

Untersuchungen über die Desinfektion mit heißer Luft.¹⁾

Von

Dr. R. Koch.²⁾

Je mehr in den letzten Jahren das Vertrauen auf andere Desinfektionsverfahren wankend wurde, um so mehr hat man sich der Hitzedesinfektion und insbesondere der Desinfektion vermittelt heißer Luft zugewandt. Am meisten scheint dazu, daß man der Hitze vor allen übrigen Desinfektionsmitteln den Vorzug gegeben hat, die Erfahrung beigetragen zu haben, daß sich bei den vielfachen neueren Untersuchungen über Mikroorganismen die Hitze bei hinreichender Stärke und Dauer der Einwirkung als eins der wenigen Mittel herausgestellt hat, vermittelt deren alle Keime organischen Lebens zuverlässig vernichtet werden können. Demgemäß hat man auch, um einen handgreiflichen Beweis von der zuverlässigen Wirkung der Hitzedesinfektionsapparate zu geben, Substanzen, welche die den Infektionsstoffen am nächsten stehenden Mikroorganismen, nämlich Bakterien, enthalten, als Prüfungsobjekte benutzt und aus der bakterien-tötenden Wirkung des Apparats auf seine Fähigkeit, Infektionskeime zu vernichten, geschlossen. Nun hat sich aber bei der immer weiter fortschreitenden Erkenntnis der Lebens- und Entwicklungsverhältnisse der Mikroorganismen herausgestellt, daß derartige Prüfungen des Desinfektionswertes vermittelt bakterienhaltiger Substanzen nur dann ihrem Zweck entsprechen, wenn dabei die verschiedenen Entwicklungszustände der Bakterien, welche sich in bezug auf ihre Widerstandsfähigkeit ungemein verschieden verhalten, berücksichtigt werden. In ihrem gewöhnlichen Zustande sind nämlich die Bakterien sehr empfindlich gegen die verschiedensten Desinfektionsmittel und insbesondere auch gegen die Hitze. Sobald sie aber in Dauerformen, welche eine Art Fruchtbildung darstellen, in die sogenannten Sporen übergegangen sind, dann zeigen sie sich plötzlich so resistent gegen alle möglichen physikalischen und chemischen Einflüsse, daß sie darin alle übrigen organisierten Keime übertreffen.

Bei den bis jetzt vorliegenden Versuchen zur Prüfung des Desinfektionswertes der Hitze vermittelt bakterienhaltiger Objekte sind diese Verhältnisse nicht berücksichtigt und die damit erzielten Resultate können heutzutage nicht mehr maßgebend sein. Deswegen schien es an der Zeit, ebenso wie andere hervorragende Desinfektionsverfahren auch die Hitzedesinfektion einer nochmaligen Prüfung an der Hand von verbesserten und dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse von den Infektionsstoffen und von den als Prüfungsobjekte benutzten Mikroorganismen entsprechenden Methoden zu unterwerfen. Es war dies um so dringender nötig, als in der neuesten Zeit die Hitzedesinfektion in fast allen Krankenhäusern eingeführt ist und sich auch das Bestreben kundgegeben hat, in größeren Städten, z. B. in Paris, Berlin, für das große Publikum zugängliche Hitzedesinfektionsanstalten zu errichten. Namentlich aus letzterem Grunde schien es dringend

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

²⁾ Zusammen mit Regierungsrat Dr. Gustav Wolffhügel.

geboten, ehe kostspielige Einrichtungen im großen getroffen werden, sich davon zu überzeugen, ob auch wirklich die Hitzedesinfektionsapparate in ihrer jetzigen Konstruktion das leisten, was man von ihnen erwartet.

Eine ganz besonders günstige Gelegenheit zur Ausführung derartiger Untersuchungen bot das städtische Barackenlazarett in Moabit, welches im Besitze von zwei großen Desinfektionsapparaten ist. Das Gesundheitsamt hat daher von dem Magistrat der Stadt Berlin die Genehmigung zur Vornahme von Desinfektionsversuchen in diesen Apparaten nachgesucht, welche in der entgegenkommendsten und dankenswertesten Weise erteilt wurde.

Herr M e r k e, Verwaltungsdirektor des städtischen Barackenlazarett zu Moabit, nach dessen Angaben die beiden Desinfektionsapparate konstruiert sind und welcher den größeren derselben in Virchows Archiv, Bd. 77, ausführlich beschrieben hat, beteiligte sich an unseren Versuchen. In gleicher Weise haben auch die Herren Dr. G a f f k y, Dr. L o e f f l e r, Dr. H ü p p e und Dr. L a s s a r bei denselben mitgewirkt.

B e s c h r e i b u n g d e r A p p a r a t e.

