. In demselben Maße nimmt ihre Verdaulichkeit ab, so daß, während die Pentosane von Mais, Kleie, frischem Heu sich bis zu 90% als verdaulich erwiesen, diejenigen von Sägespänen oder sehr verholzten Substanzen größtenteils den Darm passieren, ohne zu nützen (Tollens). Unter den Pentosanen ist das Xylan das schwerer verdauliche. Nach Tollens sind enthalten im

| | Prozente Pentosan (und zwar vorzugsweise Xylan) | Prozente stickstofffreie Extraktstoffe |
|---|---|---|
| Haferstroh . . . . . | 22,7—23,0 | 36,2 |
| Roggenstroh . . . . . | 22,2 | 33,3 |
| Weizenstroh . . . . . | 22,7—24,4 | 36,9 |
| Gerstenstroh . . . . . | 22,5 | 36,7 |

Wir haben in den von uns hergestellten Strohmehlen gleichfalls Pentosanbestimmungen ausgeführt und dabei die in der nachstehenden Tabelle 7 vereinigten Ergebnisse erhalten, die mit den von Tollens ermittelten Werten gut übereinstimmen.

Tabelle 7. Bestimmung des Pentosangehalts von Strohmehlen[1]).

| Art und Menge des Strohmehls | Menge des erhaltenen Furfurol-Phloroglucins | Daraus berechnete Menge Furfurol | Daraus berechnete Menge Pentosan | Menge des Pentosans in % |
|---|---|---|---|---|
| Haferstrohmehl . . 4,0010 g | 0,9325 g | 0,4832 g | 0,8889 g | 22,22 |
| Roggenstrohmehl . 3,0003 „ | 0,7834 „ | 0,4059 „ | 0,7436 „ | 24,78 |
| Weizenstrohmehl . 3,0004 „ | 0,7931 „ | 0,4109 „ | 0,7529 „ | 25,09 |
| Gerstenstrohmehl . 4,0010 „ | 0,9374 „ | 0,4857 „ | 0,8936 „ | 22,33 |

Ebenso haben wir den Pentosangehalt in den Abdampfrückständen von den wässerigen Auszügen der Strohmehle zu bestimmen versucht. Hierbei haben wir zwar mit Phloroglucin Niederschläge bekommen, aber in so äußerst geringer Menge, daß sich daraus bestimmbare Mengen an Furfurol und Pentosanen nicht berechnen ließen. Die Pentosane der von uns untersuchten Stroharten sind daher in Wasser — wie auch nach den in Tabelle 6 mitgeteilten Versuchsergebnissen in Malzauszug — so gut wie unlöslich. Zieht man von den von uns ermittelten Werten für den Pentosangehalt der Strohmehle 5% als den Anteil ab, der bereits bei der Bestimmung der Rohfaser mitbestimmt wurde, so ergibt sich, daß von dem Gehalt der Stroharten an stickstofffreien Extraktstoffen von 30—40% auf Pentosane 17—20%, mithin etwa die

[1]) Wegen der Ausführung des Bestimmungsverfahrens und der Art der Berechnung vergl. König, Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe, 3. Auflage (1906), S. 243 ff.

Hälfte, entfallen. Diese Hälfte der stickstofffreien Extraktstoffe ist als unlöslich und als für Tiere außer den Wiederkäuern und für den Menschen unverdaulich zu betrachten.

Es fragt sich, aus welchen Stoffen sich die andere Hälfte dieser Gruppe zusammensetzt.

Wollte man diese Frage bis in alle Einzelheiten beantworten, so müßte man dafür umfangreiche und zeitraubende Untersuchungen ausführen, die in keinem Verhältnis zu ihrem Ergebnis stehen würden. Wir haben daher von solchen Untersuchungen abgesehen und begnügen uns mit den folgenden Betrachtungen.

Von Kohlehydraten wäre noch das Vorkommen von Mannanen und Galaktanen in Betracht zu ziehen. Das sind Kondensationsprodukte der Zuckerarten Mannose und Galaktose, in ihrem chemischen Aufbau der Zellulose und den Pentosanen vergleichbar. Da sich die Pentosane des Strohs als unlöslich erwiesen haben, kann man von den Mannanen und Galaktanen das gleiche annehmen. Da Unlöslichkeit und Unverdaulichkeit im vorliegenden Fall einander parallel gehen, so wird man keinen Fehler begehen, etwa im Stroh vorkommende Mannane und Galaktane als unverdaulich anzusehen. Nach Cross, Bevan und Smith[1]) sollen überdies diese Stoffe, sowie Hemizellulosen in Getreidestroharten nicht enthalten sein, da es ihnen nicht gelang, aus den von der Rohfaser der Stroharten durch Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure unter Druck abgetrennten stickstofffreien Extraktstoffen durch Oxydation mit Salpetersäure Säuren mit 6 Atomen Kohlenstoff zu gewinnen.

Eine fernere Gruppe von Stoffen, auf die hier Rücksicht zu nehmen ist, ist die der organischen Säuren. Daß solche im Stroh vorkommen, ließ sich unschwer nachweisen. Die wässerigen Auszüge der Stroharten erwiesen sich gegen Phenolphthalein als sauer. Ein Teil dieser sauren Reaktion ist auf die Anwesenheit von sauren Phosphaten zurück zu führen. Nach Abzug der auf diesen Anteil entfallenden Menge Alkali bleiben für die vorhandenen organischen Säuren, auf 100 g Strohmehl berechnet, etwa 3 ccm normale Kalilauge übrig. Weiterhin ergibt sich, daß von dem Gehalt an Gesamt-Alkali der Asche, die aus den Abdampfrückständen der wässerigen Auszüge der Strohmehle erhalten wird, nach Abzug der zur völligen Neutralisierung der in der Asche vorhandenen Phosphorsäure und Kieselsäure erforderlichen Mengen noch ein Rest an Alkali verbleibt, der nur aus den Salzen organischer Säuren entstanden sein kann. Aus einigen Versuchen ergab sich ein mittlerer Alkalitätsrest der Asche von 15 ccm normaler Kalilauge, auf 100 g Stroh berechnet. Würde man die so erhaltene Summe von 18 ccm normaler Kalilauge auf eine typische Pflanzensäure, z. B. die Oxalsäure mit dem Äquivalentgewicht 45, berechnen, so würde sich ein Gehalt der stickstofffreien Extraktstoffe des Strohs in Form von organischen Säuren von $18 \times 0{,}045 = 0{,}81$ oder rund 1 g auf 100 g Stroh berechnen. Dieser Wert, so schätzungsweise er ist, ist dennoch nur als ein Mindestwert anzusehen, da die im Stroh vorkommenden Säuren ein höheres Äquivalentgewicht als das der Oxalsäure besitzen dürften. Über die im Stroh wirklich vorhandene Menge dieses Anteils, wie auch über seinen Nährwert läßt sich mangels einer näheren Kenntnis der Natur der im Stroh enthaltenen

[1]) Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft Bd. 29 (1896), II, S. 1459

Säuren nichts Bestimmtes aussagen; doch wird man anzunehmen berechtigt sein, daß der Nährwert sich nicht mit dem des Zuckers oder der Stärke vergleichen läßt.

Der noch übrig bleibende Rest an stickstofffreien Extraktstoffen des Strohs besteht aus nicht näher charakterisierten Stoffen, die mit Wasser ausgezogen, aus der wässerigen Lösung mit Alkohol gefällt, mittels Diastase aber nicht in Zucker übergeführt werden können, sowie aus den im Stroh enthaltenen Farbstoffen, Bitterstoffen und Gerbstoffen. Man wird keinen erheblichen Fehler begehen, wenn man den Nährwert dieser Stoffe vernachlässigt.

Aus den vorstehenden Überlegungen ergibt sich, daß auch die stickstofffreien Extraktstoffe des Strohs insgesamt ohne einen nennenswerten Nährwert für Tiere außer den Wiederkäuern sowie für den Menschen sind. Ein gleiches gilt, wie wir sahen, für die anderen im Stroh vorhandenen Gruppen.

Das Stroh ist daher nur als ein für Wiederkäuer zweckmäßiges Nahrungsmittel anzusehen, für die menschliche Ernährung dagegen wertlos. Dieses Urteil hat auch in vollem Umfang Geltung für das Strohmehl. Das Strohmehl unterscheidet sich in keiner Beziehung, weder in seiner Zusammensetzung noch in seinem Verhalten gegenüber Lösungsmitteln, die den Verdauungssäften vergleichbar sind, von dem Stroh, aus dem es hergestellt ist. Es ist gegenüber dem Stroh nicht an leicht der Verdauung zugänglichen Nährstoffen angereichert, weil solche Nährstoffe in den Zellen des Strohs nicht vorhanden sind, also auch nicht im vermehrten Maße in die Verdauungssäfte übertreten können, wenn durch Pulvern des Strohs die Zellwände gesprengt werden und das Innere der Zellen bloßgelegt wird. Die Auszüge, die aus Stroh einerseits, aus Strohmehl anderseits mit — den Verdauungssäften vergleichbaren — Lösungsmitteln gewonnen werden, sind weder in ihrem Gehalt an festen Bestandteilen noch in deren Zusammensetzung voneinander verschieden. In diesen Auszügen sind, gleichgültig ob sie vom Stroh oder vom Strohmehl hergestellt wurden, Stickstoffverbindungen (Eiweiß) und Zucker nur in sehr geringen Mengen, Stärke, Dextrin, Pentosane dagegen nicht vorhanden; sie enthalten außerdem lediglich ein Gemisch von anorganischen Salzen, organischen Säuren in freier Form und in Form von Salzen, nicht näher charakterisierbaren Stoffen und Farbstoffen, Bitterstoffen und Gerbstoffen des Strohs, deren Nährwert als unbeachtlich zu betrachten ist.

Die Herstellung des Strohmehls ist also nicht nur für die Ernährung der Wiederkäuer zwecklos, wie dies im ersten Abschnitt unserer Untersuchungen nachgewiesen wurde, sondern auch für die Ernährung der übrigen Nutztiere, wie auch insbesondere für die Ernährung des Menschen abzulehnen.

Gegen dieses Schlußergebnis lassen sich zwei Einwände grundsätzlicher Art erheben, die wir noch entkräften müssen.

Man kann erstens geltend machen, daß das Strohmehl doch für die Ernährung solcher Tiere, insbesondere der Schweine, nützlich werden könne, die die Zellulose und Pentosane des Strohs zwar auszunutzen vermöchten, an die das Stroh bisher aber lediglich deshalb nicht verfüttert werden konnte, weil es in der bisher üblichen Form als Häcksel den Darm der Tiere reizt und daher von diesen nicht vertragen wird.

Bereits am Beginn unserer Darlegungen in diesem Abschnitt haben wir darauf hingewiesen, daß diese Frage hier erörtert werden müsse.

Tatsächlich ist von Professor Friedenthal auch angegeben worden, daß man Schweine durch Verfütterung von Strohmehl mästen könne; auch von einigen anderen Stellen sind ähnliche Angaben gemacht worden, ohne daß diese Angaben bisher von einer dieser Seiten durch genaue Mitteilung der Versuchsanstellung und Versuchsergebnisse gestützt und einer Nachprüfung zugänglich gemacht worden wären.

Um so wichtiger ist daher eine Stoffwechseluntersuchung am Schweine mit Strohmehl als Hauptfutter, die von Professor Zuntz und seinen Mitarbeitern Dr. Brahm und Dr. von der Heide im Tierphysiologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin angestellt worden ist[1]). In dieser Untersuchung wurde festgestellt, daß das Rind aus Häcksel fast dreimal so viel Brennwerte als das Schwein aus dem feinstgemahlenen Haferstroh verdaut. Dabei war es nötig, dem Strohmehl leicht verdauliche und den Appetit reizende Stoffe in solcher Menge zuzusetzen, daß der Erhaltungsbedarf gedeckt war; dies war sowohl bei dem Eiweiß als auch bei den stickstofffreien Nährstoffen erforderlich. Der Verdauungswert des Strohmehlproteins blieb negativ, d. h. das Strohmehl bedingte einen so großen Verlust an stickstoffhaltigen Verdauungssäften, daß der dadurch herbeigeführte Verlust an Eiweiß größer war, als die aus den Verdauungssäften zur Aufsaugung gelangte Menge Eiweiß. Die höchste aufnehmbare Tagesportion an Strohmehl von 500 g deckte etwa nur $^1/_6$ des Erhaltungsbedarfs und bedingte einen Verlust von 7,3 g Eiweiß. Die Ergebnisse der Versuche werden dahin zusammengefaßt, daß „die Verfütterung von Strohmehl an Schweine unrationell erscheint, selbst wenn es gelingen sollte, ein weniger zeitraubendes und kostspieliges Mahlverfahren zu finden".

In Übereinstimmung damit steht eine Mitteilung von Professor Dr. Neuberg, Mitglied des Kaiser Wilhelm-Instituts für experimentelle Therapie in Dahlem[2]). Professor Neuberg gibt darin u. a. an, daß ihm auf einem Gute in der Nähe Berlins Schweine gezeigt wurden, die bei der Zulage von Strohmehl zu einem sonst ausreichenden Grundfutter im Gewicht hinter Kontrolltieren zurückblieben, die einfach die gleiche Menge des Grundfutters zu sich nahmen. Es könne sich hierbei nur um eine ungünstige Erhöhung der Verdauungsarbeit handeln. Die Tiere sezernierten zur Bewältigung des Strohmehlballastes ungewöhnlich hohe Mengen der Verdauungssäfte, deren Bildung mit einer Einschmelzung von Körpereiweiß verknüpft sei.

Nach diesen einwandfreien Belegen kann die oben aufgeworfene Frage als in verneinendem Sinne entschieden und der erste Einwand als widerlegt angesehen werden. Für das Schwein bleibt das Stroh in der Nahrung ein unnützer Ballaststoff, selbst wenn es ihm in Form von feinstem Strohmehl dargeboten wird.

Als zweiter Einwand kann geltend gemacht werden, daß dem Strohmehl bei der Herstellung des wichtigsten menschlichen Nahrungsmittels, des Brots, als Füllstoff zur Ersparnis von Brotgetreide eine Bedeutung zukommen könne. Dabei könne man

---

[1]) Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1915, 30. Jahrg., S. 226.

[2]) Berliner Tageblatt Nr. 235 vom 9. Mai 1915.

die Frage, ob im Stroh Nährstoffe vorhanden seien oder nicht, völlig außer Betracht lassen und den Vorteil des Strohmehls lediglich darin erblicken, daß es als Füllstoff bei der Herstellung von Brot es ermögliche, bei Anwendung einer geringeren Menge Getreidemehl das Volum des Brots unvermindert zu erhalten und dergestalt eine Ersparnis an Nährstoffen in Form des Getreidemehls zu erzielen. Nicht nur von der Masse, sondern auch vom Volum des Brots sei sein Vermögen, sättigend zu wirken, in erheblichem Maße abhängig; auch diese wichtige Eigenschaft des Brots erleide trotz der Einsparung von Getreidemehl bei Anwendung des Strohmehls keine Einbuße.

Derartige Ansichten sind auch von Friedenthal geäußert worden.

Bei Prüfung dieses Einwandes ist die Frage, ob das Strohmehl vermöge seines beträchtlichen Kieselsäuregehalts, der ungefähr die Hälfte der Aschenmenge ausmacht, im Darmkanal etwa Reizerscheinungen hervorrufen kann, von dem Vorsteher des pharmakologisch-physiologischen Laboratoriums des Gesundheitsamts, Herrn Geheimen Regierungsrat Professor Dr. Rost, in einigen orientierenden Versuchen am Hunde untersucht worden. Wir sind Herrn Geheimrat Rost zu Dank verpflichtet, daß wir die Ergebnisse dieser Versuche hier kurz mitteilen dürfen.

Es wurden Tieren von 8—10 kg Körpergewicht täglich Mengen von 30—40 g (vereinzelt 50 g) Haferstrohmehl neben dem gewohnten Futter verabreicht. Bei der vorgenommenen mikroskopischen Untersuchung der Kote konnte eine Veränderung der Strohmehlteilchen, die auf einen Angriff einzelner ihrer Bestandteile hätte schließen lassen, nicht beobachtet werden. Es hat sich aber auch keinerlei Reizung des Darmes der Hunde selbst nach Darreichung beträchtlicher Mengen von Strohmehl feststellen lassen; weder Darmepithelien, noch rote Blutkörperchen, noch vermehrter Schleim waren im Kote nachweisbar, die Nährstoffe der übrigen Nahrung waren verdaut, und der Kot war niemals diarrhoisch. Ob dies auch beim Menschen der Fall sein würde, muß dahingestellt bleiben.

Zur Entscheidung der anderen Seite der Frage, ob und in welcher Weise ein Zusatz von Strohmehl an Stelle von Getreidemehl zum Brotteig das Volum des Brots beeinflußt und wie sich das Brot in bäckereitechnischer Hinsicht verhält, wurden einige vergleichende Backversuche ausgeführt. Es wurden Kastenbrote aus Weizenmehl von 80% Ausmahlung mit einem Zusatz von ungefähr 5, 10 und 20% Haferstrohmehl bereitet und diese mit reinem Weizenbrot, das unter gleichen Bedingungen aus dem nämlichen Weizenmehl erbacken war, verglichen.

Was die Herstellung der Brote anlangt, so ist zu bemerken, daß es sich wegen der Beimischung des Strohmehls zum Teig als erforderlich erwies, etwas mehr Hefe zur Lockerung des Teiges anzuwenden, als bei der Bereitung von Weizengebäck sonst üblich ist. Die Festigkeit des Teiges nahm mit steigendem Gehalt an Strohmehl sehr erheblich zu, und die auflockernde Wirkung der Hefe war um so geringer, je größer der Gehalt des Teiges an Strohmehl war. Die erhaltenen Gebäcke wurden nach dem Erkalten mit geschmolzenem Paraffin überzogen und ihre Volume durch Messung des von ihnen verdrängten Wasservolums ermittelt.

Die Versuchsbedingungen und -ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8. Vergleichende Backversuche mit Weizenmehl sowie mit Weizenmehl, das mit steigenden Mengen Haferstrohmehl versetzt ist.

| Angewandte Stoffe<br>Versuchsbedingungen<br>Versuchsergebnisse | I.<br>Brot aus reinem Weizenmehl | II.<br>Brot aus Weizenmehl mit einem Zusatz von etwa 5% Haferstrohmehl | III.<br>Brot aus Weizenmehl mit einem Zusatz von etwa 10% Haferstrohmehl | IV.<br>Brot aus Weizenmehl mit einem Zusatz von etwa 20% Haferstrohmehl |
|---|---|---|---|---|
| Weizenmehl von 80% Ausmahlung . . | 90 g | 85 g | 80 g | 70 g |
| Haferstrohmehl 5. Mahlung . . . . . | 0 g | 5 g | 10 g | 20 g |
| Hefe . . . . . | 5 g | 5 g | 5 g | 5 g |
| Kochsalz . . . . . | 1,5 g | 1,5 g | 1,5 g | 1,5 g |
| Wasser . . . . . | 60 ccm | 60 ccm | 60 ccm | 60 ccm |
| Beim zweimaligen Durchkneten (Umstoßen) des Teiges zugesetzte Menge Weizenmehl | 8 g | 8 g | 8 g | 8 g |
| Gärdauer bei Zimmertemperatur . . . | 1 Stde. | 1 Stde. | 1 Stde. | 1 Stde. |
| „ „ 35° . . . . . | 1 Stde. | 1 Stde. | 1 Stde. | 1 Stde. |
| Backtemperatur . . . . . | ca. 250° | 250° | 250° | 250° |
| Backdauer . . . . . | 25 Min. | 25 Min. | 25 Min. | 25 Min. |
| Gewicht des Teiges . . . . . | 162 g | 161 g | 163,2 g | 160,9 g |
| Gewicht des Gebäckes . . . . . | 135,9 g | 134,5 g | 139,1 g | 138,8 g |
| Volum des Gebäckes . . . . . | 318 ccm | 322 ccm | 282 ccm | 211 ccm |
| Farbe des Gebäckes . . . . . | blaßgelb | braun | braun | dunkelbraun |

Nachdem die Volume der Gebäcke festgestellt waren, wurden diese durchgeschnitten, um auf ihre Porenbeschaffenheit beurteilt zu werden. Von den Gebäckproben sind mit den Schnittflächen als Ansichtsflächen photographische Aufnahmen, die in Tafel XII wiedergegeben sind, hergestellt worden; sie sollen die charakteristischen Unterschiede im Volum und in der Porenbeschaffenheit der einzelnen Gebäcke vor Augen führen.

Bei Gelegenheit dieser letzten photographischen Aufnahme, welche wir zu erwähnen haben, erfüllen wir gern die angenehme Pflicht, dem Technischen Rat im Gesundheitsamt, Herrn Dr. Heise bestens dafür zu danken, daß er mit so großer Mühewaltung die sämtlichen, in dieser Abhandlung erwähnten photographischen Aufnahmen hergestellt hat.

Die Ergebnisse der Backversuche lassen sich dahin zusammenfassen, daß die Porosität des Gebäcks bereits durch einen Zusatz von 10% Haferstrohmehl erheblich vermindert wird und größere Zusätze sich in noch stärkerem Maße ungünstig bemerklich machen. Demgemäß wird auch das Gebäckvolum durch den Zusatz des Haferstrohmehls ungünstig beeinflußt; die Volumabnahme beträgt bei einem Zusatz von 20% Haferstrohmehl bereits 33%. Die Ursache für diese Erscheinung dürfte in dem völlig mangelnden Gehalt des Haferstrohmehls an Stärke zu suchen sein. Auch die Farbe des Gebäcks wird durch den Zusatz des Haferstrohmehls stark verändert. Bei einem Gehalt von 5% Haferstrohmehl im Teig hat die Farbe des Gebäcks schon einen so tief braunen Ton angenommen, daß es als Weizengebäck nicht mehr

anzusprechen ist; bei einem Gehalt von 20% Haferstrohmehl ist die Farbe als schwarzbraun zu bezeichnen. Die Unterschiede in der Färbung sind auch in den Abbildungen deutlich zu erkennen.

Der Geschmack der mittels Haferstrohmehl hergestellten Gebäcke war unangenehm strohig, ein bitterer Nachgeschmack war bei dem 10- und 20prozentigen Gebäck deutlich wahrzunehmen. Als besonders unangenehm wurde aber von allen Teilnehmern an der Kostprobe der Umstand empfunden, daß vor allem das Gebäck mit dem Gehalt von 20% Strohmehl ein starkes Kratzen im Schlunde verursachte, das längere Zeit hindurch anhielt. Dieser Übelstand ist auch schon von anderer Seite bemängelt, von Friedenthal aber bestritten und auf Voreingenommenheit zurückgeführt worden. Diesem Widerspruch gegenüber halten wir indessen unsere Angabe voll aufrecht. Noch weiter zu gehen und ein Brot unter Zusatz von 33% Strohmehl zu backen, wie Friedenthal es für möglich hält, haben wir unterlassen, weil nach unserm Dafürhalten schon ein Brot mit einem Zusatz von 20% Haferstrohmehl nicht mehr als ein Nahrungsmittel für Menschen gelten kann.

Dem Vorteil der Einsparung von Brotgetreide durch Verwendung von Strohmehl bei der Brotbereitung stehen als Nachteile die starke Volumverminderung, die das Gebäck erfahren würde, sein wenig angenehmer Geschmack und die Reizwirkung auf die Schleimhaut der Speiseröhre sowie seine Wertlosigkeit als Nährmittel gegenüber. Die Einwirkung auf die menschliche Darmschleimhaut bliebe noch zu untersuchen. Man kann aber angesichts der gekennzeichneten Nachteile schon jetzt sein Urteil zweifellos dahin abgeben, daß das Strohmehl in normalen Zeiten und auch in der jetzigen Zeit, so lange uns genügende Kartoffelvorräte zur Verfügung stehen, für die Brotbereitung in keiner Weise in Betracht gezogen werden kann. Nur in Zeiten äußerster Not würde man auf es zurückgreifen können.

Damit ist auch der oben erhobene zweite Einwand hinfällig geworden, und das Schlußergebnis unserer Versuche und Darlegungen läßt sich dahin aussprechen, daß das Strohmehl sowohl als Futtermittel für Tiere als auch als Nahrungsmittel für Menschen wertlos ist.

Zum Schluß stellen wir die Einzelergebnisse unserer Versuche und Betrachtungen nochmals zusammen.

## Zusammenstellung der Ergebnisse.

1. Die vier untersuchten Stroharten, Hafer-, Roggen-, Weizen- und Gerstenstroh, weisen, unter sich verglichen, nur geringe Unterschiede im Gehalt an löslichen Stoffen auf. Ordnet man sie nach steigendem Gehalt an diesen, so ergibt sich die Reihe: Weizen-, Roggen-, Gersten-, Haferstroh. Haferstroh ist also auch nach diesen Ergebnissen das am besten ausnutzbare.

2. Der Grad der Zerkleinerung der Stroharten vom groben Strohhäcksel bis zum feinsten Strohmehl ist, praktisch genommen, ohne jeden Einfluß auf die Menge der Stoffe, die bei der Behandlung des Strohs mit Wasser, verdünnter Salzsäure, verdünnter Natriumbicarbonatlösung oder Malzauszug unter Bedingungen, wie sie bei der Verdauung anzunehmen sind, in Lösung gehen. Entgegen der Auffassung Friedenthals

ist die Zertrümmerung der Zellwände ohne Belang auf die Löslichkeit der Strohbestandteile in Lösungsmitteln, wie sie bei der Verdauung wirksam sind. Die Menge der gelösten Stoffe ist in allen Fällen gering und beträgt im Höchstfalle 10% der angewendeten Strohmenge; mindestens ein Drittel davon besteht aus Mineralstoffen.

3. Die Mengen der aus ein und derselben Strohart — gleichgültig, ob das Stroh in Form von Häcksel oder von feinem Mehl angewendet wurde — durch die vorbezeichneten Lösungsmittel — mit scheinbarer Ausnahme des Malzauszugs — bei 37° ausgezogenen Stoffe sind nicht wesentlich voneinander verschieden.

4. Daß durch Malzauszug dem Stroh größere Mengen an löslichen Bestandteilen entzogen werden, als durch die übrigen angewendeten Lösungsmittel, ist nicht auf die Wirkung der Diastase, sondern auf die Wirkung der bei der Einwirkung der Diastase innegehaltenen höheren Temperatur von 60° zurückzuführen. Bei 60° hergestellte wässerige Auszüge enthalten die gleichen Mengen an gelösten Bestandteilen wie die Malzauszüge. Die Getreidestroharten enthalten keine durch Diastase in Zucker überführbaren Kohlehydrate, insbesondere keine Stärke. Auch in den Strohmehlen konnten solche Stoffe nicht aufgefunden werden.

5. Für die Beurteilung des Nährwerts des Strohs kommen folgende Stoffgruppen in Betracht: Stickstoffverbindungen (Eiweiß), ätherlösliche Stoffe (Fett), Rohfaser (Zellulose) und stickstofffreie Extraktstoffe.

Die Menge der Stickstoffverbindungen und der ätherlöslichen Stoffe des Strohs ist gering und besteht nur zum Teil aus Eiweiß und Fett. Die Menge der wasserlöslichen Stickstoffverbindungen beträgt höchstens 1%. Stickstoffverbindungen und ätherlösliche Stoffe des Strohs sind wegen ihrer geringen Menge für den Nährwert des Strohs ohne wesentliche Bedeutung; sie würden keinesfalls die Vermahlung des Strohs lohnen.

Die Menge der Rohfaser beträgt ein Drittel bis die Hälfte des Strohs. Erfahrungsgemäß ist sie nur für Wiederkäuer und auch für diese nur teilweise verdaulich. Hieran wird durch das Mahlen des Strohs nichts geändert, da hierdurch die physikalische und chemische Beschaffenheit der Rohfaser nicht geändert wird; Fütterungsversuche Kellners haben keine Vermehrung der Verdaulichkeit der Rohfaser im Strohmehl ergeben. Die Rohfaser kommt daher für die Ernährung anderer Tiere oder des Menschen nicht in Betracht.

Die Menge der stickstofffreien Extraktstoffe des Strohs schwankt zwischen 30 und 40%; sie bestehen etwa zur Hälfte aus unlöslichen und unverdaulichen Pentosanen. Von den eigentlich wertvollen Kohlehydraten sind Dextrin und Stärke nicht, Zucker höchstens in einer Menge von 1% vorhanden. Es fehlen ferner alle durch Malzauszug in Zucker überführbaren Kohlehydrate. Der Rest der stickstofffreien Extraktstoffe besteht aus organischen Säuren und deren Salzen, nicht näher charakterisierten Stoffen, die jedoch mit Malzauszug nicht in Zucker übergeführt werden können, Farb- und Bitterstoffen; ihr Nährwert ist als unbeachtlich anzusehen, keinesfalls aber mit dem des Zuckers oder der Stärke zu vergleichen.

Auch die stickstofffreien Extraktstoffe des Strohs sind daher für andere Tiere als für Wiederkäuer und für den Menschen als Nährstoffe ohne Bedeutung.

6. Das Stroh ist daher nur als ein für Wiederkäuer brauchbares Nahrungsmittel anzusehen, für die Ernährung der übrigen Nutztiere und des Menschen ist es wertlos.

Letzteres gilt auch vom Strohmehl. Das Strohmehl unterscheidet sich weder in seiner chemischen Zusammensetzung, noch in seinem Verhalten gegenüber Lösungsmitteln, die Verdauungssäften vergleichbar sind, von dem Stroh, aus dem es hergestellt ist. Es ist gegenüber dem Stroh nicht an leicht der Verdauung zugänglichen Nährstoffen angereichert, weil solche Nährstoffe in den Zellen des Strohs nicht vorhanden sind.

Die mit den oben bezeichneten Lösungsmitteln aus Stroh oder aus Strohmehl hergestellten Auszüge sind weder in ihrem Gehalt an festen Bestandteilen, noch in ihrer Zusammensetzung wesentlich voneinander verschieden; sie enthalten, gleichgültig ob aus Stroh oder Strohmehl hergestellt, etwa 1% Stickstoffverbindungen, 1% Zucker, 1% organische Säuren und deren Salze, 3,5% anorganische Salze und einen Rest von etwa 3,5% an nicht näher charakterisierbaren Stoffen, Farbstoffen, Bitterstoffen und Gerbstoffen des Strohs. Ihr Nährwert ist daher unerheblich.

Für die Ernährung der Wiederkäuer bedeutet die Herstellung von Strohmehl ein zweckloses und daher unnützes Verfahren, weil sie Strohhäcksel in gleichem Maße ausnutzen wie Strohmehl.

Für die Ernährung anderer Tiere kommt das Strohmehl nicht in Betracht; insbesondere ist es nach Fütterungsversuchen im Laboratorium von Zuntz für Schweine in der Nahrung ein unnützer Ballaststoff, selbst wenn es in feinster Form den Tieren dargeboten wird.

Für die Ernährung des Menschen, insbesondere für die Brotbereitung, ist das Strohmehl abzulehnen.

Berlin, im Juli 1915.

# Prüfung tragbarer Wasserfilter auf Keimdichtigkeit.

## Das Militär-Filter Modell 1914 und das Reise- und Armee-Filter A. F. I. der Berkefeld-Filter-Gesellschaft.

Von

Regierungsrat Professor **Dr. Spitta,**
Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamts.

---

### Einleitung. Frühere Untersuchungen der Berkefeld-Filter.

Die Berkefeld-Filter sind bereits so häufig Gegenstand der Untersuchung gewesen, daß es überflüssig erscheinen möchte, nochmals in eine Prüfung derselben einzutreten. Der Umstand indessen, daß nach Angabe der Firma ständig an der Verbesserung der Filter gearbeitet wird, rechtfertigt wohl eine Wiederaufnahme der Prüfung von Zeit zu Zeit. Im vorliegenden Falle lag zur Vornahme einer erneuten Untersuchung insofern ein besonderer Grund vor, als die Berkefeld-Filter-Gesellschaft selbst den Antrag auf Prüfung ihrer für das Feld bestimmten Filtertypen stellte in der Besorgnis, es könnte eine unlängst ergangene öffentliche Warnung vor dem Ankauf minderwertiger sogenannter „Taschenfilter" vom Publikum auch als für die Erzeugnisse der Berkefeld-Filter-Gesellschaft geltend angesehen werden. Das Gesundheitsamt hat, zumal es von Interesse war, eine neue im Amte ausgearbeitete Methode der Filterprüfung hier zur Anwendung zu bringen, dem Antrage der Gesellschaft stattgegeben.

Damit der Leser ein richtiges Bild von der bisherigen Beurteilung der Berkefeld-Filter gewinnt, erscheint es notwendig, bevor die eigenen neuen Versuche mitgeteilt werden, in aller Kürze die früheren Untersuchungen zu besprechen.

Nordtmeyer[1]), auf Grund von dessen Beobachtungen W. Berkefeld in Celle seinerzeit die Fabrikation von Filtern aus Kieselgur aufgenommen hat, bezeichnete nach den ersten von ihm ausgeführten Versuchen als besondere Vorzüge der Berkefeld-Filter etwa folgende: Sie liefern für längere Zeit ein zuverlässig keimfreies Filtrat, sind durch dreiviertelstündiges Kochen in Wasser sicher zu sterilisieren und geben eine verhältnismäßig große Filtratmenge, die sich durch einfache mechanische Reinigung nach dem Verschlammen der Filter wieder einstellt, so daß die Filter selbst für sehr

[1]) Zeitschrift f. Hygiene 10. Band, 1891, S. 145.

trübes Wasser dauernd brauchbar sind. Die schließlich im Filtrat auftretenden Keime rühren nach Nordtmeyer von durchwachsenden Saprophyten her.

Bitter[1]) konnte die „vorzügliche Brauchbarkeit der Kieselgurfilter für Laboratoriumszwecke“ bestätigen.

Ebenso günstig waren die Erfahrungen, welche Prochnick[2]), Lübbert[3]) und Weyl[4]) machten. Nach ihren Angaben liefern die Berkefeld-Filter mindestens drei Tage lang keimfreies Wasser.

Dagegen kam Kirchner[5]) zu minder günstigen Ergebnissen, die er in folgende Sätze zusammengefaßt hat:

Das Berkefeld-Filter „gibt ein zuverlässig keimfreies Filtrat nur für kurze Zeit. Es hält pathogene Bakterien nicht länger zurück als nichtpathogene. Dasselbe empfiehlt sich vom praktischen Standpunkte aus nicht zur Anwendung im großen, da seine Leistungsfähigkeit schnell abnimmt und nur durch häufig wiederholte, umständliche und bei der Brüchigkeit des Filtermateriales gefährliche Reinigungsmaßregeln wieder hergestellt werden kann. Die Verwendbarkeit der Filter im Feldverhältnis ist in Erwägung zu nehmen, setzt jedoch eine ununterbrochene und peinliche Überwachung durch Sachverständige voraus.“

Dieser Kritik hielt Gruber[6]) entgegen, daß man scharf unterscheiden müsse zwischen dem Durchgespültwerden von Keimen und dem Durchwachsen derselben; nur das erstere beweise Unzuverlässigkeit des Filters. Durchwachsen von Wasserbakterien erfolge unter gewissen Bedingungen bei allen Filtern, ohne daß sich daraus eine Infektionsgefahr ergäbe, denn nur solche Bakterienarten könnten durch die Filter durchwachsen, die in den Porenkanälen sich vermehren könnten, d. h. im Wasser vermehrungsfähig sind. Für pathogene Keime träfe das aber nicht zu; denn Wässer, welche solche äußere Eigenschaften und Zusammensetzung besitzen, daß sie als Trink- und Hausbrauchswässer Verwendung finden können, bildeten eine viel zu schlechte oder viel zu verdünnte Nährflüssigkeit, als daß Vermehrung der pathogenen Keime in ihnen stattfinden könne. In den Kirchnerschen Versuchen sei das Durchwachsen der Cholera- und Typhusbakterien nur geglückt, weil er dem zu filtrierenden Wasser Nährstoffe zugesetzt habe.

Zu den unter Leitung von Gruber angestellten Filterprüfungen wurden Prodigiosusbacillen benutzt. Bei 14 derartigen Versuchen wurden 60 Filtratproben von 5 Filterzylindern untersucht und in den 120 Aussaaten keine einzige Prodigiosuskolonie gefunden. „Dieses Ergebnis“, schreibt Gruber, „erlaubt keinen anderen Schluß, als daß die 5 Filterzellen zur Zeit ihrer Prüfung völlig keimdicht waren.“

Schöfer[7]) stellte noch durch besondere Versuche fest, wie sich die pathogenen

---

[1]) Zeitschrift f. Hygiene 10. Band, 1891, S. 155.

[2]) Transactions of the Seventh International Congress of Hygiene and Demography, London, 1892, Vol. II, p. 301.

[3]) Pharmazeutische Zentralhalle 1891, S. 561.

[4]) Berliner Klinische Wochenschrift 1892, S. 555.

[5]) Zeitschrift f. Hygiene 14. Band, S. 299 und 15. Band, S. 179, 1893.

[6]) Zentralblatt für Bakteriologie, 14. Band, 1893, S. 488.

[7]) Ebenda, S. 685.

Keime dem Berkefeld-Filter gegenüber verhalten. Er arbeitete mit Reinkulturen von Cholera- und Typhusbakterien, aufgeschwemmt in sterilem Wasser, bei Temperaturen von 19 — 26 ° C. Die Versuche bestätigten die oben wiedergegebene Ansicht Grubers, daß die Berkefeld-Filter an sich keimdicht arbeiten, von einzelnen, bei Beginn der Filtration sich als undicht erweisenden Filterzylindern abgesehen, und daß nur allmählich ein Durchwachsen von Keimen stattfindet, langsamer oder schneller, je nach der Temperatur und dem Nährstoffgehalt des Wassers. Pathogene Keime wuchsen jedoch nur dann hindurch, wenn dem Wasser Nährmaterial (Fleischwasserbouillon) zugefügt worden war.

Auch Plagge[1]) hat die Berkefeld-Filter einer eingehenden Prüfung unterworfen. Er untersuchte mehrere Filtertypen und faßt sein Urteil wie folgt, zusammen:

Der Hauptvorzug der Filter vor ähnlichen anderen ist ihre verhältnismäßig große Ergiebigkeit (beim Filter H 1—2 Liter in der Minute). Durch einfache mechanische Reinigung läßt sich die Ergiebigkeit nahezu wieder herstellen. Die Filter sind nicht so zerbrechlich, daß ihre praktische Anwendung hierdurch in Frage gestellt ist. Ein frisch sterilisiertes normales Kieselgurfilter ist imstande, sämtliche Bakterien aus einer hindurchströmenden Flüssigkeit zurück zu halten, indessen kommen erstens von vornherein undichte Filter vor und zweitens können sie durch Abnutzung undicht werden. Was die Dauer der Keimdichtigkeit anlangt, die von dem Erfinder ursprünglich auf 3—4 Tage angegeben wurde, so ist dieselbe nach Plagge oft, namentlich bei recht schmutzigem Wasser, hoher Sommertemperatur und vor allem nach längerem Gebrauch des Filters, d. h. bei bereits eingetretener stärkerer Abnutzung, erheblich geringer. Mit hinreichender Sicherheit wird man daher nur am ersten Tage keimfreies Wasser erwarten dürfen und gezwungen sein, täglich zu sterilisieren.

„Nach allem bisher Gesagten", schreibt er, „scheint es somit in der Tat, daß wir in den Kieselgur-Zylindern endlich ein Filter besitzen, welches bei ebenso rationeller wie praktisch leicht und bequem zu handhabender Konstruktion imstande ist, zugleich den Ansprüchen des täglichen Lebens und den strengen Anforderungen der Wissenschaft Genüge zu leisten."

Morgenroth und Bassenge[2]) erhielten aus Berkefeld-Filtern 2—3 Tage lang keimfreie Filtrate.

Weiter haben sich in Deutschland mit dem Berkefeld-Filter beschäftigt: von Esmarch[3]), welcher das Durchwachsen der Wandungen der Berkefeld-Filter durch Bakterien studierte und feststellte. „Für die Praxis", schreibt er, „geben uns die hier aufgedeckten Verhältnisse einen neuen Beweis dafür, daß man sich auf die Filter nicht unbedingt verlassen kann. Allerdings wird, wenn nur geringe Mengen von pathogenen Keimen in dem zu filtrierenden Wasser vorhanden sind, die Wahrscheinlichkeit nicht sehr groß sein, daß nun diese Keime gerade in einen kapillaren Kanal hineingezogen werden, der das ganze Filter durchsetzt, aber möglich ist es immerhin, und es wäre wünschenswert, daß es gelänge, die Filter durchweg so gleich-

[1]) Veröff. aus d. Gebiete des Militär-Sanitätswesens, Heft 9, 1895, S. 60.
[2]) Deutsche Militärärztliche Zeitschrift 1901, S. 548.
[3]) Zentralblatt für Bakteriologie I. Abteilung, Originale, 32. Band, 1902, S. 561.

mäßig in ihrer Masse darzustellen, daß größere durchgehende Spalten nicht mehr in ihnen vorkommen. Dann würde man sich auch dauernd auf dieselben verlassen können."

Pfuhl[1]) prüfte unter Verwendung von choleraähnlichen und typhusähnlichen Bakterien, nämlich einem leuchtenden Vibrio und Colibacillen, ebenfalls die Berkefeld-Filter auf ihre Durchgängigkeit. Von den geprüften 10 größeren Filterkerzen erwiesen sich nur 5 als keimdicht. Er kommt daher zu dem Schlusse, daß die Annahme, Berkefeld-Filter seien für eine gewisse Zeit sicher bakteriendicht, nicht zu Recht besteht, nur eine Anzahl von ihnen verdiene diesen guten Ruf.

Schüder[2]), welcher die Berkefeld-Filter günstig beurteilt, insofern sie für einige Tage zweifellos keimdicht arbeiten können, weist ebenfalls darauf hin, daß auch undichte Exemplare unter ihnen vorkommen, so daß es sich empfehle, die Filter wenigstens vor dem ersten Gebrauch auf Keimdichtigkeit zu prüfen.

Auch von Wunscheim[3]) konnte feststellen, daß nur ein Teil der Berkefeldschen Kieselgurfilter für Bakterien undurchlässig sei. Er glaubte hierfür zum Teil die unzweckmäßige Art der Verbindung zwischen Ablaufrohr und Filterkerze durch Zementkittung verantwortlich machen zu sollen. Diese könne beim Sterilisieren der Filter undicht werden. Auf seine Veranlassung wurde daher eine neue Filtertype hergestellt, bei welcher der gerügte Übelstand vermieden ist. Die Verkittung wurde ins Innere der Filterkerze verlegt und die Kittlinie mit einer Gummiplatte abgedichtet. Mit dieser Modifikation ausgestattet, erwiesen sich von 12 untersuchten Filtern (Berkefeldzylinder Nr. 1) 10 als keimdicht, während 2 zeitweise undicht waren. Als Probebakterien dienten nach dem Vorgange von Pfuhl Vibrionen.

P. Schmidt[4]) untersuchte diesen neuen Filtertypus „mit Innenkittung" ebenfalls und arbeitete dabei mit Bact. fluorescens liq., Bact. Paratyphi B., Hühnercholerabacillen, Spirillum parvum Esmarch, Staphylokokken und Diplokokken.

Er fand, daß Staphylokokken und diesen an Größe nahestehende Kokken — das wären also Mikroorganismen von durchschnittlich 7—8 $\mu$ Durchmesser — die Filter nie passieren. Bei Anwendung seines Bact. fluorescens liq. traten, bei größter Inanspruchnahme der Filter, in 10% der Fälle, bei Anwendung des Esmarchschen Spirillum parvum, das nach dem Autor nur 0,1 bis 0,3 $\mu$ dick sein soll, in 80% der Fälle Bakterien in das Filtrat über. Die Kerzendicke der Filter betrug 2,5 cm.

Neuerdings hat Hesse[5]), auch von der Voraussetzung ausgehend, daß so gut wie alle in Frage kommenden Bakterien beim Durchtritt der bakterienhaltigen Flüssigkeit von dem Berkefeld-Filter zurück gehalten und auf der Oberfläche der Filterkerzen niedergeschlagen werden, das Berkefeld-Filter dazu benutzt, um aus größeren Wassermengen die Bakterien herauszuzüchten.

---

[1]) Festschrift zum 60. Geburtstage von Robert Koch, Jena 1903, S. 75.
[2]) Gesundheits-Ingenieur 1903, S. 253.
[3]) Desinfektion 1909, S. 473.
[4]) Zeitschrift für Hygiene 65. Band, 1910, S. 423.
[5]) Zeitschrift für Hygiene 69. Band, 1911, S. 522 und 70. Band, 1912, S. 311. — Zentralblatt für Bakteriologie I. Abteilung, Originale, 70. Band, 1913, S. 331.

## Eigene Versuche.

Von der Berkefeld-Filter-Gesellschaft wurden dem Gesundheitsamt zur Prüfung eingesandt:

1. Ein Militärfilter Modell 1914,
2. Ein Armee- oder Taschenfilter A F I,
3. Ein Armee- oder Taschenfilter A F II.

Vorausgeschickt möge werden, daß der Ausdruck „Taschenfilter" von der Berkefeld-Filter-Gesellschaft nicht in dem Sinne gebraucht wird, den man im allgemeinen damit verbinden dürfte. Sie bezeichnet damit nämlich nicht etwa nur Filter, welche man in der Rocktasche bei sich tragen kann, sondern auch größere Filter, die in einer besonderen Umhängetasche getragen werden. Im Gesundheitsamt untersucht wurden nur die beiden kleinsten der übersandten Apparate (Nr. 1 und 2), weil es gerade darauf ankam, Filter zu prüfen, welche für den einzelnen Mann oder doch wenigstens für kleinere Gruppen von Mannschaften im Felde in Frage kamen.

Das Berkefeld-Militärfilter Modell 1914 ist ein kleiner Apparat ohne Pumpvorrichtung, der entweder als Tropffilter oder als Saugfilter benutzt werden kann. Der Apparat besteht aus einer ovalen Zinkblechhülse, in die ein Filterzylinder von 13 cm Höhe und $4^1/_2$ cm Durchmesser wasserdicht eingesetzt wird. Am Auslaufrohr des Filters außerhalb der Zinkblechhülse kann entweder der dem Filter beigegebene 1 m lange Gummischlauch mit Mundstück angeschlossen werden. Das Filter wird dann, mit dem zu filtrierenden Wasser gefüllt, an einem Baum, an einer Wand oder dergl. in Kopfhöhe aufgehängt und als Saugfilter benutzt. Oder das Filter wird ohne Schlauch auf ein Glas, eine Flasche oder dergl. gestellt und arbeitet dann als einfaches Tropffilter. Beläßt man den Schlauch an dem Filter und hängt das Mundstück in das für die Aufsammlung des Filtrats bestimmte tief stehende Gefäß, so kann man dadurch die Saugkraft naturgemäß steigern.

Das Reise und Armee-Filter A. F. I. besteht dagegen aus Pumpe und Filter. Beim Hochziehen des Pumpenkolbens tritt das zu filtrierende Wasser durch einen Saugstutzen und ein Kugelventil in den Pumpenzylinder; durch Hinabdrücken des Kolbens drängt man das Wasser in das Filtergehäuse und durch die poröse Wandung des Filterzylinders, den es durch ein am oberen Ende des Filtergehäuses angebrachtes gebogenes Abflußrohr in filtriertem Zustand verläßt. Der Filterkörper ist $14^1/_2$ cm lang und hat einen Durchmesser von nur 3 cm.

Es erhellt auf den ersten Blick, daß mit den beiden soeben skizzierten Filtern verschiedene Arten der Filtration vor sich gehen können.

Bei dem Militärfilter Modell 1914 kann das Wasser entweder ununterbrochen durch das Filter gesaugt werden, wenn man es nämlich als Tropffilter benützt oder den Abflußschlauch in das Aufnahmegefäß hängt und dort das Filtrat sich sammeln läßt, oder intermittierend, wenn der Benutzer des Filters das Mundstück des Schlauches zwischen die Lippen nimmt und schluckweise das Filtrat einsaugt.

Das Reise- und Armee-Filter A. F. I. läßt dagegen nur den intermittierenden Betrieb zu, da es mit einer absatzweise wirkenden Pumpe in Verbindung steht.

Für die Wirkung der Filtration ist es nun aber bekanntlich durchaus nicht gleichgültig, in welcher Weise die Filtration erfolgt. Von den langsamen Sandfiltern und den amerikanischen Schnellfiltern, bei welchen die Verhältnisse allerdings etwas verwickelter liegen, wissen wir, daß Vorbedingung für ein gutes keimarmes Filtrat eine ganz gleichmäßige ununterbrochene Beanspruchung des Filters ist und daß jede Druckschwankung mit einem vermehrten Austritt von Bakterien in das Filtrat beantwortet zu werden pflegt.

Aus diesem Grunde war auch bei der Prüfung der beiden Berkefeld-Filtermodelle zu erwarten, daß die Ergebnisse günstiger bei gleichmäßiger ununterbrochener Beanspruchung der Filter ausfallen würden, als bei der intermittierenden. Bei den Versuchen wurde daher auf diesen Punkt Rücksicht genommen.

Für die Filterprüfungen wurde das Bacterium prodigiosum als Probe-Bakterium angewandt. Die von mir benutzte Kultur bestand aus Stäbchen von durchschnittlich 0,4 $\mu$ Breite, übertraf also in dieser Beziehung das oben erwähnte Spirillum parvum von Esmarch, das nur 0,1—0,3 $\mu$ breit sein soll, nicht unwesentlich. Der kleinste Durchmesser der Typhusbacillen wird aber gewöhnlich mit 0,6—0,8 $\mu$, der kleinste Durchmesser der Choleravibrionen zu 0,4 $\mu$ angegeben. Demnach eignete sich seiner Größenordnung nach das von mir benutzte Probebakterium gut für die Versuche. Die Schwierigkeiten, welche in der bei mangelhaftem Luftzutritt in den Kulturplatten ausbleibenden Farbstoffbildung und der dadurch bedingten Unmöglichkeit der Identifizierung der Prodigiosusbakterien liegen und über welche früher mit Recht geklagt wurde[1]), fallen zum größten Teile fort, wenn man sich des neuen, von Dr. A. Müller im Gesundheitsamt ausgearbeiteten Verfahrens der „Gipsplattenkultur" bedient[2]). Das Verfahren, welches gerade für den Nachweis des Bacterium prodigiosum empfohlen werden kann, zeichnet sich, unter der Voraussetzung, daß gute, vorschriftsmäßig hergestellte Gipsplatten zur Verfügung stehen, auch durch einfache Handhabung aus. Ich habe bei den nachstehend beschriebenen Versuchen stets die kleineren Gipsplatten von 8 cm Durchmesser verwendet, welche bequem in Petrischalen eingelegt werden können. Jede Platte saugt mit Leichtigkeit 25 ccm des zu untersuchenden Wassers auf. Es genügt dann, nach vollzogener Aufsaugung, noch 8 ccm neutraler 4fach konzentrierter Bouillon zuzugeben und die Platte bei 20° C aufzubewahren. Die aufschießenden leuchtend roten Prodigiosuskolonien sind dann nach 48 Stunden mit der Lupe, später auch mit bloßem Auge gut zu erkennen und zu zählen. Vor Gebrauch werden die Gipsplatten in den Petrischalen $1^1/_2$ Stunde lang bei 100° C im Trockenschrank erhitzt.

Da somit bei Anwendung der A. Müllerschen „Gipsplattenmethode" größere Filtratmengen auf ihren Gehalt an spezifischen Keimen geprüft werden konnten, als dies nach den alten Methoden üblich war, so war es von Interesse zu sehen, ob die Berkefeld-Filter auch diesen verschärften Prüfungsbedingungen gegenüber würden bestehen können. Die Untersuchung wurde im übrigen auf die wenigen dem Gesund-

---

[1]) Vergl. Mitteilungen aus der Kgl. Prüfungsanst. f. Wasserversorg. Heft 6, 1906, S. 107.

[2]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte 47. Band, 1914, S. 513.

heitsamt übersandten Filterkerzen beschränkt, da es nur darauf ankam, lediglich die praktische Frage zu beantworten, ob und unter welchen Bedingungen die vorgelegten Filter ein bakterienfreies Filtrat liefern und wie lange gegebenenfalls die Lieferung eines solchen Filtrats vorhält.

Bei der Feststellung des Filtrationseffektes habe ich im folgenden gewöhnlich darauf verzichtet, die Anzahl der im Filtrat auftretenden Prodigiosusbakterien in Beziehung zu setzen zu der Anzahl der jeweils im Rohwasser vorhandenen, da es im vorliegenden Fall mehr auf die Beantwortung der Frage ankam: „Sind die Berkefeld-Filter überhaupt undurchlässig oder nicht?“ als auf die Beantwortung der Frage: „Wie viel Prozent der Rohwasserkeime treten in das Filtrat über?“

Immerhin habe ich auf Grund von Abschätzungen, welche die Durchmusterung der meist ungemein dicht mit Prodigiosuskolonien besäten Gips- und Agarplatten aus dem Rohwasser unter der Zählplatte ermöglichte, in runden Zahlen die im Rohwasser vorhandene Prodigiosusbakterienmenge mehrere Male angegeben. Da das aus Leitungswasser mit einem Zusatz von 10% Spreewasser und einer Aufschwemmung von Prodigiosuskulturen bestehende Rohwasser, in einen 60-Literballon abgefüllt, mehrere Tage hindurch, ohne erneuert zu werden, die Filter speisen mußte, so war es nur natürlich, daß der Gehalt des Rohwassers an Prodigiosusbakterien allmählich sank, teils infolge von Sedimentation, teils infolge natürlichen Absterbens in Konkurrenz mit den übrigen Flußwasserbakterien oder infolge starken Protozoenwachstums.

Bei einem 5- bis 6tägigen Versuch ging infolgedessen der Prodigiosusgehalt allmählich (im Anfang langsamer, dann schneller) von ungefähr 200000 Keimen im Kubikzentimeter auf einige tausend bis einige hundert zurück. Jedenfalls überzeugte ich mich stets davon, daß im Rohwasser noch reichlich Prodigiosusbakterien mit guter Fähigkeit zur Farbstoffbildung vorhanden waren.

Die Beobachtungen Hilgermanns[1]), daß unter Umständen die Prodigiosusbakterien schon innerhalb 30 Minuten im Zusammensein mit anderen Wasserbakterien ihr Farbstoffbildungsvermögen einbüßen, habe ich demnach nicht bestätigen können. Ich kann daher auch seiner Meinung nicht beipflichten, daß das Bacterium prodigiosum zu Filterprüfungen quantitativer Art unbrauchbar sei. Nicht nur in den auf die Gipsplatten aufgebrachten Verdünnungen, sondern auch beim Verreiben von Tröpfchen Rohwassers auf Agarplatten wuchsen die Prodigiosuskolonien auch nach tagelangem Stehen des Rohwassers in dem 60-Liter-Ballon in meinen Versuchen mit leuchtend roter Farbe.

## I. Versuche mit dem Berkefeld-Militär-Filter (Modell 1914).

### 1. Durchsaugen des infizierten Wassers mittels der Wasserstrahlluftpumpe durch das Filter.

Zunächst wurde mittels der Wasserstrahlluftpumpe das mit Prodigiosusbacillen infizierte Wasser durch das sterilisierte Filter hindurch gesaugt. Der dabei angewandte Saugedruck betrug zum Teil nur 3—6 cm Quecksilbersäule, in anderen Ver-

[1]) Archiv für Hygiene, 59. Band, 1906, S. 150.

suchen bis zu 14 cm Quecksilber (vergl. Tabelle 1). Diese Versuche dienten hauptsächlich zur ersten Orientierung. Sie würden in der Praxis etwa der Handhabung des Filters entsprechen, bei welcher das Filter als Tropffilter benutzt wird, die Saugekraft aber durch Einhängen des langen Gummischlauches in ein am Boden aufgestelltes Auffangegefäß gesteigert ist. Im ganzen wurde das Filter an drei aufeinander folgenden Tagen zusammen rund 7 Stunden lang im Betrieb gehalten. Dabei wurden etwa 22 Liter Wasser hindurch filtriert. Aus den während dieser Zeit entnommenen und zu je 25 ccm auf Müllerschen Gipsplatten verarbeiteten Wasserproben konnte nur einmal, am zweiten Tage, eine Prodigiosuskolonie gezüchtet werden. Man ist also berechtigt zu sagen, daß das Filter während dieser Zeit so gut wie alle Prodigiosusbakterien zurückgehalten hat.

Die Ergiebigkeit des Filters nahm allerdings bereits während dieses Versuches auffallend ab. Während im Anfang des zweiten Tages bei einem negativen Druck von 5—6 cm Quecksilber[1]) in 10 Minuten $^1/_2$ Liter Filtrat geliefert wurde, war am dritten Tage zur Erzielung der gleichen Ergiebigkeit bereits ein negativer Druck von 14 cm notwendig.

Tabelle 1. Versuch I, 1 (Berkefeld-Militär-Filter Modell 1914. Durchsaugen des infizierten Wassers mittels der Wasserstrahlluftpumpe durch das Filter).

| Versuchstag | Zeit der Probenahme oder der Filtratmessung | Druck Quecksilber ccm | Filtratmenge in 10 Min. ccm | Prodigiosus-Bakterien in 25 ccm Rohwasser | Prodigiosus-Bakterien in 25 ccm Filtrat |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Etwa | |
| Erster | $11^{08}$ | — 8—10 | — | 200 000 | 0 |
| | $12^{10}$ | 4—5 | — | — | 0 |
| | $1^{15}$ | 3—4 | — | — | 0 |
| | $1^{20}$ | 10—14 | — | — | 0 |
| Zweiter | $10^{00}$ | 5—6 | 500 | — | — |
| | $12^{15}$ | — | — | 100 000 | 1 |
| | $12^{30}$ | 6 | — | — | — |
| | $2^{00}$ | — | 250 | — | 0 |
| Dritter | $9^{15}$ | 14 | 500 | — | — |
| | $11^{15}$ | — | 580 | 50 000 | 0 |
| | $11^{45}$ Schluß des Versuches | | | | |

Zur Kontrolle und um einen Vergleich zwischen den Fabrikaten der Berkefeld-Filter-Gesellschaft und den noch jetzt auf dem Markt befindlichen minderwertigen „Taschenfiltern“ zu gewinnen, wurde ein solches „Taschenfilter“, welches in einem Berliner Geschäft gekauft worden war, aber eine Bezeichnung der herstellenden Firma nicht trug, in der nämlichen Weise, wie vorstehend beschrieben, geprüft. Das Filter

[1]) Dieser Druck entspricht ungefähr der Saugkraft des Mundes beim Trinken.

besteht aus einem porösen Hohlkörper mit abgerundeten Ecken von den Ausmessungen $7 \times 5^1/_2 \times 2$ cm. Auf der oberen Schmalseite ist ein Metallstück angekittet, welches ein Gewinde trägt zur Aufnahme des Schlauchansatzstückes. An diesem wird ein längerer am Ende mit einem Saugmundstück versehener Schlauch befestigt. Das Filter soll in das zu trinkende Wasser hineingehängt und durch Saugen an dem Schlauch das filtrierte Wasser dem Trinkenden zugeführt werden. Die Abmessungen dieses kleinen Filters, welches in einer Blechhülse verpackt werden kann, sind so gering, daß man es bequem in jeder Rocktasche unterbringen kann. Es ist eines von jenen Modellen, auf welche sich die eingangs erwähnte Warnung vor „Taschenfiltern" hauptsächlich bezogen hat.

Tabelle 2. Vergleichsversuch mit einem gewöhnlichen, im Handel erhältlichen Taschenfilter unter den nämlichen Bedingungen wie beim vorigen Versuch.

| Versuchstag | Zeit der Probenahme oder der Filtrat-messung | Druck Quecksilber ccm | Filtratmenge in 10 Min. ccm | Prodigiosus-Bakterien in 1 ccm Rohwasser | Prodigiosus-Bakterien in 25 ccm Filtrat |
|---|---|---|---|---|---|
| Erster . . . . . | $9^{15}$ | —4—5 | 1100 | 15 000 | 12 500 |
| Zweiter . . . . | $10^{10}$ | 13 | — | 3 000 | 22 500 |

Die Ergiebigkeit dieses Taschenfilters (vgl. Tabelle 2) war eine mindestens doppelt so große als die des Berkefeld-Militär-Filters. Bei 4—5 cm Quecksilberdruck lieferte es in 10 Minuten 1100 ccm filtriertes Wasser; aber die bakteriologische Qualität dieses Filtrates war sehr unbefriedigend. Zu einer Zeit, in welcher der Prodigiosusbacillengehalt des Rohwassers schon auf 15000 bis 3000 Keime im ccm gesunken war, wurden in 25 ccm des Filtrats am ersten Versuchstage 12500, am zweiten Versuchstage sogar 22500 Prodigiosuskeime gefunden, d. h. es gingen am ersten Tage von 30 Rohwasserkeimen einer, am zweiten Tage sogar von 3 Keimen einer hindurch. Dieser Versuch beweist überzeugend, wie notwendig die Warnung vor dem Ankauf minderwertiger Filter gewesen ist.

### 2. Dauertropfversuch.

Ein weiterer Versuch wurde mit dem gleichen Berkefeld-Militär-Filter nach gründlicher Reinigung und Sterilisierung angestellt, indem es 6 Tage lang als einfaches Tropffilter arbeitete (vgl. Tabelle 3). Der Versuch wurde Tag und Nacht fortgesetzt. In dieser Zeit durchliefen das kleine Filter nur rund 60 Liter des mit Prodigiosusbacillen stark infizierten Spreewasser-Leitungswasser-Gemisches. Schon diese Angabe läßt erkennen, daß die Ergiebigkeit des Filters unter diesen Verhältnissen sehr gering war. Sie schwankte zwischen 55 und 250 ccm in 10 Minuten. Dieses Schwanken, trotz sonst gleich bleibender äußerer Umstände, war auffallend.

Tabelle 3. Versuch I, 2 (Berkefeld-Militär-Filter Modell 1914. Dauertropfversuch).

| Versuchstag | Zeit der Probenahme oder der Filtratmessung | Filtratmenge in 10 Min. ccm | Prodigiosus-Bakterien in 25 ccm Rohwasser | Prodigiosus-Bakterien in 25 ccm Filtrat |
|---|---|---|---|---|
| Erster | $11^{55}$ | 200 | Etwa 200 000 | — |
| | $2^{00}$ | 165 | — | 0 |
| Zweiter | $10^{10}$ | 115 | — | 0 |
| | $12^{50}$ | — | — | — |
| | $1^{50}$ | — | — | 0 |
| Dritter | $11^{55}$ | 55 | — | — |
| | $1^{40}$ | — | 50 000 | 0 |
| Vierter | $9^{15}$ | 70 | — | — |
| | $10^{30}$ | 70 | — | — |
| | $1^{00}$ | — | — | 0 |
| Fünfter | $1^{00}$ | 110 | — | — |
| | $1^{15}$ | — | — | 0 |
| Sechster | $12^{00}$ | 250 | 500 | 16 |

Während die Abnahme der Ergiebigkeit bis zum dritten Tage ohne weiteres verständlich ist, läßt sich für die von diesem Zeitpunkt an bis zum 6. Tage wieder zunehmende Ergiebigkeit eine Erklärung schwer geben. Die bakteriologische Untersuchung ergab ein im ganzen recht günstiges Resultat, insofern erst am 6. Versuchstage sich Prodigiosuskolonien auf den Gipsplatten, die wieder jedesmal mit 25 ccm Filtrat beschickt worden war, entwickelten. Es wurden 16 Kolonien auf der Platte gezählt. Das Rohwasser, welches anfänglich etwa 200000 Prodigiosusbakterien im ccm enthalten hatte, enthielt, wie die Prüfung ergab, am 6. Tage nur noch etwa 500 im ccm. Unter Zugrundelegung dieser Zahl wären also am 6. Tage von 780 Prodigiosuskeimen des Rohwassers jedesmal einer durch das Filter hindurchgegangen. Das ist ein nicht ungünstiges Verhältnis. Zum Vergleich mag daran erinnert werden, daß man bei den langsamen Sandfiltern gewöhnlich damit rechnet, daß von 1000 Keimen des Rohwassers einer in das Filtrat gelangt[1]). Das Auftreten der spezifischen Keime im Filtrat fällt zusammen mit der erheblichen Zunahme der Ergiebigkeit vom 5. zum 6. Tage.

### 3. Versuch unter Nachahmung des Saugeaktes.

Schließlich wurde das Berkefeld-Militär-Filter auch einige Zeit hindurch intermittierend betrieben, indem der ruckweise Saugeakt nachgeahmt wurde (vgl. Tabelle 4). Der Versuch wurde mit Unterbrechungen an 4 aufeinander folgenden

[1]) Zeitschrift für Hygiene, 8. Bd., 1890, S. 1.

Tagen ausgeführt. Der Gehalt des wieder aus Spreewasser und Leitungswasser zusammengemischten Rohwassers an Prodigiosusbacillen belief sich auf rund 100000 bis 50000 im ccm.

Tabelle 4. Versuch I, 3 (Berkefeld-Militär-Filter Modell 1914. Nachahmung des Saugeaktes).

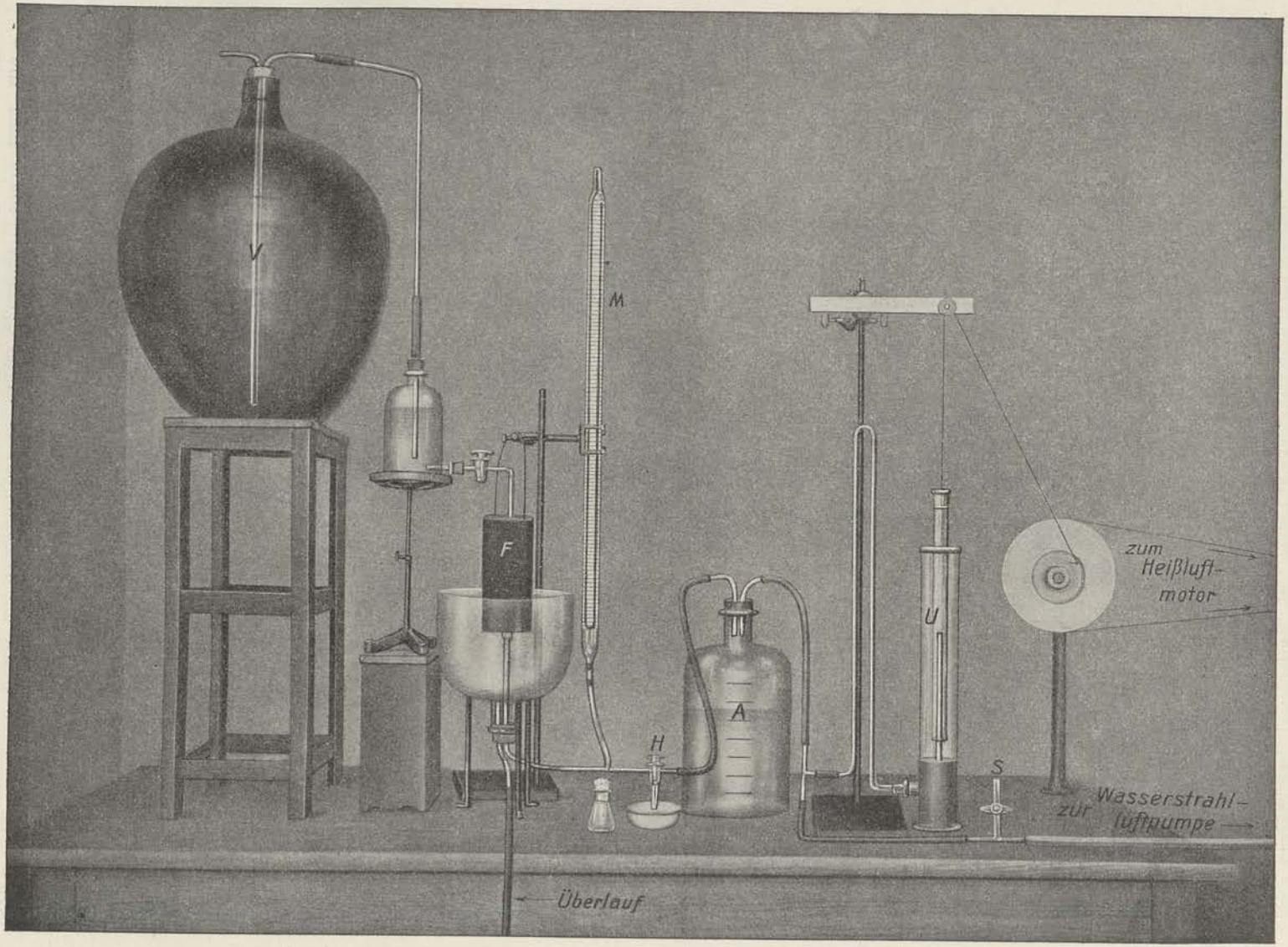
| Versuchstag | Zeit der Probenahme oder der Filtratmessung | Druck Quecksilber ccm | Filtratmenge in 10 Min. ccm | Prodigiosus-Bakterien in 1 ccm Rohwasser | Prodigiosus-Bakterien in 25 ccm Filtrat |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Etwa | |
| Erster | $11^{40}$ | —5—6 | — | 100 000 | — |
| | $1^{20}$ | — | — | — | 0 |
| | $2^{15}$ | — | 225 | — | — |
| Zweiter | $10^{10}$ | 5—8 | — | — | — |
| | $2^{10}$ | — | 200 | — | 0 |
| Dritter | $11^{00}$ | 5—6 | — | — | — |
| | $1^{30}$ | — | 130 | 50 000 | 1413 |
| | Intermittierende durch ununterbrochene Filtration mittels Wasserstrahlluftpumpe ersetzt: | | | | |
| Vierter | $10^{10}$ | 17 | — | — | — |
| | $11^{35}$ | — | 820 | — | 360 |

Das Ergebnis des Versuches war folgendes:

Auf den mit je 25 ccm des Filtrats des ersten und zweiten Versuchstages angelegten Gipskulturplatten kamen Prodigiosuskolonien nicht zur Entwicklung, wohl aber am 3. Versuchstage und zwar in ziemlich bedeutender Zahl, in 25 ccm 1413 Kolonien. Bis dahin waren in im ganzen 9 Stunden (einschließlich einiger zur Ordnung des unten beschriebenen Apparates notwendigen Pausen) nur 10 Liter Wasser durchfiltriert, d. h. durchschnittlich 185 ccm in 10 Minuten, d. i. also nur ungefähr ein Drittel der in Versuch I, 1 bei dem gleichen Druck und kontinuierlichem Saugen erhaltenen Menge. Dies erklärt sich durch die Art der Versuchsanstellung.

Um den Saugeakt einigermaßen getreu maschinell nachzuahmen, wurde nämlich nach mehreren vergeblichen Versuchen folgendes Verfahren eingeschlagen.

Ein Heißluftmotor drehte langsam eine Riemenscheibe, an welcher exzentrisch eine Schnur befestigt war, die ihrerseits wieder über eine an einem hohen Stativ befestigte Rolle lief. An dieser Schnur hing ein oben geschlossener, unten offener Glaszylinder über einem aus einem Quecksilberverschluß herausragenden offenen Glasrohr. Dieses war die Lufteintrittsstelle für das unter dem Saugedruck der Wasserluftpumpe stehende Filtersystem (nebst Rezipienten für das Filtrat usw.) So lange der schwebende Zylinder in den Quecksilberverschluß eintauchte, stand das System unter dem negativen Druck der Saugpumpe, es wurde „gesaugt“, sowie aber die rotierende Scheibe den Zylinder aus dem Quecksilber hob, trat Luft in das System




V = Vorratsflasche für das Rohwasser
F = Militärfilter Modell 1914
M = Manometer
A = Auffangflasche für das Filtrat

H = Hahn zur Entnahme der Proben
U = Unterbrecher
S = Sicherheitshahn

und der Saugeakt war unterbrochen. Fünf Sekunden ungefähr dauerte der Saugeakt und fünf Sekunden ungefähr die Saugpause, d. h. alle 10 Sekunden wiederholte sich das Spiel. Die vorstehende Abbildung nebst Beschreibung läßt die Einrichtung der Apparatur im einzelnen ersehen.

Als nach dem dritten Versuchstage der intermittierende Filterbetrieb durch einen kontinuierlichen, allerdings bei starkem negativen Drucke, ersetzt war, gingen zwar noch Prodigiosuskeime durch das Filter, aber in erheblich geringerer Menge. In 25 ccm wurden nur 360 Prodigiosuskeime gefunden.

Zu diesem Versuch war die zweite, dem Militärfilter als Reserve beigegebene Filterkerze nach vorgenommener Sterilisierung benutzt worden. Daher ist ein unmittelbarer Vergleich der Ergebnisse mit dem Versuch I, 1 und I, 2 nicht möglich; man müßte denn annehmen, daß die jetzt von der Firma gelieferten Kerzen vollständig gleichwertig sind. Nach den Erfahrungen einiger Autoren, die ich oben angeführt habe, war dies früher nicht der Fall.

## II. Versuch mit dem Reise- und Armee-Filter A. F. I.

Wie oben schon erwähnt wurde, läßt sich dieses Filter, da es mit einer Kolbenpumpe arbeitet, überhaupt nur stoßweise, d. h. intermittierend betreiben.

Die Versuche wurden an drei aufeinander folgenden Tagen vorgenommen. Es wurden mit Unterbrechungen in dieser Zeit durch das Filter im ganzen 50 Liter Wasser gepumpt, teils langsam ohne besonders starken Druck, teils rascher unter stärkerer Kraftentfaltung. Der Gehalt des Rohwassers an Prodigiosusbacillen betrug bei Beginn des Versuchs rund 50000, am Ende rund 12000 im Kubikzentimeter.

Das Ergebnis der Untersuchung der entnommenen 6 Filtratproben bei ihrer Verarbeitung auf Müllerschen Gipsplatten war, daß keine der entnommenen Proben frei von Prodigiosuskeimen war. Schon die erste Probe, die nach Durchgang der drei ersten Liter entnommen wurde, enthielt (in 25 ccm Wasser) einen Prodigiosuskeim. Die Zahl der in den folgenden Proben gefundenen Prodigiosusbacillen (in je 25 ccm Wasser) schwankte zwischen 7 und 21 (vergl. Tabelle 5).

Tabelle 5. Versuch II (Reise- und Armee-Filter).

| Versuchstag | Zeit der Probenahme oder der Filtratmessung | Druck und Geschwindigkeit beim Pumpen | Filtratmenge in 10 Min. ccm | Prodigiosus-Bakterien in 1 ccm Rohwasser | Prodigiosus-Bakterien in 25 ccm Filtrat | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Erster | $12^{20}$ | mäßig | 5 000 | — | 1 | Nach Durchgang v. 3 Litern |
| | $12^{45}$ | „ | — | — | 17 | „ „ „ weit. 7 Litern |
| | $1^{00}$ | stark | — | 50 000 | 13 | „ „ „ „ 10 „ |
| | $1^{35}$ | „ | — | — | 21 | „ „ „ „ 10 „ |
| Zweiter | $11^{56}$ | „ | — | 40 000 | 7 | „ „ „ „ 10 „ |
| Dritter | $11^{48}$ | sehr stark | 10 000 | 12 000 | 10 | „ „ „ „ 10 „ |

Die Anzahl der im Filtrat gefundenen spezifischen Keime ist so klein, daß bei der früher meist üblichen Aussaat von nur einem Kubikzentimeter Wasser auf die Kulturplatten sich die Anwesenheit der Keime vielleicht gar nicht verraten hätte. Aber die Tatsache besteht, daß bei dem stoßweisen Arbeiten des Filters gleich von Anfang an geringe Bruchteile der im Rohwasser vorhandenen spezifischen Bakterien in das Filtrat übergehen.

Während man in den vorausgehenden Versuchen das Auftreten von Prodigiosusbakterien im Filtrat nach einiger Zeit vielleicht als „Durchwachsen" im Sinne Grubers gelten lassen kann, handelt es sich bei dem Reise-Armee-Filter zweifellos um ein „Durchgespültwerden" von Keimen.

Es fragt sich aber, ob man so kleinen Bakterienmengen, wie sie im Filtrat bei Versuch II gefunden worden sind, nämlich nicht einmal eine Bakterie in jedem Kubikzentimeter Wasser, eine ungünstige gesundheitliche Bedeutung zuschreiben soll, für den Fall, daß sich unter diesen Keimen pathogene befunden hätten. Diese Frage darf deswegen aufgeworfen werden, weil wir wissen, daß die großen Sandfilter unserer zentralen Oberflächenwasserversorgungsanlagen nicht völlig keimdicht arbeiten und trotzdem eine bemerkbare Gefährdung der öffentlichen Gesundheit hierdurch nicht eintritt.

Für die Tuberkulose hat die Flüggesche Schule (Köhlisch)[1]) feststellen können, daß vereinzelte Krankheitserreger noch nicht zu einer Infektion führen; für die durch Wasser übertragbaren Infektionskrankheiten steht ein sicherer experimenteller Beweis noch aus, aber es ist nicht unwahrscheinlich, daß es sich hier ähnlich wie bei der Tuberkulose verhalten wird. Ehe diese Frage aber nicht entschieden ist, wird man vorsichtigerweise die Forderung vertreten müssen, daß auch einzelne infektionstüchtige Keime nicht in das Trinkwasser gelangen.

Das Ergebnis der vorstehend mitgeteilten Untersuchungen läßt sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. In Übereinstimmung mit den Erfahrungen der meisten früheren Untersucher konnte festgestellt werden, daß das untersuchte Berkefeld-Militär-Filter Modell 1914 eine gewisse Zeit hindurch Keime von der Größe der Prodigiosusbakterien, selbst wenn sie in sehr großer Anzahl im Rohwasser vorhanden waren, sicher zurückhielt. Die Bakteriendichtigkeit hielt um so länger an, je gleichmäßiger das Filter beansprucht wurde. Bei ruckweisem Saugen traten bald größere Mengen von Keimen hindurch. Es empfiehlt sich daher, das Militär-Filter Modell 1914 nicht durch unmittelbares Ansaugen mit dem Munde benutzen zu lassen, sondern entweder als einfaches Tropffilter oder als kontinuierlich wirkendes Saugfilter mit angesetztem Gummischlauch. In letzterem Falle entspricht die Ergiebigkeit etwa derjenigen, die man erhält, wenn man mit der Wasserstrahlluftpumpe bei einem negativen Druck von 6—7 cm Quecksilber saugen läßt.

Ob die schließlich im Filtrat auftretenden Keime „durchgewachsene" oder „durchgespülte" sind, möge dahin gestellt bleiben. Da das Bacterium prodigiosum sich im Wasser nicht vermehrt hat, ist das letztere aber wahrscheinlicher.

---

[1]) Zeitschrift für Hygiene 60. Band, 1908, S. 508.

2. Das Berkefeld-Reise- und Armee-Filter A. F. I. ließ dagegen bei Inbetriebsetzung sofort Keime durchtreten, allerdings in sehr spärlicher Zahl, nämlich weniger als 1 Keim im Kubikzentimeter Filtrat. Ob diese Durchlässigkeit für Bakterien nur eine Eigenschaft der einen zum Versuch benutzten Filterkerze gewesen ist, oder allen zu diesem Modell gehörenden Kerzen anhaftet, möge offen bleiben. Bei der sehr großen Ergiebigkeit des Reise- und Armee-Filters A. F. I. wird man aber wohl bei ihm immer mit einer gewissen Durchlässigkeit für Bakterien rechnen müssen.

3. Beim Vergleich der Wirkung der Berkefeld-Filter mit einem im Handel befindlichen „Taschen"-Filter trat ihre vorzügliche Leistungsfähigkeit deutlich zutage. Trotzdem wird man, vom streng hygienischen Standpunkt aus, auch das Berkefeld-Filter nur als einen Notbehelf ansehen können, das nicht in Wettbewerb zu treten vermag mit den Verfahren, bei welchen dem Wasser durch Erhitzen sicher alle Infektionserreger entzogen werden.

Die Berkefeld-Filter bedürfen einer sorgfältigen Wartung und müssen in gewissen Zwischenräumen gereinigt und sterilisiert (ausgekocht) werden. Diese Unbequemlichkeit ist seit jeher von allen Gutachtern als ein besonderer Übelstand des Systems bezeichnet worden. Nur bei besonders vorgebildeten Mannschaften (Sanitätspersonal) wird man mit einer Einhaltung dieser Vorschriften rechnen dürfen. Aus diesem Grunde ist der Zweifel berechtigt, ob die Schaffung eines Filtertypus für den einzelnen Soldaten überhaupt ein glücklicher Gedanke gewesen ist.

Berlin, im September 1915.

---

Ende des 2. Heftes.
Abgeschlossen am 30. November 1915.

# Gutachten des Reichs-Gesundheitsrates über das duldbare Maß der Verunreinigung des Weserwassers durch Kali-Abwässer, ohne seine Verwendung zur Trinkwasserversorgung von Bremen unmöglich zu machen.

(1. Teil)[1]).

Mit 1 Übersichtskarte und 6 Anlagen (Tabellen).

Berichterstatter: Geheimer Obermedizinalrat **Dr. Abel.**

Der Reichs-Gesundheitsrat ist auf Antrag der Freien und Hansestadt Bremen von dem Herrn Reichskanzler mit der Ausarbeitung eines Gutachtens über die folgenden beiden Fragen betraut worden:

„Inwieweit darf das Weserwasser mit Kali-Abwässern angereichert werden, ohne seine Verwendung zur Trinkwasserversorgung für ein großes Gemeinwesen unmöglich zu machen" und ferner „ob und mit welchen Mitteln die Nachteile verhütet werden können, welche die Kaliindustrie den auf die Benutzung der Flußwässer angewiesenen Interessentenkreisen zufügt".

Da die Erstattung des Gutachtens in seinem vollen Umfang einen erheblichen Zeitaufwand beansprucht, weil zur Beantwortung der zweiten Frage umfangreiche und langdauernde Versuche und Erhebungen notwendig sind, die zwar bereits begonnen sind, aber noch nicht abgeschlossen werden konnten, hat der Reichs-Gesundheitsrat einem vielfach geäußerten Wunsche entsprechend zunächst die erste Frage der Beratung unterstellt und einstweilen das nachstehende Teilgutachten vom rein hygienischen Standpunkt aus abgegeben. Es geschah dies in einer Sitzung vom 8. Juni 1914, an der teilgenommen haben die Herren Dr. Bumm, Präsident des Kaiserlichen Gesundheitsamtes-Berlin, als Vorsitzender; Dr. Abel, Berlin; Dr. Balser, Darmstadt; Dr. Beckurts, Braunschweig; Dr. Beyschlag, Berlin; Dr. von Buchka, Berlin; Dr. Duisberg, Elberfeld; Dr. C. Fraenken, Halle a. S.; Dr. Gaertner, Jena; Dr. Gaffky, Hannover; Dr. von Gruber, München; Dr. Ing. Keller, Berlin; Dr. Kerp, Berlin; Dr. Lentz, Berlin; Dr. Loeffler, Berlin; von Meyeren, Berlin; Dr. A. Orth, Berlin; Dr. R. Pfeiffer, Breslau; Dr. Philipp, Gotha; Dr. Renk, Dresden; Dr. Riedel, Lübeck; Dr. Rubner, Berlin; Dr. Schroeter, Berlin; Dr. Stoeter, Berlin; Dr. Tjaden, Bremen.

Ferner: Dr. Spitta, Berlin.

Das Gutachten erhielt nachstehende Fassung.

[1]) Der zweite Teil, der die Verteilung der Abwassermengen auf die einzelnen Flußläufe des Weserstromgebietes behandeln wird, folgt nach.

## I. Veranlassung des Gutachtens.

Die Senatskommission für Reichs- und auswärtige Angelegenheiten in Bremen hatte unter dem 12. März 1912 den Herrn Reichskanzler (Reichsamt des Innern) ersucht, „in die Erwägung der Frage einzutreten, ob und mit welchen Mitteln die großen Nachteile verhütet werden können, welche die Kaliindustrie den auf die Benutzung der Flußwässer angewiesenen großen Interessentenkreisen zufügt“ und zunächst das Kaiserliche Gesundheitsamt mit einer Prüfung der Frage zu betrauen, „inwieweit das Weserwasser mit Kali-Abwässern angereichert werden darf, ohne seine Verwendung zur Trinkwasserversorgung für ein großes Gemeinwesen unmöglich zu machen“. Auf eine Rückfrage des Herrn Staatssekretärs des Innern hat der Bremer Senat unter dem 28. April 1912 erwidert, daß er „Antrag auf Herbeiführung eines Gutachtens des Reichs-Gesundheitsrats nach Maßgabe der Ziffer Ia des Bundesratsbeschlusses vom 25. April 1901, § 241 der Protokolle“ stelle, und daß er gleichzeitig den Herrn Reichskanzler bitte, „von diesem Antrag den beteiligten Bundesregierungen von Preußen, Hessen, Sachsen-Weimar, Braunschweig, Sachsen-Meiningen, Sachsen-Coburg-Gotha, Waldeck, Schaumburg-Lippe und Lippe mit dem Ersuchen Kenntnis zu geben, anzuordnen, daß für sämtliche Anlagen, welche in die Weser sowie deren Neben- und Zuflüsse Endlaugen von Kaliwerken abführen wollen, ohne Unterschied, ob es sich um neue Anlagen oder eine Veränderung bestehender Anlagen handelt, mit der eine Vermehrung der abzuführenden Endlaugen verbunden ist, gemäß Ziffer II jenes Bundesratsbeschlusses die Entscheidung über die Abwässerbeseitigung ausgesetzt bleibt, bis das Gutachten vorliegt“. Diesem Ersuchen hat der Herr Reichskanzler (Reichsamt des Innern) durch Rundschreiben an die genannten Bundesregierungen vom 10. August 1912 entsprochen, nachdem er die Erstattung des Gutachtens durch den Reichs-Gesundheitsrat angeordnet hatte. Der Vorsitzende des Reichs-Gesundheitsrats bestellte am 30. Oktober 1912 zum Berichterstatter für das Gutachten den vortragenden Rat im Ministerium des Innern Herrn Geheimen Obermedizinalrat Dr. Abel, zu Mitberichterstattern den vortragenden Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten Herrn Geheimen Oberbaurat Dr. Ing. Keller, den Direktor im Kaiserlichen Gesundheitsamte Herrn Geheimen Regierungsrat Dr. Kerp und den Direktor der Königlichen Geologischen Landesanstalt Herrn Geheimen Oberbergrat Professor Dr. Beyschlag. Dieser letztere konnte sich wegen Erkrankung an den Arbeiten der Berichterstatter bisher nur wenig beteiligen.

Die Beratungen der Berichterstatter, die durch das Kaiserliche Gesundheitsamt angestellten Erhebungen über den Umfang der im Flußgebiete der Weser vorhandenen Kaliindustrie und von Fabrikationsbetrieben mit ähnlichen Abwässern, die vorgenommenen Ortsbesichtigungen, die Untersuchung des Weserwassers an verschiedenen Stellen des Flußlaufs und die Feststellung, daß auch die vorliegenden Wassermengenmessungen der Weserstrombauverwaltung für die Zwecke des Gutachtens noch ergänzungsbedürftig sind, ließen erkennen, daß eine Beantwortung der Frage: „ob und mit welchen Mitteln die Nachteile verhütet werden können, welche die Kaliindustrie den auf die Benutzung der Flußwässer angewiesenen Interessentenkreisen zufügt“ erst

auf Grund langwieriger Untersuchungen, Messungen usw. möglich sein wird, ein Gutachten hierüber also vermutlich längere Zeit beanspruchen wird. Anderseits mußte es geboten erscheinen, möglichst bald zu einem Urteil über die andere von Bremen zur Entscheidung vorgelegte Frage zu gelangen „inwieweit das Weserwasser mit Kali-Abwässern angereichert werden darf, ohne seine Verwendung zur Trinkwasserversorgung für ein großes Gemeinwesen unmöglich zu machen". Denn nur nach Beantwortung dieser Vorfrage werden die Berichterstatter des Reichs-Gesundheitsrats in der Lage sein, diesem Vorschläge für eine Begutachtung der Hauptfrage zu machen, wie die durch die Kaliindustrie im Wesergebiete verursachten Nachteile verhütet werden können.

## 2. Die Wasserversorgung von Bremen[1]).

Seit dem Jahre 1873 hat Bremen eine zentrale Wasserversorgung. Eine den Anforderungen der neueren Zeit angemessene derartige Versorgung der ganzen Stadt war zwar bereits im Jahre 1857 angeregt worden, das Werk wurde aber erst in den Jahren 1871 bis 1873 gebaut und im Herbste des Jahres 1873 in Betrieb genommen. Zuerst hatte man beabsichtigt, Wasser in der Nähe der Weser wenig oberhalb der Stadt durch natürliche Filtration zu gewinnen. Es waren auch Versuchsgalerien angelegt und in Betrieb gesetzt worden. In diesen mischte sich eigentliches Grundwasser, das der Weser zuströmt, mit natürlich filtriertem Weserwasser, und das Gemisch hatte infolge der Beimischung des eisenhaltigen Grundwassers hohen Eisengehalt. Da man zu jener Zeit das Eisen aus dem Wasser noch nicht zu entfernen verstand, sah man von dieser Art der Wassergewinnung ab und entschloß sich zu künstlicher Filtration des Weserwassers.

Die ursprüngliche Anlage wurde für 4000 cbm täglich an etwa 70000 Einwohner abzugebendes Wasser ausgeführt, und eine Erweiterungsmöglichkeit auf das Doppelte wurde für genügend erachtet. Jetzt versorgt das Wasserwerk etwa 265000 Einwohner der Stadt Bremen und der eingemeindeten Ortschaften. Mit Rücksicht auf die Zunahme der Einwohnerschaft wird man nach Tjaden auf die Sicherstellung von 80000 bis 100000 cbm Wasser täglich bedacht sein müssen.

Von der Schöpfstelle am Weserufer strömt das Flußwasser den Saugschächten auf dem Wasserwerke in zwei Rohrleitungen von 1000 und 700 mm Durchmesser mit natürlichem Gefälle zu. Aus den Saugschächten heben die Rohwasserpumpen das Wasser in zwei offene Klärbecken von zusammen 6600 qm Fläche. In den Klärbecken, die kontinuierlichen Durchfluß haben, tritt das Rohwasser zunächst in die Vorkammern, dann in die beiden Hauptbecken. Senkrecht schwimmende Holzschützen verteilen das Wasser auf den ganzen Querschnitt der Behälter und verhüten örtliche Strömungen. Durch die etwa 180 qm mittleren nutzbaren Querschnitt und 108 m

[1]) Die hier gemachten Angaben sind teils einem Aufsatz von Götze: „Die zentrale Wasserversorgung von Bremen" (vergl. Tjaden, „Bremen in hygienischer Beziehung", Bremen 1907), teils dem Gutachten von Ober-Medizinalrat Prof. Dr. Tjaden: „Die Beseitigung der bei der Kaligewinnung im Weserstromgebiet entstehenden Abwässer und die Wasserversorgung der Stadt Bremen", dort 1912, entnommen.

nutzbare Länge besitzenden Hauptbecken fließt das Wasser mit natürlichem Gefälle den 1 m tiefer liegenden Filtern zu.

Die Filteranlage enthält 20 Filter von zusammen 24000 qm Fläche. Die einzelnen Filter haben durchschnittlich also etwa 1200 qm Fläche. Sie sind viereckige, nicht überdeckte Becken mit wenig geneigten, zum Teil mit Klinkern verblendeten Seitenwänden. Aus den Schächten für die Regelung des Wasseraustritts strömt das Wasser in Röhren zu den Reinwasserkellern. Die Reinwasserpumpen fördern von hier aus das Wasser in die Stadt und füllen zum Ausgleich die Hochbehälter, unter deren Druck das Rohrnetz steht.

Seit 1904 wird das Rohwasser, jedoch nicht ständig, in den Becken mit Zusatz von schwefelsaurer Tonerde geklärt. Diese wird im Verhältnis 1 : 20000 bis 1 : 50000 verwendet, nur ausnahmsweise wird ein stärkerer Zusatz nötig. Die Filtrationswirkung des Wasserwerkes war hinsichtlich des Keimgehaltes dauernd gut.

Die Frage, ob Bremen nicht zur Grundwasserversorgung übergehen solle, tauchte im Schoße der Verwaltungsbehörden und -körperschaften bei verschiedenen Gelegenheiten auf, namentlich immer dann, wenn die starke Entwicklung der Wasserabgabe Bereitstellung von Mitteln für Erweiterungen des Wasserwerkes nötig machte. Auch die Gesundheitsbehörden nahmen Stellung dazu. Unter den für die Flußwasserversorgung befürchteten Gefahren nahm die wachsende Versalzung des Flusses durch die Abwässer aus den Kaliwerken im Weserstromgebiete wohl die erste Stelle ein. Daneben stand die Sorge vor einer allgemeinen Verschlechterung des Rohwassers infolge der nach Vollendung des Mittellandkanals erwarteten Verstärkung der Schiffahrt auf der Weser. Zur Aufsuchung geeigneten Grundwassers wurden daher seit 1902 große Mitttel bewilligt (bis 1912 wurden 180000 M. aufgewendet) und umfangreiche Arbeiten ausgeführt.

