

Versuche über die Verwertbarkeit heißer Wasserdämpfe zu Desinfektionszwecken.¹⁾

Von

Dr. R. Koch.²⁾

Die umfassenden Versuche, welche über die praktische Verwertbarkeit heißer Luft zu Desinfektionszwecken angestellt waren, hatten, wie in dem betreffenden Aufsatz dieser Veröffentlichungen*) mitgeteilt ist, zu wenig befriedigenden Ergebnissen geführt. Es hatte sich zunächst die zur Abtötung s ä m t l i c h e r niederer Organismen erforderliche Temperatur also eine so hohe herausgestellt, daß durch die Einwirkung derselben die zu desinfizierenden Gegenstände selbst Schaden erlitten. Sodann war die Zeit, während welcher die Objekte der erhitzten Luft ausgesetzt sein mußten, um des Erfolges sicher zu sein, eine relativ lange. Vor allem aber hatte sich endlich ergeben, daß das Eindringen der Hitze durch selbst nur dünne Schichten eines schlechten Wärmeleiters außerordentlich langsam vor sich geht. Aus diesen Gründen ist die Desinfektion mit heißer Luft nur für wenige Objekte verwendbar und es erschien geboten, sich nach einem für allgemeinere Zwecke brauchbaren Ersatzmittel umzusehen.

Zur Beurteilung des Desinfektionswertes der Hitze hatten bakterienhaltige Objekte gedient, welche entweder die bekannten Dauersporen enthielten oder frei davon waren. Von diesen hatten nur die sporenhaltigen Substanzen den höheren Hitzegraden Widerstand zu leisten vermocht und es war in mehreren Versuchen ein dreistündiger Aufenthalt in einer 140° C. heißen Luft erforderlich gewesen, um die Sporen zu vernichten. Nun ist es aber bekannt, daß dieselben Sporen in kochendem Wasser, also bei einer erheblich niedrigeren Temperatur, in weit kürzerer Zeit getötet werden können. So hatten beispielsweise einige Versuche, in denen Milzbrandsporen mit heißem Wasser behandelt wurden, ergeben, daß schon ein zwei Minuten langer Aufenthalt in kochendem Wasser genügte, um diese Sporen zu töten, während genau ebenso und mit demselben Sporenmaterial hergerichtete Objekte in der heißen Luft erst bei 140° und nach 3 Stunden getötet wurden.

Der einzige Unterschied, welcher hier zur Geltung kam, bestand in der gleichzeitigen Wirkung des Wassers. Wie man sich diese Wirkung vorstellen soll, ob die Gegenwart des Wassers zur Anbahnung chemischer Vorgänge notwendig, oder ob sein Einfluß ein mehr physikalischer, etwa durch Aufquellung der die Sporen einhüllenden Schichten, ist, das zu entscheiden muß späteren Untersuchungen vorbehalten werden. Genug, dieser Einfluß ist vorhanden und es fragte sich nur, ob sich derselbe nicht etwa für Desinfektionszwecke verwerten ließ. Und mit der Beantwortung dieser Frage sollen sich die folgenden Versuche beschäftigen.

¹⁾ Aus Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, 1881, Bd. I, Berlin.

²⁾ Zusammen mit Dr. Gaffky und Dr. Loeffler.

*) Diese Werke, p. 339 ff.

Vor allen Dingen interessierte es uns, zu erfahren, ob nicht heiße Wasserdämpfe dieselbe sporentötende Wirkung haben würden wie das heiße Wasser selbst, weil sich in diesem Falle eine viel ausgedehntere praktische Verwendung ermöglichen ließ, als wenn nur kochendes Wasser diese Dienste geleistet hätte.

Da wir die ganz bedeutende Widerstandsfähigkeit der Sporen gegen den Einfluß der Hitze allein noch vor Augen hatten, so wurde von vornherein, um eine möglichst sichere Wirkung zu erzielen, die Anwendung von Wasserdampf, welcher eine höhere Temperatur als 100°C besitzt, in Aussicht genommen. Wir entschieden uns um so mehr für höhere Temperatur, weil wir voraussetzen zu können glaubten, daß die unter einem höheren Drucke stehenden Wasserdämpfe schneller und tiefer auch in Objekte von größeren Dimensionen eindringen würden, als es bei unsern früheren Versuchen die heiße Luft getan hatte.

Zu den Versuchen mit Wasserdämpfen von mehr als 100°C Temperatur diene ein Dampfkochtopf. Im Verlauf dieser Versuche stellten sich indessen so unerwartete Verhältnisse in bezug auf die Verteilung der Wärme in den Objekten, welche in dem Topfe der Hitzewirkung ausgesetzt waren, heraus, daß darüber noch besondere Untersuchungen angestellt werden mußten. Des besseren Verständnisses halber muß die Beschreibung dieser letzteren derjenigen der eigentlichen Desinfektionsversuche vorausgeschickt werden.

A. Versuche mit dem Dampfkochtopf. Eine Vorstellung, welche wohl ziemlich allgemein verbreitet sein dürfte, und die wir anfangs gleichfalls teilten, ist, daß wenn man mit Wasser gefüllte Glaskolben in einen Dampfkochtopf bringt, denselben darauf luftdicht schließt und heizt, die Temperatur des Wassers in dem Glaskolben mit derjenigen des umgebenden Dampfes so ziemlich gleichen Schritt halten müßte. Diese Anschauung ist aber, wie folgende Versuche beweisen, eine durchaus irrige:

1. **Versuch.** Nachdem der im Lichten etwa 40 cm hohe, im Durchmesser etwa 20 cm haltende Dampfkochtopf zu einem Fünftel mit Wasser gefüllt war, wurden in dem freien Raume oberhalb des Wassers drei verschieden große, mit kaltem Leitungswasser gefüllte Glaskolben aufgestellt, jeder mit einem Maximalthermometer versehen. Die Quecksilberkugeln der Thermometer befanden sich im Mittelpunkt der Kolben. Nachdem der Topf durch Aufschrauben des Deckels verschlossen war, wurde er durch fünf Gasbrenner angeheizt. Schon nach Verlauf von 15 Minuten hatte die Temperatur des Dampfes die Höhe von 120°C erreicht und wurde nunmehr durch Regulierung der Wärmequelle während einer halben Stunde auf dieser Höhe erhalten (das Thermometer schwankte zwischen 119° und 121°C). — Nach Ablauf der halben Stunde wurde durch Öffnen des Ventils der Dampf abgelassen, der Topf geöffnet und die Glaskolben herausgenommen. Das Thermometer in dem kleinsten Kolben ($4\frac{1}{2}$ cm Durchmesser) zeigte 102°C , dasjenige im mittelgroßen Kolben ($5\frac{1}{2}$ cm Durchmesser) zeigte 92°C und das Thermometer im größten Kolben endlich (12 cm Durchmesser) hatte nur eine Höhe von 85°C erreicht.

2. **Versuch.** Ein Literkolben, mit kaltem Leitungswasser gefüllt und mit einem Maximalthermometer versehen, wurde in den Dampfkochtopf gebracht und letzterer durch einen Dreibrenner angeheizt. Nachdem im Laufe von 30 Minuten der Dampf eine Temperatur von 127°C erreicht hatte, wurde er durch das Ventil abgelassen, der Topf geöffnet und der Glaskolben herausgenommen. Die Quecksilbersäule des in dem Kolben angebrachten Thermometers hatte den niedrigsten Punkt der Skala, 65°C , nicht erreicht.

3. **Versuch.** Ein Literkolben, mit Wasser gefüllt und mit Maximalthermometer versehen, wurde in den Topf gebracht und dieser durch sechs Gasbrenner geheizt.

Innerhalb 10 Minuten hatte der Dampf eine Temperatur von 120°C erreicht und wurde mittels des Dreibrenners auf dieser Höhe (mit Schwankungen zwischen 119° und 121°C) eine Stunde lang erhalten. Dann wurde der Dampf abgelassen, der Topf geöffnet und der Glaskolben herausgenommen. Das Maximalthermometer in letzterem zeigte 115°C , also immer noch 5°C weniger als die Temperatur des umgebenden Wasserdampfes betragen hatte.

Wir wollen hier nicht versuchen, vom physikalischen Standpunkte aus eine Erklärung für diese auffallenden Tatsachen zu geben, und begnügen uns damit, ihre außerordentliche praktische Tragweite hervorzuheben. Es liegt auf der Hand, daß wir nach diesen Versuchen mit der größten Reserve Angaben gegenüberstellen müssen, nach welchen selbst durch mehrstündiges Erhitzen auf 100° im Dampfkochtopf Heuinfus nicht hat sterilisiert werden können. Bei allen solchen Versuchen ist niemals zu vergessen, daß wir aus der Temperatur des Dampfes im Kochtopfe nicht ohne weiteres auf die Temperatur von Flüssigkeiten schließen dürfen, welche in besonderen Gefäßen sich innerhalb des Dampfes befinden. Das Thermometer des Topfes gibt nur die Temperatur des Dampfes, nicht aber diejenige in den mit Flüssigkeiten gefüllten Gefäßen an. — Daß diese Tatsache auch viele bei der Bereitung von Konserven gemachte Erfahrungen erklärt, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden.

Bei unseren Versuchen ist übrigens auch nicht außer acht zu lassen, daß möglicherweise erst im Moment des Ausströmens des Dampfes, weil beim Nachlaß des Dampfdruckes ein wenn auch nur schnell vorübergehendes Aufwallen der Flüssigkeit und dadurch ein Vermischen der kälteren und wärmeren Schichten derselben stattfindet, bzw. mit der Herausnahme der Glaskolben aus dem Topfe der letzte Ausgleich der Temperatur in den verschiedenen Flüssigkeitsschichten stattfindet, daß somit die Temperatur eines Teils der Flüssigkeitsmenge bis zu jenem Moment immer noch etwas geringer gewesen sein könnte, als wir sie nach dem Herausnehmen der Kolben ablesen.