Der zuerst aufgestellte Apparat, den wir als den „alten Apparat“ bezeichnen wollen, ist ein aus Schmiedeeisen konstruierter Zylinder, welcher zur Verminderung der Abkühlung zum allergrößten Teil in den Erdboden eingelassen und ummauert ist. Sein Durchmesser beträgt 2,14 m, seine Höhe 1,90 m. Er hat einen Inhalt von 6,836 cbm. Seine Innenwand ist mit einem in Schneckenwindungen derselben anliegenden kupfernen Rohr ausgekleidet, durch welches der Dampf geleitet wird. Dieses Rohr hat 173,0 mm Umfang, ist 101 m lang und repräsentiert also eine Heizfläche von 17,473 qm. Die Windungen des Rohres liegen 7 cm voneinander entfernt. Die Öffnung des Zylinders wird durch einen schweren eisernen Klappdeckel verschlossen, welcher durch einen Flaschenzug gehoben und gesenkt werden kann. Derselbe greift mit seinem umgebogenen Rand in eine mit feinem Sand gefüllte Rinne, welche sich um den oberen Rand des Zylinders herumzieht. Durch diesen Sandverschluß und durch eine Lage wollener Decken, welche auf dem Deckel ausgebreitet ist, wird die Wärmeabgabe in dem oberen, den Erdboden überragenden Teil des Zylinders möglichst verringert. In dem Deckel befinden sich zwei Öffnungen, eine kleinere zur Aufnahme des Pyrometers bestimmt und eine zweite größere, mit einem dichten großen Wappfropf verschlossen, soll dazu dienen, die meistens übelriechenden und sehr belästigenden Dämpfe, welche sich aus den in den Desinfektionsapparat eingebrachten Kleidungsstücken usw. entwickeln, vor dem Öffnen des Apparates durch ein aufgesetztes Rohr nach außen abzuleiten. Wir benutzten diese letztere Öffnung zum Einhängen eines Maximalthermometers. Wenn in den Dampfkesseln, welche das Heizrohr des Apparates speisen, ein Druck von $5\frac{1}{2}$ bis 6 Atmosphären (das Maximum des für die Kessel zulässigen Dampfdruckes) erreicht wurde, dann zeigte das Pyrometer im Apparat ungefähr 150°C , die von uns benutzten Maximalthermometer, deren Temperaturangabe zuverlässiger als diejenige des Pyrometers sein dürfte, gaben stets eine 8° — 10°C niedrigere Temperatur als dieser an. Die im alten Desinfektionsapparat zu erreichende Temperatur kann also als ungefähr 140°C angenommen werden. Nachdem der Apparat diesen Höhepunkt der Wärme erreicht hatte, blieb er stundenlang auf demselben fast konstant. Das Öffnen des Deckels behufs Einbringen der Desinfektionsproben störte den Gang der Temperatur verhältnismäßig wenig. Sie fiel nur um ein geringes und kam schnell wieder auf den früheren Standpunkt. Der Temperaturgang ist übrigens bei jedem einzelnen Versuch nach den Angaben des Pyrometers genau angegeben; es sind diese Zahlen also, wenn sie mit den von den Maximalthermometern erhaltenen verglichen werden sollen, um etwa 10°C zu reduzieren.

Der neue Apparat ist nicht zylindrisch, sondern hat ein Rechteck als Grundfläche. Er ist 1,5 m tief, 3,0 m lang und 2,12 m hoch, er hat also einen Kubikinhalte von 9,540 cbm. Er enthält 53 m Heizrohr von 173 mm Umfang und 50 m Heizrohr von 265 mm Umfang. Die Heizfläche beträgt demnach 22,419 qm. Die Röhren liegen im unteren Teile der Innenwand an und sind 6 cm voneinander entfernt. Es führt eine gutschließende Doppeltür in den Apparat und außerdem ist er mit einer später noch zu erwähnenden Ventilationseinrichtung versehen. Bezüglich der weiteren Details verweisen wir auf die von Merke¹⁾ gegebene ausführliche Darstellung. Bei gleich hoher Dampfspannung kam die Temperatur im neuen Apparat nicht ganz so hoch wie im alten. Das Öffnen des Apparates zum Einlegen und Herausnehmen der Objekte hatte bei diesem einen noch geringeren Einfluß auf die Temperatur wie im alten Apparat.

Vorversuche.

Um eine Vorstellung von der Wärmeverteilung im neuen Apparat zu gewinnen, wurde folgender Versuch angestellt.

Fünf Maximalthermometer wurden im Apparat folgendermaßen verteilt.

- Das erste lag am Boden rechts an der Wand.
 - Das zweite lag am Boden links an der Wand.
 - Das dritte in der Nähe der Decke links hinten.
 - Das vierte in der Nähe der Decke links oben.
 - Das fünfte in der Nähe der Decke rechts.
- (Das letztere befand sich dicht neben dem Pyrometer.)

Das Pyrometer zeigte:

	1 Uhr 23 M. . . .	142° C
(Öffnen der Tür, Einhängen	der Thermometer, Schließen der Tür nach 5 Minuten.)	
	1 Uhr 28 M. . . .	140° C
	1 „ 30 „ . . .	137° „
	1 „ 40 „ . . .	139° „
	1 „ 43 „ . . .	139° „
	1 „ 46 „ . . .	Öffnen der Tür und Herausnahme der Maximalthermometer.
Das erste stand auf	122,5° C	
„ zweite „ „	131,5° „	
„ dritte „ „	122,5° „	
„ vierte „ „	119,7° „	
„ fünfte „ „	125,5° „	

Diese Thermometerangaben weichen unter sich bis zu 11,8° C voneinander ab, so daß eine ganz gleichmäßige Verteilung der Wärme im Innenraum des Apparates nicht stattfindet.

Der neue Apparat unterscheidet sich vom älteren durch seine Lüftungsvorrichtung, welche aus den am Boden der Kammer mündenden 4 luftzuführenden kreisrunden Öffnungen von je 5,5 cm Durchmesser und der luftabführenden quadratischen Öffnung an der Decke des Innenraumes von 20 cm Seitenlänge besteht. Die äußeren Mündungen der ersteren sind durch Blechtüllen verschließbar, die letztere läßt sich durch eine eiserne ofentürähnliche Klappe im Schornstein verschließen. Die Schließklappe sowohl wie die Luftzuleitungsrohre am Fußboden bleiben in der ersten halben Stunde geöffnet, um der Feuchtigkeit im Innern der Kammer Abzug zu verschaffen, werden die zweite

¹⁾ l. c.

halbe Stunde hindurch geschlossen gehalten und in der letzten halben Stunde zum Zweck der Ventilation wieder geöffnet¹⁾).