Von diesen Untersuchungen sind besonders erwähnenswert die Versuche, auf einer Halbinsel am linken Weserufer oberhalb Bremens, der sogenannten Korbinsel, brauchbares Wasser zu erschließen. Nach Lage der Dinge konnte nur die gewählte Gegend für die etwaige Entnahme von Grundwasser neben der Weser in Frage kommen, weil die früheren hydrologischen Untersuchungen ergeben hatten, daß weiter flußaufwärts ein Salzwasserstrom aus dem Tertiär an das Flußbett herantritt, der andauerndes Pumpen aus dem Diluvium dort unmöglich macht. Die Korbinsel liegt etwas oberhalb eines gewaltigen Stauwehrs, das die ganze Weser durchquert. Das Wehr ist auf Grund eines Staatsvertrags mit Preußen von Bremen erbaut. Die Höhenlage des Oberwassers soll im Sommer vorläufig 4,5, im Winter 5,5 m über NN. betragen. Der höhere Stau ist vorgesehen, um Bewässerungen der oberhalb gelegenen Ländereien vornehmen zu können. Da der mittlere ursprüngliche Wasserspiegel des Flusses etwa bei 2,0 m NN. liegt, so beträgt die Stauhöhe 2,5 und 3,5 m. Der durch das Wehr bedingte gewaltige Wasserdruck macht sich seitlich geltend und naturgemäß um so mehr, je höher der Stau getrieben wird.

Es zeigte sich bei Pumpversuchen an einem 75 m vom Flußbett entfernt niedergebrachten Brunnen von 22 m Tiefe (Filterkorb 11—21 m unter Gelände) dann auch bald, daß das Grundwasser durch das Weserwasser weitgehend beeinflußt wird, indem

Temperatur, Chlorgehalt usw. des Grundwassers anstieg. Auch an einem zweiten, 420 m landeinwärts vom Flußufer angelegten Brunnen, an dem die Versuche zur Zeit noch fortgesetzt werden, machte sich im Verlaufe der Pumpversuche ein erhebliches Ansteigen des Chlorgehalts bemerkbar, das nach Lage der Dinge nur durch Zutritt von Weserwasser erklärt werden konnte. Es mußte bedenklich erscheinen, angesichts der zunehmenden Versalzung und Verhärtung des Weserwassers durch die Kalifabriken im Wesergebiet ein so vom Fluß her beeinflußtes Grundwasser zur Versorgung ins Auge zu fassen.

Die Bremischen Behörden haben daher den Plan, das auf der Korbinsel und in der Verlängerung der Korbinsel flußaufwärts in den sogenannten blauen Werder fließende Grundwasser der Wasserversorgung dienstbar zu machen, einstweilen aufgegeben.

Noch weiter landeinwärts mit Versuchsbrunnen zu gehen, war angeblich aus örtlichen Gründen nicht möglich.

Dem Berichterstatter ist bekannt, daß weitere Versuche zur Beschaffung von Grundwasser seitens des Staates Bremen im Gange sind. Näheres über ihre Ergebnisse ist jedoch bisher nicht in die Öffentlichkeit gedrungen. Auf alle Fälle muß noch auf unbestimmte Zeit, wenn nicht für die Dauer, mit einer Wasserversorgung Bremens aus der Weser gerechnet werden.

Nach den heutigen Anschauungen der Gesundheitswirtschaft würde man aber auch dann, wenn es gelingen sollte, eine Grundwasserversorgung für Bremen zu schaffen, zu einer völligen und endgültigen Abkehr von der Weser als Bezugsquelle kaum raten können. Bei unseren noch keineswegs sehr vollkommenen Kenntnissen über die Mengen, Bewegungen, chemischen Veränderungen des Grundwassers muß man bei der Wasserversorgung großer Städte die Heranziehung der fließenden Welle in den benachbarten Gewässern für Fälle der Not und besondere Katastrophen tunlichst offen zu halten suchen. Es sei erinnert an die Schwierigkeiten, die in Breslau s. Zt. eintraten, als das Grundwasser unerwartet durch hohen Mangangehalt unbrauchbar wurde und die verlassene Oberflächenversorgung wieder herangezogen werden mußte. Auch sei auf das Beispiel der Stadt Berlin hingewiesen, die trotz reicher Erschließung von Grundwasser an mehreren zum Bezug geeigneten Stellen doch mit Recht auf die Möglichkeit, stets Oberflächenwasser als Reserve zu behalten, nicht zu verzichten gedenkt.

Außer Betracht muß für dieses Teilgutachten die Frage bleiben, ob es für Bremen Vorteile haben könnte, wenn die Schöpfstelle des Wasserwerkes an der Weser bis oberhalb der Allermündung verschoben würde. Die Frage ist zwar schon mehrfach aufgetaucht, als ernstliche Möglichkeit jedoch bisher nicht erwogen worden.

### 3. Die Kaliindustrie im Wesergebiet und ihre Einwirkung auf das Weserwasser bei Bremen.

Nachdem im Jahre 1889 als erstes Kaliwerk im Wesergebiete das der Gewerkschaft Hercynia an der Innerste in Betrieb gesetzt worden war, hat die Kaliindustrie sich außerordentlich stark und schnell weiter entwickelt. Der Stand der Kaliindustrie im Stromgebiete der Weser erhellt aus einem Blick auf die am Schluß des Gutachtens beigefügte Karte.

Ende 1904 waren bereits 10 Werke vorhanden, die bis rund 35 000 dz Kalirohsalze täglich verarbeiten konnten. Bis Ende 1911 traten 9 fernere Werke mit etwa 29 000 dz möglicher Verarbeitungsmenge hinzu. Am 1. Januar 1913 waren insgesamt 95 Werke vorhanden oder im Entstehen. Davon befanden sich in Förderung 39, und zwar in Preußen 31, in Sachsen-Weimar 5, in Braunschweig 3.

Über Menge und Beschaffenheit der im Kalisalzbergbau und bei der Verarbeitung der Kalirohsalze entstehenden Abwässer ist bereits in früheren Gutachten des Reichs-Gesundheitsrats eingehend gehandelt worden. Es sei besonders auf die Darstellung in dem Gutachten[1]) vom 8. Januar 1910, betreffend die Versalzung des Wassers von Wipper und Unstrut durch Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken — im folgenden als „Wippergutachten" bezeichnet — hingewiesen.

Die wesentlichen Abwässer sind

1. die bei der Verarbeitung von Carnallit abfallenden chlormagnesiumreichen Endlaugen. Man nimmt ziemlich allgemein an, daß auf die Verarbeitung von je 1000 dz Carnallit je 50 cbm Endlaugen entstehen. Beispiele der Zusammensetzung solcher Endlaugen liefert die Anlage 2 unter I. Für sie charakteristisch ist der hohe Gehalt an Magnesium (durchschnittlich rund 100 g Mg im Liter) und an Chlor (durchschnittlich rund 300 g Cl im Liter) und die durch das Magnesium bedingte hohe permanente Härte (durchschnittlich rund 24 000 Deutsche Härtegrade);
2. die von der Kieseritwäsche ablaufenden Wässer. Sie werden in der Regel auf etwa 50 l für je 100 kg verarbeiteten Roh-Kieserit angenommen. Beispiele ihrer Zusammensetzung gibt Anlage 2 unter II. Ihre hauptsächlichsten Bestandteile stellen Chlor (Cl) und Natrium (Na) dar. Auch die Verarbeitung von Hartsalz (Sylvinit) wird bisweilen so geleitet, daß dabei ähnliche Abwässer entstehen; meist finden diese Ablaugen jedoch weitere Verwendung in der Fabrik.

Die nach Zusammensetzung und Menge sehr schwankenden, oft kochsalzhaltigen Schachtwässer der Kalibergwerke, die Ablaufwässer der Halden, die Abwässer der Bromfabrikation aus Endlaugen bedürfen von Fall zu Fall der Berücksichtigung.

Trotz zahlreicher Vorschläge für eine Nutzbarmachung der unter 1. genannten Endlauge[2]) gelangt diese doch nur in sehr geringem Bruchteil zu weiterer Verwendung. Ganz überwiegend geht sie wie die übrigen Abwässer der Kaliindustrie der Vorflut zu und veranlaßt in deren Wasser eine je nach der Wasserführung mehr oder minder große Vermehrung des Chlor (Salz) -gehalts und der permanenten Härte.

Die Frage, ob die mit den Kaliabwässern in die Flüsse gelangenden chemischen Stoffe, insbesondere das Magnesium, im weiteren Laufe der Gewässer durch chemische Umsetzungen oder durch andere Einwirkungen (Übertritt in den Boden, biologische Vorgänge) eine Verminderung erfahren, ist noch nicht endgültig entschieden. Was

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 38, S. 1 (vergl. S. 2—7).

[2]) S. eine Übersicht z. B. bei Dietz. Über die Nutzbarmachung von Kali-Endlaugen. Berlin 1913.

in den letzten Jahren bekannt geworden ist, spricht gegen eine Abnahme. Es wird Sache des Hauptgutachtens sein, durch besondere Untersuchungen, die bereits eingeleitet sind, diesen Streitpunkt möglichst aufzuklären. Einstweilen besteht kein hinreichender Grund für die Annahme eines Rückganges der einmal in die Vorflut eingeführten Stoffe der Kaliabwässer. Vielmehr wird damit zu rechnen sein, daß alle Bestandteile der Kaliabwässer, die in die Nebenflüsse der Weser, sei es in Werra, Innerste, Leine, Oker, Schunter, Aller, hineingelangt sind, auch in der Weser bei Bremen noch vorhanden sein werden.

Demgemäß droht aus der Zunahme der Kaliindustrie im Weserstromgebiete, solange diese nicht auf die Einleitung ihrer Abwässer in die Vorfluter verzichten kann oder will, für Bremen eine nicht geringe und wenigstens für längere Zeit aller Voraussicht nach sich noch erheblich steigernde Veränderung in der Beschaffenheit des Weserwassers bei der Stadt.

Gegen die Zusammensetzung vor der, wie angegeben, 1889 erfolgten ersten Errichtung einer Kalifabrik im Wesergebiete zeigt das Weserwasser heute wesentliche Verschiedenheiten. Aus den Belegen dafür, die Tjaden[1]) beibringt, sei nur ein Beispiel hier angeführt.

Veränderungen in der Zusammensetzung des Weserwassers bei Bremen.

| Tag der Untersuchung | Wasserführung Sek./cbm | Cl mg/l | $SO_4$ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l |
|---|---|---|---|---|---|
| 2. V. 1883 . . . . . | 215 | 45 | 54 | 51 | 10 |
| 19. V. 1904 . . . . . | 210 | 73 | 86 | 57 | 14 |
| 19. IV. 1911 . . . . . | 220 | 148 | 95 | 66 | 23 |

Drei Untersuchungen des Weserwassers, etwa zu gleicher Jahreszeit und bei gleicher Wasserführung (annähernd Mittelwasser) 1883, 1904 und 1911 vorgenommen, zeigen, wie in dieser Zeit der Gehalt an Chlor, Schwefelsäure, Kalk und Magnesium zugenommen hat. Bei Zusammenhalt der Analysen mit zahlreichen ähnlichen wird man nicht fehlgehen, wenn man in der Steigerung zumal des Chlor- und Magnesiumgehalts eine Wirkung der Kaliabwässereinleitung in die Wesernebenflüsse sieht. Die Besorgnis Bremens vor einer weiter wachsenden Veränderung des Flußwassers, wodurch dieses schließlich ganz ungeeignet zur Trink- und Nutzwasserversorgung der Einwohnerschaft werden könnte, ist vollauf berechtigt.

Erwähnt sei, daß als höchster Gehalt an Chlor im Weserwasser bei Bremen bis 1912 420 mg Cl im Liter beobachtet worden sind[2]).

Daß die im Bremer Wasserwerk übliche Behandlung des Weserwassers vor der Filtration mit sehr geringen Zusätzen von Tonerdesulfat keine Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Wassers im Sinne einer Verminderung der durch

[1]) Tjaden, Gutachten S. 16 ff.
[2]) Tjaden, Gutachten S. 20.

die Kaliabwässer eingeführten Stoffe bewirken kann, hat schon Tjaden betont und bewiesen[1]). Ebensowenig hat die Sandfiltration eine solche Wirkung, noch läßt auch ein anderes praktisch brauchbares Verfahren der Wasserbehandlung sie erhoffen.

Über die Beschaffenheit des Weserwassers oberhalb Bremens im letzten Jahre gibt eine Reihe von Untersuchungen Aufschluß, die teils im Hygienischen Institut zu Bremen, teils im Kaiserlichen Gesundheitsamt ausgeführt worden sind und von welchen im folgenden einige aufgeführt werden. In der ersten Tabelle sind die Untersuchungsergebnisse nach der Zeit der Probeentnahme, in der zweiten Tabelle nach den Wasserständen am Pegel zu Baden (oberhalb Bremen) geordnet[2]).

I. Untersuchungsergebnisse, geordnet nach der Zeit der Probeentnahme.

| Monat | Tag der Probeentnahme | Chlor mg/l | Deutsche Härtegrade | Pegelstand m |
|---|---|---|---|---|
| Juli 1913 | 9. | 145 | 15 | 1,73 |
| | 21. | 180 | 18 | 1,59 |
| August „ | 4. | 180 | 17 | 1,52 |
| | 20. | 215 | 19 | 1,69 |
| Septbr. „ | 3. | 200 | 16 | 1,26 |
| | 23. | 235 | 20 | 1,45 |
| Oktober „ | 3. | 200 | 18 | 1,17 |
| | 15. | 235 | 20 | 1,32 |
| Novbr. „ | 5. | 215 | 19 | 1,21 |
| | 26. | 65 | 10 | 2,41 |
| Dezember „ | 3. | 125 | 14 | 2,33 |
| | 19. | 55 | 10 | 4,20 |
| Januar 1914 | 31. | 146 | 17 | 2,43 |
| Februar „ | 7. | 138 | 16 | 2,27 |
| | 18. | 118 | 15 | 2,81 |
| | 27. | 67 | 12 | 3,72 |
| März „ | 10. | 63 | 10 | 4,88 |
| | 19. | 44 | 9,5 | 5,66 |
| | 30. | 72 | 11,5 | 4,48 |
| April „ | 17. | 62 | 13 | 3,56 |
| | 29. | 130 | 16,5 | 2,31 |
| Mai „ | 22. | 156 | 18 | 1,80 |
| Juni „ | 9. | 101 | 14 | 2,09 |
| | 30. | 133 | 13,5 | 1,95 |
| Juli „ | 9. | 113 | 12,5 | 2,80 |
| | 22. | 137 | 15 | 2,26 |

II. Untersuchungsergebnisse, geordnet nach den Wasserständen.

| Pegelstand m | Chlor mg/l | Deutsche Härtegrade | Tag der Probeentnahme |
|---|---|---|---|
| 5,66 | 44 | 9,5 | 19. 3. 14 |
| 4,88 | 63 | 10 | 10. 3. 14 |
| 4.48 | 72 | 11,5 | 30. 3. 14 |
| 4,20 | 55 | 10 | 19.12. 13 |
| 3,72 | 67 | 12 | 27. 2. 14 |
| 3,56 | 62 | 13 | 17. 4. 14 |
| 2,81 | 118 | 15 | 18. 2. 14 |
| 2,80 | 113 | 12,5 | 9. 7. 14 |
| 2,43 | 146 | 17 | 31. 1. 14 |
| 2,41 | 65 | 10 | 26.11. 13 |
| 2,33 | 125 | 14 | 3.12. 13 |
| 2.31 | 130 | 16,5 | 29. 4. 14 |
| 2,27 | 138 | 16 | 7. 2. 14 |
| 2,26 | 137 | 15 | 22. 7. 14 |
| 2,09 | 101 | 14 | 9. 6. 14 |
| 1,95 | 133 | 13,5 | 30. 6. 14 |
| 1,80 | 156 | 18 | 22. 5. 14 |
| 1,73 | 145 | 15 | 9. 7. 13 |
| 1,69 | 215 | 19 | 20. 8. 13 |
| 1,59 | 180 | 18 | 21. 7. 13 |
| 1,52 | 180 | 17 | 4. 8. 13 |
| 1,45 | 235 | 20 | 23. 9. 13 |
| 1,32 | 235 | 20 | 15.10. 13 |
| 1,26 | 200 | 16 | 3. 9. 13 |
| 1,21 | 215 | 19 | 5.11. 13 |
| 1,17 | 200 | 18 | 3.10. 13 |

[1]) Tjaden, Gutachten S. 15.

[2]) Auch einige erst nach Fertigstellung des Gutachtens ausgeführte Untersuchungen sind in den Tabellen mit berücksichtigt.

Aus den Tabellen ergibt sich, daß der höchste während der Beobachtungszeit festgestellte Wert für die Härte des Weserwassers 20 Deutsche Grade, für den Chlorgehalt 235 mg im Liter beträgt, daß derartig hohe Werte aber nur selten erreicht worden sind, vielmehr häufig Zahlen sich finden, die bis zur Hälfte und darüber tiefer liegen, zumal, was den Chlorgehalt anbelangt. Diese tiefen Werte nähern sich stark denjenigen, die man als natürlichen Härtegrad und Chlorgehalt des Weserwassers aus der Zeit vor der Einleitung von Kaliabwässern in die Weser kennt[1]). Daß in sehr niederschlagsarmen Sommern die Werte für Chlor und Härte erheblich höher ausfallen können, ist zu erwarten. Die Zahlen der Tabellen sollen lediglich eine Vorstellung davon geben, welche Verhältnisse in der jüngsten Zeit obgewaltet haben. Im übrigen geht aus den Zusammenstellungen hervor, daß Salzkonzentrationen und Wasserführung der Weser keineswegs parallel gehen, daß vielmehr zwischen beiden ziemlich verwickelte Beziehungen herrschen müssen.

## 4. Die Veränderungen von Trink- und Nutzwasser durch Kaliabwässer im allgemeinen.

Die Kaliabwässer verschmutzen die Vorfluter nicht wie die Abwässer der Ortschaftskanalisationen und gewisser, organische Stoffe verarbeitender Industrien, indem sie das Wasser unappetitlich machen, grobe, dem Auge auffallende Unreinlichkeiten ihm zuführen, zersetzungsfähige und unter Umständen in einer für die Nase lästigen Weise sich zersetzende Stoffe oder gar die Erreger von übertragbaren Krankheiten hineinbringen. Ihre Wirkung besteht vielmehr nur darin, daß sie anorganische Verbindungen gelöst enthalten und dem Wasser mitteilen, die bei zu starkem Anwachsen dessen Verwendbarkeit für manche Zwecke beeinträchtigen oder ausschließen. Die hierbei in Frage kommenden Verbindungen sind vor allem das Chlormagnesium ($MgCl_2$), das Magnesiumsulfat (Bittersalz $MgSO_4$) und das Chlornatrium (Kochsalz NaCl)[2]). Die Einwirkung, die ihre Anwesenheit in größerer Menge auf ein Wasser hat, kennzeichnet sich am deutlichsten durch die Verschlechterung des Geschmacks und bei den Magnesiumverbindungen durch die Erhöhung der Härte des Wassers, wobei es sich um einen Zuwachs an bleibender (permanenter), also durch Kochen des Wassers nicht zu beseitigender Härte handelt.

Die einheitliche zentrale Trinkwasserversorgung eines Ortes und so auch die von Bremen dient einer Anzahl verschiedener Zwecke. Sie soll liefern:

1. Wasser zur Befriedigung des Trinkbedürfnisses, also zum Genuß als solches, in unverändertem Zustande;
2. Wasser zur Bereitung von Speisen und Getränken;
3. Wasser für Zwecke des Haushalts (Körperreinigung, Wäschewaschen usw.);

---

[1]) Vergl. Tjaden, Gutachten S. 16, Tabelle 6; Vogel, Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin, 1916, S. 522.

[2]) Wenn auch die Annahme, daß die genannten Salze als solche und in vollem Umfang unzerlegt im Wasser gelöst seien, den heutigen Anschauungen der Chemie über das Verhalten der Lösungen von Elektrolyten nicht entspricht, so mag doch im folgenden zur Vereinfachung der Betrachtung diese Art der Darstellung gestattet sein.

4. Wasser für die Ernährung etwa gehaltener Tiere;
5. Wasser für gewerbliche Zwecke (Dampfkesselspeisung, Betriebswasser anderer Art);
6. Wasser für öffentliche Zwecke (Straßenreinigung, Kanalspülung, Feuerlöschwesen usw.).

Soweit hygienische Gesichtspunkte in Frage kommen, ist also nach allen diesen Richtungen im folgenden die Wirkung einer Anreicherung von Wasserleitungswasser, und speziell die des Bremer Leitungswassers, durch Kaliabwässer entsprechend Art und zulässigem Maß zu erörtern. Es erhellt dabei von vornherein, daß den Verwendungszwecken unter 1. und 2., weil bei ihnen das Wasser dem Körper einverleibt wird, die überwiegende Bedeutung zukommen muß.

## 5. Das Wasser für Trinkzwecke und seine Beeinflussung durch Kaliabwässer.

In mehreren Gutachten hat sich der Reichs-Gesundheitsrat bereits mit der Frage der Kaliabwässerbeseitigung und insbesondere mit ihrer Einleitung in die Flüsse zu beschäftigen gehabt[1]). In allen diesen Gutachten, in denen eine mehr oder minder große Versalzung und Verhärtung der Flüsse durch Kaliabwässer schließlich als statthaft bezeichnet wird[2]), hat sich der Reichs-Gesundheitsrat auch darüber sich zu äußern veranlaßt gesehen, ob und wie der angegebene Verunreinigungsgrad die Benutzung des Flußwassers zu Trinkzwecken beeinflussen würde. Dabei konnte zwar von einer Entscheidung dieser Frage abgesehen werden, weil die betreffenden Flüsse kaum noch irgendwo zur Entnahme von Trinkwasser dienten und auch wegen ihrer Verschmutzung durch organische Abfallstoffe dazu nicht mehr mit hygienischer Billigung benutzbar erschienen. Indessen sind besonders in dem Schuntergutachten doch gewisse grundsätzliche Anschauungen ausgesprochen, die auch bei der jetzt erforderten gutachtlichen Äußerung mit zu berücksichtigen sein werden.

Wenn man von einem Trinkwasser verlangt, daß es klar, farblos, geruchlos, von gewisser, nicht zu hoher Temperatur und erfrischendem, angenehmem Geschmacke sei, so wird eine der wichtigsten dieser Eigenschaften, nämlich der Geschmack, durch Zumischung von Kaliabwässern ungünstig beeinflußt. Und zwar ist es von den Bestandteilen der Kaliabwässer nach allgemeiner Übereinstimmung das Chlormagnesium, was den Geschmack hauptsächlich stört. Ihr Gehalt an Magnesiumsulfat und Kochsalz tritt demgegenüber weit zurück.

---

[1]) Gutachten vom 4. Juli 1906 über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus Chlorkaliumfabriken auf die Schunter, Oker und Aller. Arb. a. d. Kais. Ges.-Amt Bd. 25 S. 259 (Schuntergutachten); Gutachten vom 8. Juni 1910 betr. die Versalzung des Wassers von Wipper und Unstrut durch Endlaugen aus Chlorkaliumfabriken. Ebenda Bd. 38, S. 1 (Wippergutachten); Gutachten vom 28. Juni 1912 über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus der Chlorkalium- und Sulfatfabrik der Gewerkschaft Rastenberg i. Thür. auf die Ilm, Lossa und Saale. Ebenda Bd. 44, S. 531 (Ilmgutachten).

[2]) Schunter, Oker und Aller bis Müden um 350—400 mg Chlor im Liter und 30—35 Härtegrade, d. h. alle drei auf 400—450 mg Chlor, Schunter auf 50—55 Härtegrade, Aller und Oker auf 40—45, Wipper und Unstrut auf etwa 50 Härtegrade und 300 mg Chlor im Liter, Ilm und Lossa um 425 mg Chlor im Liter auf 450 mg und 30 Härtegrade.

Die Geschmacksempfindung von reinen Chlormagnesiumlösungen wird sehr verschieden angegeben. Stärkere Konzentrationen werden meist als bitter, bittersüß, kratzend, widerlich empfunden. Bei schwächeren Lösungen tritt der Geschmack des Bitteren oder auch des Laugenhaften, Faden, Flauen mehr hervor. Noch schwächere Lösungen endlich werden als solche gar nicht mehr geschmeckt, geben aber einen kratzenden, zusammenziehenden Nachgeschmack, der sehr lange anhalten kann und natürlich auch nach stärkeren Lösungen sich einstellt. Geschmacksprüfungen mit Kaliendlaugen verschiedener Verdünnung liefern ganz ähnliche Ergebnisse.

Es ist nun klar, daß ein Wasser mit derartigem Geschmack oder auch nur Nachgeschmack als ein hygienisch gutzuheißendes Wasser nicht betrachtet werden kann und zumal für die Wasserversorgung einer Stadt nicht zu brauchen ist. Die wichtige Frage ist aber, in welcher Verdünnung Kaliabwässer einem Trinkwasser beigemischt sein müssen, um seinen Geschmack so zu verschlechtern, daß es als unbrauchbar zu bezeichnen ist, oder mit anderen Worten, welche Grenze man für den Chlormagnesiumgehalt eines mit Kaliabwässern verunreinigten Trinkwassers aufzustellen hat, jenseits deren es schon aus Geschmacksgründen, neben die natürlich noch andere treten können, zu verwerfen ist.

Nach dieser Richtung liegt in der Literatur eine ziemlich große Zahl von Untersuchungen und Beobachtungen vor, die aber leider in ihren Ergebnissen weit auseinandergehen. Teils sind sie mit Lösungen reinen Chlormagnesiums, teils mit Verdünnungen von Kaliendlaugen angestellt worden.

Mit Chlormagnesiumlösungen machte Rubner[1]) Schmeckversuche. Er hält eine Temperatur des Wassers zwischen 20—25° für die beste. Mengen von 50 bis 60 ccm sollen im Munde herumbewegt und dann geschluckt werden. Die Lösung scheint in destilliertem Wasser erfolgt zu sein. So prüfend fand Rubner Wasser mit 926 mg $MgCl_2$ im Liter bitter und absolut ungenießbar, ebenso 463 und 231,5 mg $MgCl_2$. Bei 110 mg war ein Salzgeschmack unmittelbar fast nicht wahrnehmbar, aber Nachgeschmack; 60 und sogar 28 mg waren durch den Nachgeschmack noch erkennbar.

Ferdinand Fischer[2]) kam bei Lösungen in destilliertem Wasser zu ähnlichen Ergebnissen, indem er 90 mg im Liter schwach, 180 mg deutlich salzig mit bitterem Nachgeschmack empfand, 280 mg als salzig bitter und 470 mg als stark bitter salzig. In Göttinger Leitungswasser gelöstes Chlormagnesium schmeckte er jedoch in Menge von 90 mg noch nicht, auch 180 mg blieben zweifelhaft; 280 mg waren sehr schwach wahrzunehmen, 470 mg als salzig bitter.

Kraut[3]) beobachtete dagegen, daß 465 mg $MgCl_2$, in 1 Liter Hannoverschen Leitungswassers gelöst, von 10 Personen für geschmacklos erklärt wurden, während 4 andere etwas zu schmecken glaubten. 196 und 217 mg $MgCl_2$ wurden nicht oder doch nicht sicher von reinem Leitungswasser unterschieden.

---

[1]) Rubner, Offiz. Ber. über die 12. Hauptversammlung des Preußischen Medizinal-Beamten-Vereins 1898, S. 7; Vierteljahrschr. f. gerichtl. Med. 3. Folge, Bd. 24, Suppl. S. 1.

[2]) Fischer, F., Das Wasser. Berlin 1902, 3. Aufl., S. 26.

[3]) Kraut, K., Cum grano salis. Berlin 1902, S. 35.

Nach Versuchen im Hygienischen Institute zu Würzburg werden von Assmann[1]) 2330 mg $MgCl_2$ im Liter Leitungswasser als etwas bitter und leicht salzig schmeckend, unbrauchbar als Trinkwasser bezeichnet; 1165 mg als von schwachem, bitterlichem Geschmack, als Trinkwasser entwertet; 580 mg als noch ganz leicht wahrnehmbar, als Trinkwasser verwendbar; größere Verdünnungen waren nicht zu schmecken. Blume fand in demselben Institute Wasser mit 1165 mg unbrauchbar, mit 580 mg entwertet, mit 288 mg brauchbar. Bossert legt die Grenze der Wahrnehmbarkeit auf etwa 230 mg im Liter.

Gaffky[2]) konnte in destilliertem Wasser 100 mg $MgCl_2$ im Liter noch nicht wahrnehmen, 200 mg gaben einen überaus schwachen, 500 einen schwachen Geschmack. In Gießener Leitungswasser waren frühestens 250 mg zu erkennen, 333 gaben auch noch ganz schwachen, 500 schwachen Geschmack.

Umfangreiche Versuche mit vielen Personen machte Dunbar[3]). 400 mg $MgCl_2$ im Liter eines Grundwassers gelöst, schmeckten in einem Versuch alle 11, im anderen 7 von 14 Versuchspersonen. 200 mg erkannten 20 von 21, 100 mg 39 von 52, 75 m 23 von 34. „Gute Schmecker" fanden bis zu 50 mg heraus. Allerdings handelte es sich bei allen diesen Versuchen bis auf den erstangegebenen mit der stärksten Lösung um ein Unterscheiden von reinem und chlormagnesiumhaltigem Wasser, nicht um einfache Angabe, ob ein Geschmack dem Wasser anhafte.

Landolt[4]) schmeckte 1500—1600 mg $MgCl_2$ im Liter noch nicht, de Chaumont[5]) erst 710—790 mg, Pfeiffer[6]) schon 108, was aber Volhard[7]) wiederum entschieden bestreitet.

Schmeckversuche über die Grenze der Wahrnehmbarkeit von Kaliendlaugenverdünnungen stellten Kraut, Rubner, Gaffky, Fraenken, Vogel, Tjaden, Dunbar an.

Krauts (l. c.) Versuchspersonen konnten einen deutlichen Unterschied zwischen reinem Hannoverschen Leitungswasser und einem mit Zusatz von Endlauge bis zu 780 mg $MgCl_2$ im Liter nicht bemerken.

Rubner (l. c.) konnte 1000fache Verdünnung (390 mg $MgCl_2$) nicht am Geschmack, wohl aber am Nachgeschmack erkennen.

Gaffky[8]) fand die Geschmacksgrenze zwischen 1000- und 2000facher Verdünnung (etwa 200—400 mg $MgCl_2$ im Liter entsprechend).

Fraenken[9]) prüfte Verdünnungen in destilliertem und Hallenser Leitungswasser bei Temperaturen zwischen 18 und 32°. 2—2,5 Endlauge auf 1000 destilliertes Wasser wurde von jedem sofort geschmeckt, im Leitungswasser 2,5—3,0 Endlauge

---

[1]) Assmann, Grenzwerte über den Geschmack verunreinigten Wassers. Diss. Würzburg 1905.
[2]) Schuntergutachten S. 336.
[3]) Dunbar, Die Abwässer der Kali-Industrie. München und Berlin 1913, S. 55 f.
[4]) Zit. nach Kraut, a. a. O. S. 32.
[5]) Zit. nach Rubner, a. a. O.
[6]) Zit. nach Kraut, a. a. O. S. 34.
[7]) Zit. nach Kraut, a. a. O. S. 34.
[8]) Schuntergutachten S. 337.
[9]) Desgl. S. 337 f.

im Liter. Diese Grenzen entsprechen etwa 700 und 870 mg $MgCl_2$ im Liter. Einige Personen schmeckten schon geringere Mengen.

Vogel[1]) sah, daß 2000fache Verdünnung in Berliner Leitungswasser, d. h. 175 mg $MgCl_2$ im Liter in einer Versuchsreihe stets sofort erkannt wurden, namentlich am Nachgeschmack, 1 : 4000 (d. h. 87,5 mg $MgCl_2$ im Liter) dagegen nur noch bei reichlicher Aufnahme und nur am Nachgeschmack. Eine andere Lauge gab aber erst bei 195 mg $MgCl_2$ im Liter selbst bei empfindlichen Personen die erste Geschmacksempfindung. Vogel kommt zu dem Schlusse, daß unbefangene Personen für gewöhnlich weniger als 200 mg $MgCl_2$ im Liter weder am Geschmacke noch am Nachgeschmacke erkennen werden.

Tjaden[2]) beobachtete, daß eine in Bremer Leitungswasser 1 : 2940 verdünnte Endlauge bereits bei 20—21° C. von 6 unter 7 Personen und zwar im wesentlichen am Nachgeschmack erkannt wurde. Die Verdünnung entspricht einem Zusatz von etwa 160 mg $MgCl_2$ auf den Liter. Eine Verdünnung 1 : 1315 (etwa 320 mg $MgCl_2$-Zusatz entsprechend) empfanden ebenfalls 6 von 7 Personen als unangenehm, meist schon durch den Geschmack, nicht allein den Nachgeschmack. Die Versuche, denen sich noch weitere unveröffentlichte anschlossen, sind besonders sorgfältig ausgeführt, indem täglich nur eine Probe gemacht wurde, erst der Mund ausgespült und dann eine Menge von etwa 50 ccm getrunken wurde. Eine gegenseitige Beeinflussung der Versuchspersonen wurde ausgeschlossen, Tjaden widerspricht nach seinen Versuchen einer über 10 Härtegrade (entsprechend 168 mg $MgCl_2$ im Liter) hinausgehenden weiteren Verunreinigung der Weser bei Bremen durch Kaliabwässer.

Dunbar[3]) teilt einen Versuch mit, in dem Hamburger Elbwasser für sich und mit einem Endlaugenzusatz, entsprechend 287 mg $MgCl_2$ im Liter, verglichen wurde. 15 der 21 Versuchsteilnehmer bemerkten den veränderten Geschmack des Wassers, davon 5 erst am Nachgeschmack.

Einige kurze Angaben über Schmeckversuche, die aber nur von wenigen Personen angestellt wurden und bei Endlaugenzusatz zu Unstrutwasser, destilliertem Wasser und Berliner Leitungswasser verschieden ausfielen, bringt ferner das Wippergutachten auf S. 55.

Die widersprechenden und zum großen Teile unter ganz verschiedenen Versuchsbedingungen erhaltenen, in der Literatur aufzufindenden Ergebnisse, wie sie in der Anlage 3 in ihren wesentlichsten Punkten zusammengestellt sind, mußten für das vom Reichs-Gesundheitsrat zu erstattende Gutachten durch weitere Untersuchungen ergänzt werden. Infolgedessen wurde nach einem einheitlichen Plane sowohl im Kaiserlichen Gesundheitsamte wie in der Königlich Preußischen Landesanstalt für Wasserhygiene eine große Zahl von Schmeckversuchen, die sich insgesamt aus 2000 bis 3000 einzelnen Kostproben zusammensetzen, in die Wege geleitet. Der leitende Gedanke war, durch Versuche, an denen sich eine größere Zahl von Personen beteiligte,

---

[1]) Vogel, Die Abwässer aus der Kali-Industrie. Berlin 1913, S. 35 f.
[2]) Tjaden, Gutachten S. 47.
[3]) A. a. O. S. 58.

möglichst genau die Grenze, wo die Schmeckbarkeit von Kaliendlaugen in Verdünnung mit Wasser für den Durchschnitt der Menschen beginnt, festzustellen.

Auf Versuche mit reinen Chlormagnesiumlösungen wurde verzichtet, weil in den Endlaugen neben dem Chlormagnesium als dem den Geschmack hauptsächlich beeinflussenden Salze noch andere Verbindungen enthalten sind, die eine gewisse Geschmackswirkung jedenfalls auch entfalten, wie besonders Magnesiumsulfat und Kochsalz. Für ein Studium der praktischen Verhältnisse erschien daher die Verwendung von Endlaugen richtiger. Benutzt wurden zwei verschiedene Endlaugen, die in ihrer Zusammensetzung aber sehr ähnlich waren und auch den in Anlage 2 angegebenen Durchschnittszahlen nahe kamen. Die Verdünnung für die Geschmacksprüfung erfolgte mit Leitungswasser.

Die Versuche wurden so angeordnet, daß täglich nur eine Wasserprobe zubereitet und verkostet wurde. Ihre Zusammensetzung war keinem der an der Geschmacksprüfung sich Beteiligenden, die sich aus Anstaltsangehörigen aller Art zusammensetzten, bekannt. Diese kosteten nach Belieben schluckweise von dem Wasser, schrieben ihre Meinung über den Geschmack des Wassers ohne Verständigung miteinander auf einen vorgedruckten Zettel und schoben diesen in einen verschlossenen Briefkasten. Jede Probe wurde mindestens von 10, meist von mehr Personen geprüft. Nach vielen erfolglosen Versuchen, nähere Geschmacksbezeichnungen anwenden zu lassen, wurde schließlich in der Landesanstalt für Wasserhygiene nur ein Urteil, ob das Wasser gut schmecke oder nicht, im Kaiserlichen Gesundheitsamt, ob es gut, fremdartig oder unangenehm schmecke, verlangt.

Selbstverständlich wurden die einzelnen Mischungen im bunten Wechsel vorgesetzt, auch zwischendurch reine Wässer, harte, weiche usw. verschiedener Herkunft verabfolgt. Sehr viel Wert wurde auf gleichmäßige und niedere Temperatur des Wassers gelegt (11—13°). Bei 15° wurde schon reines Leitungswasser von der überwiegenden Zahl der Kostenden, die an kühles Grundwasser gewöhnt sind, als schlechtschmeckend bezeichnet.

Ein Vergleich der zu schmeckenden Probe mit einem unveränderten Leitungswasser durch Kosten der beiden Wässer nebeneinander, wie er vielfach in der Literatur als Prüfungsmethode beschrieben ist, wurde absichtlich ausgeschlossen. Denn die Proben sollten ja nicht darauf hinauslaufen, ein verändertes Wasser durch Vergleich mit einem normalen zu erkennen, sondern vielmehr feststellen, bei welcher Veränderung durch Kaliendlaugen ein Wasser als abnorm erkannt wird. Das von Dunbar angewandte Verfahren, die Teilnehmer erst durch Vorkosten von Chlormagnesiumlösungen auf die Erkennung des Endlaugengeschmacks einzuüben, wurde aus denselben Gründen ebenfalls nicht eingeschlagen.

Als Fehlerquelle haftet den Versuchen unvermeidlich an, daß die Teilnehmer in der Vorstellung, es könne vielleicht etwas an dem Wasser zu schmecken sein, eher zu viel als zu wenig Veränderungen infolge von Autosuggestion zu bemerken glauben. Nur Ablehnung einer Probe durch die überwiegende Mehrzahl der Prüfenden kann also die deutliche Geschmacksveränderung beweisen. Sehr verschieden war auch die Feinheit des Geschmacks bei den einzelnen Teilnehmern. Starke Raucher, ältere

Herren hatten entschieden weniger feine Geschmacksempfindung als jüngere und als Frauen. Auch für sonst feinschmeckende Personen erwies sich übrigens die Prüfung oft keineswegs als leicht, weil ein im täglichen Leben wesentliches Hilfsmittel der Geschmacksprüfung, die Unterstützung durch den Geruch, bei den vollständig geruchlosen Kaliabwässerverdünnungen im Stich ließ.

Ungeachtet des ganz gleichmäßigen Vorgehens bei den Versuchen in den beiden Instituten, der Benutzung derselben Endlaugen und sehr ähnlicher, namentlich in Härte und Chlorgehalt nur wenig verschiedener Leitungswässer, sind die Ergebnisse nicht miteinander übereinstimmend ausgefallen. Innerhalb jedes der beiden Institute haben sich dagegen bei Wiederholung der gleichen Versuche dieselben Resultate eingestellt. Als einzige Erklärung für die Verschiedenheit zwischen den beiden Anstalten kann nur die herangezogen werden, daß die an den Versuchen beteiligten Personen, die in jedem Institut natürlich in der Hauptsache immer wieder die gleichen waren, von vornherein verschiedene Geschmacksempfindlichkeit besessen haben müssen. Es ergibt sich daraus aber auch, wie außerordentlich schwierig es selbst bei umfassenden und vorsichtigen Prüfungen ist, in der Geschmacksbeurteilung der Kaliabwässer zu wirklich einigermaßen zuverlässigen Werten zu gelangen.

Als Anlage 4a sind zwei Versuchsreihen der Königlich Preußischen Landesanstalt für Wasserhygiene zusammengestellt. Es ergibt sich aus ihnen, daß bei den beiden in Versuch genommenen Laugen von einer Verdünnung um rund 1 : 2000 an die Mehrzahl der Versuchspersonen das Wasser als nicht mehr wohlschmeckend zu bezeichnen beginnt. In der ersten Versuchsreihe entspricht die Magnesiaverhärtung dabei 12,1 Graden, der Chlorzuwachs durch die Endlauge 141 mg Cl, der Chlormagnesiumgehalt des Wassers rund 200 mg im Liter. In der zweiten Versuchsreihe ist die Magnesiaverhärtung 13,6 Grade, der Chlorzuwachs 168, der Chlormagnesiumgehalt rund 230 mg im Liter.

Die Versuche im Kaiserlichen Gesundheitsamte haben regelmäßig bedeutend höhere Zahlen ergeben (vergl. Anlage 4b, I—III). So wird in einer Versuchsreihe das Wasser von der Mehrzahl der Prüfenden erst unangenehm empfunden (vergl. Anlage 4b, I), als die Magnesiaverhärtung auf 29 Grade, der Chlorzuwachs auf 327 mg Cl, der Chlormagnesiumgehalt auf rund 490 mg im Liter gestiegen ist; in einer zweiten Versuchsreihe (vergl. Anlage 4b, III) bei 24,3 Magnesiaverhärtung, 280 mg Chlorzuwachs und rund 415 mg Chlormagnesiumgehalt. Beidemale liegt die Verdünnung der Endlauge bei etwa 1 : 1000. In Versuchen, in denen die Versalzung des Wassers durch Chlormagnesium + Magnesiumsulfat + Kochsalz (vergl. Anlage 4b, II) erfolgte, wurde noch Berliner Leitungswasser mit 24,8 Grad Gesamthärte und 220 mg Chlor von zwei Dritteln der Kostenden für gut schmeckend befunden.

Die von der Landesanstalt erhaltenen Ergebnisse decken sich ungefähr mit denjenigen von Vogel und den für die Kaliindustrie ungünstigsten von Gaffky; die des Gesundheitsamts nähern sich den für die Kaliindustrie günstigsten Gaffkys (vergl. Anlage 3).

Bei der Verwertung der Ergebnisse nun ist im Auge zu behalten, daß, um deutliche Ausschläge zu erhalten, erst dort die Grenze gezogen worden ist, wo die

Mehrzahl der Versuchspersonen den Genuß eines mit Endlaugen versetzten Wassers als unangenehm zu empfinden beginnt.

Erwägungen verschiedener Art führen dazu, daß man zweifeln muß, ob diese Grenze auch unter praktischen Verhältnissen, also dann, wenn entschieden werden soll bis zu welchem Maße eine Einleitung von Kaliabwässern in einen Trinkwasserfluß gestattet werden kann, die richtige ist.

Ohne Zweifel gibt es eine ganze Reihe von Menschen, die wesentlich empfindlicher für Geschmack und Nachgeschmack der Kaliendlaugen im Trinkwasser sind als der Durchschnitt. Die Schmeckversuche von Rubner und von Dunbar (vergl. Anlage 3) bieten Belege dafür, und auch bei den Versuchsreihen der beiden Institute konnte dies beobachtet werden. Auch solche Personen können aber gewiß beanspruchen, daß sie vor einer ihnen unangenehmen Geschmacksverschlechterung des unentbehrlichen Trinkwassers geschützt werden. Ganz in diesem Sinne hat der Reichs-Gesundheitsrat bereits in seinem Schuntergutachten[1]) sich folgendermaßen ausgesprochen: „Es wäre nicht richtig, ein Trinkwasser erst dann zu verurteilen, wenn alle Konsumenten dessen Geschmack als fremdartig bezeichnen; wenn dies von einzelnen Personen geschieht, so hat es eben schon seinen Ruf als gutes Trinkwasser eingebüßt." Ebenso äußert sich Rubner[2]): „Wasser ist ein allgemeines Volksnahrungs- und Genußmittel, daher darf keinem Einzigen der Genuß verleidet und verekelt werden."

Für die Bremer Verhältnisse kommt hinzu, daß die Stadt bisher ausschließlich mit Flußwasser versorgt wird. Die Mängel einer solchen Wasserversorgung sind bekannt. Das schon an sich infolge seiner Gasarmut im allgemeinen wenig erquickend schmeckende und daher zum Genusse nicht anreizende Wasser hat in der Zeit des größten Trinkbedürfnisses, also in den heißen Sommermonaten, den Nachteil, sich stark zu erwärmen und dann kaum noch erfrischend zu wirken. In dem verhältnismäßig warmen Wasser werden aber dann auch nach allen Beobachtungen schon weit geringere Mengen Kaliablaugen sich bemerkbar machen, als bei niedrigerer Temperatur erträglich wären, und seine Genußfähigkeit noch weiter hinabsetzen.

Weiter ist zu bedenken, daß schon heute dem Bremer Leitungswasser Kaliendlaugen in nicht geringem Grade beigemischt sind. Vielleicht erklärt sich die von Tjaden gefundene Schmeckbarkeit schon geringer Endlaugenzusätze aus dem bereits im Bremer Leitungswasser vorhandenen Gehalt an Kaliabwässerbestandteilen.

Des ferneren darf man auch aus der Erwägung nicht ganz bis zur Grenze der eben noch erträglichen Endlaugenzumischung zum Flußwasser gehen, weil die Kalifabriken selbst bei bestem Willen und schärfster Kontrolle nicht imstande sein werden, die ihnen gezogene Grenze der Abwasserableitung, die natürlich zu der wechselnden Wasserführung der Vorfluter in Beziehung stehen muß, mit der Schärfe innezuhalten, die man bei der Berechnung am grünen Tisch so leicht gesichert zu sehen glaubt.

Auf der anderen Seite könnte zugunsten einer nicht zu eng gefaßten Begrenzung der zulässigen Versalzung durch Kaliendlaugen höchstens geltend gemacht werden,

[1]) A. a. O. S. 340.

[2]) Rubner, Vierteljahrschr. für gerichtl. Med. 3. Folge Bd. 24, Suppl. S. 95.

daß erfahrungsgemäß die Einwohner einer Stadt sich auch an ein schlecht schmeckendes Wasser in Ermangelung eines besseren unschwer gewöhnen. Ein Beispiel dafür bietet Bernburg mit seinem stark kochsalzhaltigen, für den nicht daran Gewöhnten wenig angenehmen Wasserleitungswasser. Indessen muß doch immer gefragt werden, ob eine solche Gewöhnung eine hygienische und wirtschaftliche Notwendigkeit ist. In Bernburg muß in Anbetracht der Unmöglichkeit anderen Wasserbezuges das salzreiche Wasser ertragen werden. Daß das Bremer Leitungswasser bis zu einem hohen Grade weiter versalzen wird, ist nicht unvermeidlich. Wie die Städte, wie gewisse Industrien für die Reinigung und unschädliche Beseitigung ihrer Abwässer große Aufwendungen im allgemeinen Interesse zu machen haben, wird es nötigenfalls auch von seiten der Kaliindustrie geschehen müssen und geschehen können.

Bei Abwägung aller angeführten Umstände kommt man zu dem Schlusse, daß eine Verunreinigung des Weserwassers durch Kaliabwässer bei Bremen bis zur Erhöhung der Gesamthärte auf 20 Deutsche Grade und des Chlorgehalts bis auf 250 mg im Liter das äußerste sein dürfte, was in Rücksicht auf den Geschmack des Wassers geduldet werden kann[1]).

Da das Wasser der Weser ursprünglich, d. h. in den Zeiten vor Zuleitung aller und jeder Kaliabwässer, eine natürliche Härte von meist 8 – 10, nur selten bis zu 12 Graden besessen hat[2]), so bedeutet eine Zunahme der Härte auf 20 Grad eine Härtevermehrung durch Kaliabwässer um rund 10 Grad. Das entspricht einem mittleren Zusatz an Chlormagnesium von 170 mg auf 1 l Flußwasser, — im ungünstigsten Falle, nämlich wenn ein Wasser von 8 Graden natürlicher Härte auf 20 Grade verhärtet wird, einen Zusatz von etwa 200 mg Chlormagnesium. Diese 200 mg Chlormagnesium werden, wie die oben mitgeteilten Versuchsergebnisse lehren, zweifellos schon von einer Anzahl von Personen unangenehm empfunden. Gleichwohl wird man, um den berechtigten Interessen der Kaliindustrie, ohne mit den hygienischen Forderungen in Widerspruch zu geraten, Rechnung zu tragen, unbedenklich bis an die oben vorgeschlagene Versalzungsgrenze von 20 Deutschen Härtegraden und 250 mg Chlor herangehen können, weil mit einer gewissen Gewöhnung an den Geschmack des Trinkwassers seitens der Verbraucher gerechnet werden darf und der Zahl derjenigen Personen, die bei den in der Landesanstalt für Wasserhygiene und im Kaiserlichen Gesundheitsamt angestellten Versuchen einen solchen Versalzungsgrad schon unangenehm empfand, immerhin eine ebenso große, wenn nicht größere Zahl von Versuchspersonen gegenüberstand, die bei diesem Versalzungsgrad das Wasser noch wohlschmeckend fand. Ähnlichen Verhältnissen begegnet man auch bei den anderen, vorstehend erwähnten Schmeckversuchen. Ob bei Einhaltung des Verhärtungsgrenzwerts von 20 Graden alle jetzt schon bestehenden Konzessionen von Kaliwerken im Wesergebiete noch voll ausgenutzt werden können, das eingehend zu untersuchen,

---

[1]) Bei der Beratung des Gutachtens stimmten drei Mitglieder des Reichs-Gesundheitsrats gegen diese Begrenzung, weil sie ihnen als zu hoch erschien und sie den Grundsatz vertraten, daß die Versalzung des Trinkwassers nur bis zu dem Grade zulässig sein dürfe, der auch von empfindlichen Personen noch nicht als unangenehm empfunden wird.

[2]) Vergl. z. B. Tjaden, Gutachten S. 16, Tabelle 6.

war nicht Aufgabe dieses Teilgutachtens. Schätzungsweise kann man jedoch mit einer gewissen Sicherheit sagen, daß bei Regelung des Abflusses der Kaliabwässer durch Anlage von Aufhaltebecken usw. eine Gefahr für die Kaliindustrie aus der Festlegung der Höchsthärte von 20 Grad an der Schöpfstelle des Bremer Wasserwerkes nicht erwachsen dürfte. Denn wie die S. 286 angeführten Beispiele von Untersuchungsbefunden des Weserwassers aus den Jahren 1913—14 erkennen lassen, ist eine Verhärtung über 20 Grad bei den untersuchten Proben nicht beobachtet worden, während sehr häufig weit unter 20 liegende Härtezahlen gefunden wurden. Es bleibt also bei 20 Grad Höchsthärte für die Kaliindustrie die Möglichkeit, ihre Abwässer klaglos durch Einleitung in die Weser oder ihre Nebenflüsse zu beseitigen.

Neben einer Grenzzahl für die Härte muß aber auch eine solche für den Gesamtchlorgehalt festgesetzt werden[1]). Denn außer den chlormagnesiumhaltigen Endlaugen der Carnallitverarbeitung kommen in der Kaliindustrie auch — vergl. S. 284 — kochsalzhaltige Abwässer in Form namentlich der Kieserit- und Schachtabwässer in Betracht, die, in die Vorfluter entlassen, zur Erhöhung des Kochsalz- und Chlorgehalts der Flüsse beitragen. Da aber auch Kochsalz im Wasser, wenn schon nicht so unerfreulich wie Chlormagnesium, geschmeckt wird, ist es nötig, der Einleitung solcher Abwässer ebenfalls bestimmte Grenzen zu stecken. Nun kann der natürliche Chlorgehalt des Weserwassers bei Bremen bis zu etwa 60 mg im Liter angenommen werden[2]). Eine Verhärtung des Weserwassers durch kaliendlaugenhaltige Abwässer bis auf 20 Härtegrade bedeutet, wie oben dargelegt, im schlimmsten Falle eine Zuleitung von 200 mg Chlormagnesium ($MgCl_2$) auf 1 l, entsprechend rund 150 mg Chlor im Liter. Um die kochsalzhaltigen Kieseritwaschwässer, Schachtabwässer usw. der Vorflut ebenfalls noch zuleiten zu dürfen, muß der Kaliindustrie über die Summe des natürlichen Chlorgehalts und des Chlorzuwachses durch chlormagnesiumhaltige Endlaugen, d. h. also über die Zahl von $60 + 150 = 210$ mg Chlor im Liter hinaus ein gewisser Spielraum geboten werden, der mit der Zulassung eines Chlorgehalts bis zu 250 mg Chlor im Liter sowohl den Interessen der Kaliindustrie genügen wie auch hygienisch erträglich sein wird. Wegen der hygienischen Zulässigkeit eines so hohen Chlorgehalts im besonderen kann auf die vom Reicks-Gesundheitsrat bearbeitete, vom Bundesrat empfohlene „Anleitung für die Einrichtung, den Betrieb und die Überwachung öffentlicher Wasserversorgungsanlagen, welche nicht ausschließlich technischen Zwecken dienen“[3]), hingewiesen werden, die in den Erläuterungen (zu Nr. 7) besagt: „Es ist . . . . . gesundheitlich unbedenklich, wenn in einem Liter Trinkwasser selbst viel Kochsalz vorhanden ist; etwa 250 mg Chlor . . . .“ (d. h. in Form von Kochsalz) . . . „im Liter . . . werden noch nicht geschmeckt“.

Ob die Beschränkung der Einleitung von Kaliabwässern ins Weserstromgebiet wie vorgeschlagen, d. h. bis an die Grenze der allgemeinen Schmeckbarkeit der Ab-

---

[1]) Wegen der Begründung siehe auch das „Ilmgutachten“ Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 44, S. 583.

[2]) Vergl. bei Tjaden, Gutachten S. 16, Tabelle 6; Vogel, Die Abwässer aus der Kaliindustrie, Berlin 1913, S. 522.

[3]) Veröffentlichungen des Kaiserl. Gesundheitsamts, 1906, S. 783; Abel, Die Vorschriften zur Sicherung gesundheitsgemäßer Trink- und Nutzwasserversorgung, Berlin 1911, S. 17.

wässer, bei Bremen auch hinreichende Sicherheit gegen gesundheitliche Beeinträchtigungen durch den Genuß des Bremer Leitungswassers bietet, wird im Zusammenhange mit der Verwendung des Wassers zur Speisen- und Getränkbereitung im nächsten Abschnitt zu behandeln sein.

## 6. Das Wasser zur Bereitung von Speisen und Getränken und seine Beeinflussung durch Kaliabwässer.

Ein Leitungswasser, das so stark mit Kaliabwässern versetzt ist, daß es ungekocht als Trinkwasser genossen unangenehmen Geschmack aufweist, ist naturgemäß auch zur Speisen- und Getränkbereitung schon des Geschmackes wegen ungeeignet. Mag bei manchen küchenmäßigen Zubereitungen durch starkes Eigenaroma oder besondere Würzung der Nahrungs- und Genußmittel vielleicht auch der Geschmack des Wassers verdeckt werden, so werden umgekehrt wieder andere Lebensmittel bei der Bereitung mit dem Wasser dessen Geschmack annehmen und mindestens in ihrem Genußwert leiden.

Neben dem Geschmackfehler des Wassers ist aber für die Verwendung in der Küche auch die mit seinem Endlaugengehalt gewachsene Härte des Wassers unbedingt störend, ungleich mehr als bei dem Genuß als Trinkwasser. Hartes Wasser ist an und für sich für die Bereitung mancher Lebensmittel wenig geeignet, ganz besonders aber Wasser mit hoher bleibender, d. h. durch Kochen nicht zu entfernender Härte. Es kommt hinzu, daß im regelmäßigen Betriebe der Küche nicht selten beabsichtigt oder ungewollt ein Einkochen des Wassers stattfindet, wodurch sowohl seine Härte wie auch sein übler Geschmack noch mehr gesteigert wird.

Über die schlechte Eignung eines Kaliendlaugen in gewissem Maße enthaltenden Wassers für Getränk- und Speisenherstellung liegt eine Reihe von Erfahrungen vor.

Rubner[1]) erhielt bei Verwendung von Wasser mit 26 Härtegraden aus Kaliendlaugen (Verdünnung etwa 1 : 1000) zur Tee- und Kaffeebereitung unangenehm, eigenartig bitter schmeckende Getränke. Tjaden[2]) sowie Dunbar[3]) berichten über Versuche, die zum Teil von Fachleuten ausgeführt wurden und ergaben, daß schon verhältnismäßig geringe Verhärtung durch Endlaugen (Dunbar 5—7°) den Geschmack von Tee und Kaffee und ihre Ergiebigkeit schädigten. Fleisch ließ in Rubners Versuchen beim Kochen in Wasser mit 26 Härtegraden aus Kaliendlaugen nichts Besonderes erkennen, nur hatte es teilweise rötliche Farbe bekommen. Erbsen wurden beim Kochen in einem auf 21 Grad verhärteten Wasser weniger weich als in reinem.

Vergleichende Ausnutzungsversuche mit Brei von Erbsen, die in destilliertem und in einem mit Kaliendlauge um 61,9 Grade verhärteten Wasser gekocht waren, machte Richter[4]) unter Rubners Leitung. Die im harten Wasser gekochten Erbsen verursachten Durchfall und andere Verdauungsstörungen, ihre Ausnutzung war erheb-

[1]) Rubner, Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med., 3. Folge, Bd. 24 Suppl., S. 62.
[2]) Tjaden, Gutachten S. 49 ff.
[3]) Dunbar, Die Abwässer der Kali-Industrie, München 1913, S. 59 ff.
[4]) Richter, A. P. F., Arch. f. Hyg., Bd. 46, S. 264.

lich herabgesetzt. Allerdings handelt es sich bei diesem Versuch um ein Maß der Ablaugenbeimischung (etwa 1 : 400), wie es praktisch wohl kaum vorkommt.

Um direkte Gesundheitsschädigungen durch die Aufnahme kaliendlaugenhaltigen Wassers in den Verdauungskanal zu sehen, müßten wohl größere Mengen eingeführt werden, als der Regel nach unter den Verhältnissen des Lebens in Betracht kommen können. Magnesiumchlorid wird als ein selten therapeutisch angewandtes Abführmittel bezeichnet, das in Gaben von 1—3 g wirksam sein soll[1]). Zur Aufnahme einer Dosis von 1 g Chlormagnesium wären $2^1/_2$—3 Liter einer auf 1 : 1000 verdünnten Endlauge zu trinken. Das würde der als Getränk und in den Speisen von Erwachsenen täglich verzehrten Wassermenge entsprechen. Wo also nur ein Wasser mit 1 : 1000 Endlaugenzusatz zur Verfügung steht, würden schädliche Wirkungen durch dessen Genuß nicht ganz fern liegen. Über die Wirkung fortgesetzter Zufuhr kleinerer Dosen von Magnesiumsalzen beim Menschen scheint wenig bekannt zu sein. Nicht ohne Wichtigkeit ist aber, daß in der pharmakologischen Literatur jedenfalls vor dem längeren Gebrauche von Bitterwässern, also Magnesiumsulfat enthaltenden Wässern gewarnt wird, weil sie Verdauungsstörungen und anscheinend auch schlechtere Ausnutzung der Nahrung veranlassen. Das Bedenkliche eines mit Chlormagnesium aus Endlaugen weitgehend versetzten Wassers für die Verhältnisse der Säuglingsernährung hat Tjaden[2]) treffend hervorgehoben.

Als Beispiel für die Unschädlichkeit einer an Chlormagnesium reichen Wasserversorgung wird in der Literatur Leopoldshall[3]) angeführt. Es trifft zu, daß das dortige Leitungswasser mit etwa 85 mg Magnesia (MgO) im Liter für ein Trinkwasser ungewöhnlich magnesiumreich ist und daß sich bei der früher üblichen Salzberechnung aus der Analyse rund 100 mg Chlormagnesiumgehalt im Liter herausrechnen ließen. Gleichwohl ist über Gesundheitsschädigungen durch dieses Wasser nichts bekannt geworden.

Ferner enthält eine ganze Zahl von natürlichen Mineralwässern reichlich Magnesia und zugleich viel Chlor (Namedy-Sprudel, Arienheller Sprudel, Fachingen, Roisdorf u. a.)[4]); auch bei ihrer zum Teil seit vielen Jahren üblichen ausgiebigen Verwendung als Tafelwässer sind Gesundheitsstörungen nicht beobachtet worden.

Will man von Versuchen an Tieren Rückschlüsse auf die Erträglichkeit von Endlaugenverdünnungen auf den Menschen machen, so ist auf die Arbeiten von Künnemann[5]), Titze[6]), Stutzer und Goy[7]) zu verweisen. Nach Künnemanns Untersuchungen vertrugen junge Schweine bis 20 g $MgCl_2$ täglich, Hammel bis 60 g täglich ohne Schaden. Titze sah Hammel bei Verabfolgung eines auf 60 Grade mit Endlauge verhärteten Wassers gut gedeihen; auf 600 Grade gebrachtes Wasser schien

---

[1]) Eulenburg, Realenzyklopädie der ges. Heilk. 4. Aufl., Bd. 9.

[2]) Tjaden, Gutachten S. 43.

[3]) Heyer, Das Herzoglich Anhaltische Wasserwerk bei Leopoldshall. Zeitschr. f. angew. Chemie 1911, S. 145.

[4]) Vergl. Deutsches Bäderbuch. Leipzig 1907.

[5]) Künnemann, Journal für Landwirtschaft 1907, zit. nach 4.

[6]) Titze, Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. 38, S. 368.

[7]) Stutzer u. Goy, Die Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen, Bd. 78, S. 233.

dagegen doch gewisse Störungen der Gesundheit im Gefolge zu haben. Stutzer und Goy gaben Schafen Wasser, das auf 91 und 182 Grade mit Endlauge verhärtet war, neben Kochsalzlösung als Getränk; die Tiere gediehen dabei ebenso gut wie die mit gewöhnlichem Wasser getränkten. Auf die in der Literatur beschriebenen Versuche an Gänsen und Enten soll nicht weiter eingegangen werden, weil aus ihnen Folgerungen für den Menschen nur mit noch größerer Zurückhaltung gezogen werden können. Es genüge zu erwähnen, daß auch diese Tiere nur durch ungeheuer hohe und plötzliche Gaben von Kaliendlaugen gesundheitlich geschädigt wurden.

Vom Standpunkte der Ernährungsphysiologie sei noch bemerkt, daß für den Ersatz des Magnesiumgehalts in den Körpergeweben die Nahrungsmittel völlig genug Magnesium enthalten; irgend einen Nutzen für den Organismus hat die Aufnahme von größeren Magnesiummengen mit dem Trinkwasser demnach keinesfalls.

Die von Meltzer und Auer im Rockefellerinstitut zu Newyork vor einigen Jahren entdeckte anästhesierende Wirkung der Magnesiasalze, die schon mit Nutzen bei einer Reihe von Tetanusfällen beispielsweise benutzt worden ist, tritt nur bei subkutaner, intravenöser oder intraduraler Injektion der Salzlösungen ein; bei Zuführung durch den Darm kommt sie nicht in Frage.

Zusammenfassend wird man sagen können, daß die Interessen der Küche und der Nahrungsmittelzubereitung sowie die Rücksicht auf gute Ausnutzung der Nahrung es angezeigt erscheinen lassen, daß weder eine Geschmacksänderung im Leitungswasser durch Kaliendlaugenbeimischung eintritt, noch daß die Härte des Wassers dadurch zu hoch steigt. Eine Vermehrung der Gesamthärte im Wasser auf 20 Grade, wie sie im Abschnitt 5 als aus Geschmacksrücksichten noch zulässig bezeichnet wurde, ist schon als ziemlich hoch zu erachten, aber wohl noch zu ertragen. Unmittelbare Gesundheitsschädigungen sind selbst von stark verhärtetem und versalzenem Wasser kaum zu befürchten, für sonstige ungünstige Wirkungen auf die Gesundheit fehlen Anhaltspunkte.

## 7. Wasser für Haushaltszwecke und seine Beeinflussung durch Kaliendlaugen.

Außer für die Ernährung ist das Wasser im Haushalt noch für Reinigungszwecke nötig.

Soweit es sich dabei um Sauberhaltung der Wohnung und ihrer Einrichtung handelt, werden die durch die Kaliendlaugenbeimischung gesetzten Veränderungen der Wasserbeschaffenheit, Versalzung und Verhärtung also, hohe Werte erreichen können, ohne daß die Brauchbarkeit des Wassers dadurch verringert wird.

Anders steht es mit der Verwendung des Wassers zur Körperreinigung und zum Wäschewaschen. Für diese beiden Zwecke ist der Salzgehalt zwar ziemlich gleichgültig, der Härtegrad aber wesentlich. Hohe Härte erfordert einen stärkeren Seifenverbrauch, erschwert damit die Vornahme der Reinigung und erhöht ihre Kosten. Beim Waschen von Wäsche in einem durch Kaliendlauge 1 : 1000 auf 26 Grad verhärteten Wasser beobachtete Rubner[1]) das Zurückbleiben nicht geringer Mengen von

[1]) Fendler und Frank, Gesundh.-Ing. 1911, S. 321.

Kalk- und Magnesiaseifen in der Wäsche, die ihr einen „ranzigen, tranigen" Geruch verleihen. Er weist auf die Herabminderung des Reinlichkeitssinnes durch das Benutzen solcher Wäsche als Leibwäsche hin. Fendler und Frank[1]) fanden in ähnlichen Untersuchungen eine sehr starke Steigerung des Aschengehalts gebrauchter und wiederholt gewaschener Stoffe, wobei Ablagerung von Kalk und Magnesia aus dem harten Wasser einen großen Teil ausmachte. Die hygienisch wichtigen Eigenschaften der Kleidungsstücke (Luftdurchlässigkeit usw.) können natürlich durch solche Ablagerungen leiden. Dunbar[2]) beobachtete in seinen Versuchen mit einem durch Endlaugenzusatz von 8 auf 30 Grad verhärteten Wasser eine Erhöhung des Seifenverbrauchs auf das Doppelte und sah ebenfalls die Abscheidung von Erdalkaliseifen, die sich nicht wieder aus der Wäsche entfernen ließen.

Hauswirtschaftliche, zum Teil auf dem Gebiete der Gesundheitspflege liegende Interessen fordern also eine tunlichste Niedrighaltung der Verhärtung von Leitungswasser durch Endlaugen. Bei einer Gesamthärte bis zu 20° dürften sich erhebliche Nachteile nicht geltend machen.

### 8. Wasser für sonstige Zwecke und seine Beeinflussung durch Kaliendlaugen.

Die noch nicht in den Abschnitten 4—7 besprochenen, oben (S. 287/288) angedeuteten Verwendungszwecke des Wasserleitungswassers bedürfen vom hygienischen Standpunkt nur einer ganz kurzen Erörterung.

Was die Benutzung von Wasser für die Versorgung etwaiger Haus- und Nutztiere angeht, so bedarf es natürlich keiner weiteren Forderungen, wenn die im Interesse des Menschen an die Beschaffenheit des Wassers für Trink- und Brauchzwecke zu stellenden Ansprüche erfüllt sind.

Die Prüfung der Brauchbarkeit eines mit Kaliendlaugen versetzten Wassers für die Kesselspeisung und für gewerbliche Zwecke soll im Verein mit Sachverständigen auf diesem Sondergebiete für später vorbehalten bleiben. Die Angabe, daß solches Wasser durch seinen Chlor- und Härtegehalt für die Kesselspeisung und für gewisse Industriezweige, wie Brauereien, Zuckerfabriken, Gerbereien, Färbereien, Papierfabriken weniger geeignet oder unbrauchbar werde, wird von anderer Seite ganz oder teilweise bestritten. Auch hier liegen die Dinge so, daß bei Berücksichtigung der Forderungen, denen das Wasser zu genügen hat, um als gutes Trink- und Haushaltswasser dienen zu können, die gewerblichen Interessen ebenfalls mit geschützt sein werden.

Bei der Verwendung für öffentliche Zwecke, also zum Straßenreinigen, Kanalspülen, Feuerlöschen kann die Beschaffenheit des Leitungswassers nicht wesentlich ins Gewicht fallen. Es sei nur daran erinnert, daß die Chlormagnesiumablaugen ja sogar mit besonderem Nutzen in verdünntem Zustand zur Straßensprengung dienen können. Auf die Möglichkeit einer nachteiligen Wirkung der Verwendung chlormagnesiumreichen Wassers beim Hausbau hat Rubner[3]) aufmerksam gemacht; indessen gehört diese Frage mehr in das bautechnische Gebiet.

---

[1]) Rubner, Vierteljahrschr. f. ger. Med. 3. Folge Bd. 24, Suppl. S. 71.
[2]) Dunbar, Die Abwässer der Kali-Industrie. München 1913, S. 69.
[3]) Rubner, Vierteljahrschr. f. ger. Med. 3. Folge, Bd. 24, Suppl. S. 97.

## Schlußsätze.

1. Unter den obwaltenden Verhältnissen muß noch auf unbestimmte Zeit, wenn nicht für die Dauer, mit einer Wasserversorgung Bremens aus der Weser gerechnet werden.

2. Solange dieser Zustand noch andauert, erscheint die Wasserversorgung Bremens insofern gefährdet, als das Wasser der Weser für die Versorgung der Stadt infolge zunehmender Ableitung von Kaliabwässern in die in Betracht kommenden Vorfluter unbrauchbar zu werden droht.

3. Im Interesse der Wasserversorgung Bremens muß der Gehalt des Weserwassers an Kaliabwässern an der Entnahmestelle für Bremen so niedrig gehalten werden, daß es selbst bei Niederwasser keinen aufdringlichen Geschmack oder Nachgeschmack nach Endlaugen zeigt, und daß seine Härte nicht die Bereitung von Speisen, die Körperreinigung und das Waschen von Bekleidungsgegenständen in nennenswerter Weise beeinträchtigt. Bei Innehaltung dieser Grenzen sind gesundheitliche Schädigungen der Verbraucher durch das gut filtrierte Weserwasser infolge der darin enthaltenen Kaliabwässer nicht zu befürchten.

4. Als Höchstgrenze, über die hinaus das Weserwasser an der Entnahmestelle im Hinblick auf seine Verwendung als Trinkwasser nicht mit Kaliabwässern angereichert sein darf, ist eine Gesamthärte von 20 Härtegraden und ein Chlorgehalt von 250 mg im Liter anzusehen.

Anlage 2.

## Zusammensetzung der Kalifabrikabwässer.

I. Endlaugen der Carnallitverarbeitung.

| Im Liter g | | Spez. Gewicht | Ca | Mg | K | Na | $SO_4$ | Cl | Br | Härte (Deutsche Grade) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kaiserl. Gesundheitsamt[1]): | | | | | | | | | | |
| Mittelzahlen | Thiederhall | 1,3345 | — | 115,5 | 2,17 | 3,35 | 27,02 | 306,1 | 13,72 | 26 600 |
| | Asse | 1,3017 | — | 93,41 | 11,94 | 8,71 | 32,16 | 263,6 | 10,45 | 21 500 |
| | Beienrode | 1,3303 | — | 113,9 | 2,56 | 4,27 | 25,60 | 304,1 | 12,68 | 26 200 |
| Durchschnitt | | 1,3222 | — | 107,6 | 5,56 | 5,44 | 28,26 | 291,3 | 12,28 | 24 766 |
| Königl. Preuß. Wiss. Deputation[2]) | | — | — | 107,0 | 6,3–9,4 | 3,9 | 28,7 | 302,0–305,0 | — | 24 680 |
| Tjaden[3]) (Desdemona) | | 1,3135 | Spuren | 101,65 | 3,04 | 6,56 | 36,3 | 277,15 | — | 23 630 |

II. Kieseritwaschwasser.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kaiserl. Gesundheitsamt[4]) | | | | | | | | | | |
| Mittelzahlen | Thiederhall | 1,017–1,119 | 0,44 | 5,24 | 7,61 | 30,58 | 11,90 | 60,45 | 2,94 | 1 269 |
| | Asse | | 0,11 | 3,98 | 3,29 | 5,34 | 5,13 | 18,18 | 6,96 | 932 |
| | Beienrode | | 0,46 | 4,18 | 5,15 | 11,77 | 13,24 | 30,54 | 2,80 | 1 029 |
| Durchschnitt | | 1,068 | 0,33 | 4,47 | 5,35 | 15,9 | 10,09 | 36,39 | 2,23 | 1 077 |

Anlage 3.

## Geschmacksgrenzen.

I. Für reines Chlormagnesium in Lösungen.

| Autor | mg $MgCl_2$ im Liter | Zur Lösung benutztes Wasser | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Rubner | 28 | destilliertes Wasser | nur Nachgeschmack |
| Dunbar | 50 | Grundwasser | von „guten Schmeckern“ erkannt neben reinem Wasser |
| Dunbar | 75 | desgl. | von fast allen Personen neben reinem Wasser erkannt |
| F. Fischer | 90 | destilliertes Wasser | schwach salzig mit bitterem Nachgeschmack |

[1]) Schuntergutachten, Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt Bd. 25, S. 285.

[2]) Viertelj.-Schr. f. ger. Med. 3. Folge, Bd. 21, Suppl. S. 4. (Ganz ähnliche Angabe bei Vogel, Die Abw. a. d. Kaliindustrie, Berlin 1913, S. 3.)

[3]) Die Beseit. der . . . . . Abwässer usw. Bremen 1912, S. 6.

[4]) Schuntergutachten, Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt Bd. 25, S. 287.

| Autor | mg $MgCl_2$ im Liter | Zur Lösung benutztes Wasser | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Pfeiffer | 108 | ? | unverkennbar bitter |
| Rubner | 110 | destilliertes Wasser | an der Grenze der Schmeckbarkeit (Nachgeschmack schon bei 28 mg) |
| Gaffky | 200 | desgl. | Grenze der Wahrnehmbarkeit |
| Bossert | 230 | Leitungswasser | desgl. |
| Gaffky | 250 | desgl. | desgl. |
| F. Fischer | 280 | desgl. | sehr schwach |
| Kraut | 465 | desgl. | noch kaum |
| F. Fischer | 470 | desgl. | salzig bitter |
| Aßmann | 500 | desgl. | ganz leicht wahrnehmbar, brauchbar als Trinkwasser |
| de Chaumont | 710—790 | ? | Geschmacksgrenze |
| Landolt | 1500—1600 | ? | desgl. |

II. Für Kaliendlaugenverdünnungen.

| Autor | mg $MgCl_2$ im Liter | Zur Verdünnung benutztes Wasser | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Tjaden | 160 | Leitungswasser | Verdünnung der Lauge 1 : 2940 Geschmacksgrenze |
| Vogel | 200 | desgl. | Verdünnung der Lauge rund 1 : 2000 Geschmacksgrenze |
| Gaffky | 200—400 | ? | Verdünnung der Lauge 1:1000—1:2000 Geschmacksgrenze |
| Dunbar | 287 | Elbwasser | überwiegend wahrgenommen |
| Rubner | 390 | 5° hartes Wasser | am Nachgeschmack zu erkennen. Verdünnung der Lauge 1 : 1000 |
| Kraut | 780 | Leitungswasser | noch nicht deutlich erkennbar. Verdünnung der Lauge 1 : 500 |
| Fraenken | 870 | desgl. | von jedem sofort erkannt. Verdünnung der Lauge 1 : 400 |

Anlage 4a.

## Schmeckversuche mit verdünnten Endlaugen in der Kgl. Preuß. Landesanstalt für Wasserhygiene.

| | Gesamt-Cl | Davon aus Endlauge | Gesamthärte | Davon Mg-Härte aus Endlauge | Entsprechend $MgCl_2$ rund | Teilnehmer an der Prüfung | Gut schmeckend befunden | Schlecht schmeckend befunden | = % aller | Verdünnung der Endlauge rund |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Versuchsreihe I. | | | | | | | | | | |
| Leitungswasser, rein | 34 | 0 | 11,2 | 0 | 0 | 23 | 22 | 1 | 4,4 | — |
| Desgl. mit Endlauge I | 73 | 40 | 14,8 | 3,6 | 61 | 19 | 17 | 2 | 10,5 | 1 : 8000 |
| Desgl. „ „ I | 102 | 68 | 17,6 | 6,4 | 109 | 17 | 10 | 7 | 41,2 | 1 : 4760 |
| Desgl. „ „ I | 125 | 91 | 19,0 | 7,8 | 133 | 25 | 20 | 5 | 20,0 | 1 : 3450 |
| Desgl. „ „ I | 150 | 116 | 21,3 | 10,1 | 172 | 17 | 13 | 4 | 24,0 | 1 : 2700 |
| Desgl. „ „ I | 175 | 141 | 23,3 | 12,1 | 206 | 16 | 5 | 11 | 68,8 | 1 : 2080 |
| Desgl. „ „ I | 200 | 166 | 25,5 | 14,3 | 243 | 13 | 6 | 7 | 53,8 | 1 : 1720 |
| Desgl. „ „ I | 225 | 191 | 27,7 | 16,5 | 280 | 16 | 6 | 10 | 62,5 | 1 : 1500 |
| Desgl. „ „ I | 250 | 216 | 29,9 | 18,7 | 318 | 18 | 5 | 13 | 72,2 | 1 : 1320 |
| Versuchsreihe II. | | | | | | | | | | |
| Leitungswasser, rein | 32 | 0 | 11,3 | 0 | 0 | 13 | 10 | 3 | 23,1 | — |
| Desgl. mit Endlauge II | 150 | 118 | 20,7 | 9,4 | 160 | 15 | 12 | 3 | 20,0 | 1 : 2270 |
| Desgl. „ „ II | 200 | 168 | 24,9 | 13,6 | 231 | 18 | 6 | 12 | 66,6 | 1 : 1720 |
| Desgl. „ „ II | 250 | 218 | 29,1 | 17,8 | 303 | 15 | 7 | 8 | 53,3 | 1 : 1320 |
| Desgl. „ „ II | 300 | 268 | 33,6 | 22,3 | 379 | 20 | 7 | 13 | 65,0 | 1 : 1060 |
| Desgl. „ „ II | 350 | 318 | 36,7 | 25,4 | 432 | 19 | 5 | 14 | 73,6 | 1 : 900 |

Anlage 4b.

## I.

## Schmeckversuche bei 11° mit verdünnten Endlaugen, ausgeführt im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

| Probe bestand aus: | Gesamt-Chlor | Davon Chlor aus Endlauge | Gesamthärte | Davon Mg-Härte aus Endlauge | Entsprechend $MgCl_2$ rund | Teilnehmer an der Prüfung | Gut schmeckend befunden | Schlecht schmeckend befunden | = % aller Teilnehmer | Verdünnung der Endlaugen rund |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Destilliertem Wasser . . | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 14 | 5 | 9 | 64,3 | — |
| Berliner Leitungswasser . | 22 | 0 | 11,5 | 0 | — | 66 | 46 | 20 | 30,3 | — |
| Leitungswasser m. Endlauge | 119 | 97 | 20,0 | 9,0 | 153 | 20 | 17 | 3 | 15,0 | 1 : 2950 |
| Desgleichen . . . . . | 136 | 114 | 21,0 | 9,5 | 162 | 16 | 11 | 5 | 31,3 | 1 : 2500 |
| Desgleichen . . . . . | 176 | 154 | 24,0 | 12,5 | 212 | 20 | 17 | 3 | 15,0 | 1 : 1850 |
| Desgleichen . . . . . | 196 | 174 | 26,0 | 14,0 | 238 | 17 | 10 | 7 | 41,2 | 1 : 1640 |
| Desgleichen . . . . . | 233 | 211 | 30,0 | 18,5 | 314 | 17 | 12 | 5 | 29,5 | 1 : 1350 |
| Desgleichen . . . . . | 244 | 222 | 30,8 | 19,3 | 328 | 15 | 9 | 6 | 40.0 | 1 : 1265 |
| Berliner Leitungswasser . | 22 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 16 | 10 | 6 | 37,5 | — |
| Leitungswasser m. Endlauge | 250 | 228 | 31,1 | 19,6 | 333 | 17 | 11 | 6 | 35,4 | 1 : 1250 |
| Desgleichen . . . . . | 290 | 268 | 34,3 | 22,8 | 389 | 37 | 21 | 16 | 43,4 | 1 : 1065 |
| Desgleichen . . . . . | 307 | 285 | 36,4 | 24,9 | 423 | 27 | 15 | 12 | 44,5 | 1 : 1000 |
| Desgleichen . . . . . | 349 | 327 | 40,4 | 28,9 | 492 | 33 | 11 | 22 | 66,9 | 1 : 870 |
| Desgleichen . . . . . | 365 | 343 | 41,4 | 29,9 | 509 | 24 | 12 | 12 | 50,0 | 1 : 834 |
| Desgleichen . . . . . | 370 | 348 | 42,0 | 30,5 | 519 | 13 | 5 | 8 | 61,5 | 1 : 820 |

| Probe bestand aus: | Gesamt-Chlor | Davon Chlor aus Endlauge | Gesamthärte | Davon Mg-Härte aus Endlauge | Entsprechend $MgCl_2$ rund | Teilnehmer an der Prüfung | Gut schmeckend befunden | Schlecht schmeckend befunden | = % aller Teilnehmer | Verdünnung der Endlaugen rund |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Berliner Leitungswasser . | 22 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 15 | 12 | 3 | 20,0 | — |
| Leitungswasser m. Endlauge | 407 | 385 | 45,5 | 34,0 | 578 | 35 | 7 | 28 | 80,2 | 1 : 740 |
| Desgleichen . . . . . | 464 | 442 | 50,3 | 38,8 | 660 | 16 | 3 | 13 | 81,3 | 1 : 645 |
| Desgleichen . . . . . | 473 | 451 | 50,5 | 39,0 | 664 | 14 | 4 | 10 | 71,4 | 1 : 633 |
| Desgleichen . . . . . | 482 | 460 | 51,5 | 40,0 | 680 | 14 | 4 | 10 | 71,4 | 1 : 620 |
| Desgleichen . . . . . | 496 | 474 | 53,2 | 41,7 | 710 | 10 | 6 | 4 | 40,0 | 1 : 600 |
| Desgleichen . . . . . | 519 | 497 | 54,6 | 43,1 | 734 | 17 | 2 | 15 | 88,3 | 1 : 575 |
| Desgleichen . . . . . | 579 | 557 | 59,6 | 48,1 | 818 | 34 | 5 | 29 | 85,4 | 1 : 512 |
| Berliner Leitungswasser . | 22 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 13 | 10 | 3 | 23,1 | — |
| Leitungswasser m. Endlauge | 696 | 674 | 70,0 | 58,5 | 999 | 17 | 1 | 16 | 94,2 | 1 : 423 |
| Desgleichen . . . . . | 807 | 785 | 77,0 | 65,5 | 1130 | 19 | 2 | 17 | 89,6 | 1 : 364 |
| Desgleichen . . . . . | 1086 | 1064 | 107,0 | 95,5 | 1630 | 17 | 2 | 15 | 88,3 | 1 : 268 |

## II.

**Anlage 4b.**

**Schmeckversuche bei 11° mit Lösungen von Magnesiumsalzen unter Zusatz von Kochsalz, ausgeführt im Kaiserlichen Gesundheitsamte.**

| Probe bestand aus: | Gesamt-Chlor | Davon Chlor aus $MgCl_2$ | Gesamthärte | Davon Mg-Härte aus Endlauge | Entsprechend $MgCl_2$ | Entsprechend $MgSO_4$ | Teilnehmer an der Prüfung | Gut schmeckend befunden | Schlecht schmeckend befunden | = % aller Teilnehmer |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Leitungswasser + NaCl . . . . . | 430 | 0 | 11,5 | 0 | — | — | 18 | 5 | 13 | 72,3 |
| Leitungswasser + NaCl + $MgCl_2$ . . . | 430 | 50 | 15,5 | 0 | 68 | 0 | 11 | 0 | 11 | 100 |
| Desgl. . . . . | 430 | 100 | 19,6 | 0 | 136 | 0 | 19 | 5 | 14 | 73,7 |
| Desgl. . . . . | 430 | 150 | 23,5 | 0 | 204 | 0 | 15 | 5 | 10 | 66,6 |
| Berliner Leitungswasser rein . . . . . | 20 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 0 | 13 | 6 | 7 | 53,9 |
| Leitungswasser + NaCl + $MgCl_2$ . . . | 430 | 250 | 31,6 | 0 | 340 | 0 | 13 | 5 | 8 | 61,5 |
| Desgl. . . . . | 430 | 325 | 38,9 | 0 | 442 | 0 | 20 | 5 | 15 | 75,0 |
| Leitungswasser + $MgCl_2$ . . . . . | 430 | 410 | 45,6 | 0 | 558 | 0 | 12 | 5 | 7 | 58,5 |
| Leitungswasser + NaCl + $MgSO_4$ . . . | 320 | 0 | 35,0 | 0 | 0 | 445 | 14 | 8 | 6 | 42,9 |
| Desgl. . . . . | 320 | 0 | 47,0 | 0 | 0 | 594 | 11 | 3 | 8 | 72,7 |
| Berliner Leitungswasser . . . . . | 20 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 0 | 13 | 10 | 3 | 23,1 |
| Leitungswasser + NaCl + $MgSO_4$ . . . | 320 | 0 | 52,4 | 0 | 0 | 693 | 15 | 4 | 11 | 74,5 |
| Leitungswasser + NaCl . . . . . | 420 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 0 | 18 | 9 | 9 | 50,0 |
| Leitungswasser + $MgCl_2$ . . . . . | 420 | 400 | 43,5 | 0 | 544 | 0 | 21 | 8 | 13 | 62,0 |
| Leitungswasser + NaCl . . . . . | 520 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3 | 10 | 77,0 |
| Leitungswasser + NaCl + $MgCl_2$ . . . | 420 | 200 | 27,5 | 0 | 272 | 0 | 17 | 7 | 10 | 58,9 |
| Leitungswasser + NaCl . . . . . | 470 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 0 | 12 | 6 | 6 | 50,0 |
| Leitungswasser + $MgCl_2$ . . . . . | 520 | 500 | 51,5 | 0 | 630 | 0 | 17 | 6 | 11 | 64,7 |
| Desgl. . . . . | 220 | 200 | 27,5 | 0 | 272 | 0 | 19 | 13 | 6 | 31,6 |
| Desgl. . . . . | 320 | 300 | 35,5 | 0 | 408 | 0 | 22 | 13 | 9 | 40,8 |
| Leitungswasser + NaCl + $MgCl_2$ . . . | 220 | 200 | 19,6 | 0 | 136 | 0 | 17 | 12 | 5 | 29,4 |
| Leitungswasser + NaCl + $MgCl_2$ + $MgSO_4$ | 220 | 200 | 24,8 | 0 | 136 | 99 | 16 | 11 | 5 | 31,3 |
| Desgl. . . . . | 220 | 200 | 29 | 0 | 136 | 198 | 15 | 8 | 7 | 46,6 |
| Desgl. . . . . | 220 | 200 | 43,4 | 0 | 136 | 297 | 13 | 8 | 5 | 38,5 |
| Desgl. . . . . | 220 | 200 | 47,5 | 0 | 136 | 594 | 19 | 10 | 9 | 47,3 |

Anlage 4b.

## III.

**Schmeckversuche bei verschiedenen Temperaturen mit verdünnten Endlaugen und Kochsalzzusätzen, ausgeführt im Kaiserlichen Gesundheitsamte.**

| Probe bestand aus: | Versuchstemperatur | Gesamt-Chlor | Davon Chlor aus $MgCl_2$ | Gesamthärte | Davon Mg-Härte aus Endlauge | Entsprechend $MgCl_2$ | Teilnehmer an der Prüfung | Gut schmeckend befunden | Schlecht schmeckend befunden | = % aller Teilnehmer | Verdünnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Leitungswasser mit Endlauge . . | 12—13° | 150 | 128 | 24 | 12,5 | 213 | 26 | 15 | 11 | 42,4 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 12—13° | 200 | 178 | 27,7 | 16,2 | 274 | 24 | 14 | 10 | 41,6 | 1:1620 |
| Desgl. . . . . | 12—13° | 250 | 228 | 32,5 | 21,0 | 358 | 23 | 15 | 8 | 34,8 | 1:1250 |
| Leitungswasser . . . . . | 12—13° | 22,3 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 26 | 16 | 10 | 38,5 | 0 |
| Leitungswasser mit Endlauge . . | 12—13° | 300 | 278 | 35,8 | 24,3 | 415 | 25 | 8 | 17 | 68,2 | 1:1030 |
| Desgl. . . . . | 12—13° | 350 | 328 | 39,5 | 28,0 | 476 | 26 | 9 | 17 | 65,5 | 1:870 |
| Desgl. . . . . | 15—16° | 150 | 128 | 24 | 12,5 | 213 | 28 | 14 | 14 | 50,0 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 15—16° | 200 | 178 | 27,5 | 16,0 | 273 | 25 | 10 | 15 | 60,0 | 1:1620 |
| Leitungswasser . . . . . | 15—16° | 22,5 | 0 | 11,5 | 0 | 0 | 21 | 10 | 11 | 52,4 | 0 |
| Leitungswasser mit Endlauge . . | 15—16° | 250 | 228 | 32,5 | 21,0 | 358 | 23 | 8 | 15 | 65,3 | 1:1250 |
| Desgl. . . . . | 15—16° | 300 | 278 | 36 | 24,5 | 418 | 18 | 6 | 12 | 66,6 | 1:1030 |
| Desgl. . . . . | 15—16° | 350 | 328 | 39,6 | 28,1 | 479 | 26 | 5 | 21 | 80,8 | 1:870 |
| Leitungswasser + Endlauge + NaCl | 12—13° | 200 | 132 | 25,2 | 13,7 | 234 | 24 | 13 | 11 | 45,9 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 12—13° | 250 | 130 | 25 | 13,5 | 222 | 22 | 10 | 12 | 54,7 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 12—13° | 300 | 130 | 24,5 | 13,0 | 222 | 22 | 9 | 13 | 59,2 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 12—13° | 350 | 130 | 24,5 | 13,0 | 222 | 20 | 7 | 13 | 65,2 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 15—16° | 200 | 130 | 24,5 | 13,0 | 222 | 23 | 9 | 14 | 61,0 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 15—16° | 250 | 130 | 24,5 | 13,0 | 222 | 21 | 5 | 16 | 76,2 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 15—16° | 300 | 130 | 24,5 | 13,0 | 222 | 21 | 7 | 14 | 66,6 | 1:2220 |
| Desgl. . . . . | 15—16° | 350 | 130 | 24,5 | 13,0 | 222 | 20 | 4 | 16 | 80,0 | 1:2220 |
| Leitungswasser + Endlauge . . . | 12—13° | 534 | 512 | 55,4 | 43,9 | 749 | 26 | 5 | 21 | 80,8 | 1:575 |

# Über ein Verfahren zur Bestimmung des Fluorgehalts von Knochen und Zähnen normaler und mit Fluoriden gefütterter Hunde.

Von

**Dr. G. Sonntag,**

Technischem Rat im Kaiserl. Gesundheitsamte.

Inhaltsübersicht: A. Einleitung. — B. Bisherige Angaben über den Fluorgehalt der Knochen und Zähne. — C. Die in der Literatur angegebenen Bestimmungsverfahren. — D. Eigene Versuche. 1. Das Glasätzverfahren. 2. Die Anwendung des Glasätzverfahrens auf die Bestimmung des Fluors in Knochen und Zähnen normaler und mit Natriumfluorid gefütterter Hunde. — E. Ergebnisse.

## A. Einleitung.

Bei den im Physiologisch-Pharmakologischen Laboratorium des Kaiserlichen Gesundheitsamtes ausgeführten zahlreichen Untersuchungen über die Wirkung löslicher Fluorverbindungen auf den tierischen Organismus waren auffallende Erscheinungen an den Knochen und Zähnen von wachsenden Hunden, denen Natriumfluorid verabreicht worden war, erzielt worden. E. Rost hat bereits auf dem 14. Internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie[1]) vorläufig hierüber berichtet. Nach 8—12wöchiger Verfütterung von täglich 0,2 bis 0,5 g[2]) Natriumfluorid bei im übrigen kalkreicher Nahrung traten bei wachsenden Hunden Verdickungen und Auftreibungen an den Enden der Vorderarmknochen und den Sprunggelenken auf; auch waren Schmerzhaftigkeit und Steifheit dieser Gelenke festzustellen. Diese seitdem erweiterten pharmakologischen Versuche und ihre Ergebnisse werden des näheren in einer später erscheinenden Abhandlung von E. Rost beschrieben werden.

Von besonderem Interesse erschien es, festzustellen, ob die augenfälligen Veränderungen an Zähnen und Knochen, die bei den mit gleicher Nahrung ohne Fluorzusatz gefütterten Vergleichshunden (Geschwistern) nicht auftraten und deshalb unzweifelhaft auf die Fluornatriumgaben zurückzuführen sind, begleitet sind von Änderungen in der chemischen Zusammensetzung der Knochen und Zähne bei den mit Natriumfluorid gefütterten Hunden gegenüber denen der Vergleichshunde. Insbesondere war wegen des Kalkreichtums der Knochen eine Abscheidung von Fluor in

[1]) Bericht über den 14. Internationalen Kongreß für Hygiene und Demographie, Berlin, 23.—29. September 1907. Verlag von A. Hirschwald, Berlin 1908, Bd. 4, S. 166.