Daß, wie es ja auch nicht anders erwartet werden kann, kleinere Wassermengen im Dampfkochtopf sehr viel schneller sich der Temperatur des umgebenden Wasserdampfes nähern, zeigt folgender Versuch: Ein im Lichten 3 cm weites Reagenzröhrchen, bis an den Rand mit Wasser gefüllt, wurde, mit einem Maximalthermometer versehen, neben anderen Objekten in den Topf gebracht und letzterer dann mit 5 Brennern angeheizt. Nach Ablauf von 15 Minuten zeigte das Thermometer des Topfes eine Temperatur von 120°C . Langsam wurde nun mittels des Dreibrenners innerhalb 30 Minuten das Topfthermometer auf 126°C gebracht und erhalten. Nach Öffnen des Topfes war das Reagensgläschen nur noch zu zwei Dritteln etwa gefüllt (höchstwahrscheinlich war ein Teil des Wassers, als beim Nachlaß des Dampfdruckes ein schnell vorübergehendes Aufkochen eintrat, aus dem Gefäß herausgeschleudert); sein Thermometer zeigte 123°C , also auch noch 3°C weniger als das Thermometer des Topfes. Wie lange es bereits auf dieser Höhe gestanden, entzog sich natürlich der Beurteilung.

Fast ebenso wie größere, in besonderen Gefäßen befindliche Wassermengen verhalten sich angefeuchtete feste Körper, wenn man sie den gespannten Wasserdämpfen des Dampfkochtopfes aussetzt. Sie nehmen ebenfalls nur äußerst langsam die Temperatur des umgebenden Dampfes an, wie folgende Versuche zeigen.

1. Versuch. Eine feuchte Lehmkugel von 10 cm Durchmesser, mit einem Maximalthermometer versehen, dessen Kugel sich in ihrer Mitte befand, wurde in den Topf gebracht und dieser im Laufe von 25 bis 30 Minuten auf 120°C erhitzt. Als danach der Dampf abgelassen und die Lehmkugel herausgenommen wurde, ergab sich, daß die Temperatur im Innern der letzteren den niedrigsten Punkt der Skala, nämlich 65°C ,

noch nicht erreicht hatte. — Als dieser Versuch mit einer etwas kleineren Lehmkugel wiederholt wurde, zeigte sich beim Öffnen des Topfes, daß die Kugel auseinandergefallen war und die Quecksilberkugel des Thermometers fast völlig freilag. In diesem Falle blieb letzteres hinter dem Topfthermometer nur um einen Grad zurück.

2. Versuch. Eine vorher angefeuchtete Rolle von wollenem Tuch, 8 cm dick, 25 cm lang, in ihrer Mitte ein Maximalthermometer einschließend, wurde in dem freien Raume des Topfes befestigt, die Temperatur der Dämpfe mittels eines Dreibrenners im Laufe von 25 bis 30 Minuten auf 122°C gebracht und dann der Versuch beendet. Das Thermometer inmitten der Tuchrolle war unter 65°C , dem niedrigsten Grade der Skala, geblieben.

3. Versuch. Dieselbe Tuchrolle, in gleicher Weise vorbereitet, wurde im Topf den Wasserdämpfen ausgesetzt. Nachdem die Temperatur der letzteren innerhalb 15 Minuten 120°C erreicht hatte, wurde sie langsam innerhalb 30 Minuten bis auf 126°C gesteigert. Nach dem Herausnehmen ergab sich als Maximum der Temperatur innerhalb der Tuchrolle 118°C .

Nach diesen Vorversuchen wurde nunmehr zu den eigentlichen Desinfektionsversuchen im Dampfkochtopf geschritten. Zu denselben wurden, wie es bei den Versuchen mit heißer Luft usw. geschehen war, Milzbrandsporen und sporenhaltige Gartenerde benutzt, welche nach Beendigung der Hitzeentwicklung auf Nährgelatine ausgesät und so auf ihre Entwicklungsfähigkeit geprüft wurden. Selbstverständlich wurden zur Kontrolle stets nicht erhitzte Objekte derselben Art ausgesät, welche ausnahmslos zur üppigen Entwicklung kamen, so daß diese Kontrollversuche nicht noch jedesmal erwähnt zu werden brauchen (vgl. Taf. XVII, Fig. 67 u. 68). — Die Milzbrandsporen waren an Seidenfädchen angetrocknet; die Gartenerde wurde den Dämpfen in Kapseln von Filtrierpapier ausgesetzt, welche je einige Gramm Erde enthielten.

Die ersten beiden Versuche wurden in der Weise angestellt, daß die Objekte in ein Reagenzglaschen gebracht und dieses, durch einen Wattepfropf verschlossen, den Wasserdämpfen des Dampfkochtopfes ausgesetzt wurde. Nachdem das Thermometer während einer halben Stunde auf 120°C gestanden hatte, wurde der erste Versuch beendet. Die Erde sowohl wie das Papier und die Seidenfäden erschienen nach dem Herausnehmen ziemlich trocken; sämtliche Sporen erwiesen sich, auf Nährgelatine gebracht, als nicht mehr entwicklungsfähig. — Im zweiten Versuch hatten nach Erhitzung auf 110°C während einer vollen Stunde ebenfalls sämtliche Sporen ihre Entwicklungsfähigkeit eingebüßt.

In den nachstehenden Versuchen, bei welchen allmählich zu immer niedrigeren Temperaturen und kürzerer Dauer übergegangen wurde, um die Grenze festzustellen, bei welcher die desinfizierende Wirkung aufhört, wurden die sporenhaltigen Objekte auf eine Unterlage von Watte gelegt und so unmittelbar neben der Quecksilberkugel des Topfthermometers den Wasserdämpfen ausgesetzt. Der Übersichtlichkeit wegen sind die Versuche in einer Tabelle zusammengestellt. In derselben bedeutet ein Kreuz jedesmal die vollständige Vernichtung der Entwicklungsfähigkeit der Sporen. — Die Zeit, welche erforderlich war, um die Temperatur des Dampfes auf die angegebene Höhe zu bringen, ist in den Versuchen außer acht gelassen.

(Tabelle umstehend)

Aus den in umstehender Tabelle mitgeteilten Versuchen ergibt sich:

1. Die 10 Minuten dauernde Einwirkung der Wasserdämpfe von 95°C (einschließlich der Zeit, welche erforderlich war, um diese Temperatur zu erreichen) genügte, um Milzbrandsporen zu töten, während die Gartenerde unter diesen Umständen noch nicht völlig sterilisiert war.

Temperatur der Wasserdämpfe innerhalb des Dampfkochtopfes	Dauer der Einwirkung jener Wasserdämpfe auf Milzbrandsporen und Gartenerde	Resultat für		Bemerkungen
		Milzbrandsporen	die Sporen der Gartenerde	
120° C	30 Minuten	†	†	
110° C	60 Minuten	†	†	
110° C	30 Minuten	†	†	
110° C	15 Minuten	†	†	
110° C	10 Minuten	†	†	
bis 110° C	—	†	†	Der Versuch wurde abgebrochen, nachdem die Temperatur von 110° C erreicht war
105° C	10 Minuten	†	†	
bis 105° C	—	†	Zur Entwicklung kam in wenigen Kolonien nur eine Bazillenart (kurze dicke Stäbe)	Der Versuch wurde abgebrochen, nachdem die Temperatur von 105° C erreicht war
100° C	10 Minuten	†	Einzelne Kolonien derselben kurzen dicken Bazillen	
bis 100° C	—	†	Vereinzelte Bazillenkolonien kamen zur Entwicklung	Der Versuch wurde abgebrochen, nachdem die Temperatur von 100° C erreicht war
95° C	10 Minuten	†	Vereinzelte Bazillenkolonien, darunter bewegliche Bazillen	
bis 95° C	—	Etwas verspätet und lückenhaft gewachsen	Ungehinderte Entwicklung, wie in der Kontrolle	Der Versuch wurde abgebrochen, nachdem die Temperatur von 95° C erreicht war
90° C	10 Minuten	Verspätet, aber kräftig gewachsen	Ungehinderte Entwicklung, wie in der Kontrolle	
bis 90° C	—	Kräftig gewachsen, wenn auch etwas später als die Kontrolle	Ungehinderte Entwicklung, wie in der Kontrolle	Der Versuch wurde abgebrochen, nachdem die Temperatur von 90° C erreicht war

2. Eine bis zu 105° C gesteigerte und dann abgebrochene Erhitzung hatte noch keine ausreichende Wirkung gehabt.

3. Die 10 Minuten dauernde Einwirkung der Wasserdämpfe von 105° C genügte (einschließlich der Zeit, welche erforderlich war, um diese Temperatur zu erreichen), um auch die Erde vollständig zu sterilisieren.

Eine beachtenswerte Erscheinung in dieser Versuchsreihe ist noch die, daß eine ganz bestimmte Bazillenart, welche sich durch kurze dicke Gestalt und Mangel der Eigenbewegung auszeichnet, sich am widerstandsfähigsten erwies. Dieselbe Beobachtung konnten wir auch bei der Einwirkung der heißen Luft, sowie anderer Desinfektionsmittel auf sporenhaltige Erde machen. Letztere enthält die Sporen von mehreren Bazillenarten, besonders reichlich auch diejenigen der Heubazillen, welche bis jetzt immer als die gegen Hitze am resistantesten sich verhaltenden angesehen wurden. Allen diesen anderen Arten ist an Widerstandsfähigkeit jener kurze dicke Bazillus überlegen und es würde sich deswegen empfehlen, zu Desinfektionsversuchen gerade diese Bazillenart zu verwenden. Zur Ergänzung der ersten dient noch folgende Versuchsreihe:

Temperatur der Wasserdämpfe innerhalb des Dampfkochtopfes	Dauer der Einwirkung jener Wasserdämpfe auf Milzbrandsporen und Gartenerde	Resultat	
		für Milzbrandsporen	für die Sporen der Gartenerde
105° C	30 Minuten	†	†
105° C	20 Minuten	†	†
100° C	30 Minuten	†	Vereinzelte Bazillenkolonien kamen zur Entwicklung
100° C	20 Minuten	†	Vereinzelte Bazillenkolonien kamen zur Entwicklung

Auch hier verhielten sich also wieder die Milzbrandsporen weniger widerstandsfähig als einzelne Bazillensporen der Gartenerde. Während letztere selbst nach 30 Minuten dauernder Einwirkung der Wasserdämpfe von 100° C noch nicht ausnahmslos getötet waren, genügten 20 Minuten unter denselben Verhältnissen, um die Entwicklungsfähigkeit der Milzbrandsporen zu vernichten.