Es war für uns von Interesse, sowohl die Größe des Luftwechsels als auch die Menge des Wasserdampfes der Luft in der Desinfektionskammer zu bestimmen. Die Messung des Luftwechsels geschah durch wiederholte anemometrische Bestimmungen der Luftgeschwindigkeit an den Einströmungsöffnungen zu einer Zeit, wo sämtliche Luftwege geöffnet waren.

Der Berechnung wurden die höchsten Werte der Ablesungen zugrunde gelegt.

Erster Versuch vom 23. November 1880:

größte Luftgeschwindigkeit . . . 0,55 m per Sekunde
berechnete Luftzufuhr per Stunde 19 cbm.

Wollte man aus dieser Luftzufuhr die Größe des stündlichen Luftwechsels beziehentlich der Luftabströmung unter Berücksichtigung der Temperaturerhöhung um 120° C berechnen, welche die eingeströmte Luft in der Kammer erfahren hat, so ist derselbe annähernd zu veranschlagen auf 27 cbm.

Zweiter Versuch vom 30. November 1880:

größte Luftgeschwindigkeit . . . 0,66 m per Sekunde,
berechnete Luftzufuhr per Stunde 22,8 cbm;

in diesem Falle, bei dem gleichfalls eine Temperaturerhöhung um 120° C vorlag, würde die Luftabfuhr zu veranschlagen sein auf etwa 33 cbm.

Die Messung der Luftfeuchtigkeit erfolgte alsbald, nachdem die Kammer mit Kleidern beschickt war. Der Wassergehalt wurde nach der Thrunnerschen Wägemethode bestimmt; die Luftwege waren während derselben geschlossen. Ein Aspirator sog mittels einer Glasröhre, welche durch eine der luftzuführenden Öffnungen beziehentlich durch einen in dieselbe eingepaßten Kork nach dem Innenraume geführt war, Luft durch eine Chlorkalziumröhre aus einem Kölbchen mit Schwefelsäure-Bimsstein. In Rücksicht auf einen sich in der Glasröhre etwa bildenden Niederschlag wurde diese vor und nach dem Versuch gewogen und die Gewichts-differenz mit in Rechnung gebracht.

Erster Versuch vom 30. November 1880:

Das Pyrometer zeigte 140° C, die eingelegten Maximumthermometer zwischen 130° und 140° C. Das Sättigungsmaximum würde für 134° C etwa 1623 g Wasser im Kubikmeter Luft betragen.²⁾ Es wurden im Versuch 55 g Wasser im Kubikmeter Luft gefunden. Dieser absolute Wassergehalt entspricht einer relativen Feuchtigkeit von nur 3,1% (berechnet auf 134° C). Die Luft im Freien zeigte um diese Zeit bei einer Temperatur von 5° C gegen 83% relative Feuchtigkeit.

Zweiter Versuch vom 21. Dezember 1880:

Die höchste Temperatur im Desinfektionsraume war nach Angabe des Maximumthermometers 122° C. Das Sättigungsmaximum für diese Temperatur beträgt ungefähr 1120 g per cbm Luft.

Während des Versuches waren nur 16 g Wasser im Kubikmeter Luft gefunden worden, was annähernd einer relativen Feuchtigkeit von 1,4% entspricht.

Die Luft im Freien hatte bei 9° C eine relative Feuchtigkeit von 100%.

Zufolge diesen Beobachtungen ist die Größe des Luftwechsels eine sehr mäßige. Die gefundenen Feuchtigkeitsmengen sind im Vergleich zur Temperatur im Freien groß zu nennen, dagegen erscheinen dieselben gegenüber der Temperatur in der Kammer sehr klein.

¹⁾ Vgl. die Beschreibung, l. c. p. 502 und 503.

²⁾ Vgl. Wolpert, Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung, 2. Aufl. 1880, p. 128.

Desinfektionsversuche:

Als Probeobjekte dienten bei diesen Versuchen verschiedene mikroorganismenhaltige Substanzen, vorzugsweise solche, welche Bakterien und Dauersporen derselben enthielten. Bezüglich der Grundsätze, welche uns bei der Auswahl dieser Probeobjekte leiteten, sowie der Methoden, welche befolgt wurden, um den stattgehabten Einfluß der Desinfektion auf die Mikroorganismen zu erkennen, verweisen wir auf die ausführliche Darlegung in dem Artikel über Untersuchungsmethoden*) und über Desinfektion**).

Erster Versuch (am 9. November 1880). Der neue Desinfektionsapparat war seit 11 Uhr vormittags geheizt.