[2]) Bei etwa 0,5 g Natriumfluorid liegt die brechenerregende Dosis für Hunde (E. Rost, Diese Arb. Bd. 19, 1902, S. 13).

Form seines unlöslichen Calciumsalzes zu vermuten, wie denn bereits von Brandl und Tappeiner[1]) bei einem mit Natriumfluorid gefütterten ausgewachsenen Hunde, an dem äußere Veränderungen der Knochen und Zähne nicht zu beobachten gewesen waren, eine Anreicherung der Knochen und Zähne an Calciumfluorid festgestellt worden war.

In der vorliegenden Abhandlung wird berichtet über die Untersuchungen, die ausgeführt wurden zu dem Zwecke, den Fluorgehalt der Knochen und Zähne von normal gefütterten wachsenden Hunden zu bestimmen, an den mit Natriumfluorid gefütterten wachsenden Hunden die Aufnahmefähigkeit der Knochen für Fluor sicher zu stellen und dessen Anhäufung in den Knochen zahlenmäßig zu verfolgen. Außerdem werden einige analytische Ergebnisse bezüglich des Gehalts dieser Knochen an Kalk, Magnesia und Phosphorsäure mitgeteilt.

Es handelte sich vor allem darum, ein analytisches Verfahren anzuwenden, das gestattet, die in den Knochen und Zähnen enthaltenen Fluormengen sowohl der normal ernährten als auch der mit Natriumfluorid gefütterten Hunde quantitativ zu ermitteln.

## B. Bisherige Angaben über den Fluorgehalt der Knochen und Zähne.

Seit der Entdeckung des Fluors in Knochen und Zähnen vorweltlicher und jetzt lebender Tiere durch Morichini und Gay-Lussac (1803—1805) ist die Frage nach dem quantitativen Gehalt der Knochen und Zähne an Fluor vielfach der Gegenstand von Untersuchungen gewesen. Bereits Berzelius, der das Vorkommen des Fluors im Knochen bestätigte, suchte den Gehalt auch quantitativ zu ermitteln. Ein Verfahren zur analytischen Bestimmung des Fluors war aber damals nicht bekannt; die Forscher gingen bei ihren Untersuchungen von der Beobachtung aus, daß in den Knochen mehr Kalk und Magnesia gefunden wurde als zur Sättigung der vorhandenen Menge Kohlensäure und Phosphorsäure nötig ist, und daß die Summe der auf übliche Weise ermittelten bekannten Bestandteile der Knochen das ursprüngliche Gesamtgewicht nicht erreichte. Die Fehlbeträge wurden auf den Gehalt der Knochen an Calciumfluorid zurückgeführt. Da die Analysen sich nicht immer auf sämtliche Bestandteile der Knochen erstreckten — neben Calcium, Magnesium, Kohlensäure und Phosphorsäure finden sich noch in kleinen Mengen Kalium, Natrium und Chlor —, so sind die beobachteten Unterschiede nur zum Teil dem Calciumfluorid zuzuschreiben und außerdem fallen bei der quantitativen Ermittelung eines im Verhältnis zu den unmittelbar bestimmbaren Stoffen in geringer Menge vorhandenen Bestandteils eines Gemenges durch „Differenzbestimmung“ die Analysenfehler erheblich ins Gewicht. Die auf diese Weise gewonnenen Zahlenwerte für den Gehalt der Knochen an Fluor (Heintz gab im Jahre 1849 den Gehalt an Calciumfluorid zu ungefähr 2% an) sind viel zu hoch und ganz unzuverlässig[2]); es soll daher im folgenden nicht weiter darauf eingegangen werden.

[1]) Zeitschr. f. Biologie 1891, N. F. 10, 518.

[2]) Eine Zusammenstellung der seit der Entdeckung des Fluors als Bestandteil der Knochen in der Literatur vorhandenen Arbeiten über den Fluorgehalt der Knochen findet sich bei Zalesky: „Über die Zusammensetzung der Knochen des Menschen und verschiedener Tiere“ in „Mediz.-chem. Unters.“ von Hoppe-Seyler, Berlin 1866—71 und bei S. Gabriel: „Chemische Untersuchungen über die Mineralstoffe der Knochen und Zähne“ (Zeitschr. f. physiol. Chem. 1894, 18, 257).

Die späteren Untersuchungen, die sich auf Verfahren zu einer unmittelbaren Bestimmung des Fluors stützen, haben fast durchweg zu weit geringeren Werten geführt, aber die Ergebnisse der verschiedenen Autoren weichen noch vielfach erheblich voneinander ab. Im folgenden ist eine Anzahl solcher Werte zusammengestellt; über die in den einzelnen Fällen eingeschlagenen Untersuchungsverfahren wird weiterhin ausführlich berichtet.

Hoppe-Seyler[1]) fand im Zahnschmelz vom Menschen, Schwein und Rhinozeros einen weniger als 2% betragenden Gehalt an Calciumfluorid. Zalesky[2]) ermittelte in der Asche von Ochsenknochen 0,616%, von Menschenknochen 0,471%, A. Carnot[3]) in der Asche von Schenkelknochen des Menschen 0,35 bis 0,37%, des Ochsen 0,45%, in Elefantenknochen 0,47% Calciumfluorid, E. Wrampelmeyer[4]) in gesunden und kranken Zähnen von Erwachsenen und Kindern 0,65 bis 1,40% Fluor. S. Gabriel[5]) spricht mit Bestimmtheit aus, daß Fluor als ein „Minimalbestandteil" der Knochen und Zähne anzusehen sei und gibt seine Menge zu nicht mehr als 0,05% der Asche an. Harms[6]) stellte in Knochen von Kalb und Rind 0,005% Fluor, in denen vom Hund 0,009%, vom Schwein 0,018%, vom Kaninchen 0,022%, in Zähnen vom Menschen 0,006%, vom Kalb 0,005%, vom Schwein 0,018%, vom Hund 0,009% Fluor fest. Bei der Untersuchung nach einem anderen Verfahren (s. S. 312) fanden Brandl und Jodlbauer[7]) in derselben Rinderknochenasche, die Harms untersucht hatte, dreißigmal so viel, nämlich 0,15 bis 0,18% Fluor und (Jodlbauer)[8]) in Knochen von Rindern, Meerschweinchen und Kaninchen den Gehalt an Fluor zu 0,5 bis 0,32%, bei Hunden, in deren Knochen früher (Brandl und Tappeiner)[9]) Fluor in quantitativ bestimmbarer Menge nicht nachzuweisen war, 0,13 bis 0,17% Fluor; menschliche Zähne zeigten einen Gehalt von 0,18 bis 0,35% Fluor, ein menschlicher Unterkieferknochen 0,04% Fluor, ein Hundegebiß in den Wurzeln der Schneide- und Eckzähne 0,03 bis 0,4%, in den Kronen 0,14%, in den Backenzähnen 0,12 bis 0,27% Fluor. Hempel und Scheffler[10]) fanden in der Asche von gesunden Menschenzähnen 0,33 bis 0,52%, in der von Pferdezähnen 0,2 bis 0,39% Fluor.

A. Gautier und P. Clausmann[11]) ermittelten u. a. im getrockneten Oberschenkelknochen (Femur) eines Menschen in der Diaphyse 0,056%, in der Epiphyse 0,0151% Fluor, im Oberschenkelknochen eines Ochsen entsprechend 0,0875% und 0,0162% Fluor, in einem flachen Schädelknochen eines Hundes 0,0369%; im Schmelz eines Hundezahnes 0,0615% Fluor.

---

[1]) Arch. f. pathol. Anat. u. Physiolog. (Virchow) 1862, **24**, 13.
[2]) Med.-chem. Untersuchungen. Von Hoppe-Seyler. Berlin 1866—71, S. 19.
[3]) Compt. rendus Acad. Sciences 1892, **114**, 1189.
[4]) Zeitschr. f. analyt. Chemie 1893, **32**, 550.
[5]) Zeitschr. f. physiolog. Chemie 1894, **18**, 257.
[6]) Zeitschr. f. Biologie 1899, N. F. **20**, 487.
[7]) Zeitschr. f. Biologie 1901, N. F. **23**, 487.
[8]) Zeitschr. f. Biologie 1903, N. F. **26**, 259.
[9]) Zeitschr. f. Biologie 1891, N. F. **10**, 532.
[10]) Zeitschr. f. anorgan. Chemie, 1899, **20**, 1.
[11]) Compt. rend. Acad. Sciences 1913, **156**, 1426.

Die Zahlen für den Fluorgehalt schwanken also bei den Angaben über Knochen[1]) ungefähr zwischen 0,005 und 0,32%, bei den Angaben über Knochenasche[1]) zwischen 0,05 und 0,30%, für Zähne[1]) zwischen 0,005 und 1,4%, für Zahnasche[1]) zwischen 0,2 und 0,5% Fluor.

Es ist nicht zu bezweifeln, daß diese Schwankungen nur zum Teil auf der Verschiedenheit des zu den Untersuchungen benutzen Materials beruhen, daß sie aber im wesentlichen durch die den angewandten Verfahren anhaftenden Mängel und durch die Schwierigkeit einer unmittelbaren Bestimmung des Fluors in schwer löslicher Verbindung (Calciumfluorid), mit der bei Knochen und Zähnen zu rechnen ist, verursacht sind.

### C. Die in der Literatur angegebenen Bestimmungsverfahren.

Im allgemeinen lassen sich die meisten in Wasser unlöslichen Fluorverbindungen nicht durch einfaches Schmelzen mit kohlensaurem Alkali aufschließen; die Überführung des Fluors in lösliches Alkalifluorid gelingt auch beim Calciumfluorid erst, wenn man vor dem Schmelzen Kieselsäure hinzugemischt hat. Dann bildet sich beim Schmelzen zunächst ein Alkalikieselfluorid, das sich mit überschüssigem Alkali in Alkalifluorid und Kieselsäure zersetzt. Aus der Schmelze kann nach Abscheidung der Kieselsäure und der übrigen Beimengungen das Alkalifluorid in wässeriger Lösung erhalten und darin auf gewichtsanalytischem Wege bestimmt werden.

Dieses Verfahren bietet im besonderen bei der Bestimmung des Fluors in Knochenasche wegen der geringen Menge des vorhandenen Calciumfluorids und der daraus folgenden Notwendigkeit, größere Mengen von Asche in Arbeit zu nehmen, bedeutende Schwierigkeiten hinsichtlich der Trennung des Alkalifluorids von den großen Mengen des in der Asche enthaltenen Phosphats und der zugesetzten Kieselsäure und hat daher keine Anwendung bei der Bestimmung des Calciumfluorids in Knochen gefunden.

Die von den im Vorstehenden aufgeführten Autoren angewandten Methoden stützen sich vielmehr sämtlich auf die Zersetzbarkeit des Calciumfluorids durch Schwefelsäure und suchen entweder das beim Erhitzen von Calciumfluorid mit Schwefelsäure bei Gegenwart von Kieselsäure entstehende gasförmige Siliciumfluorid oder das bei Ausschluß von Kieselsäure freiwerdende Fluorwasserstoffgas aufzufangen, zu wägen, zu messen oder auf eine andere geeignete Weise zu bestimmen[2]).

---

[1]) Die Untersucher haben ihre Angaben teils auf Knochen und Zähne, teils auf Knochenasche und Zahnasche bezogen.

[2]) Das von Emil Zdarek bei seinen Untersuchungen über die Verteilung des Fluors in den Organen des Menschen (Zeitschr. physiol. Chem. 1910, **69**, 127) benutzte Verfahren ist ganz ungeeignet. Er untersuchte die wässerigen Auszüge der entfetteten Knochen („Kollagen") und das nach dem Ausziehen des Rückstandes mit 1%iger Salzsäure („bis die Knochensalze vollständig herausgelöst waren") erhaltene Gewebegerüst. Der salzsaure Auszug, der mit Lauge „fast bis zur neutralen Reaktion neutralisiert" wurde, schied bei wochenlangem Stehen keinen Niederschlag aus und wurde nicht weiter geprüft. — Die in 1%iger Salzsäure löslichen Knochensalze, zu denen doch auch Fluorcalcium zählt, wurden also der Analyse entzogen; daß die „fast neutralisierte", also noch saure Lösung klar blieb, ist natürlich, auch Calciumfluorid würde sich aus dieser Lösung nicht ausscheiden können.

### 1. Die Bestimmung des Siliciumfluorids.

Wöhler hat bereits im Jahre 1839 vorgeschlagen, die Menge des aus der mit Kieselsäure gemischten fluorhaltigen Substanz durch Schwefelsäure entwickelten Siliciumfluorids durch den Gewichtsverlust des Apparates, in dem die Zersetzung stattgefunden hatte, zu ermitteln.

R. Fresenius[1]) arbeitete ein Verfahren zur direkten Bestimmung des entbundenen Siliciumfluorids durch Wägung in Absorptionsgefäßen aus. Die Fluorverbindung wird als feines Pulver mit gepulvertem Quarz gemischt, mit reiner konzentrierter Schwefelsäure bei 150—160° zersetzt, indem ein Luftstrom durch den Apparat geleitet wird, das Siliciumfluorid in drei Absorptionsröhren durch Wasser, Natronkalk, Chlorcalcium und Schwefelsäure absorbiert und gewogen. Von der Gewichtszunahme sollte für jede Stunde, während der Luftstrom durch den Apparat strich, eine Korrektur von 1 mg abgezogen werden.

Dies Verfahren ist später häufig angewendet worden und hat auch zu einer Reihe von Verbesserungsvorschlägen geführt. So benutzte J. Brandl[2]) bei der Bestimmung des Fluors in Mineralien zwei Absorptionsgefäße, von denen das eine mit befeuchteten Bimssteinstückchen, das andere zur Hälfte mit Chlorcalcium, zur Hälfte mit Natronkalk gefüllt war, und ließ die Korrektur der Wägungen als überflüssig fallen. In dieser Weise bestimmten Brandl und Tappeiner (s. S. 308) das Fluor in den Organen mit Natriumfluorid gefütterter Hunde und einer Ziege. Bei späteren Unter-

---

Die Untersuchung des Kollagens und des Knochengerüstes geschah weiter wie bei den übrigen Organen (Herz, Nieren, Gehirn, Lunge, Milz, Leber): Aus der unter Zusatz von Ätznatron in großem Überschuß hergestellten Asche wurde ein wässeriger Auszug bereitet, der in Wasser unlösliche Anteil der Asche wurde dann mit „ganz verdünnter Salzsäure längere Zeit behandelt" und das hierbei (nach Abfiltrieren und Auswaschen) ungelöst Bleibende mit kohlensaurem Kali aufgeschlossen, die Schmelze in Wasser gelöst und die Lösung filtriert. Im wässerigen Auszug der Asche und in der Lösung der Schmelze wurde das Fluor gewichtsanalytisch als Calciumfluorid bestimmt. — Auch hier scheint auf die Löslichkeit des Calciumfluorids in verdünnter Salzsäure keine Rücksicht genommen zu sein, aus der Beschreibung ist nicht zu entnehmen, wieviel ganz verdünnte Salzsäure, mit der die Asche längere Zeit behandelt wurde, angewendet worden ist. — Daß zum Aufschließen von Calciumfluorid Schmelzen mit kohlensaurem Alkali nicht ausreicht, ist oben bereits gesagt. — Die gefundenen Werte waren bei einem Femur, der nach dem Entfetten 580 g wog, aus dem Kollagen 1,0 mg, aus dem Knochengerüst 1,8 mg Calciumfluorid; bei einem anderen Femur aus 445 g entfettetem Knochen, aus dem Kollagen 2,1 mg, aus dem Knochengerüst 1,4 mg; bei einem Oberarmknochen (Humerus), aus 180 g entfettetem Knochen, aus dem Kollagen 0,8 mg, aus dem Knochengerüst 1,4 mg Calciumfluorid. — Hierbei ist noch zu bemerken daß diese Zahlen die in jedem Falle zur Wägung gebrachten Mengen Calciumfluorid darstellen. — Zdarek prüfte auch das aus den getrockneten Knochen gewonnene Fett und fand darin Fluor in einer Menge, die die Hälfte des Gesamtfluorgehalts der Knochen ausmachte (3,3 mg, 0,8 mg, 2,3 mg Calciumfluorid).

Ich habe in mehreren Fällen das aus den stark fluorhaltigen Knochen der mit Natriumfluorid gefütterten Hunde erhaltene Fett (klar filtrierter Ätherauszug) auf Fluor geprüft, aber in keiner der Proben einen Fluorgehalt nachweisen können.

Im ganzen fand Zdarek so in dem Femur von 1050 g Gewicht 0,0030 g, in dem Femur von 800 g Gewicht 0,0028 g, im Humerus (290 g) 0,0013 g Fluor, Werte, die außerordentlich niedrig und völlig unzuverlässig sind.

[1]) Zeitschr. f. analyt. Chem. 1866, **5**, 190; Anleit. z. quant. chem. Anal. VI. Aufl., Bd. 1, S. 431.

[2]) Liebigs Analen 1882, **213**, 1.

suchungen haben Brandl und Jodlbauer das Verfahren wegen der Schwierigkeit, die Kohlensäure ohne Verlust von Fluor aus der Knochenasche völlig auszutreiben, verlassen.

Eine eingehende kritische Untersuchung über das Freseniussche Verfahren ist später von K. Daniel[1]) ausgeführt worden. Er brachte eine Reihe von Abänderungen und Verbesserungen der Apparate an und erhielt mit reinen Substanzen (Calciumfluorid, Fluorwasserstofffluorkalium) befriedigende Ergebnisse.

F. Seemann[2]), dem wir ebenfalls ausführliche Studien über die quantitative Bestimmung des Fluors verdanken, erhielt mit der Freseniusschen Methode gute Resultate, fand aber, daß die Ausführung eines Versuches längere Zeit beanspruchte, als von Fresenius angegeben ist, und daß eine Korrektur nicht angebracht werden darf.

Eine direkte Bestimmung des gasförmigen Siliciumfluorids nach gasanalytischem Verfahren ist zuerst von Oettel[3]) angegeben worden. Das bei der Zersetzung des Gemisches des Fluorsalzes mit Kieselsäure durch Schwefelsäure frei gemachte Siliciumfluoridgas läßt man ähnlich wie bei der Bestimmung der Kohlensäure im Scheiblerschen Apparat durch Verdrängung der Luft in einem besonderen Apparat auf die Quecksilbersäule einer Bürette wirken, in der das Volumen des Siliciumfluorids gemessen wird. Das Verfahren ergab bei abgelesenen Gasmengen von 30 bis 80 ccm konstante Verluste von 1,2 bis 1,66 ccm Siliciumfluorid. — Von F. Seemann[4]) unternommene Nachprüfungen lieferten nur bei Mengen über 0,2 g Calciumfluorid zufriedenstellende Resultate.

Von W. Hempel und W. Scheffler[5]) ist dann zur Bestimmung des Siliciumfluorids neben Kohlensäure ein Verfahren ausgearbeitet worden, wobei das Siliciumfluorid in dem hierfür angegebenen Apparat entwickelt, das Gemisch von Siliciumfluorid, Kohlensäure und Luft in einer Bürette über Quecksilber aufgefangen und gemessen wird. Hierauf wird das Gasgemenge mit Wasser geschüttelt, wodurch das Siliciumfluorid und ein kleiner Teil der Kohlensäure absorbiert wird, und wieder gemessen; dann wird dem Gasrest die Kohlensäure durch Kalilauge mittels einer Gaspipette entzogen und die Volumverminderung gemessen. Die kleine Menge in dem Wasser zugleich mit dem Siliciumfluorid absorbierter Kohlensäure wird bestimmt, indem man den Gasrest nochmals mit diesem Wasser schüttelt, sein Volumen bestimmt, nochmals in die Ätzkalipipette und zurück in die Bürette führt und wiederum mißt; diese Menge Kohlensäure wird von der bei der ersten Messung gefundenen Menge Siliciumfluorid abgezogen.

Das Verfahren ist von Hempel und Scheffler auf die Bestimmung des Fluors in Zähnen angewendet worden (s. S. 309). Brandl und Jodlbauer haben es zur Analyse von Knochen und Zähnen auf Fluorgehalt benutzt (s. S. 309); sie betonen die

---

[1]) Zeitschr. f. anorg. Chemie 1904, **38**, 257.
[2]) Zeitschr. f. anal. Chem. 1905, **44**, 343.
[3]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 1886, **25**, 505.
[4]) a. a. O.
[5]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 1899, **20**, 1. — Hempel, Gasanalytische Methoden. 3. Aufl. 1900, S. 342.

Notwendigkeit der Verwendung völlig kohlefreier Asche und haben in Vorversuchen bei Verwendung reinen Calciumfluorids richtige Resultate erhalten. Neuerdings ist jedoch von Th. Gassmann[1]), der nach dem Hempel-Schefflerschen Verfahren Fluorbestimmungen in Zähnen ausführte und dabei ähnliche Werte wie Hempel und Scheffler erhielt, festgestellt, daß das in Wasser aufgelöste Gas der Hauptsache nach Chlorwasserstoff war, der aus dem in der Zahnasche enthaltenen Chlorid stammt. — Auch Graf zu Leiningen-Westerburg (s. S. 317) hat Bedenken gegen das gasvolumetrische Verfahren geltend gemacht und von ihm Abstand genommen.

Siliciumfluorid zersetzt sich mit Wasser unter Bildung von Kieselfluorwasserstoffsäure und Abscheidung von Kieselsäure. Leitet man daher das entwickelte Siliciumfluorid in Wasser, so muß sich durch Bestimmung eines dieser Reaktionsprodukte die Menge des Siliciumfluorids ermitteln lassen.

Ein Verfahren zur Bestimmung des Siliciumfluorids aus der Menge der bei seiner Zersetzung mit Wasser entstehenden Kieselsäure wurde von S. Bein[2]) vorgeschlagen: Das aus dem Gemisch des Fluorids mit Kieselsäure entbundene Siliciumfluoridgas wird in Wasser geleitet, die sich abscheidende Kieselsäure gesammelt und gewogen.

Lasne[3]) fing das Kieselfluorid in Natronlauge auf, fällte die Kieselsäure mit Ammoniumkarbonat und bestimmte außerdem im Filtrat das Fluor direkt durch Fällen mit Chlorcalcium. Auch Harms benutzte die Reaktion des Siliciumfluorids mit Wasser; er bestimmte die unterste Grenze des Eintritts der qualitativen Reaktion und ermittelte auf dem Vergleichswege, indem er die Prüfung mit der Asche von Knochen und Zähnen anstellte, deren Fluorgehalte, die so gering waren, daß sie Brandl und Jodlbauer (s. S. 309) zur Nachprüfung des Verfahrens veranlaßten.

Zur quantitativen Bestimmung der Kieselfluorwasserstoffsäure sind teils gewichtsanalytische, teils titrimetrische Verfahren angewendet worden.

In Form von Kieselfluorkalium ($SiFl_4 \cdot 2\,KFl$) schied Liversidge[4]) die Kieselfluorwasserstoffsäure ab, indem er das Siliciumfluorid in Ammoniak leitete und mit Kaliumchlorid in alkoholischer Lösung fällte. Einfacher kann man nach Beckurts und Lehrmann[5]) das Siliciumfluorid in Wasser auffangen, die entstandene Lösung der Kieselfluorwasserstoffsäure von der ausgeschiedenen Kieselsäure abfiltrieren und — nach der bereits von R. Fresenius[6]) empfohlenen Methode — mit alkoholischer Kaliumchloridlösung fällen.

A. Carnot[7]) fing das Siliciumfluoridgas in Kaliumfluoridlösung auf und brachte den nach Zusatz von Alkohol entstandenen Niederschlag von Kieselfluorkalium zur Wägung (s. S. 309). Das gleiche Verfahren ist von Wrampelmeyer[8]) zur Fluor-

[1]) Zeitschr. f. physiolog. Chem. 1908, **55**, 460.
[2]) Repert. d. anal. Chem. 1886, **6**, 169.
[3]) Bull. Soc. Chim. Paris **50**, 167; Zeitschr. f. anal. Chem. 1889, **28**, 348.
[4]) Chem. News 1871, **24**, 226.
[5]) Apotheker-Zeitung 1903, **18**, 369.
[6]) Quant. Analyse 6. Aufl. Bd. 1, S. 400.
[7]) Compt. rend. Acad. Sciences 1892, **114**, 750.
[8]) Zeitschr. f. anal. Chem. 1893, **32**, 550.

bestimmung in Knochen (s. S. 309), von M. van Bemmelen[1]) zur Bestimmung des Fluors in einem fossilen Elefantenknochen, von Sestini[2]), Burk[3]), Beckurts und Lehrmann[4]) für die Bestimmung des Fluors in Wein benutzt worden; auch von F. Seemann[5]) und von J. Schuch[6]) wird es empfohlen.

Die titrimetrische Bestimmung der Kieselfluorwasserstoffsäure kann geschehen nach dem zuerst von Stolba[7]) vorgeschlagenen Verfahren, wonach das durch Fällung mit Kaliumchlorid erhaltene Kieselfluorkalium mit Normallauge titriert wird. Einfacher ist es nach Penfield[8]), das entwickelte Siliciumfluorid unmittelbar in eine mit Alkohol vermischte Kaliumchloridlösung zu leiten. Hierbei wird Kieselfluorkalium gefällt und die äquivalente Menge Salzsäure in Freiheit gesetzt, die dann titriert wird.

Die direkte maßanalytische Bestimmung der in wässeriger Lösung erhaltenen Kieselfluorwasserstoffsäure mit Normallauge wurde von Offermann[9]) empfohlen. Dieses Verfahren hat eine Reihe von Untersuchungen über das Verhalten wässeriger Lösungen der Kieselfluorwasserstoffsäure bei der Titration mit Lauge hervorgerufen.

Während nach Penfield die Säure sich nicht direkt titrieren läßt, gab Offermann an, daß die Reaktion mit Cochenille als Indikator so verläuft, daß 1 Molekül Kieselfluorwasserstoffsäure 6 Molekülen Kaliumhydroxyd entspricht ($H_2SiF_6 + 6\,KOH = 6\,KF + H_4SiO_4 + 2\,H_2O$).

F. Seemann[10]) empfiehlt das Offermannsche Verfahren unter Verwendung von Phenolphthalein als Indikator.

Nach Treadwell[11]) läßt sich die Kieselfluorwasserstoffsäure nur mit Kalilauge (oder Barytwasser) bei Gegenwart von Alkohol mit Phenolphthalein oder Lackmoid als Indikator titrieren, wobei auf 1 Molekül Säure 2 Moleküle Kaliumhydroxyd entfallen. N. Sahlbom und F. W. Hinrichsen[12]) erklärten dies daraus, daß die Kieselfluorwasserstoffsäure leicht bei Gegenwart von Alkali hydrolytisch gespalten wird, durch Ausfallen des unlöslichen Kalium- oder Barytsalzes bleibt sie der weiteren Einwirkung der Hydroxylionen entzogen und wird als zweibasische Säure titriert. Beschleunigt man die Hydrolyse durch Erwärmen, so läßt sich die Titration auch mit Natronlauge ohne Alkoholzusatz ausführen, so daß 1 Molekül der Säure 6 Molekülen Natriumhydroxyd entspricht.

---

[1]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 1897, **15**, 84.
[2]) L'Orosi 1896, **19**, 253; Chem. Zentralbl. 1896, II, 1008.
[3]) Journ. Amer. Chem. Soc. 1901, **23**, 825.
[4]) a. a. O.
[5]) a. a. O.
[6]) Zeitschr. f. d. landw. Vers.-W. i. Österreich 1905, 8, 542.
[7]) Journ. f. prakt. Chem. **89**, 129; Zeitschr. f. anal. Chem. 1863, **2**, 396; daselbst 1881, **20**, 112; Fresenius, Quant. Anal. 6. Aufl, Bd. 1, S. 219.
[8]) Chem. News 1879, **39**, 179.
[9]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1890, 615.
[10]) Zeitschr. f. anal. Chem. 1905, **44**, 380.
[11]) Lehrb. d. anal. Chem. 1905, Bd. 2, S. 433.
[12]) Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellsch. 1906, **39**, 2609.

Nach Hileman[1]), der das Verfahren mit einigen Abänderungen des Apparates angewendet hat, entsteht beim Einleiten von Siliciumfluorid in Wasser stets neben Kieselfluorwasserstoffsäure auch Fluorwasserstoffsäure, es sind also beide Reaktionsprodukte zusammen bis zur Bildung von Alkalifluorid zu titrieren; mit Phenolphthalein als Indikator gilt die von Offermann angegebene Reaktionsgleichung.

L. Schucht und W. Möller[2]) führten aus, daß bei Anwendung von Cochenille als Indikator auf 1 Molekül Kieselfluorwasserstoffsäure 2 Moleküle Kaliumhydroxyd und bei Verwendung von Phenolphthalein stets, ob heiß ob kalt, auf 1 Molekül der Säure 6 Moleküle Kaliumhydroxyd verbraucht werden. Da hierbei der Endpunkt der Reaktion schlecht zu erkennen ist, schlagen sie folgendes Verfahren vor. Der Kieselfluorwasserstofflösung wird überschüssiges neutrales Calciumchlorid zugesetzt und mit Methylorange als Indikator titriert nach der Gleichung: $H_2SiF_6 + 3\,CaCl_2 + 6\,NaOH = 3\,CaF_2 + 6\,NaCl + H_4SiO_4 + 12\,H_2O$.

### 2. Die Bestimmung des Fluorwasserstoffs.

Bei der Bestimmung des durch Zersetzung von Fluoriden mit Schwefelsäure in Freiheit gesetzten Fluorwasserstoffs ist wegen dessen Eigenschaft, Kieselsäure, Silikate und damit Glas aufzulösen, auf das Vorhandensein von Kieselsäure Rücksicht zu nehmen: die Substanz, in der man das Fluor hiernach bestimmen will, darf keine Kieselsäure enthalten.

Für eine direkte Bestimmung des Fluorwasserstoffs muß auch der ganze, zur Zersetzung der Substanz, zum Fortleiten und Auffangen des Fluorwasserstoffs dienende Apparat aus Platin bestehen. — Ein solches Verfahren ist von P. Jannasch und A. Röttgen[3]) ausgearbeitet worden. In dem Platinapparat wird aus dem Fluorid durch Schwefelsäure Fluorwasserstoff entwickelt, durch einen Kohlensäure-Luftstrom in Natronlauge geleitet und aus der Lösung durch Chlorcalcium als Calciumfluorid gefällt. — Über die Anwendung dieses Verfahrens bei der Analyse fluorhaltigen Minerals und eine Änderung des Platinapparates berichtet später J. Locza[4]).

Ein neuerdings von G. Steiger[5]) angegebenes kolorimetrisches Bestimmungsverfahren für kleine Mengen Fluor beruht ebenfalls auf der Zersetzung der Fluoride durch Schwefelsäure und der Bildung von freiem Fluorwasserstoff, das mit einer durch Wasserstoffsuperoxyd gelb gefärbten Titansulfatlösung in Berührung gebracht wird. Die Fluorwasserstoffsäure wirkt bleichend auf diese Lösung; aus der Stärke der Verblassung wird im Kolorimeter durch Vergleichung mit eingestellter Titansulfatlösung der Fluorgehalt berechnet.

Die Eigenschaft der Fluorwasserstoffsäure, Glas anzugreifen, die zu der bekannten Methode des qualitativen Fluornachweises mittels des Glasätzungsverfahrens geführt hat, ist auch bald als Grundlage für indirekte Verfahren zur quantitativen Be-

---

[1]) Zeitschr. f. anorg. Chem. 1906, **51**, 158.
[2]) Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellsch. 1906, **39**, 3693.
[3]) Zeitschr. anorg. Chem. 1895, **9**, 267.
[4]) Zeitschr. anal. Chem. 1910, **49**, 329.
[5]) Journ. Amer. Chem. Soc. 1908, **30**, 219.

stimmung des Fluorwasserstoffs benutzt worden, indem man die Stärke der Ätzung zu bestimmen suchte, um daraus die Menge des vorhandenen Fluorwasserstoffs zu berechnen.

Auf einer Schätzung der Glas zerstörenden Wirkung unter Zugrundelegung der untersten Grenze ihrer Erkennbarkeit oder auf Vergleichung der Ätzwirkung mit den durch bekannte Mengen Fluor hervorgerufenen Ätzbildern beruhende Verfahren sind zuerst von Hoppe-Seyler und später von Gabriel (s. S. 309) bei der Untersuchung von Knochen und Zähnen, in der Folge auch vielfach zur Bestimmung des Fluors in Nahrungsmitteln angewendet worden.

Woodman und Talbot[1]) stellten bei der Prüfung auf sehr kleine Mengen Fluor fest, daß die Empfindlichkeit der Ätzprobe mit der Erhitzungstemperatur wächst, und benutzten dies zu einer Mengenbestimmung.

Ein Verfahren zur Ermittelung der Ätzwirkung auf gewichtsanalytischem Wege, durch Feststellung der infolge der Ätzwirkung eingetretenen Gewichtsabnahme des Glases („Ätzverlust") ist zuerst von F. von Kobell[2]) ausgearbeitet worden zur Bestimmung des Fluors in Mineralien. Hiernach wird das fein gepulverte Mineral mit Schwefelsäure in einer Platinschale, über die eine gewogene glockenförmige Trichterröhre aus böhmischem Glase, dessen Kieselsäuregehalt ermittelt wurde, gestülpt ist, erhitzt, bis die Schwefelsäure größtenteils abgeraucht ist. Die entwickelten Dämpfe streichen durch das Trichterrohr, das nach dem Erkalten abgewaschen, getrocknet und gewogen wird. Aus der Menge des in der abgeätzten Glasmenge enthaltenen Siliciums wurde die zur Bildung von Siliciumfluorid erforderliche Menge Fluor berechnet.

Zalesky (s. S. 309) änderte dieses Verfahren zur Bestimmung des Fluors in Knochenasche in der Weise ab, daß er eine gewogene Menge Glasstücke nebst der Asche in einem Platintiegel mit Schwefelsäure übergoß, nach Erwärmen auf 100° 5 bis 7 Tage lang stehen ließ und dann stärker, bis zum lebhaften Verdampfen der Schwefelsäure erhitzte. Die Glasstückchen wurden schließlich mit Wasser gereinigt, getrocknet und gewogen, und aus dem Gewichtsverlust und dem Siliciumgehalt der Glasmasse das Fluor berechnet.

Ost[3]) benutzte wieder wie bei der qualitativen Fluorprobe eine Glasplatte zur Bestimmung des Fluors in Pflanzenaschen. Die Platintiegel, in denen die Zersetzung mit Schwefelsäure ausgeführt wurde, wurden mit den gewogenen Glasplatten bedeckt und der Gewichtsverlust, den diese durch die Ätzung erlitten, festgestellt. Der auf gleiche Weise mit gewogenen Mengen von Calciumfluorid erhaltene Ätzverlust der Glasplatten wurde der Berechnung des Fluorgehalts zugrunde gelegt.

Wislicenus[4]) hat für die Bestimmung des Glasätzverlustes ein pilzförmiges Gefäß aus einem gegen Schwefelsäure sehr widerstandsfähigen Jenaer Borosilikatglas angegeben, dessen Öffnung mit zwei in eine mit Schwefelsäure gefüllte Rinne tauchenden Glashauben überdeckt ist. Die Ätzwirkung des Fluorwasserstoffs, der in dem Gefäße

---

[1]) Journ. Americ. Chem. Soc. 1906, **28**, 1437.
[2]) Journ. f. prakt. Chem. 1864, **92**, 385; Zeitschr. f. anal. Chem. 1866, **5**, 204.
[3]) Ber. d. Deutsch. Chem. Gesellsch. 1893, **26**, I, 151.
[4]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1901, 705; 1902, 1231.

durch Schwefelsäure entwickelt wird, vollzieht sich also an den Wandungen des Glasgefäßes und der Glashauben. Diese Glasätzgefäße werden vorher mit gewogenen Mengen reinem Calciumfluorid auf den Ätzverlust geprüft, den eine bestimmte Menge Flußsäure an ihnen hervorbringt. Die Ergebnisse der Versuche sind im einzelnen nicht mitgeteilt.

In anderer Weise ist das Ätzverfahren von Graf zu Leiningen-Westerburg[1]) ausgebildet worden, der Fluor in Böden, Gesteinen und Pflanzenaschen ermittelte. Das in dem ganz aus Platin bestehenden Zersetzungsapparat durch saures Kaliumsulfat bei Rotglut entwickelte Fluorwasserstoffgas wird durch ein gewogenes, mit Glasperlen (Borosilicatglas) beschicktes Platinrohr gesaugt, in dem die Ätzung vor sich geht. Nachher wird das Rohr mit Kalilauge, Wasser, Alkohol und Äther nacheinander ausgespült, getrocknet und gewogen. Er überzeugte sich durch blinde Analysen, daß das mit noch nicht gebrauchten oder schon benutzten Glasperlen gefüllte Platinröhrchen (etwa 17 g schwer) nie mehr als 0,5 mg an Gewicht abnahm. Die Beleganalysen zeigen gute Ergebnisse an. Dies Verfahren scheint von anderer Seite noch nicht angewendet worden zu sein.

Schließlich ist in den letzten Jahren, nachdem meine Versuche im wesentlichen abgeschlossen waren, von A. Gautier und P. Clausmann (s. S. 309) ein Verfahren angegeben worden[2]), das ebenfalls die Wirkung der gasförmigen Fluorwasserstoffsäure auf Glas benutzt, nur wird nicht der Gewichtsverlust des Glases nach der Ätzung bestimmt, sondern es wird die Menge Blei ermittelt, die von der Fluorwasserstoffsäure aus stark bleihaltigem Glase herausgelöst wird. Das Verfahren soll nur zur Bestimmung sehr kleiner Mengen (bis 2 mg) Fluor dienen. Die Untersuchung von Knochen geschieht folgendermaßen: Die Asche wird in einen Goldtiegel mit gasdicht verschraubbarem Deckel eingefüllt. In dem Tiegel befindet sich ein zum Umkippen geeignetes kleines Gefäß mit Schwefelsäure und, unter dem Deckel hängend, ein Behälter mit einigen Stückchen mit Wasser befeuchteten Kaliumhydroxyds. Der Deckel ist nach innen zu gewölbt und wird von außen durch einen aufgesetzten Metallkühler mit Wasser gekühlt. Nachdem der Deckel aufgeschraubt ist, läßt man das Schwefelsäuregefäß durch einen Stoß umkippen und erhitzt den Tiegel 2 Stunden lang auf 180 bis 185°. Die entwickelten Dämpfe werden von dem Kaliumhydroxyd aufgenommen, das dann in Wasser gelöst wird; die Lösung wird nach Zusatz von Natriumsulfat mit Baryumnitrat ausgefällt und dann eingetrocknet, der Rückstand mit Wasser aufgenommen, mit Alkohol ausgewaschen, getrocknet und gewogen. Ein Teil des Niederschlags diente zur qualitativen Prüfung, die Hauptmenge wird in einen Platintiegel von derselben Einrichtung wie der Goldtiegel gebracht, der ebenfalls Schwefelsäure in einem Kippgefäß, aber in dem im Innern aufgehängten Behälter grob gepulvertes stark bleihaltiges Glas enthält. Nachdem der Tiegel verschlossen und das Schwefelsäuregefäß umgekippt ist, wird 5 Stunden lang auf 140° erhitzt. Die von der Schwefelsäure entbundene Fluorwasserstoffsäure wirkt auf das Glas ein und erzeugt

---

[1]) Dissertat. München 1904; Chemiker-Zeitung 1902, **26**, 967.

[2]) Compt. rend. Acad. Sciences 1912, **154**, 1469 u. 1670; 1913, **156**, 1426; 1914, **157**, 94.

Bleifluorid, das mit Kaliumchloratlösung aus dem Glaspulver herausgelöst und in der Lösung auf kolorimetrischem Wege als Bleisulfid bestimmt wird. In Versuchen mit gewogenen Mengen Calciumfluorid wurde festgestellt, daß die gefundene Menge Blei der angewandten Menge Fluor nicht proportional ist: die Verhältniszahl Pb : F betrug bei 2 mg Fluor 2,57, bei 1 mg 2,51; bei Fluormengen unter 1 mg nimmt sie schnell ab, bei 0,65 ist sie 2,38, bei 0,30 mg 1,72, bei 0,05 mg 1,14. Aus einer Kurventafel soll die der gefundenen Bleimenge zukommende Verhältniszahl entnommen werden, mit der dann durch Division in die Bleimenge die entsprechende Menge Fluor erhalten wird.

Das Verfahren ist recht umständlich und bedarf besonders wegen der Berechnungsart (mit Hilfe eines veränderlichen Wertes) wohl noch der Nachprüfung.

## D. Eigene Versuche.

Daß das Verfahren der gewichtsanalytischen Bestimmung des Fluors mittels Überführung des Calciumfluorids in eine lösliche Verbindung durch Aufschließen mit Alkali und Kieselsäure und Trennung auf dem üblichen Analysenwege hier praktisch nicht anwendbar war, ist bereits erwähnt. Nach einigen Versuchen, die hierüber keinen Zweifel ließen, wurde sodann das Verfahren der Bestimmung des Fluors als Siliciumfluorid in Aussicht genommen und eine Reihe von Vorversuchen unter Benutzung der von Hilemann (S. 315) beschriebenen Versuchsanordnung angestellt. Hierbei konnten die Angaben früherer Autoren über die Schwierigkeit, bei der praktischen Ausführung alle Bedingungen einzuhalten, die für das Gelingen der Analyse unerläßlich sind, bestätigt werden: die umständlichen Vorbereitungen, die ständige sorgsame Beobachtung und Überwachung der Analyse erfordern so viel Zeit, daß auch dieses Verfahren für den vorliegenden Zweck als nicht geeignet nicht weiter geprüft wurde. Es wurde schließlich das Glasätzverfahren angewendet.

### 1. Das Glasätzverfahren.

Von den Methoden der Bestimmung des Fluorwasserstoffs aus der Stärke der von diesem hervorgebrachten Glasätzung ist wohl die von H. Wislicenus in seiner Abhandlung „Zur Beurteilung und Abwehr von Rauchschäden“ angegebene (s. S. 316) die einfachste. Da in dieser Abhandlung außer Abbildungen der Ätzfläschchen nur kurz die Grundlage des Verfahrens mitgeteilt wird, eine nähere Beschreibung der Versuchsanordnung oder Angaben über die zur Genauigkeitsprüfung angestellten Versuche und deren Resultate fehlen (eine in Aussicht gestellte Arbeit ist bisher nicht erschienen), so war es erforderlich, eingehende Untersuchungen über die im einzelnen einzuhaltenden Versuchsbedingungen auszuführen und die Anwendbarkeit des Verfahrens zu dem vorliegenden Zweck zu prüfen.

Wie bereits hervorgehoben wurde, ist das Freisein der zu untersuchenden Substanz von Kieselsäure Vorbedingung.

Über die Frage, ob in den Knochen und Zähnen Kieselsäure vorhanden ist, finden sich in der Literatur nur wenig Angaben; bei den zahlreich ausgeführten Knochenanalysen wird Kieselsäure meist nicht unter den Bestandteilen aufgeführt.

Die Vogelknochen sollen stets Kieselsäure enthalten (Hammarsten, Lehrb. d. physiolog. Chem. 6. Aufl. 1907). Gabriel[1]) berichtet ausdrücklich, daß die von ihm untersuchten Rinderzähne und -knochen frei von Kieselsäure waren, und H. Weiske[2]) teilt mit, daß Kieselsäure in den Knochen von Hühnern, besonders bei den älteren Tieren nur in äußerst geringen Spuren vorhanden war; außerdem war es zweifelhaft, ob diese Kieselsäure den Knochen wirklich angehörte oder wenigstens zum Teil von unvermeidlichen geringen Verunreinigungen (Staub) herrührte. Bei den Knochen des Falken und Bussards war dasselbe der Fall, der Kieselsäuregehalt berechnete sich hier auf 0,04 und 0,02 %[3]). — Die Untersuchungsverfahren sind jedoch nicht angegeben; für den sicheren Nachweis von Kieselsäure in Knochen mußte auf die Möglichkeit einer Störung durch Fluorcalcium Rücksicht genommen werden, da beim Eintrocknen der nach dem üblichen Verfahren mit Salzsäure behandelten Asche Kieselsäure gegebenenfalls bei Gegenwart von Fluor als Siliciumfluorid entweicht. Einige Versuche, auf diese Weise Kieselsäure in den für diese Untersuchungen benutzten normalen Hundeknochen nachzuweisen, hatten ein völlig negatives Ergebnis. Jedenfalls ist, wie auch aus den Versuchen mit Gemischen von Knochenasche mit abgewogenen Mengen Calciumfluorid (s. S. 327 unter b) hervorgeht, der Kieselsäuregehalt der Knochen höchstens ein äußerst geringer und konnte daher bei der Fluorbestimmung vernachlässigt werden.

Zu den Versuchen mit dem Glasätzverfahren wurden die Glasgefäße aus Jenaer Borosilicatglas (59 III) zunächst in der von Wislicenus angegebenen Form benutzt und unter Anwendung gewogener Mengen von reinem Calciumfluorid[4]) die Bedingungen festgestellt, unter denen ein gleichbleibender, der Menge des der Zersetzung unterworfenen Calciumfluorids proportionaler Ätzverlust zustande kommt und durch Wägung bestimmt werden kann. Aus einer großen Anzahl von Vorversuchen ergab sich, daß das Calciumfluorid am besten mit 40—50 %iger Schwefelsäure bei mäßiger Wärme zersetzt wird, daß es hierzu in der Schwefelsäure fein verteilt und daß durch häufiges Umschwenken der Fläschchen während des Versuchs für gute Durchmischung des Inhalts gesorgt werden muß. Ferner ist die Reinigung der Fläschchen nach der Ätzung in schonender Weise auszuführen, da die angeätzte Glasoberfläche durch stark wirkende Reinigungsmittel (Kalilauge) beträchtlich angegriffen wird.

---

[1]) Zeitschr. f. physiolog. Chem. 1894, **18**, 271.

[2]) Landw. Versuchsstat. 1889, **36**, 81.

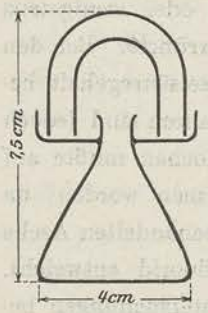
[3]) In den Arbeiten von Hugo Schulz über Kieselsäuregehalt tierischer Gewebe (Pflügers Archiv 1901, **84**, 67; 1902, **89**, 112; 1910, **131**, 447) finden sich keine Angaben über den Kieselsäuregehalt der Knochen.

[4]) Das Calciumfluorid war durch Sättigen von reiner wässeriger Fluorwasserstoffsäure mit Calciumkarbonat, Auswaschen mit Essigsäure und Wasser, Trocknen und schwaches Glühen hergestellt.

Analyse des Calciumfluorids:

Ca-Bestimmung. a) 0,2071 g gaben beim Abrauchen mit Schwefelsäure 0,3583 g Calciumsulfat, entsprechend . . 0,1055 g Ca = 50,94 %
b) 0,2165 g gaben 0,3751 g $CaSO_4$, entsprechend . 0,11044 g Ca = 51,01 %,
im Mittel 50,98 % Ca
Berechnet 51,34 % Ca.

Demnach wurde die Zersetzung auf dem Wasserbade vorgenommen. Die Verschlußrinne der Fläschchen wurde statt mit konzentrierter Schwefelsäure mit Glycerin gefüllt und dadurch das Umschwenken der Fläschchen erleichtert. An Stelle des reinen Calciumfluorids, das beim Übergießen mit Schwefelsäure leicht zusammenballt und sich nur schwierig durch Umschwenken verteilen läßt, wurde eine Mischung von reinem Calciumfluorid mit Tricalciumphosphat benutzt. Ferner schien es ratsam, den Ätzfläschchen eine etwas abgeänderte Form zu geben, indem die Verschlußrinne mit ebenem Boden hergestellt wurde, so daß durch eine seitliche Verschiebung der Hauben nicht deren Schiefstellung und damit eine Gefährdung des Verschlusses bewirkt werden kann (s. Fig.). Das Gewicht der Fläschchen nebst den Hauben beträgt etwa 30 g, der Rauminhalt der Fläschchen etwa 20 ccm. Mit diesen Ätzfläschchen sind die im Nachstehenden beschriebenen Versuche angestellt worden.




Das Verfahren gestaltet sich hiernach folgendermaßen:

Die abgewogene Menge Substanz wird mit Hilfe eines Fülltrichters in die Fläschchen hineingebracht und in die Verschlußrinne die nötige Menge Glycerin gefüllt; dann werden 6 bis 8 ccm 50 %iger Schwefelsäure aus einem Tropftrichter hinzugegeben, sofort die Hauben aufgesetzt und die Gefäße, nachdem der Inhalt durch Umschwenken gut durchmischt ist, unter einer Glasglocke bis zum nächsten Tage stehen gelassen. Darauf werden sie in eine niedrige Porzellanschale mit flachem Boden gestellt und langsam unter öfterem Umschwenken erwärmt (die Schale wurde anfangs 4 Stunden lang auf zwei übereinander auf dem Wasserbade liegende 5 mm dicke Porzellanplatten, dann 1 Stunde lang auf eine solche gestellt und zuletzt 1 Stunde lang ohne weitere Unterlage dem Dampfe des siedenden Wasserbades ausgesetzt). Während der ganzen Dauer des Erwärmens werden die Fläschchen recht häufig umgeschwenkt. Hiernach werden sie bis zum nächsten Tage bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen, darauf entleert und gereinigt. Das Reinigen geschieht derart, daß die Fläschchen nach dem Ausspülen mit Wasser 15 Minuten lang mit verdünnter (5 %iger) Salzsäure gefüllt in flacher Porzellanschale auf das Wasserbad gestellt werden, dann werden sie je 5 Minuten lang mit einem Wasserdampfstrahl ausgeblasen; hierauf werden Fläschchen und Hauben unter Abwischen der Innenwandungen mit Hilfe eines an einem Stäbchen befestigten Wattebausches mit Wasser, dann mit Alkohol ausgespült und 1 Stunde lang im Wassertrockenschrank getrocknet. Durch jedes der noch heißen Fläschchen wird kurze Zeit ein Luftstrom gesaugt, dann werden sie nebst den Hauben 1 Stunde lang im Exsikkator erkalten gelassen und mit den Hauben gewogen.

Eine Prüfung der Fläschchen auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Schwefelsäure und das Schwefelsäure-Calciumphosphatgemisch ergab, daß die — bereits zu Ätzversuchen benutzten — Gefäße nach langsam innerhalb 6 Stunden bis auf 180 bis 200° gesteigertem Erhitzen mit konzentrierter oder mit 80 %iger Schwefelsäure und Tricalciumphosphat, 18stündigem Stehen bei gewöhnlicher Temperatur, Reinigen und Trocknen bei einigen Versuchen gar keinen Gewichtsverlust erlitten hatten; in den meisten Fällen betrug der Gewichtsverlust nur 0,1 bis 0,5 mg.

Tabelle 1. Die durch bestimmte Mengen Calciumfluorid erzeugten Ätzverluste der Ätzfläschchen (Eichung).

| Versuchsreihe | Nr. des Ätzfläschchen | Angewandte Menge Calciumfluoridgemisch (darin Calciumfluorid) mg | Ätzverlust in absoluten Zahlen mg | Ätzverlust für 1 mg Calciumfluorid berechnet mg | Ätzverlust im Mittel für 1 mg Calciumfluorid mg | Versuchsreihe | Nr. des Ätzfläschchen | Angewandte Menge Calciumfluoridgemisch (darin Calciumfluorid) mg | Ätzverlust in absoluten Zahlen mg | Ätzverlust für 1 mg Calciumfluorid berechnet mg | Ätzverlust im Mittel für 1 mg Calciumfluorid mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 125,0 (5,0) | 2,0 | 0,40 | 0,40 | 7 | 1 | 500,0 (20,0) | 8,2 | 0,41 | 0,40 |
| | 2 | | 2,0 | 0,40 | | | 2 | | 7,9 | 0,40 | |
| | 3 | | 2,2 | 0,44 | | | 3 | | 8,2 | 0,41 | |
| | 4 | | 1,8 | 0,36 | | | 4 | | 7,6 | 0,38 | |
| | 5 | | 2,0 | 0,40 | | | 5 | | 8,4 | 0,42 | |
| | 6 | | 2,0 | 0,40 | | | 6 | | 7,9 | 0,40 | |
| 2 | 7 | 125,0 (5,0) | 2,4 | 0,48 | 0,39 | 8 | 7 | 250,0 (10,0) | 3,6 | 0,36 | 0,37 |
| | 8 | | 2,0 | 0,40 | | | 8 | | 3,8 | 0,38 | |
| | 9 | | 1,8 | 0,36 | | | 9 | | 3,6 | 0,36 | |
| | 10 | | 1,8 | 0,36 | | | 10 | 500,0 (20,0) | 7,5 | 0,38 | 0,39 |
| | 11 | | 1,9 | 0,38 | | | 11 | | 7,9 | 0,40 | |
| | 12 | | 1,8 | 0,36 | | | 12 | | 7,8 | 0,39 | |
| 3 | 1 | 250,0 (10,0) | 4,6 | 0,46 | 0,43 | 9 | 7 | 500,0 (20,0) | 7,9 | 0,40 | 0,36 |
| | 2 | | 4,6 | 0,46 | | | 8 | | 6,8 | 0,34 | |
| | 3 | | 4,1 | 0,41 | | | 9 | | 7,1 | 0,36 | |
| | 4 | | 4,0 | 0,40 | | | 10 | | 7,1 | 0,36 | |
| | 5 | | 4,3 | 0,43 | | | 11 | | 7,1 | 0,36 | |
| | 6 | | 4,3 | 0,43 | | | 12 | | 6,6 | 0,33 | |
| 4 | 7 | 750,0 (30,0) | 12,2 | 0,41 | 0,40 | 10 | 7 | 1000,0 (40,0) | 15,4 | 0,39 | 0,39 |
| | 8 | | 11,4 | 0,38 | | | 8 | | 15,5 | 0,39 | |
| | 9 | | 12,0 | 0,40 | | | 9 | | 15,6 | 0,39 | |
| | 10 | | 14,0 | 0,47 | | | 10 | | 15,3 | 0,38 | |
| | 11 | | 11,3 | 0,38 | | | 11 | | 15,2 | 0,38 | |
| | 12 | | 11,3 | 0,38 | | | 12 | | 15,9 | 0,40 | |
| 5 | 1 | 750,0 (30,0) | 9,8 | 0,33 | 0,41 | 11 | 7 | 500,0 (20,0) | 7,0 | 0,35 | 0,36 |
| | 2 | | 12,3 | 0,41 | | | 8 | | 7,7 | 0,39 | |
| | 3 | | 16,2 | 0,54 | | | 9 | | 6,8 | 0,34 | |
| | 4 | | 11,6 | 0,39 | | | 10 | | 7,4 | 0,37 | |
| | 5 | | 12,1 | 0,40 | | | 11 | | 7,0 | 0,35 | |
| | 6 | | 11,8 | 0,39 | | | 12 | | 6,8 | 0,34 | |
| 6 | 7 | 500,0 (20,0) | 7,6 | 0,38 | 0,38 | 12 | 1 | 500,0 (40,0) | 16,1 | 0,40 | 0,41 |
| | 8 | | 7,6 | 0,38 | | | 2 | | 16,2 | 0,41 | |
| | 9 | | 7,5 | 0,38 | | | 3 | | 16,6 | 0,42 | |
| | 10 | | 7,5 | 0,38 | | | 4 | | 16,1 | 0,40 | |
| | 11 | | 7,6 | 0,38 | | | 5 | | 16,1 | 0,40 | |
| | 12 | | 7,2 | 0,36 | | | 6 | | 16,8 | 0,42 | |

| Versuchsreihe | Nr. des Ätzfläschchen | Angewandte Menge Calciumfluoridgemisch (darin Calciumfluorid) mg | Ätzverlust in absoluten Zahlen mg | Ätzverlust für 1 mg Calciumfluorid berechnet mg | Ätzverlust im Mittel für 1 mg Calciumfluorid mg | Versuchsreihe | Nr. des Ätzfläschchen | Angewandte Menge Calciumfluoridgemisch (darin Calciumfluorid) mg | Ätzverlust in absoluten Zahlen mg | Ätzverlust für 1 mg Calciumfluorid berechnet mg | Ätzverlust im Mittel für 1 mg Calciumfluorid mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 7 | 750,0 (60,0) | 24,0 | 0,40 | 0,40 | 17 | 7 | 400,0 (4,0) | 1,4 | 0,35 | 0,39 |
| | 8 | | 23,9 | 0,40 | | | 8 | | 1,7 | 0,42 | |
| | 9 | | 23,9 | 0,40 | | | 9 | | 1,6 | 0,40 | |
| | 10 | | 24,0 | 0,40 | | | 10 | | 1,4 | 0,35 | |
| | 11 | | 23,4 | 0,39 | | | 11 | | 1,6 | 0,40 | |
| | 12 | | 24,1 | 0,40 | | | 12 | | 1,6 | 0,40 | |
| 14 | 7 | 250,0 (10,0) | 3,6 | 0,36 | 0,40 | 18 | 1 | 300,0 (30,0) | 11,6 | 0,39 | 0,39 |
| | 8 | | 3,7 | 0,37 | | | 2 | | 11,2 | 0,37 | |
| | 9 | | 4,0 | 0,40 | | | 3 | | 11,6 | 0,39 | |
| | 10 | | 4,6 | 0,46 | | | 4 | | 11,8 | 0,39 | |
| | 11 | | 4,4 | 0,44 | | | 5 | | 11,6 | 0,39 | |
| | 12 | | 3,9 | 0,39 | | | 6 | | 11,7 | 0,39 | |
| 15 | 1 | 1000,0 (40,0) | 15,4 | 0,39 | 0,39 | 19 | 1 | 1000,0 (30,0) | 12,1 | 0,40 | 0,40 |
| | 2 | | 15,6 | 0,39 | | | 2 | | 12,9 | 0,43 | |
| | 3 | | 15,2 | 0,38 | | | 3 | | 11,4 | 0,38 | |
| | 4 | | 15,0 | 0,38 | | | 4 | | 12,3 | 0,41 | |
| | 5 | | 15,4 | 0,39 | | | 5 | | 11,2 | 0,37 | |
| | 6 | | 15,2 | 0,38 | | | 6 | | 11,7 | 0,39 | |
| 16 | 1 | 200,0 (2,0) | 0,6 | 0,30 | 0,40 | 20 | 7 | 2000,0 (60,0) | 23,5 | 0,39 | 0,40 |
| | 2 | | 0,6 | 0,30 | | | 8 | | 24,0 | 0,40 | |
| | 3 | | 1,0 | 0,50 | | | 9 | | 24,0 | 0,40 | |
| | 4 | | 1,0 | 0,50 | | | 10 | | 24,0 | 0,40 | |
| | 5 | | 0,8 | 0,40 | | | 11 | | 24,2 | 0,40 | |
| | 6 | | 0,8 | 0,40 | | | 12 | | 23,8 | 0,40 | |

Versuche mit abgewogenen Mengen Calciumfluorid.

In der vorstehenden Tabelle 1 (S. 321) sind die Ergebnisse der mit verschiedenen Mengen Calciumfluorid in Mischung mit Tricalciumphosphat angestellten Versuche zur Bestimmung eines Normalwertes für den einer bestimmten Menge Fluor entsprechenden Ätzverlust („Eichung") der Ätzfläschchen zusammengestellt.

Jede Versuchsreihe (ausgenommen Reihe 8) besteht aus 6 Einzelbestimmungen. Die Versuche der Reihe 1 bis 18 sind in der Reihenfolge aufgeführt, in der sie angestellt wurden; die Ätzfläschchen wurden jedesmal nach der im vorigen Abschnitt beschriebenen Reinigung und Wägung zu dem nächsten Versuche benutzt. Die letzten beiden Versuchsreihen sind mit denselben Ätzfläschchen ausgeführt, nachdem sie zu allen in dieser Abhandlung beschriebenen Versuchen gedient und dabei je etwa 1,5 g insgesamt an Gewicht verloren hatten. Somit sind auch diejenigen Versuchsreihen (4, 5, 9, 19) aufgenommen, bei denen die Unterschiede in den Einzelbestimmungen

der Ätzverluste bis 6,4 mg, in den auf 1 mg Calciumfluorid berechneten Werten bis auf 0,21 mg steigen; es bedarf kaum der Bemerkung, daß Analysen mit derartigen Schwankungen in den Einzelwerten nicht als befriedigend anzusehen sind. In den übrigen Versuchsreihen ist aber die Übereinstimmung, wenn man berücksichtigt, daß schon bei dem Wägen der eine verhältnismäßig große Oberfläche darbietenden Glasgefäße mit Wägefehlern bis zu 0,5 mg zu rechnen ist, als ausreichend zu betrachten.

Die aus den Einzelwerten der Versuchsreihen berechneten Durchschnittswerte für den Ätzverlust auf 1 mg Calciumfluorid sind 0,36 bis 0,43 mg. Selbst in den genannten mangelhaften Versuchsreihen fällt der Durchschnittswert nicht aus diesen Grenzen heraus. Die folgende unter Ausschluß dieser vier Reihen nach der Höhe der Calciumfluoridmengen angeordnete Zusammenstellung zeigt die Mindest- und Höchstwerte der Ätzverluste für die entsprechenden Calciumfluoridmengen. —

| Versuchsreihen | Angewandte Menge Calciumfluorid mg | Ätzverluste Schwankungen | |
|---|---|---|---|
| | | gewogen mg | auf 1 mg Calciumfluorid berechnet mg |
| 16 | 2,0 | 0,6—1,0 | 0,30—0,50 |
| 17 | 4,0 | 1,4—1,7 | 0,35—0,42 |
| 1, 2 | 5,0 | 1,8—2,4 | 0,36—0,48 |
| 3, 14 | 10,0 | 3,6—4,6 | 0,36—0,46 |
| 6, 7, 11 | 20,0 | 6,8—8,4 | 0,36—0,42 |
| 4, 18 | 30,0 | 11,2—11,8 | 0,37—0,39 |
| 10, 12, 15 | 40,0 | 15,0—16,8 | 0,38—0,42 |
| 13, 20 | 60,0 | 23,4—24,2 | 0,39—0,40 |

Die Ätzverluste sind den angewandten Mengen Calciumfluorid proportional. Als Durchschnittswert für den durch 1 mg Calciumfluorid erzeugten Ätzverlust wurde 0,39 angenommen, so daß unter den beschriebenen Versuchsbedingungen 1 mg Ätzverlust 2,564 mg Calciumfluorid oder 1,2467 mg Fluor entspricht[1]).

[1]) Graf zu Leiningen-Westerburg (s. S. 317) fand für sein Verfahren, bei dem die angeätzten Glasperlen durch Überspülen mit 200 ccm siedender 25%iger Kalilauge und Waschen mit Wasser, Alkohol und Äther gereinigt wurden, den Wert für 1 g Ätzverlust = 1,3132 g Fluor.

Die vorstehenden Versuchsergebnisse lassen erkennen, daß es mit Hilfe des so gestalteten Glasätzverfahrens gelingt, das Fluor in Calciumfluorid enthaltenden, kieselsäurefreien Mischungen mit großer Genauigkeit quantitativ zu bestimmen, falls der Gehalt der zur Analyse verwendbaren Menge Substanz an Fluor ausreicht, einen genau wägbaren, die Grenzen der Versuchsfehler überschreitenden, also mehrere Milligramm betragenden Ätzverlust zu erzeugen.

## 2. Die Anwendung des Glasätzverfahrens auf die Bestimmung des Fluors in Knochen und Zähnen.

Zu diesen Versuchen wurden die Knochen in folgender Weise vorbereitet:

Die Knochen wurden aus dem getöteten Tier herausgelöst, von den anhaftenden Sehnen und der Knochenhaut befreit und gewaschen. Vor der Wägung als „frische Knochen“ blieben sie einen Tag zum Abtrocknen an der Luft liegen und wurden nach weiterem längeren Liegen an der Luft bei Zimmertemperatur wieder gewogen: „lufttrockene Knochen“. Dann wurden sie durch Zerstoßen in einem eisernen Mörser grob gepulvert und im Wassertrockenschrank bei 95° vollständig ausgetrocknet: „Trockensubstanz“. Behufs weiterer Zerkleinerung war es in den meisten Fällen erforderlich, die Knochen vom Fett zu befreien. Hierzu wurden die zerkleinerten Knochen nach dem Trocknen 6 bis 7 Stunden lang im Soxhletschen Apparat mit Äther ausgezogen und nach dem Abdunsten des anhaftenden Äthers in einer Mühle fein gemahlen: „entfettetes Knochenpulver“.

Durchweg sind je sechs Parallelbestimmungen ausgeführt worden. Die sechs Proben wurden in Platintiegeln abgewogen und verascht und die Asche mit Hilfe eines Pinsels und unter Benutzung eines kleinen kupfernen Einfülltrichters in die Ätzfläschchen übergeführt. Das in der Knochenasche enthaltene Karbonat, das beim Übergießen mit Schwefelsäure in den Fläschchen durch Kohlensäureentwickelung Verspritzen oder Überschäumen verursachen kann, kann auf einfache Weise und so, daß dabei Verluste an Calciumfluorid nicht in Frage kommen, unschädlich gemacht werden, indem die Asche nach dem Einfüllen in den Fläschchen mit 50%iger Essigsäure übergossen und damit 10 Minuten lang auf dem Wasserbade schwach erwärmt wird. Nach dem Abkühlen tritt dann beim Zusatz von Schwefelsäure eine störende Kohlensäureentwickelung nicht mehr auf. Die Asche braucht nicht kohlefrei zu sein.

### a) Versuche mit Knochen normal gefütterter Hunde.

In der nachstehenden Tabelle 2 sind die Gewichtsverluste der Ätzfläschchen zusammengestellt, die bei den Versuchen mit der Asche von Knochen normaler, nicht mit Natriumfluorid gefütterter Hunde erhalten wurden.

Zu den Versuchsreihen 1 bis 13 diente Knochenpulvergemisch aus fast allen Teilen des Skeletts eines Hundes, zu den Reihen 14 bis 27 wurden die in der Tabelle angegebenen Skelettteile einzelner Hunde verwendet.

Tabelle 2. Ätzverluste, erzielt durch den Fluorgehalt entfetteten Knochenpulvers von normalen, nicht mit Fluorverbindungen gefütterten Hunden.

| Versuchsreihe | Nr. des Hundes | Angewendete Menge Knochenpulver g | Ätzverlust mg | Ätzverlust Mittel mg | Ätzverlust berechnet auf 1 g Knochenpulver mg | Versuchsreihe | Nr. des Hundes | Angewendete Menge Knochenpulver g | Ätzverlust mg | Ätzverlust Mittel mg | Ätzverlust berechnet auf 1 g Knochenpulver mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 85 | 0,5 | 0,8<br>0,7<br>0,8<br>0,6<br>0,8 | 0,74 | 1,5 | 8 | 153 u. 154 | 2,0 | 0,3<br>0,1<br>0,2<br>0,0<br>0,1 | 0,14 | 0,07 |
| 2 | | 1,0 | 1,4<br>1,3<br>1,4<br>1,4<br>1,4<br>1,4 | 1,4 | 1,4 | 9 | | 2,0 | 0,1<br>0,3<br>0,2<br>0,0<br>0,0<br>0,1 | 0,12 | 0,06 |
| 3 | 99 | 2,0 | 0,2<br>0,4<br>0,2<br>0,2<br>0,2<br>0,2 | 0,23 | 0,12 | 10 | | 3,0 | 0,3<br>0,2<br>0,1<br>0,3<br>0,4<br>0,4 | 0,3 | 0,1 |
| 4 | 110 | 2,0 | 0,9<br>0,8<br>0,9<br>1,0<br>0,9<br>0,9 | 0,90 | 0,45 | 11 | 142 | 2,0 | 0,2<br>0,4<br>0,3<br>0,4<br>0,2<br>0,4 | 0,32 | 0,16 |
| 5 | | 3,0 | 1,2<br>1,4<br>1,2<br>1,1<br>1,1<br>1,4 | 1,23 | 0,41 | 12 | | 3,0 | 0,7<br>0,7<br>0,6<br>0,6<br>0,6<br>0,5<br>0,7<br>0,5 | 0,61 | 0,20 |
| 6 | 116 | 2,0 | 1,1<br>1,4<br>1,4<br>1,3<br>1,6<br>1,6 | 1,4 | 0,70 | 13 | 143 | 2,0 | 0,3<br>0,1<br>0,2<br>0,0<br>0,0<br>0,0 | 0,1 | 0,05 |
| 7 | 153 u. 154 | 1,0 | 0,4<br>0,4<br>0,4<br>0,2<br>0,1<br>0,0 | 0,25 | 0,25 | | | | | | |

| Versuchsreihe | Nr. des Hundes | Angewendete Menge Knochenpulver g | | Ätzverlust mg | Mittel mg | berechnet auf 1 g Knochenpulver mg |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 161 | 2,0 | Extremitäten | 0,3<br>0,3<br>0,3<br>0,4<br>0,6<br>0,2 | 0,35 | 0,18 |
| 15 | | 2,0 | Wirbelsäule + Becken | 0,3<br>0,5<br>0,6<br>0,6<br>0,2<br>0,7 | 0,5 | 0,25 |
| 16 | | 2,0 | Schädel ohne Zähne | 0,4<br>0,0<br>0,1<br>0,0<br>0,0<br>0,1 | 0,1 | 0,05 |
| 17 | | 2,0 | Rippen | 0,8<br>0,8<br>0,7<br>0,8<br>0,8<br>0,8 | 0,8 | 0,4 |
| 18 | 167 | 2,0 | Vordere Extremitäten | 1,2<br>1,1<br>1,1<br>1,2<br>1,2<br>1,0 | 1,1 | 0,55 |
| 10 | | 2,0 | Hintere Extremitäten | 1,2<br>1,2<br>1,2<br>1,2<br>1,2<br>1,0 | 1,2 | 0,6 |
| 20 | | 2,0 | Schulterblätter | 0,6<br>0,5<br>0,6<br>0,7<br>0,6<br>0,7 | 0,6 | 0,3 |
| 21 | 167 | 2,0 | Rippen | 0,9<br>0,8<br>0,7<br>0,8<br>0,8<br>0,6 | 0,8 | 0,4 |
| 22 | 204 | 2,0 | Vordere Extremitäten | 0,0<br>0,2<br>0,2<br>0,5<br>0,4<br>0,3 | 0,26 | 0,13 |
| 23 | | 2,0 | Hintere Extremitäten | 0,6<br>0,4<br>0,6<br>0,5<br>0,4<br>0,6 | 0,5 | 0,25 |
| 24 | | 2,0 | Wirbelsäule + Beckengürtel | 0,6<br>0,5<br>0,3<br>0,4<br>0,5<br>0,2 | 0,4 | 0,2 |
| 25 | | 2,0 | Schädel ohne Zähne | 0,6<br>0,6<br>0.4<br>0,4<br>0,4<br>0,6 | 0,5 | 0,25 |
| 26 | | 2,0 | Schulterblätter | 0,0<br>0,1<br>0,2<br>0,0<br>0,0<br>0,0 | | |
| 27 | | 2,0 | Rippen | 0,2<br>0,3<br>0,2<br>0,5<br>0,2<br>0,3 | 0,3 | 0,15 |

Diese Werte für die Ätzverluste sind so klein, daß sie zum Teil noch innerhalb der Fehlergrenzen liegen; nur in den Versuchsreihen 1 und 2 haben sie 1 mg für 1 g Knochenpulver überschritten, in allen übrigen Fällen sind sie geringer. Sie sind deshalb hier nicht auf Calciumfluorid berechnet worden. Daß Fluor in den Knochen vorhanden war, konnte durch die übliche qualitative Ätzprüfung bei sämtlichen Proben nachgewiesen werden.

Ob es gelingen würde, bei Verwendung größerer Mengen von Knochenasche als den hier benutzten die Ätzverluste so zu steigern, daß eine Berechnung auf den Fluorgehalt zulässig wäre, konnte nach dem Ausfall der Versuche, die einen so geringen Fluorgehalt der normalen Knochen ergaben, außer Betracht bleiben. Wenn ein Ätzverlust von 10 mg erzielt werden soll, so müßte etwa das Zehnfache der angewendeten Menge genommen werden, so daß Ätzfläschchen von etwa 200 ccm Rauminhalt erforderlich sein würden, deren große Oberfläche und hohes Gewicht (mit Inhalt über 100 g) die Genauigkeit der Gewichtsfeststellungen stark beeinträchtigen würden. Die zur Verfügung stehenden, in den Vorversuchen eingehend geprüften und geeichten Ätzfläschchen vermochten die aus 2 g fettfreiem Knochenpulver erhaltenen Aschenmenge nebst der nötigen Flüssigkeitsmenge aufzunehmen, so daß ein gutes Durchmischen und Bewegen durch Umschwenken der Fläschchen möglich war. Wurden größere Mengen Knochenasche angewendet, die dann zur Erzielung einer noch leicht beweglich bleibenden Mischung auch größere Mengen Schwefelsäure erforderlich machten, so reichte der Rauminhalt der Fläschchen bald nicht mehr aus, so daß bei etwa 2,5 g die Grenze erreicht war. Es sind deshalb die Versuche meist nicht mit größeren Mengen Knochenasche als der aus 2 g entfettetem Knochenpulver erhaltenen Menge ausgeführt worden.

Versuche, die Knochen oder deren Asche durch Ausziehen mit verdünnter Essigsäure von löslichen Salzen zu befreien und dadurch eine an Calciumfluorid reichere Asche zu gewinnen, hatten nicht genügenden Erfolg, weil das die Hauptmasse der Knochenasche ausmachende Calciumphosphat sich in dieser Säure nur schwer löst, bei langdauernder Behandlung mit der Säure aber auch Auflösen und Zersetzen von Calciumfluorid zu befürchten ist[1]).

### b) Versuche mit Gemischen aus Knochenpulver normal gefütterter Hunde und Calciumfluorid.

Hierzu wurde die Asche von je 2,0 g des Gemisches aus gleichen Teilen Knochenpulver der Hunde Nr. 153 und 154 (siehe Tabelle 2) mit verschiedenen Mengen einer 8% reines Calciumfluorid enthaltenden Calciumphosphatmischung gemischt dem Ätzversuch unterzogen.

---

[1]) Über die Einwirkung von Essigsäure auf Calciumfluorid vergl. J. Loczka (Zeitschr. anal. Chem. 1910, **49**, 335).

Tabelle 3. Ätzverluste, erzielt durch ein Gemisch von entfettetem Knochenpulver normal gefütterter Hunde Nr. 153 und 154 mit Calciumfluorid-Calciumphosphat-Mischung.

| Angewandt | Gefunden | | Angewandt | Gefunden | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ätzverlust mg | Calciumfluorid mg | | Ätzverlust mg | Calciumfluorid mg |
| 2,0 g Knochenpulver + 0,125 g Calciumfluoridmischung, enthaltend **10,0** mg $CaF_2$ | 3,6<br>3,8<br>4,2<br>3,8<br>3,6<br>3,8 | **9,7** | 2,0 g Knochenpulver + 0,25 g Calciumfluoridmischung, enthaltend **20,0** mg $CaF_2$ | 7,5<br>7,3<br>7,3<br>7,4<br>7,9<br>7,2 | **19,0** |
| 2,0 g Knochenpulver + 0,1875 g Calciumfluoridmischung, enthaltend **15,0** mg $CaF_2$ | 6,0<br>6,1<br>6,1<br>5,8<br>6,2<br>6,0 | **15,4** | 2,0 g Knochenpulver + 0,375 g Calciumfluoridmischung, enthaltend **30,0** mg $CaF_2$ | 11,6<br>12,0<br>11,7<br>11,6<br>12,0<br>11,6 | **30,1** |
| 2,0 g Knochenpulver + 0,5 g Calciumfluoridmischung, enthaltend **40,0** mg $CaF_2$ | 15,1<br>14,9<br>15,3<br>15,1<br>15,4<br>15,5 | **39,0** | | | |

Die erhaltenen Werte ergeben eine gute Übereinstimmung der aus dem Ätzverlust durch Multiplikation mit 2,564 (s. S. 323) berechneten Calciumfluoridmengen mit den zugesetzten; eine ins Gewicht fallende Ätzwirkung durch die Asche der verwendeten normalen Knochen hat auch hier nicht stattgefunden.

c) Versuche mit Gemischen aus Knochenpulver von normal gefütterten Hunden und eines mit Natriumfluorid gefütterten Hundes.

Von dem Knochenpulver der drei normal gefütterten Hunde (Nr. 99, 110 und 116) und eines der mit Natriumfluorid gefütterten Hunde (Nr. 100) wurden gleiche Teile gemischt. Die Asche von 1 g des Knochenpulvers von Hund Nr. 100 gab einen Ätzverlust von 12,6 mg (siehe Tabelle 6); bei Anwendung von 1 g des Gemisches der vier Proben war wegen der darin enthaltenen 0,25 g des Knochenpulvers von Hund Nr. 100 ein Ätzverlust zu erwarten, der ein wenig mehr als ein Viertel von 12,6 mg betragen mußte. Wie die folgende Tabelle 4 zeigt, wurde in der Tat mit der Asche von 1 g und 2 g des Gemisches ein Ätzverlust von 3,2 mg auf 1 g erzielt. Die mit der Asche von 3 g des Gemisches erhaltenen Ätzverluste sind zu niedrig ausgefallen, weil diese Menge bereits so groß war, daß das Reaktionsgemisch in den Fläschchen eine breiförmige, beim Umschwenken schwer bewegliche Masse darstellte.

Tabelle 4. Ätzverluste, erzielt durch ein entfettetes Knochenpulvergemisch von normal gefütterten Hunden und eines mit Natriumfluorid gefütterten Hundes.

| Angewandte Menge Knochenpulvergemisch g | Ätzverlust mg | Mittel mg | Angewandte Menge Knochenpulvergemisch g | Ätzverlust mg | Mittel mg |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,0 | 3,2<br>3,3<br>3,0<br>2,8<br>3,1<br>3,3 | 3,1 | 2,0 | 6,2<br>6,8<br>6,5<br>6,4<br>6,6<br>6,6 | 6,5 |
| 1,0 | 3,2<br>3,1<br>3,2<br>3,1<br>3,4<br>3,0 | 3,2 | 2,0 | 6,3<br>6,7<br>6,3<br>6,5<br>6,2<br>6,4 | 6,4 |
| 3,0 | 8,3<br>8,0<br>8,0<br>8,2<br>8,2<br>8,4 | 8,2 [1] | 3,0 | 8,5<br>8,0<br>—<br>9,0<br>8,8<br>8,5 | 8,7 [1] |

d) Versuche mit Gemischen aus Knochenpulver von einem mit Natriumfluorid gefütterten Hunde und Calciumfluorid.

Hierzu wurde fettfreies Knochenpulver von dem mit Natriumfluorid gefütterten Hunde Nr. 104 (siehe Tabelle 4), das bei Anwendung von 1,0 g 11,7 mg Ätzverlust erzeugte, dessen Calciumfluoridgehalt sich demnach auf 30 mg in 1 g berechnete, benutzt. Zu je 1 g dieses Knochenpulvers wurden 10, 20 und 40 mg Calciumfluorid in 8%iger Calciumphosphatmischung hinzugesetzt und das Gemisch verascht. Die Ergebnisse sind in der nachstehenden Tabelle 5 (Seite 330) zusammengestellt.

Die gefundenen Werte weisen eine befriedigende Übereinstimmung der gefundenen mit den berechneten Mengen auf.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß man mit dem Glasätzverfahren in der beschriebenen Art der Ausführung bei der Bestimmung des Fluors in Knochen sehr genaue Ergebnisse erzielt, wenn die zu ermittelnde Menge des Fluors wenigstens mehrere Milligramme beträgt. Da das Verfahren auf der durch die entwickelte Fluor-

[1] Vergl. das oben im Text Gesagte.

Tabelle 5. Ätzverluste, erzielt durch ein Knochenpulvergemisch eines mit Natriumfluorid gefütterten Hundes unter Zusatz von Calciumfluorid-Calciumphosphatmischung.

| Angewandt | Ätzverlust | | | Calciumfluorid | |
|---|---|---|---|---|---|
| | berechnet | gefunden | | berechnet | gefunden |
| | mg | mg | Mittel mg | mg | mg |
| 1 g Knochenpulver + 0,125 g Calciumfluoridmischung, enthaltend **10,0** mg $CaF_2$ | **15,6** | 16,1<br>15,8<br>15,8<br>15,8<br>15,4<br>15,6 | **15,7** | **40,0** | **40,3** |
| 1,0 g Knochenpulver + 0,25 g Calciumfluoridmischung, enthaltend **20,0** mg $CaF_2$ | **19,5** | 19,5<br>19,7<br>19,6<br>20,9<br>20,4<br>20,8 | **20,1** | **50,0** | **51,5** |
| 1,0 g Knochenpulver + 0,5 g Calciumfluoridmischung, enthaltend **40,0** mg $CaF_2$ | **27,3** | 25,8<br>27,1<br>26,9<br>27,0<br>27,4<br>28,5 | **27,1** | **70,0** | **69,5** |

wasserstoffsäure verursachten Zerstörung von Glasmasse beruht, ein nicht im voraus zu berechnender Verlust an Glassubstanz aber auch bei schonendster Behandlung der Gefäße schon durch die erforderliche Reinigung bewirkt werden kann und zudem mit unvermeidlichen Wägefehlern zu rechnen ist, so lassen sich Gewichtsverluste bis etwa 0,5 mg nicht mit Sicherheit als durch Fluorwasserstoffätzung hervorgebracht ansehen. Ebenso ist es verständlich, daß besonders bei größeren Ätzverlusten auch einmal größere Unterschiede in den Werten der Einzelbestimmungen vorkommen können, wenn eine ungleichmäßige Ätzung der Glasoberfläche stattfindet und damit die Möglichkeit eines größeren Glassubstanzverlustes infolge der Reinigung gegeben ist. Die Versuche zur Eichung der Ätzfläschchen (Tab. 1) zeigen jedoch ebenso wie die eben beschriebenen Versuche, daß diese Fehler sich bei einer Anzahl von Parallelbestimmungen recht gut ausgleichen. Die aus dem Mittel von sechs Einzelbestimmungen für das Calciumfluorid berechneten Werte liefern, wie die vorstehenden Zusammenstellungen zeigen (Tab. 3 u. 5), durchaus befriedigende Übereinstimmung zwischen angewandter (zugesetzter) und gefundener Menge Calciumfluorid in den Knochen.

Bei Knochen mit sehr geringem Gehalt an Calciumfluorid läßt sich unter diesen Umständen die Höhe des Fluorgehalts nur annähernd schätzen. Nach den in Tabelle 2 zusammengestellten Ergebnissen der Untersuchungen von Knochen normal gefütterter Hunde muß angenommen werden, daß der Gehalt dieser Knochen an Fluor ein recht geringer ist. Unterschiede sind aber augenscheinlich vorhanden. Während bei einem großen Teil der untersuchten Proben nur äußerst kleine, noch innerhalb der Wägefehlergrenzen fallende Gewichtsverluste der Fläschchen festgestellt werden konnten, sind doch in einigen Fällen Verluste von mehr als 0,5 mg, auf 1 g entfettetes Knochenpulver berechnet, eingetreten. Der höchste Ätzverlust betrug 1,5 mg.

Will man diesen Zahlen einen Wert beimessen und sie auf Calciumfluorid umrechnen, so kommt man auch bei den über 0,5 mg betragenden Ätzverlusten zu Gehalten von nur etwa 0,13 bis 0,37 %, bei den meisten anderen aber zu Werten, die noch unter 0,1 % blieben. Höhere Werte sind mit normalen Knochen niemals erhalten worden. Demnach dürfte der Gehalt von frischen normalen Hundeknochen an Calciumfluorid im allgemeinen weniger als 0,1 % betragen und höchstens 0,3 % erreichen.

### e) Versuche mit Knochen mit Natriumfluorid gefütterter Hunde.

Hierzu wurden Knochen von 13 Hunden verwendet, die längere Zeit hindurch einen Zusatz von Natriumfluorid zum täglichen Futter erhalten hatten.

Die Asche dieser Knochen zeigte beträchtliche Ätzwirkung; mit 1 g Knochenpulver wurden mittlere Ätzverluste von 6,8 bis 13,9 mg erzielt.

Die ermittelten Ätzverluste und die aus den Mittelwerten berechneten Zahlen für den Calciumfluoridgehalt der Knochen sind in der nachstehenden Tabelle 6 (Seite 332) zusammengestellt.

Die benutzten Knochenpulver stellen Gemische dar, in denen fast alle Teile des Skeletts enthalten sind; sie waren, mit Ausnahme der Proben zu den Versuchsreihen 1 und 5, entfettet, die Ausgangsmengen waren 1 g. In den Versuchsreihen 13 bis 16 sind Bestimmungen mit verschiedenen Ausgangsmengen aufgeführt, die zeigen, daß mit verschiedenen Mengen des gleichen stark fluorhaltigen Knochenpulvers übereinstimmende Ergebnisse erhalten werden.

Die Tabelle 7 (Seite 333) enthält die Zahlen für die frischen Knochen, die lufttrockenen Knochen, die Trockensubstanz und die fettfreie Trockensubstanz.

Es ergibt sich aus diesen Zahlen, daß in den Knochen der mit Natriumfluorid gefütterten Hunde eine so erhebliche Anhäufung von Calciumfluorid stattgefunden hat, daß der Gehalt der frischen Knochen an Calciumfluorid auf 1,38 bis 2,77 %, in den fettfreien, trockenen Knochen auf 1,74 bis 3,56 %; also bis auf das Zehnfache des im Höchstfalle in den normalen Knochen zu schätzenden Calciumfluoridgehalts gestiegen war.

Tabelle 6. Ätzverlust, erzielt durch Knochenpulver mit Natriumfluorid gefütterter Hunde. Aus dem Ätzverlust berechneter Calciumfluoridgehalt des Knochenpulvers.

| Versuchsreihe | Nr. des Hundes | Angewendete Menge Knochenpulver | Ätzverlust | | | Versuchsreihe | Nr. des Hundes | Angewendete Menge Knochenpulver | Ätzverlust | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Mittel | Calciumfluorid, auf 1 g Knochenpulver | | | | | Mittel | Calciumfluorid, auf 1 g Knochenpulver |
| | | g | mg | mg | mg | | | g | mg | mg | mg |
| 1 | 77 | 1,0 | 12,0<br>11,1<br>12,7<br>11,4<br>12,0<br>11,8 | 11,8 | 30,3 | 7 | 100 | 1,0 | 12,9<br>12,4<br>12,6<br>12,5<br>12,3<br>12,7 | 12,6 | 32,3 |
| 2 | 78 | 1,0 | 11,4<br>11,1<br>10,4<br>11,2<br>12,5<br>11,6 | 11,4 | 29,2 | 8 | 101 | 1,0 | 12,9<br>13,5<br>13,7<br>12,3<br>12,2<br>13,0 | 12,9 | 33,1 |
| 3 | 79 | 1,0 | 10,1<br>10,6<br>9,8<br>11,5<br>10,2<br>9,6 | 10,3 | 26,4 | 9 | 104 | 1,0 | 11,7<br>11,3<br>12,4<br>11,4<br>11,2<br>12,3 | 11,7 | 30,0 |
| 4 | 83 | 1,0 | 10,7<br>10,1<br>10,6<br>10,8<br>11,2<br>11,0 | 10,7 | 27,4 | 10 | 105 | 1,0 | 13,8<br>13,4<br>15,2<br>14,1<br>13,4<br>13,5 | 13,9 | 35,6 |
| 5 | 84 | 1,0 | 9,7<br>9,6<br>8,2<br>8,8<br>7,7<br>8,8 | 8,8 | 22,6 | 11 | 107 | 1,0 | 13,4<br>14,0<br>12,7<br>12,8<br>12,9<br>12,9 | 13,1 | 33,6 |
| 6 | 98 | 1,0 | 6,9<br>6,9<br>6,5<br>6,4<br>6,6<br>6,8 | 6,8 | 17,4 | 12 | 115 | 1,0 | 11,9<br>12,1<br>12,2<br>12,4<br>12,5<br>12,3 | 12,2 | 31,3 |

| Versuchsreihe | Nr. des Hundes | Angewendete Menge Knochenpulver mg | Ätzverlust mg | Mittel mg | Calciumfluorid, auf 1 g Knochenpulver mg | Versuchsreihe | Nr. des Hundes | Angewendete Menge Knochenpulver mg | Ätzverlust mg | Mittel mg | Calciumfluorid, auf 1 g Knochenpulver mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13 | 146 | 0,5 | 7,0<br>6,8<br>6,9<br>6,6<br>6,6<br>6,2 | 6,7 | 34,4 | 15 | 146 | 1,5 | 21,0<br>19,8<br>20,1<br>20,0<br>20,8<br>19,7 | 20,2 | 34,6 |
| 14 | | 1,0 | 14,2<br>13,0<br>13,5<br>13,7<br>13,4<br>13,0 | 13,5 | 34,6 | 16 | | 2,0 | 25,4<br>27,8<br>26,3<br>25,8<br>26,6<br>26,1 | 26,3 | 33,8 |

Tabelle 7. Menge der Trockensubstanz und Calciumfluoridgehalt der Knochen mit Natriumfluorid gefütterter Hunde.

| Lfde. Nr. (Versuchsreihen) | Hund Nr. | Lufttrockene Knochen % | Trockensubstanz % | Entfettetes Knochenpulver % | Gehalt an Calciumfluorid der frischen Knochen % | luftrockenen Knochen % | Trockensubstanz % | entfetteten Knochen % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 77 | 73,06 | 66,61 | — | 2,02 | 2,70 | 3,03 | — |
| 2 | 78 | 71,98 | — | 62,06 | 1,81 | 2,52 | — | 2,92 |
| 3 | 79 | 83,90 | — | 72,78 | 1,92 | 2,29 | — | 2,64 |
| 4 | 83 | 76,23 | 72,99 | 66,63 | 1,83 | 2,40 | 2,56 | 2,74 |
| 5 | 84 | 69,62 | 66,61 | — | 1,50 | 2,16 | 2,26 | — |
| 6 | 98 | 87,29 | — | 79,13 | 1,38 | 1,58 | — | 1,74 |
| 7 | 100 | 88,79 | 86,12 | 72,43 | 2,34 | 2,58 | 2,72 | 3,23 |
| 8 | 101 | 81,87 | 79,09 | 74,93 | 2,48 | 3,03 | 3,13 | 3,31 |
| 9 | 104 | 90,27 | 66,31 | 60,67 | 1,82 | 2,02 | 2,75 | 3,00 |
| 10 | 105 | 86,06 | 84,15 | 70,62 | 2,52 | 2,93 | 2,99 | 3,56 |
| 11 | 107 | 90,73 | 87,32 | 82,33 | 2,77 | 3,05 | 3,17 | 3,36 |
| 12 | 115 | 84,82 | 81,94 | 72,19 | 2,26 | 2,66 | 2,76 | 3,13 |
| 13—16 | 146 | — | — | — | — | 2,90 | 3,07 | 3,44 |

f) Versuche mit Zähnen normal gefütterter Hunde.

Die Untersuchung der Asche von Zähnen normal gefütterter Hunde auf Fluorgehalt hat sich auf vier Proben erstreckt, von denen die erste eine Mischprobe von vier Hunden darstellt, die zweite und dritte von je einem Hunde (Nr. 154 und 161) herrührten, während die vierte wieder eine Mischprobe von zwei Hunden (Nr. 204 und 206) darstellt. Die lufttrockenen Zähne wurden im eisernen Mörser zerstoßen und nach dem Trocknen bei 95° (sie enthielten etwa 92% Trockensubstanz) fein gepulvert.

Tabelle 8. Ätzverluste, erzielt durch die Zähne nicht mit Fluorverbindungen gefütterter Hunde.

| | Angewendete Menge Trockensubstanz g | Ätzverlust mg | | Angewendete Menge Trockensubstanz g | Ätzverlust mg | | Angewendete Menge Trockensubstanz g | Ätzverlust mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gemischtes Pulver der Zähne von vier Hunden | 2,0 | 0,9<br>1,0<br>1,0<br>1,0<br>0,9<br>— | Zähne von Hund 154 | 1,5 | 0,2<br>0,2<br>0,0<br>0,1<br>0,0<br>0,0 | Zähne von Hund 161 | 2,0 | 0,1<br>0,0<br>0,0<br>0,1<br>0,0<br>0,0 |
| Zähne von Hund 204 und 206 gemischt | 2,0 | 0,4<br>0,4<br>0,4<br>0,6<br>0,6<br>0,4 | | | | | | |

Mit den Zähnen der normal gefütterten Hunde waren also wie mit deren Knochen nur so geringe Ätzverluste zu erzielen, daß ein Calciumfluoridgehalt daraus nicht zahlenmäßig ermittelt werden konnte. In dem getrockneten Zahngemisch der vier Hunde dürfte er etwa 0,1% betragen haben, in dem der zwei Hunde 204 und 206 etwa die Hälfte, während in den Zähnen der Hunde 154 und 161 Fluor nur in Spuren vorhanden war. Qualitativ war der Fluorgehalt wie bei den Knochen in allen Proben mit Sicherheit nachzuweisen, in den Zähnen von Hund 161 ließ die qualitative Prüfung das Vorhandensein von Fluor aber nur in äußerst geringer Menge erkennen.

g) Versuche mit Zähnen mit Natriumfluorid gefütterter Hunde.