Im Anschluß an obige Versuche und diejenigen, welche über die Erhitzung größerer feuchter Objekte im Dampfkochtopf angestellt wurden, sowie zum Vergleich mit den Ergebnissen, welche die Desinfektion mit heißer Luft an denselben Probeobjekten ergeben hatte, sind noch folgende kombinierte Experimente mitzuteilen.

1. Versuch. Ein langer Flanellstreifen von 50 cm Breite wurde in der Querrichtung einmal zusammengelegt und dann aufgerollt. In die Mitte dieser Rolle, welche aus etwa 20 Windungen des doppelten Flanells bestand und bei einer Länge von 25 cm einen Durchmesser von 15 cm hatte, wurde die Quecksilberkugel eines Maximalthermometers, sowie in Papier eingewickelt je eine Probe von Milzbrandsporen und sporenhaltiger Gartenerde eingelegt. Die Rolle wurde dann, mit Bindfaden fest umschnürt, in den Dampfkochtopf gebracht und letzterer angeheizt. Nachdem die Temperatur von 100° C erreicht war, wurde dieselbe innerhalb 25 Minuten auf 120° C gesteigert und auf dieser Höhe mit sehr geringen Schwankungen während 1½ Stunden erhalten. Nach Beendigung des Versuches zeigte sich die Rolle in allen ihren Schichten schwach feucht; das Thermometer im Innern derselben hatte 117° C erreicht. Die Milzbrandsporen sowie die Sporen der Gartenerde kamen auf Nährgelatine nicht mehr zur Entwicklung.

2. Versuch. Dieselbe Rolle, ebenso armiert, aber außerdem noch mit einem Maximalthermometer zwischen dem Mittelpunkt und der Peripherie versehen, wurde in den Dampfkochtopf gebracht. Dann wurde letzterer angeheizt und die Temperatur der Dämpfe während einer Stunde auf 110°C erhalten. Nach Beendigung des Versuches zeigte das Thermometer in der Mitte der Rolle nur $96,5^{\circ}\text{C}$, dasjenige zwischen 10. und 11. Windung des Flanells 100°C . Die Milzbrandsporen, welche in der Mitte der Rolle eingeschlossen gewesen waren, hatten ihre Entwicklungsfähigkeit eingebüßt, die neben ihnen der Hitze ausgesetzt gewesene Erde war indessen nicht völlig sterilisiert; denn als sie auf Nährgelatine gebracht wurde, entwickelten sich aus ihr noch vereinzelte Bazillenkolonien. — Die mitgeteilten Versuche, in denen eine Flanellrolle und eine Tuchrolle im Dampfkochtopf den Wasserdämpfen ausgesetzt waren, bieten eine vortreffliche Gelegenheit zu einem Vergleich zwischen der Desinfektionswirkung der trockenen heißen Luft und des heißen Wasserdampfes, weil dieselben Objekte in der Absicht, vergleichbare Resultate zu gewinnen, bei einem Versuch im Desinfektionsapparat des Barackenlazarettes benutzt waren. Der Unterschied zwischen der Leistung der beiden Desinfektionsverfahren wird am besten aus folgender Zusammenstellung zu ersehen sein.

		Dauer des Versuches	Temperatur			Wirkung auf Sporen
			im Apparat	in der Rolle am Ende des Versuches		
				in der Mitte	in der halben Dicke	
Im Des- infektionsapparat des Baracken- lazarettes	Flanellrolle	4 Stunden	140—150° C	83,0° C	92,0° C	Weder Milzbrandsporen noch die in der Erde ent- haltenen waren getötet
	Tuchrolle	4 Stunden	140—150° C	81,0° C		
Im Dampfkochtopf	Flanellrolle	1½ Stunden	120° C	117° C	100° C	Sporen von Milzbrand und in Erde getötet
		1 Stunde	110° C	96,5° C		
	Tuchrolle	½ Stunde	120—126° C	118° C		Milzbrandsporen getötet, Sporen in der Erde nicht sämtlich entwicklungs- unfähig

Der Unterschied zwischen der Leistung der heißen Luft und des Wasserdampfes ist hiernach ein ganz erheblicher. Während erstere das Maximalthermometer in der Mitte der verhältnismäßig doch recht kleinen Flanellrolle während einer 4 Stunden andauernden Hitze von $140-150^{\circ}\text{C}$ nur auf 83°C gebracht und die neben dem Thermometer befindlichen Proben von Bazillensporen noch gar nicht beschädigt hatte, hatte der Wasserdampf bei 120°C und nur $1\frac{1}{2}$ Stunden Dauer das Thermometer in der Rolle auf 117°C gebracht und die Sporen vernichtet, also eine vollkommen ausreichende Desinfektion erzielt. Selbst bei 110°C und einer Stunde Dauer war noch eine erhebliche Desinfektionswirkung zu konstatieren.

Unsere Vermutung, daß heiße Wasserdämpfe eine viel energischere Wirkung auf die Keime von Mikroorganismen äußern als die trockene heiße Luft, war vollauf bestätigt und auch die Voraussetzung, daß die Wasserdämpfe schneller und tiefer in poröse Gegenstände eindringen, hatte sich, wie die Parallelversuche mit der Flanellrolle ergeben, als

richtig erwiesen. Ob allerdings auch größere Objekte, z. B. Warenballen, von Wasserdämpfen so weit durchdrungen werden, daß seine sichere Desinfektionswirkung noch erwartet werden kann, das könnten nur Versuche mit Apparaten von größeren Dimensionen ergeben.

Immerhin zeigen unsere Versuche eine so bedeutende Überlegenheit des Wasserdampfes gegenüber der trocknen heißen Luft in der desinfizierenden Wirkung, daß es vorteilhafter erscheint, in Zukunft anstatt wie bisher den Dampf in abgeschlossenen Röhrensystemen nur zur Erwärmung der Luft im Apparat zu benutzen, ihn vielmehr unmittelbar in den Innenraum des Apparates selbst zu leiten und nicht nur die Temperatur des Dampfes, sondern auch die desinfizierende Wirkung des Wasserdampfes selbst auszunutzen. Es würde in diesem Falle in weit kürzerer Zeit und mit niedrigerer Temperatur dieselbe Desinfektionswirkung und damit eine erhebliche Ersparnis an Zeit und Kosten erzielt werden. Auch die Konstruktion eines für Desinfektion mit Wasserdampf von 105°—110° C geeigneten Apparates kann nicht wesentlich kostspieliger sein als diejenige der bisher gebrauchten Apparate zur Desinfektion mit heißer Luft, weil es in der Anlage keinen sehr großen Unterschied machen wird, ob der Dampf in einem eigenen dampfdichten Röhrensystem oder ob er sofort dem dampfdicht konstruierten Apparat selbst zugeführt wird. Immerhin würde, wenn die Bedingung einer dampfdichten Konstruktion des Apparates zu umgehen wäre, das Desinfektionsverfahren mit heißem Wasserdampf noch bedeutend an Brauchbarkeit gewinnen. Aus der Tabelle (p. 364) ist zu ersehen, daß schon bei einer 10 Minuten lang dauernden Hitzewirkung von 100° C die Milzbrandsporen getötet waren und von den so außerordentlich widerstandsfähigen Sporen der Gartenerde nur noch einzelne Kolonien, und zwar nur solche, welche von dem bei allen unseren Desinfektionsversuchen als letzten auftretenden dicken kurzen Bazillus gebildet wurden, zur Entwicklung gekommen waren. In dem zweiten Versuche hatten allerdings 100° C und 30 Minuten Dauer auch noch nicht zur Tötung aller Sporen ausgereicht; aber diese Beobachtungen machten es wahrscheinlich, daß eine Verlängerung der Hitzewirkung auf eine Stunde oder selbst noch länger auch die letzten Keime von Mikroorganismen zu vernichten imstande sein würde. An Brauchbarkeit konnte durch eine derartige Ausdehnung der Zeit das Desinfektionsverfahren nicht wesentlich einbüßen, dagegen wurde, wenn sich wirklich innerhalb einer mäßigen Zeitdauer bei einer Temperatur von 100° C eine vollständige Vernichtung aller Keime lebender Wesen, nach jetzigen Begriffen also eine sichere Desinfektion erreichen ließ, der bedeutende Vorteil gewonnen, daß ein für diese Temperatur konstruierter Apparat nicht dampfdicht zu sein braucht und bei einer ganz einfachen Einrichtung vollkommen leistungsfähig sein kann.

Um über die Möglichkeit einer ausreichenden Desinfektion mit Dämpfen von 100° C Gewißheit zu erlangen, wurde eine zweite Reihe von Versuchen gemacht. Auch hier ging es uns ganz ähnlich wie bei unseren Experimenten mit dem Dampfkochtopf. Es mußten zunächst durch eine Anzahl Vorversuche die den gewöhnlichen Vorstellungen von der Verteilung der Wärme in Gefäßen mit kochendem Wasser und den davon ausströmenden Dämpfen vielfach widersprechenden tatsächlichen Verhältnisse festgestellt werden.