12 Uhr 25 Min. bei Beginn des Versuches zeigte das Pyrometer 78° C.

Der Temperaturgang, am Pyrometer abgelesen, war folgender:

12 Uhr 25 Min.	78° C
12 „ 30 „	85° C
12 „ 35 „	90° C
12 „ 40 „	95° C
12 „ 45 „	100° C
12 „ 50 „	103° C
12 „ 55 „	106° C
1 „ — „	108° C
1 „ 5 „	109½° C
1 „ 10 „	110½° C
1 „ 15 „	111½° C
1 „ 20 „	114° C
1 „ 25 „ 1)	117° C
1 „ 30 „	119½° C
1 „ 35 „	120° C
1 „ 40 „	121° C
1 „ 45 „	121½° C
1 „ 50 „	122° C
1 „ 55 „	123° C
1 „ 57 „ 2)	123° C
2 „ — „	123° C

Die Versuchsobjekte befanden sich in Reagenzgläsern, die samt einem dicht schließenden Wattepfropf, ehe die Objekte hineingelegt wurden, im Trockenschrank eine Stunde lang auf 160°—170° C erhitzt gewesen waren. Die mit den Versuchsobjekten beschickten Reagenzgläser wurden in dem Apparat auf einem in demselben befindlichen Brettergerüst nur mit einer Unterlage von Filtrierpapier ausgelegt.

Folgende Gegenstände, die entwicklungsfähige Organismen enthielten, wurden benutzt:

1. Am Tage zuvor von gekochten Kartoffelscheiben entnommene Pilzrasen von *Penicillium glaucum* (sporenhaltig).
2. Ebendaher genommene Massen von *Aspergillus niger* (gleichfalls sporenhaltig).
3. Am Tage vorher eingetrocknete Kulturen von *Micrococcus prodigiosus*.

*) Diese Werke, p. 112ff. — **) Diese Werke, p. 287ff. D. Herausgeber.

1) Um 1 Uhr 25 Min. wurden die Öffnungen zur Luftzuführung und das Ventil des Abführungsrohres geschlossen.

2) Um die durch Öffnen und Schließen der Tür des Apparates veranlaßte Temperaturschwankung zu erfahren, wurde die Tür ¼ Minuten lang geöffnet, ein Arbeiter ging hinein und wieder hinaus und schloß alsdann die Tür wieder. Die Temperatur blieb dabei unverändert.

4. Auf Filtrierpapier einige Stunden vorher eingetrocknetes Blut einer an Septicämie gestorbenen Maus (sehr kleine Bazillen, aber keine Sporen enthaltend).
5. Filtrierpapier getränkt mit Septicämiebakterien, die in fünfter Generation in Fleischinfus kultiviert waren (Kaninchensepticämie). Das Papier war kurz vor dem Versuch präpariert. Die Wirksamkeit der Flüssigkeit durch Impfung festgestellt.
6. Milzbrandbazillensporen, am Tage vorher auf einer Glasplatte getrocknet (in einer Schicht von ungefähr $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{2}$ mm Dicke).
7. Kartoffelbazillen, sporenhaltig, im Monat September auf Stückchen Filtrierpapier eingetrocknet.
8. Ein sehr kleiner Bazillus, auf Kartoffeln einen dünnen braunen Überzug bildend, sporenhaltig. Auf einer dünnen (ca. 1 bis 2 mm) Kartoffelscheibe eingetrocknet (3 Monate alt).
9. Heubazillen, sporenhaltig, im September an Filtrierpapierstückchen eingetrocknet.
10. Ein auf Kartoffeln gewachsener, dicke, bräunliche Membran bildender Bazillus. Vor $1\frac{1}{2}$ Jahren auf einer dünnen Kartoffelscheibe eingetrocknet.
11. Erde aus dem Tierarzneischulgarten, am Tage vorher getrocknet.

Von sämtlichen Objekten wurde, um Kontrollversuche anstellen zu können, ein Teil zurückbehalten.

Die Gläser mit ihrem Inhalt blieben $1\frac{1}{2}$ Stunden im Desinfektionsapparat. Sie wurden dann nach dem Laboratorium geschafft, daselbst erst geöffnet und kleine Teile der Gegenstände sofort nach dem Öffnen und unter allen Vorsichtsmaßregeln (geglühte Instrumente usw.) zur Vermeidung etwaiger Verunreinigungen in geeignete Nährsubstanzen gebracht.

Nr. 3 und 10 kamen auf gekochte Kartoffelscheiben.

Nr. 1 und 2 auf Heugelatine.

Mit Nr. 4 wurde eine Maus geimpft.

Nr. 5 wurde mit einem Tropfen sterilisierten Fleischinfuses im hohlen Objektträger kultiviert.

Nr. 6, 7, 8, 9, 11 kamen auf Nährgelatine.

Von jedem der erhitzten Objekte wurden mehrere Präparate und zu jedem einzelnen Präparat wurde ein Kontrollpräparat von den zurückbehaltenen, nicht erhitzten Objekten angefertigt.

Bei der wiederholten Revision der Kulturpräparate am folgenden und zweiten Tage ergab sich folgendes Resultat:

Nr.	Desinfektionsobjekt	Erhitzt	Nicht erhitzt (Kontrollversuch)
1	<i>Penicillium glaucum</i>	Keine Entwicklung	Gewachsen
2	<i>Asperg. nigr.</i>	Von sämtlichen 4 ausgelegten Stückchen ein kräftiges Myzel ausgehend	Gewachsen
3	<i>Microc. prod.</i>	Keine Entwicklung	Gewachsen
4	Mäusesepticämie	Die geimpfte Maus ist gesund geblieben	Kontrollmaus am 12. November an Septicämie gestorben
5	Kaninchensepticämie	Keine Entwicklung	Gewachsen
6	Milzbrandsporen (frisch eingetrocknet)	Kräftige Entwicklung	Gewachsen

Nr.	Desinfektionsobjekt	Erhitzt	Nicht erhitzt (Kontrollversuch)
7	Kartoffelbazillen	Gewachsen	Gewachsen
8	Kleiner Bazillus	Gewachsen	Gewachsen
9	Heubazillen	Gewachsen	Gewachsen
10	Bazillen (dicke, bräunliche Membran bildend)	Gewachsen	Gewachsen
11	Gartenerde	Entwicklung verschiedener Arten von Bazillen	Gewachsen

Mit einem Teil der erhitzten, Milzbrandsporen enthaltenden Probe Nr. 6 wurde überdies eine Maus geimpft. Dieselbe starb nach 23 Stunden an Milzbrand.