Von den Zähnen der mit Natriumfluorid gefütterten Hunde sind drei Proben untersucht worden, die in gleicher Weise vorbereitet worden waren, nur die von Hund 147 sind als lufttrockenes Pulver benutzt worden.

Tabelle 9. Ätzverluste, erzielt durch die Zähne mit Natriumfluorid gefütterter Hunde. Aus dem Ätzverlust berechneter Calciumfluoridgehalt.

| Nr. des Hundes | Angewendete Menge gepulverter Trockensubstanz g | Ätzverlust mg | Ätzverlust Mittel mg | Calciumfluoridgehalt von 1 g Trockensubstanz mg | Nr. des Hundes | Angewendete Menge gepulverter Trockensubstanz g | Ätzverlust mg | Ätzverlust Mittel mg | Calciumfluoridgehalt von 1 g Trockensubstanz mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 114 | 1,0 | 8,1<br>8,2<br>7,6<br>7,7<br>7,8<br>7,8 | 7,9 | 20,3 | 146 | 1,0 | 10,2<br>10,3<br>10,3<br>10,8<br>10,2<br>10,3 | 10,3 | 26,4 |
| 147 | 2,0 | 14,4<br>17,0<br>17,0<br>16,8<br>16,0<br>16,4 | 16,3 | 20,9 | | | | | |

Die Versuche zeigen, daß auch in den Zähnen der mit Natriumfluorid gefütterten Hunde eine sehr starke Anhäufung von Calciumfluorid stattgefunden hat, so daß der Gehalt der getrockneten Zähne an Calciumfluorid bis auf 2,6 %, und etwa 2 % in den lufttrockenen Zähnen gesteigert worden ist.

Eingehendere chemische Untersuchungen der Knochen normaler und mit Natriumfluorid gefütterter Hunde konnten bisher nicht ausgeführt werden. Die vorliegenden Ergebnisse einiger Bestimmungen des Calcium-, Magnesium- und Phosphorsäuregehalts seien nachstehend mitgeteilt.

Tabelle 10. Gehalt von Knochen normal und mit Fluoriden gefütterter Hunde an Calcium, Magnesium und Phosphorsäure.

| | | Entfettetes Knochenpulver enthielt | | |
|---|---|---|---|---|
| | Hund Nr. | Calcium (Ca) % | Magnesium (Mg) % | Phosphorsäure ($PO_4$) % |
| Normal gefüttert | 99 | 23,03 | 0,35 | 31,42 |
| | 110 | 21,79 | 0,33 | 30,80 |
| | 116 | 22,06 | 0,31 | 30,84 |
| Mit Natriumfluorid gefüttert | 78 | 22,99 | 0,49 | 33,04 |
| | 79 | 22,10 | 0,52 | 33,00 |
| | 105 | 22,66 | 0,59 | 33,20 |

## E. Ergebnisse.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Für ein Glasätzverfahren zur quantitativen Bestimmung des Fluors auf Grund der von H. Wislicenus angegebenen, von ihm aber nicht näher beschriebenen Methode wurden die Versuchsbedingungen ermittelt. Die Genauigkeit des Verfahrens wurde unter Verwendung von reinem Calciumfluorid bestimmt.

2. Das Glasätzverfahren in der beschriebenen Ausführung gestattet, den Gehalt von Knochen und Zähnen an Calciumfluorid in einfacher Weise zu bestimmen, wenn dieser Gehalt eine gewisse Grenze überschreitet, so daß bei Verarbeitung der für die Einzelbestimmung anzuwendenden Menge (etwa 2,5 g trockenes Knochenpulver) ein Ätzverlust von mehreren Milligrammen festzustellen ist. Da 1 mg Calciumfluorid 0,39 mg Ätzverlust entspricht, so liegt die Grenze bei etwa 10 mg Calciumfluorid (0,4%).

Bei höherem Gehalt der Knochen an Fluor (durch Mischen des Knochenpulvers mit Calciumfluorid oder mit stark fluorhaltigem Knochenpulver erhalten) hat sich das Verfahren als brauchbar und zuverlässig erwiesen.

3. Die untersuchten normalen Knochen und Zähne vom Hund besaßen einen durch qualitative Prüfung deutlich nachweisbaren Fluorgehalt, doch war die genannte Grenze für die Anwendbarkeit des vorliegenden quantitativen Verfahrens bei ihnen noch nicht erreicht. Die Werte für den Ätzverlust waren so klein, der Gehalt an Calciumfluorid demnach so gering, daß er bei Anwendung dieses Bestimmungsverfahrens mit Sicherheit zahlenmäßig nicht bestimmt werden konnte. Wollte man aus den größten der beobachteten Ätzverluste die Fluorgehalte berechnen, so würde man bei frischen Knochen und Zähnen vom Hund auf einen Calciumfluoridgehalt von 0,1 bis höchstens 0,3% kommen. In den meisten Fällen war aber der Gehalt noch weit geringer.

Die in der Literatur enthaltenen Angaben über den Calciumfluoridgehalt der Knochen und Zähne sind demnach, soweit sie sich innerhalb dieser Grenzen bewegen, nicht ohne weiteres als falsch anzusehen; die Angaben jedoch, wonach der Gehalt an Calciumfluorid 0,5% und mehr betragen soll, bestehen nicht zu Recht und müssen ausgeschaltet werden.

4. Durch die Verfütterung von Natriumfluorid an Hunde ließ sich der Gehalt der Knochen und Zähne an Fluor auf mehr als das Zehnfache steigern. Die Höchstwerte betrugen 1,73% Fluor (3,56% Calciumfluorid) in trockenen entfetteten Knochen und 1,29% Fluor (2,64% Calciumfluorid) in getrockneten Zähnen; für frische Knochen ergab sich ein Höchstgehalt von 1,35% Fluor (2,77% Calciumfluorid).

Berlin, Oktober 1915.

# Die Behandlung von Typhusbacillenträgern mit Tierkohle.

Von

Professor **Ph. Kuhn,**

Leiter der Bakteriologischen Untersuchungsanstalt Straßburg i. E.

---

In neuester Zeit hat die Tierkohle auf Grund der Arbeiten Wiechowskis wieder Verwendung bei inneren Krankheiten gefunden. Die erste Mitteilung über die Behandlung eines Bacillenträgers findet sich bei Starkenstein (1). Er gibt an, daß Wiechowski einen Cholerabacillenträger durch Tierkohle in wenigen Tagen bacillenfrei gemacht habe.

Daraufhin haben Kalberlah (2) sowohl wie Géronne und W. Lenz (3) Typhusbacillenträger mit Tierkohle behandelt. Hierbei hat ersterer gleichzeitig Jodtinktur eingegeben, weil er von der Kohle allein keine Wirkung sah, während die beiden zuletzt genannten Forscher Thymol zu Hilfe nahmen.

Die Internierung zahlreicher Typhusbacillenträger in X., Y. und Z. bot Gelegenheit, diese Verfahren nachzuprüfen.

Vorerst ist zu bemerken, daß die Kuren nach den Mitteilungen der behandelnden Ärzte Geheimrat Müller-Herrings und Stabsarzt Linneborn gut vertragen wurden. Es kam bei der Kohlejodkur zu keinerlei Nebenwirkung, außer einigen Klagen über Leibschmerzen. Nach der Verabreichung des Thymols stellte sich bei einer Anzahl Frauen anfangs leichteres Übelsein ein, das allmählich ausblieb. Nur bei zwei Frauen über 60 Jahren trat stärkeres Unwohlsein mit Erbrechen ein.

Ich beschränke mich darauf, über die bakteriologischen Befunde von 29 Personen zu berichten, bei welchen in den Jahren 1915 oder 1914 Typhusbacillen im Stuhlgang nachgewiesen waren, bei denen also das Ausbleiben der Bacillen den Erfolg, der Fortbestand aber den Mißerfolg der Behandlung beweisen konnte. Die Personen, bei denen aus äußeren Gründen in diesen beiden Jahren keine Untersuchungen vorgenommen oder nur negative Befunde erhoben sind, bleiben außer Betracht.

Desgleichen sind diejenigen fortgelassen, welche die Kuren nicht von Anfang bis zu Ende durchmachten oder nicht allen Untersuchungen unterworfen wurden, die mit den Ausscheidungen vorgenommen wurden.

X.

13 Internierte nahmen vom 30. August bis 15. September 1915 dreimal täglich vor dem Essen einen Kaffeelöffel Merckscbe Tierkohle und nach jeder Mahlzeit eine Gabe von Jodtinktur in Wasser, die mit 7 Tropfen begann und sich auf 15 Tropfen steigerte. Vom 16. bis 22. September wurde ausgesetzt. Vom 23. September bis 7. Oktober wurde die Behandlung wiederholt. Vom 11. bis 20. Oktober wurde fortgefahren, aber an Stelle der Jodtinktur je 1 g Thymol in Oblaten gegeben.

Die Untersuchungen fanden am 7. 9., 13. 9., 29. 9., 12. 10. und 28. 10. statt. Sie ergaben 9, 8, 9, 12, 10 typhusbacillenhaltige Stühle.

Die Befunde im Urin und das Vorkommen von Paratyphusbacillen lasse ich beiseite.

Y.

7 Internierte erhielten in derselben Weise vom 30. August bis 17. September Tierkohle und Jodtinktur und nach einer Pause vom 1. Oktober bis 26. Oktober Tierkohle und Thymol.

Die Untersuchungen wurden an denselben Tagen wie in X. vorgenommen und ergaben positive Befunde in 3, 5, 3, 6, 6 Stühlen.

Z.

9 Internierte nahmen vom 11. bis 25. Oktober täglich vier gehäufte Kaffeelöffel zwischen den Mahlzeiten und 2—3 mal Jodtinktur, von 4—10 Tropfen steigend.

Die Untersuchung ergab am 29. Oktober in 7 Stühlen Typhusbacillen, nachdem vor der Behandlung folgende positiven Befunde festgestellt waren: am 16. 9.: 4, am 28. 9.: 7.

Diese Beobachtungen zeigen, daß weder die Behandlung mit Kohle und Jodtinktur, noch die mit Kohle und Thymol bei Bacillenträgern Erfolg hatte. Zahlreiche weitere Fälle, über die oben nicht berichtet ist, haben ebenfalls die Nutzlosigkeit der Verordnungen ergeben.

Man könnte aus der Zunahme der positiven Befunde in X. und Y. eher den Schluß ziehen, daß die Behandlung die Bacillenausscheidung steigert. Dafür habe ich jedoch keinen sicheren Anhalt. Die Zunahme der Befunde ist m. E. dadurch bedingt, daß ich bei den Untersuchungen nach dem 16. 9. auch das Kohleverfahren anwendete, über das ich in der Arbeit „Die Verwendung der Tierkohle zum Nachweis von Typhusbacillen“ (4) sowie in der Straßburger Vereinigung der kriegsärztlich beschäftigten Ärzte Straßburgs am 23. November 1915 berichtet habe (5).

Wie ich bereits in diesen Mitteilungen ausführte, bin ich durch die therapeutische Kohleverwendung angeregt worden, die Wirkung der Tierkohle auf Bakterien in vitro näher zu studieren. Dabei stellte ich fest, daß die Tierkohle die Bakterien aus Aufschwemmungen niederreißt, aber nicht abtötet. Der Kohlesatz enthält dann die Keime, die in der überstehenden Flüssigkeit fehlen. Es ist infolgedessen nicht anzunehmen, daß die Kohle die Typhuskeime im Darm vermindert und die Wirkung des Jods oder des Thymols in entscheidender Weise unterstützt.

Wie sind denn aber nun die „eklatanten Erfolge“ von Kalberlah und von Géronne und W. Lenz zu erklären?

Die Erklärung liegt darin, daß die von den genannten Ärzten behandelten „Bacillenträger“ keine Dauerausscheider, sondern Spätausscheider waren. Es ist anzunehmen, daß sie auch ohne die Behandlung bacillenfrei geworden wären. Ob die Kohle-Jod- oder die Kohle-Thymolbehandlung imstande ist, die Spätausscheidung abzukürzen und den Übergang in die Dauerausscheidung zu verhindern, müßte erst an vielen spätausscheidenden Typhuskranken geprüft werden, von denen die eine Hälfte zu behandeln sein würde, die andere ohne Behandlung bleiben müßte. Inwieweit die drei Ergebnisse von Géronne und W. Lenz sowie die fünf von Kalberlah gegenüber meinen Feststellungen in vitro hierzu ermuntern, möchte ich dem Urteil der Kliniker überlassen.

Die einzelnen Typhusbacillenbefunde in den Stühlen zeigt folgende Tabelle:

X.

| Nr. | 7. 9. | 13. 9. | 29. 9. | 12. 10. | 25. 10. | Nr. | 7. 9. | 13. 9. | 29. 9. | 12. 10. | 25. 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | + | 8 | + | + | + | + | + |
| 2 | + | + | + | + | + | 9 | 0 | + | + | + | + |
| 3 | + | + | + | + | 0 | 10 | + | 0 | + | + | 0 |
| 4 | + | + | + | + | + | 11 | 0 | + | + | + | + |
| 5 | + | 0 | 0 | + | + | 12 | + | + | + | + | + |
| 6 | + | 0 | + | + | + | 13 | 0 | + | 0 | + | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | + | + | | | | | | |

Y.

| Nr. | 9. 9. | 16. 9. | 30. 9. | 14. 10. | 28. 10. | Nr. | 9. 9. | 16. 9. | 30. 9. | 14. 10. | 28. 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | + | + | + | + | + | 5 | 0 | 0 | 0 | + | + |
| 2 | + | + | 0 | + | + | 6 | + | + | + | + | + |
| 3 | 0 | 0 | 0 | + | + | 7 | 0 | + | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | + | + | + | + | | | | | | |

Z.

| Nr. | 16. 9. | 28. 9 | 29. 10. | Nr. | 16. 9. | 28. 9. | 29. 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | + | + | + | 6 | 0 | + | + |
| 2 | + | + | + | 7 | 0 | 0 | + |
| 3 | 0 | + | + | 8 | 0 | 0 | + |
| 4 | + | + | 0 | 9 | 0 | + | 0 |
| 5 | + | + | + | | | | |

**Literatur.**

1. Emil Starkenstein-Prag, „Über die therapeutische Verwendung der Tierkohle.“ Münchener med. Wochenschr. Feldärztl. Beilage 1/1915.

2. Fritz Kalberlah, „Die Behandlung der Typhusbacillenträger.“ Medizinische Klinik 1915, Heft 21.

3. A. Géronne und W. Lenz, Über den Versuch einer Behandlung der Typhusbacillenträger mit Thymol-Kohle.“ Berliner Klinische Wochenschr. 1915, Heft 14.

4. Ph. Kuhn, „Die Verwendung der Tierkohle zum Nachweis von Typhusbacillen“. Med. Klinik 1915, Heft 48.

5. Derselbe, „Demonstrationen zur Wirkung der Tierkohle auf Bakterien“ Straßburger Med. Zeitung 1915, Heft 12.

# Untersuchungen über den Mechanismus der Amboceptor- und Komplementwirkung.

Von

Stabsarzt **Dr. Schlemmer,** z. Zt. im Felde,

früher kommandiert zum Kaiserl. Gesundheitsamte.

Die Beobachtung Schellers[1]), daß zwischen der Wirkung des hämolytischen Amboceptors und der des Komplements ein grundsätzlicher Unterschied besteht, daß nämlich die Wirksamkeit des Amboceptors von seiner absoluten Menge, die des Komplements von dem Grade der Verdünnung abhängt, ist der Ausgangspunkt einer Reihe von Arbeiten über den Mechanismus der Immunitätsreaktionen geworden.

Über die Wirkungsweise der antibakteriellen Immunkörper, besonders über die dabei zutage tretenden quantitativen Verhältnisse, haben Ungermann und Kandiba[2]) eingehende Untersuchungen angestellt.

Im Anschluß an die Beobachtungen von Neufeld und Händel[3]), daß das Pneumokokkenserum bei seiner Wirkung im Tierkörper in ziemlich weiten Grenzen unabhängig von der Infektionsdosis ist, stellten Ungermann und Kandiba durch vergleichende Versuche an der Maus und am Kaninchen fest, daß das Pneumokokkenserum im Tierkörper im Gegensatz zu der Wirkung des hämolytischen Amboceptors in vitro nach dem Grade seiner Verdünnung und nicht nach der Menge wirkt; um ein Kaninchen von 2000 g gegen die Infektion zu schützen, mußten die Autoren etwa die 100fache Serumdosis anwenden, die zum Schutze einer 20 g schweren Maus erforderlich war. Die gleichen Verhältnisse fanden Ungermann und Kandiba für das Streptokokken- und das Rotlaufserum. Dagegen zeigte das Choleraserum in seiner Wirkung im Tierversuch eine deutliche Abhängigkeit von der Antigenmenge und der Applikationsart: Es wirkte im Pfeifferschen Versuch annähernd nach dem Gesetz der Multipla und ließ keine Abhängigkeit von der Erreichung eines „Schwellenwertes" der Konzentration im Organismus erkennen. Bei intravenöser Einspritzung

---

[1]) Scheller. Zentralbl. f. Bakt. Orig. Bd. 61, S. 120.

[2]) Ungermann und Kandiba. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. XL, Heft 1, 1912.

[3]) Neufeld und Händel. Arb. a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. XXXIV, Heft 2, 1910.

von Gemischen des Choleraserums mit den Vibrionen war aber zur Vernichtung einer bestimmten Bakterienmenge eine größere Serumdosis erforderlich, als im Pfeifferschen Versuch gegenüber einer gleich großen Antigengabe.

Hinsichtlich der Wirkung des hämolytischen Amboceptors und des Komplements konnten Ungermann und Kandiba die Behauptung Schellers bestätigen, daß der erstere innerhalb weiter Grenzen nach der absoluten Menge, letzteres wesentlich nach der Konzentration und abhängig von dem Grade der Verdünnung wirkt.

Bei einer Nachprüfung dieser Verhältnisse im baktericiden Reagensglasversuch kam ich zu Resultaten, die im allgemeinen mit den Ergebnissen der Versuche im Tierkörper, über welche oben berichtet wurde, übereinstimmten, die sich dagegen nicht mit der etwaigen Annahme in Einklang bringen ließen, daß der bakteriolytische Amboceptor, wie der hämolytische, im wesentlichen nach seiner absoluten Menge wirke und von dem Grade der Konzentration unabhängig sei. Über diese Versuche und einige andere, die zur Aufklärung des auffallenden Unterschiedes in der Wirkungsweise des hämolytischen und des bakteriolytischen Amboceptors unternommen wurden, soll im folgenden berichtet werden.

## I. Wirkt das bakteriolytische Komplement nach der absoluten Menge oder nach dem Grade seiner Verdünnung?

Versuchsanordnung: Es wurden 4 Versuchsreihen mit gleichmäßig fallenden Komplementdosen angesetzt, derart, daß die Komplementmenge in den entsprechenden Röhrchen der einzelnen Reihen gleich war. In jedem Röhrchen wurde dazu die gleiche Menge von Choleravibrionen und die gleiche Menge eines Choleraimmunserums gefügt. Die Serumdosis war so gewählt, daß in allen Röhrchen eine starke Sensibilisierung der Vibrionen erfolgen mußte. Durch Hinzufügung eines Bouillon-Kochsalzlösunggemisches (zu gleichen Teilen) wurden die Flüssigkeitsvolumina in den 4 Reihen so variiert, daß jedes Röhrchen in

Reihe I 2 ccm,
„ II 5 „ ,
„ III 10 „ ,
„ IV 20 „ Flüssigkeit enthielt.

Nach 2stündiger Bebrütung wurden aus den einzelnen Röhrchen in bezug auf den Bakteriengehalt proportionale Flüssigkeitsmengen entnommen, also

aus Reihe I 0,1 ccm,
„ „ II 0,25 „ ,
„ „ III 0,5 „ ,
„ „ IV 1,0 „ und zu Platten verarbeitet.

Tabelle I zeigt den Ausfall des Versuches. Die Zahlen in den vier Kolumnen bezeichnen die Keimzahlen der Versuchsplatten, die Querstriche darin deuten die Grenzen der starken bactericiden Wirkung des Serums an.

Tabelle I.

| Nr. | Komplement-menge in ccm | Reihe I 2 ccm Volumen | Reihe II 5 ccm Volumen | Reihe III 10 ccm Volumen | Reihe IV 20 ccm Volumen |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,2 | — | — | — | 5 |
| 2 | 0,18 | — | — | — | 12 |
| 3 | 0,15 | — | — | — | 8 |
| 4 | 0,13 | — | — | — | 13 |
| 5 | 0,1 | — | — | 31 | 11 |
| 6 | 0,08 | — | — | 76 | 168 |
| 7 | 0,05 | — | 1 | 103 | 1 836 |
| 8 | 0,03 | — | 36 | 117 | 25 600 |
| 9 | 0,02 | 7 | 17 | 1 904 | — |
| 10 | 0,018 | 9 | 15 | 2 040 | — |
| 11 | 0,015 | 4 | 89 | 4 284 | — |
| 12 | 0,012 | 6 | 816 | 11 600 | — |
| 13 | 0,01 | 17 | 1 768 | — | — |
| 14 | 0,008 | 46 | 3 196 | — | — |
| 15 | 0,005 | 58 | — | — | — |
| 16 | 0,002 | 1 428 | — | — | — |

Berücksichtigt man in diesem Versuch die absoluten Komplementmengen, bei denen noch eine starke Verminderung der Bakterienzahl eingetreten ist, so verhalten sie sich wie $0{,}005 : 0{,}015 : 0{,}03 : 0{,}08 = 1 : 3 : 6 : 16$, während sich die Flüssigkeitsmengen, in denen sich die Bakteriolyse vollzog, in den 4 Reihen verhalten wie $1 : 2{,}5 : 5 : 10$.

Die noch stark wirksamen Komplementverdünnungen sind in den 4 Reihen annähernd die gleichen, nämlich $^1/_{400}$, $^1/_{333}$, $^1/_{333}$ und $^1/_{250}$.

Das bakteriolytische Komplement wirkt demnach wie das hämolytische, annähernd nach dem Grade seiner Verdünnung, jedenfalls keineswegs entsprechend seiner absoluten Menge.

## II. Bestehen Beziehungen zwischen der Menge des Antigens und der zu einer kompletten Reaktion nötigen Komplementdosis?

Aus Schellers Versuchen ging hervor, daß bei der Hämolyse direkte Beziehungen zwischen Antigenmenge und Komplementmenge nicht beständen. Sensibilisierte Blutkörperchen brauchen nach seinen Befunden zu ihrer Auflösung eine bestimmte Komplementkonzentration, die innerhalb gewisser Grenzen für große und kleine Blutkörperchenmengen die gleiche ist. Demgegenüber haben aber Liefmann und Andreew[1]) festgestellt, daß die Lösung großer Blutmengen in derselben Komplementkonzentration bedeutend längere Zeit erfordert, als die Lösung kleiner Mengen und daß bei Verwendung großer, gleich stark sensibilisierter Blutmengen die Lösung in derselben Komplementkonzentration inkomplett bleibt, während kleine Blutmengen darin vollständig aufgelöst werden.

[1]) Liefmann und Andreew. Zeitschr. f. Immunitätsforschung. Orig. Bd. 11, S. 355.

Auch eine sehr auffallende, von Liefmann[1]) bestätigte Beobachtung von Kiss[2]) macht es wahrscheinlich, daß bei der Hämolyse zwischen Komplement- und Antigendosen doch kompliziertere Verhältnisse bestehen. Die Beobachtung von Kiss ist folgende:

Gibt man zu einer Komplementdosis, die bei bestimmter Konzentration eine kleine Menge sensibilisierter Blutkörperchen fast komplett zu lösen vermag, in einem zweiten Versuch eine sehr viel größere Menge ebenso stark sensibilisierter Blutkörperchen, so bleibt die Hämolyse naturgemäß auch in der zweiten Reihe inkomplett. Ermittelt man aber durch eine Bestimmung des gelösten Hämoglobins die Menge der in beiden Versuchen gelösten Blutkörperchen, so zeigt sich, daß von der größeren Blutkörperchenmenge ein Vielfaches der Dosis zur Auflösung gelangt ist, die im Versuch mit der kleineren Blutmenge von dem gleichen Komplementquantum nicht mehr komplett gelöst wurde.

Ob etwa ähnliche Verhältnisse auch bei der Bakteriolyse zutage treten, habe ich nun im bactericiden Reagensglasversuch nachgeprüft.

Versuchsanordnung: Es werden 4 Versuchsreihen mit gleichmäßig abgestuften Komplementmengen angesetzt.

Zu den Röhrchen der Reihe I wurde die einfache,
„ „ „ „ „ II „ „ 10fache,
„ „ „ „ „ III „ „ 100 „ ,
„ „ „ „ „ IV „ „ 1000 „
Antigenmenge (Cholera 74 vir.) hinzugefügt.

Um eine gleichmäßige Sensibilisierung der Keime zu erzielen, wurden in die Röhrchen der einzelnen Reihen den Antigenmengen proportionale Amboceptordosen gegeben. Es kamen also in die Röhrchen

der Reihe I 1 ccm einer Verdünnung Choleraserum von $^1/_{100\,000}$
„ „ II 1 „ „ „ „ „ $^1/_{10\,000}$
„ „ III 1 „ „ „ „ „ $^1/_{1000}$
„ „ IV 1 „ „ „ „ „ $^1/_{100}$.

Die absolute Flüssigkeitsmenge war in allen Röhrchen gleich (2 ccm). Aus jedem Röhrchen wurde nach 2stündigem Aufenthalt bei 37° 0,1 ccm zur Platte verarbeitet.

Den Ausfall des Versuches zeigt Tabelle II (S. 345). Die oberen Querlinien in den vier Kolumnen kennzeichnen die Grenze der starken Bactericidie, die unteren die der bactericiden Wirkung überhaupt.

In den Reihen mit der einfachen und der 10fachen Antigenmenge ist kein wesentlicher Unterschied in der Wirkung des Komplements zu bemerken. Bei einer

---

[1]) Liefmann. Zeitschr. f. Immunitätsforschung. Orig. Bd. 16, S. 503.

[2]) Kiss. Zeitschr. f. Immunitätsforschung. Orig. Bd. 3, S. 558.

Tabelle II. Bactericider Plattenversuch mit variierten, gleich stark sensibilisierten Antigenmengen (Chol. 74 vir.) und fallenden Komplementdosen.

| Nr. | Komplementmenge in ccm | Reihe I Antigenmenge 1 Amboceptor $^1/_{100\,000}$ | Reihe II Antigenmenge 10 Amboceptor $^1/_{10\,000}$ | Reihe III Antigenmenge 100 Amboceptor $^1/_{1000}$ | Reihe IV Antigenmenge 1000 Amboceptor $^1/_{100}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,2 | — | — | — | 216 |
| 2 | 0,1 | — | — | — | 160 |
| 3 | 0,08 | — | — | — | 112 |
| 4 | 0,05 | — | — | — | 71 |
| 5 | 0,02 | 1 | 0 | 2 | 106 |
| 6 | 0,018 | 0 | 0 | 1 | 152 |
| 7 | 0,015 | 0 | 0 | 1 | 612 |
| 8 | 0,012 | 0 | 0 | 4 | 1 020 |
| 9 | 0,01 | 0 | 1 | 5 | 8 024 |
| 10 | 0,008 | 6 | 3 | 7 | 15 600 |
| 11 | 0,005 | 210 | 16 | 544 | 45 300 |
| 12 | 0,002 | 290 | 3 400 | 3 604 | 111 000 |
| 13 | 0,0018 | 208 | 4 148 | 11 300 | 214 000 |
| 14 | 0,0015 | 612 | 1 088 | 16 300 | 203 000 |
| 15 | 0,0012 | 310 | 1 428 | 32 000 | 206 000 |
| 16 | 0,001 | 544 | 6 226 | 61 300 | 194 000 |
| 17 | 0,0008 | 748 | 4 692 | 33 000 | — |
| 18 | 0,0005 | 3 536 | 18 600 | 26 300 | — |
| 19 | 0,0002 | 4 080 | 18 600 | 42 300 | — |
| 20 | 0,0001 | 3 196 | 15 000 | 42 600 | — |
| | Aussaat | 55 | 748 | 6 936 | 44 000 |
| | Bouillonkontrolle | 3 468 | 27 000 | 183 000 | ca. 448 000 |

Dosis von 0,008 bezw. 0,005 tritt in beiden Reihen noch eine maximale Wirkung ein, dann folgt bis 0,0008 eine Zone inkompletter Zerstörung der Keime, bei noch kleineren Komplementmengen bleibt die Wirkung ganz aus [1]). Gegenüber der 100fachen Antigenmenge ist gleichfalls bei der Komplementdosis von 0,008 noch eine maximale Wirkung festzustellen, dagegen bereits bei 0,0012 keine Komplementwirkung mehr zu erkennen. Noch deutlicher tritt eine gewisse Abhängigkeit der zur Erzielung der Bakteriolyse notwendigen Komplementmenge von der Antigenmenge in Reihe IV hervor, in der die 1000fache Antigenmenge enthalten ist. Die maximale Wirkung reicht hier nur bis zur Komplementmenge von 0,015 und bei 0,0018 hat jede Komplementwirkung aufgehört.

[1]) Die Zone maximaler Wirkung reicht also in Reihe II etwas weiter als in Reihe I. Wahrscheinlich erklärt sich dies aus der stärkeren Sensibilisierung der Keime in dieser Reihe. Wie aus weiter unten zu besprechenden Versuchen hervorgeht, halten die zur Sensibilisierung notwendigen Serummengen mit den Antigendosen nicht ganz gleichen Schritt; sie steigen bei gleichem Flüssigkeitsvolumen für die kleinen Multipla des Antigens etwas langsamer, als für die großen.

Während also die Antigenmengen in den 4 Reihen sich verhalten wie **1 : 10 : 100 : 1000**, verhalten sich die eben noch maximal wirksamen Komplementmengen wie: 0,008 : 0,005 : 0,008 : 0,0015 = **1 : 0,6 : 1 : 1,8.** Die eben nicht mehr wirksamen Komplementmengen verhalten sich in den 4 Reihen wie: 0,0005 : 0,0005 : 0,0012 : 0,0018 = **1 : 1 : 2,4 : 3,6.**

Es sind demnach auch bei der Bakteriolyse bis zu einer gewissen unteren Grenze Antigenmenge und Komplementmenge voneinander unabhängig. Überschreitet aber die Antigenmenge diese untere Grenze, so treten Beziehungen zwischen der für die Bactericidie erforderlichen Komplementdosis und der Antigenmenge zutage, die jedoch von der Erreichung des Gesetzes der Multipla weit entfernt bleiben.

Vergleicht man in Tabelle II die Wirksamkeit einer in Reihe I nicht mehr ganz maximal reagierenden Komplementmenge (etwa 0,002) in den 4 Reihen in bezug auf die Zahl der vernichteten Keime, so ergibt sich, daß bei Einsaat einer großen Antigenmenge durch dieselbe Komplementdosis noch ein Vielfaches der Keimzahl aufgelöst wird, die in der Reihe mit der kleinsten Antigendosis nicht mehr abgetötet werden konnte. Diese Tatsache entspricht also genau den oben erwähnten Beobachtungen von Kiss bei der Hämolyse.

### III. Besteht im bactericiden Plattenversuch eine Abhängigkeit der wirksamen Amboceptormenge von der Antigenmenge?

Versuchsanordnung: Es wurden 4 Versuchsreihen mit in gleicher Weise abgestuften Antiserummengen angesetzt. Zu allen Röhrchen wurde die gleiche Komplementdosis (0,02 Meerschweinchenserum) hinzugefügt. Die Antigenmenge wurde in der Weise variiert, daß die einzelnen Röhrchen bei dem Versuche mit Cholera (Tabelle III)

in Reihe I $^1/_{4000}$
„ „ II $^1/_{400}$
„ „ III $^1/_{40}$
„ „ IV $^1/_8$ ccm einer 18 stündigen Bouillonkultur,

bei dem Versuch mit Typhus (Tabelle IV)

in Reihe I $^1/_{10\,000}$
„ „ II $^1/_{1000}$
„ „ III $^1/_{100}$
„ „ IV $^1/_{10}$ ccm einer 18 stündigen Bouillonkultur enthielten.

Das Resultat dieser Versuche ist aus Tabelle III und IV ersichtlich (Seite 347 und 348).

In dem Choleraversuch verhalten sich die Antigenmengen = **1 : 10 : 100 : 500.** Die Serummengen, bei denen noch eine starke Wirkung vorhanden ist, liegen bei den Verdünnungen von $^1/_{500\,000} : {}^1/_{200\,000} : {}^1/_{20\,000} : {}^1/_{1000}$ = **1 : 2,5 : 25 : 500.**

Bei dem in Tabelle IV dargestellten Typhusversuch sind die entsprechenden Zahlen für die Antigenmengen: **1 : 10 : 100 : 1000** und für die noch stark wirksamen Serummengen: $^1/_{1\,000\,000} : {}^1/_{500\,000} : {}^1/_{100\,000} : {}^1/_{5000}$ = **1 : 2 : 10 : 200.**

Bei der Deutung der Versuchsergebnisse ist zu berücksichtigen, daß besonders in den Reihen mit großen Antigendosen die Grenze zwischen den maximal wirksamen und den schwach wirkenden Serummengen nicht ganz scharf zu erkennen ist, so daß den oben angeführten Verhältniszahlen nur eine annähernde Gültigkeit zukommt.

Aus beiden Versuchen geht unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse eindeutig hervor, daß große Antigenmengen auch große Antiserumdosen zur Sensibilisierung erfordern, d. h. daß zwischen Antigenmenge und Antiserummenge auch im bactericiden Plattenversuch enge Beziehungen bestehen. Es entspricht dies durchaus den Resultaten, die Ungermann und Kandiba mit Choleravibrionen im Pfeifferschen Versuch erhielten. Allerdings verläuft die Reaktion im bactericiden Plattenversuch nicht streng nach dem Gesetz der Multipla. Bei einer geringeren Zunahme des Antigens wächst die zur kompletten Bakteriolyse erforderliche Serummenge in geringerem Grade, als es der Antigenvermehrung entspricht. Bei sehr starker Steigerung der Bakterienmenge aber wird zur Auflösung der Keime wieder eine verhältnismäßig größere Antiserumdosis benötigt. Auf die Deutung dieser Erscheinung wird weiter unten eingegangen werden.

Tabelle III. Bactericider Plattenversuch mit verschiedenen Antigenmengen (Cholera 74 vir.) und in gleicher Weise abgestuften Amboceptordosen.

| Nr. | Serummenge in ccm | Reihe I Antigenmenge $^1/_{4000}$ ccm | Reihe II Antigenmenge $^1/_{400}$ ccm | Reihe III Antigenmenge $^1/_{40}$ ccm | Reihe IV Antigenmenge $^1/_8$ ccm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^1/_{100}$ | 0 | 0 | 0 | 1 632 |
| 2 | $^1/_{200}$ | 0 | 0 | 0 | 1 020 |
| 3 | $^1/_{500}$ | 0 | 0 | 0 | 3 604 |
| 4 | $^1/_{1000}$ | 0 | 0 | 0 | 3 060 |
| 5 | $^1/_{2000}$ | 0 | 0 | 7 | 20 300 |
| 6 | $^1/_{5000}$ | 0 | 0 | 72 | 35 000 |
| 7 | $^1/_{10\,000}$ | 0 | 0 | 30 | 417 000 |
| 8 | $^1/_{20\,000}$ | 0 | 0 | 45 | 474 000 |
| 9 | $^1/_{50\,000}$ | 0 | 0 | 71 500 | ∞ |
| 10 | $^1/_{100\,000}$ | 0 | 0 | 309 000 | ∞ |
| 11 | $^1/_{200\,000}$ | 0 | 13 | 422 000 | — |
| 12 | $^1/_{500\,000}$ | 59 | 3 468 | 620 000 | — |
| 13 | $^1/_{1\,000\,000}$ | 4 216 | 29 000 | — | — |
| 14 | $^1/_{2\,000\,000}$ | 7 000 | 54 000 | — | — |
| 15 | $^1/_{5\,000\,000}$ | 9 300 | 80 500 | — | — |
| 16 | $^1/_{10\,000\,000}$ | 10 600 | 82 000 | — | — |
| 17 | $^1/_{20\,000\,000}$ | 15 300 | 87 000 | — | — |
| 18 | $^1/_{50\,000\,000}$ | 10 600 | — | — | — |
| 19 | $^1/_{100\,000\,000}$ | 13 000 | — | — | — |
| 20 | $^1/_{200\,000\,000}$ | 13 300 | — | — | — |
| | Aussaat | 1 836 | 18 600 | 133 000 | 618 000 |
| | Komplement-kontrolle | 14 600 | 110 000 | 672 000 | ∞ |

Tabelle IV. Bactericider Versuch mit verschiedenen Antigenmengen (Typhus Hertel) und in gleicher Weise abgestuften Amboceptordosen.

| Nr. | Serummenge in ccm | Reihe I Antigenmenge $^1/_{10\,000}$ ccm | Reihe II Antigenmenge $^1/_{1000}$ ccm | Reihe III Antigenmenge $^1/_{100}$ ccm | Reihe IV Antigenmenge $^1/_{10}$ ccm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^1/_{100}$ | 2 244 | 25 300 | 110 000 | 573 000 |
| 2 | $^1/_{200}$ | 2 652 | 18 300 | 81 000 | ca. 800 000 |
| 3 | $^1/_{500}$ | 2 176 | 13 000 | 123 000 | ca. 720 000 |
| 4 | $^1/_{1000}$ | 2 584 | 19 600 | 113 000 | 273 000 |
| 5 | $^1/_{2000}$ | 3 060 | 17 600 | 103 000 | 31 000 |
| 6 | $^1/_{5000}$ | 1 156 | 5 168 | 4 200 | 9 000 |
| 7 | $^1/_{10\,000}$ | 74 | 1 156 | 1 564 | 30 000 |
| 8 | $^1/_{20\,000}$ | 21 | 260 | 1 292 | 122 000 |
| 9 | $^1/_{50\,000}$ | 46 | 180 | 952 | 464 000 |
| 10 | $^1/_{100\,000}$ | 35 | 240 | 1 360 | 616 000 |
| 11 | $^1/_{200\,000}$ | 42 | 540 | 10 600 | — |
| 12 | $^1/_{500\,000}$ | 63 | 680 | 74 500 | — |
| 13 | $^1/_{1\,000\,000}$ | 612 | 11 300 | 144 000 | — |
| 14 | $^1/_{2\,000\,000}$ | 1 972 | 19 300 | 208 000 | — |
| 15 | $^1/_{5\,000\,000}$ | 2 244 | 28 300 | 234 000 | — |
| 16 | $^1/_{10\,000\,000}$ | 3 060 | 29 600 | — | — |
| 17 | $^1/_{20\,000\,000}$ | 3 264 | 28 600 | — | — |
| 18 | $^1/_{50\,000\,000}$ | 3 536 | — | — | — |
| 19 | $^1/_{100\,000\,000}$ | 4 080 | — | — | — |
| 20 | $^1/_{200\,000\,000}$ | 4 012 | — | — | — |
| | Aussaat | 1 700 | 14 600 | 144 000 | ca. 680 000 |
| | Komplement-kontrolle | 5 780 | 54 000 | 221 000 | ∞ |

## IV. Wirkt der Amboceptor im bactericiden Plattenversuch nach seiner absoluten Menge oder nach dem Grade seiner Verdünnung?

Versuchsanordnung: In 4 Versuchsreihen mit in gleicher Weise abgestuften Amboceptordosen wurde in allen Röhrchen die gleiche Antigenmenge hinzugegeben. Durch Zugabe von Bouillon-Kochsalzlösung wurde das Volumen des Reaktionsgemisches in den einzelnen Reihen zwischen 2, 5, 10 und 20 ccm variiert. Die Komplementmenge wurde entsprechend dem Flüssigkeitsvolumen so gewählt, daß in allen Röhrchen die gleiche Komplementkonzentration vorhanden war. Zur Aussaat in die Platten wurden den Röhrchen Mengen entnommen, die dem Flüssigkeitsvolumen des betreffenden Röhrchens proportional waren. Betrugen also die Flüssigkeitsvolumina in den 4 Reihen 2, 5, 10 und 20 ccm, so wurden je 0,1, 0,25, 0,5 und 1,0 ccm ausgesät.

In Tabelle V und VI (Seite 349 und 350) sind 2 Versuche dieser Art, der eine mit Choleravibrionen, der andere mit Typhusbacillen zusammengestellt.

Der Ausfall der beiden Versuche ist eindeutig. Sie zeigen, daß der bactericide Amboceptor nicht nach seiner absoluten Menge wirkt, wie der hämolytische, sondern daß er in seiner Wirkung im wesentlichen von der Konzentration abhängig ist.

In dem auf Tabelle V wiedergegebenen Versuch liegen die noch stark wirksamen Amboceptormengen in den einzelnen Reihen bei den Verdünnungen von $^1/_{1\,000\,000} : {}^1/_{500\,000} : {}^1/_{100\,000} : {}^1/_{50\,000} = \mathbf{1:2:10:20}$, während sich die Flüssigkeitsvolumina verhalten $= \mathbf{1:2{,}5:5:10}$.

In Tabelle VI sind die entsprechenden Zahlen für die wirksamen Amboceptordosen $= {}^1/_{1\,000\,000} : {}^1/_{200\,000} : {}^1/_{50\,000} : {}^1/_{20\,000} = \mathbf{1:5:20:50}$, während die Flüssigkeitsvolumina sich verhalten $= \mathbf{1:2:4:8}$.

Dabei muß berücksichtigt werden, daß in diesem mit Typhusbacillen angestellten Versuche die Grenze der wirksamen und nicht mehr wirksamen Serumdosen nicht so scharf in die Erscheinung tritt wie in dem Choleraversuch; die angeführten Zahlen geben den Versuchsausfall im Typhusversuch daher nicht so exakt wieder wie in dem Versuch mit Choleravibrionen.

Ich habe den Versuch sowohl mit Typhusbacillen wie mit Choleravibrionen mehrfach wiederholt, das Resultat war, abgesehen von quantitativen Schwankungen, immer dasselbe. Daher sollen nur noch die Verhältniszahlen von je einem weiteren

Tabelle V. Bactericider Plattenversuch mit variiertem Flüssigkeitsvolumen, gleicher Antigendosis (Cholera 74 vir.), gleicher Komplementkonzentration.

| Nr. | Antiserummenge in ccm | Reihe I Flüssigkeitsvolumen 2 ccm | Reihe II Flüssigkeitsvolumen 5 ccm | Reihe III Flüssigkeitsvolumen 10 ccm | Reihe IV Flüssigkeitsvolumen 20 ccm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^1/_{100}$ | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | $^1/_{200}$ | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 3 | $^1/_{500}$ | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | $^1/_{1000}$ | 2 | 2 | 6 | 8 |
| 5 | $^1/_{2000}$ | 0 | 0 | 19 | 5 |
| 6 | $^1/_{5000}$ | 2 | 7 | 14 | 6 |
| 7 | $^1/_{10\,000}$ | 7 | 0 | 23 | 4 |
| 8 | $^1/_{20\,000}$ | 8 | 0 | 46 | 25 |
| 9 | $^1/_{50\,000}$ | 7 | 0 | 75 | 680 |
| 10 | $^1/_{100\,000}$ | 4 | 0 | 144 | 5 032 |
| 11 | $^1/_{200\,000}$ | 5 | 0 | 21 000 | 22 000 |
| 12 | $^1/_{500\,000}$ | 3 128 | 0 | 27 600 | 44 000 |
| 13 | $^1/_{1\,000\,000}$ | 748 | 41 000 | 43 000 | 43 000 |
| 14 | $^1/_{2\,000\,000}$ | 23 000 | 67 000 | 94 000 | — |
| 15 | $^1/_{5\,000\,000}$ | 48 000 | 75 000 | — | — |
| 16 | $^1/_{10\,000\,000}$ | 19 600 | — | — | — |
| 17 | $^1/_{20\,000\,000}$ | 48 000 | — | — | — |
| | Aussaat | 5 200 | — | — | — |
| | Komplementkontrolle | 17 300 | 50 300 | 82 000 | 82 000 |

Tabelle VI. Bactericider Plattenversuch mit variiertem Flüssigkeitsvolumen, gleicher Antigendosis (Typhus Hertel), gleicher Komplementkonzentration.

| Nr. | Antiserummenge in ccm | Reihe I Flüssigkeitsmenge 2 ccm | Reihe II Flüssigkeitsmenge 4 ccm | Reihe III Flüssigkeitsmenge 8 ccm | Reihe IV Flüssigkeitsmenge 16 ccm |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $^1/_{100}$ | 58 000 | 67 300 | 72 000 | 103 300 |
| 2 | $^1/_{200}$ | 52 000 | 50 000 | 69 300 | 67 300 |
| 3 | $^1/_{500}$ | 63 000 | 43 600 | 39 000 | 1 836 |
| 4 | $^1/_{1000}$ | 46 000 | 2 448 | 816 | 164 |
| 5 | $^1/_{2000}$ | 884 | 226 | 86 | 158 |
| 6 | $^1/_{5000}$ | 18 | 44 | 100 | 2 |
| 7 | $^1/_{10\,000}$ | 4 | 34 | 80 | 168 |
| 8 | $^1/_{20\,000}$ | 10 | 16 | 104 | 148 |
| 9 | $^1/_{50\,000}$ | 30 | 68 | 122 | 1 972 |
| 10 | $^1/_{100\,000}$ | 54 | 60 | 1 020 | 9 300 |
| 11 | $^1/_{200\,000}$ | 34 | 148 | 19 600 | 37 300 |
| 12 | $^1/_{500\,000}$ | 46 | 884 | 23 000 | 55 000 |
| 13 | $^1/_{1\,000\,000}$ | 68 | 9 000 | 44 000 | 96 600 |
| 14 | $^1/_{2\,000\,000}$ | 2 516 | 33 600 | 74 300 | 102 600 |
| 15 | $^1/_{5\,000\,000}$ | 5 712 | 17 000 | 69 300 | 136 000 |
| 16 | $^1/_{10\,000\,000}$ | 24 600 | 79 000 | 88 000 | 116 000 |
| 17 | $^1/_{20\,000\,000}$ | 55 000 | 55 300 | 89 000 | 133 000 |
| 18 | $^1/_{50\,000\,000}$ | 64 600 | 57 300 | — | — |
| 19 | $^1/_{100\,000\,000}$ | 56 600 | — | — | — |
| 20 | $^1/_{200\,000\,000}$ | 65 600 | — | — | — |
| | Aussaat | 12 000 | — | — | — |
| | Komplementkontrolle | 93 000 | 86 300 | 125 000 | 90 000 |

Typhus- und Choleraversuch mitgeteilt werden. Bei einem Typhusversuch verhielten sich die wirksamen Amboceptordosen wie **1 : 2,5 : 5 : 10** und die Flüssigkeitsvolumina = **1 : 2 : 4 : 8**. Bei einem Choleraversuch zeigten die wirksamen Amboceptordosen ein Verhältnis von **1 : 2 : 4 : 10**, die Flüssigkeitsvolumina von **1 : 2,5 : 5 : 10**.

Nach diesen Ergebnissen kann von einer Wirkung des bakteriolytischen Amboceptors im Reagensglase nach der absoluten Menge, wie sie beim Hämolysin besteht, nicht die Rede sein; sein Verhalten nähert sich vielmehr bei dieser Versuchsanordnung der Wirkungsweise gemäß der Konzentration, wenn es ihr nicht sogar genau entspricht.

In ihrer oben zitierten Arbeit haben Ungermann und Kandiba nachgewiesen, daß die gegen Septicämieerreger gerichteten Sera (Pneumokokken-Streptokokken-Rotlaufserum) im Tierkörper nicht nach ihrer absoluten Menge, sondern nach dem Grade ihrer Verdünnung wirken. Auf die Frage, wie sich in dieser Hinsicht der bakteriolytische Amboceptor verhält, sind die Autoren nicht eingegangen. Eine Entscheidung dieser Frage im Tierversuch dürfte auch auf große Schwierigkeiten stoßen, da es bei

der schwankenden und im Vergleich zu den Septicämieerregern geringen Virulenz von Typhus- und Cholerakulturen, denen gegenüber das Bakteriolysin in der Schutzwirkung der Immunsera die Hauptrolle spielt, unmöglich sein dürfte, bei Versuchen mit diesen Keimen und verschiedenen Tierspezies vergleichbare Resultate zu erhalten. Indessen kann auch ein Versuch der Autoren in dem Sinne gedeutet werden, daß der bakteriolytische Amboceptor im Tierkörper ebenso wirkt wie in vitro. Die Autoren arbeiteten mit einem Cholerastamm, mit dem eine sicher tödliche Infektion auch bei intravenöser Injektion gelang. Wenn nun Meerschweinchen ein Serum-Bakteriengemisch intravenös eingespritzt wurde, so war zum Schutze etwa das Zehnfache der Serummenge erforderlich, die bei gleicher Bakteriendosis und intraperitonealer Einverleibung derselben schützte. Es beruht dies offenbar darauf, daß das Serum bei intravenöser Injektion durch die Verteilung im Blute und den Organen des Tieres eine starke Verdünnung erfährt, was bei der Einspritzung in die Bauchhöhle in wesentlich geringerem Grade der Fall ist.

Daß der hämolytische Amboceptor streng nach seiner absoluten Menge wirkt, ist ja von allen Seiten bestätigt worden. Es dürfte demnach überflüssig sein, meine eigenen Versuche in dieser Richtung, die zu demselben Resultat geführt haben, mitzuteilen.

### Wie ist nun dieser Unterschied in der Wirkungsweise des bakteriolytischen und des hämolytischen Amboceptors zu erklären?

Zwischen dem Mechanismus der Wirkung der beiden Antikörper besteht ja zweifellos eine weitgehende Ähnlichkeit. Es ist daher von vornherein nicht wahrscheinlich, daß der in den oben beschriebenen Versuchen hervortretende Unterschied durch eine grundsätzliche Verschiedenheit der beiden Amboceptorarten bedingt ist. Es darf wohl nicht angenommen werden, daß der hämolytische Amboceptor im Ehrlichschen Sinne mittels chemischer Bindung an das Antigen, der bakteriolytische dagegen mehr als Katalysator wirke, wie das Komplement nach der Auffassung einiger Autoren. Gegen eine derartige Annahme spricht vor allem die enge Abhängigkeit der Menge des erforderlichen bakteriolytischen Amboceptors von der Antigendosis, wie sie aus dem in Tabelle III angeführten Versuche hervorgeht. Näher liegt es, die Ursache für den Unterschied in der Wirksamkeit der beiden Amboceptorenarten in der Verschiedenheit der zugehörigen Antigene zu suchen. Bei der üblichen Versuchsanordnung ergeben sich nun hinsichtlich der Antigene des bakteriolytischen und hämolytischen Versuchs drei wesentliche Unterschiede:

1. Die Bakterien vermehren sich während der Versuchsdauer, bei den Blutkörperchen ist das nicht der Fall.

2. Das einzelne rote Blutkörperchen ist sehr viel größer und hat eine beträchtlich größere Oberfläche als das Bakterium.

3. Bei der gebräuchlichen Versuchsanordnung ist die Zahl der in der Raumeinheit vorhandenen roten Blutkörperchen beträchtlich größer, als die Zahl der in der Raumeinheit vorhandenen Bakterien im bactericiden Reagensglasversuch. Denn beim

hämolytischen Versuch sind etwa 50 000 000 rote Blutkörperchen in 1 ccm Flüssigkeit vorhanden, während bei den bactericiden Versuchen auf Tabelle V und VI etwa 50 000 bezw. 120 000 Keime in 1 ccm eingesät wurden (die in der Tabelle aufgeführten Zahlen beziehen sich immer auf 0,1 ccm des Röhrcheninhalts).

Der für die Amboceptorwirkung am meisten in Betracht zu ziehende Unterschied der Antigene ist wohl der an erster Stelle genannte: Die Vermehrung des bakteriellen Antigens während der Dauer des Versuches. Wie oben bereits erörtert wurde, steht ja die Grenze der absoluten Wirksamkeit eines Serums in Beziehung zu der Antigenmenge. Hat das Antigen Zeit, sich zu vermehren, ehe das Immunserum zur vollen Wirkung gelangt ist, so kann die Serumwirkung wenig oder gar nicht in die Erscheinung treten, wenn nicht etwa noch ein zur Sensibilisierung des Antigenzuwachses ausreichender Amboceptorenüberschuß vorhanden ist. Und da die Vermehrung des Antigens rapide fortschreitet, wenn sie erst einmal begonnen hat, so wird eben nur dann eine ausgiebige Abtötung der Keime eintreten können, wenn der Amboceptor die Auflösung derselben in kurzer Frist herbeizuführen vermag.

Daraus geht hervor, daß im bactericiden Versuch die Bindungsgeschwindigkeit eine ausschlaggebende Rolle spielt. Es ist also zu erörtern, ob die Beschaffenheit des Antigens im bakteriolytischen und hämolytischen Versuch einen Einfluß auf die Bindungsgeschwindigkeit haben kann.

Nach der kinetischen Theorie der Flüssigkeiten kann man sich vorstellen, daß sich gelöste Moleküle in dem Lösungsmittel in mehr oder weniger lebhafter Bewegung befinden. Die Schnelligkeit der Bewegung wächst mit steigender Temperatur, sie ist abhängig von der Natur des Lösungsmittels, und verhältnismäßig gering in kolloidalen Medien. Die Bindung eines Amboceptors an seine antigene Zelle erfolgt, wenn das Amboceptormolekül bei seiner Bewegung im Lösungsmittel mit der Zelle zusammen trifft. Um die Verhältnisse, von denen das Eintreten dieser Bindung abhängig ist, zu erläutern, sei es gestattet, einen Vergleich heran zu ziehen. Wenn eine Abteilung Soldaten beim Geländeschießen eine bestimmte Anzahl von Schüssen auf Figurenscheiben abgibt, so ist die Zahl der Treffer um so größer,

1. je größer die einzelne Scheibe ist,
2. je dichter die Scheiben zusammen stehen, bezw. je größer die Zahl der Scheiben ist und
3. je kürzer die Entfernung zwischen Scheiben und Schützen ist.

Auf die Bindung der Amboceptoren an ihre Zellen übertragen heißt das:

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Amboceptor an seine Zelle gebunden wird, tritt um so früher ein:

1. je größer die einzelne Zelle ist,
2. je geringer das Gesamtvolumen des Reaktionsgemisches ist und
3. je geringer der räumliche Abstand zwischen Amboceptor und Antigen ist. Dieser räumliche Abstand kann außer durch Reduktion des Reaktionsgemisches verringert werden:
   a) durch Vermehrung der Zahl der Amboceptoreinheiten,
   b) durch Vermehrung des Antigens.

Natürlich bestehen diese Verhältnisse nur unter der Voraussetzung, daß Temperatur und Medium, in denen sich die Reaktion vollzieht, die gleichen bleiben.

Aus dieser Überlegung ergibt es sich, daß bei gleich bleibender Antigen- und Amboceptorenmenge die Bindung im größeren Flüssigkeitsvolumen wesentlich langsamer erfolgen muß.

Handelt es sich um ein vermehrungsfähiges Antigen, wie im bactericiden Reagensglasversuch, so wird im größeren Reaktionsvolumen bei gleicher Amboceptorenmenge viel leichter eine Vermehrung des Antigens eintreten können, ehe die Bakterien durch den Amboceptor sensibilisiert und damit der Auflösung entgegengeführt worden sind als im kleineren. Und wenn eine Vermehrung erst im Gange ist, genügt auch ein gewisser Amboceptorüberschuß bald nicht mehr, um die sich rasch vergrößernde Keimzahl nachträglich noch abzusättigen.

Derartige Unterschiede in der Bindungsgeschwindigkeit müssen auch bei Blutkörperchen vorhanden sein, wenn ihre Bindung mit dem Amboceptor in verschieden großen Flüssigkeitsmengen stattfindet. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, daß infolge der Größe der roten Blutkörperchen und ihrer dichteren Suspension bei der üblichen Versuchsanordnung die Bindungsgeschwindigkeit eine größere sein wird, als bei Bakterien, daß also auch die Differenzen der Bindungszeit bei verschiedenem Flüssigkeitsvolumen geringer und daher schwerer nachweisbar sein werden, als im bactericiden Versuch.

Ich habe den Unterschied der Bindungsgeschwindigkeit des hämolytischen Amboceptors durch die Blutkörperchen in verschieden großen Flüssigkeitsmengen nachzuweisen versucht und benutzte zu diesem Zwecke folgende Versuchsanordnung:

Es wurden 2 Versuchsreihen mit gleichmäßig fallenden Hämolysinverdünnungen angesetzt. Durch Zusatz von Kochsalzlösung wurde das Volumen in den beiden Reihen derart variiert, daß jedes Röhrchen in Reihe I nach Zusatz von Blutkörperchen (1 ccm einer 5%igen Hammelblutkörperchenaufschwemmung) 1,5 ccm, in Reihe II 15 ccm enthielt.

Die Röhrchen kamen zur Bindung für 10 Minuten in ein Wasserbad von 37°. Vor dem Vermischen der Blutkörperchen und des Serums waren beide Komponenten im Wasserbade auf 37° erwärmt worden. Nach 10 Minuten langer Bindung wurde das Flüssigkeitsvolumen der Röhrchen der Reihe I durch Zugabe von Kochsalzlösung gleichfalls auf 15 ccm gebracht, es wurde zentrifugiert, der Bodensatz zweimal gewaschen und dann in soviel Kochsalzlösung aufgenommen, daß nach Zugabe von Komplement alle Röhrchen 5 ccm Flüssigkeit enthielten.

Der Ausfall des Versuches ist aus Tabelle VII (Seite 354) ersichtlich.

Aus dem Versuche geht hervor, daß in der gewählten Versuchszeit in dem größeren Flüssigkeitsvolumen entschieden weniger Amboceptoren von den Blutkörperchen gebunden wurden, als in dem kleinen Flüssigkeitsvolumen. Die eben nicht mehr wirksame Serummenge liegt in Reihe I bei der Verdünnung 1 : 20000, in Reihe II bei 1 : 5000, die wirksamen Serumverdünnungen verhalten sich also = 1 : 4, während sich die Flüssigkeitsvolumina, in denen die Bindung erfolgte, verhalten = 1 : 10. Bei der Beurteilung des Versuchs ist noch zu berücksichtigen, daß die

Tabelle VII. Hämolytischer Versuch.

| Amboceptormenge in ccm | Reihe I Flüssigkeitsvolumen bei der Bindung 1,5 ccm | Reihe II Flüssigkeitsvolumen bei der Bindung 15,0 ccm |
|---|---|---|
| $^1/_{100}$ | komplett | komplett |
| $^1/_{200}$ | desgl. | desgl. |
| $^1/_{500}$ | desgl. | kleine Kuppe |
| $^1/_{1000}$ | fast komplett | große Kuppe |
| $^1/_{2000}$ | Kuppe | desgl. |
| $^1/_{5000}$ | große Kuppe | 0 |
| $^1/_{10\,000}$ | desgl. | 0 |
| $^1/_{20\,000}$ | 0 | 0 |
| $^1/_{50\,000}$ | 0 | 0 |
| $^1/_{100\,000}$ | 0 | 0 |
| Komplementkontrolle | 0 | 0 |

Bindung des Amboceptors während des Zentrifugierens fortschreitet, was den Ausfall des Versuches sehr bedeutend beeinflussen kann.

Weiterhin wurde versucht, die Differenzen der Wirkung des bakteriolytischen Amboceptors in großen und kleinen Flüssigkeitsmengen dadurch auszugleichen, daß im bakteriolytischen Versuch dem Komplementzusatz eine länger dauernde Bindung des Amboceptors an die Bakterien vorausgeschickt wurde. Wenn die Bindungsgeschwindigkeit in der Tat der Faktor ist, der es veranlaßt, daß der bakteriolytische Amboceptor mehr nach dem Grade seiner Verdünnung wirkt, so muß ein bakteriolytisches Serum, genau wie ein hämolytisches, nach seiner absoluten Menge wirken, wenn es gelingt, die Versuchsbedingungen so zu gestalten, daß zwar eine Bindung der Amboceptoren, aber keine Vermehrung der Bakterien eintritt, da dann die Bindungszeit keine Rolle mehr spielt. Es ist nun aber schwierig, diese Bedingungen zu erfüllen. Im Eisschrank vollzieht sich einerseits die Bindung des Bakteriolysins an die Bakterien offenbar nur in geringem Umfange, anderseits geht unter diesen Bedingungen ein beträchtlicher Teil der eingesäten Bakterien zugrunde, so daß die Versuchsresultate keine sichere Beurteilung gestatten. Bei Kellertemperatur findet aber oft schon ein starkes Bakterienwachstum statt, wenn der Versuch länger ausgedehnt wird. Die meisten der von mir in dieser Richtung unternommenen Versuche sind aus den angeführten Gründen nicht gelungen. Es soll daher nur ein Versuch beschrieben werden, dessen Ausfall zwar nicht ganz eindeutig ist, der aber doch in gewissem Grade für die dargelegte Auffassung spricht.

Versuchsanordnung: Es wurden 2 Reihen mit in gleicher Weise abgestuften Mengen eines Typhusimmunserums angesetzt. Durch Bouillonkochsalzlösung wurde nach dem Zufügen des Antigens (Typhus Hertel) das Volumen in den beiden Reihen so variiert, daß in der Reihe I jedes Röhrchen 2 ccm, in der Reihe II 20 ccm Flüssigkeit enthielt. Die beiden Reihen wurden 24 Stunden bei Kellertemperatur belassen. Am nächsten Tage wurden als Kontrollen nochmals zwei Reihen zu 2 und 20 ccm

Flüssigkeit in der gleichen Weise angesetzt (Reihe III und IV). Diesen beiden Reihen wurde sofort Komplement in einer dem Flüssigkeitsvolumen proportionalen Menge zugefügt, um die Bakteriolyse der Bacillen sogleich beim Eintritt der Amboceptorbindung zu ermöglichen. Darauf wurden diese beiden Reihen (III und IV) 2 Stunden bei 37° bebrütet. Nunmehr erhalten Reihe I und II denselben Komplementzusatz wie Reihe III und IV. Danach beträgt das Flüssigkeitsvolumen jedes Röhrchens in Reihe I und III 2,5 ccm, in Reihe II und IV 20,5 ccm. Sämtliche 4 Reihen werden noch eine weitere Stunde bei 37° bebrütet und dann gleichzeitig zu Platten verarbeitet.

Der Versuch ist in Tabelle VIII zusammengestellt.

Tabelle VIII. Bactericider Plattenversuch mit Typhus Hertel.
Variierte Flüssigkeitsmenge, verschiedene Bindungszeit.

| Nr. | Antiserum-menge in ccm | Reihe I Flüssigkeits-menge 2,5 ccm | Reihe II Flüssigkeits-menge 20,5 ccm | Reihe III Flüssigkeits-menge 2,5 ccm | Reihe IV Flüssigkeits-menge 20,5 ccm |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 24 Stunden Bindung | | | |
| 1 | $^1/_{100}$ | 3 944 | 8 000 | 11 300 | 18 000 |
| 2 | $^1/_{200}$ | 3 332 | 2 312 | 12 300 | 15 600 |
| 3 | $^1/_{500}$ | 2 924 | 2 788 | 9 000 | 4 624 |
| 4 | $^1/_{1000}$ | 2 856 | 2 788 | 13 400 | 63 |
| 5 | $^1/_{2000}$ | 1 496 | 1 972 | 13 000 | 14 |
| 6 | $^1/_{5000}$ | 1 156 | 1 496 | 1 088 | 22 |
| 7 | $^1/_{10\,000}$ | 884 | 438 | 45 | 24 |
| 8 | $^1/_{20\,000}$ | 366 | 218 | 11 | 36 |
| 9 | $^1/_{50\,000}$ | 424 | 214 | 17 | 284 |
| 10 | $^1/_{100\,000}$ | 216 | 276 | 35 | 1 496 |
| 11 | $^1/_{200\,000}$ | 56 | 444 | 200 | 9 300 |
| 12 | $^1/_{500\,000}$ | 856 | 1 700 | 440 | 15 300 |
| 13 | $^1/_{1\,000\,000}$ | 240 | 1 768 | 400 | 9 000 |
| 14 | $^1/_{2\,000\,000}$ | 692 | 1 768 | 8 600 | 19 300 |
| 15 | $^1/_{5\,000\,000}$ | 2 312 | 1 904 | 13 000 | 20 600 |
| 16 | $^1/_{10\,000\,000}$ | 3 128 | 3 060 | 8 300 | 20 600 |
| 17 | $^1/_{20\,000\,000}$ | 2 108 | 2 652 | 19 300 | 13 300 |
| 18 | $^1/_{50\,000\,000}$ | 4 012 | 2 788 | 15 300 | 21 300 |
| 19 | $^1/_{100\,000\,000}$ | 2 584 | 4 284 | 15 000 | 27 300 |
| 20 | $^1/_{200\,000\,000}$ | 2 992 | 2 448 | 20 000 | 23 600 |
| | Komplement-kontrolle | 2 992 | 2 108 | 14 000 | 34 000 |

Die noch stark wirksamen Serummengen verhalten sich in Reihe I und II $= {}^1/_{2\,000\,000} : {}^1/_{200\,000} = 1 : 10$, während sie sich in Reihe III und IV verhalten $= {}^1/_{1\,000\,000} : {}^1/_{50\,000} = 1 : 20$. Es ist also die Differenz in der Serumwirkung nach langer Bindung deutlich geringer als bei kurzfristiger Berührung zwischen Antigen und Antiserum. Der Unterschied in der Serumwirkung erscheint in der Reihe I und II noch etwas kleiner, als sich aus den angeführten Zahlen ergibt, wenn man berücksichtigt, daß die Bactericidie in Reihe I bereits bei den Verdünnungen 1 : 500000,

1 : 1000000 und 1 : 2000000 durchaus nicht mehr maximal ist, während anderseits in denselben Verdünnungen der Reihe II eine gewisse Serumwirkung sich noch geltend macht. Der große Sprung liegt in beiden Reihen bei der Serumverdünnung $^1/_{200000}$. Das Ergebnis des Versuches ist also immerhin als Stütze der oben dargelegten Anschauung zu verwerten.

Es sei hier nochmals auf die in Tabelle III und IV besprochenen Versuche verwiesen, aus denen hervorgeht, daß bei steigenden Antigendosen die zur kompletten Sensibilisierung notwendigen Serummengen nicht in dem Verhältnis wachsen, wie es dem Gesetz der Multipla entsprechen würde: bei kleinen Antigendosen steigt die erforderliche Serummenge langsamer, als die Antigenmenge, während bei großen Antigenmengen das umgekehrte Verhältnis eintritt. Da die Versuche, aus denen sich dies ergab, so angestellt wurden, daß Amboceptor und Antigen immer in dem gleichen Flüssigkeitsvolumen aufeinander wirkten, so war die Suspension der Bakterien bei großen Antigenmengen bedeutend dichter als bei kleinen. Nun steigt aber, wie oben auseinandergesetzt wurde, bei abnehmender räumlicher Entfernung von Antigen und Antikörper die Bindungsgeschwindigkeit; es wird demnach die kleinste Bakterienmenge einen gewissen Amboceptorenüberschuß über die ihr dem Gesetz der Multipla gemäß proportionale Amboceptordosis hinaus brauchen, weil sie sich infolge der geringeren Bindungsgeschwindigkeit noch in gewissem Grade vermehren kann, ehe sie durch die Amboceptoren sensibilisiert worden ist. Die räumlichen Verteilungsverhältnisse von Antigen und Antikörper, die diese Abweichung vom Gesetze der Multipla bedingen, werden aber durch die niederen Multipla kleinster Antigendosen nicht nennenswert verändert. Daher steigt die zur Sensibilisierung nötige Amboceptorenmenge bei einer Zunahme des Antigens zunächst langsamer als die Antigenmenge. Das kann aber nur bei dünnen Bakterienaufschwemmungen in die Erscheinung treten. Je dichter die Suspension wird, um so geringer wird die räumliche Trennung zwischen den Komponenten und damit die Differenz der Bindungszeiten in zwei aufeinander folgenden Reihen mit verschiedenen Bakterienmengen. Nun bleibt innerhalb gewisser Grenzen die Vermehrungsgeschwindigkeit des betreffenden Stammes konstant; naturgemäß kann die Bindungsgeschwindigkeit der Amboceptoren an die Bakterien nur dann einen Einfluß auf den Ausfall des Versuches haben, wenn sie im Verhältnis zur Vermehrungsgeschwindigkeit der Bakterien gering ist. Wenn also mit zunehmender Dichte der Bakterienaufschwemmung die Möglichkeit für eine rasche Bindung des Amboceptors günstiger wird und damit die Bindungsgeschwindigkeit steigt, d. h. die bis zur erfolgten Bindung verstreichende Zeit abnimmt, so muß ein Punkt erreicht werden, bei dem die Reaktion so rasch verläuft, daß die räumlichen Verteilungsverhältnisse einen störenden Einfluß auf sie nicht mehr ausüben können. Steigert man aber bei gleich bleibendem Flüssigkeitsvolumen die Antigenmenge und dementsprechend die Antiserummenge noch weiter, so wird schließlich ein ähnlicher Vorgang eintreten, wie in dem Falle, wenn auf ein mikroskopisches Bakterienpräparat eine sehr konzentrierte Farblösung kurze Zeit einwirkt. Wie hier eine ungleichmäßige Färbung des Präparats stattfindet, indem einzelne Elemente überfärbt, andere mangelhaft gefärbt werden, so werden von dichten Bakteriensuspensionen in konzentrierten Serumlösungen

einzelne Keime zu viel Amboceptor absorbieren, andere zu schwach sensibilisiert werden, so daß sie der Auflösung entgehen und vermehrungsfähig bleiben. Es ist also zu erwarten, daß bei sehr dichter Bakterienaufschwemmung zur Auflösung der Keime mehr Serum verbraucht wird, als es beim Vergleich mit etwas weniger dichten Suspensionen dem Gesetz der Multipla gemäß erforderlich wäre. Die kleinsten und die großen Bakterienmengen verbrauchen also verhältnismäßig etwas mehr Amboceptor als die mittleren Multipla des Antigens.

Diesen theoretischen Erwägungen entsprechen die in Tabelle III und IV wiedergegebenen Versuche. In Versuch III verhielten sich die Antigenmengen = 1 : 10 : 100 : 500, die wirksamen Serummengen 1 : 2,5 : 25 : 500; in Versuch IV die Antigenmengen = 1 : 10 : 100 : 1000, die Serummengen = 1 : 2 : 10 : 200. Bei kleiner Antigendosis steigt die notwendige Amboceptormenge langsamer als die Antigendosis (Reihe I und II), dann etwa proportional der Antigendosis (Reihe II und III), dann schneller als die Antigendosis (Reihe III und IV).

### Spielt die Bindungsgeschwindigkeit auch bei der Wirkung des Komplements eine Rolle?

Da die Bindungsgeschwindigkeit auf den Ausfall des bactericiden Versuches einen bestimmenden Einfluß hat, liegt es nahe, zu untersuchen, ob auch die Wirkung des Komplements durch diesen Faktor beeinflußt wird, wenn man von der Ehrlichschen Annahme ausgeht, daß das Komplement, wenn es seine Wirkung ausübt, chemisch an den Amboceptor gebunden wird.

Die Bindungsgeschwindigkeit kann auf den endgültigen Ablauf einer Reaktion nur dann einen Einfluß haben, wenn gleichzeitig mit der Hauptreaktion ein zweiter Vorgang sich abspielt, der störend in die Hauptreaktion eingreift. Bei dem bactericiden Plattenversuch ist dieser zweite Vorgang in der Vermehrung des Antigens zu suchen; bei dem hämolytischen Versuch fehlt dieses Moment, infolgedessen spielt die Bindungsgeschwindigkeit für die Amboceptorwirkung bei der Hämolyse in der üblichen Versuchsanordnung keine Rolle.

Nun aber gibt es bei der Hämolyse eine Nebenreaktion, die störend in die Komplementwirkung eingreift. Nach den Untersuchungen von Liefmann[1]) und anderen Autoren ist nach Ablauf der Hämolyse der größte Teil des Komplements noch erhalten. Fügt man den Röhrchen sofort nach Eintritt der Hämolyse eine zweite Portion sensibilisierter Blutkörperchen zu, so werden auch diese gelöst. Läßt man aber vor der Zufügung dieser zweiten Portion die Röhrchen einige Zeit bei 37° stehen, so tritt keine Lösung mehr ein. Daraus folgt, daß zur eigentlichen Hämolyse nur ein kleiner Teil des zugefügten Komplements verbraucht wird. Der größte Teil wird erst nach Abschluß der Hämolyse zum Verschwinden gebracht. Auf das Wesen dieser sogenannten methaemolytischen Reaktion soll hier nicht eingegangen werden. Daß diese Beobachtung einer nachträglichen Komplementbindung bei der Hämolyse den Tatsachen entspricht, darüber herrscht aber wohl kein Zweifel. Nun ist es nicht wahrscheinlich, daß die

[1]) Liefmann. Zeitschr. f. Immunitätsforschung. Orig. Bd. 16, S. 503.

Reaktion erst nach vollendeter Hämolyse einsetzt, man kann wohl annehmen, daß sie schon nach der Auflösung des ersten roten Blutkörperchens beginnt. Es wird also bei der Hämolyse — und dasselbe gilt wahrscheinlich auch für die Bakteriolyse — die zugefügte Komplementmenge in zwei Portionen verbraucht, von denen die eine die Auflösung des Antigens veranlaßt, die zweite bei der Nebenreaktion gebunden wird. Je schneller nun das Komplement zu den mit Amboceptoren beladenen Blutkörperchen gelangt, um so größer wird die zur Hämolyse verbrauchte Komplementportion werden, auf Kosten des für die methaemolytische Reaktion verbleibenden Restes. Soll also mit einer möglichst kleinen Komplementmenge möglichst viel Blut gelöst werden, so muß die Bindungsgeschwindigkeit ebenfalls möglichst groß sein. Unter den Faktoren, die bei der Bindung des Komplements an ein sensibilisiertes Antigen die Bindungsgeschwindigkeit zu steigern vermögen, fällt im Gegensatz zu der Amboceptorbindung die Größe des Antigens fort; denn ob der Amboceptor, zu dem das Komplement gelangen muß, an einem Blutkörperchen oder an einem Bakterium sitzt, ist gleichgültig. Es kommt hier allein darauf an, die räumliche Trennung zwischen Komplement und verankertem Amboceptor zu verringern. Dies ist einmal dadurch zu erreichen, daß Amboceptor und Komplement auf einen kleinen Raum zusammen gedrängt werden, mit anderen Worten dadurch, daß man die Reaktion in einem möglichst kleinen Flüssigkeitsvolumen ablaufen läßt. Dies ist der Fall bei der Schellerschen Versuchsanordnung. Ohne weiteres verständlich ist es, daß die Schellerschen Befunde nur innerhalb einer gewissen Grenze Gültigkeit haben; steigert man das Flüssigkeitsvolumen über eine gewisse Grenze hinaus, so ist eine weitere Vermehrung des Komplements nicht mehr nötig. Offenbar kann von einer bestimmten Blutkörperchenmenge nur eine bestimmte Quantität Komplement zur methämolytischen Reaktion verbraucht werden. Ist diese Menge erreicht, so hat eine weitere Steigerung des Flüssigkeitsvolumens keinen störenden Einfluß mehr auf die Reaktion.

Die zweite Methode, die räumliche Trennung zwischen Amboceptor und Komplement zu vermindern, besteht darin, daß man bei gleich bleibender Komplementkonzentration dem Komplement eine größere Anzahl verankerter Amboceptoren zur Verfügung stellt. Dies ist auf zwei Wegen möglich:

1. Man verankert an das einzelne rote Blutkörperchen möglichst viele Amboceptoren, mit anderen Worten, man sensibilisiert es stärker. Dem entspricht die schon lange bekannte Tatsache, daß stärker sensibilisierte Blutkörperchen zur Auflösung weniger Komplement gebrauchen, als schwach sensibilisierte. Überschreitet aber die Zahl der an ein Blutkörperchen verankerten Amboceptoren ein Optimum, so wird wiederum das eintreten, was schon oben zur Erklärung der Wirkungsweise konzentrierter Serumlösungen auf dichte Bakterienemulsionen herangezogen wurde: es werden einzelne Blutkörperchen durch ihren Amboceptorenreichtum mehr Komplement an sich reißen, als zu ihrer Auflösung notwendig ist, so daß für andere nichts mehr übrig bleibt. Dem entspricht die Beobachtung, daß bei zu starker Sensibilisierung die Komplementmenge wiederum gesteigert werden muß, damit komplette Hämolyse eintritt.

2. Der zweite Weg, den man einschlagen kann, um dem Komplement in gewisser Konzentration viele verankerte Amboceptoren zur Verfügung zu stellen, ist der, daß man zwar das einzelne Blutkörperchen nicht übermäßig sensibilisiert, daß man aber die Zahl der sensibilisierten roten Blutkörperchen im gleichen Flüssigkeitsvolumen steigert. Dies ist bei den schon oben erwähnten Versuchen von Kiss, sowie von Liefmann und Andreew der Fall, bei denen durch eine bestimmte Komplementmenge eine bestimmte kleine Blutmenge nicht komplett gelöst wurde, während durch dieselbe Komplementdosis ein vielfaches Multiplum gleich stark sensibilisierter Blutkörperchen gelöst werden konnte, wenn eine viel größere Blutmenge hinzugefügt wurde. Wird dem hämolytischen Komplement Gelegenheit geboten, sich zu gleicher Zeit an eine größere Zahl von Blutkörperchen zu binden und diese aufzulösen, so wird eben eine größere Komplementmenge für die Hämolyse selbst verbraucht, während bei langsamerer Bindung und Lösung die methämolytische Reaktion einen größeren Komplementanteil in Anspruch nimmt. Dasselbe gilt, wie aus Tabelle II hervorgeht, auch für das bakteriolytische Komplement.

Wie oben schon auseinander gesetzt wurde, ist in Tabelle II zwischen der einfachen und zehnfachen Antigenmenge kein Unterschied hinsichtlich der Wirkung des Komplements, erst bei einer weiteren Steigerung der Antigendosis tritt eine gewisse Beziehung zwischen Antigenmenge und Komplementmenge hervor. An sich ist es nun, wenn man der Ehrlichschen Theorie folgt, wahrscheinlich, daß die zehnfache Antigenmenge mehr Komplement zur Auflösung benötigt, als die einfache. Aber durch die größere Dichte der Bakterienemulsion bei der zehnfachen Antigenmenge ist die Bindungsgeschwindigkeit des Komplements an das sensibilisierte Antigen größer als bei der einfachen Antigenmenge, dadurch wird bewirkt, daß das Komplement vorwiegend zur Auflösung der Keime selbst, weniger zu der Nebenreaktion verbraucht wird, so daß sich der Unterschied der zur kompletten Reaktion nötigen Komplementmengen ausgleicht. Je dichter die Emulsion wird, um so mehr tritt, wie oben auseinandergesetzt wurde, dieser Faktor zurück, so daß bei großen Antigenmengen die quantitativen Abhängigkeitsbeziehungen zwischen Antigen und Komplement deutlicher hervortreten.

## Zusammenfassung:

1. Das bakteriolytische Komplement wirkt wie das hämolytische nicht nach seinen absoluten Mengen, sondern annähernd nach dem Grade seiner Verdünnung.

2. Zwischen der Antigenmenge und der zur Lösung notwendigen Komplementmenge bestehen im bactericiden Plattenversuch gewisse quantitative Beziehungen, die aber nur bei größeren Antigenmengen deutlich in die Erscheinung treten.

3. Zwischen der Amboceptormenge und der Antigenmenge treten dagegen im bactericiden Versuch sehr enge Abhängigkeitsverhältnisse zutage, die im großen ganzen, wenn auch nicht vollkommen genau, dem Gesetz der Multipla folgen.

4. Im bactericiden Plattenversuch wirkt der Amboceptor nicht nach seiner absoluten Menge, sondern annähernd nach dem Grade seiner Verdünnung.

5. Dieser Unterschied im Verhalten des bakteriolytischen und des hämolytischen Amboceptors, der im wesentlichen nach seiner absoluten Menge wirkt, ist bedingt einerseits durch die Vermehrung der Bakterien während des Versuches, anderseits durch die geringere Bindungsgeschwindigkeit der Amboceptoren im größeren Flüssigkeitsvolumen.

6. Auch bei der Komplementwirkung spielt die Bindungsgeschwindigkeit eine Rolle in Verbindung mit der die Hämolyse bezw. Bakteriolyse begleitenden komplementbindenden Nebenreaktion.

7. Die Ehrlichsche Auffassung einer chemischen Bindung des Komplements an den Amboceptor bei den Immunitätsreaktionen besteht zu Recht. Die scheinbare Abweichung im Verhalten des Komplements von den Gesetzen der chemischen Bindung kommt dadurch zustande, daß bei den lytischen Immunitätsreaktionen gleichzeitig und nacheinander mehrere Komplement verbrauchende Prozesse sich abspielen, die sich gegenseitig stören.

# Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des gesalzenen Seefischrogens.

Von

Technischem Rat **A. Weitzel,**

Ständigem Mitarbeiter im Kaiserl. Gesundheitsamte.

---

Die Herstellung des als Köder für den Sardinenfang und als Nahrungsmittel Verwendung findenden gesalzenen Seefischrogens wird schon seit längerer Zeit an der norwegischen Küste und neuerdings auch an anderen Stellen betrieben. Sie geht, soweit bekannt geworden, Hand in Hand mit der Herstellung des Stock-, Klipp- und Salzfisches aus verschiedenen Seefischarten, wie Schellfisch, Kabeljau und Seelachs (Köhler), indem die hierbei gewonnenen Ovarialsäcke mit Kochsalz in Fässern trocken eingepökelt werden. In dieser Packung gelangt der Rogen in den Handel.

Dem Gesundheitsamte waren von verschiedenen Seiten Proben von gesalzenem Seefischrogen zu Untersuchungszwecken zur Verfügung gestellt worden, in einigen Fällen hatte der Verfasser Gelegenheit, Proben aus eben erst geöffneten Vorratstonnen von 130—150 kg Inhalt an Ort und Stelle zu entnehmen.

Die genannten Proben waren von verschiedener Größe, das Gewicht der einzelnen Ovarialsäcke (18 an der Zahl) schwankte zwischen 212 g und 1095 g und betrug im Mittel 612 g. Die mit Kochsalzkristallen mehr oder weniger bedeckten Proben machten durchweg einen durchaus appetitlichen Eindruck, hatten eine rötliche Farbe, zeigten im Innern oft noch einen violetten, nicht ganz durchgepökelten Kern und waren vor allem frei von dem durchdringenden, dem Klippfisch noch anhaftenden Fischgeruch. Auch der Geschmack des Rogens, der, wie dies weiter unten beschrieben ist, vor seiner Verwendung als Nahrungsmittel entsprechend gewässert werden muß, ließ, abgesehen von einem auch nach dem Wässern noch vorhandenen Salzgeschmack, nichts zu wünschen übrig. Wurde der Rogen zerlegt und vor und nach dem Wässern 15 bis 20 Minuten in siedendem Wasser gehalten, so ging die ursprüngliche rötliche Farbe in Weiß über, wenigstens an den Stellen, wo die Kochtemperatur lange genug eingewirkt hatte. Der gesottene Rogen hatte ein noch gefälligeres Aussehen als der rohe Rogen. Sein Geschmack war, ebenfalls von dem Salzgeschmack abgesehen, angenehm und in keiner Weise fischig.

Die chemische Untersuchung der verschiedenen Rogenproben wurde im physiologisch-pharmakologischen Laboratorium des Gesundheitsamts in der Weise ausgeführt,

daß analog den vor einiger Zeit im Gesundheitsamte untersuchten Klippfischen[1]) einesteils in dem ungewässerten Rogen, der ursprünglichen Marktware, andernteils in dem verschieden lange gewässerten Rogen die Trockensubstanz und in dieser die Menge der Stickstoffsubstanzen (Eiweißstoffe, leimgebenden Stoffe usw.), der Gesamtasche, des Kochsalzes und des Fettes (der ätherlöslichen Substanz) bestimmt wurde und zwar nach den im physiologisch-pharmakologischen Laboratorium des Gesundheitsamtes bei der Ausführung von Stoffwechselversuchen usw. geübten Verfahren[2]).

Als Ausgangsmaterial für die einzelnen Analysen diente die aus den verschiedenen gewässerten und ungewässerten Proben hergestellte lufttrockene Substanz.

Zur Wässerung der 15,4 bis 20,1%, im Mittel 16,9% Kochsalz enthaltenden Proben wurde ein mit den ursprünglichen, unzerkleinerten Ovarialsäcken beschicktes Draht- bezw. Gazesieb an dem oberen Rande eines 5 bis 10 Liter haltenden zylindrischen Glasgefäßes befestigt und das Glas so weit mit Leitungswasser gefüllt, daß der Rogen völlig unter Wasser stand. Die Wässerung wurde — abgesehen von einigen orientierenden Versuchen, in denen auch eine 1- und 24stündige Wässerung stattfand — nicht über 5 Stunden ausgedehnt und im späteren Verlauf der Versuche, um den Proben möglichst wenig Stickstoffsubstanzen zu entziehen, auf 2 Stunden beschränkt. Bei der 2- und 5stündigen Wässerung wurde das Wasser stündlich gewechselt und bei der nur einmal ausgeführten 24 stündigen Wässerung nur während der ersten 6 Stunden das Wasser stündlich erneuert. Die den Proben etwa anhaftenden mechanischen Verunreinigungen wurden beim ersten Wasserwechsel durch Waschen entfernt.

Die einmal versuchsweise mit den in fingerbreite Scheiben zerschnittenen Proben ausgeführte Wässerung, um so den Rogen möglichst weitgehend zu entsalzen, wurde nicht wiederholt. Die Entsalzung des Rogens ging hier wohl in gewünschter Weise vor sich, dagegen war der Verlust an Eiweiß, der durch die an den Außenflächen der zerschnittenen Proben abgebröckelten und aufgelösten Eier entstanden war, so bedeutend, daß er z. B. bei einer Wässerung von 24 Stunden Dauer mehr als die Hälfte, rund 53% der ursprünglichen Menge ausmachte. Ein Beweis für das gesteigerte Schwinden von Eiweiß bei Verwendung von in Scheiben zerschnittenen Proben mag auch darin erblickt werden, daß das Gewicht der in dieser Form gewässerten Proben nach der Wässerung stets niedriger, das der unzerkleinerten Proben dagegen nach der Wässerung stets höher war, als das Gewicht der Proben vor dem Wässern.

Um deshalb den bei der Wässerung der Proben unvermeidbaren Verlust an Eiweiß möglichst niedrig zu halten, wurden nur die unzerkleinerten Ovarialsäcke gewässert und die Wässerung selbst auf die angegebene Stundenzahl beschränkt.

Bei dieser Versuchsanordnung konnte eine Entsalzung des Rogens freilich nur zum Teil erzielt werden, sie erstreckte sich im wesentlichen nur auf die äußeren

---

[1]) A. Weitzel, Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Klippfisches. Mitt. d. Deutsch. Seefischerei-Ver. 1915, Nr. 1/3.

[2]) A. Weitzel, Die bei Stoffwechselversuchen am Menschen und Tier zur chemischen Untersuchung der verabfolgten Nahrungsmittel und der Ausscheidungsprodukte angewendeten Verfahren. Diese Arbeiten, Bd. 43, 1912, S. 304.

Tabelle 1. Ergebnisse der chemischen Untersuchung von gesalzenem Seefischrogen im ungewässerten und gewässerten Zustande[1]).

| Die zur chemischen Untersuchung verwendete Form des Rogens | In 100 g Rogen wurden gefunden | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Trockenrückstand g | Stickstoff-[2]) substanzen (Eiweiß) g | Asche g | Kochsalz g | Äther-[3]) lösliche Substanz (Fett) g | Trockenrückstand g | Stickstoffsubstanzen (Eiweiß) g | Asche g | Kochsalz g | Ätherlösliche Substanz (Fett) g |
| | Probe I. 3 Ovarialsäcke von 1095 g, 840 g und 815 g | | | | | Probe II. 3 Ovarialsäcke von 510 g, 530 g und 470 g | | | | |
| Ungewässert . . . | 52,52 | 25,18 | 21,00 | 20,12 | 2,00 | 49,20 | 26,00 | 16,93 | 15,35 | 2,39 |
| 1 Stunde gewässert | — | — | — | — | — | 27,56 | 20,31 | 3,20 | 2,26 | 1,57 |
| 2 Stunden „ | 41,14 | 23,73 | 12,22 | 11,55 | — | 27,08 | 19,62 | 3,18 | 2,20 | 1,52 |
| 5 „ „ | 30,12 | 17,81 | 7,68 | 7,16 | 1,60 | 21,82 | 17,19 | 1,02 | 0,38 | 0,89 |
| 24 „ „ | 16,10 | 11,87 | 0,95 | 0,84 | 1,27 | — | — | — | — | — |
| | Probe III. 3 Ovarialsäcke von 304 g, 350 g und 548 g | | | | | Probe IV. 2 Ovarialsäcke von 445 g und 675 g | | | | |
| Ungewässert . . . | 49,58 | 25,25 | 18,64 | 16,72 | 1,96 | 46,31 | 24,13 | 18,49 | 16,73 | 1,65 |
| 2 Stunden gewässert | 35,89 | 18,14 | 13,34 | 11,90 | 1,31 | 42,08 | 23,42 | 12,65 | 11,48 | 1,52 |
| 5 „ „ | 37,11 | 22,64 | 10,17 | 8,57 | 1,22 | 36,13 | 21,16 | 10,13 | 8,92 | 1,38 |
| | Probe V. 1 Ovarialsack von 212 g | | | | | Probe VI. 1 Ovarialsack von 1032 g | | | | |
| Ungewässert . . . | — | — | — | — | — | 46,72 | 23,63 | 18,18 | 16,35 | 1,78 |
| 2 Stunden gewässert | 41,77 | 21,25 | 15,59 | 14,02 | 1,74 | — | — | — | — | — |
| | Probe VII. 1 Ovarialsack von 1037 g | | | | | Probe VIII. 1 Ovarialsack von 673 g | | | | |
| Ungewässert . . . | 46,75 | 23,31 | 18,12 | 16,42 | 1,80 | — | — | — | — | — |
| 2 Stunden gewässert | — | — | — | — | — | 43,62 | 24,00 | 14,26 | 12,42 | 1,78 |
| | Probe IX. 1 Ovarialsack von 349 g | | | | | Probe X. 1 Ovarialsack von 300 g | | | | |
| 2 Stunden gewässert | 40,41 | 22,50 | 13,35 | 11,62 | 1,68 | 39,14 | 22,13 | 11,97 | 10,61 | 1,60 |
| | Probe XI. 1 Ovarialsack von 503 g | | | | | | | | | |
| 2 Stunden gewässert | 43,84 | 24,32 | 14,50 | 12,93 | 1,83 | | | | | |

[1]) Die Proben I bis IV sind dem Gesundheitsamte zugestellt worden, die Proben V bis XI wurden an zwei verschiedenen Stellen von dem Verfasser entnommen. Die Proben VI bis XI stammten aus der gleichen Entnahmestelle. Die Proben V, VIII und IX waren unmittelbar vor der Entnahme 2 Stunden an der Entnahmestelle gewässert und aus einer größeren Anzahl gewässerter Ovarialsäcke ausgewählt worden. Im übrigen erfolgte die Wässerung im Laboratorium.

Bei der 5- und 24stündigen Wässerung der Probe I und der 1-, 2- und 5stündigen Wässerung der Probe II wurden die Proben in fingerbreite Streifen zerschnitten, in allen anderen Fällen wurden die ursprünglichen unzerkleinerten Proben zu der Wässerung verwendet.

Die bei Probe III gefundenen Werte sind nicht untereinander vergleichbar, weil zu den Analysen der ungewässerten und gewässerten Proben nicht eine Durchschnittsprobe der 3 Ovarialsäcke dieser Probe, sondern je 1 Ovarialsack für die Untersuchung der ungewässerten und der beiden gewässerten Proben benutzt worden war.

[2]) Die Werte für die Stickstoffsubstanzen sind berechnet aus den nach dem Verfahren von Kjeldahl ermittelten Werten für Stickstoff durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25.

[3]) Die ätherlösliche Substanz wurde durch 6stündige Extraktion im Soxhlet-Apparat bestimmt.

Schichten, während dem inneren Kern der Ovarialsäcke kaum oder nur ganz geringe Mengen Salz entzogen wurden. Die auf diese Weise nur unvollständig erreichte Entsalzung der ganzen Ovarialsäcke muß aber in den Kauf genommen werden, wenn der Eiweißgehalt des Rogens dabei nur verhältnismäßig wenig abnehmen soll.