B. Versuche mit Wasserdämpfen in nicht dampfdicht geschlossenen Apparaten.

Vorversuche. Ein Wasserbad aus Gußeisen von 12 cm Höhe und 15 cm Durchmesser wurde zu $\frac{2}{3}$ mit Wasser gefüllt und dasselbe durch zwei Gasflammen zum intensivsten Kochen gebracht. Die Temperaturbestimmung mit zuverlässigen Thermometern (bei einem Barometerstand von 754 mm) gemacht, ergab im Mittelpunkt der Wasser-

menge 99° C, im Mittelpunkt der obersten Wasserschicht 98,7° bis 98,8° C, mehr nach dem Rande der obersten Wasserschicht zu 98,3° bis 98,5° C. Ein weiteres Steigen der Temperatur fand nicht statt.

In einem zweiten Versuche wurde dieselbe Wassermenge nur durch eine Gasflamme erhitzt. Wenn es hierbei auch nicht zu so lebhaftem Kochen kam, wie bei Anwendung von zwei Brennern, so fand doch immerhin ein ununterbrochenes Aufwallen der Flüssigkeit statt. Während nun unter diesen Umständen das Maximum der Temperatur inmitten der Wassermenge 97,6° C betrug, zeigte ein Thermometer, dessen Quecksilberkugel nur in die oberste Wasserschicht eingetaucht war, als Maximum 97,0°. — Das sichtbare Aufwallen der Flüssigkeit, welches wir als Kochen bezeichnen, bietet also an sich noch keine Gewähr, daß wirklich die ganze in Betracht kommende Flüssigkeitsmenge die Siedetemperatur erreicht hat.

Wenn nun aber schon in offenen Gefäßen kochendes Wasser in seinen oberen und mittleren Schichten die Siedetemperatur nicht ganz erreicht, so sinkt die Temperatur des von der Oberfläche des kochenden Wassers aufsteigenden Dampfes in einer noch viel auffallenderen Weise schon bei einer geringen Entfernung von der Wasseroberfläche, wie das nachstehende Versuche veranschaulichen.

Ein zylindrisches Blechgefäß von 13 cm Durchmesser und 20 cm Höhe wurde zum vierten Teil mit Wasser gefüllt und letzteres mit Hilfe eines Gasbrenners im Kochen erhalten. In dem Gefäß wurde dann ein Thermometer so befestigt, daß seine Quecksilberkugel, nur einen Zentimeter von der Wasseroberfläche entfernt, von den Dämpfen umgeben war. Die von diesem Thermometer angezeigte Temperatur schwankte unter solchen Verhältnissen zwischen 70° und 78° C.

Als das Thermometer so angebracht wurde, daß seine Quecksilberkugel zwei cm oberhalb der siedenden Wasserfläche sich befand, wechselte die Temperatur zwischen 68° und 75° C. — Fast um 10° niedrigere Temperaturen erhielten wir, als derselbe Versuch mit einem größtenteils gefüllten gewöhnlichen Wasserbade angestellt wurde, bei welchem also die mantelartige Verlängerung des Randes fortfiel, wie sie das Blechgefäß dargeboten hatte. Sehr bemerkenswert ist in diesem Versuche der Unterschied in der Dampftemperatur, je nachdem derselbe in einem bis fast an den Rand gefüllten Wasserbade oder in einem hochwandigen, nur teilweise gefüllten Gefäß entwickelt wurde. Im ersteren Falle konnte sich die Luft sofort mit dem heißen Dampf vermengen und ihn abkühlen, im letzteren Falle wurde der Dampf besser gegen den abkühlenden Einfluß der Luft geschützt, gewissermaßen durch den oberen, schornsteinähnlich wirkenden Teil des Gefäßes zusammengehalten, und zeigte infolgedessen eine erheblich höhere Temperatur.

Wenn diese die Erhaltung der Temperatur in dem Wasserdampf begünstigende Einrichtung noch weitergetrieben wird, dann gelangt man schließlich zu einer Konstruktion des Gefäßes, wie sie zur genauen Bestimmung des Siedepunktes gewöhnlich verwendet wird. Ein solches Gefäß hat einen langen Hals zur Aufnahme des Thermometers und eine oder mehrere Öffnungen am oberen Ende, welche eben groß genug sind, um den sich entwickelnden Dämpfen den Austritt zu gestatten, ohne daß die Luft in das Innere des Gefäßes dringen und abkühlend wirken kann. Ein sehr einfacher, aus einem Glaskolben und auf dessen Hals aufgesetzten Glaszylinder bestehender Apparat, wie er als zur Bestimmung für Siedetemperatur geeignet in Müllers Lehrbuch der Physik 1868, Bd. II, p. 621 beschrieben und unter Fig. 570 abgebildet ist, wurde zu unseren weiteren Versuchen über die Einwirkung heißer Wasserdämpfe auf die als Probe stets geeignetsten Bazillensporen benutzt. Wenn in dem Kolben desselben das Wasser in starkem Sieden erhalten wurde, zeigte ein gutes Thermometer sowohl dicht oberhalb des

Wassers bis wenige Zentimeter von der oberen Mündung des Zylinders entfernt gleichmäßig 100° C.

Desinfektionsversuche: In einer Höhe von 40 cm oberhalb des siedenden Wassers wurden unmittelbar neben der Kugel des Thermometers sporenhaltige Objekte, in Fließpapier eingewickelt, aufgehängt, und nachdem sie der Einwirkung der vorbeiströmenden Wasserdämpfe verschieden lange Zeitabschnitte ausgesetzt gewesen waren, auf ihre Entwicklungsfähigkeit geprüft.

Das Resultat dieser Versuche veranschaulicht die nachstehende Tabelle. Ein Kreuz bedeutet in derselben, wie in den früheren Zusammenstellungen, jedesmal die vollständige Vernichtung der Entwicklungsfähigkeit. Selbstverständlich wurde auch hier ein Teil des Sporenmaterials, welcher nicht erhitzt war, zur Kontrolle ausgesät. Diese Kontrolle kam ausnahmslos zur üppigen Entwicklung.

Temperatur des strömenden Wasserdampfes	Dauer der Einwirkung jenes Dampfes auf das Sporenmaterial	Resultat	
		für Milzbrandsporen	für sporenhaltige Gartenerde
100° C	60 Minuten	†	†
100° C	30 Minuten	†	†
100° C	20 Minuten	†	†
100° C	15 Minuten	†	†
100° C	10 Minuten	†	Erst am 2. Tage kam in der Gelatine eine einzige Bazillenkolonie zur Entwicklung
100° C	5 Minuten	†	Erst am 2. Tage vereinzelte Kolonien zum Teil beweglicher Bazillen

Ein Blick auf diese Tabelle beweist, daß das Ergebnis in der Tat ein außerordentlich günstiges war. Vorweg sei hervorgehoben, daß auch hier wieder die in der Gartenerde enthaltenen Bazillensporen sich zum Teil widerstandsfähiger erwiesen haben als die Sporen der Milzbrandbazillen. Hatten aber im Dampfkochtopfe Wasserdämpfe von 100° C selbst innerhalb 30 Minuten die Gartenerde noch nicht völlig sterilisieren können, so genügte bei Anwendung strömenden Wasserdampfes von derselben Temperatur die Hälfte jener Zeit vollständig, um diesen Zweck zu erreichen.

In bezug auf Milzbrandsporen stimmt das Resultat, welches mit 100° C heißem Dampf erhalten wurde, mit den früheren Versuchen über die Tötung dieser Sporen im kochenden Wasser insofern überein, als in letzterem nach 2 Minuten die Sporen ihre Entwicklungsfähigkeit eingebüßt hatten und im Dampf nach 5 Minuten. Kürzere Zeit wurde im Dampf nicht versucht, wahrscheinlich hätten auch hier 2 Minuten genügt. Der Unterschied von 3 Minuten ist übrigens so irrelevant, daß man mit gutem Recht dem Dampf von 100° C dieselbe Wirkung wie dem kochenden Wasser beimessen kann. Scheinbar anders gestalten sich die Verhältnisse für die übrigen Bazillensporen. In unserem Versuch, in dem die Sporen von verschiedenen Arten und insbesondere, wie schon früher erwähnt, auch die Heubazillensporen dem heißen Dampf ausgesetzt wurden, waren schon nach 5 Minuten nur noch vereinzelte Sporen, nach 10 Minuten in einem Material, welches im unveränderten Zustande Hunderte von entwicklungsfähigen Sporen enthielt, nur noch eine einzige Spore zur Entwicklung gekommen; nach 15 Minuten waren sie alle getötet und das Probeobjekt war vollständig desinfiziert. Dagegen hat