Die Desinfektionsproben waren ungefähr $1\frac{1}{2}$ Stunden im Apparat gewesen und länger als eine Stunde über 100° C, schließlich bis auf 123° C erhitzt. Die Wirkung, welche dadurch auf die verschiedenen Gruppen der Objekte erzielt war, machte sich in einer sehr ausgesprochenen und mit allen übrigen Erfahrungen über die Widerstandsfähigkeit der Mikroorganismen im Einklang stehenden Weise geltend. Es waren nämlich in allen denjenigen Objekten, welche sporenfreie Bakterien enthielten (Nr. 3, 4, 5), die Bakterien getötet. Von den beiden sporenhaltigen Pilzproben (Nr. 1 und 2) hatten sich in der einen die Sporen entwicklungsfähig gehalten. Auf sämtliche Objekte, welche Bazillensporen enthielten, hatte die Hitze gar keinen bemerkbaren nachteiligen Einfluß gehabt. Von einer ausreichenden Desinfektion war dies Resultat also noch weit entfernt.

Zweiter Versuch (am 16. November 1880). Der neue Apparat war seit 7 Uhr morgens geheizt und im Laufe des Vormittags einmal zur Desinfektion benutzt. Die Dampfspannung betrug 5 Atmosphären. Die Luftöffnungen waren sämtlich geschlossen. Der Versuch begann um 12 Uhr 15 Minuten.

Beim Öffnen der Tür erzeugte die aus dem Apparat ausströmende feuchte Luft in dem kühlen Vorraum einen dichten Nebel.

Gang der Temperatur (nach dem Pyrometer):

12 Uhr 15 Minuten	120° C
12 „ 30 „	123° C
1 „ 15 „	126° C
1 „ 45 „	128° C

(Beendigung des Versuches.)

Als der Apparat nach $1\frac{1}{2}$ Stunden, beim Ende des Versuches, geöffnet wurde, trat wieder eine starke Nebelbildung im Vorraum ein und an der Innenfläche der Tür floß die niedergeschlagene Feuchtigkeit in Tropfen herab. Der Apparat war absichtlich während dieses Versuches nicht ventiliert.

Bei der Herausnahme der eingelegten Objekte blieb die Tür etwa $1\frac{1}{2}$ Minuten geöffnet und ein Arbeiter ging mehrere Male in den Apparat hinein und wieder heraus. Nachdem die Tür wieder geschlossen war, zeigte das Pyrometer nur $1\frac{1}{2}$ bis 2° weniger als vor dem Öffnen.

Die Objekte waren in derselben Weise vorbereitet und befanden sich in mit Watte verschlossenen Reagenzgläsern, wie bei dem vorigen Versuch. Sie wurden möglichst bald nach Beendigung des Versuches auf die Entwicklungsfähigkeit der in ihnen enthaltenen Mikroorganismen geprüft und zu jedem ein Kontrollpräparat mit unerhitzten Substanzen angefertigt.

Über die bei diesem Versuche zur Verwendung gekommenen Substanzen und den Einfluß der Erhitzung gibt die nachstehende Tabelle Auskunft.

Nr.	Desinfektionsobjekt	Erhitzt	Nicht erhitzt (Kontrollversuch)	
1	<i>Micrococcus prodigiosus</i>	Keine Entwicklung	Kräftige Entwicklg.	Sporenfreie Objekte
2	Kleiner Bazillus, nicht zur Sporenbildung gekommen, auf Kartoffeln einen hellbraunen Überzug bildend	Keine Entw.	Ebenso	
3	Bakterien des blauen Eiters, auf Kartoffeln kultiviert	Keine Entw.	Ebenso	
4	Gelber Mikrokokkus auf Kartoffeln (Reinkultur)	Keine Entw.	Ebenso	
5	Rosa Hefe	Keine Entw.	Ebenso	
6	Blut einer an Septicämie gestorbenen Maus	Impfung einer Maus erfolglos	Geimpfte Maus stirbt an Septicämie	
7	Frisch getrocknete Milz von einem an Impfmilzbrand gestorbenen Meerschweinchen	Impfung einer Maus erfolglos	Geimpfte Maus stirbt an Milzbrand	Pilzsporen
8	Sporen von <i>Penicill. glauc.</i>	Keine Entw.	Kräftige Entw.	
9	Sporen von <i>Aspergill. nig.</i>	Keine Entw.	Ebenso	
10	Sporen von <i>Botrytis vulg.</i>	Keine Entw.	Ebenso	Bazillensporen, zum erstenmal erhitzt
11	Sporenhaltige unbewegliche Bazillen (auf Kartoffeln einen grauroten Überzug bildend)	Ungestörte Entw.	Ebenso	
12	Heubazillensporen (seit 4 Monaten getrocknet)	Ungestörte Entw.	Ebenso	
13	Kartoffelbazillen, sporenhaltig	Ungestörte Entw.	Ebenso	
14	Milzbrandsporen (4 Tage vorher eingetrocknet)	Um 20 Stunden verspätete, aber übrigens kräftige Entwicklung	Ebenso	
15	Milzbrandsporen (4 Wochen vorher getrocknet)	Ebenso	Ebenso	
16	Milzbrandsporen (3 Monate vorher getrocknet)	Ebenso	Ebenso	
17	Sporenhaltiges Milzbrandblut (vor 8 ½ Jahren eingetrocknet)	Ebenso	Ebenso	Bazillensporen, zum zweitenmal erhitzt
18	Sporenhaltige Gartenerde	Ungestörte Entw.	Ebenso	
19	Heubazillensporen	Dieselben Proben, welche am 9. Nov. schon einmal erhitzt waren	Ungestörte Entw.	
20	Kartoffelbazillensporen		Ungestörte Entw.	
21	Milzbrandsporen		Verspätete, aber kräftige Entw.	