Was nun die Herstellung der zu den Analysen verwendeten lufttrocknen Substanz anlangt, so wurden die ungewässerten sowohl wie die gewässerten Proben mit der Schere in kleine Stücke zerschnitten, auf dem Wasserbade und in dem Wassertrockenkasten so weit getrocknet, bis sie sich bequem zerreiben ließen, hierauf nach halbstündigem Stehen an der Luft auf der Pulvermühle zu Pulver zermahlen und als solches zu den Analysen benutzt.

Die Analysenergebnisse im einzelnen sind in der vorstehenden Tabelle 1 (Seite 363) zusammengestellt.

Die in der Tabelle 2 aus den für den ungewässerten, 2 und 5 Stunden gewässerten Rogen in Betracht kommenden Zahlen der Tabelle 1 berechneten Durchschnittswerte und die aus letzteren auf Prozente berechneten, bei der Wässerung entstandenen mittleren Verluste gewähren einen Überblick über das Gesamtergebnis der Untersuchungen.

Tabelle 2. Zusammenstellung der in Tabelle 1 enthaltenen Einzelwerte, der daraus berechneten Mittelwerte und der infolge der Wässerung entstandenen durchschnittlichen Verluste (in Prozenten).

| Auf 100 g Rogen berechnete | Trockenrückstand | | | Stickstoffsubstanzen (Eiweiß) | | | Asche | | | Kochsalz | | | Ätherlösliche Substanz (Fett) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ungewässerter Rogen g | 2 Stunden gewässerter Rogen g | 5 Stunden gewässerter Rogen g | Ungewässerter Rogen g | 2 Stunden gewässerter Rogen g | 5 Stunden gewässerter Rogen g | Ungewässerter Rogen g | 2 Stunden gewässerter Rogen g | 5 Stunden gewässerter Rogen g | Ungewässerter Rogen g | 2 Stunden gewässerter Rogen g | 5 Stunden gewässerter Rogen g | Ungewässerter Rogen g | 2 Stunden gewässerter Rogen g | 5 Stunden gewässerter Rogen g |
| Einzelwerte | 52,52 | 41,14 | 30,12 | 25,18 | 23,73 | 17,81 | 21,00 | 12,22 | 7,68 | 20,12 | 11,55 | 7,16 | 2,00 | 1,52 | 1,60 |
| | 49,20 | 27,08 | 21,82 | 26,00 | 19,62 | 17,19 | 16,93 | 3,18 | 1,02 | 15,35 | 2,20 | 0,38 | 2,39 | 1,31 | 0,89 |
| | 49,58 | 35,89 | 37,11 | 25,25 | 18,14 | 22,64 | 18,64 | 13,34 | 10,17 | 16,72 | 11,90 | 8,57 | 1,96 | 1,52 | 1,22 |
| | 46,31 | 42,08 | 36,13 | 24,13 | 23,42 | 22,16 | 18,42 | 12,65 | 10,13 | 16,73 | 11,48 | 8,92 | 1,65 | 1,74 | 1,38 |
| | 46,72 | 41,77 | — | 23,63 | 21,25 | — | 18,18 | 15,59 | — | 16,35 | 14,02 | — | 1,78 | 1,78 | — |
| | 46,75 | 43,62 | — | 23,13 | 24,00 | — | 18,12 | 14,26 | — | 16,42 | 12,42 | — | 1,80 | 1,68 | — |
| | — | 40,41 | — | — | 22,50 | — | — | 13,35 | — | — | 11,62 | — | — | 1,60 | — |
| | — | 39,14 | — | — | 22,13 | — | — | 11,97 | — | — | 10,62 | — | — | 1,83 | — |
| | — | 43,84 | — | — | 24,32 | — | — | 14,50 | — | — | 12,93 | — | — | — | — |
| Mittelwerte | **48,5** | **39,4** | **31,3** | **24,6** | **22,1** | **19,7** | **18,6** | **12,3** | **7,3** | **16,9** | **11,0** | **6,3** | **1,9** | **1,6** | **1,3** |
| | Mittelwerte der durch die Wässerung entstandenen Verluste, in Prozenten ausgedrückt. | | | | | | | | | | | | | | |
| | — | **18,8** | **35,5** | — | **10,2** | **19,9** | — | **33,9** | **60,8** | — | **34,9** | **62,7** | — | **16,0** | **32,0** |

Der gesalzene Fischrogen weist also nicht nur im ungewässerten, sondern auch im zweckmäßig gewässerten Zustand einen hohen Gehalt an Stickstoffsubstanzen auf. Durch 2stündiges Wässern ging der Eiweißgehalt von

im Mittel 24,6% (23,13—26,00%) auf 22,1% (18,14—24,32%) herab; bei 5stündigem Wässern sank er auf rund 20% (17,19—22,64%).

Der Aschengehalt ist infolge eines hohen Anteiles an Kochsalz selbstverständlich sehr hoch; zieht man indessen bei dem ungewässerten Rogen von dem für die Asche gefundenen Werte den für Kochsalz ermittelten ab, so kommt man zu 1,7% Asche, einer Zahl, die ungefähr mit der von Rimini[1]) im Rogen des Kabeljau gefundenen Menge Asche von 2,05% übereinstimmt. Bei den gewässerten Proben wird allerdings der Unterschied zwischen Asche und Kochsalz (= Asche des natürlichen, ungesalzenen Rogens) je nach der Dauer der Wässerung immer geringer; die Auslaugung bei der Wässerung beschränkt sich also nicht lediglich auf Entfernung des Kochsalzes, sondern greift auch auf die im Rogen enthaltenen, ursprünglichen löslichen Salze über, wie dies auch beim längeren Wässern des Klippfisches[2]) gefunden wurde.

Der bei einer 2stündigen Wässerung des Rogens von 16,9 auf 11% herabgedrückte Kochsalzgehalt des Rogens ist immer noch sehr hoch und übersteigt in erheblichem Maße denjenigen der sonst als Nahrungsmittel verwendeten Eiweißträger, besonders auch den der als Nahrungsmittel hergerichteten übrigen Fischkonserven.

Da indessen der gewässerte rohe oder gekochte Rogen für sich allein als Nahrungsmittel kaum in Frage kommt, sondern wohl hauptsächlich nur in Form fertiger Gerichte, z. B. als Salat oder Rogensuppen genossen wird, so kann durch eine richtige Mischung des Rogens mit anderen Nahrungsmitteln bei der küchenmäßigen Zubereitung der Rogengerichte ihr Salzgehalt auf die normale Menge eingestellt und so der starke Salzgeschmack des Rogens herabgemindert werden. Hinsichtlich des Fettgehaltes sei schließlich noch bemerkt, daß der gesalzene Rogen ein Fettträger wie der Kaviar nicht ist. Die in den eigenen Untersuchungen ermittelten Durchschnittswerte aus ungewässertem und 2 Stunden gewässertem Rogen von 1,9 und 1,6% Fett stimmen überein mit dem von Rimini im Rogen des Kabeljau gefundenen Fettgehalte von 1,8%.

Der verhältnismäßig hohe Verlust an Fett durch das Wässern ist bei dem an und für sich niedrigen Gehalt des gesalzenen Fischrogens praktisch ohne Belang,

---

[1]) E. Rimini, Über einige Konserven von Fischrogen. (Staz. sperim. agrar. Ital. 1903, **36**. Referat: Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- und Genußmittel 1904, 7. Bd., S. 232.) Hiernach fand R. in drei Rogenarten folgende Werte:

| Nähere Bezeichnung | Wasser % | Fett % | Extraktivstoffe % | Asche (Mineralstoffe) % | Kochsalz % | Gesamt-Stickstoff % | Protein-Stickstoff % | Protein (N × 6,25) % | Säure = Ölsäure % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Meeräsche-Rogen . . | 16,5 | 28,0 | 9,2 | 4,8 | 1,2 | 7,3 | 6,6 | 41,3 | 3,9 |
| Thunfisch-Rogen . . | 34,7 | 18,0 | 5,8 | 13,7 | 11,1 | 5,2 | 4,5 | 28,3 | 6,95 |
| Kabeljau-Rogen . . . | 70,4 | 1,8 | 2,4 | 2,1 | 0,1 | 4,0 | 3,8 | 24,0 | 1,2 |

[2]) Weitzel a. a. O.

insbesondere gegenüber dem Fettgehalt des Kaviars, in dem z. B. Köpke[1]) bei Untersuchung von 12 verschiedenen Proben einen Durchschnittswert von 15,4% Fett ermittelte und für den König[2]) einen mittleren Fettwert von 13,98% angibt.

Der gesalzene Fischrogen, der rund zur Hälfte aus Wasser besteht, kann also den eiweißreichen und fettarmen Nahrungsmitteln zugerechnet werden; sein auch nach der Wässerung hoher Kochsalzgehalt läßt sich bei der küchenmäßigen Verarbeitung mit anderen Lebensmitteln zu Speisen ausgleichen.

Berlin, Januar 1916.

---

[1]) Köpke, Über die Bestimmung von Konservierungsmitteln im Kaviar. Diese Arbeiten. Band **50**, 1915, S. 31. Köpke bringt folgende tabellarische Zusammenstellung der von ihm gefundenen Werte:

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stickstoffsubstanz in Prozenten | 24,29 | 25,20 | 25,29 | 26,38 | 23,75 | 26,12 | 27,88 | 27,12 | 25,31 | 26,19 | 26,44 | 27,19 |
| Fett in Prozenten . . . . . | 14,00 | 15,91 | 13,90 | 17,15 | 12,80 | 16,44 | 14,74 | 15,52 | 16,49 | 16,62 | 15,26 | 16,19 |
| Wasser in Prozenten . . . . | 45,43 | 49,82 | 46,67 | 50,66 | 44,37 | 50,19 | 55,59 | 53,04 | 54,54 | 53,02 | 53,85 | 46,63 |
| Asche in Prozenten . . . . | 3,27 | 4,37 | 3,81 | 3,65 | 4,07 | 4,09 | — | — | — | — | — | — |
| Darunter: Kochsalz in Prozenten | 1,52 | 2,16 | 1,83 | 1,58 | 2,31 | 2,03 | 2,57 | 3,66 | 2,28 | 1,93 | 2,71 | 9,09 |

[2]) König, Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel usw. 4. Aufl., II. Band, S. 572. K. gibt hier folgende prozentische Mittelwerte für Kaviar an: 29,34 Stickstoffsubstanz, 13,98 Fett, 47,96 Wasser, 7,42 Asche und 6,18 Kochsalz.

Ende des 3. Heftes.

Abgeschlossen am 3. März 1916.

# Über den Wert der Kohlejodbehandlung echter Typhusbacillenträger.

Von

**Dr. Hermann v. Hövell,**

Kgl. Kreisassistenzarzt in Berlin,

ehemaligem Assistenten beim Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten in Saarbrücken.

Das Ideal der Typhusbekämpfung ist die Unschädlichmachung derjenigen Personen, die die Krankheitserreger des Typhus in sich beherbergen und ihre Umgebung dadurch gefährden, also der Kranken, der Dauerausscheider und der Bacillenträger. Am gefährlichsten sind für die Verbreitung der Krankheit die anscheinend gesunden Bacillenträger. Die vorbeugenden gesundheitspolizeilichen Maßnahmen ihnen gegenüber sind leider nur unzureichend.

Die therapeutischen Bestrebungen zur Entkeimung der Typhusbacillenträger sind, soweit sie sich auf chemotherapeutischem Gebiete bewegten, bis vor kurzem trotz emsigster wissenschaftlicher Arbeit erfolglos geblieben, was man ebenso auch von der chirurgischen Therapie der Bacillenträger — als solche wurde die Cholecystektomie versucht — behaupten darf.

Die Bedeutung der Frage der Heilung der Bacillenträger erhellt schon rein äußerlich daraus, daß ein Preis von 10000 M für die Lösung dieser Aufgabe ausgeworfen wurde. Die meisten Vorschläge zur Entkeimung der Bacillenträger sind auf Grund von Tierversuchen, wobei durch Injektion von Typhusbouillonkulturen in die Gallenblase die Tiere künstlich zu Bacillenträgern gemacht und dann mit verschiedenen chemischen Stoffen behandelt wurden, gemacht worden. Neuerdings berichtete Kalberlah in Nr. 21 der Med. Klinik 1915 über geradezu verblüffende Heilerfolge von 5 menschlichen Bacillenträgern durch eine kombinierte Kohlejodbehandlung.

Es lag natürlich für uns, die wir inmitten des Typhusbekämpfungsgebietes fast täglich mit Bacillenträgern uns zu befassen haben, nahe, eine Nachprüfung des Kalberlahschen Verfahrens ins Werk zu setzen. Wir kennen unsere Bacillenträger schon lange und sind daher mit allen ihren Schlichen wie Einsendung falschen Materiales in der Hoffnung, durch dauernd negative Resultate eine Streichung aus der Bacillenträgerliste und ein Aufhören der ihnen lästigen, gesundheitspolizeilichen Überwachung zu erreichen, wohl vertraut, mußten also bei der Anordnung der Versuchsreihe mit ihnen besondere Vorsicht walten lassen, um keine falschen Schlüsse zu

ziehen. Die Behandlung ging daher in der Weise vor sich, daß die in Betracht kommenden Personen sich 3 mal zu uns in das Institut für Hygiene und Infektionskrankheiten begeben und dort in bereitgestellte Nachtgeschirre ihre Entleerungen absetzen mußten. Bei positivem Typhusbefund im Stuhl wurde ihnen dann nebst genauer Gebrauchsanweisung die Kohle und die Jodtinktur für 14 Tage ausreichend verabfolgt und sie angehalten, nach Ablauf der 14 Tage sich wiederum zur 3 maligen Stuhlentleerung im Institut einzufinden.

Von den 10 Versuchspersonen kamen zunächst 4 dadurch in Wegfall, daß bei ihnen zur Zeit keine Typhusbacillen nachgewiesen werden konnten, das sie sich zufällig in einer Pause der Ausscheidung befanden.

Bei den 6 übrigen Fällen, welche im folgenden aufgeführt sind, konnten wir nach 14tägiger Kohlejodbehandlung, welche bezüglich der Dosierung genau nach Kalberlahs Angaben durchgeführt wurde (3- bis 5mal täglich 7 bis 15 Tropfen Jodtinktur und 5mal täglich 1 gestrichener Teelöffel Carbo animalis Merck), stets wieder mit Leichtigkeit das Vorhandensein von Typhusbacillen im Stuhle feststellen, ja selbst in solchen Stühlen, welche durch Kohle schwarz gefärbt waren, fanden sich reichlich Typhusbacillen. Die beobachteten Fälle sind folgende:

Fall 1. Frau N. Bacillenträgerin seit März 1910. Vor der Behandlung Stuhluntersuchungen am 12. Oktober, 26. November und 1. Dezember 1915: Typhus positiv. Kohlejodbehandlung vom 1. Dezember bis 14. Dezember 1915. Nach der Behandlung Stuhluntersuchungen am 15. Dezember 1915 und 12. Januar 1916: Typhus positiv.

Fall 2. Frau Schm. Bacillenträgerin seit August 1914. Vor der Behandlung Stuhluntersuchungen am 13. Oktober, 21. Oktober und 4. November 1915: Typhus positiv. Kohlejodbehandlung vom 4. bis 19. November 1915. Nach der Behandlung Stuhluntersuchungen am 19. November, 23. November und 6. Dezember 1915: Typhus positiv.

Fall 3. Frau Sch. Bacillenträgerin seit Oktober 1904. Vor der Behandlung Stuhluntersuchungen am 3., 12. und 21. Oktober 1915: Typhus positiv. Kohlejodbehandlung vom 25. Oktober bis 8. November 1915. Nach der Behandlung Stuhluntersuchungen am 12. und 18. November 1915: Typhus positiv.

Fall 4. Frau St. Bacillenträgerin seit Oktober 1914. Vor der Behandlung Stuhluntersuchungen am 5. Oktober, 10. und 28. November 1915: Typhus positiv. Kohlejodbehandlung vom 28. November bis 12. Dezember 1915. Nach der Behandlung Stuhluntersuchungen am 12. und 15. Dezember 1915: Typhus positiv.

Fall 5. Herr W. Bacillenträger seit November 1908. Vor der Behandlung Stuhluntersuchungen am 8., 14. und 28. Oktober 1915: Typhus positiv. Kohlejodbehandlung vom 28. Oktober bis 13. November 1915. Nach der Behandlung Stuhluntersuchung am 30. November 1915: Typhus positiv.

Fall 6. Frau Z. Bacillenträgerin seit April 1909. Vor der Behandlung Stuhluntersuchungen am 9. Oktober 1915: Typhus positiv, am 18. und 22. November 1915: Typhus negativ. Kohlejodbehandlung vom 22. November bis 4. Dezember 1915. Nach der Behandlung Stuhluntersuchung am 6. Dezember 1915: Typhus positiv.

Nebenbei sei bemerkt, daß die Personen bis auf eine, welche über Übelkeit und Erbrechen klagte, die Kohle und auch die hohen Dosen von Jodtinktur gut vertrugen.

Sehr auffallend auf den ersten Blick ist es, daß unsere negativen Ergebnisse der Kohlejodbehandlung in einem absoluten Gegensatz zu den guten Erfolgen Kalberlahs stehen. Dieser Gegensatz erklärt sich jedoch durch den von Kalberlah und uns verschieden aufgefaßten Begriff des Bacillenträgers. Ursprünglich definierte Robert Koch als „Bacillenträger" solche Personen, in deren Ausscheidungen sich die Typhusbacillen fanden, ohne daß die betreffenden Personen an Typhus erkrankt gewesen waren, während man als „Dauerausscheider" diejenigen Personen bezeichnete, welche nach erfolgter klinischer Genesung von Typhus die Krankheitserreger noch weiter in sich beherbergen und mit ihren Entleerungen — Stuhl und Urin — ausscheiden. Diese Unterscheidung zwischen Bacillenträgern und Dauerausscheidern hat sich nun im Sprachgebrauch insofern verwischt, als man auch die Personen, welche nach erfolgter klinischer Genesung vom Typhus dauernd im Stuhl oder Urin Bacillen ausscheiden, Bacillenträger nennt, der Begriff des Bacillenträgers hat sich also gegen früher erweitert. Unseres Erachtens ist diese Erweiterung auch berechtigt, denn das Fehlen der Typhuserkrankung in der Anamnese des Bacillenträgers beweist uns heute absolut nichts mehr gegen eine überstandene Erkrankung, seitdem wir durch die weitgehende Anwendung der Widalschen Reaktion die leichten, ambulatorischen einerseits und die zahlreichen atypisch unter verschiedenen klinischen Bildern verlaufenden Typhusinfektionen anderseits kennen gelernt haben. Es ist aber nicht angängig, den Begriff des Bacillenträgers in dem Sinne zu erweitern, daß man die Zeit kurz nach erfolgter klinischer Genesung bereits in die Bacillenträgerperiode miteinbezieht, wie dies Kalberlah anscheinend tut. Es gibt eine größere Anzahl von Typhusrekonvaleszenten, die nach klinischer Genesung noch einige Male in ihrem Stuhle Bacillen ausscheiden, ohne daß dieser Zustand bei ihnen dauernd anhält, also ohne daß sie Bacillenträger werden. Verlegt man nun gerade in dieser Zeit seine Entkeimungsversuche, so kann ein scheinbarer Erfolg einfach dadurch vorgetäuscht sein, daß man das gewissermaßen in diesem Stadium der Rekonvaleszenz natürliche Aufhören der Bacillenausscheidung als Heilungserfolg bewertet.

Kalberlahs Fälle liegen nun, von Fall 2 abgesehen, alle, wenn man eine durchschnittliche Erkrankungsdauer mit klinischer Rekonvaleszenz von 6 Wochen annimmt, innerhalb dieser kritischen Zeit: Fall 1, Typhus im Oktober, klinische Genesung etwa Mitte November, Behandlung Anfang Dezember. Fall 2, Typhus im November, klinische Genesung etwa Ende Dezember, Behandlung im März. Fall 3, Typhus Ende Dezember, klinische Genesung Anfang Februar, Behandlung Mitte Februar. Fall 4, Typhus Ende November, Zeitpunkt der Behandlung nicht angegeben. Fall 5, Typhus Ende Dezember, klinische Genesung etwa Anfang Februar, Behandlung Ende Februar. Fall 1 und 3 bis 5 liegen alle in der durch § 18 der in Preußen erlassenen ministeriellen Anweisung für die Bekämpfung des Typhus auf höchstens 10 Wochen begrenzten Zeit, während der ein Zurückhalten des Erkrankten oder Rekonvaleszenten in der Absonderung zulässig ist. Die Entlassung soll hiernach erst erfolgen, nachdem 2 Stuhl- und Urinuntersuchungen auf Typhusbacillen negativ aus-

gefallen sind, also wird eine achtwöchige Dauer vom Beginn der Erkrankung an angenommen, in der der Erkrankte Bacillen ausscheiden kann, eine Spanne Zeit, welche sicher nicht zu lang bemessen ist. Nach unseren Erfahrungen ist sie sogar eher zu kurz bemessen, wir haben uns daran gewöhnt, einen Menschen, der Typhus überstanden hat, erst dann als Bacillenträger zu behandeln, wenn $^1/_2$ Jahr seit Beginn der Erkrankung verflossen ist, und in dieser Zeit mehrfach Bacillen nachgewiesen wurden.

Kurz und gut, die Fälle, die Kalberlah behandelt hat, waren eben keine Bacillenträger, sondern Typhusrekonvaleszenten, welche wahrscheinlich auch ohne Behandlung bacillenfrei geworden wären. Wir selbst erlebten es in einem Falle, daß eine Typhusrekonvaleszentin mit positivem Stuhlbefund in der Zeit, in der wir eine Kohlejodbehandlung mit ihr geplant hatten, ohne eine solche bacillenfrei wurde. Kalberlah regt ja allerdings selbst an, zu prüfen, ob die Behandlung sich nur für frische Fälle, wie er sich ausdrückt, oder auch für alte Fälle eignet, er selbst weist ja auch auf die Schwierigkeiten hin, die sich der Entkeimung alter Fälle entgegenstellen, aber jedenfalls ist der Titel seiner Arbeit sowie auch der Anfang seiner Schlußsätze durchaus danach angetan, den Eindruck zu erwecken, daß es sich um eine Heilung von echten Bacillenträgern handele, wovon nach unseren Versuchen nicht die Rede sein kann. Wie aus der kurzen Zusammenstellung unserer Fälle hervorgeht, handelt es sich dabei um Personen, welche $1^1/_4$, 2, 6, 7, 8 und 12 Jahre lang Bacillenträger gewesen waren, also um Personen aus dem verschiedensten Alter des infektiösen Prozesses, aber durchweg um sogenannte alte Fälle. Auch bei der Beurteilung eines vielleicht günstigen Ergebnisses einer Behandlung solcher Personen darf nicht außer acht gelassen werden, daß die Bacillenträger, wie oben schon erwähnt, Pausen in der Ausscheidung der Bacillen aufweisen, um so wichtiger scheinen uns unsere Beobachtungen bezüglich der Bewertung der Kohlejodbehandlung zu sein.

Anhangsweise sei noch erwähnt, daß wir bei 2 weiteren echten Bacillenträgerinnen, welche seit 1 und 12 Jahren unter Beobachtung unserer Anstalt standen, Entkeimungsversuche mit Hexal-Riedel machten, welches wie Urotropin bekanntlich als Harndesinfiziens therapeutisch verwendet wird. Nach einer neueren uns privatim zugegangenen Mitteilung sollte Hexal auch einen Einfluß auf die Ausscheidung der Typhusbacillen im Stuhle haben, was wir nicht bestätigen konnten, da trotz hoher Dosen (5 g pro die), welche 14 Tage lang gegeben wurden, keine Herabsetzung der Bacillenausscheidung, geschweige denn eine Heilung von dem Zustande des Bacillentragens eintrat.

# Über das kombinierte Kohlejodverfahren zur Heilung von Typhusbacillenträgern nach Dr. Kalberlah.

Von

**Dr. Theo Bongartz,**

z. Zt. Leiter der Bakteriologischen Untersuchungsanstalt in Trier.

---

Seit der für die systematische Typhusbekämpfung grundlegenden Erkenntnis, daß als Ursache für die Entstehung des Typhus abdominalis ein Typhusbacillen ausscheidender Mensch, der sogenannte Typhusbacillenträger, anzusprechen ist, hat die Frage der Bacillenträger steigernd wissenschaftliche Bedeutung angenommen. An der Tatsache, daß der Bacillenträger direkt oder indirekt die Entstehung und Verbreitung der Krankheit verschuldet, ist nicht zu rütteln. Dafür liefern die Erfahrungen und Erfolge, die im Gebiete der systematischen Typhusbekämpfung im Südwesten des Reiches in dieser Hinsicht gemacht worden sind und noch täglich gemacht werden, den untrüglichen Beweis. Es ist die Hauptaufgabe der Anstalten in diesem Gebiete, zu denen auch die Anstalt in Trier gehört, geworden, den unbekannten Bacillenträger zu ermitteln und durch Beobachtung und Kontrolle des bekannten Trägers die Gefahr der Ansteckung nach Möglichkeit zu beseitigen. Doch so viel mit unseren bei den bekannten Bacillenträgern zurzeit angeordneten Maßnahmen schon erreicht worden ist, mit Beruhigung wird man erst dann von einem vollen Erfolge sprechen können, wenn es der Wissenschaft gelungen ist, das Radikalmittel zu finden, das uns von jeder Sorge befreit, nämlich die Möglichkeit einer Heilung der Bacillenträger. Im Laufe der Zeit sind viele Versuche in dieser Richtung gemacht worden, die leider alle nur zu einem negativen Ergebnis führten. Wir müssen heute noch an der Tatsache festhalten, daß ein Bacillenträger unheilbar ist.

Ein neues Verfahren zur Heilung der Bacillenträger glaubte nun Dr. Kalberlah in der von ihm angegebenen Kohlejodbehandlung gefunden zu haben, worüber er in Nr. 21 der Zeitschrift „Medizinische Klinik", Jahrgang 1915, berichtet unter dem Titel: „Die Behandlung der Typhusbacillenträger". Die außerordentlich wichtige Bedeutung der Frage veranlaßte den Herrn Präsidenten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes, bei dem Reichskommissar für die systematische Typhusbekämpfung im Südwesten anzuregen, in den ihm unterstellten Typhusstationen eine Nachprüfung des

empfohlenen Verfahrens eintreten zu lassen. Wir in Trier wählten, um ein einwandfreies Ergebnis der Nachprüfung zu erzielen, fünf Bacillenträger, die schon seit mehreren Jahren Typhusbacillen ausschieden. Das Verfahren von Dr. Kalberlah besteht in einer kombinierten Verabreichung von alkoholischer Jodlösung und Tierkohle. Die von ihm behandelten Patienten erhielten täglich 3 bis 5mal 7—10—15 Tropfen Jodtinktur in einem Glase Wasser, kombiniert mit 3 bis 5mal täglich 1 Teelöffel der Merckschen mit Säure gereinigten Blutkohle eine halbe Stunde nach der Mahlzeit. Die Darreichung wurde je nach der erzielten Keimfreiheit eine bis mehrere Wochen lang durchgeführt. Wir haben unsere Versuche mit der gleichen, uns von Merck zur Verfügung gestellten Kohle angestellt. Ehe ich zu den Ergebnissen unserer Nachprüfung komme, möchte ich vorausbemerken, daß ich von vorneherein mit großem Mißtrauen an die Untersuchung herangegangen bin; nicht wegen des Mittels, das die Freimachung der Träger von Bacillen bewirken sollte, sondern wegen der Wahl der Patienten, bei denen Kalberlah sein Mittel in Anwendung brachte. Der Begriff „Bacillenträger", wie ihn Kalberlah bei den meisten der angeführten Beweisfälle aufgefaßt hat, entspricht nicht ganz den Forderungen, unter denen wir erfahrungsgemäß erst von einem Bacillenträger sprechen. Abgesehen von den Trägern nämlich, die im Anschluß an eine ihnen bewußte oder unbewußte Infektion noch Jahre lang Bacillen ausscheiden, rechnen wir im Anschluß an eine kürzliche Erkrankung einen Patienten erst dann zu den Bacillenträgern, wenn er nach Verlauf der 15. Woche, vom Beginn der Erkrankung an gerechnet, noch positive Befunde im Stuhl oder Urin hat. Wir gehen hierbei etwas über die jetzt bestehende Bestimmung hinaus, wonach ein Patient bei einem positiven Befund nach der 10. Woche schon als Bacillenträger anzusehen ist; denn die Erfahrung zeigt uns, daß bei positiven Befunden in der 10.—15. Woche noch die Ausscheidung darüber hinaus ganz aufhören kann, während eine Ausscheidung über die 15. Woche hinaus fast ausschließlich zu der Annahme berechtigt, daß der betreffende Patient Bacillenträger bleibt. Die bei der Anstalt Trier beobachteten Fälle dieser Art haben diese Annahme bestätigt. Nehmen wir daher die 15. Woche als Grenze, so erklären sich meine oben geäußerten Bedenken; denn von den 5 Beweisfällen, die Kalberlah anführt, schied nur einer, der Fall 3, noch in der 19.—20. Woche nach Beginn der Erkrankung Typhusbacillen aus. Die übrigen waren alle schon vor Ablauf der 15. Woche keimfrei, sind also nach unserer Auffassung gar keine Bacillenträger gewesen (Tabelle I).

Hat sich aber Kalberlah nach der oben erwähnten Bestimmung gerichtet, so wären meine Bedenken für die Fälle 2, 3 und 4 nicht gerechtfertigt, insofern es sich nach seiner Ansicht um „Bacillenträger" handelt. Wollen wir uns jedoch ein Urteil bilden über eine Methode, die einen Bacillenträger von seinen Bacillen befreien soll, dann müssen wir zur Prüfung Personen wählen, die schon Jahre hindurch Bacillen ausgeschieden haben, von denen wir also wissen, daß eine selbständige Heilung vollkommen ausgeschlossen ist. Lassen wir also die Frage, nach wie vielen Wochen eine Person mit positivem Befund als Bacillenträger anzusehen ist, außer acht, so erscheint uns doch die Zeit nach der Erkrankung, in der Kalberlah seine Behandlung einleitete, viel zu kurz, um seine Fälle als Beweisfälle für die Gültigkeit des Verfahrens

ansehen zu können. Aus diesen Gründen ist auch der Fall 3 ungeeignet, der auch nach unserer Ansicht ein Bacillenträger ist.

Die Voraussetzungen, von denen Kalberlah ausgeht, sind also teils unrichtig, teils unglücklich; die Schlußfolgerungen daher nicht einwandfrei. Ich habe zum Beweise dieser Behauptung in der nachstehenden Tabelle die von Kalberlah behandelten Fälle nach Krankheitsbeginn, Beginn der Behandlung und Zeitpunkt der erzielten Keimfreiheit zusammengestellt. Den Beginn der Erkrankung und die Krankheitswoche mußte ich nach den Angaben aufs ungefähre berechnen, da Kalberlah keine bestimmten Daten anführt. Doch ist es unwahrscheinlich, daß sie wesentlich von den tatsächlichen Zeitpunkten abweichen. Für den Hauptgrund meiner Bedenken ist es sogar unwesentlich.

Tabelle I.

| | Beginn der Erkrankung | Beginn der Behandlung | Erzielte Keimfreiheit |
|---|---|---|---|
| Fall 1 | Etwa 5. 10. | in der 10. Woche | am 21. 12. = 11. Woche |
| „ 2 | „ 25. 11. | „ „ 14. „ | „ 10. 3. = 15. „ |
| „ 3 | „ 25. 9. | „ „ 19. „ | „ 15. 2. = 20. „ |
| „ 4 | „ 25. 11. | „ „ 12. „ | „ 24. 2. = 13. „ |
| „ 5 | „ 25. 12. | „ „ 10. „ | „ 15. 3. = 12. „ |

Die Fälle 1 und 5 scheiden danach ganz aus.

Zur Nachprüfung des Kohlejodverfahrens steht uns nun eine Reihe von Bacillenträgern zur Verfügung, die schon seit Jahren Bacillen ausscheiden. Um jedoch zu einem einwandfreien Ergebnis zu gelangen, konnte ich nur Personen wählen, die sowohl hinsichtlich der Richtigkeit des abzugebenden Materials als auch der Genauigkeit und Pünktlichkeit des einzunehmenden Medikamentes sichere Gewähr boten. Diese Forderungen waren bei den Bacillenträgern, die sich unter den Insassen der Rheinischen Provinzial-Heil- und Pflegeanstalt zu Merzig befinden, gegeben. Der Direktor der Anstalt, Herr Sanitätsrat Dr. Buddeberg, und der Abteilungsarzt, Herr Dr. Stahl, denen ich an dieser Stelle nochmals meinen verbindlichen Dank ausspreche für ihre Mühewaltung, erklärten sich gerne bereit, die Verabreichung der Jod- und Kohlemengen zu übernehmen und die Einsendung des Materials zu überwachen.

Ich wählte aus den Bacillenträgern folgende 5 Patienten aus:

1. Frau F., Typhus 1906, positiv in den Jahren 1910—1915
2. Frl. G., „ ? , „ „ „ „ 1910—1915
3. Frau K., „ ? , „ „ „ „ 1912—1915
4. „ S., „ 1901, „ „ „ „ 1912—1914
5. Sch., „ 1910, „ „ „ „ 1910—1915.

Von diesen Patienten ließ ich vorerst in verschiedentägigen Abständen etwa 10 Proben einsenden. Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt Tabelle II. Anschließend an die letzte Einsendung begann die Verabreichung von Jod und Kohle

am 13. September und dauerte bis zum 18. Oktober, also reichlich über die von Kalberlah geübte Zeitdauer hinaus. Täglich wurden gegeben: 3 mal je 7 Tropfen Tinct. Jodi, 1 Teelöffel Tierkohle und 0,5 g Urotropin eine halbe Stunde nach dem Essen. Urotropin wurde der Vollständigkeit halber in Übereinstimmung mit Kalberlahs Behandlung verabreicht. Mit Ausnahme von Frau K., Tabelle II, Nr. 3, sind alle Fälle zudem nur Stuhlausscheider. Wenn auch Frau K. vor der Verabreichung von Urotropin 1 Urinbefund aufzuweisen hat und nachher nur negative, so kann das als Beweis nicht gelten, da frühere Versuche mit der Urotropintherapie bei Fällen aus dem Kontrollbereich der Anstalt Trier völlig ergebnislos verliefen.

Etwa 14 Tage nach Beginn der Behandlung, am 29. September, begannen die Nachuntersuchungen, und zwar wieder bei etwa 10 Proben in verschiedentägigen Abständen. Auch die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in folgender Tabelle II zusammengestellt, so daß die Tabelle II die Ergebnisse vor und nach der Behandlung gegenüberstellt. Der Urinbefund ist unberücksichtigt gelassen.

Tabelle II.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vor der Behandlung: | | | | | | | | | |
| | | 6. 8. | 10. 8. | 11. 8. | 14. 8. | 21. 8. | 24. 8. | 27. 8. | 28. 8. | 1. 9. | 2. 9. |
| 1. Frau F. | St. | − | − | − | − | − | + | + | − | − | + |
| | U. | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | Zusammen von 10 Untersuchungen 3 positive. | | | | | | | | | | |
| | Nach der Behandlung: | | | | | | | | | | |
| | | 29. 9. | 30. 9. | 2. 10. | 6. 10. | 8. 10. | 12. 10. | 13. 10. | 15. 10. | 19. 10. | 20. 10. |
| | St. | − | − | + | + | + | − | − | + | − | + |
| | U. | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | Zusammen von 10 Untersuchungen 5 positive. | | | | | | | | | | |
| | Vor der Behandlung: | | | | | | | | | | |
| | | 6. 8. | 10. 8. | 11. 8. | 14. 8. | 21. 8. | 24. 8. | 27. 8. | 28. 8. | 1. 9. | 2. 9. |
| 2. Frl. G. | St. | − | − | − | − | − | + | − | − | − | − |
| | U. | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | Zusammen von 10 Untersuchungen 1 positive. | | | | | | | | | | |
| | Nach der Behandlung: | | | | | | | | | | |
| | | 29. 9. | 30. 9. | 1. 10. | 6. 10. | 8. 10. | 12. 10. | 13. 10. | 15. 10. | 19. 10. | 20. 10. |
| | St. | + | − | − | + | − | − | − | + | − | + |
| | U. | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |
| | Zusammen von 10 Untersuchungen 4 positive. | | | | | | | | | | |

3. Frau K.

Vor der Behandlung:

| | 6. 8. | 10. 8. | 11. 8. | 14. 8. | 21. 8. | 24. 8. | 27. 8. | 28. 8. | 1. 9. | 2. 9. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| St. | − | + | − | − | + | − | − | + | + | + |
| U. | − | − | − | − | + | − | − | − | − | − |

Zusammen von 10 Untersuchungen 5 positive.

Nach der Behandlung:

| | 29. 9. | 30. 9. | 2. 10. | 6. 10. | 8. 10. | 12. 10. | 13. 10. | 15. 10. | 19. 10. | 20. 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| St. | + | + | − | + | + | − | + | + | + | + |
| U. | − | − | − | − | − | − | − | − | − | − |

Zusammen von 10 Untersuchungen 8 positive.

4. Frau S.

Vor der Behandlung:

| | 6. 8. | 10. 8. | 11. 8. | 14. 8. | 21. 8. | 24. 8. | 1. 9. | 2. 9. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| St. | − | − | − | − | − | − | − | − |
| U. | − | − | − | − | − | − | − | − |

Zusammen von 8 Untersuchungen 0 positive.

Nach der Behandlung:

| | 29. 9. | 30. 9. | 2. 10. | 6. 10. | 8. 10. | 12. 10. | 13. 10. | 15. 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| St. | − | − | − | − | − | + | + | − |
| U. | − | − | − | − | − | − | − | − |

Zusammen von 8 Untersuchungen 2 positive.

5. Sch.

Vor der Behandlung:

| | 6. 8. | 9. 8. | 10. 8. | 12. 8. | 14. 8. | 17. 8. | 19. 8. | 21. 8. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| St. | − | − | + | + | + | + | + | + |
| U. | − | − | − | − | − | − | − | − |

Zusammen von 8 Untersuchungen 6 positive.

Nach der Behandlung:

| | 28. 9. | 30. 9. | 2. 10. | 5. 10. | 8. 10. | 9. 10. | 12. 10. | 14. 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| St. | + | + | + | + | − | + | + | + |
| U. | − | − | − | − | − | − | − | − |

Zusammen von 8 Untersuchungen 7 positive.

Aus der Übersicht geht hervor, daß die Verabreichung von Jod und Kohle ganz ohne Einfluß auf die Verminderung der Ausscheidung geblieben ist. Im Gegenteil schieden sämtliche Bacillenträger nach der Behandlung häufiger aus als zuvor. Bei der Frau S., die vor der Behandlung nur negative Resultate hatte, hatten wir nachher sogar 2 positive.

Angesichts dieser Befunde müssen wir sagen, daß das von Dr. Kalberlah angegebene Kohlejodverfahren zur Heilung von Bacillenträgern keine Aussicht zur Lösung der Frage bietet. Beachten wir zudem die nachgewiesene periodische Ausscheidung von Typhusbacillen bei Bacillenträgern, wonach einzelne Fälle auch ohne jede Behandlung sogar nach 40—50 negativen Untersuchungen schließlich doch noch positive Befunde aufzuweisen hatten, so wäre bei der eminent wichtigen Bedeutung des Gegenstandes empfehlenswert, sich nicht mit einigen wenigen Kontrolluntersuchungen zu begnügen, sondern sich erst auf Grund längerer Beobachtung und fortlaufender Kontrolle ein Urteil über eine Methode zur Heilung von Bacillenträgern zu bilden.

# Zur Technik der Impfstoffbereitung.

Von

Regierungsrat **Dr. E. Ungermann,**
Mitglied des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.

---

Bei der Herstellung von Typhus- und Choleraimpfstoffen in größerem Maßstabe sind technische Fragen, denen sonst im allgemeinen vielleicht weniger Beachtung geschenkt wurde, von großer Bedeutung. Schon kleine Abänderungen der Arbeitsmethode haben auf das Ergebnis der Impfstoffbereitung nach Menge und Beschaffenheit erheblichen Einfluß. Bei der Wichtigkeit der Impfstoffe für unser Heer und bei den erheblichen Materialwerten, die zu ihrer Herstellung erforderlich sind, gewinnen aber auch schon kleine Verbesserungen praktische Bedeutung. Nun sind die Arbeitsmethoden der mit der Impfstoffbereitung beauftragten Institute im einzelnen in mancher Hinsicht wohl noch verschieden. Ein Austausch der an den einzelnen Stellen gemachten Erfahrungen dürfte daher nicht ohne Interesse sein. Im folgenden soll eine Darstellung der Technik der Impfstoffbereitung gegeben werden, wie sie sich im Kaiserlichen Gesundheitsamte am besten bewährt hat.

Für die Beschaffenheit eines Impfstoffes ist zunächst die darin verarbeitete Reinkultur des betreffenden Bakterienstammes von erheblicher Bedeutung. Bei der Auswahl der Reinkulturen kommt es darauf an, Stämme zu finden, die bei starker immunisierender Wirkung möglichst geringe Impfreaktionen auslösen. Nicht viele Kulturen werden diesen beiden Gesichtspunkten in gleicher Weise gerecht; im allgemeinen hat ein Stamm, der milde Impfreaktionen macht, auch nur schwache antigene Wirkungen. So erzeugte der in der amerikanischen Armee zur Schutzimpfung verwendete Typhusstamm „Washington“, der schon vor Kriegsbeginn zur Impfstoffbereitung verwendet wurde, nach unseren Erfahrungen am Menschen zwar nur geringe Nebenerscheinungen, war aber zugleich durch ein auffallend schwaches Agglutininbildungsvermögen bei der Immunisierung von Kaninchen ausgezeichnet. Welchem der beiden Gesichtspunkte man bei der Wahl der Kulturen den Vorzug gibt, ob man auf die Stärke der immunisierenden Wirkung oder die Milde der Impfreaktionen den Hauptwert legt, wird von der Art des zu impfenden Menschenmaterials und dem durch die Schutzimpfung angestrebten Ziele abhängen.

Ein weiterer Punkt, auf den bei der Auswahl der Reinkulturen geachtet werden muß, ist die Dauerhaftigkeit der morphologischen Verhältnisse der einzelnen Keime des betreffenden Bakterienstammes. Das kommt besonders bei Cholerakulturen in Betracht. Zur Bereitung des Choleraimpfstoffes diente uns längere Zeit die bekannte Laboratoriumskultur „Cholera 74". Die mit dieser Kultur hergestellten Impfstoffproben zeigten aber schnell eintretende und schon äußerlich auffallende Veränderungen, so daß von einer weiteren Verwendung des Stammes abgesehen wurde. Seither werden vier Cholerastämme, von denen einer aus der serbischen Epidemie des Jahres 1913, die drei anderen von oberschlesischen Krankheitsfällen des Jahres 1914 stammen, zur Bereitung dieses Impfstoffes benutzt. Im allgemeinen wird es sich empfehlen, zur Impfstoffherstellung möglichst frisch isolierte Kulturen zu verwenden und zwar am besten solche, die aus der Epidemie gewonnen wurden, gegen welche die Schutzimpfung ankämpfen soll, da wohl angenommen werden darf, daß in dem antigenen Charakter der Erreger verschiedener Epidemien Unterschiede, wenn auch nur geringen Grades vorhanden sind. Es wird daher wünschenswert sein, im menschlichen Organismus Antikörper von möglichst spezifischem, auf die Erreger, mit denen er gegebenenfalls in Kampf treten soll, genau passendem Bau zu erzeugen. Aus einem ähnlichen Grunde erscheint, besonders bei endemischen Infektionserregern, die Verwendung mehrerer, in ihren antigenen Eigenschaften verschiedener Stämme zur Bereitung von Impfstoffen vorteilhaft, weil die Annahme nahe liegt, daß gegenüber einem biologisch vielseitigen Erreger ein Antikörper mit vielseitig differenzierten Rezeptoren bessere Schutzwirkungen auszuüben imstande ist als ein nur auf ein Antigen zugepaßter Immunkörper. Ob aber die relative Polyvalenz eines so hergestellten Impfstoffes gegen die vielfachen Möglichkeiten der antigenen Variabilität z. B. des Typhusbacillus wesentlich besser zu immunisieren vermag als ein monovalenter Impfstoff, ist immerhin noch zweifelhaft und wird sich erst aus den Ergebnissen der jetzt in großem Umfange durchgeführten Schutzimpfungen ersehen lassen.

Zum Beschicken der Nährbödenplatten für die Gewinnung des Kulturrasens werden von uns Bouillonkulturen der betreffenden Stämme verwendet. Agarkulturen, die den Vorzug haben, hinsichtlich des etwaigen Vorhandenseins von Verunreinigungen leichter kontrollierbar zu sein, entfalten, besonders wenn es sich um Choleravibrionen handelt, nach der Aufsaat auf die Platten im allgemeinen ein langsamer einsetzendes und schwächeres Wachstum als mit den Aufschwemmungen der Agarkulturen gleich dichte und sogar dünnere Bouillonkulturen gleichen Alters. Im Agarkulturrasen ist, wofür auch andere Beobachtungen sprechen, schon nach 24stündigem Wachstum ein gewisser Teil der Keime nicht mehr wachstumsfähig, während die in Bouillon zur Entwicklung gelangten Bakterien sich zu dieser Zeit zum größten Teil noch in vermehrungsfähigem Zustande befinden. Da es nun hinsichtlich der ausgiebigen Ausnutzung des Nährbodens vorteilhaft ist, seine Oberfläche recht schnell mit einem lückenlosen Kulturrasen sich überziehen zu lassen, so wird der wachstumstüchtigeren Bouillonkultur der Vorzug zu geben sein. Um zu vermeiden, daß sich Verunreinigungen in die Reinkulturen einschleichen, darf die Fortpflanzung der Stämme jedoch nicht in der Bouillonkultur erfolgen, vielmehr werden die Bouillonvorkulturen jedesmal von

Agarröhrchen aus angelegt, die mit den Originalkulturen der Bakterienstämme beschickt wurden. Diese Originalkulturen werden fortlaufend auf ihre Reinheit und ihr biologisches Verhalten geprüft, um auszuschließen, daß mit den Stämmen während der Fortzüchtung tiefergreifende Veränderungen vorgegangen sind.

Von Wichtigkeit für die Gewinnung möglichst kräftiger Kulturrasen einerseits, für die Wirkungen des daraus gewonnenen Impfstoffes anderseits, scheint uns die Zusammensetzung der Nährböden zu sein. Vor allem kommt die Beschaffenheit des für die Herstellung des Nähragars benutzten Fleischextraktes wesentlich in Betracht. Selbstbereitete Auszüge aus frischem Fleische lieferten im allgemeinen reichlichere Kulturergebnisse als fertige, käufliche Extrakte. Auch war das Wachstum auf einem mit Rindfleischbrühe hergestellten Agar üppiger als auf einem Pferdefleischextrakt-Agar. Wegen der erheblichen Herstellungskosten der Fleischbrühe aus gutem Fleische wurde auch ein von der Firma Mathy in Berlin in den Verkehr gebrachter Bakteriennährbodenersatz auf seine Brauchbarkeit geprüft. Das Präparat liefert in der Tat einen brauchbaren Nähragar, auf dem Typhusbacillen und Choleravibrionen sowie auch einige empfindlichere Bakterienarten gut gedeihen; es hat aber den Nachteil, quellungsfähige geformte Teilchen, wahrscheinlich Stärkekörnchen, zu enthalten, die beim Versuch, den mit diesem Ersatzpräparate hergestellten Agar zu filtrieren, die Filter sehr rasch undurchlässig machen und damit einen erheblichen Verlust an Nährboden verursachen.

Von der Verwendung käuflicher Extrakte zur Herstellung der Impfstoffnährböden wurde aber noch aus einem anderen Grunde im allgemeinen abgesehen. Es darf nicht vergessen werden, daß die löslichen Bestandteile des Nährbodens beim Abschwemmen des Kulturrasens mit dem Kondenswasser teilweise in das Impfstoffmaterial gelangen. Nun sind diese Stoffe im allgemeinen in den in Betracht kommenden Mengen harmlos; sie können aber gelegentlich auch Körper aus der Gruppe der Eiweißabbauprodukte enthalten, die der Fähigkeit, Giftwirkungen auszulösen, immer verdächtig sind. Werden die Extrakte aus einem auch nur leicht in Fäulnis übergegangenen Fleische gewonnen, so können solche Stoffe in größerer Menge in den Impfstoff gelangen und ihm bei sonst völlig einwandfreier Beschaffenheit erhebliche Nebenwirkungen verleihen. Da nun aber bei käuflichen Extrakten immer die Möglichkeit solcher Beschaffenheit vorliegt, so werden sie zur Bereitung von Nährböden für die Impfstoffkulturen tunlichst auszuschließen sein. Im Gesundheitsamt wird daher seit längerer Zeit nur von frischen Schlachtungen stammendes, in großen Stücken eingekauftes Rindfleisch verwendet. Indessen kann auch bei solchem Fleisch die gelegentliche Anwesenheit von Stoffen, die bei subcutaner Einführung giftig wirken, nicht ganz ausgeschlossen werden. Jedenfalls dürften die löslichen Produkte des Nährbodens bei der Erklärung heftiger Impfreaktionen durch manche Impfstoffe, die sonst weder durch ihren zu hohen Antigengehalt, noch durch etwa vorhandene Verunreinigungen dazu befähigt erscheinen, nicht außer acht zu lassen sein.

Zur Aufnahme des Nähragars bewährten sich uns am besten größere Glasschalen mit überfallendem Deckel. Anfänglich wurden auch die Kulturflaschen nach Kolle vielfach benutzt, indessen ergaben sich bei ihnen doch neben ihrem Vorzuge, besser völlige Sterilität des Nährbodens zu gewährleisten, eine Reihe von Nachteilen. Es

gelingt bei großer Massenarbeit nicht immer, bei jeder solchen Kulturflasche die Nährbodenoberfläche gleichmäßig zu beschicken, so daß mitunter ein Teil derselben bei einzelnen Flaschen unbewachsen bleibt, ferner ist auch das Abschwemmen des Kulturrasens und die möglichst restlose Gewinnung der Bakterienemulsion bei ihnen schwieriger als bei den Doppelschalen. Auch ist die Kulturmasse, die man von einer Kolleschen Schale erhält, nicht sehr bedeutend, so daß bei der Notwendigkeit, schnell erhebliche Mengen von Impfstoff herzustellen, eine sehr beträchtliche Zahl von Kulturschalen in Gebrauch genommen werden muß. Übrigens wird der Vorzug der Sterilisierbarkeit des Nährbodens in der Kulturflasche durch das nicht ganz auszuschließende Zustandekommen von Verunreinigungen bei dem etwas umständlicheren Beimpfen beeinträchtigt. Eine völlige Sicherheit der Reinheit des Kulturrasens bietet jedenfalls auch die sterilisierbare Kulturschale nicht, so daß auch das von jeder einzelnen Kolleschale gewonnene Kulturmaterial am besten gesondert sterilisiert und geprüft wird. Dafür aber ist die Ausbeute einer Flasche im allgemeinen zu gering. Darum wurden meist für die Gewinnung der Impfstoffkulturen einfache Doppelschalen von 21 cm Durchmesser verwendet.

Beim Anlegen und Beschicken der Kulturplatten erscheint uns die Vermeidung von Verunreinigungen durch zufällig nuf den Nährboden gelangende Luftkeime besonders wichtig. Der Kampf gegen die Verunreinigungen ist die Hauptaufgabe im ersten Teil der Impfstoffbereitung. Die gefährlichste Quelle solcher Verunreinigungen ist der Staub, der durch die beim Aufheben der Deckelplatte entstehende Luftbewegung in die Kulturschale hineingewirbelt wird. Die Besäung der Platten und die Herstellung des Impfstoffes überhaupt wurde daher in nur für diesen Zweck vorbehaltenen möglichst staubfreien Räumen ausgeführt. Als besonders wertvoll erwies es sich, die Tische vor dem Auslegen der Kulturschalen mit Kresolwasser abzureiben, wodurch die Mehrzahl der zur Entstehung von zufälligen Verunreinigungen führenden Staubteilchen entfernt und der Rest desinfiziert wird. Der Nähragar wird heiß in die Schalen gegossen, um einzelne beim Beschicken der Kulturschalen etwa doch hinein gelangte Luftkeime durch die Hitze möglichst unschädlich zu machen. Alsdann wird der Agar durch Abkühlung des Raumes, in dem die Platten stehen, mittels ausgiebiger Lüftung rasch zur Erstarrung gebracht und baldmöglichst beimpft. Zum Beschicken einer Doppelschale von 21 cm Durchmesser wurden durchschnittlich 80 ccm des verflüssigten Nähragars verwendet.

Das Beimpfen des Nährbodens erfolgte mittels möglichst reichlichen Mengen der Vorkultur in Bouillon, durchschnittlich mit etwa 2 ccm, die mit sterilen, durch eine Gummikappe ansaugbaren Pipetten auf die Agarfläche übertragen wurden. Die Aussaat so reichlicher Kulturmengen erschien tunlich, um die Nährbodenfläche möglichst gleichmäßig und dicht zu besäen, damit ein reichliches Kulturresultat und eine möglichst vollständige Ausnutzung des Nährbodens erzielt werde. Auch hatte es mitunter den Anschein, daß Kulturplatten, die gleichmäßig dicht, besonders am Rande der Nährbodenoberfläche mit dem Rasen der aufgesäten Bakterien bewachsen waren, vor dem Auftreten von Verunreinigungen, die ja besonders gern vom Rande der Platte ihren Ausgang nehmen, verhältnismäßig besser geschützt seien.

Das Verteilen des Impfmaterials wurde mittels der bekannten, hakig gebogenen Spatel aus möglichst dicken Glasstäben, durch die eine Verletzung der Agaroberfläche nicht leicht zustande kommt, vorgenommen. Je ein Spatel wurde für die Beimpfung von etwa fünf Schalen benutzt. Natürlich waren die Glasspatel frisch sterilisiert.

Wurde ein polyvalenter Impfstoff aus mehreren Kulturen hergestellt, so wurden gleichviele Kulturplatten mit den einzelnen Stämmen beimpft, und die Platten der einzelnen Stämme getrennt weiter verarbeitet. Mischkulturen gelangten zur Beschickung der Kulturplatten nicht zur Verwendung.

Nach stattgefundener Beimpfung wurde regelmäßig eine Prüfung des Restes des Impfmaterials durch Aussaat entsprechender Verdünnungen auf Agarplatten vorgenommen, um die Sicherheit zu gewinnen, daß das Material während des Beimpfens rein geblieben sei.

Es hat sich gut bewährt, sämtliche Maßnahmen beim Beimpfen der Platten, um das Zustandekommen von Verunreinigungen zu erschweren, mit möglichster Beschleunigung vorzunehmen. Auch ist dabei Vorsicht in bezug auf ein Verspritzen der Kulturmasse in die Umgebung geboten.

Der Kulturrasen wird nach 24stündigem Wachstum bei 37° abgehoben. Anfänglich wurden die Platten regelmäßig einer Durchsicht unterzogen, ob darauf etwa fremdartige Kolonien zu erkennen seien. Es zeigte sich jedoch, daß diese Kontrolle ganz unzuverlässige Ergebnisse liefert. Oft enthalten Platten, die wegen körniger Rauheiten der Agaroberfläche mit fremden Keimen wie übersät erscheinen oder scheinbar große sternförmig ausgebreitete, dicht bewachsene Flecke enthalten, die Kolonien des Wurzelbacillus ähnlich sehen, in der Tat aber durch dichteres Wachstum des Kulturrasens in Vertiefungen der Agarfläche verursacht sind, nichts als die aufgesäte Bakterienart. Andere Platten dagegen, die vollkommen einheitlich bewachsen erscheinen, erweisen sich mitunter als mit fremden Bakterien reichlich durchsetzt. Da es somit nicht möglich ist, Verunreinigungen auf den Kulturplatten mit Sicherheit zu erkennen, eine einzige mit einem Sporenbildner verunreinigte Platte aber genügt, um den Kulturrasen der ganzen Plattenserie zu verderben, wenn das abgeschwemmte Material ohne weiteres zusammengemischt wird, so wurde die Kulturabschwemmung jeder einzelnen Platte in ein gesondertes Reagenzglas getan, abgetötet, auf Sterilität geprüft und dann erst diejenigen Proben, die sich als rein und steril erwiesen, zu dem Stammimpfstoffe vermischt.

Beim Abschwemmen des Kulturrasens erwies es sich als vorteilhaft, die Platten zunächst mit etwa 20 ccm steriler Kochsalzlösung zu übergießen, die über die ganze Fläche verteilt werden. Nachdem die Kulturen einige Zeit mit der Kochsalzlösung in Berührung gestanden haben, wobei sich die der Nährbodenfläche ziemlich fest anhaftenden Keime von ihr lockern, so daß sie leicht entfernt werden können, wird der Kulturrasen mit einem sterilen Glasspatel unter möglichster Schonung der Nährbodenoberfläche abgestrichen und an einer Stelle des Schalenrandes gesammelt. Bei diesem Abstreichen des Kulturrasens kann besonders leicht ein Verspritzen feiner Tröpfchen des Bakterienmaterials vorkommen und auf seine Vermeidung muß mit Rücksicht auf das beim Abnehmen des Kulturmaterials notwendige Pipettieren genau geachtet werden.

Die Kulturmasse wurde mittels steriler Pipetten aufgenommen und von jeder Platte einzeln in ein Reagenzröhrchen übergefüllt. Für jede Platte wird auch ein besonderer Glasspatel und eine besondere Pipette verwendet, damit nicht Verunreinigungen, die auf einer Platte zur Entwicklung gelangen, auch in die Kulturmasse anderer Platten übertragen werden. Für das Abheben des Kulturmaterials sind natürlich zwei Arbeiter nötig, von denen der eine das Abschwemmen der Platten besorgt und sie dem anderen zum Abhebern der Kulturmasse bereit stellt, damit dessen Hände nur mit der sterilen Pipette und den sterilen Reagenzgläsern in Berührung kommen und von einer Verunreinigung mit Infektionskeimen frei bleiben. Zur Vermeidung des gefährlichen Aufziehens der Kulturmasse mittels der Pipette in den Mund wurden sämtliche Pipetten, die bei der Impfstoffbereitung zur Verwendung gelangten, vor der Sterilisation im Mundstück mit einem Pfropf gelber, nicht entfetteter Watte versehen, der für das Durchziehen der Luft kein wesentliches Hindernis bietet, für die Kulturemulsion aber durchaus undurchlässig ist, wenigstens bei nicht zu erheblichem Saugdruck. Bei Anwendung dieser Vorsichtsmaßregel und Einhaltung der Vorschrift, daß mit der pipettierenden Hand nichts anderes als die Pipette berührt werden darf, ist das Abheben der Kultur vollständig ungefährlich.

Das Abschwemmen und Aufsaugen des Kulturrasens wurde zur Vermeidung einer Infektion der Bakterienmasse mit Luftkeimen ebenfalls möglichst rasch und an einem vor Luftzug geschützten Orte vorgenommen. Zwar haben die bei dieser Gelegenheit in das Impfstoffmaterial gelangenden Keime nicht die schwerwiegende Bedeutung derjenigen, die beim Beimpfen der Platten auf den Nährboden fallen, da sie in der Regel ganz vereinzelt sind und durch den bald folgenden Abtötungsprozeß wohl meistens vernichtet werden. Aber wenn es sich um Sporenbildner handelt, so ist die Möglichkeit gegeben, daß sie sich nach der Erhitzung, falls nicht sogleich ein Phenolzusatz erfolgte, in der Bakterienemulsion, die einen sehr guten Nährboden für andere Keime darstellt, reichlich vermehren und so gegebenenfalls die Unbrauchbarkeit einer ganzen Tagesleistung herbeiführen.

Die Abtötung der Kulturmasse wurde durch Einsetzen der damit gefüllten Reagenzgläschen in ein auf 53—54° C gehaltenes Wasserbad bewirkt. Wir benutzten dazu große Kupferkästen, welche die Temperatur gut hielten. Die Reagenzgläschen werden locker in Drahtkörben zusammengestellt, so daß sich ihre Erwärmung schnell vollziehen kann. Da die Röhrchen nicht bis zum Rande in das erhitzte Wasser getaucht werden können, darf die Aufschwemmung nur die beiden unteren Drittel der Reagenzgläschen ausfüllen, und der obere Teil sowie besonders der Rand der Röhrchen muß vor dem Einführen des Wattestopfens kräftig über der Flamme abgebrannt werden. Ergab eine Platte wegen besonders reichlichen Gehaltes an Kondenswasser eine größere Menge von Kulturemulsionen, als in den beiden unteren Dritteln eines Reagenzröhrchens Platz finden konnte, so wurde der Rest in ein zweites Reagenzglas gefüllt und beide als zusammengehörig gekennzeichnet. Bei einer Auffüllung der Röhrchen bis zur Berührung mit dem Wattestopfen kann eine vollkommene Abtötung der Keime nicht stattfinden und sie ist daher durchaus zu vermeiden. Die Dauer des Aufenthaltes der Röhrchen im Wasserbade wurde bei Choleravibrionen in der Regel

auf eine Stunde, bei Typhusbacillen auf etwa 75 Minuten bemessen. Diese Zeiten genügen nach unseren Erfahrungen zur sicheren und vollkommenen Abtötung beider Keimarten. Eine zufällige Verunreinigung jedoch, die in dem Kulturmaterial etwa vorhanden ist, wird durch diese milde Erhitzung meist nicht abgetötet und in ihrer Wachstumsfähigkeit nicht gehemmt. Um diese Verunreinigungen zu erkennen und auszuschalten, wird an die Abtötung des Kulturmaterials die erste Sterilitätsprobe angeschlossen. Bei derselben wird von jedem Röhrchen eine große Öse auf einer gut getrockneten Agarplatte ausgestrichen, und zwar gelangen auf einer kleinen Petrischale, zur Ersparnis von Material, durchschnittlich fünf Proben in durch etwa einen Zentimeter getrennten Strichen zur Aussaat. Nachdem die Impfstriche gut eingetrocknet sind, werden die Platten der Brutschrankwärme ausgesetzt. Nach 24 Stunden ist das Ergebnis abzulesen. Die Sterilitätsprüfung auf Agar gab im allgemeinen bessere und klarere Resultate als die Prüfung in Bouillon, vor allem weil sie ein Urteil darüber gestattet, ob die bei einem Röhrchen zutage tretende Verunreinigung eine erhebliche oder nur eine geringfügige, vielleicht nur zufällig beim Abimpfen zustande gekommene ist. Außerdem zeigte es sich in Kontrollversuchen mit Agar- und Bouillonaussaaten, daß manchmal auf der Agarfläche Wachstum eintritt, während die Bouillon steril bleibt, eine Erscheinung, auf die auch Ditthorn und Löwenthal[1]) hingewiesen haben.

Natürlich werden bei dieser Prüfung nur diejenigen Verunreinigungen ermittelt, die in einer Öse des Materials die Anwesenheit einiger fremder Keime bedingen. Geringfügigere Verunreinigungen, die sich auch bei den späteren Proben nicht bemerkbar machen, dürfen aber wohl praktisch vernachlässigt werden. Um nun wenigen in dem Kulturmaterial vorhandenen Keimen, die z. B. beim Abschwemmen der Platten hineingelangten, und beim Erhitzen nicht abgetötet wurden, die Möglichkeit einer weiteren Vermehrung in dem Impfstoffmaterial zu nehmen, werden die einzelnen Röhrchen nach der für die erste Sterilitätsprüfung vollzogenen Aussaat auf Agar mit dem zehnten Teil ihres Inhalts von einer 5%igen Phenol-Kochsalzlösung versetzt, so daß also der gesamte Inhalt der Röhrchen einen 0,5%igen Phenolgehalt erhält. Die Röhrchen werden bis zum nächsten Tage im Eisschranke aufbewahrt. Dann werden diejenigen, deren Agarausstriche vom Tage zuvor kein Wachstum erkennen lassen, als brauchbar ausgesondert und ihr Inhalt zusammengegossen. Die Zahl der verunreinigten Röhrchen ist meist sehr gering, sie schwankt durchschnittlich zwischen 1 und 5%. Aber diese geringe Zahl genügt, die ganze Tagesleistung unbrauchbar zu machen, wenn keine sorgfältige Aussonderung vorgenommen wird.

Schon beim Abhebern der Kultursuspension achten wir darauf, daß gröbere Agarpartikelchen, die sich beim Abschwemmen der Platten doch etwa loslösen, nicht mit in den Impfstoff gelangen. Trotzdem läßt es sich nicht vermeiden, daß feinere Teilchen mitunter in ziemlicher Menge in das Material kommen und häufig zusammen mit Wattefasern störende Fremdkörper bilden, die zwar an sich unbedenklich sind, aber im Hinblick auf die Möglichkeit des Verstopfens der Impfkanülen unerwünscht

[1]) Deutsche medizinische Wochenschrift 1915, Nummer 34, S. 1006.

erscheinen. Sie werden durch einen sterilen Filterapparat ausgeschieden, welcher aus einem Glastrichter mit einem Drahtsiebeinsatz und darauf angebrachter drei- bis vierfacher Mullage besteht. Zum Sterilisieren wird der Glastrichter mit einer Glasplatte zugedeckt und in Fließpapier oder ein Leinentuch eingeschlagen. Die Filtration wird erst mit dem fertig verdünnten Impfstoff vorgenommen. Das Filtrieren des konzentrierten Impfstoffmaterials ist wegen der langen Dauer der Filtration und des Zurückbleibens beträchtlicher Bakterienmengen nicht zu empfehlen. Handelt es sich aber darum, Impfstoff in konzentrierter Form zur Abgabe bereit zu machen, so empfiehlt es sich, ihn in erwärmtem Zustande durch das Filter zu schicken, wodurch das sonst unvermeidliche schnelle Verkleben der Filterporen hintangehalten wird.

Nachdem der Inhalt der einzelnen Röhrchen zusammengegossen worden ist, wird die so gewonnene konzentrierte Impfstoffaufschwemmung einer nochmaligen Sterilitätsprobe unterworfen. Die nunmehr bereits phenolhaltige Bakteriensuspension wird sowohl in Bouillonkölbchen wie in Agar ausgesät und zwar in letzteren sowohl unter aeroben wie unter anaeroben Bedingungen. In Bouillon gelangen 3 ccm und 0,5 ccm zur Aussaat, und zwar in Kölbchen von je 100 ccm Füllung. Zur Beimpfung verflüssigter und auf 50° abgekühlter Agarröhrchen werden 1,0 und 0,1 ccm verwendet; der Agar wird nach der Beimpfung zu Platten ausgegossen. Auch auf der Oberfläche einer Agarplatte werden einige Ösen des Materials ausgestrichen. Zur Sterilitätsprüfung unter anaeroben Bedingungen werden 1,0 und 0,1 ccm des Materials in frisch aufgekochten und etwas abgekühlten 1%igen Traubenzuckeragar gebracht, darauf wird der Agar nach rascher Vermischung mit dem Impfstoffmaterial sogleich mit sterilem flüssigem Paraffin überschichtet und dann schnell zur Erstarrung gebracht. Die Proben bleiben 24 bis 48 Stunden in Beobachtung. Tritt in dieser Zeit kein Wachstum ein, so wird das Material weiter verarbeitet. Zeigen die Agarplatten zahlreiche Keime, so wird von allen weiteren Versuchen, das Material noch brauchbar zu machen, abgesehen, da es ohne stärkere Erhitzung und ohne Beeinflussung des antigenen Wertes der Bakterien doch nicht gelingt. Ist die Bouillon getrübt, und sind im Agar nur ganz vereinzelte oder gar keine Kolonien zur Entwicklung gelangt, so wird der konzentrierte Impfstoff zunächst nochmals geprüft und wenn er dann wieder nicht ganz rein ist, einige Tage sich selbst überlassen, damit die vorhandenen spärlichen Keime durch die Wirkung des Phenols allmählich vernichtet werden. Erweist er sich auch nach dieser Zeit bei einer dritten Prüfung nicht als keimfrei, so wird er von der weiteren Bearbeitung ausgeschlossen.

Im allgemeinen ist die Zahl der Impfstoffproben, die bei diesem Vorgehen nicht brauchbar ausfielen, gering gewesen. Aber doch ist die Vermeidung von Verunreinigungen entschieden die wichtigste und schwierigste Aufgabe im ersten Teil der Impfstoffbereitung im Großbetrieb. Wir machten die Beobachtung, daß mitunter längere Zeit hindurch kein Fall von Verunreinigung des Materials vorkommt, während in einer folgenden Periode eine größere Anzahl der an diesen Tagen hergestellten Proben unbrauchbar waren, ohne daß eine sichtbare Quelle dieser Verunreinigungen sich finden ließ. Wahrscheinlich ist der wechselnde Staubgehalt der Luft und der Keimgehalt desselben für diese Erscheinung verantwortlich zu machen. Die Verunreinigungen

waren nach unseren Befunden am häufigsten verursacht durch Bac. proteus, mycoides, vulgaris, subtilis, sowie durch verschiedene Kokken und Sarcinen, unter denen einige von beträchtlicher Resistenz gegen Phenol- und Hitzeeinwirkungen gefunden wurden, die noch weiter untersucht werden sollen. Obligate Anaerobier enthielten die Impfstoffproben bisher in keinem Falle.

Einer dritten und letzten Sterilitätsprobe wird der Impfstoff schließlich noch nach der Verdünnung vor seiner Abfüllung in Flaschen unterzogen. Dabei werden von jedem 5 Liter fassenden Kolben 3 ccm und 0,5 ccm in Bouillon, 1 und 0,1 in Agar unter aeroben und anaeroben Bedingungen ausgesät. War der betreffende Impfstoff in konzentriertem Zustand steril, so sind es auch fast immer die verdünnten Materialproben. Aber einzelne Ausnahmen, in denen erst nach der Verdünnung mit 0,5% Karbolkochsalzlösung Verunreinigungen deutlich wurden, kamen doch zur Beobachtung.

Das Abfüllen der steril befundenen verdünnten Impfstoffe wurde anfänglich mittels Pipetten, später mit einem aus Glasrohr und Gummischlauch hergestellten Saugheber vorgenommen, der durch eine Klemmvorrichtung geöffnet und geschlossen werden kann. Zur Vermeidung des Eindringens von Luftkeimen wird über den abzufüllenden Glaskolben und die ganze Abfüllvorrichtung ein größerer steriler am Auslauf mit Watte verschlossener Glastrichter gestülpt. Nach erfolgter Reinigung und Sterilisation wird der Saugheber mit 0,5%iger Phenolkochsalzlösung gefüllt, bevor er in den abzufüllenden Impfstoff eingeführt wird. Das Ansaugen eines neuen Impfstoffkolbens macht keine Schwierigkeit, wenn der Saugheber in noch gut gefülltem Zustande in den neuen Kolben gebracht wurde. Natürlich muß der abzufüllende Kolben einen erhöhten Stand über der Tischfläche erhalten, auf welcher die Flaschen sich befinden.

Die Flaschen wurden anfänglich vor der Sterilisierung mit Wattestopfen verschlossen. Da hierbei nicht selten Watteflocken ins Innere gelangen, die beim Impfen stören könnten, werden die Flaschen seit längerer Zeit unverschlossen, mit der Öffnung nach unten, in Drahtkörben sterilisiert. Sie bleiben in dieser Stellung auch ohne Verschluß mehrere Tage hindurch, wie durch fortlaufende Kontrolluntersuchungen festgestellt wurde, vollkommen keimfrei. Auch die Glaskolben mit der Karbolkochsalzlösung wurden übrigens nicht mittels Wattestopfen, sondern mittels überfallender Gläser verschlossen.

Die Flaschen werden mit Impfstoff so weit gefüllt, daß darin ein gewisser Überschuß über die auf dem Etikett angegebene Menge vorhanden ist. Der Verschluß erfolgte anfänglich mittels im Dampf sterilisierter und in 0,5%iger Phenolkochsalzlösung aufbewahrter Gummistopfen. Seit einiger Zeit werden aber nur noch Korkstopfen benutzt, die nach ausgiebiger Sterilisation im Dampf mit kochendem Paraffin durchtränkt werden. Wie bei den Flaschen wurden auch bei den Stopfen Stichproben regelmäßig auf Sterilität geprüft. Das Einsetzen des Stopfens in den vorher über der Flamme abgebrannten Flaschenhals erfolgt mit einer von Zeit zu Zeit abgeglühten Pinzette. Die Stopfen werden mittels Draht im Flaschenhals befestigt, darauf wird Stopfen und Hals der Flasche durch Eintauchen in verflüssigtes Paraffin mit einem einheitlichen Überzug versehen.

Von den an einem Tage fertig gestellten Flaschen wurden jeweils einige Stichproben nochmals geöffnet und ihr Inhalt auf Sterilität geprüft. Eine Verunreinigung konnte dabei aber niemals festgestellt werden, ebensowenig in Flaschen, die Monate nach ihrer Fertigstellung geöffnet und untersucht wurden.

War im ersten Teil der Impfstoffbereitung die Vermeidung von Verunreinigungen die Hauptaufgabe, so steht im zweiten die gleichmäßige und richtige Dosierung des Antigens im Mittelpunkt des Interesses. Hier macht sich bei der Herstellung der bakteriellen Impfstoffe doch recht bemerkbar, wie unsicher unsere Methoden der Bemessung von Bakterienmengen im allgemeinen sind. Nun ist es ja richtig, daß es bei der Impfung auf eine chemisch absolut genaue Dosierung des Antigens gewiß nicht ankommt. Die als normaler Antigengehalt der Impfstoffe gewählte Bakterienmenge — $^1/_3$ Öse im Kubikzentimeter für den Typhus-, zwei Ösen für den Choleraimpfstoff — liegt sicher oberhalb der unteren Grenze der noch immunisierenden Antigenmenge und weit unterhalb der Grenze, bei welcher erheblichere Giftwirkungen des Antigens zutage treten, so daß auf mäßige Differenzen im Bakteriengehalt der Impfstoffe wohl nicht allzu großes Gewicht gelegt zu werden braucht. Die schon oben erwähnten im Nährboden enthaltenen oder gebildeten Stoffe spielen vielleicht bei der Entstehung heftiger Impfreaktionen eine größere Rolle, als geringe Überdosierungen des Antigens. So berichtet v. Rembold[1]), daß die Stärke der Impfreaktionen durchaus nicht von der Dichte der Impfstoffe und ihrem Gehalt an geformten Elementen abhängig war und auch nicht etwa durch Verunreinigungen erklärt werden konnte. Anderseits ist hier ein Fall bekannt geworden, in dem das Fünffache der vorgeschriebenen Menge von Choleraimpfstoff versehentlich gegeben wurde, ohne daß dabei heftigere Erscheinungen eingetreten wären als die milde Reaktion, wie sie nach einer Impfung mit der üblichen Dosis beobachtet zu werden pflegt. Und in bezug auf den Immunisierungserfolg werden die sehr beträchtlichen individuellen Schwankungen in der Reaktionsfähigkeit auf den antigenen Reiz, die wenigstens, so weit die Antikörperbildung in Betracht kommt, nachweisbar sind, die Wirkungen mäßiger Unterschiede in der Quantität des Antigens vollkommen überdecken können. Aber bei der großen Zahl der mit Impfstoffbereitung beschäftigten Institute und Fabriken ist natürlich die Forderung einer möglichst einheitlichen Bemessung des Antigens doch berechtigt, um größere Unterschiede in der Dosierung zu vermeiden. Nun erhebt sich die Frage, welche Methode der Einstellung des Antigens im Großbetriebe der Impfstoffbereitung dieser Forderung am besten gerecht wird. Man kann von vorneherein im Zweifel sein, ob man als Grundprinzip der Bakterienbemessung das Gewicht oder die Bakterienzahl wählen soll. Da der Begriff der Öse in erster Linie als ein Gewichtsmaß im Werte von 2 mg zu verstehen ist, scheint zunächst im Auswägen der Kulturmasse die der Vorschrift am meisten entsprechende Methode der Antigenbemessung gegeben zu sein.

Zweifellos gibt die Gewichtsbestimmung einer wasserfreien Kulturmasse den genauesten Aufschluß über ihren Gehalt an Bakterieneiweiß. Ganz fehlerfrei aber

---

[1]) Münchener medizinische Wochenschrift 1915, Nr. 30.

arbeitet auch die Methode der trockenen Wägung nicht, der wechselnde Salzgehalt und vor allem die ungleiche Beimengung von Nährbodenpartikelchen, die sich nie ganz vermeiden läßt, stört die Genauigkeit der Ergebnisse. Aber diese Fehler würden nicht über der praktisch zu berücksichtigenden Grenze liegen. Dennoch eignet sich die Methode der Trockenwägung nicht für die Antigenbemessung bei der Impfstoffbereitung wegen der Schwierigkeit, die Kulturmasse nachher wieder gleichmäßig zur Verteilung zu bringen. Auch das Abwägen des Kulturrasens im feuchten Zustande liefert sicher keine gleichmäßigen Ergebnisse, wenn die Verhältnisse hier auch ganz anders liegen. In diesem Falle kommt als Fehlerquelle vor allem der verschiedene Wassergehalt der Kulturen in Betracht. Es ist auffallend, wie verschieden die in Kubikzentimetern ausgemessenen Mengen sind, welche die Kulturrasen gleich großer Platten bei Zusatz gleicher, selbst möglichst geringer Mengen von Abschwemmungsflüssigkeit ergeben. Jedenfalls bezieht sich das Gewicht einer feuchten Kultur vorwiegend auf ihren Wassergehalt und bringt den Gehalt an Bakterieneiweiß nur insofern zum Ausdruck, als in einer bestimmten Flüssigkeitsmenge eine gewisse Bakterienmenge enthalten ist, die aber in weiten Grenzen schwanken kann. Es ist zuzugeben, daß diese Schwankungen bei der Doppelschale, bei der während des Beimpfens der Agaroberfläche ein verschieden großer Teil des am Deckel sich niederschlagenden Kondenswassers abfließt, besonders beträchtlich sind und daß sie bei der Kolleschen Kulturschale weniger ins Gewicht fallen. Dafür aber muß zur möglichst vollständigen Entfernung des Kulturrasens einer Kolleschale verhältnismäßig soviel Flüssigkeit aufgefüllt werden, daß das geringe Gewicht der Kulturmasse einer solchen Schale in dem so erheblich größeren Flüssigkeitsgewicht kaum mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden kann. Etwas günstiger liegen die Ergebnisse der Wägemethode, wenn man getrocknete Platten zur Aufsaat benutzt und die Kulturmasse ohne Zugabe von Flüssigkeit abschabt. Aber für den praktischen Gebrauch stört einmal die Gefahr der Verunreinigungen, die beim Trocknen der Platten eine recht erhebliche ist, und ferner arbeitet diese Methode, wenn man grobe Beimengungen von Agar möglichst vermeiden will, im Großbetrieb recht langsam und auch mit beträchtlichem Verlust an Bakterienmasse. Ein Nachteil, der allen Wägemethoden gemeinsam anhaftet, ist ferner der Umstand, daß der Kulturrasen aller Platten oder doch einer größeren Anzahl von Platten einer Tagesproduktion zusammengegeben werden muß, wodurch den auf einer Platte zufällig gewachsenen Verunreinigungen Gelegenheit geboten wird, die ganze Kulturmasse zu infizieren.

Eine wesentlich einfachere und der Wägemethode an Genauigkeit jedenfalls nicht nachstehende Art der Bemessung von Bakterienkulturmengen ist die Berechnung des Wertes des Kulturrasens nach der Oberfläche des Nährbodens. Von der allgemeinen Annahme ausgehend, daß auf einem Schrägagarröhrchen etwa 10 Ösen zur Entwicklung gelangen, findet man beim Vergleich der Kulturflächen für eine Kollesche Kulturschale etwa das 20fache, also 200 Ösen, für eine große Doppelschale etwa das 50fache, also 500 Ösen. Kennt man die Gesamtzahl der brauchbaren Platten einer Tagesproduktion, so läßt sich die Gesamtmenge des verdünnten Impfstoffes und danach das Verteilungsverhältnis der konzentrierten Bakterienabschwemmung auf die zugehörige Karbol-Kochsalzlösung leicht berechnen. Diese Methode ist für die praktischen

Anforderungen des Massenbetriebes brauchbar und liefert hier auch ziemlich gleichmäßige Resultate, so daß sie von uns lange Zeit ausschließlich angewandt wurde.

Indessen sind ihre Voraussetzungen, wenn man sie im einzelnen nachprüft, doch nicht vollkommen zuverlässig. Erstens wachsen die verschiedenen Bakterienarten auf gleichen Nährböden verschieden reichlich, so daß also für eine jede Art ein besonderer Wachstumsquotient festzustellen wäre. Cholerastämme ergeben im allgemeinen einen üppigeren Kulturrasen als Typhusbakterien, auch wenn die Wachstumsbedingungen genau gleich gestaltet wurden. Eine weitere Einschränkung der Gültigkeit der Voraussetzungen dieser Berechnungsweise wird durch den wechselnden Charakter der Nährböden bedingt. Jedenfalls ergeben verschiedene Nährbodenkochungen häufig ein verschiedenes Kulturergebnis, was sich an der Dichte der Impfstoffe mitunter sehr deutlich zu erkennen gibt.

Was den Wert dieser Bemessungsweise aber besonders beeinträchtigt, ist der Umstand, daß die Reichlichkeit des Kulturrasens nicht allein zu der Oberfläche des Nährbodens in direkter Beziehung steht, sondern auch von der Dicke der Nährbodenschicht, also von der Masse des Nährbodens abhängig ist. Auf einer Kulturplatte von doppelter Dicke wächst, wenigstens in den praktisch in Betracht kommenden Grenzen, eine um die Hälfte bis zu $^2/_3$ reichlichere Bakterienmenge wie auf einer Platte von einfacher Dicke. Daß eine schief erstarrte Kulturplatte an der Stelle der dünnen Schicht immer nur ein schwaches Wachstum aufweist, ist ja eine allgemein bekannte Tatsache. Ebenso zeigt ein Schrägagarröhrchen im oberen Teil, wo die Agarschicht dünner wird, ein schwächeres Wachstum als weiter unten. Aber daß die Unterschiede auch bei Platten, die, sofern man nicht genau darauf achtet, normale Dicke zu haben scheinen, so bedeutend sein können, wie es Tabelle I zeigt, ist doch bemerkenswert. Die Tabelle gibt einen Versuch wieder, der beweist, daß je zwei Typhus- und Cholerastämme auf genau gleich großen Doppelschalen, die aber mit verschiedenen Agarmengen beschickt worden waren, ganz verschiedene Kulturergebnisse liefern. Sie zeigt ferner, daß Choleravibrionen eine dem Gewichte nach größere Ausbeute an Bakterieneiweiß liefern, und gibt schließlich ein Bild der Unzuverlässigkeit der Feuchtwägemethode.

Da das Antigen der Impfstoffe ursprünglich durch geformte Elemente — die Bakterienleiber — gebildet wird, erscheint die Ermittlung des Keimgehaltes durch Zählung als der einfachste Weg, den antigenen Wert einer Bakterienemulsion zu dosieren und zu bemessen. Es wäre dazu nur erforderlich, zu wissen, wie viel Keime der betreffenden Bakterienart auf 1 mg genau ausgewogener Kulturmasse kommen, um aus der bekannten Menge einer konzentrierten Bakterienaufschwemmung und dem festgestellten Keimgehalt derselben die Menge des daraus herzustellenden fertigen Impfstoffes zu berechnen. Die Methode der Keimzählung ist ja auch zur Einstellung von Impfstoffen schon vielfach benutzt worden, besonders in der durch Wrights Opsoninlehre inaugurierter Bakterienimpfung zu therapeutischen Zwecken.

Für die Ermittelung der Keimzahl einer Bakteriensuspension stehen zwei Wege zur Verfügung, die Feststellung mittels des Kulturversuches und die direkte Zählung

Tabelle I. Kulturausbeute von Typhus- und Cholerastämmen in Doppelschalen von 21 cm Durchmesser bei Beschickung mit verschieden großen Nährbodenmengen.

| Stamm | Menge des eingefüllten Nähragars ccm | Gewicht der Kultur in feuchtem Zustande g | Gewicht der Kultur in trockenem Zustande g |
|---|---|---|---|
| Typhus J. St. I. | 60 | 0,6800 | 0,0855 |
| | 90 | 1,2230 | 0,1117 |
| | 120 | 1,5660 | 0,1475 |
| Typhus J. St. II. | 60 | 0,7425 | 0,0900 |
| | 90 | 1,3633 | 0,1184 |
| | 120 | 1,5840 | 0,1610 |
| Cholera Lb. | 60 | 0,9330 | 0,1865 |
| | 90 | 1,4393 | 0,2073 |
| | 120 | 1,4200 | 0,2562 |
| Cholera Serbien | 60 | 0,7460 | 0,1405 |
| | 90 | 1,4045 | 0,1900 |
| | 120 | 1,6690 | 0,2135 |

der Keime unter dem Mikroskop. Der erste Weg ist technisch sehr einfach und seine Ergebnisse sind leicht mit Genauigkeit festzustellen. Vergleicht man aber die Resultate der Prüfungen mehrerer Stämme und auch ein und desselben Stammes unter anscheinend ganz gleichen Bedingungen, so ergeben sich, besonders bei Choleravibrionen, auch wenn man zur Herstellung der Verdünnungen Wasser-Bouillonlösung benutzte, sehr erhebliche Differenzen, die vielleicht auf die verschiedene Verklumpung der Keime untereinander, vielleicht auch auf die Entwicklungsunfähigkeit eines Teiles derselben zurückzuführen sein dürften. Auch Gotschlich und Weigang[1]) fanden bei der Bestimmung der Gesamtindividuenzahl von Cholerakulturen dieselben erheblichen Schwankungen. Noch stärker werden die Differenzen, wenn man zum Abschwemmen des Kulturrasens, wie es bei der Impfstoffbereitung geschieht, Kochsalzlösung benutzt. Dann erhält man in der Abschwemmung einer Choleraplatte immer beträchtlich geringere Koloniezahlen, als in der einer Typhuskultur, obwohl doch, wie aus Tabelle I hervorgeht, das Gewicht der Choleravibrionenkultur das einer Typhuskultur auf einer gleich großen Platte übertrifft. Die Bestimmung der Keimzahl einer Kulturmasse mittels der Plattenkulturmethode ist demnach, besonders bei Choleravibrionen, recht unzuverlässig und würde bei diesen Bakterien stets erheblich zu geringe Keimzahlen und damit einen zu geringen Antigengehalt des Materials ergeben. Denn für die antigene Wirkung sind ja die nicht mehr entwicklungsfähigen Keime ebenso wertvoll, wie die noch zur Vermehrung geeigneten.

[1]) Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten Bd. 20, S. 386.

Tabelle II. Keimgehalt eines Milligramms 22stündiger feucht gewogener Schrägagarkultur von Typhus- und Cholerastämmen im Plattenkulturversuch.

(Verdünnungen mit Bouillonkochsalzlösung.)

| | | |
|---|---|---|
| Typhus J. St. I . . . . . | 923 | Millionen |
| Typhus J. St. II . . . . . | 1370 | „ |
| Typhus J. St. IV . . . . . | 1440 | „ |
| Typhus J. St. V . . . . . | 1230 | „ |
| Cholera Lb. . . . . | 533 | „ |
| Cholera Brke. . . . . | 487 | „ |
| Cholera Serbien . . . . . | 108 | „ |
| Cholera 74 . . . . . | 46 | „ |

Zu dieser Unsicherheit der Ergebnisse kommt noch der Nachteil, daß die Bestimmung der Keimzahl einer Tagesproduktion an Kulturmasse nur möglich ist, wenn die von den einzelnen Platten gewonnenen Kulturen noch lebend zusammengeschüttet werden, was im Interesse der Vermeidung einer gleichmäßigen Infektion mit zufällig vorhandenen Verunreinigungen, wie schon hervorgehoben wurde, nicht tunlich erscheint. Die Feststellung des Keimgehaltes durch Zählung der Koloniezahlen ist daher von uns praktisch nicht benutzt worden.

Zuverlässiger ist nach unseren Beobachtungen die von Soltmann[1]) empfohlene Feststellung des Keimgehaltes durch direkte Zählung der Keime im mikroskopischen Präparat. Diese Art der Prüfung hat den Vorzug, daß sie im Gegensatz zu der Plattenkulturmethode alle Keime, auch die nicht mehr entwicklungsfähigen berücksichtigt und daher auch mit abgetöteten Bakteriensuspensionen vorgenommen werden kann. Über das Ergebnis der Zählung der Keime in den Impfstoffen mit verschiedenen Zählmethoden von Soltmann eingehende vergleichende Prüfungen angestellt worden. Der Autor benutzte die Methode der Zählung mittels der Thoma-Zeissschen Zählkammer und die Wrightsche Zählmethode und findet die Resultate der letzteren unbefriedigend, während er in der Kammerzählung eine sehr brauchbare Methode zur Bestimmung der Keimzahl der Impfstoffe und ein gutes Mittel zur Prüfung der gleichmäßigen Konzentration derselben sieht.

Bezüglich der Brauchbarkeit der Wrightschen Zählmethode zeigten auch uns schon wenige Versuche so abweichende Ergebnisse, daß diese Art der Prüfung des Keimgehaltes von vorneherein als Einstellungsmethode der Impfstoffdichte nicht in Betracht kommen konnte.

Die Zählung der ungefärbten Keime in der Zählkammer haben wir nicht erprobt. Dagegen haben wir eine von Klein[2]) ursprünglich angegebene, etwas abgeänderte Methode geübt, die es gestattet, die gefärbten Keime im Dauerpräparat zu zählen.

Von der auszuzählenden Bakteriensuspension werden nach ausgiebiger Schüttelung 0,1 ccm mit 9,9 ccm verdünnten Karbolfuchsins vermischt und darin etwa eine Stunde unter Erwärmung und mehrfachem Umschütteln gefärbt. Alsdann werden 0,01 ccm

[1]) Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten Bd. 80, S. 323.
[2]) Zentralbl. für Bakteriologie 1. Abt, Bd. XXVII, 1900, S. 834.

der Mischung auf einem vollkommen reinen Objektträger im Gebiete eines kreisförmigen Fleckes von bestimmtem, am besten 2 ccm betragendem Durchmesser, unter kreisförmigen Bewegungen der Nadel gleichmäßig bis zum Rande ausgestrichen, bis die Flüssigkeit eben einzutrocknen beginnt. Um ein gleichmäßiges Haften der Lösung und die Eintrocknung in einer Schicht von möglichst einheitlicher Dicke zu erzielen, kann man dem Bakterienfarbgemisch etwas keimfreie neutral reagierende Gummilösung auf dem Objektträger mittels der Nadel beimischen. Der Ausstrich muß in horizontaler Lage lufttrocken werden, wird dann für einige Stunden im Brutschrank bei 37° vollends wasserfrei gemacht, in Öl eingeschlossen und mittels der Ölimmersion durchgezählt. Die Zahl der Keime findet man aus dem Durchschnitt des Bakteriengehaltes einer möglichst großen Zahl von Gesichtsfeldern, deren Durchmesser mit dem Objektivmikrometer leicht bestimmt werden kann, unter Berücksichtigung des Durchmessers des Ausstriches und der zu seiner Herstellung verwendeten Menge und Verdünnung der Bakteriensuspension.

Dieses Verfahren ergab uns bei der Untersuchung verhältnismäßig brauchbare Resultate. Es ist aber immerhin etwas umständlich und zeitraubend, so daß es für den praktischen Gebrauch der Einstellung der Impfstoffdichte hinter anderen Methoden zurückstehen dürfte. Auch leidet die Genauigkeit der Methode an dem allen Keimzählungen anhaftenden Fehler, daß die Keime selbst durch stärkstes Schütteln nicht ganz isoliert und gleichmäßig verteilt werden können, sondern immer noch mehr oder weniger große Verbände bilden, die schwer auszuzählen sind und einen beträchtlichen Teil der Bakterien der verteilenden Wirkung der Verdünnungen entziehen. Die Methode gab uns aber bemerkenswerte Ergebnisse über die Abnahme des Gehaltes der Impfstoffproben an geformten Elementen bei zunehmendem Alter. Das Verhalten je zweier Typhus- und Cholerastämme in dieser Beziehung zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle III. Bestimmung des Keimgehalts eines Milligramms 22stündiger feucht gewogener Schrägagarkultur zweier Typhus- und Cholerastämme mittels Auszählung im gefärbten Präparat.

| Stamm | Keimzahl am Tage der Herstellung der Emulsion (10. 1. 1916) | Keimzahl am 17. 1. 1916 | Keimzahl am 24. 1. 1916 |
|---|---|---|---|
| Typhus J. St. I. | 425 Millionen | 392 Millionen | 340 Millionen |
| Typhus J. St. II. | 634 „ | 460 „ | 536 „ |
| Cholera Lb. | 520 „ | 262 „ | 242 „ |
| Cholera Serbien | 386 „ | 136 „ | 84 „ |

Aus dem Versuch geht hervor, daß schon im Verlauf von drei Wochen bei der mit der Cholerakultur Serbien hergestellten Impfstoffprobe eine bemerkenswerte Verringerung der Zahl der färbbaren Keime eingetreten ist. Auch die Cholerakultur Kultur Lb. läßt eine gewisse Abnahme des Keimgehaltes erkennen, während die beiden Typhuskulturen nur einen geringfügigen Rückgang der Zahlenwerte aufweisen. Vergleicht man aber 2 bis 3 Monate alte Emulsionen dieser Kulturen mit in gleicher

Weise hergestellten frischen Suspensionen, dann treten sehr große Differenzen im Keimgehalt zutage, die nicht durch eine unlösbare Verklumpung der Keime oder sonstige räumliche Verteilungsmomente bedingt sein können, sondern wohl auf eine fortschreitende Auflösung der Bakterien mancher Kulturstämme zurückzuführen sind.