die Erfahrung gelehrt, daß in Flüssigkeiten, welche dieselben Bazillensporen wie die von uns benutzte Erde enthalten, beispielsweise Heuinfus, Fleischextraktlösung, nur durch mehrstündiges Kochen diese Sporen mit Sicherheit getötet werden können. Dieser Widerspruch ist aber, wie auch schon angedeutet wurde, nur ein scheinbarer. Bei unserer Versuchsanordnung kann gar kein Zweifel darüber bestehen, daß die Probeobjekte in ihrem Gesamtumfang auch wirklich einer Temperatur von 100° C ausgesetzt waren. Das läßt sich indessen von den allbekannten, überaus zahlreichen Versuchen, welche zum Zwecke der Beweisführung für oder gegen die Urzeugung von verschiedenen Experimentatoren angestellt sind, nicht behaupten. Diese Versuche sind entweder mit Benutzung des Dampfkochtopfes oder in der Weise angestellt, daß die sporenhaltige Flüssigkeit (meistens Heuinfus) in kleinen mit einem Wattepfropf geschlossenen Kolben oder Reagenzgläsern in kochendes Wasser, welches sich in einem offenen Gefäß befand, mehr oder weniger lange Zeit eingetaucht wurden. Vergewärtigt man sich nun aber die eigentümlichen Verhältnisse der Temperaturverteilung im Dampfkochtopf und in Flüssigkeiten, welche in offenen Gefäßen zum Kochen gebracht werden, dann wird man sofort einsehen, daß weder bei der einen noch bei der andern Versuchsanordnung die zu sterilisierenden Flüssigkeiten einer gleichmäßig wirkenden Hitze von 100° C ausgesetzt wurden. Denn im Dampfkochtopf dringt überhaupt die Hitze nur ganz allmählich und anscheinend sehr langsam in die inneren Schichten der Flüssigkeit ein und in den Gefäßen, welche in kochendes Wasser tauchen, werden nur die wirklich untergetauchten Teile des Gefäßes im günstigsten Falle der vollen Temperatur von 100° C ausgesetzt; meistens werden auch diese nur Temperaturen von 95° bis 98° C und weniger erreichen, während die oberhalb des Wasserspiegels befindlichen Gefäßwände weit niedrigere Temperaturen, 50° bis 70°, annehmen. Wenn nun, was fast gar nicht vermieden werden kann, die Innenwände des Gefäßes mit der sporenhaltigen Flüssigkeit benetzt sind und zufällig einige Sporen, und wenn es auch nur eine einzige sein sollte, an einer Stelle im Innern des Gefäßes haften bleibt, an welcher nur niedrige Temperaturgrade zur Geltung kommen können, dann werden sie eben selbst durch stundenlanges Kochen nicht vernichtet und es muß nach wenigen Tagen in der Flüssigkeit eine Bazillenvegetation eintreten. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse unserer Versuche über die Wärmeverteilung verlieren die widerspruchsvollen Angaben über die Möglichkeit des Sterilisierens von sporenhaltigem Heuinfus ihren rätselhaften Charakter. F. C o h n¹⁾ fand in einer Versuchsreihe, in welcher Heuinfus in Reagenzgläsern und in kochendem Wasser, welches sich in einem offenen eisernen Kessel befand, 2—3 Stunden lang der Hitzewirkung ausgesetzt wurde, daß die Ergebnisse sehr ungleich ausfielen. Manchmal waren 20 Minuten, im anderen Falle 30 Minuten, einige Male 1½ bis 2 Stunden zum Sterilisieren erforderlich. Es wurde auch bei einer Versuchsreihe beobachtet, daß in den 60 Minuten lang gekochten Reagenzylindern Organismen sich entwickelten, während die 45 Minuten gekochten freiblieben. Diese Unregelmäßigkeit in dem Resultat muß schon darauf hinleiten, daß dasselbe von irgendeiner in der Versuchsanordnung liegenden, dem Zufall unterworfenen Bedingung abhängig ist, welcher Zufall aber nur in der von uns angedeuteten Richtung liegen kann. In der Tat sagt C o h n, daß die Reagenzgläser nur so tief in die Flüssigkeit eintauchten, daß das aufwallende Wasser die Wattepfropfe nicht durchnässen konnte. Die Reagenzgläser wurden also in diesem Falle nicht in allen ihren Teilen auf die Temperatur des siedenden Wassers gebracht und es mußte ganz dem Zufall anheimfallen, ob auch alle Sporen während der Versuchsdauer getötet wurden, oder ob die eine oder die andere, welche der oberen Gefäßwand anhaftete, der Vernichtung entging. In ähnlicher

¹⁾ Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, Heft 2, p. 259.

Weise würde sich auch für andere Experimente, in denen sporenhaltige Flüssigkeiten durch stundenlanges Kochen oder Aufenthalt im Dampfkochtopf nicht sterilisiert wurden, eine Erklärung finden lassen.

Unsere Versuche berechtigen uns dazu, es als erwiesen anzusehen, daß Bazillensporen die Temperatur des siedenden Wassers nur wenige Minuten überstehen können. In allen Fällen, in denen ein erheblich hiervon abweichendes Resultat erhalten wurde, muß der Grund dafür in einer derartigen Versuchsanordnung gesucht werden, daß die gleichmäßige Einwirkung der Temperatur von 100° C auf alle Teile des Gefäßinnern und der darin enthaltenen Flüssigkeit in irgendeiner Weise verhindert war. Eine geringe Verzögerung der Hitzewirkung, welche jedoch den Zeitraum von 10—15 Minuten nicht übersteigt, kann dadurch bedingt sein, daß die Sporen nicht ganz frei von dem siedenden Wasser oder vom heißen Wasserdampf getroffen werden, sondern von eingetrockneten Substanzen eingeschlossen sind, die erst gelöst oder in einen gequollenen Zustand versetzt sein müssen, damit die Hitze bei Gegenwart von Wasser auf die Sporen wirken kann. Wir erklären uns beispielsweise in dieser Art den Unterschied in der Zeit, welche erforderlich ist, um die Milzbrandsporen zu vernichten, und derjenigen, welche zur Tötung der Sporen in der Erde gebraucht wurde. Die Milzbrandsporen wurden in einer ganz dünnen Lage an einem Seidenfädchen angetrocknet, der Hitze ausgesetzt und gingen demnach eher zugrunde als die zum Teil in festen, scharf ausgetrockneten Erdbröckchen eingeschlossenen Sporen, deren Hülle erst vom heißen Wasserdampf aufgeweicht werden mußte.

Nachdem durch den Versuch im kleinen und im Prinzip die außerordentlich sichere und schnelle Wirkung der heißen Wasserdämpfe auf die Probeobjekte festgestellt war, blieben nun noch zwei Fragen zu lösen. Die erste war die, ob sich in einem größeren Apparat von ähnlicher Anordnung wie dem von uns benutzten die Temperatur des Wasserdampfes bis zur Ausströmungsöffnung ebenfalls ohne Schwierigkeiten auf der Höhe von 100° C erhalten läßt; die zweite lautete, ob nicht auch hinsichtlich des Durchdringens größerer Objekte der strömende Wasserdampf gegenüber demjenigen in einem luftdicht verschlossenen Raume Vorteile bieten dürfte. — Auf beide Fragen geben uns die folgenden Versuche eine sehr befriedigende Antwort.

Zur Herstellung eines größeren Apparates wurde zunächst unser Dampfkochtopf als Grundlage benutzt, welcher, wie bereits erwähnt ist, eine Höhe von etwa 40 cm und einen Durchmesser von etwa 20 cm im Lichten besitzt. Der Deckel mit der Ventilvorrichtung wurde entfernt und ein aus Zinkblech hergestelltes zylindrisches Rohr von 1½ m Länge und ebenfalls 20 cm Durchmesser auf den Topf aufgesetzt. — An seinem unteren Ende ließ sich dieses Aufsatzrohr einige Zentimeter weit bis zu einer vorspringenden äußeren Leiste, vermittlels welcher es auf dem oberen Rande des Topfes ruhte, in letzteren einschieben, so daß eine relativ dichte und doch leicht trennbare Verbindung zwischen Topf und Rohr hergestellt war. — Um die Abkühlung des Dampfes an der oberen Öffnung des Aufsatzrohres zu vermindern, wurde an letzteres oben noch ein abnehmbarer „Helm“ angefügt, ein zulaufender Blechkegel von 12 cm Höhe, dessen Spitze ein die Ausflußöffnung des Dampfes darstellender kleiner Zylinder von 5 cm Durchmesser bildete. — Die Verbindung des Helms mit dem Rohr war in derselben Weise hergestellt wie diejenige zwischen Rohr und Topf.

Zur Verminderung der Abkühlung war das ganze Rohr mit einem Filzmantel von 1 cm Dicke umhüllt und der „Helm“ mit Watte bedeckt.

Da der Topf vor Beginn eines jeden Versuches zu etwas mehr als einem Drittel mit Wasser gefüllt wurde, so betrug demnach der Abstand zwischen der Oberfläche des

letzteren und der Ausströmungsöffnung des Dampfes bei aufgesetztem „Helm“ etwa 185 cm, bei abgenommenem 175 cm.

Geheizt wurde der Topf durch 8 Gasflammen.

Es war nun zunächst von Interesse, die Unterschiede in der Dampftemperatur innerhalb der Röhre festzustellen, je nachdem der „Helm“ aufgesetzt oder entfernt war. — Im letzteren Falle erreichte ein bis etwa 20 cm oberhalb der siedenden Wassermenge in die Röhre hinabgelassenes Maximalthermometer nicht mehr als 94° C, ein 30 cm weit in das Rohr hinabgelassenes, von der siedenden Wasserfläche also etwa 145 cm entferntes Thermometer sogar nur 88° C.

Nach Aufsetzen des Helms dagegen erhielten wir als die korrespondierenden Temperaturen 99° C bzw. 98° C.

Als wir nunmehr den kleinen Dampf-Ausflußzylinder des „Helms“ noch durch einen Kork mit fingerdicker Durchbohrung verengerten, zeigte das Thermometer, dessen Kugel nur wenige Zentimeter in die Höhlung des „Helms“ hinabgelassen war, 100° C. Der Dampf entwich in gleichmäßigem Strome durch das Bohrloch des Korkes. — Daß bei dieser Anordnung des Versuchs von einer Spannung der Wasserdämpfe nicht die Rede sein kann, braucht wohl kaum hervorgehoben zu werden. Überall in dem ganzen kleinen Desinfektionsapparat, unmittelbar über der Wasserfläche wie dicht unter der Ausströmungsöffnung hatte der Dampf die gleiche Temperatur von 100° C.

Es wurde nunmehr folgender Versuch angestellt: Das Aufsatzrohr wurde von dem als Untersatz dienenden Topf abgenommen, und während letzterer inzwischen angeheizt wurde, mit verschiedenen Gegenständen gefüllt.