Vom ersten Versuch unterschied sich dieser zweite dadurch, daß sofort mit einer höheren Temperatur begonnen und diese während 1 ½ Stunden von 120° bis 128° gesteigert wurde. Die drei Gruppen der Objekte, die sporenfreien, pilzsporenhaltigen und bazillensporenhaltigen hatten außerdem noch mehr Repräsentanten erhalten als beim ersten Versuch. Die höhere Temperatur hätte eine bedeutendere Desinfektionswirkung erwarten lassen. Doch zeigte sich hierin nur in einem Punkte ein Fortschritt gegen den vorigen Versuch. Es wurden nämlich diesmal außer den sporenfreien Bakterien, denen noch eine Hefeart beigelegt war, auch sämtliche Pilzsporen getötet. Den Bazillensporen hatte dagegen auch die gesteigerte Hitze nichts geschadet.

Bei dieser Gelegenheit wurde auch noch ein speziell für die Hitzedesinfektion in letzter Zeit wiederholt und von verschiedenen Seiten in Vorschlag gebrachtes Verfahren geprüft. T y n d a l l hatte gefunden, daß das wegen seines Gehaltes an Bazillensporen so überaus schwierig durch Hitze zu sterilisierende Heuinfus sehr sicher von diesen Sporen befreit werden kann durch wiederholtes kurzdauerndes Erhitzen, welches nicht einmal

bis zur Siedetemperatur getrieben zu werden braucht. Diese Erfahrung hat man sich auch für die Hitzedesinfektion zunutze machen zu können geglaubt und anempfohlen, die zu desinfizierenden Gegenstände nicht einmal und längere Zeit, sondern wiederholt und jedesmal nur kurze Zeit zu erhitzen, um eine weit höhere Wirkung zu erzielen. Diejenigen, von denen dieser Vorschlag ausgegangen ist, haben sich indessen den Unterschied, welcher zwischen der Sterilisierung eines Heuinfuses und der Desinfektion irgendeines Gegenstandes, beispielsweise eines Kleidungsstückes, besteht, nicht klar gemacht. Das Heuinfus ist nicht allein der Träger von Infektionskeimen, in diesem Falle Sporen der Heubazillen, sondern es ist zugleich auch eine für diese Keime sehr günstige Nährlösung. Diejenigen Sporen, welche durch das erstmalige Erhitzen nicht getötet wurden, müssen in dieser Nährlösung über kurz oder lang die Dauerform aufgeben und sich in die Bazillenform verwandeln, in welcher sie mit großer Sicherheit schon durch verhältnismäßig niedrige Hitzegrade vernichtet werden. Deswegen kann man auch nicht sagen, daß das nachfolgende Erhitzen auf eine sporenhaltige Flüssigkeit, sondern auf eine bazillenhaltige einwirkt. Die Verhältnisse haben sich zwischen erstem und zweitem Erhitzen bedeutend geändert und es ist aus einer schwierig zu sterilisierenden eine leicht zu sterilisierende Flüssigkeit geworden. Ganz anders liegen die Verhältnisse aber bei Desinfektionsobjekten, welche fast ausnahmslos nur Träger und nicht auch Ernährer der Infektionskeime sind. Vorausgesetzt, daß letztere in einer den Bazillensporen ähnlichen widerstandsfähigen Form den Objekten anhaften, beispielsweise Milzbrandsporen an Tierhaaren, dann bleiben sie nach der ersten Erhitzung immer noch in der Form von Sporen. Sie können in dem Objekt, welchem sie anhaften, weil ihnen dieses keine Nährstoffe und nicht die zum Auskeimen ganz unerläßliche Feuchtigkeit bietet, nicht zur Weiterentwicklung kommen. Wollte man auch die Desinfektionsobjekte inzwischen befeuchten, so würden immer noch die Nährstoffe fehlen. Auf alle Fälle trifft also die zweite und eventuell auch die weiteren darauf folgenden Erhitzungen die Keime immer noch in der Sporenform an und kann ihnen ebensowenig etwas anhaben als die erste Erhitzung. Es ließ sich also schon von vornherein erwarten, daß eine wiederholte Erhitzung keine andere Wirkung haben würde, wie eine einmalige. Der Versuch bestätigt diese Voraussetzung vollauf. Wir hatten einige der im ersten Versuch schon einmal der Hitzedesinfektion unterworfenen sporenhaltigen Objekte bei diesem Versuch zum zweitenmal in den Apparat gebracht. Wie aus der Tabelle (Nr. 19, 20, 21) zu ersehen ist, haben dieselben aber auch durch diese zweifache Erhitzung ihre Entwicklungsfähigkeit nicht verloren.