Was für die Methode der Keimzählung im gefärbten Präparat gilt, wird wohl auch für die Kammerzählung zutreffen. Denn beim Vergleiche hängender Tropfen frisch hergestellter Suspensionen und älterer Impfstoffe aus gewissen Kulturen haben wir auch ohne Zählung einen sehr greifbaren Unterschied in der Menge der Keime feststellen können. Wir können demnach die Zählmethoden als ein gutes, wenn auch etwas umständliches Mittel zur Prüfung der gleichmäßigen Konzentration nur dann anerkennen, wenn es sich um frisch hergestellte, nicht aber um ältere Impfstoffe handelt.

Eine vierte Methode, den Keimgehalt einer Bakteriensuspension zu bemessen, beruht auf der Verschiedenheit der Transparenz keimreicher und keimärmerer Aufschwemmungen infolge der reichlicheren oder geringeren Lichtreflektion von der Oberfläche der Bakterien. Der Grad der Trübung eines Impfstoffes kann also als Maßstab für seinen Gehalt an formerhaltenem Antigen gelten, wogegen die gelösten Eiweißstoffe dabei ebenfalls nicht zur Geltung kommen. Im Vergleich mit den Methoden der Wägung und Keimzählung erscheint diese Methode der Einstellung der Impfstoffe nur zur Erreichung von groben Annäherungswerten geeignet, da die richtige Dichte der Bakterienemulsion rein empirisch durch Vergleich mit einer Musteraufschwemmung ausfindig gemacht werden muß. Aber wenn man die praktischen Ergebnisse dieser Einstellungsweise in Betracht zieht, dann muß man anerkennen, daß sie bei sehr einfacher, wenig zeitraubender Handhabung alles leistet, was unter den Verhältnissen des Großbetriebes von einer solchen Methode verlangt werden kann. Die Unterschiede im Trübungsgrade von Bakteriensuspensionen sind nämlich schon bei verhältnismäßig geringfügigen Verschiedenheiten des im gleichen Flüssigkeitsquantum verteilten Bakteriengewichtes gut zu erkennen und ein etwas eingeübter Untersucher findet Differenzen von etwa $^1/_5$ mg im Kubikzentimeter schon heraus. Bei dichteren Aufschwemmungen, z. B. beim Choleraimpfstoff, hilft man sich bei der Beurteilung der Dichte durch Verwendung dünnerer Prüfungsröhrchen. Zur Erzielung zuverlässiger Resultate ist eine richtig eingestellte Musteraufschwemmung oder noch besser eine ganze Reihe in bezug auf die Dichte quantitativ abgestufter Vergleichsflüssigkeiten nötig. Da das Grundmaß für den Keimgehalt der Impfstoffe ein Gewichtswert ist, wird auch das Muster durch Verteilung des genau ausgewogenen Kulturquantums in der entsprechenden Flüssigkeitsmenge herzustellen sein. Die zum Auswägen benutzte Kultur soll einen mittleren Feuchtigkeitsgehalt haben, wird also am besten von Schrägagarröhrchen gewonnen werden. Benutzt man aus besonderen Gründen andere Suspensionen als Muster für die Impfstoffeinstellung, so sind dieselben ebenfalls durch Vergleich mit der ausgewogenen Bakterienaufschwemmung auszuwerten.

Die Ausführung der Einstellung des Impfstoffes mit einer Musteraufschwemmung ist sehr einfach: durch Hinzufügung abgestufter Mengen des konzentrierten Impfstoffes zu 10 ccm 0,5%iger Karbolkochsalzlösung und Vergleich mit der Standard-

emulsion stellt man zunächst die groben Grenzen des erforderlichen Kulturzusatzes fest, darauf wird durch Beimischung zwischen den Grenzwerten liegender Mengen dasjenige Quantum herausgesucht, das genau die gleiche Trübung aufweist wie die Musterprobe. Kennt man die Menge des konzentrierten Impfstoffes, so ist aus dem erhaltenen Wert die Gesamtmenge des fertigen Impfstoffes und das Verdünnungsverhältnis der Kulturemulsion leicht zu berechnen.

Auch diese Methode ist nicht ganz fehlerfrei. Störend auf die Genauigkeit der Einstellung wirkt zunächst die verschiedene Eigenfarbe der zu vergleichenden Emulsionen. Manche Impfstoffe haben schon beim Abhebern einen leicht bräunlichen Ton oder nehmen ihn unter dem Einflusse der zugesetzten Phenollösung an, und diese bräunlichen Impfstoffproben werden im allgemeinen dichter eingeschätzt als die farblosen. Aber eine erheblich wichtigere Einschränkung erfährt die Brauchbarkeit der Methode durch den Umstand, daß sich das Reflektionsvermögen und damit die Transparenz vieler Bakterienaufschwemmungen keineswegs längere Zeit hindurch unverändert hält, sondern früher oder später, mitunter bereits in kurzer Frist zurückgeht, weil ein mehr oder weniger erheblicher Teil der geformten Elemente der Auflösung anheimfällt. Daß sich derartige autolytische Vorgänge in jeder Bakterienkultur abspielen, ist schon lange bekannt. Daß aber die Autolyse unter Umständen rasch in so erheblichem Grade fortschreitet, daß ein dicht getrübter Choleraimpfstoff schon im Laufe ganz kurzer Zeit fast wasserklar werden kann, und daß sich verschiedene Stämme derselben Bakterienart in dieser Beziehung ganz verschieden verhalten, ist hier erst bei der Impfstoffbereitung in dieser Weise beobachtet worden.

Ein solcher Rückgang des Trübungsgrades durch Autolyse betrifft im besonderen Maße den Choleraimpfstoff, doch sind auch die Typhusbakteriensuspensionen davon nicht völlig frei, wenn die Aufhellung bei ihnen auch nur selten in einem solchen Grade auftritt, daß sie ohne genauere Prüfung zu erkennen ist. Bei den Aufschwemmungen von Choleravibrionen ist die Erscheinung ohne Ausnahme nach längerer Zeit, und bei einigen Stämmen bereits nach wenigen Tagen deutlich. Besonders rasch und ausgiebig tritt die Aufhellung ein, wenn die Impfstoffe in konzentrierter Form einige Zeit aufbewahrt werden. So verliert auch ein trocken abgeschabter Kulturrasen von Choleravibrionen, im Glasschälchen aufgehoben, in wenigen Tagen seine Undurchlässigkeit für Licht und wird völlig transparent, ein Beweis dafür, daß die Wirkung von den Vibrionen selbst ausgeht, nicht etwa vom Suspensionsmittel. Das Aufhellungsvermögen der einzelnen Stämme ist recht verschieden. Die folgende Tabelle (S. 394) gibt ein Beispiel dafür.

Die stärkste Aufhellung lassen die Stämme 74 und Serbien erkennen, die schwächste die Stämme Lb. und Brke. Es ist bemerkenswert, daß die beiden ersteren auch bei der Keimzählung im Plattenversuch ein auffallend geringes Wachstumsergebnis zeitigten und einer von ihnen (Kultur Serbien) bei der Zählung im mikroskopischen Präparat schon in einigen Tagen eine deutliche Verminderung der Keime aufwies. Die Erscheinung beruht daher einesteils wohl auf einer besonderen Labilität der Keime einzelner Cholerastämme, anderseits aber auch wohl auf einem besonders reichlichen Gehalt an autolytischen Fermenten. Denn hier wurde manchmal beobachtet, daß

Tabelle IV. Rückgang der scheinbaren Dichte von Cholera-Aufschwemmungen innerhalb zweier Monate.

Die Zahlen in den vier Kolumnen geben an, wieviel Kubikzentimeter Wasser zu einem Kubikzentimeter der Emulsion hinzugefügt werden mußten, um eine Aufschwemmung zu ergeben, die in ihrer Transparenz einer frischen Emulsion von 0,4 mg Choleravibrionen in 1 ccm ungefähr entsprach.

| Stamm | Dichte am Tage der Herstellung (17. 5. 15) | Dichte am 31. 5. 1915 | Dichte am 19. 6. 1915 | Dichte am 19. 7. 1915 |
|---|---|---|---|---|
| Cholera Cb. | ca. 9 ccm | 8—9 | 8 | 7—8 |
| „ Brke. | | 9 | 7—8 | 7 |
| „ Zrdg. | | 8—9 | 7 | 6—7 |
| „ Hk. | | 8—9 | 7 | 7 |
| „ Sylv. | | 7—8 | 7—8 | 7 |
| „ Baku | | 8 | 7—8 | 6 |
| „ Rußland | | 7—8 | 7 | 6 |
| „ Fst. | | 8—9 | 7 | 5—6 |
| „ Serbien | | 7—8 | 5—6 | 5—6 |
| „ 74 | | 7 | 6—7 | 5 |

zu aufgehellten Suspensionen frisch hinzugefügte Aufschwemmungen eines Stammes, der nicht zur Aufhellung neigte, schneller einen Rückgang der Trübung erkennen ließen, als Suspensionen des betreffenden Stammes für sich allein.

Die Veränderlichkeit der Transparenz des Choleraimpfstoffes macht es erforderlich, daß eine auf die scheinbare Dichte dieses Impfstoffes gestützte Nachprüfung seines Antigengehaltes möglichst bald nach seiner Fertigstellung vorgenommen wird. Findet die Prüfung erst nach einigen Tagen oder gar nach Wochen statt, so wird die Impfstoffprobe mehr oder weniger zu dünn erscheinen, auch wenn sie anfänglich die richtige Dichte besaß. Die Hinzufügung einer weiteren Bakteriensuspension zu solchen aufgehellten Impfstoffproben, um ihr die vorgeschriebene Dichte zu verleihen, ist wohl nicht statthaft, weil dadurch der Gehalt des Impfstoffes an Bakterieneiweiß und damit möglicherweise auch seine Reizwirkung unnötig gesteigert wird. Zur Immunisierung sind aber auch die gelösten Bakterienstoffe noch durchaus befähigt; ein 14 Monate alter, stark aufgehellter Choleraimpfstoff erzeugte im Tierversuch noch die Bildung bactericider Antikörper, allerdings in etwas geringerem Grade als ein frisch bereiteter Impfstoff.

Eine weitere Folge dieser Erscheinung betrifft die Wahl von Musteraufschwemmungen zum Einstellen der Impfstoffe. Aufschwemmungen von Choleravibrionen verändern sich in ihrer Lichtdurchlässigkeit so bald, daß sie sich als Testproben für die Dichte der herzustellenden Impfstoffe wenig eignen, wenn man es nicht vorzieht, sie in kurzen Abständen mittels ausgewogener Kulturmasse immer von neuem herzustellen. Andere Bakterienaufschwemmungen, z. B. solche von Typhusbacillen, sind in ihrer scheinbaren Dichte dauerhafter, verändern sich aber schließlich doch

auch. Noch besser halten sich Staphylokokkensuspensionen. Es darf aber nicht angenommen werden, daß mit gleichen Gewichtsmengen verschiedener Bakterienarten gewonnene Suspensionen gleiche Trübungen zeigen; Staphylokokkenaufschwemmungen erscheinen relativ viel dichter als solche von Choleravibrionen, Typhusbacillen geben ebenfalls etwas dichter erscheinende Trübungen als gleiche Mengen von Choleravibrionen. Eine Musteraufschwemmung aus Staphylokokken für Choleraimpfstoff ist daher zunächst durch Vergleich mit einer Emulsion ausgewogener Cholerakultur richtig einzustellen.

Die Unsicherheit der Bakterienaufschwemmungen als Musteremulsion ließ die Gewinnung haltbarer Suspensionen aus chemischen Stoffen erwünscht erscheinen. Schon früher wurde für die Einstellung der Dichte von Bakterienaufschwemmungen eine Emulsion von Lecithin in Wasser empfohlen. Aber dieser Körper hat eine so beträchtliche Eigenfarbe, daß die Herstellung dichterer, dem Choleraimpfstoff analoger Suspensionen mit ihm nicht gut gelingt. Emulsionen, die in ihrem Charakter mit Bakterienaufschwemmungen ziemlich gut übereinstimmen, erhält man durch Vermischen entsprechender Mengen einer 10%igen Auflösung trockenen Kanadabalsamharzes in Benzol mit absolutem Alkohol. Es entstehen dabei feinflockige Niederschläge, die sich durch leichtes Schütteln gleichmäßig und sehr fein zur Verteilung bringen lassen und im zugeschmolzenen Reagensglase lange Zeit unverändert haltbar sind. Die dem vorschriftsmäßigen Typhusimpfstoff etwa entsprechende Emulsion erhält man durch Vermischen von 0,23 ccm der Benzol-Balsamharzlösung mit 9,77 ccm absolutem wasserfreiem Alkohol, zur Herstellung der dem Choleraimpfstoff entsprechenden Suspension sind 0,6 ccm des Gemisches und 9,4 ccm Alkohol nötig. Probeemulsionen und Impfstoffe müssen natürlich in Reagensgläsern von gleichen Lumen miteinander verglichen werden. Mit geeigneten Hilfsmitteln und unter Berücksichtigung der möglichen Fehlerquellen liefert die Einstellung der Impfstoffe nach der Lichtdurchlässigkeit zufriedenstellende Resultate und wird daher im Gesundheitsamt seit mehreren Monaten ausschließlich geübt.

Die richtige Beurteilung des Antigengehaltes älterer Impfstoffe ist eine schwierige Aufgabe. Ein gewisser Anhaltspunkt dafür dürfte in der Feststellung des Gewichtes des Trockenrückstandes einer bestimmten Menge des fraglichen Impfstoffes gegeben sein. Daneben kommen besonders die Methoden der Komplement- und Antikörperbindung in Frage, bei denen das geformte und das gelöste Antigen in gleicher Weise in Wirksamkeit treten. Ob der auf diesem Wege quantitativ festgestellte Antigengehalt für den Immunisierungserfolg qualitativ mit der gleichen Menge frisch abgetöteter Bakterienleiber gleichwertig ist, erscheint aber fraglich, da für das Zustandekommen von Antikörperbildung und Immunität neben der Menge des eingeführten Antigens auch die antigene Reizwirkung in Betracht zu ziehen ist. Als Maßstab für die letztere kann nur der Tierversuch dienen. Nach einigen in dieser Richtung vorgenommenen Versuchen scheint die antigene, antikörpererzeugende Wirkung des Choleraimpfstoffes schon bald nach seiner Herstellung etwas nachzulassen, sich darauf bis etwa zum sechsten Monat in ziemlich gleicher Stärke konstant zu erhalten, um später weiter zu sinken; aber noch ein 14 Monate alter Choleraimpfstoff ließ

antikörpererzeugende und immunisierende Wirkungen in einer Stärke erkennen, die auch ältere Impfstoffe in gewissem Grade für den praktischen Gebrauch verwendungsfähig erscheinen läßt.

Eine Erscheinung, die besonders bei einige Zeit lagerndem Choleraimpfstoff zutage tritt und bei der Ausführung der Schutzimpfungen mitunter wohl äußerst störend wirken muß, ist die Bildung eines zähschleimigen, aus verklebten Bakterienleibern gebildeten Bodensatzes, der sich auch durch noch so ausgiebiges Schütteln nicht zur gleichmäßigen Verteilung bringen läßt. Die Bakterien lassen sich häufig leicht wieder in der Flüssigkeit aufschwemmen, wenn die betreffende Flasche auf etwa 45° erwärmt und dann kräftig durchgeschüttelt wird.

# Maßanalytische Bestimmung des Chlors in Lebensmitteln usw. ohne Veraschung der Stoffe auf nassem Wege.

Von

Technischem Rat **A. Weitzel,**
Ständigem Mitarbeiter im Kaiserlichen Gesundheitsamte.

Bei dem allgemein üblichen Verfahren, in Lebensmitteln, Futtermitteln usw. den Gehalt an Chloriden in der Asche dieser Stoffe zu bestimmen, können von den bei höherer Temperatur flüchtigen Alkalichloriden während der Veraschung, besonders bei schwer veraschbaren Stoffen, leicht kleine Mengen verloren gehen; die Herstellung einer für diesen Zweck brauchbaren Asche ist daher ziemlich zeitraubend.

Es gelingt nun, die organische Substanz von Lebensmitteln usw. mit Salpetersäure oder Lauge derart aufzuschließen, daß in dem so verflüssigten Material die maßanalytische Bestimmung der Chloride ohne Schwierigkeit vorgenommen werden kann. Auf diese Weise läßt sich die Veraschung umgehen[1]).

Das nachfolgend beschriebene Verfahren, das sich bewährt hat und an Stelle des bisherigen Veraschungsverfahrens[2]) nunmehr im Physiologisch-Pharmakologischen Laboratorium des Kaiserlichen Gesundheitsamtes, besonders bei der Ausführung größerer Reihenuntersuchungen, angewendet wird, besteht in der Aufschließung der organischen Substanz und der sich anschließenden maßanalytischen Bestimmung der Chloride in dem so verflüssigten Material.

Die Untersuchung erstreckte sich auf die folgenden 4 Lebens- bezw. Futtermittel: Rindfleisch (für Stoffwechselversuche möglichst von Fett und Sehnen befreit),

[1]) Auch von anderen Untersuchern sind bereits früher das Chlor bezw. die Halogene in organischen Stoffen unter Wegfall der Veraschung bestimmt worden. Hierbei benutzten die einen die aus der organischen Substanz mittels Schwefelsäure abgeschiedenen Halogenwasserstoffe zur Bestimmung der Halogene, wie z. B. A. Neumann, der die bei der „Veraschung auf nassem Wege" in Form von Chlorwasserstoff abgeschiedenen Chloride in Silbernitratlösung leitete und nach Volhard maßanalytisch bestimmte; andere verwendeten die mit Wasserstoffsuperoxyd (Perhydrol) entfärbten wässerigen Auszüge organischer Substanzen (wie Viehfuttermittel) zur maßanalytischen Bestimmung des Chlors, und wieder andere schlossen die organischen Stoffe (z. B. Gelatine) mit verdünnter Salpetersäure oder mit Kupfersulfatlösung und Natronlauge auf und bestimmten das Chlor maßanalytisch.

[2]) A. Weitzel, Die bei Stoffwechselversuchen am Menschen und Tier zur chemischen Untersuchung der verabfolgten Nahrungsmittel und der Ausscheidungsprodukte angewendeten Verfahren. Diese Arbeiten, Bd. **43**, 1912, S. 304.

Klippfischfleisch, gesalzenen Seefischrogen und den aus ausgekochtem Fleisch, Getreidemehl und Salzen hergestellten Hundekuchen. Dabei wurden die Lebensmittel in Form der lufttrocknen Substanz benutzt; der Hundekuchen wird lufttrocken geliefert; die übrigen Stoffe standen von Stoffwechselversuchen her in größeren Mengen zur Verfügung. Die lufttrockne Substanz als Ausgangsmaterial für die einzelnen Analysen zu wählen, ist in allen den Fällen gegeben, bei denen zur gelegentlichen Ausführung der bei größeren Reihenuntersuchungen notwendigen einzelnen Analysen das Lebensmittel in die lufttrockne Substanz übergeführt wird; eine Notwendigkeit hierfür liegt aber nicht vor. Die Untersuchungen können bei den genannten Lebensmitteln ebenso gut mit den entsprechenden Mengen der frischen Substanz unter den gleichen Bedingungen wie mit der lufttrocknen Substanz ausgeführt werden, wie besondere Versuche mit frischem Rindfleisch, Fleisch von gesalzenem Hering und Rogen von geräuchertem Bückling gezeigt haben. Desgleichen ließ sich eine Probe (5 g) fettreicher, sehr ausgetrockneter und reichlich gesalzener Cervelatwurst ohne Schwierigkeit mit Salpetersäure (15 ccm vom spez. Gew. 1,15) verflüssigen und in dem so verflüssigten Material das Chlor maßanalytisch bestimmen[1]), nachdem das ausgeschiedene Fett vor dem Titrieren der Flüssigkeit in der üblichen Weise durch Filtration entfernt worden war. Das, was vorher für Rindfleisch gesagt worden ist, dürfte auch für andere Fleischsorten gelten. Der Fettgehalt des Fleisches wirkt ebensowenig störend wie bei Cervelatwurst.

Bei Vorversuchen hatte sich gezeigt, daß für Fleisch und Hundekuchen[2]) die Salpetersäure ein geeignetes Verflüssigungsmittel ist, nicht aber für Klippfischfleisch und gesalzenen Seefischrogen, der sich überhaupt infolge seiner schwer angreifbaren Eihüllen gegen Säuren im allgemeinen recht widerstandsfähig gezeigt hat. Bei den letzteren beiden Stoffen fielen die in der salpetersauren Flüssigkeit ermittelten maßanalytischen Werte für Natriumchlorid stets niedriger aus, als die in der Asche ermittelten; auch wichen, was wichtig erscheint, die in den Parallelbestimmungen gefundenen Zahlenwerte nicht unerheblich voneinander ab, besonders beim Rogen. Demgegenüber ließ sich mit einer 10%igen Kalilauge die Verflüssigung von gesalzenem Seefischrogen und Klippfischfleisch in erwünschter Weise bewerkstelligen[3]).

Für das Gelingen der glatten und möglichst vollständigen Aufschließung der lufttrocknen Substanz der genannten 4 Stoffe mittels Salpetersäure vom spez. Gew. 1,15 oder mittels 10%iger Kalilauge ist es erforderlich, daß die Substanz gleichmäßig fein zerrieben und durchgesiebt ist, da bei der Verwendung von nur grob zerkleinerten, nicht durchgesiebten Proben die Aufschließung verzögert und nicht immer vollständig erreicht wurde, wenigstens nicht bei der angegebenen Konzentration der beiden Verflüssigungsmittel und ihrer Einwirkungsdauer.

---

[1]) Der Gehalt an Natriumchlorid in dieser Wurstprobe betrug 11,6%.

[2]) Übrigens auch für Brot.

[3]) Erscheint die verflüssigte Substanz dunkel gefärbt, so ist sie durch Behandeln mit Wasserstoffsuperoxyd oder Kaliumpermanganat soweit aufzuhellen, daß der Farbenumschlag nach Rot bei der nachfolgenden Titration deutlich erkennbar ist.

Die bei der Verflüssigung mit Salpetersäure verbleibenden geringen ungelösten Teilchen stören die Titration ebensowenig wie die geringen Abscheidungen, die nach dem Ansäuern des mit Kalilauge verflüssigten Materials auftreten.

Die bei den 4 genannten Stoffen, die, wie die folgenden Tabellen 1 bis 5 zeigen, z. T. einen niedrigen (0,09% NaCl), z. T. einen recht hohen Chloridgehalt (über 20% NaCl) aufwiesen, angewendete und brauchbar befundene Arbeitsweise ist nachstehend dargestellt.

## I. Untersuchung von Fleisch und Hundekuchen.

### Aufschließung mit Salpetersäure.

Die Proben — bei lufttrockenem Fleisch in Mengen von 2 g oder 5 g, bei Hundekuchen von 5 g, bei frischem Fleisch in der 2 g lufttrockner Substanz entsprechenden Menge — wurden in einem Erlenmeyerkolben (von 250 ccm Inhalt) mit 20 ccm, bei der 5 g betragenden Probe Hundekuchen mit 50 ccm Salpetersäure vom spez. Gew. 1,15 übergossen und mit aufgesetztem Kühlrohr 30 Minuten lang auf dem siedenden Wasserbad unter bisweiligem Umschwenken erhitzt. Hierauf wurden zu der Probe 50 ccm, zu der mit 50 ccm Salpetersäure aufgeschlossenen Probe Hundekuchen jedoch nur 20 ccm Wasser hinzugefügt, die Flüssigkeit, ebenfalls wieder unter Benutzung eines Kühlrohres, auf dem Asbestdrahtnetz zum Sieden gebracht und über kleiner Flamme 15 Minuten lang im schwachen Sieden erhalten. Die erkaltete Flüssigkeit wurde dann mit 10 ccm einer Silbernitratlösung, von der 1 ccm 0,005 g Natriumchlorid entsprach, versetzt, 15 Minuten lang auf dem siedenden Wasserbad erwärmt, nach dem Erkalten mit Wasser auf 100 ccm aufgefüllt und durch ein Faltenfilter filtriert[1]). In 50 ccm des Filtrats wurde nach Zusatz von 2 ccm einer gesättigten wässerigen, mit Salpetersäure bis zum Verschwinden der braunen Farbe versetzten Ferriammoniumsulfatlösung das überschüssige Silbernitrat mit einer gegen die Silbernitratlösung genau eingestellten Rhodanammoniumlösung vorsichtig zurücktitriert, wobei die Titration als beendigt galt, sobald der erste Tropfen den dauernden Farbenumschlag nach Rot ergab. Aus der Anzahl der verbrauchten ccm Silbernitratlösung wurde dann die in der Probe und in 100 g Substanz enthaltene Menge Chlorid als Natriumchlorid berechnet.

## 2. Untersuchung von Klippfischfleisch und gesalzenem Seefischrogen, beide im ungewässerten und gewässerten Zustande.

### Aufschließung mit Kalilauge.

An Stelle von Salpetersäure wurde bei diesen Substanzen eine 10%ige Kalilauge zum Verflüssigen der organischen Substanz verwendet. Die fein gepulverten, durchgesiebten, gleichmäßigen Proben der lufttrocknen Substanz wurden in Mengen von 2 g (oder die entsprechende Menge frischer Substanz) mit 20 ccm, die entwässerten chloridarmen Proben in Mengen von 5 g (oder die entsprechende Menge frischer

[1]) Die Klärung der Flüssigkeit und die Abscheidung des Chlorsilbers in kompakter Form wurden erheblich dadurch beschleunigt, daß beim Auffüllen der Flüssigkeit auf 100 ccm etwas Äther mit in den Meßkolben gegeben und einige Male kräftig umgeschüttelt wurde.

Substanz) mit 50 ccm einer 10%igen Kalilauge in einem Erlenmeyerkolben (von 250 ccm Inhalt) gemischt, 30 Minuten lang auf dem siedenden Wasserbad unter bisweiligem Umschwenken erhitzt und nach dem Erkalten mit Wasser auf 250 ccm aufgefüllt. Hiervon wurden 25 ccm in einem Erlenmeyerkolben (von 200 ccm Inhalt) mit 20 ccm Salpetersäure vom spez. Gew. 1,15 gemischt, mit 20 ccm Silbernitratlösung von der oben angegebenen Konzentration versetzt und die Mischung in dem mit einem Kühlrohr versehenen Erlenmeyerkolben so lange auf einem Asbestdrahtnetz über kleiner Flamme erhitzt, bis der Kolbeninhalt hellfarbig geworden war. Die erkaltete Flüssigkeit wurde dann auf 100 ccm aufgefüllt und in 50 ccm der filtrierten Flüssigkeit das Natriumchlorid bestimmt, wie dies unter 1. angegeben ist.

### 3. Vergleichende Chloridbestimmung in der Asche.

Die zum Vergleich, unter Beobachtung aller gebotenen Vorsichtsmaßregeln angestellten Chloridbestimmungen in der Asche der 4 genannten Substanzen wurden in folgender Weise ausgeführt:

Die Proben wurden in Mengen von 2 g oder 5 g der lufttrocknen Substanz mit 0,5 g oder 1,0 g chlorfreiem Calciumoxyd und der nötigen Menge Wasser in Platinschalen zu einem gleichmäßigen dicken Brei angerührt, im Wassertrockenkasten getrocknet und dann bei möglichst niedrig gehaltener Temperatur unter Verwendung von Pilzbrennern in der Weise verascht, daß, nachdem die organische Substanz vollständig verkohlt war, die Kohle auf einem Filter mit heißem Wasser erschöpfend ausgezogen und dann das Filter mit der Kohle verascht wurde.

Bei Fleisch und Hundekuchen wurde die Asche der unter Zusatz von 0,5 g Calciumoxyd veraschten Proben in 20 ccm, die Asche der unter Zusatz von 1,0 g Calciumoxyd veraschten Proben in 30 ccm Salpetersäure vom spez. Gew. 1,15 gelöst, die mit dem entsprechenden wässerigen Auszug aus der Kohle vereinigte salpetersaure Aschenlösung mit 10 ccm Silbernitratlösung von der oben angegebenen Konzentration versetzt, 15 Minuten lang auf dem Wasserbad erwärmt, nach dem Erkalten auf 100 ccm aufgefüllt, filtriert und 50 ccm Filtrat in der oben angegebenen Weise zur Titration verwendet usw.

Bei dem gesalzenen Seefischrogen und dem Klippfischfleisch wurden die in gleicher Weise wie bei dem Fleisch und Hundekuchen hergestellten salpetersauren Aschenauszüge auf 250 ccm aufgefüllt, hiervon 25 ccm mit 20 ccm Silbernitratlösung versetzt und im übrigen weiter verfahren wie vorher bei Fleisch und Hundekuchen.

Die analytischen Daten sind in den nachstehenden Tabellen 1 bis 5 geordnet zusammengestellt. Um einen genauen Einblick in die Brauchbarkeit des Verfahrens zu ermöglichen, sind die Einzelanalysenzahlen der Parallelversuche in den Tabellen mit angeführt.

Der qualitative Nachweis der Chloride in den oben genannten 4 Lebens- bezw. Futtermitteln ließ sich bequem und schnell (etwa innerhalb 10 Minuten) in folgender Weise führen: Von den Stoffen mit geringem Chlorgehalt wurden je 0,2—0,3 g der lufttrocknen Substanz bezw. 0,5—1,0 g der frischen Substanz, von den Stoffen mit höherem Chlorgehalt entsprechend geringere Mengen mit 3 ccm Salpetersäure

Tabelle 1. Zusammenstellung der in 2 Versuchsreihen auf nassem Wege und nach dem Veraschungsverfahren in einer **Mischprobe Rindfleisch** (18 verschiedene Einzelproben lufttrockner Substanz von fast fettfreiem Rindfleisch — 25,2 g lufttrockne Substanz = 100 g frisches Fleisch) ermittelten Mengen Natriumchlorid.

| Die zu den einzelnen Analysen verwendete Menge lufttrockner Substanz | Natriumchlorid | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A. In der Analysenprobe ermittelt | | B. In 100 g Rindfleisch (aus A berechnet) | |
| | Auf nassem Wege mg | Nach dem Veraschungsverfahren mg | Auf nassem Wege mg | Nach dem Veraschungsverfahren mg |
| 1. Reihe Je 5 g | 17,5 | 17,0 | 88,2 | 85,7 |
| | 18,5 | 17,0 | 93,2 | 85,7 |
| | 18,0 | 18,0 | 90,7 | 90,7 |
| | 19,0 | 17,5 | 95,8 | 88,2 |
| | 18,0 | 18,0 | 90,7 | 90,7 |
| | 18,0 | 17,5 | 90,7 | 88,2 |
| Im Mittel: | **18,2** | **17,5** | **91,6** | **88,2** |
| 2. Reihe Je 2 g | 7,0 | 8,0 | 88,2 | 100,8 |
| | 7,0 | 7,0 | 88,2 | 88,2 |
| | 7,0 | 7,0 | 88,2 | 88,2 |
| | 7,0 | 7,0 | 88,2 | 88,2 |
| | 7,5 | 7,0 | 94,5 | 88,2 |
| | 7,5 | 7,0 | 94,5 | 88,2 |
| Im Mittel: | **7,2** | **7,2** | **90,3** | **90,3** |

In einer besonderen Probe von 10 g frischem Rindfleisch wurden auf nassem Wege 10,5 mg NaCl, nach dem Veraschungsverfahren 10,0 mg NaCl ermittelt, mithin auf 100 g berechnet: 105,0 mg bezw. 100,0 mg NaCl.

(spez. Gew. 1,15) bezw. Kalilauge (10%ig) kurze Zeit im Reagensglas über freier Flamme erhitzt (bis die Probe ziemlich verflüssigt war), nach dem Erkalten mit 3 ccm Wasser verdünnt, die mit Kalilauge behandelten Rogen- und Klippfischproben mit Salpetersäure angesäuert und dann filtriert. Zu dem Filtrat wurden ein bis zwei Tropfen Silbernitratlösung (1 : 10) hinzugefügt und der entstandene Niederschlag durch Auflösen in Ammoniakflüssigkeit und Wiederausfällen durch Salpetersäure als Chlorsilber identifiziert. In der gleichen Weise gelang der qualitative Nachweis des Chlors in je 0,5 g Brot und Cervelatwurst und 0,3 g lufttrockner Substanz von Kartoffeln nach dem Behandeln mit 3 ccm Salpetersäure (spez. Gew. 1,15). Aus der Menge des Niederschlags läßt sich bei Reihenuntersuchungen sehr wohl ein gewisses Urteil über den ungefähren Chloridgehalt der untersuchten Proben gewinnen.

Das Ergebnis der Versuche läßt sich kurz folgendermaßen zusammenfassen:

Für die genannten 4 Lebens- bezw. Futtermittel (Rindfleisch, Klippfisch, Seefischrogen und Hundekuchen) sowie ähnlich zusammengesetzte Stoffe hat sich das Verfahren — Bestimmung des Chlorgehaltes unter Umgehung der Veraschung der Substanz — bewährt. In diesen organischen Substanzen von ganz verschieden hohem Kochsalz-

Tabelle 2. Zusammenstellung der in **18 Proben** lufttrockner Substanz von **fast fettfreiem Rindfleisch**[1]) auf nassem Wege und nach dem Veraschungsverfahren ermittelten Mengen Natriumchlorid.

| Lfde. Nr. | Menge der aus 100 g Muskelfleisch erhaltenen lufttrocknen Substanz | Natriumchlorid | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Auf nassem Wege | | Nach dem Veraschungsverfahren | |
| | | A. In den zu den einzelnen Analysen verwendeten Mengen lufttrockner Substanz von je **5 g** ermittelt | B. In 100 g Rindfleisch (aus A berechnet) | A. In den zu den einzelnen Analysen verwendeten Mengen lufttrockner Substanz von je **2 g** ermittelt | B. In 100 g Rindfleisch (aus A berechnet) |
| | g | mg | mg | mg | mg |
| | | Einzelwerte / Mittelwerte | Einzelwerte / Mittelwerte | Einzelwerte / Mittelwerte | Einzelwerte / Mittelwerte |
| 1 | 24,00 | 19,0 / 19,0 — 19,0 | 91,0 / 91,0 — 91,0 | 8,0 / 8,0 — 8,0 | 96,0 / 96,0 — 96,0 |
| 2 | 24,90 | 24,0 / 24,0 — 24,0 | 119,5 / 119,5 — 119,5 | 10,0 / 10,0 — 10,0 | 124,5 / 124,5 — 124,5 |
| 3 | 25,67 | 21,0 / 20,0 — 20,5 | 107,8 / 102,6 — 105,2 | 9,0 / 8,0 — 8,5 | 115,5 / 102,7 — 109,1 |
| 4 | 26,00 | 18,5 / 17,5 — 18,0 | 96,2 / 91,0 — 93,6 | 7,0 / 7,0 — 7,0 | 91,0 / 91,0 — 91,0 |
| 5 | 26,41 | 17,0 / 18,0 — 17,5 | 89,8 / 95,1 — 92,4 | 7,5 / 7,0 — 7,3 | 99,0 / 92,4 — 95,7 |
| 6 | 24,50 | 20,0 / 19,0 — 19,5 | 98,0 / 93,0 — 95,5 | 8,0 / 8,0 — 8,0 | 98,0 / 98,0 — 98,0 |
| 7 | 25,62 | 16,0 / 15,0 — 15,5 | 82,0 / 76,9 — 79,5 | 6,3 / 6,0 — 6,2 | 82,0 / 76,9 — 79,5 |
| 8 | 25,40 | 18,0 / 19,0 — 18,5 | 91,4 / 96,6 — 94,0 | 7,5 / 7,5 — 7,5 | 95,3 / 95,3 — 95,3 |
| 9 | 24,94 | 20,0 / 20,0 — 20,0 | 99,8 / 99,8 — 99,8 | 8,0 / 7,5 — 7,8 | 93,5 / 99,7 — 96,6 |
| 10 | 24,87 | 15,0 / 15,0 — 15,0 | 74,6 / 74,6 — 74,6 | 6,0 / 6,0 — 6,0 | 74,6 / 74,6 — 74,6 |
| 11 | 25,17 | 20,5 / 20,0 — 20,3 | 103,1 / 100,7 — 101,9 | 8,0 / 8,0 — 8,0 | 100,8 / 100,8 — 100,8 |
| 12 | 24,22 | 18,0 / 19,0 — 18,5 | 87,2 / 93,0 — 90,1 | 7,5 / 7,5 — 7,5 | 90,8 / 90,8 — 90,8 |
| 13 | 25,21 | 19,0 / 19,0 — 19,0 | 96,8 / 96,8 — 96,8 | 7,0 / 8,0 — 7,5 | 88,2 / 100,8 — 94,5 |
| 14 | 25,15 | 17,0 / 16,0 — 16,5 | 85,5 / 80,5 — 83,0 | 6,5 / 6,5 — 6,5 | 81,7 / 81,7 — 81,7 |
| 15 | 25,62 | 16,0 / 16,0 — 16,0 | 82,0 / 82,0 — 82,0 | 6,5 / 6,5 — 6,5 | 83,3 / 83,3 — 83,3 |
| 16 | 25,04 | 19,0 / 19,0 — 19,0 | 95,2 / 95,2 — 95,2 | 7,5 / 7,5 — 7,5 | 93,9 / 93,9 — 93,9 |
| 17 | 25,52 | 18,0 / 17,0 — 17,5 | 91,9 / 86,8 — 89,4 | 7,0 / 7,0 — 7,0 | 89,3 / 89,3 — 89,3 |
| 18 | 25,84 | 17,5 / 17,5 — 17,5 | 90,4 / 90,4 — 90,4 | 7,0 / 7,0 — 7,0 | 90,4 / 90,4 — 90,4 |
| Im Mittel | **25,2** | **18,4** | **93,0** | **7,4** | **93,6** |

[1]) Diese 18 Rindfleischproben (bester Sorte) wurden von Ende Oktober 1915 bis Ende Jannar 1916 angekauft und enthielten nach der möglichsten Befreiung von Fett und Sehnen zum Zweck der Verwendung für Stoffwechselversuche 3,22 bis 3,61% Stickstoff und 0,66 bis 2,85% Fett. Die Kochsalzgehalte liegen hier zwischen 0,075 und 0,124% (im Mittel 0,094%); bei früheren Versuchen (vergl. Rost und Franz, Diese Arbeiten Bd. **43**, 1912, S. 282) bewegten sich die Werte für Kochsalz in 5 Rindfleischproben zwischen 0,12 und 0,14%.

Tabelle 3. Zusammenstellung der in einer Probe **Hundekuchen** auf nassem Wege und nach dem Veraschungsverfahren ermittelten Mengen Natriumchlorid (Gehalt an N: 3,58%; an Fett: 5,93%).

| Menge des zu den einzelnen Analysen verwendeten Hundekuchens | Natriumchlorid | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A. In der Analysenprobe ermittelt | | B. In 100 g Hundekuchen (aus A berechnet) | |
| | Auf nassem Wege | Nach dem Veraschungsverfahren | Auf nassem Wege | Nach dem Veraschungsverfahren |
| g | g | g | g | g |
| 5,0 | 0,0240 | 0,0230 | 0,480 | 0,460 |
| 5,0 | 0,0230 | 0,0240 | 0,460 | 0,480 |
| 5,0 | 0,0235 | 0,0250 | 0,470 | 0,500 |
| Im Mittel | **0,0235** | **0,0240** | **0,470** | **0,480** |
| 2,0 | 0,010 | 0,009 | 0,500 | 0,450 |
| 2,0 | 0,009 | 0,009 | 0,450 | 0,450 |
| 2,0 | 0,010 | 0,009 | 0,500 | 0,450 |
| 2,0 | 0,010 | 0,0095 | 0,500 | 0,480 |
| 2,0 | 0,010 | 0,009 | 0,500 | 0,450 |
| 2,0 | 0,010 | 0,009 | 0,500 | 0,450 |
| Im Mittel | **0,010** | **0,009** | **0,492** | **0,455** |

Tabelle 4. Zusammenstellung der auf nassem Wege und nach dem Veraschungsverfahren in ungewässertem und verschieden lange gewässertem gesalzenem **Seefischrogen**[1]) ermittelten Mengen Natriumchlorid.

| Lfde. Nr. | Nähere Bezeichnung des Rogens mit Angabe der in 100 g ungewässerter und gewässerter Rogenmasse enthaltenen Menge (%) lufttrockner Substanz (l. S.) | Menge der zu den einzelnen Analysen verwendeten lufttrocknen Substanz | Natriumchlorid | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A. In der Analysenprobe ermittelt | | | | B. In 100 g Rogenmasse (aus A berechnet) | | | |
| | | | Auf nassem Wege | | Nach dem Veraschungsverfahren | | Auf nassem Wege | | Nach dem Veraschungsverfahren | |
| | | g | g | | g | | g | | g | |
| | | | Einzelwerte | Mittelwerte | Einzelwerte | Mittelwerte | Einzelwerte | Mittelwerte | Einzelwerte | Mittelwerte |
| 1 | Ungewässert, mit 47,34% l. S. | 2,0 | 0,730<br>0,730 | 0,730 | 0,710<br>0,720 | 0,715 | 17,28<br>17,28 | 17,28 | 16,80<br>17,04 | 16,92 |
| 2 | 2 Stdn. gewässert, mit 40,90% l. S. | 2,0 | 0,575<br>0,565 | 0,570 | 0,560<br>0,560 | 0,560 | 11,76<br>11,55 | 11,66 | 11,45<br>11,45 | 11,45 |
| 3 | 2 Stdn. gewässert, mit 26,54% l. S. | 2,0 | 0,200<br>0,200 | 0,200 | 0,195<br>0,190 | 0,193 | 2,65<br>2,65 | 2,65 | 2,59<br>2,52 | 2,56 |
| 4 | 5 Stdn. gewässert, mit 32,67% l. S. | 2,0 | 0,430<br>0,440 | 0,435 | 0,430<br>0,430 | 0,430 | 7,02<br>7,19 | 7,11 | 7,02<br>7,02 | 7,02 |
| 5 | 24 Stdn. gewässert, mit 20,20% l. S. | 2,0 | 0,080<br>0,080 | 0,080 | 0,080<br>0,080 | 0,080 | 0,81<br>0,81 | 0,81 | 0,81<br>0,81 | 0,81 |

[1]) Vergl. zur chemischen Zusammensetzung des Seefischrogens: Weitzel, Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des gesalzenen Seefischrogens. Diese Arbeiten, Bd. 50, 1916, S. 361. Die dort wiedergegebenen Kochsalzgehalte sind lediglich in der Asche bestimmt worden.

Tabelle 5. Zusammenstellung der auf nassem Wege und nach dem Veraschungsverfahren in ungewässertem und 40 bis 48 Stunden gewässertem **Klippfischfleisch**[1]) ermittelten Mengen Natriumchlorid.

| Lfde. Nr. | Nähere Bezeichnung des Klippfischfleisches mit Angabe der in 100 g ungewässertem und gewässertem Klippfischfleisch enthaltenen Menge (%) lufttrockner Substanz (l. S.) | Menge der zu den einzelnen Analysen verwendeten lufttrocknen Substanz g | Natriumchlorid | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A. In der Analysenprobe ermittelt | | | | B In 100 g Klippfischfleisch (aus A berechnet) | | | |
| | | | Auf nassem Wege g | | Nach dem Veraschungsverfahren g | | Auf nassem Wege g | | Nach dem Veraschungsverfahren g | |
| | | | Einzelwerte | Mittelwerte | Einzelwerte | Mittelwerte | Einzelwerte | Mittelwerte | Einzelwerte | Mittelwerte |
| 1 | Ungewässert, mit 61,7% l. S. | 2,0 | 0,680<br>0,690 | 0,685 | 0,670<br>0,680 | 0,675 | 20,98<br>21,28 | 21,13 | 20,67<br>20,98 | 20,83 |
| 2 | Ungewässert, mit 65,3% l. S. | 2,0 | 0,600<br>0,600 | 0,600 | 0,590<br>0,580 | 0,585 | 19,59<br>19,59 | 19,59 | 18,94<br>19,26 | 19,10 |
| 3 | Ungewässert, mit 68,75% l. S. | 2,0 | 0,580<br>0,580 | 0,580 | 0,570<br>0,570 | 0,570 | 19,94<br>19,94 | 19,94 | 19,60<br>19,60 | 19,60 |
| 4 | Gewässert, mit 27,2% l. S. | 5,0 | 0,040<br>0,040 | 0,040 | 0,040<br>0,040 | 0,040 | 0,22<br>0,22 | 0,22 | 0,22<br>0,22 | 0,22 |
| 5 | Gewässert, mit 28,6% l. S. | 5,0 | 0,110<br>0,105 | 0,108 | 0,105<br>0,105 | 0,105 | 0,629<br>0,601 | 0,62 | 0,601<br>0,601 | 0,60 |
| 6 | Gewässert, mit 30,8% l. S. | 5,0 | 0,020<br>0,020 | 0,020 | 0,020<br>0,020 | 0,020 | 0,12<br>0,12 | 0,12 | 0,12<br>0,12 | 0,12 |

gehalt läßt sich das Kochsalz ohne vorhergegangene Veraschung derselben in kurzer Zeit bequem und mit befriedigender Genauigkeit ermitteln. In 2 bis $2^1/_2$ Stunden sind mehrere Chloridbestimmungen nebeneinander ausführbar, so daß sich das Verfahren besonders für große Reihenversuche und schnell auszuführende Orientierungsversuche eignen dürfte. Bei den hohen Kochsalzgehalten wurden nach diesem Verfahren durchweg etwas höhere Werte gefunden, als nach dem üblichen Veraschungsverfahren. Dies dürfte darauf beruhen, daß bei der Veraschung kleine Mengen an Alkalichlorid durch Verflüchtigung verloren gehen.

Der Kochsalzgehalt betrug bei Rindfleisch etwa 0,1 g, Hundekuchen etwa 0,5 g, ungewässertem Seefischrogen etwa 17,1 g und ungewässertem Klippfischfleisch etwa 20,0 g in 100 g Substanz.

Für wesentlich anders zusammengesetzte Stoffe als die hier genannten und besonders für solche pflanzlicher Herkunft würden die Versuchsbedingungen hinsichtlich der Konzentration der Verflüssigungsmittel, der Dauer ihrer Einwirkung usw. noch auszuprobieren sein.

Bei dem einen oder anderen schwer aufzuschließenden Stoffe könnte möglicherweise die Verflüssigung nicht vollständig durchführbar sein; in solchen Ausnahmefällen würde der Chlorbestimmung in der Asche der Vorzug gegeben werden müssen.

Berlin, im Juni 1916.

[1]) Vergl. zur chemischen Zusammensetzung des Klippfisches: Weitzel, Mitteil. des D. Seefischerei-Vereins 1915, Nr. 1/3. Die hier angeführten Zahlen entsprechen nur zum Teil dort wiedergegebenen Analysen; im übrigen sind die analytischen Werte dort auf die „Trockensubstanz", hier auf die „lufttrockne Substanz" bezogen.

# Vergleichende pharmakologische Untersuchung einiger organischer und anorganischer Säuren.

Von

Geh. Reg.-Rat Prof. **Dr. E. Rost,**

Mitglied des Kaiserl. Gesundheitsamts.

Um Unterlagen für die Beurteilung der Stärke der örtlichen Reizwirkung einiger organischer Säuren auf Schleimhäute zu gewinnen, wurde eine Anzahl der in der Lebensmittelindustrie verwendeten Säuren (Wein-, Zitronen-, Milch- und Essigsäure), sowie die Ameisen-, Glykol- und Propionsäure neben der Phosphor- und Borsäure in vergleichenden Versuchen an Hunden geprüft. Außerdem wurden aus theoretischem Interesse die nämlichen Säuren unter Heranziehung der Salzsäure hinsichtlich ihrer Einwirkung auf Kaulquappen (und zum Teil auf kleine Fische) untersucht, wobei allerdings damit zu rechnen war, daß neben den örtlichen Säurewirkungen auch resorptive Säure- und spezifische Anionenwirkungen sich geltend machen.

## I. Versuche an Hunden mit Säuren in gleichkonzentrierten Lösungen.

Die hierzu verwendeten drei Hunde (Nr. 1, 2 und 3) waren Terrier, in dem Versuchsstall des Laboratoriums aufgezogen, gesund, ausgewachsen und von annähernd gleichem Körpergewicht. Anfänglich wogen Hund 1: 10,7, Hund 2: 10,0 und Hund 3: 8,2 kg. Hund 1 war tragend und warf während der Glykolsäuredarreichung drei gesunde Junge; hierdurch fiel sein Gewicht auf 8,4 kg. Im Laufe des Versuchs gingen die Gewichte der drei Hunde infolge der aus äußeren Gründen notwendig werdenden Herabsetzung der Nahrung herunter und schwankten mit dem vielfachen Wechsel der jeweils zu Gebote stehenden Futtermittel nicht unbeträchtlich. Das Futter bestand nach den jeweiligen Vorräten aus Hundekuchen, Fleischmehl, aus gekochtem Fleisch, Kartoffeln oder Kleie und wurde — wie im Laboratorium üblich — täglich nur einmal, nachmittags zwischen 2 und 4 Uhr (Sonntags vormittags zwischen 10 und 11 Uhr) verabreicht; das nach Art, aber auch nach Menge häufig wechselnde Futter gestattete nicht, auch wenn die Tiere keine Säure erhielten, das Körpergewicht gleichzuhalten.

Die Säuren wurden in 3-, 2- und 1%igen wässerigen Lösungen den Tieren vormittags zwischen 8 und 9 Uhr in den nüchternen Magen mittels Schlundsonde

eingeführt und zwar so, daß jedesmal Hund 1 die stärkste, Hund 2 die mittlere und Hund 3 die schwächste der angewendeten Konzentrationen erhielt. In der Zwischenzeit bis zur täglichen Fütterung erfolgte keinerlei Nahrungszuführung. Nachdem zur Herstellung der wässerigen Lösungen Leitungswasser, destilliertes Wasser, Wasser von Zimmer- bis zu Körpertemperatur angewendet worden war, ohne daß sich irgendwelche wesentlichen Unterschiede gezeigt hatten, wurde schließlich durchweg destilliertes Wasser von Zimmertemperatur angewendet.

So angreifbar eine Versuchsanordnung wäre, bei der für praktische Zwecke eine Substanz für sich allein auf ihre örtlichen Reizwirkungen auf Schleimhäute geprüft wird, indem man sie lediglich in den Magen nicht vorher gefütterter Hunde einführt, so wenig Bedenken kann es begegnen, wenn Stoffe, deren Wirkungsstärke verglichen werden soll, stets in gleicher Weise in den nüchternen Magen eingeführt werden, wenn nur die erforderlichen Sicherungen (Unterbrechung des Versuchs nach dem Auftreten von Reizwirkungen, Wiederholung der Versuche nach längeren Zeiträumen) beobachtet werden. Die nachstehende Tabelle 1 dürfte die Unterlagen dafür enthalten, daß im vorliegenden Fall zuverlässige Resultate erzielt worden sind.

Die untersuchten Säuren waren chemisch rein und mit Ausnahme der Glykolsäure[1]) Kahlbaumsche Präparate; ihr Gehalt an reiner Säure wurde durch Titration ermittelt. Die verwendete Milchsäure war von der Beschaffenheit der Arzneibuchware; sie enthielt 16,4% Milchsäure als Anhydrid. Weiteres ist aus der Zusammenstellung 3 bei Besprechung der Kaulquappenversuche im dritten Teil dieser Mitteilung zu ersehen.

In der Regel wurde mit der Einführung von je 100 ccm der 3-, 2- oder 1%igen Säurelösung begonnen und, je nachdem Erbrechen eintrat oder nicht, die Menge herabgesetzt oder erhöht. Die Reihenfolge, in der die Lösungen gegeben wurden, ergibt sich aus den in der Tabelle 1 (letzte Spalte) beigesetzten Zahlen, die z. B. für den Anfang der Versuchsreihe bedeuten, daß am Versuchstag 1 die Menge von 100 ccm (3-, 2- und 1%iger Glykolsäurelösung) von allen drei Hunden, am Versuchstag 2 bei auf 200 ccm erhöhter Menge nur die 1%ige Lösung vertragen wurde, während die 3- und 2%ige Lösung Erbrechen hervorrief. An den Versuchstagen 3—7 (5 aufeinander folgende Tage) wurden die drei Konzentrationen in Mengen von 100 ccm wieder wie am Versuchstag 1 reaktionslos vertragen. Die letzte Querreihe des Essigsäureversuchs gibt an, daß am Versuchstag 79 nur Hund 1 Essigsäure erhielt und zwar die stärkste (3%ige) Konzentration in Mengen von 25 ccm, ohne daß er erbrach. Größere Unterbrechungen in der Verabfolgung der betreffenden Lösung sind durch ein Sternchen (*) gekennzeichnet.

Die Zahl der Versuchstage beträgt 99 Tage. Die Zeit, während welcher die Versuche ausgeführt wurden, erstreckt sich vom 29. Januar bis 4. Juli 1916.

Um den am nächsten liegenden Einwand zu entkräften, es könnten die drei Hunde durch die wiederholte Eingießung von Säurelösungen schließlich eine so empfindliche oder im Gegenteil eine so widerstandsfähige Magenschleimhaut erlangt

---

[1]) Von der chemischen Fabrik auf Aktien, vormals E. Schering in Berlin in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt, s. später Tabelle 3.

haben, daß die späteren Versuche nicht mehr einwandfrei seien, sind mehrere Säuren (Glykol-, Ameisen-, Essig-, Zitronen-, Phosphorsäure) gegen Ende der Versuchsreihe nochmals geprüft worden; das Resultat war das gleiche, wie anfangs, wie aus den Ergebnissen der Versuchstage 75—90 hervorgeht: die drei Hunde reagierten auf die eingeführten Säurelösungen gegen Ende der Versuchsreihe nicht anders als zu Beginn.

Von der Wiedergabe der einzelnen Versuchsaufzeichnungen kann abgesehen werden, die Tiere zeigten entweder nach der Säureeinführung überhaupt keine Abweichungen vom normalen Befinden (in der Tabelle durch ein Minuszeichen ausgedrückt) oder speichelten, wiesen Lecken, Übelkeit und Brechneigung auf, und erbrachen in der Regel schon nach wenigen (2—3) Minuten, bisweilen nach etwas längerer Zeit (in der Tabelle durch ein Pluszeichen ausgedrückt). Nur bei der Borsäure vergingen zwischen Einführung der Lösung und dem Erbrechen bis zu 2 Stunden. Das Erbrochene bestand — da die Fütterung mehr als 16 Stunden zurücklag — gewöhnlich aus schaumig trüben Massen; nach Verfütterung von ausgekochtem Fleisch jedoch auch aus Fleischstückchen. Die Tiere waren bald wieder von früherer Frische; keines der Tiere zeigte eine längerdauernde Beeinflussung. Hund 2 wartete jeden Morgen freudig winselnd oder bellend auf die Einführung der Flüssigkeit mit dem Magenschlauch.

Die Gewichtsbestimmung erfolgte täglich, auch während der Pausen; die Gewichtszahlen ergaben nichts von Belang; in Spalte 1 der Tabelle 1 sind die jeweiligen Körpergewichte der Hunde bei Beginn der Zuführung einer weiteren Säure beigefügt.

Von Zeit zu Zeit wurden die Tiere katheterisiert; der Harn war von saurer Reaktion (gegen Lackmus), enthielt kein Eiweiß; keinen Zucker und war stets frei von Zylindern oder Zellgebilden der Niere oder der oberen Harnwege.

Nach den in Tabelle 1 verzeichneten Ergebnissen lassen sich die untersuchten Säuren, die in der Reihenfolge angeführt sind, wie sie den Versuchstieren verabfolgt wurden, hinsichtlich ihrer örtlichen Reizwirkungen auf den Magen von Hunden bei Verwendung von Konzentrationen, die für jede Säure die gleichen waren, in verschiedene Gruppen ordnen:

1. Den geringsten Grad örtlicher Reizwirkung zeigten die Zitronensäure, die Milchsäure und die Phosphorsäure; die beiden letzteren wirkten erst, wenn 200 ccm Lösung gegeben wurden, und auch dann nur in 3%iger Lösung. Die Zitronensäure entfaltete selbst bei diesen Mengen und der höchsten Konzentration keine Reizerscheinungen.

2. Sodann folgte die Weinsäure; von ihr bewirkten 100 ccm 3%iger und 200 ccm 2%iger Lösung wiederholt Erbrechen.

3. Den Übergang zu den Säuren der folgenden Gruppe bildeten die Glykolsäure und die Borsäure; erstere rief an 2 Versuchstagen nach Einführung von 200 ccm zweimal bei 3%iger und einmal bei 2%iger Lösung Erbrechen hervor, wirkte bei Einführung von 150 ccm überhaupt nicht und bei Einführung von 100 ccm an 32 Versuchstagen fünfmal bei der 3%igen und einmal bei der 2%igen Lösung brechenerregend. In der Zeit der Glykolsäuredarreichung warf Hund Nr. 1 drei normal

Tabelle 1. Prüfung von Lösungen organischer und anorganischer Säuren verschiedenen Gehalts in Versuchen an drei Hunden (mit Eingießung der Lösungen in den Magen) auf den Eintritt von Erbrechen (Zeichen +) oder das Ausbleiben jeder Wirkung (Zeichen —).

(29. Januar bis 4. Juli 1916.)

| Art der Säure (Gesamtzahl der Versuchstage) [Gewicht der Hunde am 1. jeweiligen Versuchstag] | Menge der verabfolgten Lösung: 25 ccm | | | 50 ccm | | | 75 ccm | | | 100 ccm | | | 150 ccm | | | 200 ccm | | | Reihenfolge und Zahl der einzelnen Versuchstage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in diesen Mengen der Lösungen waren enthalten: 0,75 | 0,5 | 0,25 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 2,25 | 1,5 | 0,75 | 3,0 | 2,0 | 1,0 | 4,5 | 3,0 | 1,5 | 6,0 | 4,0 | 2,0 | |
| | Gramm Säure | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Glykolsäure (35 Versuchstage) [Hund 1: 10,7; Hund 2: 10,0; Hund 3: 8,2 kg] | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | + | + | — | 2 |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 3—7 (5 Tage) |
| | | | | | | | | | | + | — | — | | | | | | | 8 |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 9—14 (6 Tage) |
| | | | | | | | | | | + | + | — | | | | | | | 15 |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 16 |
| | | | | | | | | | | + | — | — | | | | | | | 17 |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 18 |
| | | | | | | | | | | + | — | — | | | | | | | 19 |
| | | | | | | | | | * | — | — | — | | | | | | | 20—22 (3 Tage) |
| | | | | | | | | | | + | — | — | | | | | | | 23 |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 24—32 (9 Tage) |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 80 |
| | | | | | | | | | | | | | — | — | — | | | | 81 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | + | — | — | 82 |
| Essigsäure (17 Versuchstage) [Hund 1: 7,7; Hund 2: 8,0; Hund 3: 7,2 kg] | | | | | | | | | | + | — | — | | | | | | | 33 |
| | | | | | | | | | | — | + | + | | | | | | | 34 |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 35 |
| | | | | | | | | | | + | — | — | | | | | | | 36 |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 37 |
| | | | | | | | | | | + | — | — | | | | | | | 38—39 (2 Tage) |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 40—41 (2 Tage) |
| | | | | | | | | | | + | + | — | | | | | | | 42 |
| | | | | | | | | | | — | — | + | | | | | | | 43 |
| | | | | | | | | | * | + | + | — | | | | | | | 44 |
| | | | | | | | — | — | — | | | | | | | | | | 75 |
| | | | | | | | + | — | — | | | | | | | | | | 76 |
| | | | | — | | | | | | | + | — | | | | | | | 77 |
| | | | | + | | | | | | | — | — | | | | | | | 78 |
| | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | 79 |
| Milchsäure (10 Versuchstage) [Hund 1: 8,1; Hund 2: 7,5; Hund 3: 6,5 kg] | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 45—49 (5 Tage) |
| | | | | | | | | | | | | | — | — | — | | | | 50 |
| | | | | | | | | | * | | | | | | | + | — | — | 51 |
| | | | | | | | | | | — | — | — | | | | | | | 83 |
| | | | | | | | | | | | | | — | — | — | | | | 84 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | — | — | — | 85 |

Tabelle 1 (Fortsetzung).

| Art der Säure (Gesamtzahl der Versuchstage) [Gewicht der Hunde am 1. jeweiligen Versuchstag] | Menge der verabfolgten Lösung in diesen Mengen der Lösungen waren enthalten (Gramm Säure) | | | | | | | | | | | | | | | | | | Reihenfolge und Zahl der einzelnen Versuchstage |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25 ccm | | | 50 ccm | | | 75 ccm | | | 100 ccm | | | 150 ccm | | | 200 ccm | | | |
| | 0,75 | 0,5 | 0,25 | 1,5 | 1,0 | 0,5 | 2,25 | 1,5 | 0,75 | 3,0 | 2,0 | 1,0 | 4,5 | 3,0 | 1,5 | 6,0 | 4,0 | 2,0 | |
| Ameisensäure (6 Versuchstage) [Hund 1: 8,2; Hund 2: 8,5; Hund 3: 7,6 kg] | | | | | | | | | | + | − | − | | | | | | | 52 |
| | | | | + | | | | | | | + | + | | | | | | | 53 |
| | − | | | | + | − | | | | | | | | | | | | | 54 |
| | | + | | + | | − | | | | | | | | | | | | | 55 |
| | | in 12,5 ccm | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | + | + | | | | | | | | | | − | | | | | | | 56 |
| | | | | + | + | + | | | | | | | | | | | | | 87 |
| Weinsäure (7 Versuchstage) [Hund 1: 8,3; Hund 2: 8,8; Hund 3: 8,0 kg] | | | | | | | | | | − | − | − | | | | | | | 57 |
| | | | | | | | | | | + | − | − | | | | | | | 58 |
| | | | | | | | | | * | + | | | | | | | | | 59 |
| | | | | − | | | | | | | | | | − | − | | | | 60 |
| | | | | | | | − | | | | | | | | | | + | − | 61 |
| | | | | | | | | | | − | | | | | | | − | − | 62 |
| | | | | | | | | | | − | | | | | | | + | − | 63 |
| Zitronensäure (6 Versuchstage) [Hund 1: 7,6; Hund 2: 8,1; Hund 3: 7,6 kg] | | | | | | | | | | − | − | − | | | | | | | 64—65 (2 Tage) |
| | | | | | | | | | | | | | − | − | − | | | | 66 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | − | − | − | 67—68 (2 Tage) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | − | − | − | 86 |
| Phosphorsäure (9 Versuchstage) [Hund 1: 7,8; Hund 2: 8,1; Hund 3: 7,7 kg] | | | | − | − | − | | | | | | | | | | | | | 69 |
| | | | | | | | | | | − | − | − | | | | | | | 70—71 (2 Tage) |
| | | | | | | | | | | | | | − | − | − | | | | 72 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | − | − | − | 73 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | + | − | − | 74 |
| | | | | | | | | | | − | − | − | | | | | | | 88 |
| | | | | | | | | | | | | | − | − | − | | | | 89 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | + | − | − | 90 |
| Propionsäure (5 Versuchstage) [Hund 1: 7,4; Hund 2: 7,1; Hund 3: 6,8 kg] | | | | + | − | − | | | | | | | | | | | | | 91 |
| | − | − | − | | | | | | | | | | | | | | | | 92 |
| | | | | + | − | − | | | | | | | | | | | | | 93 |
| | | | | | | | | − | − | | | | | | | | | | 94 |
| | | | | − | | | | | | | + | − | | | | | | | 95 |
| Borsäure (4 Versuchstage) [Hund 1: 8,4; Hund 2: 7,2; Hund 3: 7,0 kg] | | | | | | | | | | + | − | − | | | | | | | 96 |
| | | | | − | | | | | | | | | | − | − | | | | 97 |
| | | | | | | | + | | | | | | | | | | − | + | 98 |
| | | | | − | | | | | | | | | | | − | | + | | 99 |

entwickelte Junge und zwar nach 6 unmittelbar vorhergehenden Glykolsäureeingießungen[1]); nur am Tag des Werfens wurde die Eingießung ausgesetzt, am Tag nach dem Werfen aber wieder aufgenommen, ohne daß an diesem Tag Erbrechen eingetreten wäre. Von der Borsäure wirkte die 3%ige Lösung in Mengen von 100 und 75 ccm, die 2%ige und 1%ige Lösung in Mengen von 200 ccm brechenerregend. Das Erbrechen erfolgte erst nach längerer Zeit, bis 2 Stunden, und war meist sehr heftig und ausgiebig.

4. Die dritte Gruppe umfaßt die stark örtlich reizend wirkenden Säuren, die Ameisen-, Essig- und Propionsäure.

Von diesen Säuren konnte schon zum Teil mit der 1%igen Lösung und mit Mengen bis zu 25, ja 12,5 ccm Wirkung erzielt werden. Die Ameisensäure wies die stärksten Wirkungen auf. Von ihr wirkte sogar die 2%ige Lösung in Mengen von 12,5 ccm; von 18 Eingießungen wurden 12 mit Erbrechen beantwortet[2]). Die Essig- und Propionsäure wirkten weit weniger heftig; erstere rief an 17 Versuchstagen (49 Eingießungen) 14 mal Erbrechen hervor, letztere bei 15 Eingießungen nur 3 mal.

5. In der Reihe der Fettsäuren nahm die Stärke der Reizwirkung von der Ameisensäure zur Essig- und Propionsäure ab.

6. Durch die Einführung der Hydroxylgruppe in das Fettsäuremolekül schwächte sich die Reizwirkung ab. Die Glykolsäure ist wesentlich schwächer reizend als die Essigsäure, die Milchsäure kann bei den eingehaltenen Versuchsbedingungen gegenüber der Propionsäure sogar als fast reizlos bezeichnet werden.

7. Die Weinsäure ist um ein geringes stärker reizend als die Zitronensäure, die unter den Verhältnissen des beschriebenen Versuchs überhaupt keine Reizwirkungen auslöste.

8. Die untersuchten Säuren bewirkten — mit Ausnahme der Borsäure — ein nicht spezifisches Erbrechen: die Magenentleerung trat wie nach sonstigen schleimhautreizenden Stoffen stets schon nach einigen Minuten bis Viertelstunden ein. Bei keiner der Säuren einschließlich der Borsäure zeigten sich irgendwelche Vergiftungserscheinungen.

Die Heranziehung der Borsäure erschien deshalb zweckmäßig, um eine Säure mitzuprüfen, die chemisch nur einen äußerst schwachen Säurecharakter aufweist. An diesem Stoff konnte aber gezeigt werden, daß eine Substanz mit sehr schwachem Säurecharakter spezifisch reizende Wirkungen zu entfalten vermag. Dies geht auch schon aus früheren Versuchen[3]) hervor. So hatte damals ein Hund von 17 kg Gewicht wiederholt nach 6 g, und zwar erst nach 12 Stunden, ein anderer von 10 kg Gewicht nach 2 bezw. 5 g Borsäure erbrochen; die Borsäure war im gewohnten Fleischfutter

[1]) Wird die Tragezeit dieses Hundes zu 63 Tagen angenommen, so erhielt er Glykolsäure am 15.—33. und am 56.—62. Graviditätstag; dazwischen lag eine 23 tägige Unterbrechung des Versuchs.

[2]) Bei den früher vorgenommenen Eingießungen einer 1%igen Lösung, die von zwei Hunden zu 100 bezw. 200 ccm und von zwei sehr jungen Hunden längere Zeit hindurch zu 50 ccm vertragen wurden, wurde die Ameisensäure während des Fütterns verabreicht. (Rost, Franz & Heise, Photographie des Blutspektrums usw. Diese Arb. Bd. 32, 1909, S. 269).

[3]) E. Rost, Über die Wirkungen der Borsäure usw. Diese Arb. Bd. 19, 1902, S. 13.

verabreicht worden. Ein hungernder Hund[1]) im Gewicht von 9 kg erbrach nach $^1/_2$ Stunde 100 ccm einer 1%igen und fast sofort nach dem Eingießen die gleiche Menge einer 2%igen Borsäurelösung, die dem hungernden Hund in den Magen eingeführt wurde; vorher und nachher eingegossenes Wasser (100 ccm) war ohne Wirkung. Die neuerdings angestellten Versuche zeigen, daß die Borsäure hinsichtlich ihrer Schleimhautwirkungen der Gruppe der stark örtlich reizenden organischen Säuren nahe steht.

## II. Versuche an Kaulquappen mit Säuren in äquimolaren Lösungen.

Die regelmäßigen Befunde beim Eingießen von Säuren in wässerigen Lösungen von bestimmtem Gehalt in den Magen von Hunden ließen es wünschenswert erscheinen, die Wirkungen der genannten Säuren in vergleichbaren äquimolaren Lösungen kennen zu lernen. Es wurde dazu die Einwirkung der Säuren auf Kaulquappen gewählt, die im physiologisch-pharmakologischen Laboratorium des Gesundheitsamts ebenso wie kleine Fische vielfach zu Reihenuntersuchungen und Messungen der Wirkungsstärke pharmakologischer Agentien verwendet werden und unter den für Kaulquappen[2]) und kleine Fische[3]) beschriebenen Versuchsbedingungen geprüft wurden. In die Versuche wurde die Salzsäure mit einbezogen. Der Ausdehnung dieser Versuche wurde durch die begrenzte Zeit, während welcher die Versuchstiere zur Verfügung standen, ein Ziel gesetzt.

Die Kaulquappen (von Rana esculenta) stammten von zwei Fängen vom 18. und 25. Mai 1916: sie wurden in alle zwei Tage gewechseltem Wasser gehalten, ohne daß hierbei Tiere gestorben wären. Sie entwickelten sich größtenteils bis zur Bildung der Hinter- teilweise bis zu der der Vorderextremitäten. Das Verhalten der Quappen in den Vorratsgefäßen ermöglichte jederzeit einen Vergleich mit den im Versuch befindlichen Tieren. Die Versuchsanordnung war folgende. In zwei je 80 l fassenden Glasgefäßen (Höhe 52, Durchmesser 48 cm) wurde die vorher in Wasser gelöste Säuremenge in Leitungswasser verteilt; sodann wurden die Kaulquappen eingesetzt.

Die Verwendung von Leitungswasser geschah, um bei den notwendigen großen Wassermengen (80 l) an destilliertem Wasser zu sparen. Dadurch kam allerdings, da das Berliner Leitungswasser etwa 7 Grad vorübergehende Härte hat, eine gewisse Menge Calcium- und Magnesiumkarbonat in die Lösung. Bei den zunächst untersuchten schwachwirkenden Säuren (Glykolsäure, Milchsäure) erschien dies bedeutungslos. Aber auch bei den schließlich verwendeten Verdünnungen der anderen Säuren (bis zu $^1/_{200}$ mol) konnte dadurch höchstens ein Teil derselben abgestumpft werden. Die so hervorgerufene Zurückdrängung der Wasserstoffion-Konzentration konnte bei diesen vergleichenden Versuchen nicht störend wirken, weil die elektrolytische Dissoziation der untersuchten Säuren — abgesehen von der Phosphorsäure einerseits und der

---

[1]) E. Rost, Über die Wirkungen der Borsäure usw. Diese Arb. Bd. 19, 1902, S. 58.

[2]) Fr. Franz, Beitr. z. Kenntn. der Wirkung usw. auf Kaulquappen. Diese Arb. Bd. 21, 1904, S. 304.

[3]) E. Rost und Fr. Franz, diese Arb. Bd. 43, 1912, S. 207., 194 u. 265 ff (schweflige Säure II).

Borsäure andererseits — etwa von der gleichen Größenordnung ist und die Zurückdrängung der Wasserstoffion-Konzentration durch die Härte des Leitungswassers auch in annähernd gleichem Maße erfolgen mußte (s. Tabelle 4).

Die Wirkung der untersuchten Säuren auf die Kaulquappen, die sich anfangs teils auf dem Boden des Gefäßes, teils an der Oberfläche der Lösung aufhielten, sich lebhaft bewegten oder bei vorübergehendem Stillstehen auf die leiseste Bewegung des Schwanzes pfeilschnell nach der Tiefe zu fortschwammen, ist eine im wesentlichen gleichmäßige und durch fortschreitende Abnahme der Reflexerregbarkeit, Einstellung der freiwilligen Beweglichkeit und Absterben ohne Erholungsfähigkeit gekennzeichnet. Die Tiere gehen mehr und mehr an die Wasseroberfläche; ihre Beweglichkeit läßt nach. Bei starkem Anschlagen an das Gefäß, wodurch die gesamte Wassermasse von oben her in mäßige Bewegung gesetzt wird, flüchten sich die Tiere durch Schwimmen nach der Tiefe. Später bleibt diese sehr typische Abwehrfluchtbewegung aus; dagegen ist zunächst noch die Reaktionsfähigkeit auf Berührungsreize des Schwanzes (Berührung der Schwanzwurzel, Schlagen der Schwanzspitze mit einem Glasstab) erhalten. Anfänglich machen die Tiere noch auf größere Strecken Schwimmbewegungen, dann nur noch auf kleine Strecken, reagieren erst nach einer sekundenlangen Latenzzeit oder machen ungeordnete Bewegungen, rollen, überschlagen sich, schwimmen auf dem Rücken liegend. Schließlich sind mehrere hintereinander ausgeführte Berührungsreize notwendig, um bei den regungslos stehenden Tieren durch Summation doch noch eine schwache Bewegung auszulösen; oft erkennt man erst an dem Auftreten von Bewegungen beim Herausnehmen der Tiere und Auffallenlassen auf die Wasserfläche, daß die Tiere noch bewegungsfähig sind. In diesem Stadium der Vergiftung ist eine Erholung der Tiere in frischem Leitungswasser nicht mehr möglich. Die in der Gefangenschaft bis zur Bildung fast glasheller, durchsichtiger Extremitäten entwickelten Kaulquappen reagierten in der Regel am schnellsten, erwiesen sich also als am empfindlichsten.

Auch hier kann bei der Einheitlichkeit des Vergiftungsbildes von der Wiedergabe der Versuchsprotokolle abgesehen werden; die nachfolgende Tabelle 2 dürfte mit folgenden Erläuterungen verständlich sein.

Die Beobachtungszeit erstreckte sich auf 20 bis 48 Stunden. Es bedeuten die Zeichen: 0 die Tiere zeigten im Verlauf von mindestens 20 Stunden keinerlei Abweichung vom normalen Verhalten; 0 + den geringsten Grad der Wirkung, erst nach mehreren (bis zu 20) Stunden ist der Tod bei einem oder mehreren Tieren eingetreten; Beginn + erst über Nacht starb ein Teil der Tiere; die Zeichen +, ++ oder +++ geben an, daß die geschilderten Wirkungen bei einigen Tieren innerhalb 6, bei den meisten innerhalb 24 Stunden eintraten (+), oder daß innerhalb der Beobachtungsstunden die meisten Tiere starben (++), oder daß bei allen Kaulquappen der Tod im Verlauf von 1—3 Stunden erfolgte (+++).

Aus den in Tabelle 2 (S. 413) zusammengestellten Versuchen ergibt sich folgendes:

1. Unter den eingehaltenen Bedingungen wiesen die untersuchten Säuren die gleichen Wirkungen, nur in wechselnder Stärke, auf; spezifische Wirkungen konnten bei keiner Säure — außer der Borsäure — festgestellt werden.

Tabelle 2. Ergebnisse der Versuche an Kaulquappen mit wässerigen, 0,005—0,03 molaren Lösungen organischer und anorganischer Säuren (19. Mai bis 26. Juni 1916).

| Art der Säure | 1 Mol Säure ist gelöst in | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 200 l | 150 l | 120 l | 100 l | 80 l | 66,6 l | 50 l | 40 l | 33,3 l | 6,7 l | 5 l |
| | oder Mol/l | | | | | | | | | | |
| | $\frac{1}{200}$ = 0,005 | $\frac{1}{150}$ = 0,0067 | $\frac{1}{120}$ = 0,0083 | $\frac{1}{100}$ = 0,01 | $\frac{1}{80}$ = 0,0125 | $\frac{1}{66,6}$ = 0,015 | $\frac{1}{50}$ = 0,02 | $\frac{1}{40}$ = 0,025 | $\frac{1}{33,3}$ = 0,03 | $\frac{1}{6,7}$ = 0,15 | $\frac{1}{5}$ = 0,2 |
| 1. Ameisensäure . | + | | | ++ | | +++ | | | | | |
| 2. Essigsäure . . | + | | | + | | ++ | +++ | | | | |
| 3. Propionsäure . | + | | | ++ | | | | | | | |
| 4. Glykolsäure . . | | | | 0 | | + | ++ | ++ | +++ | | |
| 5. Milchsäure . . | 0 Beginn | | | 0 | | + | + | +++ | +++ | | |
| 6. Weinsäure . . | + | | | ++(+) | +++ | | | | | | |
| 7. Zitronensäure . | | + | ++ | +++ | | | | | | | |
| 8. Phosphorsäure . | + | ++ | | +++ | | | | | | | |
| 9. Salzsäure . . . | + | | | +++ | | +++ | | | | | |
| 10. Borsäure . . . | | | | | | | | | | 0 | + |

2. In der Fettsäurereihe erwiesen sich die drei untersuchten Säuren als stark wirksam; die Ameisensäure kommt der Phosphor- und Salzsäure nahe. Besonders hervorzuheben ist, daß die Ameisensäure wohl stärker wirkte als die Essigsäure, daß die Propionsäure jedoch nicht nur eine geringere Wirkungsstärke aufwies als die Essigsäure, sondern diese hierin übertraf und die Ameisensäure an Wirksamkeit erreichte.

3. Durch die Einführung der Hydroxylgruppe in die Essigsäure sowohl wie in die Propionsäure nimmt die Wirksamkeit beider Säuren ab. Die Glykolsäure und Milchsäure waren etwa gleich schwach wirksam.

4. Die Weinsäure und die Zitronensäure wirkten etwa gleich stark und übertrafen die Milchsäure um ein Beträchtliches. Der Milchsäure kommen unter den untersuchten organischen Säuren die schwächsten Wirkungen zu.

5. Die Phosphorsäure hatte etwa die Wirkungsstärke der Salzsäure, während der Borsäure in den entsprechenden molaren Lösungen überhaupt keine Wirkung auf Kaulquappen zukommt; erst bei 10 fach größeren Mengen traten Wirkungen der Borsäure in die Erscheinung; die Konzentration von 0,93 (= 0,15-molar) Borsäure war unwirksam, diejenige von 1,22% (= 0,2molar) wirksam, was mit dem von Fr. Franz[1]) erhobenen Befund (Tod von Kaulquappen in 1%iger Borsäurelösung) übereinstimmt.

[1]) Fr. Franz, a. a. O. 1904, S. 310.

Bevor auf die Besprechung dieser Befunde eingegangen wird, seien noch kurz die weiteren Versuche zur vergleichenden Prüfung der Wirksamkeit der Glykolsäure und der Essigsäure besprochen, die an kleinen Fischen und an Kaninchenblut vorgenommen wurden. Die in ähnlicher Weise wie mit Kaulquappen an kleinen Fischen (Goldfedern, Bitterlingen usw; 10—12 Fische in 80 l Flüssigkeit) im Februar und April 1916 angestellten Untersuchungen lehren, daß in den Lösungen beider Säuren (1 : 10000, 1 : 5000 und 1 : 1000) das gleiche Vergiftungsbild sich entwickelt; es zeigt vielfache Ähnlichkeit mit dem an Kaulquappen und ist wesentlich verschieden von dem Bild der Narkose. Auch bei Fischen wirkte die Essigsäure etwas stärker als die Glykolsäure, was sich selbst noch bei der Konzentration von 1 : 10000 zeigte, bei der die Glykolsäure bereits ohne jede Wirkung war, während die Essigsäure noch sehr leichte Gleichgewichtsstörungen hervorrief.

Bei Versuchen, den Einfluß der Glykolsäure und der Essigsäure auf Farbe, Spektrum und Hämolyse von Kaninchenblut (in Mischung mit 0,75% Kochsalzlösung bei 20° Temperatur und 24stündiger Beobachtungszeit) in der früher beschriebenen Weise[1]) zu untersuchen, stellte sich heraus, daß beide Säuren, bei Verwendung gleichmolarer Lösungen, etwa gleich stark wirkten. Hämolyse war bei keiner Verdünnung zu beobachten; es trat Säurehämatinbildung mit den charakteristischen Veränderungen der Farbe und des Spektrums des Blutes ein, unter gleichzeitiger Bildung wolkiger gelbbrauner Massen, die sich schließlich als Niederschlag im Reagensglas absetzten. Bei Verwendung von 10 ccm Blutmischung trat noch bei beiden Säuren bei einer Verdünnung von 0,001 mol im Liter Säurehämatinbildung ein.

## III. Besprechung der Ergebnisse der Versuche mit den 0,005—0,03 molaren Lösungen der untersuchten Säuren

Zur Entscheidung der Frage, ob die bei den untersuchten 10 Säuren beobachtete verschiedene Wirkungsstärke in Abhängigkeit steht von ihrem Säuregrad, d. h. von der Konzentration des in den Lösungen jeweils enthaltenen Wasserstoffions, seien die Ergebnisse der Tierversuche mit den Werten der elektrolytischen Dissoziation dieser Säuren verglichen. Nach den Ergebnissen der physikalisch-chemischen Untersuchung ist Salzsäure eine sehr starke, Phosphorsäure eine mittelstarke, und Essigsäure eine schwache Säure. Milch- und Glykolsäure sind ein wenig, Zitronen- und Weinsäure wesentlich stärker als Essigsäure. Die Einzelheiten ergeben sich aus den folgenden Tabellen 3 und 4 (S. 415).

Die Konstanten der elektrolytischen Dissoziation der aufgeführten organischen Säuren liegen nicht allzuweit auseinander, zwischen K = 0,00097 für Weinsäure einerseits und K = 0,000018 für Essigsäure und K = 0,0000134 für Propionsäure andererseits. Schon hieraus sieht man, daß die Wasserstoffion-Konzentration nicht der oder nicht der einzige Faktor für die Wirkungsstärke der untersuchten Säuren sein kann. Es müßte sonst die Propionsäure die schwächste und die Weinsäure die

[1]) E. Rost und Fr. Franz, diese Arb. Bd. 43, S. 209 und 270.

Tabelle 3.

| Art der Säure | Formel | Molekulargewicht | g Säure in 80 l 0,01 molarer Lösung |
|---|---|---|---|
| 1. Ameisensäure . . . . | $H \cdot COOH$ | 46 | 36,8 |
| 2. Essigsäure . . . . . | $CH_3 \cdot COOH$ | 60 | 48,0 |
| 3. Propionsäure[1]) . . . . | $CH_3 \cdot CH_2 \cdot COOH$ | 74 | 59,2 |
| 4. Glykolsäure[2]) . . . . | $CH_2(OH) \cdot COOH$ | 76 | 60,8 |
| 5. Milchsäure[3]) . . . . . | $CH_3 \cdot CH(OH) \cdot COOH$ | 90 | 72,0 |
| 6. Weinsäure . . . . . | $CH(OH) \cdot COOH$ \| $CH(OH) \cdot COOH$ | 150 | 120,0 |
| 7. Zitronensäure . . . . | $CH_2(OH) \cdot COOH$ \| $CH(OH) \cdot COOH$ \| $CH_2(OH) \cdot COOH$ | 210 | 168,0 |
| 8. Phosphorsäure . . . . | $H_3PO_4$ | 98 | 78,4 |
| 9. Salzsäure . . . . . | $HCl$ | 36,5 | 29,2 in 10 l 0,1 molarer Lösung |
| 10. Borsäure . . . . . | $H_3BO_3$ | 62 | 62,0 |

Tabelle 4[4]). Konstanten der elektrolytischen Dissoziation.

| | K = | | |
|---|---|---|---|
| Phosphorsäure . . . | $9 \cdot 10^{-3}$ | oder | 0,009 |
| Weinsäure . . . . . | $9{,}7 \cdot 10^{-4}$ | „ | 0,00097 |
| Zitronensäure . . . . | $8 \cdot 10^{-4}$ | „ | 0,0008 |
| Ameisensäure . . . . | $2 \cdot 10^{-4}$ | „ | 0,0002 |
| Glykolsäure . . . . | $1{,}5 \cdot 10^{-4}$ | „ | 0,00015 |
| Milchsäure . . . . . | $1{,}38 \cdot 10^{-4}$ | „ | 0,000138 |
| Essigsäure . . . . . | $1{,}8 \cdot 10^{-5}$ | „ | 0,000018 |
| Propionsäure . . . . | $1{,}34 \cdot 10^{-5}$ | „ | 0,0000134 |
| Borsäure . . . . . | $5{,}5-6{,}4 \cdot 10^{-10}$ | „ | 0,00000000055 |

Diffusionskonstanten.

| | K = |
|---|---|
| Salzsäure . . . . | 2,07 |
| Ameisensäure . . | 0,97 |
| Essigsäure . . . . | 0,78 |
| Weinsäure . . . . | 0,43 |
| Zitronensäure . . . | 0,41 |

stärkste Giftwirkung entfaltet haben. Die Milchsäure aber, die die schwächsten pharmakologischen Wirkungen gezeigt hat, müßte nach dem Gehalt der Lösung an dissoziiertem Wasserstoffion (Milchsäure : Propionsäure = 1 : 10) die Propionsäure und die Essigsäure an Wirkungsstärke übertreffen. Im einzelnen ließen sich wohl Über-

[1]) Nach Angabe der Chem. Fabrik C. A. F. Kahlbaum in Berlin mindestens 99,5%ig. Die Titration ergab einen Gehalt von 100% reiner Säure und Abwesenheit von Ameisensäure und Mineralsäuren.

[2]) Präparate der Chemischen Fabrik auf Aktien, vorm. E. Schering in Berlin.

[3]) Mit einem Anhydridgehalt von 16,4%.

[4]) Nach W. Ostwald, Lehrbuch der allgem. Chemie, und nach Landolt-Börnsteins phys.-chem. Tabellen 1912.

einstimmungen konstruieren. So kommt der Ameisensäure eine 11mal höhere Dissoziationskonstante zu als der Essigsäure; erstere ist wesentlich giftiger als letztere. Die Zitronen- und Weinsäure haben etwa den gleichen Gehalt an dissoziiertem Wasserstoffion; beide wirken etwa gleich stark giftig auf Kaulquappen.

Der elektrolytische Dissoziationsgrad dürfte also nicht als Ursache für die verschiedene Wirkungsstärke der untersuchten Säuren anzusehen sein. Zieht man außer der Affinität noch die Diffusion zur Erklärung des Wirkungsgrades der Säuren im Tierversuch heran — mehrere dieser, wie z. B. die Ameisen-, Essig-, Propionsäure sind ätherlöslich —, so zeigt sich, daß unter den geprüften organischen Säuren die Ameisensäure die höchste Diffusionskonstante aufweist, daß diese niedriger ist bei der Essigsäure und die niedrigsten unter sich gleichen Werte bei der Wein- und Zitronensäure erreicht. Weitere Säuren scheinen auf ihren Diffusionsgrad nicht untersucht zu sein, so daß es bei diesen Andeutungen sein Bewenden haben muß. Ob für die Sonderstellung der Milchsäure als pharmakologisches Agens der Gehalt an Anhydrid mitbestimmend ist, insofern dieses vielleicht das Diffusionsvermögen herabzudrücken vermag, kann nicht entschieden werden. Ebenso kann vorläufig noch nichts darüber ausgesagt werden, ob und inwieweit die Konstitution des Anions der organischen Säuren bei ihrer pharmakologischen Wirkung mitbestimmend ist. Was die Borsäure anlangt, so spielt ihr Dissoziationsgrad eine so untergeordnete Rolle, daß die Reizwirkungen, die sie entfaltet, auf Rechnung wohl allein des Anions gesetzt werden müssen.

## IV. Schlußbemerkungen.

Die beschriebenen Tierversuche können naturgemäß die Frage nach den örtlichen Reizwirkungen der genannten Säuren beim Menschen nicht einwandfrei beantworten, immerhin kann man aber wohl aus der festgestellten Wirkungsstärke der untersuchten Säuren auf die Magenschleimhaut des Hundes (Zusammenfassung S. 407) und auf Kaulquappen (Zusammenfassung S. 412) folgendes ableiten:

1. Die geringsten örtlichen Reizwirkungen und die niedrigste Giftigkeit im Kaulquappenversuch zeigte die Milchsäure, die schon von Faust[1]) auf Grund seiner Tierversuche in verdünnten Lösungen als geeignet zum menschlichen Genuß und neuerdings von der K. Preußischen Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen in einem Gutachten[2]) als ein einwandfreieres Ersatzmittel der Zitronen- und Weinsäure als die Phosphorsäure bezeichnet worden ist.

2. In ihrer Wirkung auf die Magenschleimhaut des Hundes schließen sich als gering reizende Säuren die Zitronen-, Wein- und Phosphorsäure an, von denen aber die Phosphorsäure schon stark giftig für Kaulquappen ist. Gegen die Verwendung der Phosphorsäure spricht sich besonders im Hinblick auf die Unverbrennlichkeit der Säure im Stoffwechsel die Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen[2]) aus.

[1]) E. St. Faust, Verwendbarkeit der Milchsäure als Bestandteil von Genußmitteln. Chem. Ztg. 1910, S. 57.

[2]) Heffter, Juckenack und Finger, Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin, Reihe III, Band 51, 1916, S. 324.

3. Wenn auch im Kaulquappenversuch die Giftwirkung der Essigsäure durch Einführung der Hydroxylgruppe (Glykolsäure) sich ähnlich herabgesetzt erwies wie die der Propionsäure durch ihre Überführung in Milchsäure, so sind die Säurewirkungen der Glykolsäure in den angewendeten Konzentrationen doch nicht auf das niedrige Maß etwa der Milch- oder Zitronensäure herabgedrückt. Die K. Preußische Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen dürfte wegen des Verhaltens der Glykolsäure im intermediären Stoffumsatz (Bildung von Oxalsäure)[1]) auch die Glykolsäure als ungeeignet zum Ersatz für Fruchtsäuren betrachten, wenigstens schreibt sie: „So würde nach Ansicht der Wissenschaftlichen Deputation, wie schon in dem Gutachten, betr. die Verwendung von Glykolsäure (Nr. 26C) betont wurde, die Gärungsmilchsäure ein einwandfreieres Ersatzmittel sein als die Phosphorsäure."

4. Von allen untersuchten Säuren hat die Ameisensäure im Versuch am Hund die stärksten Reizwirkungen entfaltet; auch im Kaulquappenversuch kam ihre Wirkung etwa der der Salzsäure gleich, so daß überall da, wo die Ameisensäure infolge der Konzentration ihrer Lösungen Säurewirkungen zu entfalten vermag, ihre praktische Verwendung bei Lebensmitteln aus gesundheitlichen Erwägungen ausgeschlossen werden müßte[2]).

5. Die Stärke der örtlichen Reizwirkung und der Giftigkeit, gemessen an der Einwirkung auf Kaulquappen, ging unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen nicht gleichsinnig mit dem Grad der elektrolytischen Dissoziation; mitbestimmend auf die Wirkungsintensität scheint die Diffusionsgröße der stark verdünnten Säuren zu sein.

6. Die lediglich als Typus einer äußerst schwachen, in dieser Beziehung dem Phenol (der Karbolsäure) nahe stehenden Säure herangezogene Borsäure hat sich auch hier wieder in Lösungen als ein Stoff von bemerkbarer, wohl spezifischer örtlicher Reizwirkung auf tierische Schleimhäute gezeigt.

Berlin, im Juli 1916.

---

[1]) Vergl. z. B. P. Mayer (unter C. Neuberg), Über Äthylenglykol und Glykolaldehyd. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 38, 1903, S. 135. — Dakin, Über die Oxydationsform einiger einfacher aliphatischer Substanzen im Tierkörper (Essig-, Glykol-, Glyoxyl-, Oxalsäure, Glykokoll, Glykol). Journ. of biol. chemistry Bd. 3, 1907, S. 57.

[2]) Mit dieser Anschauung steht durchaus im Einklang die Stellungnahme Heffters und Rubners in einem Gutachten der Kgl. Preußischen Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen, wonach ein Zusatz von 0,24% Ameisensäure zum Zitronensaft, der infolge seines hohen Säuregehalts in der Regel nur in starker Verdünnung genossen wird, nicht als gesundheitsschädlich anzusehen ist (Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medizin, Reihe III, Bd. 42, 1911, S. 1).

# Über die Einwirkung von Ozon auf Mikroorganismen und künstliche Nährsubstrate, als Beitrag zur Kenntnis der Ozonwirkung in Fleischkühlhallen.

2. Mitteilung.

## Die Einwirkung von Ozon auf künstliche Nährböden und auf verschiedene Bakterien, Hefen und Schimmelpilze.

Von

**Dr. R. Heise,**

Technischem Rat im Kaiserl. Gesundheitsamte.

(Hierzu Tafel Tafel XIV und XV.)