1. Zu unterst in das Rohr wurde eine festgewickelte Rolle aus Packleinewand von 37 cm Höhe und 17 cm Durchmesser in ihrer Längsrichtung eingehängt, so daß also der Dampf genügend Raum hatte, um in der 20 cm weiten Röhre an der Rolle vorbeizustreichen. — In der Mitte dieser Rolle befand sich ein Maximalthermometer nebst einem Päckchen Gartenerde; zwischen der Mitte und der Peripherie waren außerdem in gleichen Abständen noch zweimal je ein Maximalthermometer und ein Päckchen Gartenerde in die Rolle eingeschlossen.
2. Oberhalb der Packleinewandrolle wurde ein festgeschnürter Hedeballen von 26 cm Höhe und 14 cm Durchmesser angebracht, in dessen Mitte sich wiederum neben der Kugel eines Maximalthermometers ein Päckchen Gartenerde befand.
3. Demnächst folgte in der Aufsatzröhre nach oben zu dieselbe Rolle von schwarzem Tuch, welche schon früher bei den Versuchen über heiße Luft und im Dampfkochtopf zur Verwendung gekommen war (von 25 cm Höhe und 8 cm Durchmesser), mit Thermometer und Gartenerde in ihrer Mitte. Über ihr befand sich
4. eine Rolle von Flanell (ebenfalls die in den früheren Versuchen gebrauchte) von 25 cm Höhe und 15 cm Durchmesser mit Thermometer und Gartenerde in der Mitte und ebensolchen zwischen Mitte und Peripherie.

Endlich stand zu oberst

5. ein Glaskolben mit drei Liter kaltem Leitungswasser gefüllt und mit einem Maximalthermometer versehen, dessen Quecksilberkugel sich im Mittelpunkt der Wassermenge befand.

Während dieser Vorbereitungen war das Wasser in dem als Untersatz dienenden Kochtopf ins Sieden gekommen. Es wurde also das in der beschriebenen Weise armierte

Aufsatzrohr auf den Topf aufgesetzt, und zwar mit Einschluß des mit durchbohrtem Kork versehenen „Helm“.

Bereits nach 6 Minuten erschienen in der Ausströmungsöffnung die ersten Spuren von Dampf; nach 7 weiteren Minuten zeigte ein Thermometer, welches bis zu seiner Mitte in den „Helm“ eingesenkt wurde, also zur Hälfte aus der Öffnung des „Helm“ hervorstand und so das stete Ablesen der Temperatur ermöglichte, 55°C ; nach 15 Minuten (vom Aufsetzen des Rohres auf den Topf an gerechnet) hatten die ausströmenden Dämpfe bereits eine Temperatur von 80°C und nach weiteren 13 Minuten von 100°C erreicht. Nach einer halben Stunde, während welcher unser Thermometer mit minimalen Schwankungen auf 100°C gestanden hatte, wurden die Flammen gelöscht und das Aufsatzrohr entfernt.

Das Resultat war zunächst, was das Eindringen der Hitze in die verschiedenen Gegenstände betrifft, ein glänzendes.

Sämtliche Maximalthermometer standen auf 100°C (einige sogar Teile eines Grades darüber, was sich aus unbedeutenden Abweichungen der Thermometer erklärt).

Wenn wir uns der Versuche erinnern, in denen Glaskolben mit kaltem Wasser gefüllt in geschlossenem Dampfkochtopf erhitzt wurden, wenn wir uns die erstaunlich langsame Erwärmung des Wassers unter jenen Umständen vergegenwärtigen und dann damit die Wirksamkeit des immer neu ersetzten strömenden Wasserdampfes im vorliegenden Versuche vergleichen, so müssen wir allerdings den Unterschied als einen außerordentlich großen bezeichnen. Während im Dampfkochtopf beispielsweise der Dampf im Laufe einer halben Stunde die Temperatur von 127°C erreichen konnte, ohne daß er imstande gewesen wäre, in dieser Zeit einen mit Wasser gefüllten Literkolben auch nur auf 65°C zu erwärmen, genügte im vorliegenden Versuch nicht gespannter Wasserdampf von 100°C , um im Laufe einer halben Stunde außer zahlreichen anderen Objekten die dreifache Menge Wasser auf seine eigene Temperatur (100°C) zu bringen. Ob das Resultat nicht schon längere Zeit vor Ablauf der halben Stunde erreicht war, müssen wir dahingestellt sein lassen. — Ebenso sehr zugunsten des strömenden Wasserdampfes fällt der Vergleich aus, wenn wir das Durchdringen größerer aus Wolle, Hede usw. bestehender Objekte ins Auge fassen. — Die Unterschiede zwischen den Versuchen im Dampfkochtopf und den eben mitgeteilten sind auch in dieser Beziehung so auffällige, daß es genügt, auf sie hinzuweisen.

Sämtliche Objekte, die sich im Aufsatzrohr befunden hatten, waren durchweg mäßig feucht, trockneten aber beim Abkühlen bzw. Aufrollen außerordentlich schnell.

Die Gartenerde der verschiedenen Päckchen wurde auf Nährgelatine gebracht und die Entwicklungsfähigkeit der in ihr enthaltenen zahlreichen Bazillensporen in den nächsten Tagen beobachtet: die Erde in der Flanellrolle, und zwar beide Proben, diejenige in der Tuchrolle und die im Hedeballen, erwies sich vollständig steril. Die Erde, welche mitten in der Packleinewandrolle und diejenige, welche am weitesten nach außen zu in derselben gelegen hatte, war ebenfalls völlig sterilisiert. Nur aus derjenigen Erprobung, welche in der Packleinewandrolle zwischen dem mittleren und dem äußeren Päckchen sich befunden hatte, entwickelte sich in der Gelatine eine vereinzelte Bazillenkolonie. Ohne Frage hatte also diese Stelle der Rolle die von dem Thermometer auch hier angezeigte Temperatur von 100°C erst ziemlich gegen Ende des Versuches erreicht.

Im vorstehenden Versuche waren, was bisher nicht erwähnt ist, gleichzeitig auch kleine Proben verschiedener Stoffe den Dämpfen ausgesetzt, um ihr Verhalten gegen dieselben zu prüfen. Von diesen Gegenständen, welche sich noch unterhalb der Packleinewandrolle, also dicht über der dampfentwickelnden Wasserfläche befunden hatten,

war blaues Dragonertuch nur in der Farbe verändert; es hatte einen etwas matter blauen Ton bekommen. Ein Stück roten Seidenstoffes war anscheinend durch die Dämpfe gar nicht verändert, Jute und Roßhaare desgleichen. Vollständig verdorben war dagegen Saffian, welcher ebenso wie eine Probe von gepreßtem Leder vollständig entfettet, zusammengeschrumpft, hart und brüchig geworden war. — Weißes Schreibpapier hatte sehr wenig gelitten; es hatte etwas an Glanz eingebüßt und ein ganz leicht gelbliches Aussehen bekommen.

Nach den durchaus befriedigenden Resultaten, welche der mitgeteilte Versuch ergeben hatte, wurde von einer Wiederholung desselben in dem geschilderten Apparate Abstand genommen. Dahingegen erschien es zweckmäßig, die Versuche nunmehr in noch größerem Maßstabe anzustellen.

Leider waren uns aus äußeren Gründen in dieser Beziehung Schranken gesetzt. Wir mußten uns daher begnügen, den geschilderten Apparat nur soweit zu vergrößern, daß die mit ihm anzustellenden Versuche noch in einem hohen Zimmer ausführbar waren. — Zu dem Zweck wurde zunächst an Stelle des als Untersatz verwandten Kochtopfes ein aus Zinkblech hergestelltes zylindrisches, oben offenes Gefäß von 50 cm Durchmesser und 50 cm Höhe benutzt, welches, auf einem eisernen Dreifuß ruhend, die Aufstellung einer großen Anzahl von Gasbrennern unter seinem Boden gestattete. Als Aufsatz auf dieses Gefäß diente ein oben und unten offener Zinkblechzylinder von gleichem Durchmesser und einer Höhe von 2 m. Der diesen Blechzylinder oben abschließende „Helm“ bestand wie im vorigen Versuch aus einem Zinkblechkegel (von 35 cm Höhe), welcher an seiner Spitze wiederum in einen wenige Zentimeter hohen zylindrischen Fortsatz auslief. Die Ausströmungsöffnung für den Dampf, repräsentiert durch eben diesen kleinen Zylinder, hatte einen Durchmesser von 6 cm; von einer weiteren Verengerung derselben wurde Abstand genommen.

Die Verbindung zwischen den einzelnen Teilen des Apparates war, nicht so dicht wie bei dem früher benutzten, nur durch falzartiges Übereinandergreifen der Ränder bewirkt. — Um das umfangreiche Blechrohr leichter heben und dirigieren zu können, war an seinem oberen Ende ein Strick befestigt, welcher über zwei in der Decke des Zimmers befestigte Rollen lief. Eine Umhüllung des Rohrs mit Matten, sowie eine Bedeckung des „Helms“ mit Watte bezweckte möglichste Beschränkung der Wärmeabgabe, während leider der zur Dampferzeugung dienende Untersatz wegen der Feuergefährlichkeit nur in seinem kleineren oberen Abschnitt in dieser Weise geschützt werden konnte.

Der beschriebene Apparat bot uns also als Raum für den strömenden Dampf bzw. zur Unterbringung zu desinfizierender Gegenstände einen Zylinder von fast $2\frac{1}{2}$ m Höhe und $\frac{1}{2}$ m Durchmesser. Allerdings waren die Vorrichtungen gegen etwaige Wärmeverluste nur mangelhafte; auch war die Schwierigkeit, die erforderliche beträchtliche Wassermenge (etwa 40 Liter) durch Gasflammen in starkem Kochen zu erhalten, nicht zu unterschätzen, so daß wir von vornherein erwarten mußten, an der Ausströmungsöffnung die Temperatur des Dampfes niedriger als in den früheren Versuchen zu finden. — Zunächst handelte es sich nun darum, festzustellen, wieweit diese Erwartung gerechtfertigt war. Durch 16 unter dem Apparate angebrachte Gasflammen wurde demnach das Wasser ins Kochen gebracht und durch ein in die Öffnung des Helms zur Hälfte eingesenktes Thermometer die Temperatur des ausströmenden Dampfes gemessen. Nach etwa 15 Minuten zeigte dasselbe 64°C , nach weiteren 30 Minuten war es auf 95°C gestiegen, blieb aber dann auf derselben Höhe. — Es wurden nun 6 weitere Gasflammen jenen 16 hinzugefügt. Nach 10 Minuten stand das Thermometer auf 97°C und schwankte von da ab zwischen 97° und $97,5^{\circ}\text{C}$. — Dies Resultat mußte durchaus als unseren Erwartungen genügend bezeichnet werden. Ohne Frage wird es bei besseren

Vorrichtungen gegen Wärmeverlust leicht gelingen, in ähnlichen größeren Apparaten bis zur Ausströmungsöffnung eine Temperatur des Dampfes von 100°C zu erzielen. — Daß übrigens unsere Wärmequelle eine ausreichende war, stellte sich heraus, als den 22 Gasflammen noch 4 hinzugefügt wurden. Eine Steigerung der Temperatur wurde dadurch nicht erreicht.