Dritter Versuch (am 23. November). Da sich die bisher erreichten Temperaturen von 123° und 128° C nicht ausreichend erwiesen hatten, die Bazillensporen zu töten, so beabsichtigten wir, um überhaupt zu erfahren, bei welcher Temperatur und binnen welcher Zeit dieses Ziel zu erreichen sein würde, eine möglichst hohe Temperatur dieses Mal anzuwenden. Wie früher schon erwähnt wurde, lassen sich in dem alten Apparat bei gleicher Dampfspannung höhere Temperaturen erzielen als im neuen und es wurde deswegen dieser Versuch in ersterem ausgeführt.

Die Luft im Apparat war stark feucht, weil kurz vor dem Anheizen eine Reparatur des Heizrohres vorgenommen werden mußte und dabei Wasser in den Apparat gekommen war.

Etwa eine Stunde vor Anfang des Versuches hatte die Heizung bei einer Dampfspannung von $5\frac{3}{4}$ Atmosphären begonnen.

Die Temperatur während des Versuches am Pyrometer abgelesen war folgende:

12 Uhr 15 Minuten	147° C
12 „ 30 „	148° C

12 Uhr 45 Minuten	146° C
1 „ — „	149½° C
1 „ 10 „	151½° C
1 „ 15 „	153° C

Die Desinfektionsproben waren ebenso wie in den beiden vorhergehenden Versuchen in Reagenzgläser eingelegt und wurden in einem kleinen Gefäß von Eisenblech 58 cm tief durch die Öffnung im Deckel des Apparates in den Innenraum desselben eingehängt. Zugleich wurden noch einige Maximalthermometer hineingelassen, von denen sich eins oberhalb des Gefäßes, welches die Probeobjekte enthielt, in einer Tiefe von 39 cm, zwei Thermometer in dem Gefäß selbst und eins unterhalb desselben 135 cm tief befand.

Nach einer Stunde wurden die Probeobjekte und die Maximalthermometer aus dem Apparat herausgenommen.

Die Thermometer zeigten folgende Temperaturen:

in einer Tiefe von 39 cm	140° C
im Blechgefäß (58 cm)	140° C
in einer Tiefe von 135 cm	139,5° C

Die Temperaturverteilung war demnach in den verschiedenen Höhen eine sehr gleichmäßige gewesen.

Als Probeobjekte waren dieses Mal nur sporenhaltige Substanzen genommen, und zwar drei verschiedene Bazillensorten, darunter Heubazillen mit Sporen, zwei verschiedene Proben von Milzbrandsporen und sporenhaltige Gartenerde.

Die Milzbrandsporen hatten von der Hitze etwas gelitten, denn es kamen weniger zur Entwicklung und etwas später, als im Kontrollpräparat. Alle übrigen Bazillensporen waren durch die Hitze nicht merklich beeinflusst.

Noch höhere Temperaturen als die in diesem Versuch erreichten von 140° (153° nach dem Pyrometer) ließen sich nicht erzielen, es mußte also die Zeit der Hitzewirkung verlängert werden.

Vierte r Versuch (am 30. November 1880). Im alten Apparat zeigte das Pyrometer beim Beginn des Versuches 152° C (6 Atmosphären Dampfspannung). Der weitere Gang der Temperatur war nach dem Pyrometer folgender:

1 Uhr — Minuten	152° C
2 „ — „	153° C
2 „ 30 „	155° C
3 „ — „	158° C
3 „ 30 „	160° C
4 „ — „	158° C

Außer der hauptsächlich durch diesen Versuch zu erledigenden Frage, ob es mit den höchsten im Apparat zu erreichenden Temperaturen und bei einer dreistündigen Dauer nicht doch möglich sein sollte, die Bazillensporen zu töten, sollte zugleich das Eindringen und die Verteilung der Temperatur in einen mäßig großen Gegenstand bestimmt und der Einfluß der Hitze auf eine Reihe von Stoffen geprüft werden, welche für die Desinfektionspraxis in Frage kommen können. Es wurden zu diesem Zwecke folgende Gegenstände in den Apparat gebracht:

1. Eine Anzahl von Reagenzgläsern mit Desinfektionsobjekten und ein Maximalthermometer in Filtrierpapier und Zeitungspapier gewickelt und an einem 1 m langen Bindfaden aufgehängt.

2. Eine Anzahl wollener Decken zu einem Bündel aufgewickelt, welches in der Mitte ein Maximalthermometer und zwei Reagenzgläser mit Gartenerde und altem Milzbrand-

blut enthielt. Zwischen die der Länge nach einmal zusammengelegten Decken wurden beim Aufwickeln die Maximalthermometer so verteilt, daß nach zwei Schichten der zusammengelegten Decke (also 4 Lagen) jedesmal ein Thermometer eingeschaltet wurde.

Das letzte Thermometer war von der Luft durch 8 Lagen der Decken getrennt.

Das Bündel, welches der Thermometer wegen lose gewickelt und mäßig fest mit einem Bindfaden umschnürt war, hatte einen Umfang von 106 cm, Länge von 72 cm und Durchmesser von 36 cm.