Inhaltsübersicht: I. Beschreibung der untersuchten Mikroorganismen und der benutzten Versuchsanordnung. — II. Die Einwirkung von Ozon auf künstliche Nährböden. — III. Das Verhalten von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen gegen Ozon. — IV. Zusammenfassung der praktisch wichtigsten Ergebnisse und Schlußsätze.

Die erste Mitteilung[1]) über die Einwirkung des Ozons auf Mikroorganismen und künstliche Nährsubstrate enthält nur Beobachtungen über das Verhalten von Bact. coli gegen hohe Ozonkonzentrationen. Zum Schlusse ist die Einwirkung von Ozon auf den dabei verwendeten Nährboden, Fleischwasserpeptongelatine, durch einige Versuche geprüft worden. Nunmehr soll zunächst die Frage nach der Einwirkung des Ozons auf den Nährboden noch eingehender behandelt werden. Ferner sollen die bisher gewonnenen Erfahrungen mit anderen Mikroorganismen nachgeprüft und durch Anwendung niedriger Ozonkonzentrationen erweitert werden.

Bevor die neueren Ergebnisse mitgeteilt werden, seien die untersuchten Mikroorganismen und die für die niedrigen Ozonkonzentrationen verwendete Versuchsanordnung kurz beschrieben.

### I. a) Beschreibung der untersuchten Mikroorganismen.

Bei den folgenden Versuchen wurden 10 verschiedene Arten von Mikroorganismen verwendet, wovon 3 Bakterien, 2 Hefen und 2 Schimmelpilze aus Berliner Kühlhäusern stammten. 3 Bakterienarten waren den Beständen des Kaiserl. Gesundheitsamts entnommen worden.

Die Bakterien. Die 3 in den Kühlhäusern auf Fleischstücken gefundenen Bakterienarten gehörten zu den bei niedriger Temperatur gedeihenden, sog. psychro-

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 50 (1915) S. 204.

toleranten Arten. Derartige Bakterien sind schon einige Male beschrieben worden[1]); sie bilden auf dem davon befallenen Fleisch bräunlich weiße Beläge und verleihen ihm einen eigentümlichen, oft fruchtätherartigen Geruch. Glage bezeichnet sie als Aromabakterien und bemerkt, daß sie zu lästigen Bewohnern des Kühlhauses werden können, so daß es kaum möglich sei, das Fleisch vor diesen Belägen zu schützen. Diese Bakterien sind stark sauerstoffbedürftig, weshalb sie wenig Neigung haben, in die Tiefe des davon befallenen Fleisches einzudringen. Die im vorliegenden Falle gezüchteten 3 aromabildenden Kühlhausbakterien waren in ihrem morphologischen und biologischen Verhalten den schon beschriebenen ähnlich. Lediglich zur Unterscheidung der vorliegenden 3 Arten sollen diese nach bestimmten Merkmalen im Wachstum auf alkalischer und neutraler Fleischwasserpeptongelatine als a) verflüssigendes, b) rosettenbildendes und c) hofbildendes Aromabakterium bezeichnet werden. Nähere Angaben über das Wachstum dieser Bakterien auf verschiedenen Nährsubstraten finden sich in der Tabelle 1 (S. 422) und auf Tafel XIV. Außer den Kühlhausbakterien wurden noch Bact. prodigiosum, Bac. fluorescens liquefaciens und der schon früher benutzte Stamm von Bact. coli comm. untersucht.

Die Hefen. Von den in einem Kühlhause lagernden Fleischwaren wurden 1 rosa und 1 weiße Hefenart gezüchtet. Auch die Hefen entwickeln sich bei niedriger Temperatur und erzeugen das sog. Bereifen des Fleisches; sie dringen ebenfalls nicht in die Tiefe ein.

Die Schimmelpilze. Von Schimmelpilzen wurden Penicillium glaucum und Mucor stolonifer in einem Kühlhause gefunden. In den Kühlhäusern entwickeln sich nach Glage (Kompendium S. 300) auf relativ trockenen Flächen oft ganze Wälder von Mucor.

### I. b) Beschreibung der Versuchsanordnung für niedrige Ozonkonzentrationen.

Zu den Versuchen mit etwa 2000 mg/cbm Ozon wurde wieder der in der ersten Mitteilung, Fig. 2, S. 215 veranschaulichte Apparat mit 150 l/Stde. Luftgeschwindigkeit benutzt.

Für die unmittelbare Erzeugung eines Luftstromes mit niedrigem Ozongehalt war der an dem Siemens & Halskeschen Ozonisierungsapparat befindliche technische Ozonisator nicht geeignet; er wurde durch das für Laboratoriumszwecke viel benutzte Siemenssche Ozonrohr (Diese Mitteil. Fig. 2h) ersetzt. Der Siemens & Halskesche Apparat diente dabei nur zur Erzeugung der Hochspannung und eines gleichmäßigen Luftstromes. Dieser Luftstrom wurde nicht unmittelbar ozonisiert, sondern es wurde ihm stärker ozonisierte Luft in kleiner Menge beigemischt. Fig. 2 gibt die Gesamtansicht der Versuchsanordnung wieder.

Der Hauptluftstrom. Die dem gut ventilierten Zimmer entnommene Luft wurde durch ein Wattefilter filtriert und durch das an dem Siemens & Halskeschen

[1]) M. Müller, Über das Wachstum und die Lebenstätigkeit von Bakterien, sowie den Ablauf fermentativer Prozesse bei niederer Temperatur unter spezieller Berücksichtigung des Fleisches als Nahrungsmittel. Arch. f. Hygiene Bd. 47 (1913) S. 127. — Prang, Über Fleischverderbnis in einer städtischen Kühlhalle. Deutsche Vierteljahrschrift f. öff. Gesundheitspflege, Bd. 44 (1912) S. 462. — F. Glage, Über die Bedeutung der Aromabakterien für die Fleischhygiene. Ztschr. f. Fleisch- u. Milchhygiene, Bd. 11 (1901) S. 131. — F. Glage, Kompendium der angewandten Bakteriologie für Tierärzte. Berlin 1913. S. 292 u. 295.

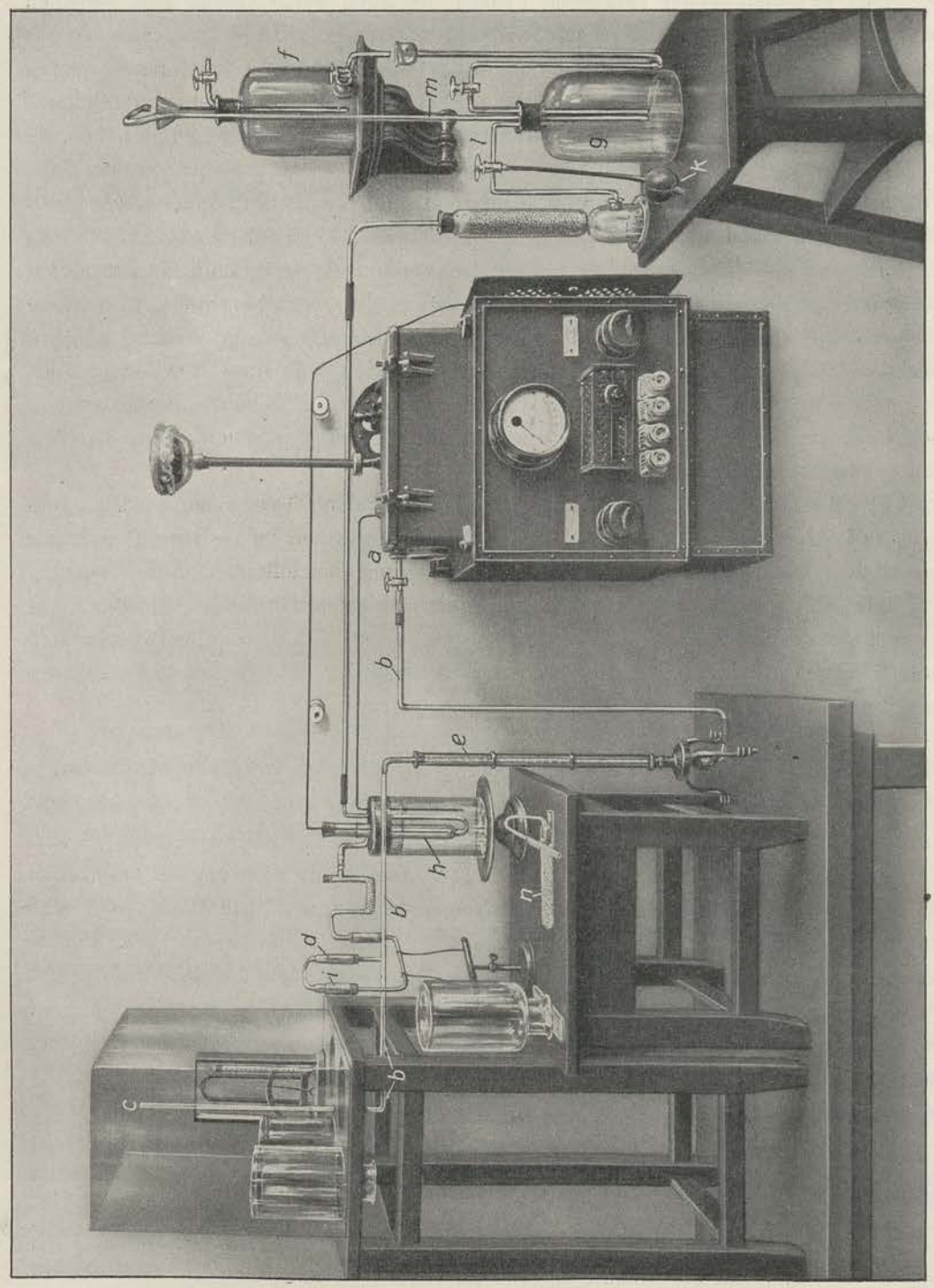



Fig. 2. Versuchsanordnung zur Einwirkung von Luft mit niedrigem Ozongehalt auf Kulturen von Mikroorganismen in Petrischalen.

Apparat befindliche Kapselgebläse von dem Auslaßstutzen a auf dem Wege bb mit einer Geschwindigkeit von 200 l/Stde. dem gläsernen Versuchskasten zugeführt, wo er aus dem gegen die Decke des Kastens gerichteten Rohr bei c austrat. Auf dem Wege dorthin wurde bei d ozonhaltige Luft beigemischt. Die Geschwindigkeit des Hauptluftstromes konnte durch den Rotamesser e ständig kontrolliert werden.

Der ozonisierte Luftstrom. Aus der Mariotteschen Flasche f floß flüssiges Paraffin in die Flasche g und verdrängte daraus die Luft mit einer Geschwindigkeit von 1 Liter in der Stunde. Dieser Luftstrom gelangte nach dem Trocknen mit Natronkalk in das Ozonrohr h. Hinter das Ozonrohr war zur Absorption der Salpetersäure ein U-förmiges Rohr geschaltet, welches mit Natriumcarbonatlösung (5 g krist. $Na_2CO_3$ auf 1 l) angefeuchtetes Porzellanschrot enthielt. Die ozonisierte Luft konnte von dem Quecksilberverschluß i aus entweder durch Aufsetzen einer Glasverbindung nach dem Quecksilberverschluß d und damit dem Hauptluftstrom zugeführt werden, oder es konnte auf i ein Absorptionsgefäß mit Jodkaliumlösung zur Ausführung von Ozonbestimmungen aufgesetzt werden.

Der gläserne Versuchskasten. Der Versuchsraum gestattete, gleichzeitig 4 Petrischalen mit ozonisierter Luft zu behandeln. Er bestand aus einem rechteckigen, umgestülpten Glasgefäß (Akkumulatorenglas), welches auf einem mit Kartonpapier überzogenen Holzboden ruhte. In dem so hergestellten Kasten wurde, wie erwähnt, die ozonhaltige Luft mit einer Geschwindigkeit von 200 l/Stde eingeblasen. Da der Kasten einen Luftkubus von 29,5 l hatte, so war ein stündlich 6,8maliger Luftwechsel vorhanden. Die Petrischalen standen in etwa $^1/_3$ Kastenhöhe auf gläsernen Sockeln. Letztere bestanden aus umgekehrten Weithalsgläsern, die durch entsprechende Öffnungen im Kastenboden eingeführt werden konnten. In der Figur 2 sind die beiden rechtsseitigen Gläser herausgenommen. Auf den Böden der Gläser waren flache Deckel von Petrischalen aufgekittet, um ein Hinabgleiten der aufgesetzten Schalen zu vermeiden. Außerdem enthielt der Kasten ein Thermometer und ein Hygrometer.

Über einzelne Teile des Apparats sei noch folgendes bemerkt: Der Versuchskasten stand auf einem Gestell, welches ein bequemes Einführen der Gläser, die durch untergelegte Stäbe gestützt wurden, ermöglichte. Die Stäbe sind in der Figur weggelassen. Das Kautschukgebläse k, in Verbindung mit dem Dreiweghahn l und dem Rohr m, diente zum Zurückdrücken des Paraffins in die Flasche f. Das Mariottesche Rohr in der Flasche f hatte neben der weiten, unteren Öffnung noch einen engeren, seitlichen Auslaß, um kleine, gleichmäßige Luftblasen zu erzielen. Die Rohre waren, der Viskosität des Paraffins entsprechend, weit bemessen. Als Abdichtungsmittel für die Korkverschlüsse diente Glyceringelatine.

Zur Erzielung nur geringer Ozonmengen mußte die Zone der Glimmentladung möglichst verkleinert werden. Genügend konstante Werte wurden mit folgender Einrichtung erhalten: In das Innengefäß des Ozonrohrs wurden zunächst 1,3 ccm Quecksilber gefüllt und Paraffinstücke (Schmelzpunkt 50—60°) mehrere cm hoch darüber geschichtet. Nachdem ein bis auf den Gefäßboden reichender Glasstab zentrisch eingestellt worden war, wurde das Paraffin geschmolzen und nach seinem Wiedererstarren der Glasstab herausgezogen. An Stelle des Quecksilbers wurde dann

Tabelle 1. Verhalten der aromabildenden Kühlhausbakterien auf verschiedenen Nährsubstraten.

Bei Zimmertemperatur gezüchtet.

| | 1<br>Verflüssigendes Aromabakterium | 2<br>Rosettenbildendes Aromabakterium | 3<br>Hofbildendes Aromabakterium |
|---|---|---|---|
| Form und Größe | Kurzstäbchen. Breite 0,7 bis 0,8 μ. Länge meist das 2—2,5fache der Breite | Kurzstäbchen. Breite 0,6 bis 0,7 μ. Länge meist das 2—2,5fache der Breite | Kurzstäbchen. Breite 0,7 bis 0,9 μ. Länge meist das 2fache der Breite |
| Beweglichkeit | Beweglich | Unbeweglich | Unbeweglich |
| Gramsche Färbung | Negativ | Wie bei 1 | Wie bei 1 |
| Fleischwasserpeptonagar, alkalisch. Strichkultur | Weißlicher, milchglasartig durchscheinender, ganzrandiger glänzender Belag. | Wie bei 1 | Wie bei 1 |
| Desgl. Schalenkultur | Oberflächenkolonien grauweiß, durchscheinend, ganzrandig glänzend. Tiefenkolonien länglich. Geruch anfänglich fruchtätherartig, bald unangenehm aromatisch | Wie bei 1, jedoch merklich durchscheinender und von stärkerem Geruch | Wie bei 1. Geruch von vornherein unangenehm |
| 15%ige Fleischwasserpeptongelatine, alkalisch und neutral. Stichkultur | Alkalische Gelatine wird mäßig schnell verflüssigt; die Flüssigkeit erreicht nach einigen Tagen den Rand des Zylinders. Auf dem Grunde der Flüssigkeit bräunlicher Absatz. Oberfläche ohne Häutchen | Alkalische Gelatine wie bei 1, jedoch viel langsamere Verflüssigung | Alkalische Gelatine wird sehr langsam verflüssigt. Die Kultur sinkt glockenförmig ein. Am Grunde krümeliger Absatz, an der Oberfläche ein derbes, weißes Häutchen |
| | Neutrale Gelatine wird langsam verflüssigt. Die Kultur sinkt glockenförmig ein. Auf dem Grunde der Flüssigkeit bräunlicher Absatz. Auf der Oberfläche dünnes, weißes Häutchen. Im Stich selbst fast kein Wachstum | Neutrale Gelatine. Auf der Oberfläche bräunlich weißer, körnig erscheinender Belag, der später etwas einsinkt. Im Stich selbst fast kein Wachstum | Neutrale Gelatine wird nicht verflüssigt. Auf der Oberfläche der Gelatine bildet sich ein dicker, glänzender, etwas bräunlich weißer Belag, der von einem starken, weißen Hof (Calciumcarbonat ?) umgeben ist. Im Stich selbst fast kein Wachstum |
| Desgl. Schalenkultur (Oberflächenkolonien) | Alkalische Gelatine wird unter Bildung eines tiefen Kraters verflüssigt. Die anfangs körnigen Kolonien lösen sich später unter Trübung des Kraterinhalts auf. Fig. 1a | Alkalische Gelatine wird wenig verflüssigt. Die weißlichen Kolonien sinken ein, lösen sich aber nicht auf, sondern bilden (manchmal sehr schöne) Rosetten mit gezähntem Rande[1]). Fig. 1b | Alkalische Gelatine wird sehr wenig verflüssigt. Die weißlichen, ganzrandigen Kolonien liegen in großen, flachen klaren Mulden; ihre Ränder sind zuweilen schwach rosettenartig gemustert. Fig. 1c |

[1]) Die Ausbildung der Rosetten ist besonders von der Konsistenz des Nährbodens abhängig. Ist die Gelatine zu fest, so bleiben die Kolonien ganzrandig, ist sie zu weich, so zerfließen die Ränder.

Tabelle 1 (Fortsetzung)

| | 1<br>Verflüssigendes Aromabakterium | 2<br>Rosettenbildendes Aromabakterium | 3<br>Hofbildendes Aromabakterium |
|---|---|---|---|
| 15%ige Fleischpeptongelatine, alkalisch und neutral. Schalenkultur (Oberflächenkolonien) | Neutrale Gelatine wird langsam verflüssigt. Geruch der Gelatinekulturen wie bei der Agarkultur | Auf neutraler Gelatine entstehen stark durchscheinende, weißliche, wenig glänzende, zur Rosettenbildung neigende Kolonien, die von einer sehr flachen Vertiefung umgeben sind, aber nicht einsinken. Geruch siehe bei 1 | Auf neutraler Gelatine ganzrandige, glänzende, hochgewölbte Kolonien, die in einer kaum angedeuteten Mulde liegen und nicht einsinken. Nach 2 – 3 Tagen bildet sich um die Kolonien ein weißer Hof, der beim Betupfen mit Salzsäure verschwindet ($CaCl_2$ ?). Fig. 1 d. Geruch s. bei 1. |
| Bouillon alkalisch | Starke Trübung. An der Oberfläche ein Häutchen. Bodensatz beim Aufwirbeln flockig | Mäßige Trübung. An der Oberfläche dünnes, wenig zusammenhängendes Häutchen. Bodensatz beim Aufwirbeln flockig | Mäßige Trübung. Starkes Wachstum nach der Oberfläche zu, kein Häutchen. Bodensatz, der sich beim Aufwirbeln leicht verteilt |
| Kartoffeln | Dicker, rötlich hellbrauner, glänzender Belag | Mäßig dicker, gelbbräunlicher, stumpfer Belag | Dicker, gelbbräunlicher, glänzender Belag |
| Traubenzuckerbouillon | Keine Gasbildung | Wie bei 1 | Wie bei 1 |
| Traubenzuckeragar mit Lackmustinktur | Kräftige Rotfärbung | Wie bei 1 | Wie bei 1 |
| Neutralrotbouillon | Bleibt unverändert | Wie bei 1 | Wie bei 1 |
| Lackmusmolke | Starke Bläuung und Trübung. Zusammenhängendes Häutchen an der Oberfläche. Starker Bodensatz | Starke Bläuung und Trübung. Nach der Oberfläche hin zunehmend getrübt. Kein Häutchen, mäßiger Bodensatz | Wie bei 2 |
| Uschinsky-Nährboden | Mäßig trübe. Dickes, zusammenhängendes Häutchen an der Oberfläche. Starker Bodensatz | Nach der Oberfläche hin zunehmend getrübt. Kein Häutchen. Mäßig starker Bodensatz | Wie bei 2 |
| Indolprobe | Negativ | Wie bei 1 | Wie bei 1 |

$^n/_{100}$ Schwefelsäure eingefüllt und die Elektrode eingesetzt. Diese endete in einer Platinöse und war in ein Glasrohr eingeschmolzen.

Zu den Ozonkontrollbestimmungen wurde ein röhrenförmiges Absorptionsgefäß benutzt, welches in der Figur 2 n (unter dem Ozonrohr) zu erkennen ist. Das auf den Quecksilberverschluß aufzusetzende Eintrittsrohr war so gebogen, daß das Absorptionsrohr etwas schräg abwärts gerichtet war. Letzteres war mit Porzellanschrot und gleichen Teilen $^n/_4$ Lösungen von Kaliumjodid und Kaliumhydroxyd gefüllt. Zur Titration nach dem Ansäuern diente $^n/_{100}$ Thiosulfatlösung.

Der technische Ozonerzeugungsapparat war dem Kaiserlichen Gesundheitsamt auch für diesen Teil der Untersuchung von der Firma Siemens & Halske in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt worden. Herrn Dr. Hans Becker sage ich im besondern meinen verbindlichsten Dank für die freundliche Unterstützung in technischen Fragen.

## II. Die Einwirkung von Ozon auf verschiedene Bestandteile der künstlichen Nährböden und auf fertige Nährgelatine.

Bei den früheren Versuchen mit Bact. coli hatte sich gezeigt, daß alkalische Fleischwasserpeptongelatine durch Ozon in einer für das Bakterienwachstum nachteiligen Weise beeinflußt wird. Weitere Vorversuche hatten ergeben, daß verflüssigte, alkalische Fleischwasserpeptongelatine nicht nur bei Behandlung mit ungereinigtem Ozon, welches geringe Salpetersäuremengen enthält, sondern auch bei Anwendung von gereinigtem Ozon unter Braunfärbung saure Reaktion annimmt. Letztere Beobachtung gab Veranlassung, zunächst die Einzelbestandteile dieses Nährbodens und einige ähnliche Stoffe auf ihr Verhalten gegen Ozon zu untersuchen.

Um deutliche Ergebnisse zu erhalten, wurde mit sehr hoher Konzentration und langer Einwirkungszeit gearbeitet. Die Nährgelatine und die Lösungen anderer Stoffe wurden in einem flachen Erlenmeyerschen Kolben[1]) auf 35—37° erwärmt, der Ozonwirkung ausgesetzt. Da ein Durchleiten wegen der Schaumbildung der Flüssigkeiten nicht angängig war, wurde das Ozon mittels eines entsprechend gebogenen Glasrohres so auf die Flüssigkeitsoberfläche geblasen, daß diese in kreisende Bewegung kam. Bei den Versuchen wurden 200 ccm der betreffenden Flüssigkeit 4 Stunden mit gereinigtem Ozon in einer Konzentration von etwa 2000 mg im Kubikmeter behandelt.

Die Untersuchung der ozonisierten Flüssigkeiten bezog sich hauptsächlich auf die Säurebildung und auf die Fähigkeit, Jodwasserstoff zu oxydieren. Zur Bestimmung des Säuregehalts wurden gleiche Volumina ozonisierter und nicht ozonisierter Lösungen mit $^n/_{10}$ Natronlauge unter Anwendung von Phenolphthaleïn als Indikator titriert und aus der Differenz die entstandene Säuremenge berechnet. Für die Jodreaktion wurden 10 ccm der zu prüfenden Flüssigkeit mit 1 ccm Jodkaliumlösung (1 : 10), dann mit 1 ccm $^n/_1$ Schwefelsäure und schließlich mit etwas Jodzinkstärkelösung versetzt. Tabelle 2 enthält eine Zusammenstellung der mit Fleischwasser, Lösungen von Pepton und Gelatine, fertiger Fleischwasserpeptongelatine und ferner mit Agar- und Eiweißlösungen gewonnenen Ergebnisse.

Ein Vergleich der Eigenschaften der ozonisierten Lösungen läßt erkennen, daß sich das Pepton von den übrigen untersuchten Substanzen in mehrfacher Hinsicht unterscheidet. Zunächst machte sich die Braunfärbung und die Abscheidung fester Massen bemerkbar. Die Säurebildung war mit 22 ccm $^n/_{10}$ bei weitem am größten. Fleischwasser ergab nur 7 und Gelatinelösung 4 ccm. Die fertige Fleischwasserpeptongelatine hatte den beträchtlichen Wert von 16 ccm. Agar- und Eiweißlösung hatten mit nur 0,1 und 0,9 ccm die geringste Säurebildung.

[1]) 1. Mitteilung a. a. O. S. 216. Fig. 3.

Tabelle 2. Einwirkung von Ozon auf verschiedene Bestandteile von künstlichen Nährböden und auf fertige Fleischwasserpeptongelatine.

Ozonkonzentration etwa 2000 mg/cbm. Flüssigkeitsmenge 200 ccm. Einwirkungsdauer 4 Stunden. Temperatur 35—37°.

| Ozonisierte Lösungen | In 4 Stunden entstandene Säurenmenge $^n/_{10}$ | Jodstärkereaktion 24 Stunden nach dem Ozonisieren | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Fleischwasser in der zur Nährbodenbereitung üblichen Konzentration | 7 ccm | Im Verlauf 1 Stunde keine Veränderung | |
| Peptonlösung 5%ig | 22 „ | Kräftige Bläuung, in 10 Min. undurchsichtig schwarz | Beim Ozonisieren bräunte sich die Lösung und schied feste, zähe Massen ab. 3 Tage nach dem Ozonisieren wurde die Lösung innerhalb 1 Stde. nach Zusatz der Reagentien tief dunkelblau. Titansäure gab in der 24 Stunden alten Lösung deutliche Gelbfärbung |
| Gelatinelösung 10%ig | 4 „ | $^1/_4$ Stunde nach Zusatz der Reagentien sehr schwache, im Verlauf einer Stunde etwas zunehmende Rotviolettfärbung | Nicht ozonisierte Gelatine verschiedener Herkunft gab eine ähnliche schwache Verfärbung |
| Fleischwasserpeptongelatine (mit 1% Pepton) | 16 „ | Im Verlauf einer Stunde wurde die Flüssigkeit kräftig mißfarbig violett | Beim Ozonisieren bräunte sich die Flüssigkeit |
| Agarlösung 1,5%ig | 0,1 „ | Im Verlauf 1 Stde. keine Veränderung | 1 Stunde nach dem Ozonisieren keine deutliche Färbung mit KJ-Stärke im Verlauf 1 Stde. |
| Eiweißlösung 5%ig | 0,9 „ | Im Verlauf 1 Stde. keine Veränderung | 1 Stunde nach dem Ozonisieren keine Färbung mit KJ-Stärke im Verlauf 1 Stde. Titansäure färbte eine Spur gelblich |

Bei der Prüfung auf zurückgebliebenes Ozon hatte sich gezeigt, daß peptonhaltige Flüssigkeiten noch einige Tage nach der Ozonisierung eine starke Bläuung mit Jodkalium und Stärkelösung gaben, die sich durch ihr allmähliches Eintreten von der Ozonreaktion unterschied. Die Annahme, daß es sich um Wasserstoffperoxyd handle, wurde durch die deutliche Gelbfärbung der ozonisierten reinen Peptonlösung mit Titansäure unterstützt. Andere Reaktionen auf Wasserstoffperoxyd wurden durch das Pepton gestört. Das Vorkommen von Wasserstoffperoxyd ist bei der Zersetzung organischer Ozonverbindungen häufig beobachtet worden[1]).

Während also die ozonisierten, peptonhaltigen Flüssigkeiten oxydierend wirkten und diese Eigenschaft längere Zeit bewahrten, war bei den übrigen untersuchten

[1]) C. D. Harries, Untersuchungen über das Ozon und seine Wirkung auf organische Verbindungen. (Verlag v. Julius Springer, Berlin), 1916 S. 8.

Lösungen eine solche Folgeerscheinung des Ozonisierens nicht oder doch nur in sehr geringem Grade vorhanden. Bei Voraussetzung von Wasserstoffperoxyd war mit einer verschiedenen Beständigkeit in saurer und alkalischer Lösung zu rechnen. Ein Versuch zeigte in der Tat, daß ein schwach alkalisch gemachter Anteil der ozonisierten Peptonlösung 24 Stunden später nur noch eine schwache Jodstärkereaktion gab, während in einer Probe derselben Lösung ohne Alkalizusatz und mehr noch in einer angesäuerten Lösung, eine kräftige Reaktion vorhanden war. Am fünften Tage war die Reaktion auch bei der Lösung ohne Alkali- oder Säurezusatz nur noch sehr schwach; die angesäuerte hingegen wurde auch jetzt noch im Verlaufe einer Stunde tief dunkelblau. In der ozonisierten, peptonhaltigen Nährgelatine traten die Merkmale der Peptonveränderung deutlich hervor.

An diese chemischen Befunde anschließend wurde das Wachstum von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen auf derartig durch die Ozonisierung veränderten Nährböden geprüft und zwar wurde peptonhaltige und peptonfreie Nährgelatine verwendet. Das Ergebnis war, wie sich im folgenden zeigen wird, sowohl hinsichtlich der beiden Nährsubstrate als auch des Verhaltens der einzelnen Mikroorganismenarten recht verschieden.

Von beiden mit Lackmuspapier neutral eingestellten Gelatinearten wurden in der früher beschriebenen Weise je 300 ccm bei 37° 5 Stunden ozonisiert und zum Schluß $^1/_4$ Stunde Luft darüber geleitet. Die 1 % Pepton enthaltende Gelatine wurde gebräunt, die peptonfreie hatte die Färbung nicht geändert. In beiden Fällen ging die neutrale Reaktion in eine saure über und zwar, wie zu erwarten war, bei der peptonhaltigen Gelatine erheblich stärker als bei der peptonfreien. Für 150 ccm der ersteren wurden 1,2 ccm, bei der letzteren nur 0,6 ccm $^n/_1$ Natronlauge verbraucht, um den Lackmusneutralpunkt wieder zu erreichen. Das während der Ozonisierung verdampfte Wasser wurde in allen Fällen genau ersetzt. Zu jedem Versuch diente ozonisierte Gelatine, ferner ozonisierte wieder neutralisierte und zum Vergleich die nicht ozonisierte Gelatine. Die vorbereiteten Nährböden wurden sogleich in Petrischalen abgefüllt, worin sie bis zu der 3 Tage nach der Ozonisierung erfolgten Impfung stehen blieben. Die Durchführung dieser Versuche war insofern mit Schwierigkeiten verknüpft, als ein Sterilisieren nach der Ozonbehandlung vermieden werden mußte, um die etwa vorhandene Ozonwirkung nicht durch hohe Temperatur zu beeinflussen.

Die Impfung der Schalen mit Bakterien und Hefen erfolgte wie früher mittels der Sprühmethode. Das bei den Pilzen angewandte Verfahren ist auf S. 430 angegeben. Zu der Sprühmethode sei noch bemerkt, daß ungleichmäßiges Versprühen der bakterienhaltigen Flüssigkeiten infolge zeitweiligen Entstehens größerer Blasen durch Zusatz einiger Tropfen Alkohol beseitigt werden konnte. Ob die Versprühung während einer Versuchsreihe gleichmäßig erfolgt war, zeigten im übrigen die am Anfang und Ende jeder Reihe hergestellten Kontrollschalen. Angegeben sind stets die Mittelwerte aus beiden Kontrollen.

Das Wachstum verschiedener Bakterienarten auf stark ozonisierter peptonhaltiger und peptonfreier Nährgelatine ist aus der Tabelle 3 zu ersehen.

Tabelle 3. Wachstum von Bakterien auf ozonisierten Nährböden.

I. Auf peptonhaltiger Fleischwassergelatine, II. auf Fleischwassergelatine ohne Peptonzusatz. 300 ccm des verflüssigten Nährbodens wurden 5 Stunden bei 36—37° ozonisiert. Ozonkonzentration etwa 2000 mg/cbm. Luftgeschwindigkeit 150 l/Stde. Die Impfung erfolgte 3 Tage nach der Ozonisierung. Die geimpften Schalen wurden bei Zimmertemperatur gehalten.

| Bakterienart | I. Peptonhaltige Fleischwassergelatine gegen Lackmus neutral | | | | | | II. Fleischwassergelatine ohne Pepton gegen Lackmus neutral | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a) nicht ozonisiert | | b) ozonisiert (dabei sauer geworden) | | c) ozonisiert, wieder neutralisiert (8 ccm n-Lauge auf 1 Liter) | | a) nicht ozonisiert | | b) ozonisiert (dabei sauer geworden | | c) ozonisiert, wieder neutralisiert (4 ccm n-Lauge auf 1 Liter) | |
| | Anzahl und Durchmesser der Kolonien[1]) | | | | | | | | | | | |
| | Anzahl | mm | Anzahl | mm | Anzahl | mm | Anzahl | mm | Anzahl | mm | Anzahl | mm |
| Bact. coli commune | 304 | 1,8 | 172 | 0,3 | 272 | 0,5 | 21 | — | 18 | 1,4 | 24 | 1,3 |
| | 7 | 2,1 | 1 | 0,3 | 4 | 0,5 | | | | | | |
| Verflüssigendes Aromabakterium | 58 | 1,3 | 1 | 0,8 | 55 | 1,3 | 7 | 1,1 | 9 | 0,7 | 8 | 1,5 |
| | 31 | 1,9 | 4 | 1,1 | 29 | 1,9 | 257 | 1,1 | 268 | 0,8 | 276 | 1,1 |
| Rosettenbildendes Aromabakterium | 964 | 0,7 | 0 | — | 284 | 0,45 | 114 | 1,1 | 120 | 0,6 | 112 | 0,6 |
| | 408 | 0,6 | 2 | 0,4 | 134 | 0,45 | | | | | | |
| Hofbildendes Aromabakterium | 88 | 0,6 | 0 | — | 11 | 0,35 | 8 | 0,7 | 11 | 0,5 | 13 | 0,5 |
| | 64 | 0,7 | 0 | — | 5 | 0,45 | 500 | 0,55 | 483 | 0,4 | 462 | 0,4 |
| Bact. prodigiosum | zerflossen | | 48 | — | 157 | — | 18 | 5—8 | 17 | 2,5—6 | 16 | 4—8 |
| Bac. fluorescens liquefaciens | 1123 | — | 44 | 0,5[2]) | 784 | 3,5[2]) | 36 | 5—8 | 36 | 4—5 | 31 | 6—8 |
| | 24 | 6—10[2]) | 0 | — | 2 | 3,7[2]) | | | | | | |

Aus den Spalten I a und b der Tabelle 3 geht unmittelbar hervor, daß die peptonhaltige Fleischwassergelatine durch die allerdings sehr starke Ozonisierung in ihrer Eigenschaft als Nährboden für Bakterien außerordentlich geschädigt worden ist. Die Impfung erfolgte, wie schon erwähnt, erst 3 Tage nach dem Ozonisieren; dennoch waren die Keimzahlen meistens sehr weitgehend herabgedrückt und die entstandenen Kolonien beträchtlich kleiner als auf den nicht ozonisierten Kontrollschalen. In einigen Fällen war jedes Wachstum ausgeblieben. Die Säurekonzentration von 8 ccm $^n/_1$ im Liter über den Lackmusneutralpunkt bringt allein schon, je nach der Säureempfindlichkeit der einzelnen Bakterien, zum Teil weitgehende Abnahmen der Keimzahlen hervor, wie die folgende Versuchsreihe (Tab. 4) erkennen läßt, bei der einer nicht ozonisierten Nährgelatine 10 ccm n-Schwefelsäure auf 1 l zugesetzt worden waren.

[1]) Als Durchmesser der Kolonien ist die Mittelzahl aus 8 bis 10 Messungen angegeben; bei geringerer Anzahl wurden alle Kolonien gemessen. Die Messung erfolgte am 2. Tage nach der Impfung.

[2]) Die Messung erfolgte 3 Tage nach der Impfung.

Tabelle 4. Wachstum von Bakterien auf peptonhaltiger Fleischwassergelatine mit einem Zusatz von 10 ccm $^n/_1$ Schwefelsäure im Liter.

| Bakterienart | Neutral | | angesäuert | | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | Anzahl und Durchmesser der Kolonien[1]) | | | | |
| | Anzahl | mm | Anzahl | mm | |
| Bact. coli comm. | 152 | 0,67 | 97 | 0,24 | |
| Verflüssigendes Aromabakterium | 30 | 0,76 | 16 | 0,47 | Alle auf der sauren Gelatine gewachsenen Kolonien waren gegenüber den entsprechenden auf der neutralen Gelatine im Durchmesser bedeutend zurückgeblieben. |
| | 610 | 0,47 | 389 | 0,33 | |
| Rosettenbildendes Aromabakterium | 30 | 0,72 | 9 | 0,65 | |
| | 870 | 0,59 | 559 | 0,32 | |
| Hofbildendes Aromabakterium | 90 | 0,75 | 73 | 0,26 | |
| Bact. prodigiosum | 284 | 1,45 | 226 | 0,08 | |
| Bac. fluoresc. liquefac. | 2630 | 0,58 | 33 | 0,13 | |
| | 1308 | — | 41 | 0,17 | |

Die an der ozonisierten Gelatine beobachtete Schädigung des Bakterienwachstums ist demnach großenteils auf die Säurebildung zurückzuführen; daß außerdem noch ein anderer Faktor mitwirkt, wird beim Vergleich der Tabellen 3Ib und 4 erkennbar. Hierauf deuten auch die Ergebnisse mit der wieder neutralisierten Gelatine (Tab. 3Ic) im Vergleich zu der nicht ozonisierten (Tab. 3Ia) hin. Zur Beurteilung der Wirkung dieses Bestandteils ($H_2O_2$?) sei an das verschieden schnelle Verschwinden der oxydierenden Eigenschaft des ozonisierten Peptons in neutraler und saurer Lösung erinnert. Daß es sich bei allem hauptsächlich um die Einwirkung des Ozons auf das Pepton handelt, wird weiterhin durch die in der Tabelle 3II enthaltenen Versuche mit peptonfreier Gelatine eindeutig belegt.

Bei der peptonfreien Gelatine war die Ozonisierung ohne erheblichen Einfluß auf ihre Eigenschaft als Nährboden für die untersuchten Bakterien. Die Anzahl der zur Entwicklung gelangten Keime war, abgesehen von Versuchsfehlern, die gleiche wie auf den Kontrollschalen; eine gewisse Hemmung war indessen auch hier bemerkbar (Tab. 3IIb). Neutralisieren der mit 4 ccm nur halb so großen Säuremenge wie bei der peptonhaltigen Gelatine hatte auf die Anzahl keinen, auf die Größe der Kolonien einen verschiedenen Einfluß.

Aus den Ergebnissen der bakteriologischen Versuche geht in Übereinstimmung mit den chemischen Befunden hervor, daß gegen Lackmus neutrale Fleischwassergelatine nur wenig, solche mit dem üblichen Peptonzusatz hingegen sehr stark durch die Einwirkung von gereinigtem Ozon in ihrer Eigenschaft als Nährboden für Bakterien geschädigt wird. Als Ursache hierfür ist einerseits die Säurebildung aus verschiedenen Bestandteilen des Nährbodens und andererseits das nicht näher unter-

[1]) Vergl. die Fußnote [1]) zu Tabelle 3.

suchte, durch die Jodstärkereaktion kenntliche Einwirkungsprodukt des Ozons auf Pepton oder bei dessen weitergehender Zersetzung entstehendes Wasserstoffperoxyd anzusehen. Der Azidität des Nährbodens kommt neben ihrer Eigenwirkung auf das Bakterienwachstum ein Einfluß auf die Beständigkeit der aus dem Pepton entstandenen oxydierenden Substanz ($H_2O_2$?) zu.

Bei der Verwendung von ungereinigtem Ozon würde die neben dem Ozon entstehende Salpetersäure hinzutreten, wodurch die Säurezahl erhöht und gleichzeitig der stabilisierende Einfluß von Säure auf die die Wasserstoffperoxydreaktion gebende Substanz entsprechend vergrößert werden würde.

**Das Wachstum von Hefen auf stark ozonisierter peptonhaltiger und peptonfreier Nährgelatine.**

Zu diesen Versuchen wurde eine weiße und eine rosa Hefenart benutzt, die, wie schon erwähnt, von Kühlfleisch abgeimpft worden waren. Die Nährböden waren dieselben wie bei den vorstehenden Versuchen mit den Bakterien. Die Impfung erfolgte auch hier 3 Tage nach der Ozonisierung.

Tabelle 5. Wachstum von Hefen auf ozonisierten Nährböden.
Wegen der Versuchsbedingungen vergl. Tabelle 3.

| Hefenart | I. Peptonhaltige Fleischwassergelatine gegen Lackmus neutral | | | | | | II. Fleischwassergelatine ohne Pepton gegen Lackmus neutral | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a) nicht ozonisiert | | b) ozonisiert (dabei sauer geworden) | | c) ozonisiert, wieder neutralisiert (8 ccm n-Lauge auf 1 Liter) | | a) nicht ozonisiert | | b) ozonisiert (dabei sauer geworden) | | c) ozonisiert, wieder neutralisiert (4 ccm n-Lauge auf 1 Liter) | |
| | Anzahl und Durchmesser der Kolonien[1]) | | | | | | | | | | | |
| | Anzahl | mm | Anzahl | mm | Anzahl | mm | Anzahl | mm | Anzahl | mm | Anzahl | mm |
| Weiße Hefe | 117 | 0,8 | 104 | 0,6 | 125 | 0,6 | 282 | 0,65 | 272 | 0,7 | 281 | 0,55 |
| | 96 | 0,4 | 111 | 0,3 | 95 | 0,3 | | | | | | |
| Rosa Hefe | 96 | 0,7 | 99 | 0,5 | 104 | 0,5 | 38 | 0,6 | 40 | 0,65 | 41 | 0,6 |
| | 81 | 0,65 | 74 | 0,55 | 75 | 0,55 | | | | | | |

Tabelle 5I zeigt, daß sich die beiden Hefen auf der ozonisierten peptonhaltigen Gelatine ungleich besser entwickelten als die Bakterien. Die Anzahl der zur Entwicklung gelangten Keime war, abgesehen von Versuchsfehlern, dieselbe wie auf den nicht ozonisierten Schalen. Die Durchmesser der Kolonien waren aber sowohl auf der ozonisierten (Tab. 5Ib) als auch auf der ozonisierten, wieder neutralisierten Gelatine (Tab. 5Ic) merklich kleiner als auf den Kontrollschalen (Tab. 5Ia). Dies deutet darauf hin, daß ein gewisser hemmender Einfluß auch hier vorhanden war.

[1]) Die Messung der Größe erfolgte 3 Tage nach der Impfung.

Auf der ozonisierten peptonfreien Gelatine (Tab. 5IIb) blieb die Keimzahl ebenfalls unverändert. Die Kolonien waren jedoch ein wenig größer als auf den Kontrollschalen, was auf eine gewisse Bevorzugung des infolge der Ozonisierung schwach sauren Nährbodens hinzudeuten scheint.

Diese Ergebnisse sind dahin zusammenzufassen, daß eine starke Ozonisierung der peptonhaltigen Nährgelatine nur geringe hemmende Wirkung auf das Wachstum der Hefen ausübt. Bei der peptonfreien Gelatine war vermutlich infolge der durch das Ozonisieren entstandenen schwach sauren Reaktion eine allerdings sehr schwache günstige Beeinflussung des Wachstums bemerkbar.

**Das Wachstum von Schimmelpilzen auf stark ozonisierter, peptonhaltiger und peptonfreier Nährgelatine.**

Die Versuche wurden mit Penicillium glaucum und Mucor stolonifer, die beide aus einem Kühlhause stammten, ausgeführt. Nach dem Ergebnis einiger Vorversuche schien es nicht zweckmäßig, die Schimmelpilze in großer Anzahl über die Gelatineflächen zu zerstreuen, sondern auf jeder Schale nur einen Mycelrasen von der Mitte aus wachsen zu lassen. Um Nebeninfektionen möglichst auszuschließen, wurden die Schalen bei der Impfung mit einem Uhrglase bedeckt, welches in der Mitte eine Öffnung von 1 cm Durchmesser hatte, die eine bequeme Impfung der Gelatineoberfläche gestattete. Das Uhrglas wurde mit einer Mischung von Glycerin und Alkohol abgewischt, um herumfliegende Schimmelsporen abzufangen. Bei Penicillium wurde die in ein Sporenhäufchen getauchte Spitze einer Platinnadel mit der Gelatine in Berührung gebracht; beim Mucor wurde ein einzelnes Sporangium mittels Pinzette an die Gelatine geheftet und durch einen leisen Druck geöffnet.

Das Mycel verbreitete sich bei beiden Pilzarten von der Impfstelle ausgehend völlig gleichmäßig nach allen Richtungen, so daß die entstandenen Rasen kreisförmig begrenzte Scheiben darstellten. Die Kulturen wurden wie bei den Bakterien und Hefen bei Zimmerwärme gehalten.

a) Wachstum auf peptonhaltiger Fleischwassergelatine.

Penicillium glaucum.

Am 2. Tage nach der Impfung betrug der Durchmesser der Mycelrasen auf der nicht ozonisierten, auf der ozonisierten und auf der ozonisierten, wieder neutralisierten Gelatine 7 mm. Das Mycel war rein weiß.

Am 3. Tage hatten alle drei Rasen den Durchmesser von 12—13 mm erreicht; sie begannen schwach zu ergrünen.

Am 4. Tage betrug der Durchmesser der Rasen 16—17 mm; sie waren weiter ergrünt.

Am 5. Tage war auf allen Kulturen reichliche Sporenbildung vorhanden.

Mucor stolonifer.

Am 2. Tage nach der Impfung betrug der Durchmesser des Mycelrasens auf der nicht ozonisierten Gelatine 40 mm, auf der ozonisierten 45 und auf der ozonisierten, wieder neutralisierten 38 mm. Im Aussehen der Kulturen war kein Unterschied vorhanden.

Am 3. Tage reichten die Pilzrasen auf allen drei Schalen bis zum Rande. Es hatten sich verhältnismäßig reichlich Sporangien entwickelt, von denen die meisten noch weiß waren.

Am 4. Tage fanden sich auf allen Schalen reichlich schwarze Sporangien. Unterschiede in der Entwicklung waren nicht bemerkbar.

Penicillium glaucum und Mucor stolonifer kamen demnach auf nicht ozonisierter und ozonisierter peptonhaltiger Nährgelatine völlig gleichartig zur Entwicklung.

b) Wachstum auf peptonfreier Fleischwassergelatine.

Am 2. Tage nach der Impfung hatten die Pilzrasen auf den ozonisierten und nicht ozonisierten Schalen bei Penicillium einen Durchmesser von 6 mm, bei Mucor von 52—55 mm erreicht.

Am 5. Tage wurde auch hier bei beiden Pilzarten reichliche Sporenbildung beobachtet. Irgendwelche bemerkenswerten Unterschiede waren nicht erkennbar. Das Wachstum von Penicillium glaucum und Mucor stolonifer war also durch die vorangegangene starke Ozonbehandlung des peptonfreien Nährbodens nicht merklich beeinflußt worden.

Die vorstehenden Versuche zeigen, daß die Veränderungen, welche Fleischwassergelatine mit und ohne Peptonzusatz durch starke Ozonisierung erfährt, auf ihre Eigenschaft als Nährboden für die untersuchten Schimmelpilze keinen erkennbaren Einfluß ausübt.

Das Gesamtergebnis der Einwirkung von Ozon auf künstliche Nährsubstrate ist wie folgt zusammenzufassen:

In chemischer Beziehung machte sich eine mehr oder minder starke Säurebildung bei Fleischwasser, Gelatine und besonders beim Pepton bemerkbar. Ferner entstand beim Pepton ein Einwirkungsprodukt, welches Reaktionen des Wasserstoffperoxyds gab und wie dieses in saurer Lösung viel beständiger war als in neutraler oder alkalischer. Agar- und Eiweißlösungen zeigten derartige Veränderungen nicht oder nur in sehr geringem Maße.

Auf stark ozonisierter peptonhaltiger Fleischwassergelatine wuchsen Bakterien nur dürftig. Die Keimzahl war gegenüber Kontrollkulturen meistens weitgehend vermindert und die zur Entwicklung gelangten Kolonien blieben in der Größe zurück. Die Hefen waren lediglich in der Entwicklung gehemmt und bei den Schimmelpilzen war überhaupt kein Einfluß zu erkennen.

Auf stark ozonisierter peptonfreier Nährgelatine war bei den Bakterien nur eine Wachstumshemmung ohne Verminderung der Keimzahl vorhanden. Die Hefen waren nur wenig, die Schimmelpilze gar nicht im Wachstum beeinträchtigt.

Schließlich sei noch an die Beobachtungen (Mitt. I S. 226) erinnert, die zur Vornahme dieser Versuche veranlaßt hatten. Dort war nur die Oberfläche erstarrter, alkalischer Fleischwasserpeptongelatine mit gereinigtem und ungereinigtem Ozon be-

handelt worden. Die ursprüngliche Alkaleszenz stand dabei dem Eintritt einer sauren Reaktion und der Haltbarkeit des Ozon-Pepton-Einwirkungsprodukts entgegen; immerhin hatte unter diesen Bedingungen die Einwirkungsdauer von einer Minute bei 2 mg/l Ozon noch ausgereicht, um eine Hemmung zu erzeugen, die beim gereinigten Ozon viel weniger deutlich war als beim ungereinigten[1]), was mit den vorstehenden Erfahrungen und mit der ziemlich geringen Säureempfindlichkeit des Bact. coli im Einklange steht.

## III. Das Verhalten von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen gegen Ozon.

Die folgenden Untersuchungen beziehen sich auf das Verhalten der im ersten Abschnitt dieser Mitteilung beschriebenen Bakterien, Hefen und Schimmelpilze gegen verschiedene Ozonkonzentrationen bei verschiedener Einwirkungsdauer. Wie bei den früheren Versuchen mit Bact. coli wurde auch hier zunächst eine sehr hohe Ozonkonzentration (2000 mg/cbm) und eine kurze Einwirkungszeit (1 Minute) angewendet. Weitere Versuchsreihen wurden bei verschiedener Einwirkungsdauer mit 14—15 und teilweise mit 27—28 mg/cbm Ozon ausgeführt. Schließlich folgten noch Versuche mit 2,7—3 mg/cbm. Die Konzentration von 3 mg/cbm wird nach einer Mitteilung der Firma Siemens & Halske nach Maßgabe praktischer Erfahrungen neuerdings bei der Kühlhausozonisierung benutzt. Die Ozonapparate werden im übrigen so bemessen, daß auch die doppelte Konzentration damit erreichbar ist. Nacheinander soll die Einwirkung des Ozons auf Bakterien, Hefen und Schimmelpilze besprochen werden. Da der Einfluß des Ozons auf die Bakterien und Hefen im allgemeinen zu dem Entwicklungsstadium der Kulturen, d. h. ob einzelne Mikroorganismen oder mehr oder weniger entwickelte Kolonien vorliegen, in Beziehung steht, so sind die Versuchsergebnisse nach dem Alter der Kulturen zur Zeit der Ozonisierung zusammengestellt worden; dabei wurden, wie bisher, mittels der Spitta-Müllerschen Sprühmethode hergestellte Oberflächenkulturen benutzt. Bemerkt sei noch, daß bei allen Versuchen durch Natriumcarbonatlösung gereinigtes Ozon zur Anwendung kam.

Als Nährboden diente mit Lackmuspapier neutral eingestellte, peptonfreie Fleischwassergelatine.

### 1. Die Einwirkung von Ozon auf Bakterien.

a) Einwirkung von Ozon auf 1 Stunde alte Bakterienkulturen.

Die auf Petrischalen hergestellten Kulturen wurden 1 Stunde nach erfolgter Impfung der Ozonwirkung ausgesetzt und dann, soweit angängig, während 5 Tage bei Zimmertemperatur beobachtet. Tabelle 6 enthält die Ergebnisse verschiedener Einwirkungsdauer bei mehreren Konzentrationen auf die im Abschnitt I beschriebenen 6 Bakterienarten.

---

[1]) A. a. O. Tab. 13. An den 2 Tage alten, 24 Stunden nach der Ozonisierung des Nährbodens geimpften Schalen zu beobachten.

Tabelle 6. Einwirkung von Ozon auf Bakterien. Ozonisierung 1 Stunde nach der Impfung auf Fleischwassergelatine.

Die Kulturen wurden vor und nach der Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

| Bakterienart | a) Ozonkonzentration etwa 2000 mg/cbm Einwirkungsdauer 1 Minute | | | b) Ozonkonzentration 14—15 mg/cbm Einwirkungsdauer 10—40 Minuten | | | c) Ozonkonzentration 2,7—3 mg/cbm Einwirkungsdauer 2–4 Stunden | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien[1] | Abnahme der Keimzahl % | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien[1] | Abnahme der Keimzahl % | Dauer der Ozonisierung Stdn. | Anzahl der Kolonien[1] | | Abnahme der Keimzahl % | | Im Mittel % |
| Bact. coli comm. | 0 | 748 | | 0 | 657 | — | 0 | 534 | 575 | — | — | — |
| | 1 | 7 | > 99 | 10 | 78 | 88 | 2 | 2 | 3 | > 99 | > 99 | > 99 |
| | | | | 20 | 6 | 99 | 3 | 0 | 2 | 100 | > 99 | > 99 |
| | | | | 40 | 1 | > 99 | 4 | 1 | 0 | > 99 | 100 | > 99 |
| Verflüssigendes | 0 | 1229 | | 0 | 527 | — | 0 | 518 | 1655 | — | — | — |
| Aromabakterium | 1 | 1 | > 99 | 10 | 220 | 58 | 2 | 173 | 240 | 67 | 85 | 76 |
| | | | | 20 | 4 | > 99 | 3 | 26 | 44 | 95 | 97 | 96 |
| | | | | 40 | 0 | 100 | 4 | 27 | 17 | 95 | 99 | 97 |
| Rosettenbildendes | 0 | 988 | | 0 | 1158 | — | 0 | 387 | 749 | — | — | — |
| Aromabakterium | 1 | 2 | > 99 | 10 | 830 | 28 | 2 | 108 | 96 | 72 | 87 | 80 |
| | | | | 20 | 23 | 98 | 3 | 7 | 0 | 98 | 100 | 99 |
| | | | | 40 | 3 | > 99 | 4 | 1 | 1 | > 99 | > 99 | > 99 |
| Hofbildendes | 0 | 1950 | | 0 | 1303 | — | 0 | 271 | 118 | — | — | — |
| Aromabakterium | 1 | 7 | > 99 | 10 | 830 | 36 | 2 | 61 | 40 | 67 | 51 | 59 |
| | | | | 20 | 65 | 95 | 3 | 2 | 3 | > 99 | 98 | 99 |
| | | | | 40 | 0 | 100 | 4 | 1 | 0 | > 99 | 100 | > 99 |
| Bact. prodigiosum | 0 | 1008 | | 0 | 1218 | — | 0 | 670 | 144 | — | — | — |
| | 1 | 9 | > 99 | 10 | 223 | 82 | 2 | 41 | 6 | 94 | 96 | 95 |
| | | | | 20 | 8 | > 99 | 3 | 20 | 4 | 97 | 97 | 97 |
| | | | | 40 | 11 | > 99 | 4 | 13 | 1 | 98 | > 99 | 99 |
| Bac. fluoresc. liquef. | 0 | 2079 | | 0 | 1640 | — | 0 | 1182 | 457 | — | — | — |
| | 1 | 2 | > 99 | 10 | 428 | 74 | 2 | 114 | 3 | 90 | > 99 | 95 |
| | | | | 20 | 8 | > 99 | 3 | 75 | 0 | 94 | 100 | 97 |
| | | | | 40 | 2 | > 99 | 4 | 54 | 3 | 95 | > 99 | 98 |

Die Tabelle 6 zeigt im Abschnitt a zunächst die Wirkung der sehr hohen Konzentration von 2000 mg/cbm[2]) bei der nur kurzen Einwirkungsdauer von 1 Minute. In Übereinstimmung mit den früheren Ergebnissen beim Bact. coli reichte diese Einwirkung auch bei den übrigen untersuchten Bakterien zur Abtötung von über 99 % der Keime aus. Einige Keime blieben auch hier in allen Fällen entwicklungsfähig.

[1]) Soweit nicht verflüssigt, wurden die Kulturen 5 Tage lang beobachtet.

[2]) In der 1. Mitteilung (dies. Arb. Bd. 50 S. 204 ff.) beziehen sich die angegebenen Konzentrationen auf 1 Liter.

Bei den im Abschnitt b der Tabelle 6 aufgeführten Versuchen betrug die Ozonkonzentration 14—15 mg/cbm bei einer Einwirkungsdauer von 10, 20 und 40 Minuten. Dabei ergab sich, daß die Einwirkungszeit von 40 Minuten in allen Fällen ausgereicht hatte, um mehr als 99 % der Keime zu vernichten. Aber auch in 20 Minuten wurden noch 95 bis 99 % und darüber abgetötet. Bei nur 10 Minuten langer Ozonisierung trat ein erheblicher Rückgang der Wirkung ein, und zwar wurden die drei Aromabakterien mit einer Abnahme der Keimzahl von 28 bis 58 % weniger geschädigt als Bact. prodigiosum, Bact. coli und Bac. fluorescens, bei denen 74 bis 88 % der Keime vernichtet worden waren.

Zuletzt wurde noch ein Ozongehalt von 2,7—3 mg/cbm angewendet. Damit ist, wie schon erwähnt, die für die Kühlhauspraxis in Betracht kommende Konzentrationsstufe erreicht. Die Einwirkungsdauer wurde auf 2—4 Stunden bemessen. Abschnitt c der Tabelle 6 läßt erkennen, daß durch 3stündige Einwirkung von Luft mit 2,7 bis 3 mg/cbm Ozongehalt im Mittel aus je 2 Versuchen 96 bis über 99 % der Keime abgetötet wurden. Bei 4stündiger Ozonisierung war das Ergebnis dasselbe. Es bleibt, wie schon früher bemerkt, auch bei ausgiebiger Ozonisierung fast immer eine kleine Anzahl der Keime auch bei den Oberflächenkulturen entwicklungsfähig. Bei nur 2stündiger Ozonisierung hatte die Wirkung bei den drei Aromabakterien erheblich nachgelassen; die Abnahme der Keimzahl bewegte sich nur noch im Mittel zwischen 59 und 80 %. Bei Bact. coli, Bact. prodigios. und Bac. fluoresc. liquef. traten hingegen noch Abnahmen ein, die mit 95 bis mehr als 99 % denen bei 3—4stündiger Einwirkung nahestanden oder gleichkamen.

In den Fällen der kürzesten Einwirkungsdauer, 10 Minuten bei 14—15 mg und 2 Stunden bei 2,7—3 mg/cbm, zeigte sich also durchgängig eine geringere Empfindlichkeit der drei Aromabakterien gegenüber Bact. coli, Bact. prodigios. und Bac. fluoresc. liquef.

Hinsichtlich der Größe der entstandenen Kolonien machte sich bei den ozonisierten Kulturen auch gegenüber viel dichter bewachsenen Kontrollschalen, wenigstens in den ersten Tagen, allgemein eine merkliche Hemmung des Wachtums bemerkbar.

Die Einwirkung ozonfreier Luft allein wurde an Kulturen mit 550—600 Keimen des hofbildenden Aromabakteriums nachgeprüft. Die 2 Tage alten Kolonien hatten im Durchschnitt von 12 Messungen nach einer Luftbehandlung von $^1/_2$ Stunde 0,8, von 1 Stunde 0,77 und von 3 Stunden 0,78 mm Durchmesser. Auf nicht behandelten Kontrollschalen war der Durchmesser der Kolonien 0,80 und 0,82 mm. Ein irgendwie in Betracht kommender Einfluß der Luftbehandlung war also nicht vorhanden.

Für die Verwendbarkeit des Ozons als Konservierungsmittel ist besonders von Interesse, daß bei einer Konzentration von etwa 3 mg/cbm eine 3stündige Einwirkungszeit in allen Fällen ausgereicht hatte, um im Mittel 96 % und mehr von den an der Oberfläche des Nährbodens einzeln vorhandenen Bakterien zu vernichten. Allerdings ist nicht zu übersehen, daß bei diesen Laboratoriumsversuchen mit Bakterienstämmen gearbeitet worden ist, die längere Zeit auf künstlichem Nährboden (Fleischwasserpeptongelatine) fortgezüchtet worden waren. Die Kulturen entwickelten sich zwar normal, bei den Aroma-

bakterien sogar üppig; immerhin wäre es aber möglich, daß sich manche Arten auf ihrem natürlichen Nährboden lebenskräftiger und widerstandsfähiger erweisen würden.

b) Einwirkung von Ozon auf 8 Stunden alte Bakterienkulturen.

Bei den früheren Untersuchungen über Bacterium coli hatte sich gezeigt, daß 20 Stunden alte Kolonien im Gegensatz zu einzelnen Bakterien durch Ozon nicht wesentlich geschädigt werden. Die Untersuchung einer Zwischenstufe bietet insofern Interesse, als in der Schlachthofpraxis das für die Kühlräume bestimmte Fleisch zunächst in der Vorkühlhalle bleibt, bis es von Körperwärme auf etwa 20° abgekühlt ist. Hierzu sind im allgemeinen 8—12 Stunden erforderlich. In dieser Zeit ist also eine für das Bakterienwachstum günstige Temperatur und damit die Möglichkeit der Entwicklung zu Kolonien gegeben. Zu der Frage, inwieweit schon in der Vorkühlhalle mit einer Infektion des Fleisches, insbesondere auch mit in den Kühlräumen selbst sich entwickelnden Keimen zu rechnen ist, sei auf die Untersuchung von Prang[1]) hingewiesen, der für die Fleischverderbnis in einer städtischen Kühlhalle durch eingehende Versuche nachgewiesen hat, daß die Übertragung der in Frage kommenden Bakterien vorwiegend durch die Hände der Fleischer erfolgt. Ebenso wird nach Klepp[2]) ein Verderben des Fleisches im Kühlhause in der Hauptsache durch die Tätigkeit der Bakterien bedingt, die namentlich beim Schlachten, Abhäuten und Aufbrechen der Tiere auf das Fleisch gelangen.

Tabelle 7 (S. 436) enthält die Ergebnisse einer Versuchsreihe, bei der die Kulturen 8 Stunden nach der Impfung bei Zimmertemperatur aufbewahrt und dann mit ozonisierter Luft von 14—15 mg/cbm behandelt worden sind.

Betrachtet man zunächst wieder das Ergebnis der längsten Ozonisierungsdauer (40 Minuten), so zeigt sich auch bei den 8 Stunden alten Kulturen noch eine recht günstige Wirkung. Von Bact. coli, Bact. prodigiosum und Bac. fluoresc. liq. wurden 99% der Keime und darüber abgetötet und bei den drei Aromabakterien noch 79 bis 97%. Bei 20 Minuten langer Einwirkung wurden die Keimzahlen auffällig unregelmäßig. Beim Bact. coli und Bact. prodigios. wurden Abnahmen von 97 bis 98%, bei den übrigen Arten zwischen 11 und 75% gefunden. Durch 10 Minuten lange Ozonisierung wurden nur noch Keimverminderungen zwischen 0 und 28% erreicht.

Die nach der Ozonisierung zu weiterer Entwicklung gelangten Kolonien waren im allgemeinen im Wachstum zurückgeblieben.

Die bei dieser Versuchsreihe hervortretende Verschiedenheit in der Ozonwirkung ist zum Teil unverkennbar durch eine verschiedene Empfindlichkeit der untersuchten Bakterienarten gegen Ozon bedingt; auch werden zweifellos bei derselben Art in Abhängigkeit von Kulturverhältnissen gewisse Unterschiede vorhanden sein. In erster Linie aber ist der jeweilige Entwicklungszustand einer Kultur zur Zeit der Ozonisierung bestimmend für den Erfolg. Die Entwicklung der Bakterien in einer gegebenen Zeit

[1]) Deutsche Vierteljahrschrift f. öff. Gesundheitspflege Bd. 44 (1912) S. 462.

[2]) Die Ozonisierung der Kühlhausluft. Deutsche Schlacht- und Viehhofzeitung, Jahrg. 11 (1911), S. 473.

Tabelle 7. Einwirkung von Ozon auf Bakterien. Ozonisierung 8 Stunden nach der Impfung auf Fleischwassergelatine.

Ozonkonzentration 14—15 mg/cbm.

Die Kulturen wurden vor und nach der Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

| Bakterienart | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien[1] | | Abnahme der Keimzahl % | | Abnahme der Keimzahl bei 1 Stunde alten Kulturen. Aus Tabelle 6b % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | I | II | |
| Bact. coli comm. | 0 | 318 | 164 | — | — | — |
| | 10 | 270 | 127 | 15 | 23 | 88 |
| | 20 | 5 | 4 | 98 | 97 | 99 |
| | 40 | 1 | 3 | >99 | 98 | >99 |
| Verflüssigendes Aromabakterium | 0 | 613 | | — | | — |
| | 10 | 583 | | 5 | | 58 |
| | 20 | 405 | | 34 | | >99 |
| | 40 | 126 | | 79 | | 100 |
| Rosettenbildendes Aromabakterium | 0 | 1158 | | — | | — |
| | 10 | 1189 | | 0 | | 28 |
| | 20 | 1031 | | 11 | | 98 |
| | 40 | 115 | | 90 | | >59 |
| Hofbildendes Aromabakterium | 0 | 1427 | | — | | — |
| | 10 | 1131 | | 21 | | 36 |
| | 20 | 359 | | 75 | | 95 |
| | 40 | 49 | | 97 | | 100 |
| Bact. prodigiosum | 0 | 1183 | | — | | — |
| | 10 | 855 | | 28 | | 82 |
| | 20 | 32 | | 97 | | >99 |
| | 40 | 13 | | 99 | | >99 |
| Bac. fluoresc. liquef. | 0 | 1640 | | — | | — |
| | 10 | 1536 | | 6 | | 74 |
| | 20 | 1024 | | 38 | | >99 |
| | 40 | 13 | | >99 | | >99 |

ist aber wiederum abhängig von einer Reihe von Bedingungen, unter denen die chemische und physikalische Beschaffenheit des Nährbodens und die Temperatur von wesentlicher Bedeutung sind. Stellt man diese Ergebnisse den an 1 Stunde alten Kulturen gefundenen gegenüber[2]), so zeigt sich, daß bei der längsten Ozonisierungsdauer (40 Minuten) die Abnahme der Keimzahl nur in zwei Fällen bemerkenswert hinter derjenigen bei den 1 Stunde alten Kulturen zurückbleibt; bei der mittleren Einwirkungszeit (20 Minuten) sind die Unterschiede außer bei Bact. coli und Bact. prodigios. schon recht beträchtlich. Bei nur 10 Minuten langer Ozonisierung tritt

[1]) Soweit nicht verflüssigt, wurden die Kulturen 5 Tage lang beobachtet.

[2]) In der letzten Spalte der Tabelle 7 sind die prozentualen Abnahmen der Keimzahlen aus der Tabelle 6b zum Vergleich wiedergegeben.

dagegen die geringere Angreifbarkeit der 8 Stunden alten Kulturen ohne Ausnahme stark hervor.

Für die Verwendung des Ozons in der Kühlhauspraxis ist aus den an den 8 Stunden alten Kulturen gewonnenen Ergebnissen zu entnehmen, daß die während der Vorkühlung des Fleisches für die Bakterien günstigen Entwicklungsbedingungen vielfach zur Ausbildung von Kolonien ausreichen werden, die durch spätere Ozonwirkung nicht mehr wesentlich zu beeinflussen sind. Aus diesem Grunde ist es entschieden zu empfehlen, daß mit der Ozonisierung des Fleisches bereits in der Vorkühlhalle begonnen wird.

c) Einwirkung von Ozon auf 20—24 Stunden alte Bakterienkulturen.

1. Die Kulturen waren bis zur Ozonisierung bei Zimmertemperatur gewachsen.

Die zuletzt beschriebenen Versuche hatten die früher am Bact. coli gemachte Erfahrung des weiteren bestätigt, daß mit der fortschreitenden Entwicklung der Kulturen die Ozonwirkung geringer wird. Schon nach 8stündigem Wachstum bei Zimmertemperatur war ein deutlicher Unterschied gegenüber den bald nach der Impfung ozonisierten Kulturen zu bemerken. Bei den folgenden, in der Tabelle 8 (S. 438) enthaltenen Versuchen wurden 20—24 Stunden alte Kulturen, die bis zur Ozonisierung teils bei Zimmertemperatur, teils bei der Temperatur des Kühlhauses, 2—4°, gewachsen waren, der Ozonisierung ausgesetzt. Nach der Ozonisierung wurden alle Kulturen bei Zimmerwärme gehalten.

Die bei Zimmertemperatur gewachsenen Kolonien hatten in 24 Stunden meistens einen Durchmesser von 0,1—0,2 mm erreicht. Zunächst wurden solche Kulturen 20 und 40 Minuten einer Ozonkonzentration von 14—15 mg/cbm ausgesetzt (Tab. 8IIa). Da während der weiteren Beobachtung außer einer gewissen Wachstumshemmung kein Unterschied gegenüber den Kontrollen festzustellen war, wurde in einer neuen Versuchsreihe die Ozonkonzentration verdoppelt und die Einwirkung bis auf 1 Stunde ausgedehnt (Tab. 8I). Trotzdem wurden auch im letzteren Falle nur zwischen 7 und 24 % schwankende Abnahmen der sich weiter entwickelnden Kolonien gegenüber den nicht ozonisierten Kulturen erreicht. Bemerkt sei, daß die Zählung erst erfolgte, wenn die Entscheidung, welche Kolonien weiter gewachsen waren, nicht mehr zweifelhaft sein konnte. Soweit nicht Verflüssigung hinderte, wurde bis zu 5 Tagen beobachtet.

Von praktischer Bedeutung ist dieses Ergebnis insofern, als es von neuem zeigt, wie wenig Erfolg selbst durch starke Ozonisierung von Bakterien**kolonien** oder allgemein von dickeren Bakterienmassen zu erreichen ist.

2. Die Kulturen wurden bis zur Ozonisierung bei Kühlhaustemperatur (2—4°) gehalten.

Kulturen von Bact. coli, die tagelang bei niedriger Temperatur gestanden hatten, zeigten in ihrer Empfindlichkeit gegenüber frisch geimpften keinen wesentlichen Unterschied. Bei einer Ozonkonzentration von etwa 2000 mg/cbm hatte 1 Minute zur Abtötung von 99 Prozent und mehr der vorhandenen Keime ausgereicht[1]). Bact. coli

[1]) Vergl. 1. Mitteilung a. a. O. S. 225.

Tabelle 8. Einwirkung von Ozon auf Bakterien. Ozonisierung 20 bis 24 Stunden nach der Impfung auf Fleischwassergelatine.

Die Kulturen wurden nach der Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

| Bakterienart | I. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm Einwirkungsdauer 1/2 und 1 Stunde Kulturen bis zur Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt | | | II. Ozonkonzentration 14—15 mg/cbm Einwirkungsdauer 20 und 40 Minuten a) Kulturen bis zur Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt | | | b) Kulturen bis zur Ozonisierung bei 2—4° aufbewahrt | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dauer der Ozonisierung Stde. | Anzahl der Kolonien[1]) | Abnahme der Keimzahl[2]) % | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien[1]) | Abnahme der Keimzahl[2]) % | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien[1]) | Abnahme der Keimzahl[2]) % |
| Bact. coli comm. | 0 | 343 | — | 0 | 234 | — | 0 | 657 | — |
| | 1/2 | 290 | 14 | 20 | 228 | 3 | 10 | 10 | 98,5 |
| | 1 | 279 | 19 | 40 | 218 | 7 | 20 | 3 | > 99 |
| | | | | | | | 40 | 1 | > 99 |
| Verflüssigendes Aromabakterium | 0 | 866 | — | 0 | 41 | — | 0 | 527 | — |
| | 1/2 | 718 | 17 | 20 | 40 | 3 | 10 | 367 | 34 |
| | 1 | 733 | 15 | 40 | 43 | 0[3]) | 20 | 12 | 98 |
| | | | | | | | 40 | 2 | > 99 |
| Rosettenbildendes Aromabakterium | 0 | 300 | — | 0 | 518 | — | 0 | 1158 | — |
| | 1/2 | 279 | 7 | 20 | 530 | 0 | 10 | 915 | 21 |
| | 1 | 272 | 10 | 40 | 536 | 0 | 20 | 48 | 96 |
| | | | | | | | 40 | 1 | > 99 |
| Hofbildendes Aromabakterium | 0 | 50 | — | 0 | 197 | — | 0 | 1303 | — |
| | 1/2 | 44 | 12 | 20 | 202 | 0 | 10 | 893 | 32 |
| | 1 | 46 | 8 | 40 | 197 | 0 | 20 | 194 | 85 |
| | | | | | | | 40 | 3 | > 99 |
| Bact. prodigios. | 0 | 251 | — | 0 | 350 | — | 0 | 1218 | — |
| | 1/2 | 228 | 9 | 20 | 371 | 0 | 10 | 203 | 83 |
| | 1 | 192 | 24 | 40 | 310 | 12 | 20 | 32 | 97 |
| | | | | | | | 40 | 13 | 99 |
| Bac. fluoresc. liquef. | 0 | 1648 | — | 0 | 1646 | — | 0 | 1640 | — |
| | 1/2 | 1648 | 0 | 20 | 1574 | 4 | 10 | 693 | 58 |
| | 1 | 1528 | 7 | 40 | 1600 | 3 | 20 | 205 | 87 |
| | | | | | | | 40 | 10 | > 99 |

[1]) Der Durchmesser der Kolonien zur Zeit der Ozonisierung wurde stets gemessen; er betrug in den meisten Fällen 0,1—0,2 mm. Gezählt wurden nur die sicher weiter gewachsenen Kolonien.

[2]) Unter „Keimzahl" ist hier die Anzahl der nach der Ozonisierung zur weiteren Entwicklung gelangten Kolonien verstanden.

[3]) Eine größere Keimzahl auf den ozonisierten Schalen rührt von Versuchsfehlern her; die Abnahme ist daher gleich 0 gesetzt.

wächst nun nach Angabe von Barber[1]) unterhalb 10° überhaupt nicht, während die Kühlhausbakterien, wenngleich sehr verlangsamt, sich auch bei 2—4° noch vermehren. Die hier untersuchten Bakterien wurden während 10 bis 40 Minuten einer Ozonkonzentration von 14—15 mg/cbm ausgesetzt, nachdem die Kulturen von der Impfung bis zur der 24 Stunden später erfolgenden Ozonisierung in einem Kühlschrank bei 2—4° gestanden hatten. Nach der Ozonisierung wurden sie zur weiteren Entwicklung bei Zimmertemperatur gehalten.

In der Tabelle 8 II b sind die Ergebnisse zusammengestellt. Ein Vergleich mit den schon 1 Stunde nach der Impfung unter gleichen Versuchsbedingungen behandelten Bakterien (Tab. 6 b) läßt erkennen, daß auch die psychrotoleranten Bakterien aus den Kühlhäusern bei 2—4° in 24 Stunden noch kein gegen Ozon merklich widerstandsfähigeres Entwicklungsstadium erreicht hatten.

Nach diesem Ergebnis kann für die Ozonanwendung im Kühlhause damit gerechnet werden, daß bei denjenigen Bakterien, die erst im Kühlhause selbst, durch Vermittelung der Luft auf das Fleisch gelangen, die Wirkung des Ozons mindestens noch 24 Stunden nach der Infektion zu voller Geltung kommt.

Der Unterschied in der Wirkung des Ozons auf 24 Stunden alte Kulturen, die einerseits bei Zimmertemperatur und andererseits bei Kühlhaustemperatur gewachsen waren, tritt beim Vergleich der Abnahme der Keimzahlen in Tabelle 8 II a und b klar hervor. Während bei 20 oder 40 Minuten langer Einwirkung im ersteren Falle höchstens 12 % der Kolonien sich nicht mehr weiterentwickelten, sank im letzteren Falle die Keimzahl um 85 bis über 99 %.

Durch vorstehende Versuche sind die schon früher beim Bact. coli gemachten Erfahrungen auch an weiteren 5 Bakterienarten bestätigt und erweitert worden. Unter den innegehaltenen Versuchsbedingungen zeigte sich im besonderen, daß bei einer Ozonkonzentration von 2000 mg/cbm in 1 Minute und bei 14—15 mg/cbm in 40 Minuten über 99 % der an der Oberfläche des Nährbodens **einzeln** liegenden Bakterien abgetötet werden. Bei 3 mg/cbm Ozon waren zur Vernichtung von 95—100 % der Keime 3—4 Stunden erforderlich. Dickere Bakterienschichten werden von Ozon nur schwer durchdrungen. Von 24 Stunden alten Kolonien wurden durch 1stündige Ozonierung mit 27—28 mg/cbm nur 7—24 % abgetötet; aber auch bei 8 Stunden alten Kulturen war, besonders bei kürzerer Ozonisierungsdauer, schon eine sehr verringerte Wirkung zu bemerken. Bei Kühlhaustemperatur (2—4°) war das Wachstum der Keime soweit gehemmt, daß eine erst 24 Stunden nach der Impfung ausgeführte Ozonisierung noch ebenso wirksam war, wie bei 1 Stunde alten Kulturen.

Eine Zusammenfassung der an einzelnen Stellen gemachten Hinweise auf die Bedeutung der Ergebnisse für die Anwendung der Ozonisierung in Kühlhäusern findet sich am Schlusse der Abhandlung.

---

[1]) The rate of multiplication of Bacillus coli at different temperature. Journ. of infect. diseases, Vol. 6 (1908), S. 379; Zentralbl. f. Bakteriologie, Abt. I Referate, Bd. 43 (1909), S. 175.

## 2. Die Einwirkung von Ozon auf Hefen.

Über die Einwirkung von Ozon auf Hefen sind aus der Literatur nur wenige Angaben zu entnehmen. Für Brauereizwecke ist die Abtötung von Hefen in wässerigen Aufschwemmungen durch Ozon mehrfach mit wechselndem Erfolge versucht worden. In der schon früher erwähnten Arbeit von Sigmund über die physiologischen Wirkungen des Ozons[1]) werden zwei ältere Versuche von v. Gorup-Besanez und von E. Fischer erwähnt, die zu widersprechenden Ergebnissen geführt haben. Ersterer fand, daß Hefe von Ozon sehr energisch angegriffen wird, während nach letzterem die Hefezellen gegen Ozon sehr widerstandsfähig sein sollen. Bei v. Gorup-Besanez fehlen nähere Angaben über die Versuchsbedingungen; Fischer benutzte eine wässerige Aufschwemmung von Preßhefe. Die Untersuchungen von Sigmund selbst beziehen sich ebenfalls auf wässerige Aufschwemmungen von Hefen, bei denen das Gärungsvermögen durch stärkere Ozonisierung sehr bedeutend herabgesetzt wurde.

Die im folgenden auf ihr Verhalten gegen Ozon geprüften beiden Hefenarten, eine weiße und eine rosa Hefe, waren, wie schon erwähnt, von Kühlhausfleisch abgeimpft worden. Die Versuchsbedingungen waren die gleichen wie bei den Bakterien.

### a) Einwirkung von Ozon auf 1 Stunde alte Hefenkulturen.

Bei den in der Tabelle 9 zusammengestellten Versuchen wurden Ozonkonzentrationen von 2000 mg, 14—15 mg und 2,7—3 mg/cbm angewendet.

Tabelle 9. Einwirkung von Ozon auf Hefen. Ozonisierung 1 Stunde nach der Impfung auf Fleischwassergelatine.

Die Kulturen wurden vor und nach der Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

| Hefenart | a) Ozonkonzentration etwa 2000 mg/cbm Einwirkungsdauer 1 Minute | | | b) Ozonkonzentration 14—15 mg/cbm Einwirkungsdauer 10—40 Minuten | | | c) Ozonkonzentration 2,7—3 mg/cbm Einwirkungsdauer 2—4 Stunden | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien[2]) | Abnahme der Keimzahl % | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien[2]) | Abnahme der Keimzahl % | Dauer der Ozonisierung Stdn. | Anzahl der Kolonien[2]) | Abnahme der Keimzahl % |
| Weiße Hefe | 0 | 715 | | 0 | 614 | | 0 | 273 | |
| | 1 | 1 | > 99 | 10 | 0 | 100 | 2 | 0 | 100 |
| | | | | 20 | 0 | 100 | 3 | 0 | 100 |
| | | | | 40 | 0 | 100 | 4 | 1 | > 99 |
| Rosa Hefe | 0 | 879 | | 0 | 462 | | 0 | 824 | |
| | 1 | 1 | > 99 | 10 | 0 | 100 | 2 | 6 | > 99 |
| | | | | 20 | 0 | 100 | 3 | 1 | > 99 |
| | | | | 40 | 0 | 100 | 4 | 3 | > 99 |

[1]) Zentralblatt für Bakteriologie usw., Abt. II, Bd. 14 (1905), S. 412.

[2]) Nach 5tägiger Beobachtung.

Die Konzentration von 2000 mg/cbm führte bei einer Einwirkungsdauer von 1 Minute zu dem gleichen Ergebnis wie bei den Bakterien; es wurden mehr als 99 % der Hefen abgetötet.

Bei Anwendung von 14—15 mg/cbm Ozon erwiesen sich die Hefen unverkennbar empfindlicher als die Bakterien. Schon bei 10 Minuten langer Einwirkung wurden mit 614 und 462 Hefekeimen besäte Schalen steril. Bei den Bakterien wurde ein ähnliches Ergebnis (> 99—100 %) erst bei der doppelten, teilweise bei der vierfachen Einwirkungsdauer erreicht. Fast ebenso war das Verhältnis bei 2,7—3 mg/cbm Ozon und 2—4stündiger Einwirkung. In 2 Stunden wurden mehr als 99—100 % der Hefen vernichtet, während bei den Bakterien 3—4 Stunden hierzu erforderlich waren.

b) Einwirkung von Ozon auf 8 Stunden alte Hefenkulturen.

Bei diesen Versuchen wurden, wie bei den entsprechenden Untersuchungen mit den Bakterien, die Ozonkonzentration von 14—15 mg/cbm und Einwirkungszeiten von 10, 20 und 40 Minuten benutzt.

Tabelle 10. Einwirkung von Ozon auf Hefen. Ozonisierung 8 Stunden nach der Impfung auf Fleischwassergelatine.

Die Kulturen wurden vor und nach der Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Ozonkonzentration 14—15 mg/cbm.

| Hefenart | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien[1]) | Abnahme der Keimzahl % |
|---|---|---|---|
| Weiße Hefe . . . . . | 0 | 485 | |
| | 10 | 2 | > 99 |
| | 20 | 2 | > 99 |
| | 40 | 0 | 100 |
| Rosa Hefe . . . . . | 0 | 462 | |
| | 10 | 27 | 94 |
| | 20 | 14 | 97 |
| | 40 | 1 | > 99 |

Die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen mit den 8 Stunden alten Hefenkulturen waren im Vergleich mit denjenigen bei den schon 1 Stunde nach der Impfung ozonisierten Kulturen (Tab. 9 b) nur wenig ungünstiger. Die nach 1 Stunde ozonisierten Schalen wurden bei 10 Minuten langer Einwirkung steril. Hier wurden in der gleichen Zeit bei der weißen Hefe mehr als 99, bei der rosa Hefe 94 % der Keime (oder kleinen Kolonien) abgetötet. Bei längerer Ozonisierung verringerte sich die Zahl der zurückbleibenden Keime noch mehr.

Beim Vergleich mit den entsprechenden Bakterienversuchen (Tab. 7) tritt wiederum besonders bei den kürzeren Ozonisierungszeiten die größere Empfindlichkeit der Hefen hervor. Bei 10 Minuten langer Einwirkung wurde die Keimzahl bei den Bakterien

[1]) Die Kulturen wurden 5 Tage lang beobachtet.

um 0 bis 25, bei den Hefen dagegen um 94 bis mehr als 99 % vermindert. Zur Beurteilung der Ozonwirkung auf die 8 Stunden alten Hefenkulturen ist auch zu berücksichtigen, daß bei ihrer langsamen Entwicklung auf dem gegebenen Nährboden die Kolonien entsprechend klein und für das Ozon leichter durchdringlich geblieben waren.

c) Einwirkung von Ozon auf 20—24 Stunden alte Hefenkulturen.

Die beiden Hefen wurden, wie die Bakterien bei den gleichartigen Versuchsreihen, mit 14—15 und 27—28 mg/cbm Ozon einer verschieden langen Einwirkungsdauer ausgesetzt. Tabelle 11 enthält die Ergebnisse.

Tabelle 11. Einwirkung von Ozon auf Hefen. Ozonisierung 20 bis 24 Stunden nach der Impfung auf Fleischwassergelatine.

Die Kulturen wurden nach der Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

| Hefenart | I. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm Einwirkungsdauer ½ und 1 Stunde Kulturen bis zur Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt | | | II. Ozonkonzentration 14—15 mg/cbm Einwirkungsdauer 20 und 40 Minuten a) Kulturen bis zur Ozonisierung bei Zimmertemperatur aufbewahrt | | | II. b) Kulturen bis zur Ozonisierung bei 2—4° aufbewahrt | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dauer der Ozonisierung Stde. | Anzahl der Kolonien [1] | Abnahme der Keimzahl [2] % | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien [1] | Abnahme der Keimzahl [2] % | Dauer der Ozonisierung Min. | Anzahl der Kolonien [1] | Abnahme der Keimzahl [2] % |
| Weiße Hefe | 0 | 401 | | 0 | 114 | | 0 | 614 | |
| | ½ | 400 | 0 | 20 | 119 | 0 [3] | 10 | 0 | 100 |
| | 1 | 391 | 2 | 40 | 124 | 0 | 20 | 0 | 100 |
| | | | | | | | 40 | 0 | 100 |
| Rosa Hefe | 0 | 240 | | 0 | 433 | | 0 | 462 | |
| | ½ | 237 | 1 | 20 | 393 | 9 | 10 | 1 | > 99 |
| | 1 | 229 | 5 | 40 | 380 | 12 | 20 | 0 | 100 |
| | | | | | | | 40 | 0 | 100 |

Bei einer Versuchsreihe bei Zimmertemperatur mit 14—15 mg/cbm Ozon und 20 oder 40 Minuten langer Einwirkung (Tab. 11 IIa), war keine oder keine wesentliche Abnahme der Keimzahl eingetreten. Auch bei einer Konzentration von 27—28 mg/cbm wurden selbst in einer Stunde nur 2 und 5 % der Kolonien abgetötet (Tab. 11 I). Bei den Bakterien wurden meistens sogar größere Abnahmen

[1]) Der Durchmesser der Kolonien zur Zeit der Ozonisierung wurde stets gemessen; er betrug 0,05 – 0,07 mm. Gezählt wurden nur die sicher weiter gewachsenen Kolonien.

[2]) Vgl. Anmerkung 2 zu Tabelle 8.

[3]) Desgl. Anmerkung 3.

erreicht (Tab. 8 I). In der Form von Kolonien verhalten sich die Hefen also ebenso wie die Bakterien. Die bei den vorhergehenden Versuchen deutlich vorhandene größere Empfindlichkeit der einzelnen Hefenkeime gegen Ozon trat bei den Kolonien nicht mehr in Erscheinung. Die an der Oberfläche der Kolonien befindlichen Hefen werden zweifellos abgetötet; aber infolge der schon wiederholt beobachteten geringen Tiefenwirkung des Ozons bleiben die tiefer liegenden Schichten unversehrt und entwickeln sich weiter, wobei aber die Kolonien in der Größe hinter den Kontrollen erheblich zurückbleiben.

Wenn die Hefenkulturen bis zur Ozonisierung bei Kühlhaustemperatur gehalten worden waren und dadurch eine nur geringe Vermehrung stattgefunden hatte, so blieb, wie bei den Bakterien, die an einzelnen Keimen beobachtete günstige Ozonwirkung bestehen (Tab. 11 IIb). Nach 24stündigem Verweilen bei 2—4° wurde die Keimzahl schon durch 10 Minuten lange Ozonisierung mit 14—15 mg/cbm um über 99—100% herabgesetzt, d. h. es wurden so gut wie alle vorhandenen Keime vernichtet.

Die wichtigsten Ergebnisse vorstehender Versuche können dahin zusammengefaßt werden, daß sich einzeln an der Oberfläche des Nährbodens liegende Hefezellen oder junge (8 Stdn. alte) Kulturen gegen Ozon viel empfindlicher erwiesen haben als die Bakterien. 24 Stunden alte Hefenkolonien werden dagegen, ebenso wie die Bakterienkolonien, selbst durch kräftige Ozonisierung im Wachstum nur gehemmt, weil offenbar nur die obere Schicht der Kolonien angegriffen wird, während die darunter liegenden Keime infolge der geringen Tiefenwirkung des Ozons nicht oder nur wenig geschädigt werden.

### 3. Die Einwirkung von Ozon auf Schimmelpilze.

Über den Einfluß des Ozons auf Schimmelpilze liegen einige hier interessierende Angaben vor. W. Sigmund[1]) setzte eine auf einer Petrischale befindliche Kultur von Penicillium glaucum an 4 aufeinander folgenden Tagen je 20 Stunden einem Ozonstrom von 5 l/Stde. aus, dessen Konzentration auf 600 mg/cbm angegeben wird. Aus den wenigen, nicht weiter besprochenen Angaben ist ein Zurückbleiben der ozonisierten Kultur (am 4. Tage 1 Rasen von 4 mm Durchmesser) gegenüber einer mit Luft behandelten Kontrollkultur (1 Rasen von 8 mm Durchmesser und 7 kleinere) zu entnehmen. Zwischen dem 4. und 13. Beobachtungstage vermehrten sich die Pilzrasen auf der Kontrollschale von 8 auf 51 und auf der ozonisierten Schale von 1 auf 11. Die Anzahl der ursprünglichen Impfstellen ist nicht angegeben.

Über die Ozonanwendung in technischen Betrieben teilt Konrich[2]) u. a. folgende Angaben mit, die ihm gelegentlich der Besichtigung derartiger Betriebe gemacht worden sind. In einer großen Heringshandlung wurde als Erfolg der Ozonisierung genannt, daß die Schimmelbildung in den Lagerräumen verschwunden sei. Auch in

[1]) A. a. O. S. 500.

[2]) Zur Verwendung des Ozons in der Lüftung. Ztschr. f. Hygiene u. Infekt.-Krankheiten Bd. 73 (1913), S. 478.

der Kühlhalle des Potsdamer Schlachthofs soll durch kräftige Ozonisierung hauptsächlich die Schimmelbildung auf dem Fleisch unterdrückt werden. Dieselbe günstige Erfahrung ist nach dem Bericht von Ludwig Ad. v. Kupffer[1]) bei Versuchen im Kölner Schlachthofe gemacht worden.

Bei den folgenden, mit Penicillium glaucum und Mucor stolonifer ausgeführten Laboratoriumsversuchen wurden dieselben Versuchsbedingungen innegehalten, wie bei den Bakterien und Hefen. Die Luftgeschwindigkeit betrug wieder 150 l/Stde. bei den Versuchen mit 2000 mg/cbm, bei den übrigen 200 l/Stde. Um eine etwa durch Austrocknung bei langer Einwirkungsdauer eintretende Veränderung der Oberfläche des Nährbodens zu berücksichtigen, wurden in diesen Fällen die Kontrollschalen während gleicher Zeiten mit ozonfreier Luft behandelt. Ein merklicher Einfluß war jedoch nicht vorhanden. Die Impfung der Schalen mit Sporenmaterial erfolgte in der auf S. 430 beschriebenen Weise.

### Penicillium glaucum.

a) Versuche bei Zimmertemperatur.

1. Versuch. Ozonkonzentration etwa 2000 mg/cbm. Zwei durch Impfung in der Schalenmitte hergestellte Kulturen wurden 1 Stunde nach der Impfung und zwei Tage später je 1 Minute ozonisiert.

Am 2. Tage nach der ersten Ozonisierung hatten die ozonisierten Rasen 7 und 7,5 mm, die Kontrolle 8 mm Durchmesser. Die ersteren wurden wieder ozonisiert.

Am folgenden Tage hatten die ozonisierten Rasen 12 und 13 mm Durchmesser; sie waren in der Mitte weiß und merklich durchsichtiger als die Kontrolle. Letztere war in der Mitte ergrünt.

Am 4. Tage waren die ozonisierten Kulturen von der Kontrolle nicht mehr wesentlich verschieden.

2. Versuch. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm. Die Sporen wurden bald nach der Impfung und 24 Stunden später das ausgekeimte Mycel je $^1/_2$ und $1^1/_2$ Stunden ozonisiert.

Am Tage nach der 2. Ozonisierung erschien nur der $1^1/_2$ Stdn. ozonisierte Rasen etwas dünner als die Kontrolle.

Am 5. Tage waren die ozonisierten Kulturen von den nicht ozonisierten kaum noch verschieden. Der Durchmesser der ozonisierten Rasen war 18—19, derjenige der Kontrollen 19—20 mm.