Wenn nun auch unser unvollkommener Apparat der Anforderung nicht völlig Genüge leistete, strömenden Wasserdampf von Siedetemperatur zu liefern, so war er doch immerhin geeignet, wie die nachstehend mitgeteilten Versuche zeigen, die bisher gewonnenen Erfahrungen über das Eindringen der Hitze in größere Objekte einer weiteren Prüfung zu unterwerfen.

1. Versuch. Aus einem in der Querrichtung zusammengelegten langen Stück Packleinand wurde durch Aufrollen ein Ballen von 50 cm Höhe und 30 cm Durchmesser hergestellt. In der Mitte des Ballens war ein Maximalthermometer nebst einer Papierkapsel mit Gartenerde angebracht. Die gleichen Gegenstände waren außerdem noch viermal in regelmäßigen Abständen zwischen der Mitte und der Peripherie des Ballens mit in denselben eingerollt und zwar so, daß sich jedesmal zwischen zwei Thermometern bzw. zwei Päckchen Gartenerde 15 Windungen der doppelten Packleinand befanden. Demnach hatte der Dampf von außen her bis zu dem in der Mitte befindlichen Maximalthermometer nicht weniger als 75 doppelte Schichten Packleinand zu durchdringen. Um den Zutritt des Dampfes von den Querschnitten her möglichst zu behindern, war die Rolle an beiden Enden mehrfach und sehr fest umschnürt. — Dieser Packleinandballen wurde derart in seiner Längsrichtung in dem Blechzylinder angebracht, daß er mit seinem unteren Ende von der Wasseroberfläche des Untersatzes etwa 1 m entfernt blieb. Da der Ballen einen Querdurchmesser von 35 cm hatte, so blieben demnach ringsum 7,5 cm für das Vorbeistreichen des Dampfes frei.

Auf den Packleinandballen wurde noch die schon mehrfach benutzte, fest gewickelte und geschnürte Flanellrolle von 25 cm Höhe und 15 cm Durchmesser in der Weise aufgelegt, daß ihr Längsdurchmesser mit dem horizontalen des Dampfrohres zusammenfiel. In der Mitte dieser Flanellrolle befand sich ebenfalls ein Maximalthermometer und ein Päckchen mit Gartenerde.

Angeheizt wurde diesmal gleich mit 26 Gasflammen. Nach 50 Minuten hatte das in der Öffnung des „Helms“ hängende Thermometer 97°C erreicht und schwankte von da ab zwischen 97° und $97,5^{\circ}\text{C}$; vorübergehend erreichte es 98°C . Ein Sinken unter 97°C wurde nicht beobachtet. Nachdem 2 Stunden verstrichen waren, seit der Dampf innerhalb des Helms die Temperatur von 97°C erreicht hatte, wurden die Flammen gelöscht und die Objekte aus dem Rohr entfernt. — Das Resultat war wiederum ein günstiges: die Flanellrolle war durchweg feucht, das Maximalthermometer in ihrer Mitte zeigte 99°C^1). — Auch der Ballen aus Packleinand war gänzlich durchfeuchtet, trocknete aber, wie auch die Flanellrolle, beim Auseinanderwickeln sehr schnell. Die Maximalthermometer im Innern des Ballens standen von außen nach innen gezählt auf 98°C , 97°C , $95\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$, $96\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ und endlich das in der Mitte befindliche auf 97°C .

Die Prüfung der verschiedenen Proben Gartenerde ergab folgende Resultate:

Die Erde in der Flanellrolle war völlig sterilisiert. In dem Packleinandballen war das nur bei den beiden zu äußerst gelegenen Proben der Fall, welche also von dem vorbeistreichenden Dampf durch 15 bzw. 30 Doppelschichten des Stoffes getrennt gewesen waren. Aus den drei inneren Proben Gartenerde entwickelten sich in den nächsten Tagen in der Gelatine hie und da vereinzelte Kolonien eines und desselben dicken Bazillus

¹⁾ Unsere Maximalthermometer waren vorher mit einem Normalthermometer verglichen. Das Maximum der Abweichung betrug etwa 1°C .

welcher sich auch in den früheren Versuchen bei weitem am widerstandsfähigsten erwiesen hatte. — Offenbar hatte also in den inneren Schichten der Packleinand die Hitze noch nicht genügend lange eingewirkt, um auch diese Sporen zu töten.

Es unterliegt indes wohl kaum einem Zweifel, daß alles sterilisiert gewesen sein würde, wenn der strömende Wasserdampf die Siedetemperatur gehabt hätte.

2. Versuch. Der zweite Versuch war im wesentlichen eine Wiederholung des ersten, nur daß eine noch größere Rolle Packleinand während drei Stunden dem strömenden Wasserdampf von 97° bis 98° C ausgesetzt war. — Der Ballen, wiederum von 50 cm Höhe, hatte einen Durchmesser von 40 cm, so daß ringsum 5 cm für den vorbeistreichenden Dampf frei blieben. Die einzelnen Windungen der Rolle bestanden auch diesmal aus je zwei Lagen Packleinand. In der Mitte des Ballens sowie in regelmäßigen Abständen zwischen dieser und der Peripherie waren im ganzen sieben Maximalthermometer nebst je einer Probe Gartenerde mit eingerollt.

Die Rolle wurde in ihrer Längsrichtung so in den Aufsatzzylinder befestigt, daß sie mit ihrer unteren Fläche $1\frac{1}{3}$ m von der Wasseroberfläche entfernt blieb.

Um die Temperatur des Dampfes unterhalb der Rolle mit derjenigen oberhalb derselben vergleichen zu können, war noch ein Maximalthermometer von unten her so in die Rolle eingeschoben, daß eine Quecksilberkugel aus letzterer hervorragte, während ein anderes Thermometer auf die Oberfläche des Ballens frei aufgelegt war.

Nachdem das in der Ausströmungsöffnung des „Helms“ hängende Thermometer während drei Stunden eine Temperatur von 97° bzw. 97,5 bis 98° C angezeigt hatte, wurde der Versuch beendet.

Das Maximalthermometer unterhalb der Rolle stand auf 97° C, dasjenige oberhalb derselben auf 98° C. Die Rolle war wiederum durchweg feucht. — Die zwischen ihren verschiedenen Schichten eingewickelt gewesenen Maximalthermometer zeigten von außen nach innen gerechnet: 98,5° C, 98° C, 98,5° C, 98,5° C, 96,5° C, 98° C und endlich das in der Mitte befindliche ebenfalls 98° C. Letzteres war von der Peripherie des Ballens durch 105 Windungen doppelter Packleinand getrennt gewesen. Selbstverständlich war auch in diesem Versuche, um das direkte Eindringen des Dampfes von unten her möglichst zu erschweren, die Rolle sehr fest gewickelt und mehrfach fest umschnürt.

Die sieben Proben von Gartenerde, welche neben den Quecksilberkugeln der Thermometer innerhalb des Ballens sich befunden hatten, zeigten auf Nährgelatine ausgesät am folgenden Tage noch keine Spur von Bakterienentwicklung, während in der Kontrolle bereits das üppigste Wachstum fast von jedem einzelnen Erdbröckelchen aus zu beobachten war. Auch in den folgenden Tagen erwiesen sich die Erdproben vollständig sterilisiert bis auf diejenige, welche in der Mitte des Ballens und diejenige, welche der Mitte zunächst gelegen hatte. Aus ersterer entwickelten sich einige Kolonien unseres bekannten kurzen dicken Bazillus, aus letzterer auf dem ganzen Objektträger nur zwei vereinzelte Bazillenkolonien.

Auch in diesem Versuch also hatte im innersten Teile des Ballens die Hitze noch nicht genügend lange eingewirkt, um sämtliche Bazillensporen zu töten; jedenfalls aber hatte doch der Wasserdampf selbst die umfangreiche Packleinandrolle vollständig durchdrungen und ist demnach die Vermutung auch hier durchaus gerechtfertigt, daß sämtliche Erdproben sterilisiert gewesen sein würden, wenn der Wasserdampf die Temperatur von 100° C statt von 97° bis 98° C gehabt hätte.