3. Versuch. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm. Das Mycel wurde an 4 auf die Impfung folgenden Tagen $^1/_4$, 1 und $1^1/_2$ Stunden ozonisiert.

Am Tage nach der Impfung waren die Sporenhäufchen auf allen Schalen reichlich ausgekeimt. Der Durchmesser der Pilzrasen war etwa 1 mm. Je 1 Kultur wurde $^1/_4$, 1 und $1^1/_2$ Stunden ozonisiert, 3 andere dienten als Kontrollen. Einige Stunden nach der Behandlung erschien der $1^1/_2$ Stunden ozonisierte Pilzrasen bei

---

[1]) Verwendung des Ozons bei der Lüftung, Ergebnisse der Praxis. Gesundheits-Ingenieur 1913, S. 607.

schwacher Vergrößerung verändert, das Mycel war durchscheinender als auf der Kontrollschale. Bei 1stündiger Ozonisierung war das Ergebnis fast dasselbe. Das nur $^1/_4$ Stunde mit Ozon behandelte Mycel sah wesentlich besser aus.

Am 2. Tage waren die mit Ozon behandelten Kulturen vor der Ozonisierung von den Kontrollen nicht wesentlich verschieden. Der Durchmesser des Rasens auf der $1^1/_2$ Stunden ozonisierten Schale war 4,5, auf allen übrigen 5 mm.

Einige Stunden nach dem Ozonisieren war das außerhalb des Nährbodens befindliche Mycel zusammengefallen, die Rasen erschienen jetzt wieder durchsichtiger als die Kontrollen und zwar ziemlich gleich stark bei den 1 und $1^1/_2$ Stunden, weniger bei der $^1/_4$ Stunde ozonisierten Kultur.

An den beiden folgenden Tagen wiederholte sich die jedesmalige kräftige peripherische Neubildung von Mycel, welche durch die nächste Ozonisierung sichtlich schwer geschädigt wurde.

Die Ausbreitung der ozonisierten Pilzrasen erfolgte, wenn auch spärlich, dadurch, daß die in der Gelatine eingebetteten, vor der Ozonwirkung geschützten Mycelfäden weiterwuchsen. Von letzteren ausgehend, wuchsen immer von neuem Myceläste in die Luft hinein und diese fielen der folgenden Ozonisierung anheim.

Am 5. Tage nach der Impfung waren die Kontrollkulturen durch reichliche Sporenbildung in der Mitte des Rasens kräftig grün. Alle ozonisierten Kulturen waren hingegen auch in den mittleren Teilen rein weiß. Unter dem Mikroskop war jedoch auch bei diesen ein Ansatz von Fruktifikationsorganen zu bemerken.

Um die Keimfähigkeit der auf den ozonisierten Kulturen gebildeten Sporen zu prüfen, wurden von diesen und von den Kontrollen durch leichtes Aufdrücken angehauchter Uhrgläser Sporen abgenommen und auf sterile Nährgelatine übertragen. Die mikroskopische Prüfung zeigte außer Sporen nur ganz vereinzelte Mycelstücke. Die Mengen der von den ozonisierten Schalen stammenden Sporen waren gegenüber denjenigen von den Kontrollen nur spärlich. Nach 24 Stunden waren aber auch diese, bis auf wenige, ebenso wie die von den Kontrollkulturen abgenommenen Sporen ausgekeimt.

### b) Versuche bei Kühlhaustemperatur.

Nach dem Ergebnis des letzten Versuchs war anzunehmen, daß bei dem langsameren Wachstum bei Kühlhaustemperatur die Ozonwirkung noch stärker zum Ausdruck kommen würde. Bei zwei weiteren Versuchen wurden daher die Pilzkulturen nur 2 oder 5 Stunden täglich bei Zimmertemperatur, im übrigen bei niedriger Temperatur gehalten.

1. Versuch. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm. Ozonisiert wurde an 5 auf die Impfung folgenden Tagen mit einer Einwirkungsdauer von $^1/_2$ und $1^1/_2$ Stunden.

Vier mit Penicillium glaucum geimpfte Schalen wurden bei 2—4° gehalten. Vom Tage nach der Impfung an standen die Kulturen täglich 2 Stunden bei Zimmertemperatur. Während dieser Zeit wurde je eine Schale $^1/_2$ und $1^1/_2$ Stunden ozonisiert. Wie bei den übrigen Versuchen wurden die Kontrollen mit ozonfreier Luft entsprechend behandelt.

Am 3. Tage nach der Impfung waren nur die Kontrollkulturen und zwar reichlich und gleichmäßig ausgekeimt.

Am 4. Tage waren auf den ozonisierten Schalen etwa 50—60 Sporen ausgekeimt. Die Mycellänge war 0,09—0,10 mm bei den ozonisierten Schalen; sie erreichte 0,27 mm bei den Kontrollen.

Am 5. Tage hatte sich die Anzahl der ausgekeimten Sporen bei den ozonisierten Kulturen zwar noch etwas vergrößert, jedoch war ein sehr beträchtlicher Teil nicht ausgekeimt. Die Rasen waren gegenüber den Kontrollen erheblich in der Ausdehnung zurückgeblieben. Wieder machte sich deutlich die Schädigung des in der Luft befindlichen Mycels bemerkbar.

Am 6. Tage war der Durchmesser der Pilzrasen auf den ozonisierten Kulturen 2,6 u. 2,8 mm und auf den Kontrollen 4 u. 4,5 mm. Die nur $^1/_2$ Stunde ozonisierte Kultur war nicht viel kräftiger als die $1^1/_2$ Stunden behandelte. Die $1^1/_2$ Stunden ozonisierte Kultur und die dazu gehörige Kontrolle wurden einige Stunden nach der letzten Ozonisierung in 15facher Vergrößerung photographiert. Auf der Tafel XV sind die beschriebenen Eigentümlichkeiten und insbesondere das dürftige Aussehen der ozonisierten Kultur (Fig. 3b) im Vergleich zu der nicht ozonisierten Kontrolle (Fig. 3a) deutlich erkennbar.

2. Versuch. Ozonkonzentration 2,7—3 mg/cbm. Die geimpften Schalen standen zunächst 24 Stunden bei Zimmertemperatur und hierauf täglich 19 Stunden bei 4—5° und 5 Stunden bei Zimmertemperatur. 2 Kulturen wurden während des Aufenthalts bei Zimmerwärme an 4 aufeinander folgenden Tagen jedesmal 2 und 4 Stunden ozonisiert. 2 andere Kulturen dienten als Kontrollen.

Dieser Versuch sollte darüber Aufschluß geben, inwieweit die niedrige Ozonkonzentration von etwa 3 mg/cbm bei mehrstündiger Einwirkung den Pilz zu schädigen vermag.

Der Einfluß des Ozons war auch hier sehr bedeutend. Am 4. Tage zeigten die Kulturen nach der Ozonisierung folgendes Bild: Die 2 und 4 Stunden ozonisierten Kulturen waren voneinander wenig verschieden; sie waren in der Mitte weiß und das Mycel war weitgehend zerstört. Die Rasen hatten einen Durchmesser von etwa 7 mm und erschienen viel dünner und durchsichtiger als die Kontrollen. Letztere waren in der Mitte ergrünt und hatten etwa 8 mm Durchmesser.

### Mucor stolonifer.

Kulturen von Mucor stolonifer wurden unter gleichen Bedingungen wie Penicillium glaucum mit Ozon behandelt. Die Versuchsergebnisse waren im allgemeinen dieselben, doch traten die durch das Ozon hervorgerufenen Veränderungen bei dem üppigen Wachstum dieses Pilzes besonders schön hervor.

#### a) Versuche bei Zimmertemperatur.

1. Versuch. Ozonkonzentration etwa 2000 mg/cbm. Die Kulturen wurden 1 Stunde nach der Impfung und 2 Tage später je 1 Minute ozonisiert.

Am 2. Tage nach der ersten Ozonisierung hatten die ozonisierten Pilzrasen 53 und 56 mm, die Kontrollen 57 mm Durchmesser.

3 Stunden nach der nunmehr erfolgten zweiten Ozonisierung lag das Mycel flach an der Gelatine an. Die Rasen erschienen durchsichtiger als auf den Kontrollschalen.

Am nächsten Tage hatten sich alle Rasen bis zu den Schalenrändern ausgebreitet. Auf allen Schalen war Sporenbildung vorhanden. Die ozonisierten Kulturen waren in der am vorangehenden Tage ozonisierten Zone merklich dünner, sonst ebenso beschaffen wie die Kontrollen.

2. Versuch. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm. Die Sporen wurden bald nach der Impfung und 24 Stunden später das ausgekeimte Mycel je $^1/_2$ und $1^1/_2$ Stunden ozonisiert.

Am Tage nach der zweiten Ozonisierung hatten die Rasen 65—70 mm Durchmesser. Die ozonisierten Kulturen waren von den Kontrollen kaum verschieden.

Am 3. Tage reichten alle Rasen bis zum Schalenrande; die anfänglich geringen Unterschiede waren völlig ausgeglichen. Auf allen Schalen begann die Sporenbildung.

3. Versuch. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm. Das Mycel wurde an 3 auf die Impfung folgenden Tagen $^1/_4$ bis $1^1/_2$ Stunden ozonisiert.

Am Tage nach der Impfung hatten die Pilzrasen einen Durchmesser von 11 bis 13 mm. Je eine Kultur wurde $^1/_4$, 1 und $1^1/_2$ Stunden ozonisiert. 2 Kontrollen wurden 1 und $1^1/_2$ Stunden in der üblichen Weise mit ozonfreier Luft behandelt. 3 Stunden nach der ersten Ozonisierung sahen alle ozonisierten Pilzrasen durchscheinender aus als die Kontrollen. Das Mycel lag dicht am Boden an. An den Rändern der Rasen erschienen schon wieder schärfer sich abhebende Spitzen, d. h. Mycelenden, die in die Luft hineinwuchsen.

Am 2. Tage hatten vor der Ozonisierung sämtliche Kulturen, mit Ausnahme des $1^1/_2$ Stunden ozonisierten Rasens, der etwas dünner war, dasselbe Aussehen; auf allen waren Sporangien zu bemerken. Die ozonisierten Rasen hatten 62—65, die Kontrollen 65 mm Durchmesser.

Nach der Ozonisierung war das Mycel zusammengefallen und die Rasen erschienen, entsprechend der verschiedenen Einwirkungsdauer, mehr oder weniger durchsichtig als auf den Kontrollen.

Am 3. Tage waren die Kontrollschalen und ebenso die ozonisierten Schalen bis zum Rande bewachsen. Auf den $1^1/_2$ und 1 Stunde ozonisierten Kulturen hatten sich weniger Sporangien gebildet als auf den Kontrollen. Das Mycel war bei $1^1/_2$stündiger Einwirkung sehr deutlich, bei 1stündiger nur wenig geschädigt. Die $^1/_4$ Stunde ozonisierte Kultur war von der Kontrollkultur nicht verschieden.

Bei der Prüfung der Sporen in der bei Penicillium beschriebenen Weise erwiesen sich auch die von der $1^1/_2$ Stunden ozonisierten Kultur entnommenen Proben keimfähig.

### b) Versuche bei Kühlhaustemperatur.

1. Versuch. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm. Die Sporen und das ausgekeimte Mycel wurden an 4 auf die Impfung folgenden Tagen $^1/_2$ und $1^1/_2$ Stunden ozonisiert. Dabei wurden die Kulturen wie beim Penicillium täglich 22 Stunden bei 2—4° und 2 Stunden bei Zimmertemperatur gehalten.

Am 1. und 2. Tage nach der Impfung war nur eine Quellung der Sporen bemerkbar.

Am 3. Tage war auf den Kontrollen reichliche, auf den beiden ozonisierten Schalen nur spärliche Mycelbildung vorhanden.

Am 5. Tage hatte die Zahl der ausgekeimten Sporen auf den ozonisierten Schalen bedeutend zugenommen; die bei weitem meisten waren jedoch nicht ausgekeimt. Die ozonisierten Rasen hatten 4—4,5 mm, diejenigen auf den Kontrollschalen 5—5,5 mm Durchmesser. Einige Stunden nach der letzten Ozonisierung wurden die $1^1/_2$ Stunden behandelte und die zugehörige Kontrollkultur in 15facher Vergrößerung photographiert (Tafel XV Fig. 3, c u. d). Der schädigende Einfluß des Ozons und die beginnende Neubildung des Mycels sind auf der Abbildung deutlich zu erkennen.

2. Versuch. Ozonkonzentration 2,7—3 mg/cbm. Dieser letzte Versuch wurde mit 2,7—3 mg/cbm Ozonkonzentration und 2- und 4stündiger Einwirkungsdauer an 3 auf die Impfung folgenden Tagen ausgeführt, wobei die Kulturen zunächst 24 Stunden bei Zimmertemperatur und darauf täglich 19 Stunden bei 4—5 ° und 5 Stunden bei Zimmertemperatur aufbewahrt wurden.

Am 3. Tage hatten sich die Rasen auf den Kontrollschalen kräftig entwickelt, ihr Durchmesser war etwa 30 mm. Auf beiden Kulturen befanden sich weiße und schwarze Sporangien. Die ozonisierten Kulturen waren gegenüber den Kontrollen sehr dürftig. Das oberhalb des Nährbodens zur Entwicklung gelangte Mycel war, wie bei dem vorigen Versuch, weitgehend zerstört; Sporangien waren auf der $1^1/_2$ Stunden ozonisierten Kultur nicht bemerkbar. Der Durchmesser des Rasens war 25 mm. Die nur 2 Stunden ozonisierte Kultur war etwas kräftiger, auch hatten sich vereinzelte, noch weiße Sporangien entwickelt.

Das Verhalten der untersuchten Schimmelpilze gegen Ozon läßt sich hiernach wie folgt zusammenfassen:

Sporen von Penicillium glaucum und von Mucor stolonifer haben sich gegen einmalige starke Ozonisierung widerstandsfähig gezeigt.

An der Oberfläche des Nährbodens auskeimende Sporen und außerhalb des Nährbodens befindliches Mycel wurden stark geschädigt oder abgetötet.

Der innerhalb des Nährbodens wachsende Teil des Mycels dagegen ist gegen die Ozoneinwirkung weitgehend geschützt. Aus diesem Anteil wachsen, sobald die Ozonisierung aufhört, Myceläste und Fruktifikationsorgane nach außen. Wenn die Wachstumsbedingungen es zulassen, d. h. nach nur einmaliger Ozonisierung, oder wenn zwischen zwei Ozonisierungen ein genügend langer Zeitabstand liegt, kommen die Fruktifikationsorgane zur Reife. Die sich bildenden Sporen sind keimfähig. Die vollständige Abtötung einer Schimmelkultur durch Ozon ist daher im Gegensatz zu einer mehr oder minder starken Schädigung nur schwer erreichbar.

Niedrige Temperatur unterstützt die Ozonwirkung. Bei hoher Kühlhaustemperatur (4—5 °) und täglich 5stündigem Verweilen bei Zimmertemperatur genügte eine täglich 2—4stündige Behandlung mit einer Ozonkonzentration von 2,7—3 mg/cbm, um die Entwicklung des

Mycels weitgehend einzuschränken und die Bildung von Sporen ganz oder fast ganz zu verhindern.

Diese Ergebnisse lassen in Übereinstimmung mit den eingangs erwähnten Angaben aus technischen Betrieben darauf schließen, daß durch regelmäßig wiederholte Ozonisierung in Verbindung mit der niedrigen Temperatur eine wirksame Bekämpfung der Schimmelpilze im Kühlhause zu erreichen ist.

## IV. Zusammenfassung der praktisch wichtigsten Ergebnisse und Schlußsätze.

Ein kurzer Rückblick auf die wesentlichsten, in den einzelnen Abschnitten enthaltenen Angaben über den Zusammenhang der Untersuchungsergebnisse mit der Ozonisierungsfrage sei hier angefügt:

Die Ansichten der Praktiker über den Wert der Ozonisierung im Kühlhause lauten vorwiegend günstig. Die Ergebnisse der vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchung stehen hiermit im Einklang; sie lassen aber auch erkennen, daß gewisse biologische Verhältnisse den Erfolg des Ozonverfahrens beeinflussen können. Auf dem Kühlhausfleisch wird neben leicht vernichtbaren Keimen stets ein Teil der Mikroorganismen infolge seines Entwicklungszustandes oder seiner Lagerung durch Ozon nur wenig oder gar nicht angreifbar sein. Die Größe beider Anteile hängt in erster Linie davon ab, wieviel Mikroorganismen an der Oberfläche oder im Innern des Kühlgutes liegen, und in welchem Entwicklungsstadium die an der Oberfläche liegenden, dem Ozon äußerlich zugänglichen, sich befinden.

Die Ozonisierung ist in bestimmten Zeitabschnitten zu wiederholen, weil mit beständiger Neuinfektion zu rechnen ist und weil etwa schon in den Nährboden eingedrungene Schimmelpilzvegetationen sich nach dem Aufhören der Ozoneinwirkung weiter entwickeln.

Die niedrige Temperatur des Kühlhauses gestattet, entsprechend der Verlangsamung der Entwicklung der Mikroorganismen, die zwischen den aufeinander folgenden Ozonisierungen liegenden Pausen zu verlängern. Demgegenüber sind in der Vorkühlhalle, wo das an der Oberfläche feuchte Fleisch im Verlaufe von 8—12 Stunden von Körperwärme auf etwa 20° abkühlt, besonders günstige Bedingungen für die Entwicklung vieler Mikroorganismen gegeben. Deshalb erscheint eine Ozonisierung schon an dieser Stelle empfehlenswert.

### Schlußsätze.

Die Untersuchungen wurden mit mehreren Ozonkonzentrationen und verschiedener Einwirkungsdauer an Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen mit folgendem Ergebnis ausgeführt:

1. Die in der ersten Mitteilung über das Verhalten von Bacterium coli gegen gereinigtes Ozon enthaltene Zusammenfassung (a. a. O. S. 230) trifft im allgemeinen auch für die untersuchten weiteren 5 Bakterienarten zu.

Im besondern reicht noch eine Ozonkonzentration von etwa 3 mg/cbm bei 3—4stündiger Einwirkung aus, um mehr als 95 % von einzeln an der Oberfläche des Nährbodens liegenden Keimen zu vernichten.

Ozon dringt nur schwer in den Nährboden und in Bakterienmassen ein; dementsprechend werden Kolonien, selbst wenn sie an der Oberfläche liegen, nur wenig geschädigt. Ihr Entwicklungsstadium ist dabei von Bedeutung. Innerhalb 8 Stunden bei Zimmertemperatur gewachsene Kolonien sind schon erheblich unempfindlicher als frische Kulturen.

Niedrige Temperatur verzögert die Entwicklung der Keime und begünstigt dadurch die Ozonwirkung. 24 Stunden bei 2—4° gehaltene Kulturen sind gegen Ozon ebenso empfindlich wie die 1 Stunde alten.

2. Die Hefen verhalten sich nur insofern von den Bakterien abweichend, als sich die einzelnen Keime gegen Ozon viel empfindlicher erweisen.

3. Von Schimmelpilzen (Penicillium glaucum und Mucor stolonifer) werden auf der Oberfläche des Nährbodens liegende, in der Auskeimung begriffene Sporen und freiliegendes Mycel durch Ozon abgetötet. Der im Nährboden wachsende Teil des Mycels ist vor dem Ozon geschützt, weshalb im allgemeinen keine völlige Vernichtung, sondern nur eine mehr oder weniger starke Schädigung der Kultur eintritt. Da sich aus dem innerhalb des Nährsubstrats fortwachsenden Mycel immer von neuem Myceläste und Fruktifikationsorgane in die Luft erheben, so ist eine ausgiebige Wirkung nur dann vorhanden, wenn die Ozonisierung in bestimmten, von der Entwicklungsgeschwindigkeit der Pilze abhängigen Zeitabschnitten wiederholt wird; so konnte z. B. bei Kulturen von Penicillium glaucum und Mucor stolonifer, die täglich 5 Stunden bei Zimmertemperatur, im übrigen aber bei 4—5° gehalten wurden, durch täglich 2—4stündige Einwirkung einer Ozonkonzentration von etwa 3 mg/cbm die Mycelbildung weitgehend, die Sporenbildung ganz oder fast ganz unterdrückt werden.

4. Manche Bestandteile der künstlichen Nährböden erleiden durch Ozon gewisse Veränderungen. Fleischwasser, Pepton- und Gelatinelösungen werden sauer: beim Pepton entsteht ferner ein in saurer Lösung ziemlich beständiger Stoff, der Wasserstoffperoxydreaktionen gibt. Agar- und Eiweißlösungen erleiden diese Veränderungen nicht.

Bei Verwendung von ungereinigtem Ozon wird die Azidität durch die neben Ozon entstehende Salpetersäure entsprechend erhöht.

Auf stark ozonisierter, ursprünglich neutraler Fleischwasserpeptongelatine wird das Wachstum bei den Bakterien am meisten, bei den Hefen weniger und bei den Schimmelpilzen überhaupt nicht merklich beeinträchtigt.

5. Bei der Ozonanwendung im Kühlhause ist nach den Ergebnissen dieser Untersuchung eine nur teilweise Vernichtung der dem Fleisch anhaftenden Mikroorganismen zu erwarten. Dieser Anteil reicht indessen, wie die Erfahrungen in der Praxis zeigen, im allgemeinen aus, um durch die Ozonisierung eine wesentliche Verlängerung der Haltbarkeit des Fleisches in den Kühlräumen herbeizuführen.

Die Ozonisierung der Kühlhäuser einschließlich der Vorkühlhallen ist daher zu empfehlen.

Aus dem hygienischen Laboratorium des Kaiserl. Gesundheitsamtes.

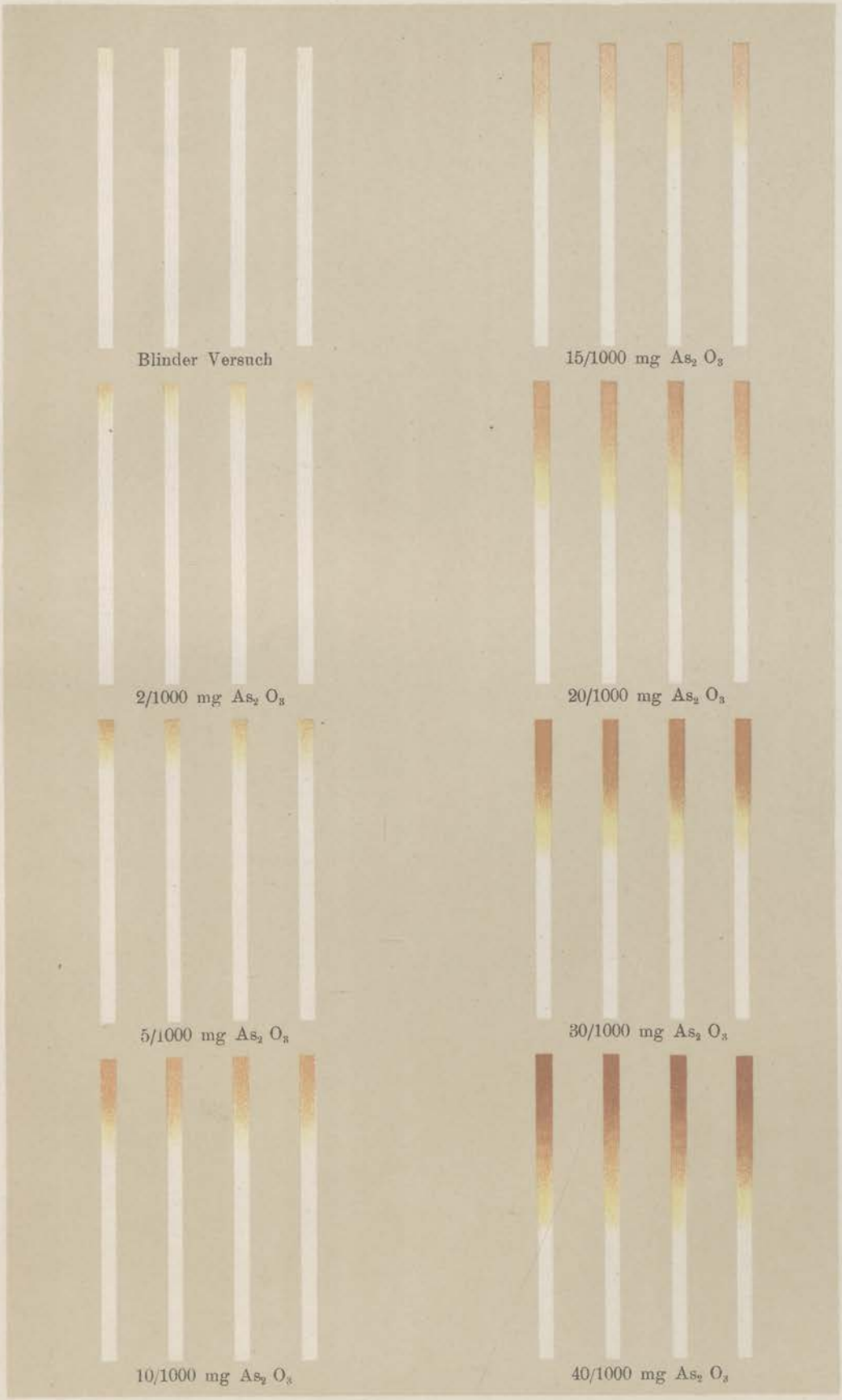
Berlin, im September 1916.

---

Ende des 4. Heftes.
Abgeschlossen am 12. Februar 1917.

Druck von E. Buchbinder in Neuruppin.

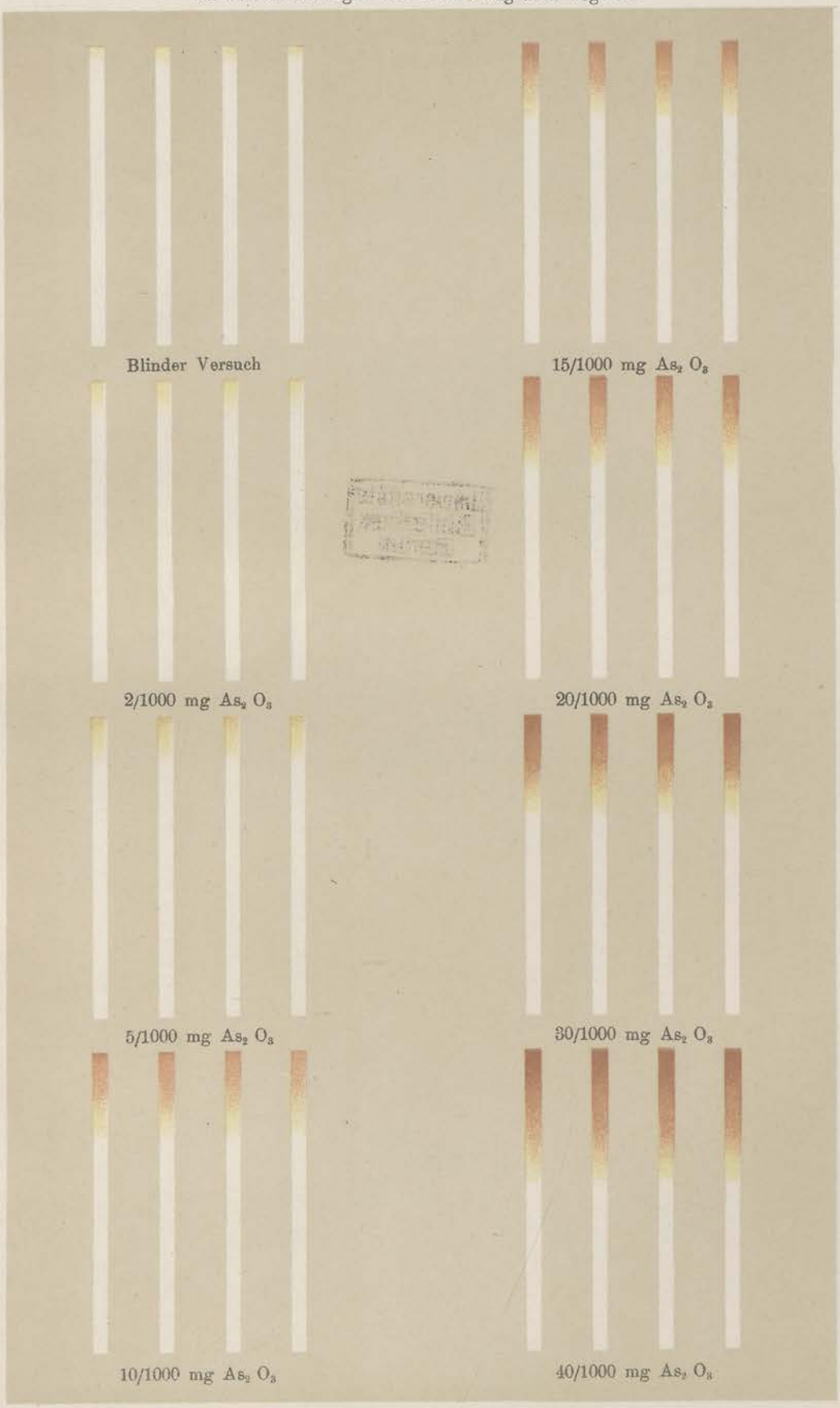
Abbildung der Reaktionsstreifen, welche durch unmittelbare Reduktion der arsenigen Säure erhalten wurden.




Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts-
Bibliothek
Berlin.

Abbildung der Reaktionsstreifen, welche durch vorheriges Ausfällen der Arsensäure und darauf folgende Reduktion erhalten wurden. Das Reagenzpapier war nicht dasselbe, wie das den Abbildungen auf Tafel I zugrunde liegende.




Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts-
Bibliothek
Berlin.

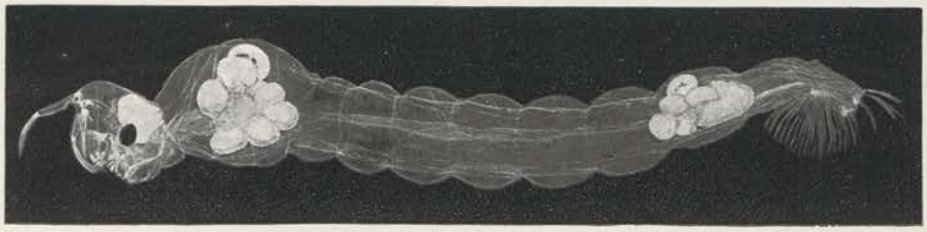


Fig. 1.

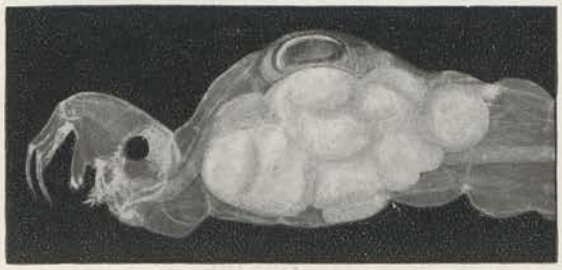


Fig. 2.

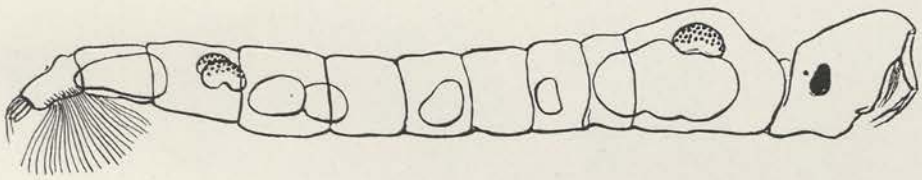


Fig. 3.

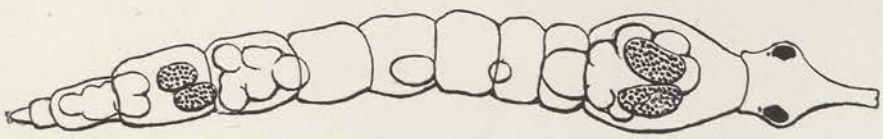


Fig. 4.

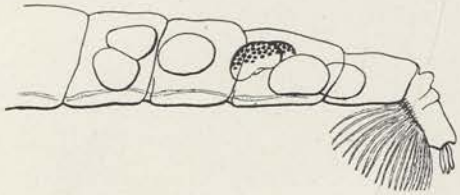
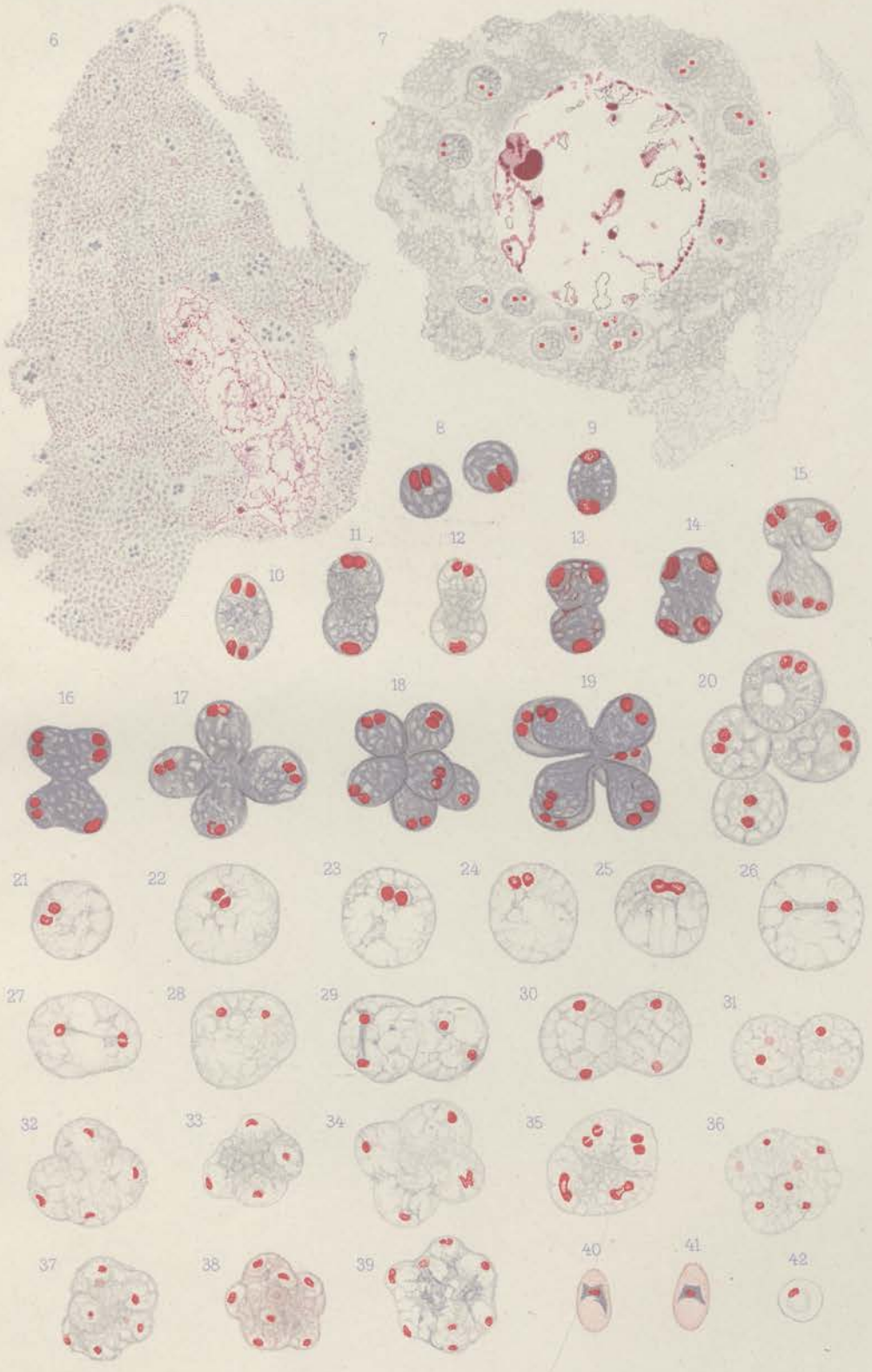


Fig. 5.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

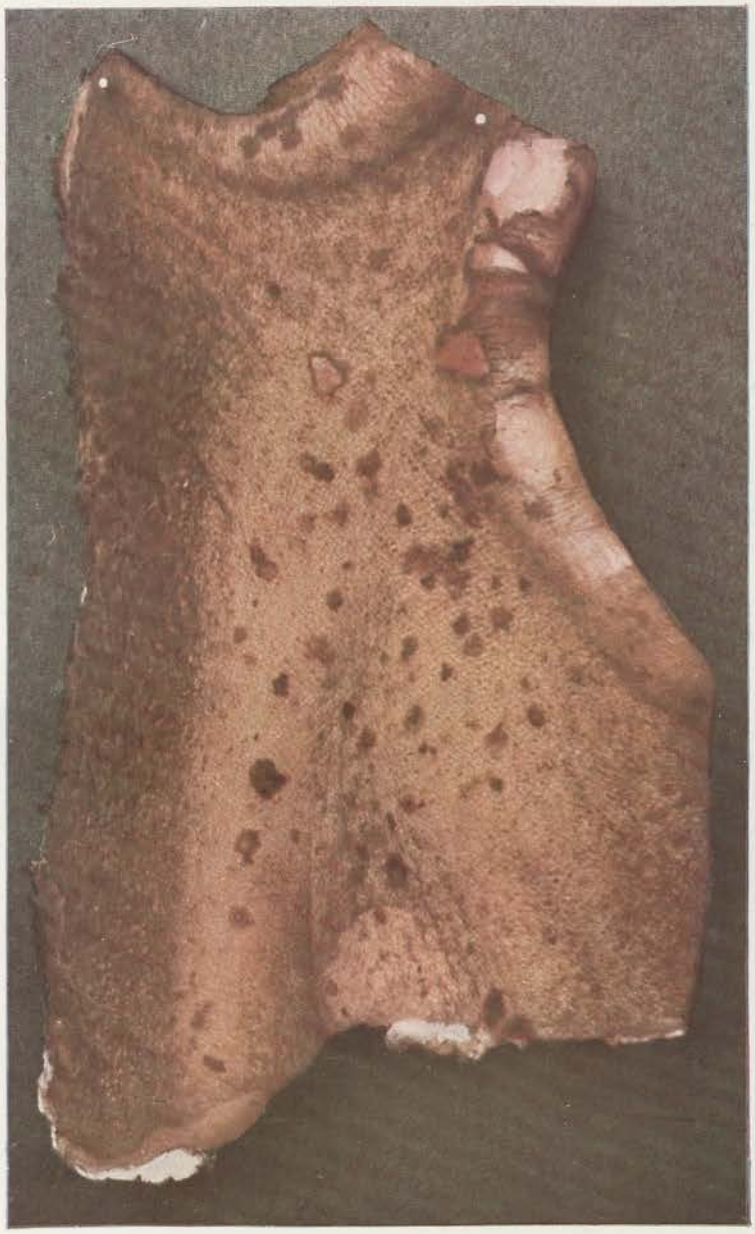
Universitäts-
Bibliothek
Berlin.




Werner u. Winter, Frankfurt a/M.

Verlag von Julius Springer in Berlin

Universitäts-
Bibliothek
Berlin.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts-
Bibliothek
Berlin.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.

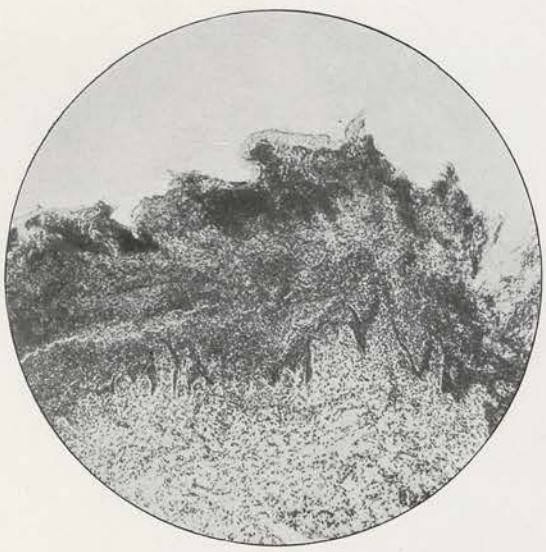
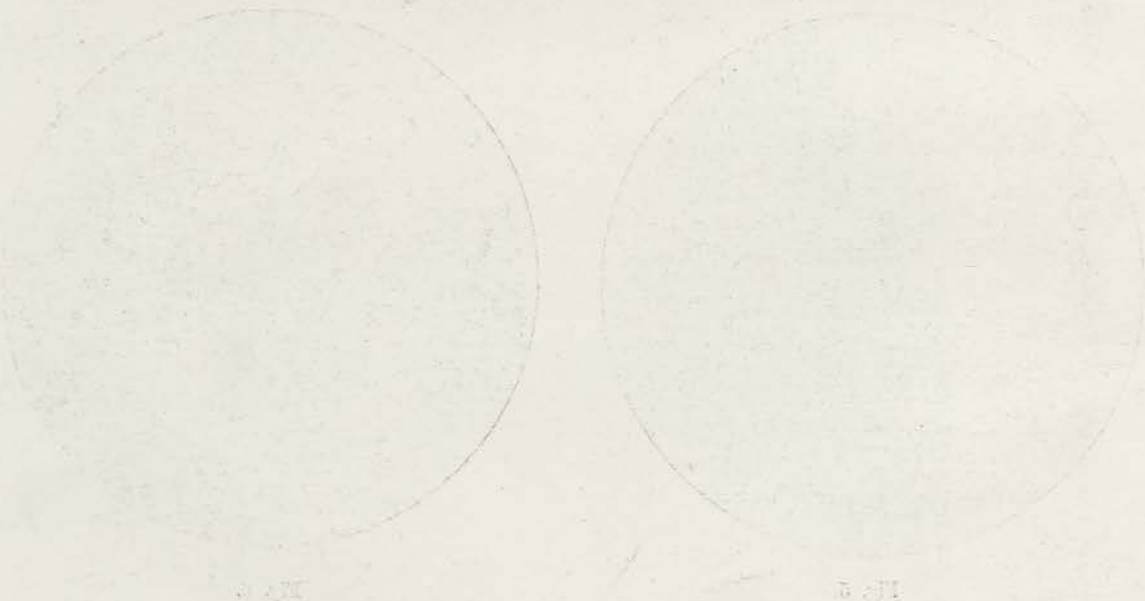


Fig. 6.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts-
Bibliothek
Berlin.



**Photographische Darstellung der Zerkleinerungen von Haferstroh vom Häcksel bis zum Mehl.**

Fig. 1—5 in natürlicher Größe.



Fig. 1. Haferstrohhäcksel, 1. Mahlung.



Fig. 2. 2. Mahlung.



Fig. 3. 3. Mahlung.

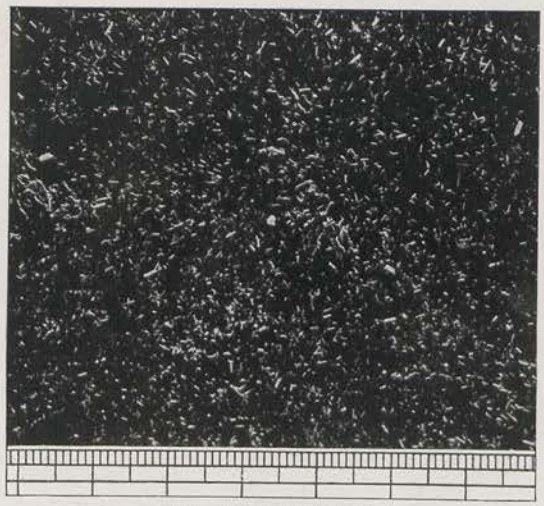


Fig. 4. 4. Mahlung.



Fig. 5. 5. Mahlung: Haferstrohmehl.



Haferstrohmehl, 45fach vergrößert.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts-
Bibliothek
Berlin

**Photographische Darstellung der Zerkleinerungen von Roggenstroh vom Häcksel bis zum Mehl.**

Fig. 1—5 in natürlicher Größe.



Fig. 1. Roggenstrohhäcksel, 1. Mahlung.



Fig. 2. 2. Mahlung.

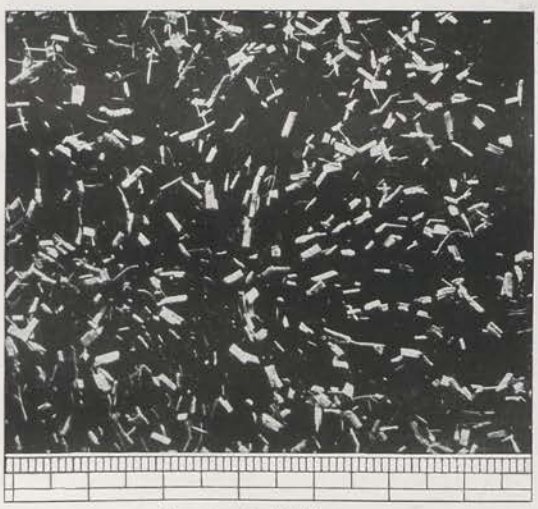


Fig. 3. 3. Mahlung.

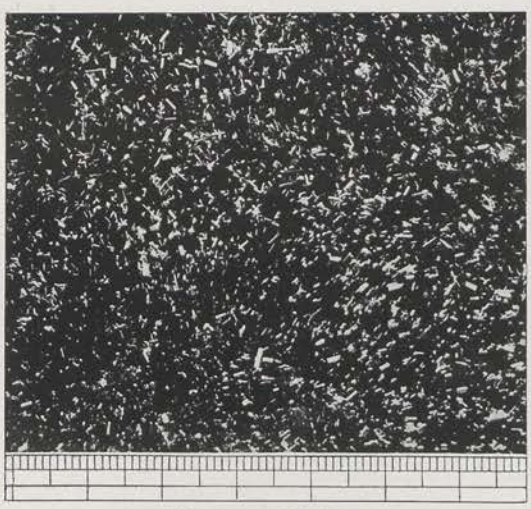
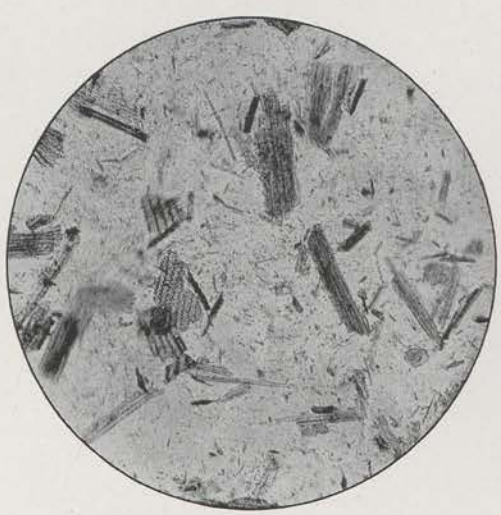


Fig. 4. 4. Mahlung.



Fig. 5. 5. Mahlung: Roggenstrohmehl.



Roggenstrohmehl, 45fach vergrößert.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts
Bibliothek
Berlin.

**Photographische Darstellung der Zerkleinerungen von Weizenstroh vom Häcksel bis zum Mehl.**

Fig. 1—5 in natürlicher Größe.

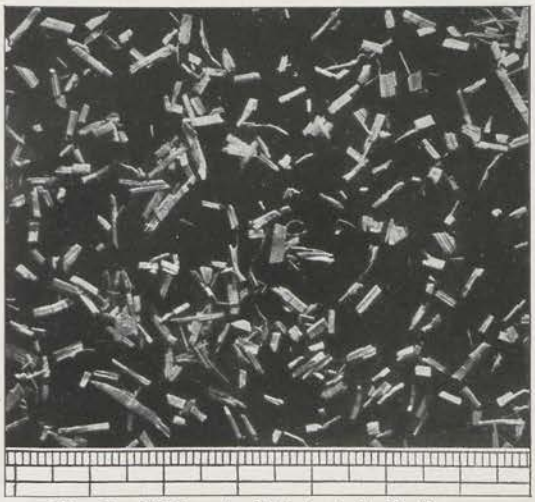


Fig. 1. Weizenstrohhäcksel, 1. Mahlung.



Fig. 2. 2. Mahlung.



Fig. 3. 3. Mahlung.



Fig. 4. 4. Mahlung.

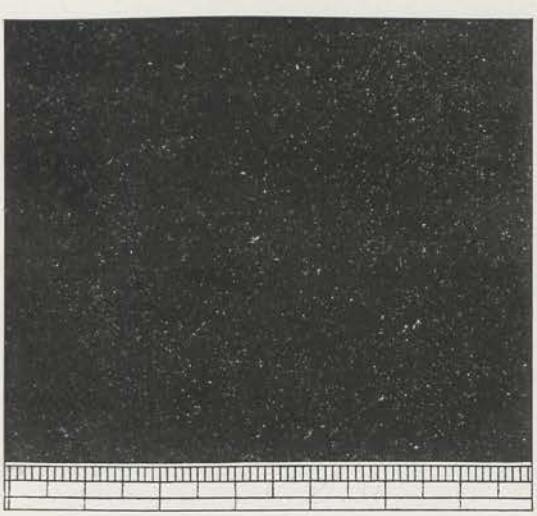
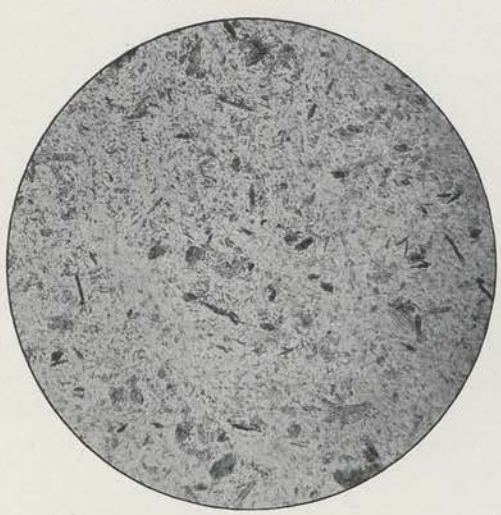


Fig. 5. 5. Mahlung: Weizenstrohmehl.



Weizenstrohmehl, 45fach vergrößert.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts
Bibliothek
Berlin.

**Photographische Darstellung der Zerkleinerungen von Gerstenstroh vom Häcksel bis zum Mehl.**

Fig. 1—5 in natürlicher Größe.



Fig. 1. Gerstenstrohhäcksel, 1. Mahlung.



Fig. 2. 2. Mahlung.



Fig. 3. 3. Mahlung.

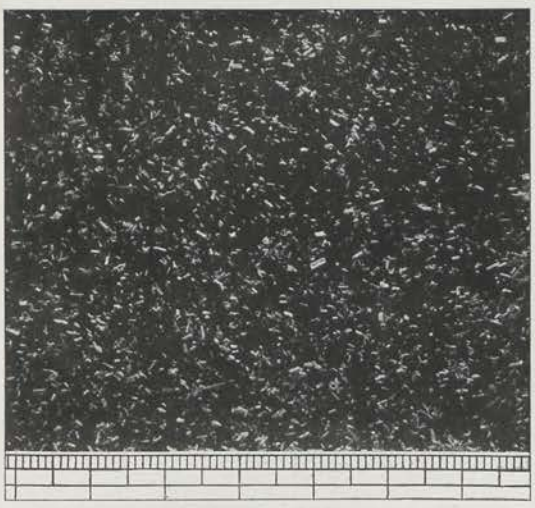


Fig. 4. 4. Mahlung.

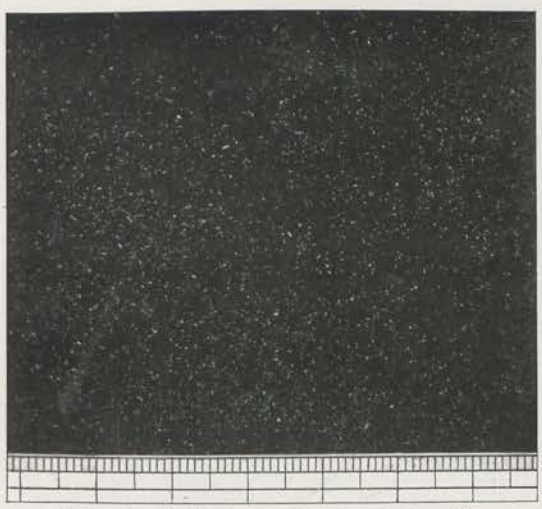
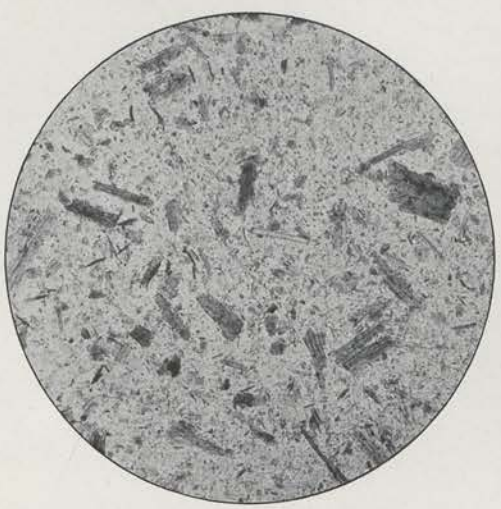


Fig. 5. 5. Mahlung: Gerstenstrohmehl.



Gerstenstrohmehl, 45fach vergrößert.

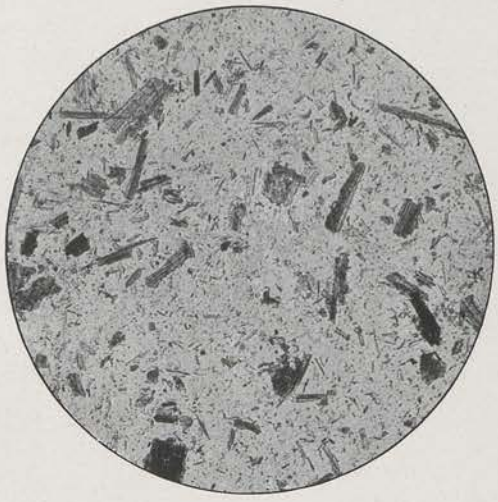
Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts
Bibliothek
Berlin.

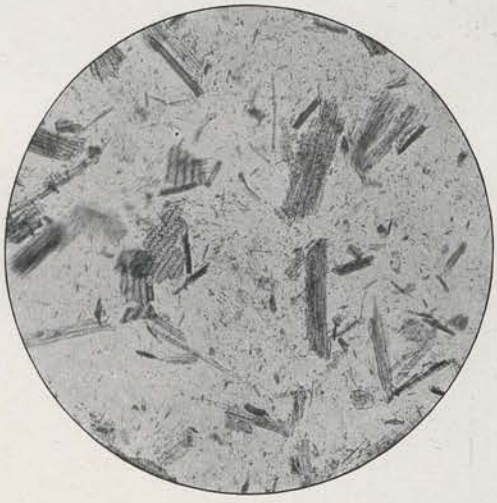
**Photographische Darstellung der Getreidestrohmehle in 45facher Vergrößerung.**



Haferstrohmehl.



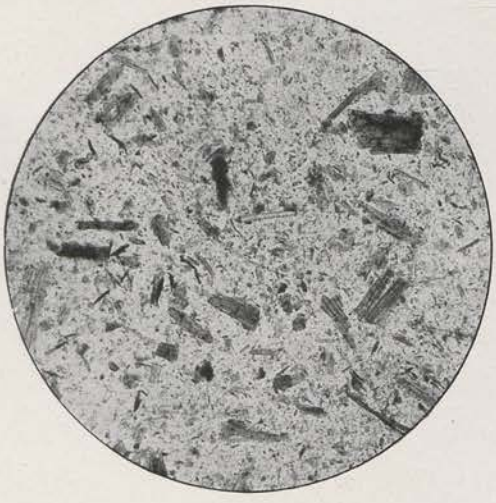
Haferstrohmehl von Professor Friedenthal.



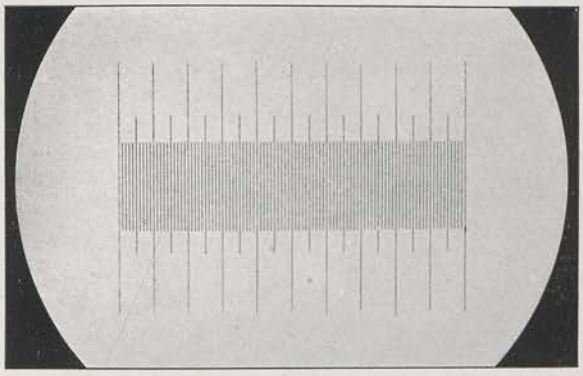
Roggenstrohmehl.



Weizenstrohmehl.



Gerstenstrohmehl.



Maßstab 1 : 45.

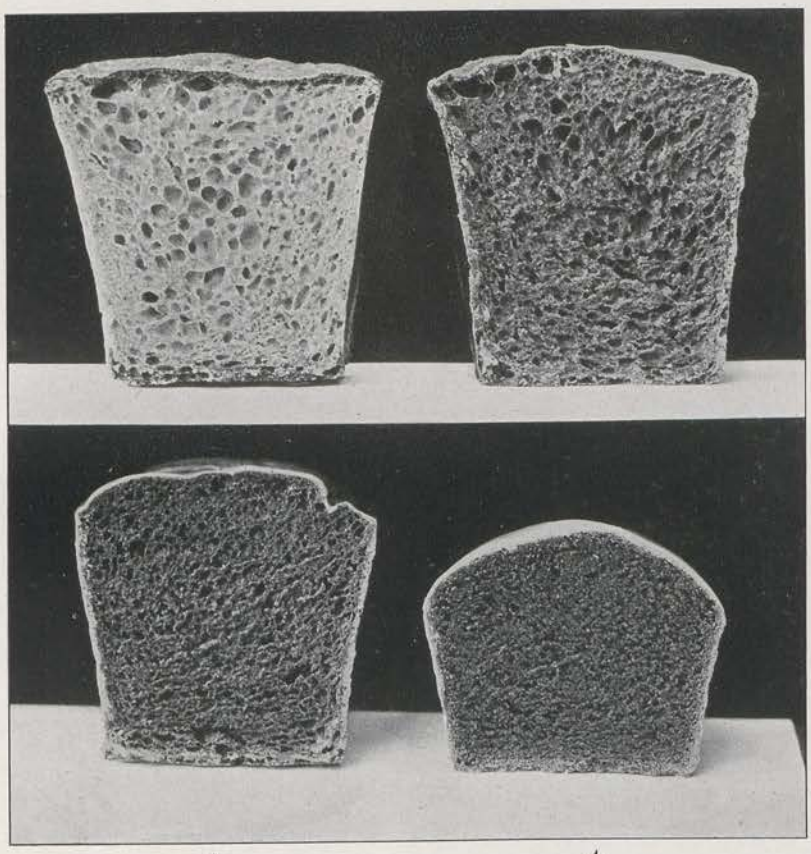
Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts-
Bibliothek
Berlin.

**Photographische Darstellung von Broten aus reinem Weizenmehl und aus Weizenmehl unter Zusatz von Haferstrohmehl.**

Linear ½ der natürlichen Größe.

1. 2.



3. 4.

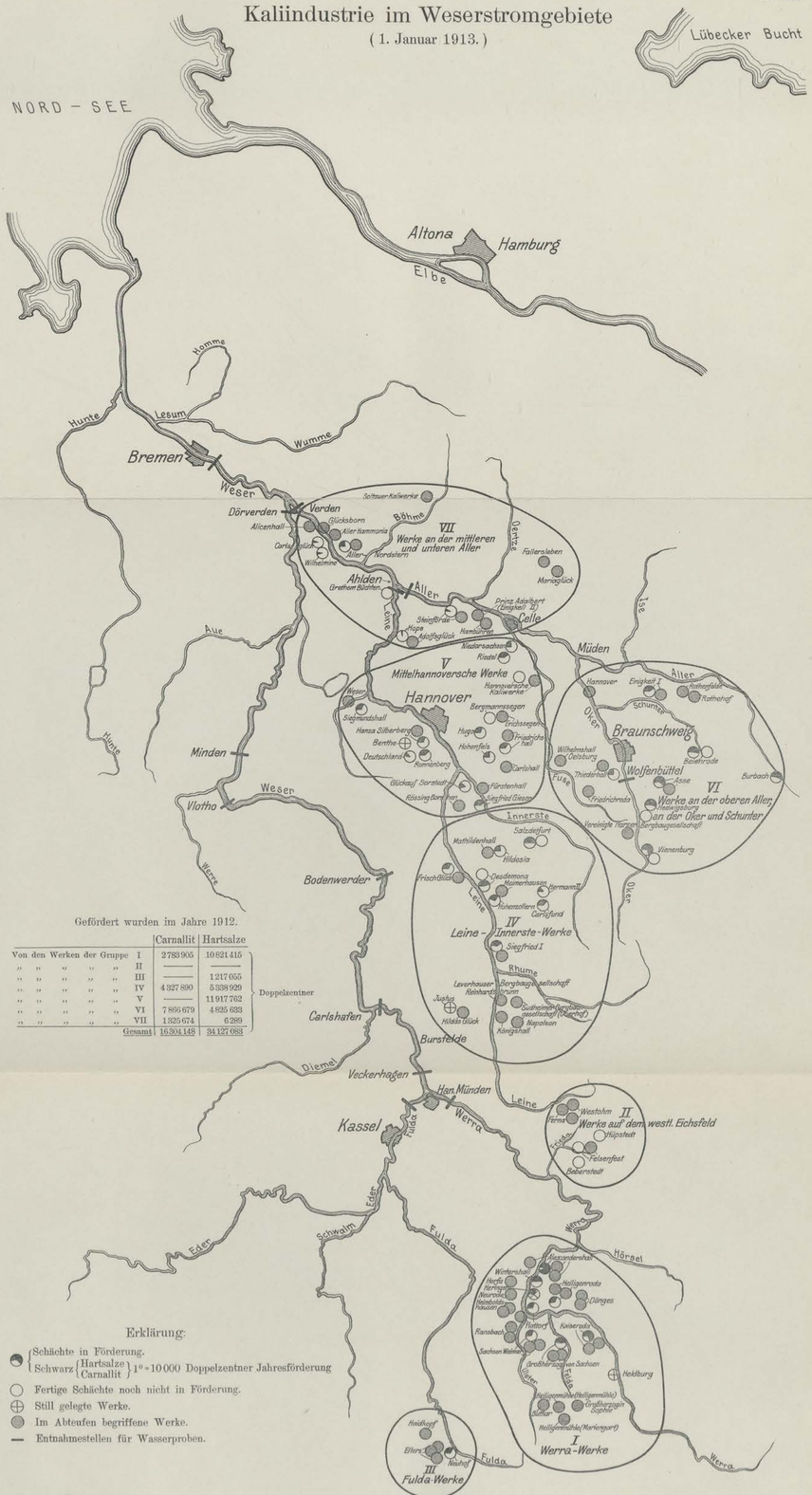
1. Brot aus reinem Weizenmehl.
2. Brot aus Weizenmehl mit einem Zusatz von 5% Haferstrohmehl.
3. Brot aus Weizenmehl mit einem Zusatz von 10% Haferstrohmehl.
4. Brot aus Weizenmehl mit einem Zusatz von 20% Haferstrohmehl.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts-
Bibliothek
Berlin.

# Kaliindustrie im Weserstromgebiete

(1. Januar 1913.)




Gefördert wurden im Jahre 1912.

| | Carnallit | Hartsalze | |
|---|---|---|---|
| Von den Werken der Gruppe I | 2 783 905 | 10 821 415 | Doppelzentner |
| „ „ „ „ „ II | — | — | |
| „ „ „ „ „ III | — | 1 217 055 | |
| „ „ „ „ „ IV | 4 327 890 | 5 338 929 | |
| „ „ „ „ „ V | — | 11 917 762 | |
| „ „ „ „ „ VI | 7 866 679 | 4 825 633 | |
| „ „ „ „ „ VII | 1 325 674 | 6 289 | |
| Gesamt | 16 304 148 | 34 127 083 | |

Erklärung:

- Schächte in Förderung. Schwarz {Hartsalze / Carnallit} 1° = 10 000 Doppelzentner Jahresförderung
- Fertige Schächte noch nicht in Förderung.
- Still gelegte Werke.
- Im Abteufen begriffene Werke.
- Entnahmestellen für Wasserproben.

Nach einer Übersichtskarte in Tjaden, Die Kaliindustrie und ihre Abwässer. Berlin 1915.

Techn.-art. Anst. von Alfred Müller in Leipzig.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

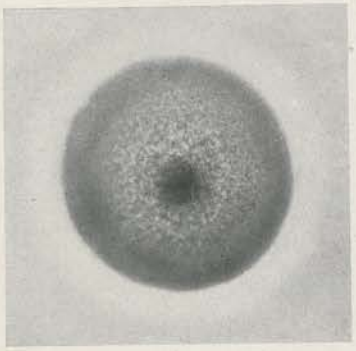
Universitäts
Bibliothek
Berlin.

Universitäts
Bibliothek
Berlin

Figur 1.

**Von Kühlhausfleisch abgeimpfte Aromabakterien.**

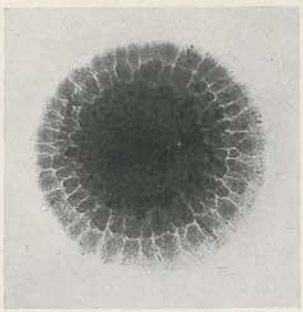
a—c im senkrecht, d im schräg durchfallenden Licht photographiert.
Vergrößerung von a 6fach, von b—d 15fach.



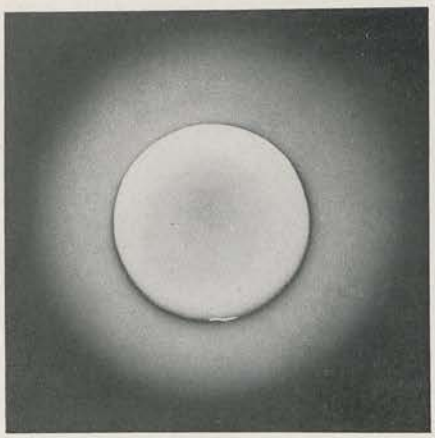
a) Verflüssigendes Aromabakterium. 2 Tage alte Kolonie auf alkalischer Fleischwasserpeptongelatine.



b) Rosettenbildendes Aromabakterium. 4 Tage alte Kolonie auf alkalischer Fleischwasserpeptongelatine.



c) Hofbildendes Aromabakterium. 5 Tage alte Kolonie auf alkalischer Fleischwasserpeptongelatine.



d) Hofbildendes Aromabakterium. 4 Tage alte Kolonie auf neutraler Fleischwasserpeptongelatine.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

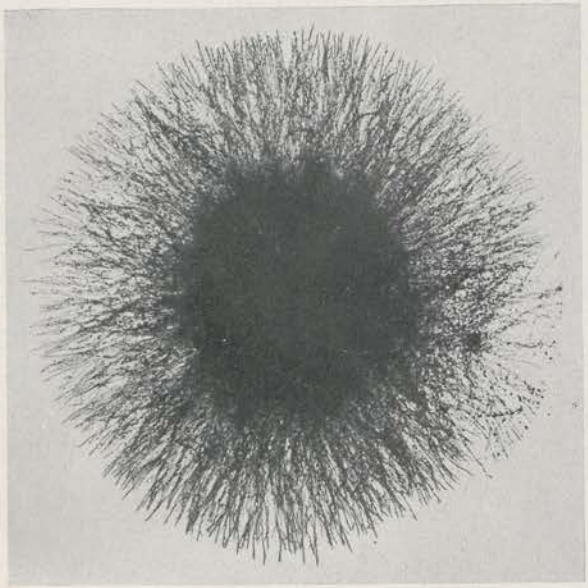
Universitäts
Bibliothek
Berlin.

Figur 3.

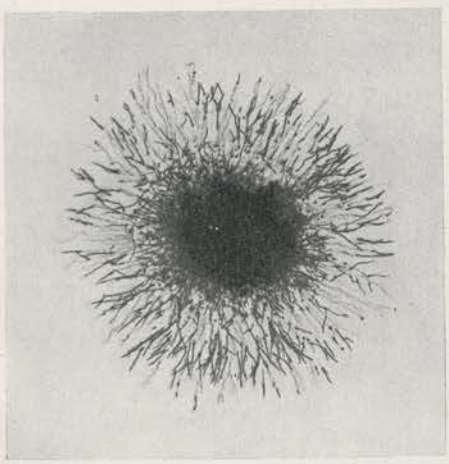
**Einwirkung von Ozon auf Schimmelpilze.**

Die Kulturen wurden bei 2—4° aufbewahrt. Ozonkonzentration 27—28 mg/cbm. Vergrößerung 15fach.

Penicillium glaucum.

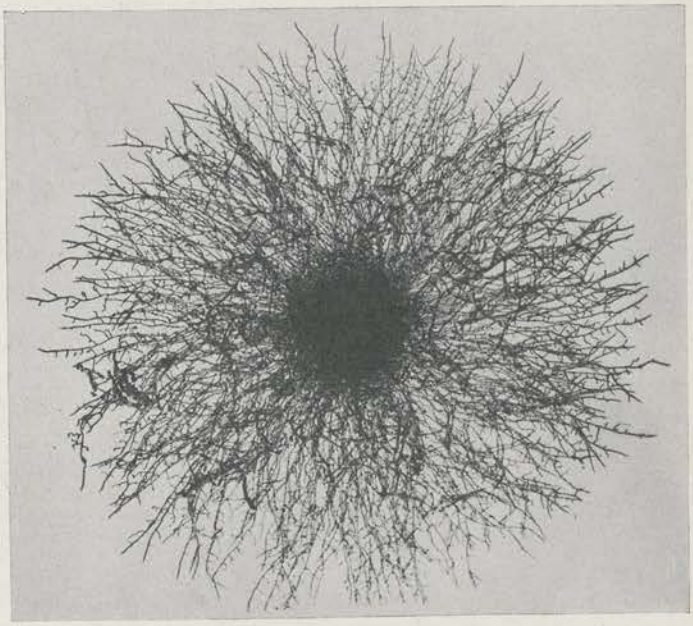


a) 6 Tage alte Kontrollkultur.

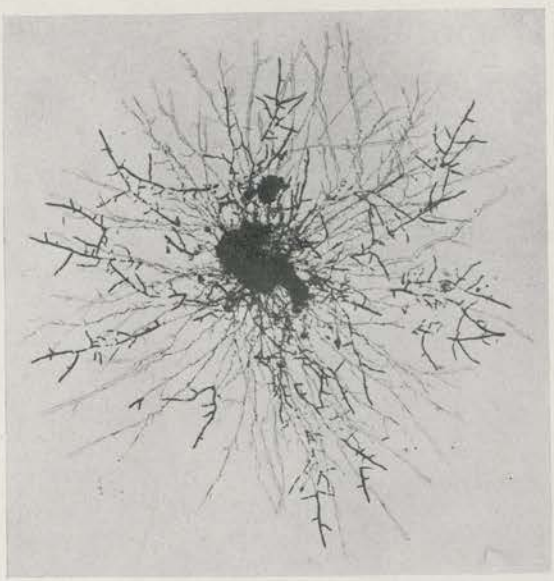


b) 6 Tage alte Kultur, an 5 auf die Impfung folgenden Tagen je 1½ Stunden ozonisiert.

Mucor stolonifer.



c) 5 Tage alte Kontrollkultur.



d) 5 Tage alte Kultur, an 4 auf die Impfung folgenden Tagen je 1½ Stunden ozonisiert.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Universitäts
Bibliothek
Berlin

## Vierundvierzigster Band. — Mit 22 Tafeln und Abbildungen im Texte. — Preis M 40,20.

1. Dr. Fr. Schröder, Über den Nachweis von weißem Phosphor in Zündwaren.
2. Dr. E. Reichenow und Dr. C. Schellack, Coccidien-Untersuchungen. I. Barrouxia schneideri. Mit 3 Tafeln.
3. Dr. J. Fiehe und Dr. Ph. Stegmüller, Beitrag zur Kenntnis ausländischer Honige.
4. Prof. Dr. E. Levy und Dr. E. Bruch, Vergleichende experimentelle Untersuchungen zwischen 3 Typhusvaccins, die sowohl Bakterienleibersubstanzen als auch lösliche Stoffwechselprodukte enthalten.
5. C. Maaß, Über die Desinfektion der Häute von Rauschbrandkadavern.
6. Gutachten des Reichs-Gesundheitsrats, betreffend die Verunreinigung der großen Röder durch die Abwässer der Zellulosefabrik von Kübler und Niethammer in Gröditz in Sachsen. Berichterstatter: Geheimer Hofrat Prof. Dr. Gärtner, Jena. Mitberichterstatter: Prof. Dr. Dr.-Ing. Lepsius, Berlin (Dahlem) und Prof. Dr. Hofer, München. Mit 1 Tafel.
7. Gutachten des Reichs-Gesundheitsrats, betreffend die Abwässerbeseitigung der Stadt Offenbach a. Main. Berichterstatter: Prof. Dr. K. B. Lehmann, Würzburg. Mitberichterstatter: Geheimer Ober-Baurat Dr.-Ing. Keller, Berlin, und Prof. Dr. Spitta, Berlin. Mit 1 Tafel.
8. Dr. Erich Hesse, Über die Verwendbarkeit der „Eisenfällung" zur direkten Keimzählung in Wasserproben. Eine Nachprüfung der von Paul Th. Müller angegebenen neuen Schnellmethode der bakteriologischen Wasseruntersuchung.
9. Dr. Hirschbruch u. Marggraf, Zur Frage der Haltbarkeit der Typhusbazillen auf verschiedenen Fleischarten.
10. Prof. Dr. P. Uhlenhuth u. Dr. P. Mulzer, Beiträge zur experimentellen Pathologie und Therapie der Syphilis mit besonderer Berücksichtigung der Impf-Syphilis der Kaninchen. Mit 15 Tafeln.
11. Gutachten des Reichs-Gesundheitsrats über den Einfluß der Ableitung von Abwässern aus der Chlorkalium- und Sulfatfabrik der Gewerkschaft Rastenberg in Rastenberg in Thüringen auf die Ilm, Lossa und Saale. Berichterstatter: Geh. Mediz.-Rat Prof. Dr. Fränken. Mitberichterstatter: Geh. Ober-Baurat Dr.-Ing. Keller, u. Reg.-Rat Prof. Dr. Spitta. Mit 1 Tafel.
12. Dr. Hall, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Schweden. Nach Berichten des Kaiserl. Generalkonsulats in Stockholm, des früh. landwirtschaftl. Sachverständigen daselbst Dr. Hollmann und nach anderen Quellen.
13. Wehrle, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Italien. Nach Berichten des landwirtschaftl. Sachverständ. beim Kaiserl. Deutsch. Konsulat in Rom, Wirkl. Geh. Ober-Reg.-Rats Dr. T. Müller und nach anderen Quellen.

## Fünfundvierzigster Band. — Mit 10 Tafeln und Abbildungen im Texte. — Preis M 28,20.

1. Dr. C. Titze, H. Thieringer und Dr. E. Jahn, Die Ausscheidung von Tuberkelbazillen mit dem Kote tuberkulöser Rinder.
2. Dr. C. Titze und Dr. E. Jahn, Über die Ausscheidung von Tuberkelbazillen mit der Galle bei tuberkulösen Rindern und Ziegen.
3. Prof. Dr. L. Lange und Dr. W. Rimpau, Versuche über die Dampfdesinfektion von milzbrandhaltigem Material bei Einbettung der Sporen in Schmutz u. dergl.
4. Prof. Dr. L. Lange, Versuche über die Einwirkung von 1%iger Cyllinlösung auf Milzbrandsporen.
5. Dr. M. Taute, Untersuchungen über die Bedeutung des Großwildes und der Haustiere für die Verbreitung der Schlafkrankheit. Mit 1 Tafel.
6. Dr. Fr. Auerbach und Dr. H. Pick, Das Verhalten von Bleicarbonat, basischem Bleicarbonat und Bleisulfat in wässerigen Lösungen kohlensaurer Alkalien.
7. Dr. Fr. Auerbach und Dr. H. Pick, Das Verhalten von Bleichromat und basischem Bleichromat in wässerigen Lösungen kohlensaurer Alkalien.
8. Dr. Fr. Auerbach und Dr. H. Pick, Die Bleiabgabe schwerlöslicher Bleisalze an Natriumhydrocarbonat enthaltende Lösungen.
9. Dr. E. A. Lindemann, Untersuchungen über die Isolierung des Typus humanus und des Typus bovinus aus einer Tuberkelbazillenkultur mit atypischer Virulenz (Stamm Schroeder-Mietzsch), sowie aus künstlichen Mischkulturen.
10. Dr. E. Gildemeister, Über den Einfluß von Rhamnose und Raffinose auf das Wachstum von Bakterien.
11. Dr. K. Poppe, Untersuchungen über die experimentelle Diagnose der Lungenseuche des Rindes. Mit 3 Tafeln.
12. Dr. C. Schellack, Coccidien-Untersuchungen II. Die Entwicklung von *Adelina dimidiata* A. Schn., einem Coccidium aus *Scolopendra cingulata* Latr. Mit 3 Tafeln.
13. Dr. E. Reichenow, *Karyolysus lacertae*, ein wirtwechselndes Coccidium der Eidechse *Lacerta muralis* und der Milbe *Liponyssus saurarum*. Mit 3 Tafeln.
14. Dr. C. Titze, H. Thieringer und Dr. E. Jahn, Beitrag zur Frage der Beurteilung des Fleisches tuberkulöser Rinder als Nahrungsmittel.
15. Dr. E. Rost, Dr. Fr. Franz und A. Weitzel, Zur Kenntnis der Wirkungen der Benzoesäure und ihres Natriumsalzes auf den tierischen Organismus.
16. Dr. A. Müller und Dr. L. R. Fresenius, Die Beeinflussung der biologischen Abwasserreinigung durch Endlaugen aus Chlorkalinmfabriken.
17. Wehrle und Prof. Dr. Zwick, Verlauf und Ergebnis der Übertragungsversuche, die im Kaiserl. Gesundheitsamte mit den von dem praktischen Arzte Dr. Siegel als Erreger der Maul- und Klauenseuche angesprochenen Cytorrhycteskokken sowie mit den von dem praktischen Arzte Dr. von Niessen als die Ursache derselben Seuche angesehenen Bakterien angestellt worden sind.

## Sechsundvierzigster Band. — Preis M 19,40.

1. Ergebnisse der amtlichen Weinstatistik. Berichtsjahr 1911/12. Teil I. Weinstatistische Untersuchungen. Einleitung. Von Dr. Adolf Günther. — Berichte der Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der weinstatistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserlichen Gesundheitsamte. — Teil II. Moststatistische Untersuchungen. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kaiserlichen Gesundheitsamte.
2. Dr. Adolf Günther u. Dr. Jodokus Fiehe, Beiträge zur Kenntnis der nordspanischen Weine aus den katalonischen Provinzen. 1. Mitteilung.
3. Prof. Dr. Th. Omeis, Versuche und Untersuchungen zur Erforschung des freiwilligen Säurerückganges im Weine. Versuchsjahr 1911/12. Bericht der Landwirtschaftlichen Kreisversuchsstation in Würzburg.
4. Prof. Dr. Th. Omeis, Versuche und Untersuchungen über die Aufnahme von schwefliger Säure durch den Wein infolge des Schwefelns der Fässer bei den einzelnen Abstichen. I. Versuchsjahr 1911/12. Bericht der Landwirtschaftlichen Kreisversuchsstation in Würzburg.
5. Dr. Schätzlein, Der Gehalt der Pfälzer Weine an schwefliger Säure. Bericht der chemischen Station der Königl. Lehr- und Versuchsanstalt für Wein- und Obstbau in Neustadt a. d. Haardt.

## Siebenundvierzigster Band. — Mit 14 Tafeln und Abbildungen im Texte. — Preis M 32,80.

1. Dr. B. Pfyl, Maßanalytische Bestimmung der Phosphate in der Asche von Lebensmitteln.
2. Dr. med. vet. E. Jahn, Pyricit, ein neues Desinfektionsmittel für die Schlachthofpraxis.
3. Dr. E. Hailer, Die Abtötung von Milzbrandsporen an Häuten und Fellen durch Salzsäure-Kochsalzlösungen.
4. Dr. Fr. Auerbach, nach Versuchen von Dr.-Ing. Werner Plüddemann, Studien über Formaldehyd. IV. Mitteilung. Die Dämpfe von Formaldehyd und seinen Polymeren.
5. Prof. Dr. E. Rost, Zur Kenntnis der hautreizenden Wirkungen der Becherprimel (Primula obconica Hance). (Mit 3 Tafeln.)
6. Prof. Dr. Uhlenhuth, Prof. Dr. Haendel, Dr. Gildemeister und Dr. K. Schern, Weitere Untersuchungen über Schweinepest. (Mit 2 Tafeln).
7. Prof. Dr. E. Rost, Zur Kenntnis der Wirkungen kresolhaltiger Desinfektionsmittel (Saprol, Lysol, Kreolin) und des Petroleums bei Tieren.
8. Prof. Dr. A. Schuberg, Naturschutz und Mückenbekämpfung. Versuche über die Einwirkung zur Vernichtung von Mückenlarven dienender Flüssigkeiten auf Wassertiere und Vögel.
9. Dr. E. Hailer und Dr. W. Rimpau, Versuche über Abtötung von Typhusbazillen im Organismus des Kaninchens. II. Anwendung von halogensubstituierten Aldehyden der Methanreihe.
10. Dr. E. Hailer und Dr. E. Ungermann, Weitere Versuche über die Abtötung von Typhusbazillen im Organismus des Kaninchens.
11. Dr. B. Pfyl u. Dr. R. Turnau, Maßanalytische Bestimmung des Kaseins in der Milch mittels des Tetraserums.
12. H. Thieringer, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Serbien. Nach Berichten des Kaiserlich Deutschen Konsulats für Serbien in Belgrad und nach anderen Quellen.
13. Dr. Hall, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Norwegen. Nach Berichten des Kaiserlichen Generalkonsulats in Kristiania und nach anderen Quellen.
14. Dr. E. Hailer u. Dr. E. Ungermann, Zur Technik der experimentellen Typhusinfektion.
15. Dr. E. Hailer u. Dr. G. Wolf, Weitere Versuche zur Infektion des Kaninchens mit Typhusbazillen.
16. Dr. C. Titze u. H. Lindner, Das Vorkommen von Tuberkelbazillen in den nicht tuberkulösen Atmungswegen des Rindes mit dem Nebenbefunde von Kapseldiplokokken.
17. Prof. Dr. A. Schuberg u. Dr. W. Böing, Über die Übertragung von Krankheiten durch einheimische stechende Insekten. III. Teil.
18. Dr. A. Müller, Ein neues Verfahren zum Nachweis spezifischer Bakterien in größeren Wassermengen. (Mit 1 Tafel.)

Fortsetzung auf Seite 4.

19. Dr. E. Hailer, Gelingt eine Sensibilisierung durch Eiweißprodukte und ist sie spezifisch?
20. Dr. N. Pokschischewsky, Über die Biologie der Pseudomilzbrandbazillen. Beiträge zur Differentialdiagnose der Milzbrand- und Pseudomilzbrandbazillen. (Mit 4 Tafeln.)
21. Dr. E. Kallert, Untersuchungen über Maul- und Klauenseuche. I. Mitteilung. Über die Bedeutung der v. Beteghschen Körperchen in der Aphthenlymphe. (Mit 2 Tafeln.)
22. Dr. E. Kallert, Untersuchungen über Maul- und Klauenseuche. II. Mitteilung. Beiträge zur Histogenese und Histologie der Maul- und Klauenseuchebläse, insbesondere auch zur Frage des Vorkommens von Einschlußkörperchen in den spezifisch veränderten Teilen bei Maul- und Klauenseuche. (Mit 2 Tafeln.)
23. Dr. Zwick u. Dr. Zeller, Zur Frage der Umwandlung von Säugetier- in Hühner-Tuberkelbazillen.

## Achtundvierzigster Band. — Mit 6 Tafeln und Abbildungen im Texte. — Preis M 25,80.

1. Prof. Dr. Küster, Die Gewinnung, Haltung und Aufzucht keimfreier Tiere und ihre Bedeutung für die Erforschung natürlicher Lebensvorgänge.
2. Dr. rer. nat. E. Hailer u. Dr. med. G. Wolf, Weitere Versuche zur Abtötung der Typhusbacillen im Organismus des Kaninchens. VI. Behandlung unmittelbar in die Gallenblase infizierter Kaninchen mit verschiedenen Mitteln.
3. Lindner, Zur frühzeitigen Feststellung der Tuberkulose durch den Tierversuch.
4. Lindner, Einige Heil- und Immunisierungsversuche mit Timotheebacillen gegen Tuberkulose an Meerschweinchen, Kaninchen und Ziegen mit Bemerkungen über den Verlauf der Ziegentuberkulose nach galaktogener Infektion.
5. E. Gildemeister u. Dr. K. Baerthlein, Über paratyphusähnliche Stämme. Ein Beitrag zur Paratyphusdiagnose. (Mit 1 Tafel.)
6. Dr. H. Pick, Zur Bestimmung kleinster Mengen Blei im Leitungswasser.
7. Wehrle, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Frankreich. Nach Berichten von Dr. Hailer, früherem landwirtschaftlichem Sachverständigen beim Kaiserl. deutschen Konsulat in Paris.
8. Wehrle, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Britisch-Indien und der Kolonie Ceylon. Nach Berichten von Dr. H. Finck, Arzt des Kaiserl. Generalkonsulats in Kalkutta sowie des Kaiserl. Konsulats in Colombo.
9. Dr. Gminder, Die Behandlung des ansteckenden Scheidenkatarrhs der Rinder mit Colpitol, Verkalbin, Provaginol, Bissulin und Eucerinsalbe.
10. Lindner, Die Tuberkulin-Reaktionen beim Schwein.
11. Dr. A. F. Schulz, Über den Arsengehalt moderner Tapeten und seine Beurteilung vom hygienischen Standpunkt.
12. Dr. B. Pfyl, Übergang von Kieselsäure in die Milch beim Sterilisieren in Glasflaschen.
13. E. Wehrle und Dr. E. Kallert, Schutz- und Heilversuche mit „Tryposafrol“ und „Novotryposafrol“ sowie mit „Ernanin“ bei Maul- und Klauenseuche.
14. Dr. Eduard Kallert, Untersuchungen über Maul- und Klauenseuche. III. Mitteilung. Die Morphologie und Biologie der von Siegel für die Erreger der Maul- und Klauenseuche gehaltenen Cytorrhyteskokken. (Mit 2 Tafeln.)
15. Dr. E. Ungermann, Untersuchungen über Tuberkuloseantikörper und Tuberkulosesüberempfindlichkeit.
16. Prof. Dr. Küster, Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung neuerer Händedesinfektionsmethoden.
17. Dr. C. Schellack und Dr. E. Reichenow, Coccidien-Untersuchungen III. *Adelea ovata* A. Schn. (Mit 3 Tafeln.)
18. Dr. Poppe, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Bulgarien.
19. Dr. med. vet. C. Maaß, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in Rußland.
20. Dr. med. vet. Titze, Das Veterinärwesen einschließlich einiger verwandter Gebiete in den Vereinigten Staaten von Amerika.
21. Gutachten des Kaiserlichen Gesundheitsamts über die Verwertbarkeit von Kartoffelerzeugnissen zur Brotbereitung.

## Neunundvierzigster Band. — Preis M 18,40.

1. Ergebnisse der amtlichen Weinstatistik. Berichtsjahr 1912/1913. Teil I. Weinstatistische Untersuchungen. Einleitung. Von Dr. A. Günther. — Berichte der Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der weinstatistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte. — Teil II. Moststatistische Untersuchungen. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
2. Dr. P. Förster, Über die Haltbarkeit von wässerigen Lösungen der schwefligen Säure.
3. Prof. Dr. Th. Omeis, Versuche und Untersuchungen zur Erforschung des freiwilligen Säurerückganges im Weine. Versuchsjahr 1912/13. Bericht der Landwirtschaftl. Kreis-Versuchsstation in Würzburg.
4. Prof. Dr. Th. Omeis, Versuche und Untersuchungen über die Aufnahme von schwefliger Säure durch den Wein infolge des Schwefelns der Fässer bei den einzelnen Abstichen. II. Versuchsjahr 1912/13. Bericht der Landwirtschaftl. Kreis-Versuchsstation in Würzburg.
5. Dr. G. Sonntag, Zu der Verwendung von Arsen und Blei enthaltenden Pflanzenschutzmitteln.
6. Dr. Chr. Schätzlein u. Prof. Dr. O. Krug, Untersuchungen über den Einfluß verschiedener kellerwirtschaftlicher Maßnahmen auf den Säurerückgang bei Pfalzweinen.

## Fünfzigster Band. — Heft 1. — Mit 4 Tafeln und Abbildungen im Texte. — Preis M 8,40.

1. R. Offermann, Über die serologischen Untersuchungsmethoden als Hilfsmittel zum Nachweis der Trypanosomenkrankheiten im besonderen der Beschälseuche.
2. Dr. Köpke, Über die Bestimmung von Konservierungsmitteln im Kaviar.
3. Reg.-Rat Dr. Karl Beck und Dr. Merres, Über die Bestimmung kleiner Arsenmengen mit besonderer Berücksichtigung des Verfahrens von Smith. (Mit 2 Tafeln.)
4. Dr. G. Reif, Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Methylalkohol neben Äthylalkohol.
5. Reg.-Rat Prof. Dr. Lange und Dr. Roos, Über den Befund von Typhusbacillen im Blute von Kaninchen nach Verimpfung in die Gallenblase.
6. Dr. E. Hailer, Die Abtötung von Milzbrandsporen an Häuten und Fellen durch Natronlauge.
7. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Schuberg und Dr. Carlos Rodriguez, Telohania corethrae n. sp., eine neue Mikrosporidienart aus Corethra-Larven. (Mit 2 Tafeln.)
8. Dr. Luis Filenski, Zur Frage der Verpackung der behufs Vornahme der bakteriologischen Fleischbeschau zur Versendung kommenden Fleischproben.
9. Dr. W. Lange, Über die Bestimmung des Fettes in Kakaowaren.

## Fünfzigster Band. — Heft 2. — Mit 8 Tafeln und Abbildungen im Texte. — Preis M 7,40.

1. Dr. E. Kallert, Untersuchungen über Maul- und Klauenseuche. IV. Mitteilung. Die bei Maul- und Klauenseuche im Pansen des Rindes auftretenden Veränderungen. (Mit 2 Tafeln.)
2. Wehrle, Das Veterinärwesen einschl. einiger verwandter Gebiete in Argentinien. Nach Berichten des Kaiserl. Generalkonsulats in Buenos Aires und anderen Quellen.
3. Dr. R. Heise, Über die Einwirkung von Ozon auf Mikroorganismen und künstliche Nährsubstrate, als Beitrag zur Kenntnis der Ozonwirkung in Fleischkühlhallen. I. Die Einrichtung und Leistung des benutzten Ozonisierungsapparates und die Einwirkung von Ozon auf Bact. coli commune.
4. Dr. W. Kerp, Dr. Franz Schröder und Dr. B. Pfyl, Chemische Untersuchungen zur Beurteilung des Strohmehls als Futter- und Nahrungsmittel. (Mit 6 Tafeln.)
5. Prof. Dr. Spitta, Prüfung tragbarer Wasserfilter auf Keimdichtigkeit. Das Militär-Filter Modell 1914 und das Reise- und Armee-Filter A. F. I. der Berkefeld-Filter-Gesellschaft.

## Fünfzigster Band. — Heft 3. — Mit 1 Tafel und Abbildungen im Texte. — Preis M 4,40.

1. Gutachten des Reichs-Gesundheitsrates über das duldbare Maß der Verunreinigung des Weserwassers durch Kali-Abwässer, ohne seine Verwendung zur Trinkwasserversorgung von Bremen unmöglich zu machen. (1. Teil.) Mit 1 Übersichtskarte und 6 Anlagen (Tabellen). Berichterstatter: Geheimer Obermedizinalrat Dr. Abel.
2. Dr. G. Sonntag, Über ein Verfahren zur Bestimmung des Fluorgehalts von Knochen und Zähnen normaler und mit Fluoriden gefütterter Hunde.
3. Prof. Ph. Kuhn, Die Behandlung von Typhusbacillenträgern mit Tierkohle.
4. Stabsarzt Dr. Schlemmer, Untersuchungen über den Mechanismus der Amboceptor- und Komplementwirkung.
5. A. Weltzel, Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des gesalzenen Seefischrogens.

Druck von E. Buchbinder in Neuruppin.

11. Jan. 1940

A. Fischer

Sign.: Volk

# ARBEITEN

AUS DEM

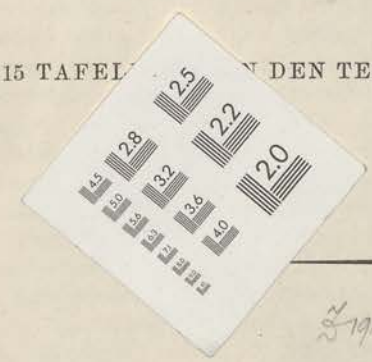
# KAISERLICHEN GESUNDHE

(Beihefte zu den Veröffentlichungen des Kaiserlichen G



FÜNFZIGSTER BAND.

MIT 15 TAFEL N DEN TEXT GEDRUCKTEN




Z 1916 289

BERLIN.
VERLAG VON JULIUS SPRINGER.
1917.

a

R