Die beiden letzten Versuche gestatteten uns demnach keinen weitergehenden Schluß, als daß höchstwahrscheinlich in besser konstruierten Apparaten eine ausreichende Desinfektionswirkung zu erzielen sein würde. Wir mußten namentlich aus dem Umstande, daß in dem Vorversuch eine Steigerung der Wärmezufuhr durch

vier weitere Gasflammen eine merkliche Zunahme der Temperatur im Apparat nicht erzielt wurde, abnehmen, daß der Apparat unter allen Umständen wegen der mangelhaften Konstruktion, namentlich wegen der undichten Verbindung zwischen dem Kochgefäß und dem Aufsatzzylinder, sowie wegen des geringen Schutzes seiner Außenwand gegen Wärmeabgabe, soviel an Wärme verlor, daß der aus dem kochenden Wasser mit 100°C aufsteigende Dampf schon in geringer Entfernung von der Wasserfläche immer nur höchstens gegen 97° bis 98°C behalten konnte. Eine weitere Verbesserung des Apparates ließ sich wegen der provisorischen Einrichtung desselben nicht wohl anbringen, aber es lag eine andere Möglichkeit vor, die Temperatur selbst in diesem unvollkommenen Apparat auf die zur vollen Desinfektionswirkung nun einmal unumgänglich notwendigen 100°C zu bringen. Es war nämlich nur erforderlich, den von der Wasserfläche aufsteigenden Dämpfen eine höhere Anfangstemperatur als 100°C zu geben, z. B. 105°C . Wenn dann auch durch die in der Konstruktion des Apparates begründete unvermeidliche Abkühlung 3°C bis 5°C verloren gingen, so blieben immer noch 100°C oder darüber zur Verfügung, also soviel, wie zur Desinfektion verlangt werden muß. Um den entwickelten Dämpfen in einem auf höhere Dampfspannungen nicht eingerichteten Apparat eine Temperatur zu geben, welche diejenige des siedenden Wassers übersteigt, gibt es ein einfaches Auskunftsmittel, welches darin besteht, daß statt des Wassers Salzlösungen, welche einen höheren Siedepunkt als dieses besitzen, angewendet werden.

Im Lehrbuch der physikalischen und theoretischen Chemie von Buff, Kopp und Zammmer¹⁾ finden sich folgende Sätze: „Lange Zeit hat man geglaubt, daß die Temperatur der aus kochenden Salzlösungen sich entwickelnden Dämpfe genau gleich der des Dampfes sei, welcher aus reinem, unter demselben Druck normal kochenden Wasser aufsteigt; es ist indessen jetzt außer Zweifel gesetzt, daß die Temperatur dieser Dämpfe, wenn jegliche Abkühlung derselben vermieden wird, der der siedenden Flüssigkeit gleich ist.“

Eingehende Versuche über die Temperatur von Dämpfen, die aus Salzlösungen entwickelt werden, hat Magnus²⁾ angestellt und dabei gefunden, daß diese Dämpfe allerdings die Temperatur der siedenden Salzlösung nicht ganz erreichen, aber immerhin erheblich heißer sind als die aus reinem Wasser entwickelten Dämpfe. Aus einer Chlorkalziumlösung, welche eine Siedetemperatur von $107,0^{\circ}\text{C}$ hatte, erhielt Magnus Dämpfe von $105,25^{\circ}\text{C}$ und aus einer Lösung von $116,0^{\circ}\text{C}$ Siedetemperatur $111,2^{\circ}\text{C}$ heißen Dampf.

Mit Berücksichtigung dieser Tatsachen machten wir folgenden Versuch.

3. Versuch. Das Kochgefäß des Apparates wurde mit 40 l 25proz. Kochsalzlösung gefüllt und mit 30 Gasflammen geheizt. Im Innern des Aufsatzrohres wurde die nämliche Rolle von Packlenewand, welche in den früheren Versuchen benutzt war, befestigt. Dieselbe hatte nach dem Aufrollen genau dieselben Maße wie früher, nämlich 50 cm Länge und 40 cm Durchmesser, so daß ringsum zwischen Rolle und Innenwand des Apparates noch 5 cm freier Raum blieb, durch welchen die Dämpfe ungehindert nach oben passieren konnten. Beim Aufrollen der Packlenewand war in die Mitte ein Maximalthermometer und ein Päckchen von Filtrierpapier, welches sporenhaltige Garten-erde enthielt, gelegt und in gleicher Weise je ein Thermometer und ein Päckchen nach 15, 30, 45, 60, 75, und 90 Windungen; danach kamen noch 5 Windungen, welche das letzte Thermometer von dem Dampf trennte. Oben auf der Rolle wurde ferner noch ein Maximalthermometer frei aufliegend und ebenso an der unteren Seite der Rolle ein Thermometer befestigt. Diese untere Fläche der Rolle blieb, nachdem der Aufsatz auf das Kochgefäß gestellt war, 70 cm von der Oberfläche der Salzlösung entfernt.

¹⁾ 1. Abteilung, p. 214.

²⁾ Gmelin-Kraut, Handbuch der anorganischen Chemie, Bd. I, p. 570.

Der Barometerstand betrug zurzeit des Versuches 762 mm. Die Temperatur im Versuchsraum stieg allmählich bis 32° und zuletzt bis 35° C.

Innerhalb einer Stunde erreichte die Temperatur, im Innern des Helms gemessen, 92° C. Eine halbe Stunde später war sie auf 97° gestiegen, nach weiteren 10 Minuten auf 99° C. Nachdem der Apparat im ganzen 2½ Stunden im Gange gewesen war, zeigte ein in Fünftelgrad geteiltes Normalthermometer genau 100° C, und bei dieser Temperatur blieb es, bis nach einer im ganzen dreistündigen Dauer der Versuch unterbrochen wurde.

Ehe wir das Resultat dieses Versuches berichten, haben wir noch zu bemerken, daß die zur Verwendung gekommenen Maximalthermometer vorher bei 100° C miteinander verglichen wurden; die dabei gefundenen Zahlen bewegten sich zwischen 99° und 101,5° C. In den nachfolgenden Temperaturangaben ist diese Differenz der einzelnen Thermometer mit in Rechnung gebracht.

Das Thermometer, welches an der unteren Fläche der Rolle befestigt gewesen und also 70 cm von der Oberfläche der siedenden Salzlösung entfernt gewesen war, zeigte 105,3° C, das Thermometer oberhalb der Rolle 102° C.

Im Innern der Rolle hatten die Thermometer folgende Temperaturen, und zwar von innen nach außen:

In der Mitte	101,0° C
Nach 15 Windungen	101,0° C
„ 30 „	101,0° C
„ 45 „	101,0° C
„ 60 „	101,0° C
„ 75 „	101,5° C
„ 90 „	101,5° C

Die in den Päckchen befindliche Erde wurde auf Nährgelatine gebracht und zu gleicher Zeit von derselben, aber nicht erhitzten Erde zur Kontrolle ein Kulturpräparat angefertigt. Im letzteren waren schon am folgenden Tage eine große Zahl von Bazillenkolonien zur Entwicklung gekommen. In sämtlichen Erdproben dagegen, welche in der Packleinewandrolle gewesen waren, auch in der in der Mitte gelegenen, hatte nicht eine einzige Bazillenspore ihre Entwicklungsfähigkeit behalten.

Das Ergebnis dieses Versuches hatte also vollständig unseren Erwartungen entsprochen und es war hier zum ersten Male gelungen, ein, wie sich bei allen früheren Versuchen herausgestellt hatte, sehr schwer zu bewältigendes Desinfektionsobjekt in allen seinen Teilen zu desinfizieren, und dies mit Hilfe eines höchst mangelhaft konstruierten Apparates.

Um die Bedeutung dieses Resultates in das richtige Licht zu setzen, lassen wir hier noch eine Zusammenstellung der Desinfektionsversuche mit heißer Luft und derjenigen mit Wasserdampf an demselben Objekt, der mehrerwähnten Rolle von Packleinewand, folgen:

	Temperatur	Versuchsdauer	Erreichte Temperatur nach Zahl der Windungen			Desinfektionserfolg
			20	40	100	
Wirkung der heißen Luft	130—140°	4 Stunden	86°	72°	unter 70°	Nach dem Stand der Temperatur zu urteilen, hat keine desinfizierende Wirkung stattgefunden
Wirkung des Wasserdampfes	90—105,3°	3 Stunden	101°	101°	101,5°	Vollständiger Erfolg

Der Zweck, welchen wir bei der letzten Versuchsreihe im Auge gehabt hatten, mit einem einfach konstruierten Apparat die ausgezeichnete desinfizierende Wirkung des heißen Dampfes an einem größeren Probeobjekt auf ihre praktische Verwendbarkeit zu prüfen, war somit erfüllt. Das überaus günstige Resultat, welches wir erhalten haben, kann darüber keinen Zweifel mehr bestehen lassen, in welcher Weise zukünftig die Hitze für die Desinfektion auszunutzen ist. Die jetzt übliche Form der Hitzedesinfektion, welche in der Erwärmung von Luft durch geschlossene Dampfleitungen besteht, hat sich als sehr unzuverlässig erwiesen. Alle Objekte, welche nur einigermaßen erheblichere Dimensionen besitzen, welche aufgeschichtet oder zusammengehäuft in den Apparat gebracht werden müssen, ferner solche, welche feucht sind, können mit diesem Verfahren überhaupt nicht desinfiziert werden. Dazu kommt, daß dasselbe eine komplizierte und kostspielige Einrichtung verlangt.

In bezug auf desinfizierende Wirkung würden Apparate mit gespannten Wasserdämpfen von Temperaturen über 100°C schon erheblich mehr leisten. Im übrigen bieten sie aber dieselben Mißstände wie die erstgenannten Apparate.

Bei weitem übertroffen, was Leistung in der Desinfektion, Einfachheit und Billigkeit der Einrichtung und des Betriebes betrifft, werden beide Verfahren unstreitig von dem von uns in unserer letzten Versuchsreihe geprüften Verfahren mit Dämpfen kochenden Wassers, welche vor Abkühlung so geschützt werden, daß sie ihre Temperatur von 100°C behalten oder deren Temperatur durch die Verwendung von Salzlösungen so erhöht wird, daß der Wärmeverlust sie nicht unter 100°C herabgehen läßt.

Die Beschädigung der Objekte selbst durch die Hitzewirkung ist beim Verfahren mit trockener Hitze ebenso und fast größer als bei der Desinfektion mit Wasserdampf, und es kann auch in dieser Richtung kein Vorzug in der Desinfektion mit trockener Hitze gefunden werden. Es ist also unter allen Umständen überall da, wo die Hitze zur Desinfektion überhaupt anwendbar ist, das Verfahren mit Wasserdampf und zwar in Apparaten, welche den in unseren letzten Versuchen benutzten ähnlich sind, allen anderen Methoden der Hitzedesinfektion vorzuziehen.

Berlin, im April 1881.