3. Ein leinener Beutel mit Stoffproben.

Die Maximalthermometer zeigten nach Beendigung des Versuches:

1. Das mit den Reagenzgläsern zusammen in Papier eingewickelte: 145° C.
2. Die in die wollenen Decken eingewickelten:

Nr. 1	93½° C	}	Der Reihe nach von außen nach innen aufgezählt.
Nr. 2	79½° „		
Nr. 3	95° „		
Nr. 4	94½° „		
Nr. 5	94° „		
Nr. 6	72° „		
Nr. 7	70° „		

Zu erwähnen ist, daß bei mehreren der in die Decken eingelegten Maximalthermometer, weil man eine so niedrige Temperatur nicht erwartet hatte, der Quecksilberfaden nur ungefähr bis zu 95° hinabgestoßen war. Deswegen zeigen Nr. 3, 4 und 5 höhere Temperaturen als Nr. 2.

Die Decken waren beim Aufwickeln im Innern feucht anzufühlen, das trockene, vorher harte und spröde Milzbrandblut war weich geworden, so daß es sich beim Einlegen in die Kulturflüssigkeit leicht in kleine Stückchen zerteilen ließ.

Die in den Reagenzgläsern befindlichen, also der vollen Einwirkung der Hitze ausgesetzten Objekte, von den nämlichen sporenhaltigen Substanzen genommen wie im vorigen Versuch, also drei verschiedene Bazillensorten mit Sporen, zwei Proben von Milzbrandsporen und sporenhaltige Erde, welche sämtlich in dem vorigen Versuch sich widerstandsfähig gezeigt, hatten diesmal, wie mehrfache Kulturversuche auf verschiedenem günstigen Nährmaterial erwiesen, ihre Entwicklungsfähigkeit eingebüßt. Sämtliche zur Kontrolle angefertigten Kulturproben hatten sich in gewöhnlicher Weise entwickelt. Das erstrebte Ziel war also endlich erreicht und festgestellt, daß durch dreistündiges Erhitzen auf ungefähr 140° C die Bazillensporen vernichtet werden.

Für die Desinfektion sehr wenig günstig hatten sich die Temperaturverhältnisse in dem Deckenbündel gestaltet. Die Temperatur war anscheinend nur sehr langsam eingedrungen und hatte in der Mitte des nur 36 cm dicken Objektes einen verhältnismäßig sehr niedrigen Stand erreicht. Dementsprechend hatten die beiden in der Mitte des Deckenbündels eingeschlossenen Objekte, altes Milzbrandblut und Gartenerde, ihre volle Entwicklungsfähigkeit bewahrt. Eine mit dem Milzbrandblut geimpfte Maus starb am folgenden Tage an Milzbrand.

Über den Einfluß der Hitze auf die Stoffproben gibt folgende Übersicht Auskunft. Die Proben waren schon zwei Stunden vor Beginn des Versuches beim Anheizen des Apparates in kleine leinene Beutel verpackt hineingelegt und blieben bis zur Herausnahme der Desinfektionsobjekte (also im ganzen fünf Stunden) darin.

An diesen Proben, von denen Kontrollstücke zurückbehalten waren, zeigten sich folgende Veränderungen:

Leinene Beutel	gelb geworden.
Weiße Seide	gelb geworden, der Glanz ist verändert.
Rote Seide	die Farbe hat einen etwas helleren Ton angenommen, der Glanz ist verändert.
Leinwand	ziemlich stark und ganz gleichmäßig bräunlich verfärbt.
Watte	bräunlich gefärbt und brandig riechend.
Ungebleichte Gaze	gelb gefärbt.
Gaze (steife)	gelb gefärbt.
Weißes Wollgarn	gelb geworden, von brenzlichem Geruch.
Blaues Tuch	in der Farbe abgeblaßt und etwas schmutzig verfärbt.
Schwarzes Tuch	geringe Veränderung in Farbe und Glanz.
Buckskin	in der Farbe nicht verändert, doch ist der Glanz verloren.
Zeitungspapier (hatte z. Einwickeln gedient)	stark bräunlich gefärbt, brüchig und leicht zerreiblich.
Jute	dunkler gefärbt, sonst nicht verändert.
Ungefärbte Indiafaser	bräunlich geworden, leichter zerreiblich.
Gefärbte Indiafaser	die Farbe hat einen bräunlichen Ton an- genommen, die Faser ist brüchig.
Roßhaare	unverändert.
Seegras	brandig riechend.
Weißer Bettfedern	gelb geworden.
Putzleder	stellenweise dunkler gefärbt und an diesen Stellen härter.
Saffianleder (blau)	dunkel schmutzigblau verfärbt und leichter zerreibbar.
Saffianleder (grün)	ebenso verändert.
Gepreßtes Leder	etwas härter geworden.

Am 7. Januar 1881 wurde hierzu noch folgender Parallelversuch im Laboratorium angestellt:

Im doppelwandigen Trockenkasten wurde auf mit Watte gefüllten Bechergläsern eine Schicht Watte in solcher Höhe ausgebreitet, daß sie bis an die Kugel des Thermometers reichte und auf diese Watteschicht dicht neben die Thermometerkugel kleine Pakete von Fließpapier gelegt, welche Proben von denselben Stoffen wie im vorstehend beschriebenen Versuch enthielten. Der Apparat wurde dann drei Stunden lang auf einer Temperatur von 135° bis 140° C erhalten.

Sämtliche Proben zeigten sich danach in ganz derselben Weise verändert wie nach der Erhitzung im alten Desinfektionsapparat des Barackenlazarettes. Weiße Seide, Leinwand, Watte, weißes Wollgarn waren gelb geworden und hatten einen süßlichen, schwachbrenzlichen Geruch angenommen; Zeitungspapier war gelb und brüchig geworden; blaues Tuch heller gefärbt und glanzlos; weiße Federn gelblich. Drei verschiedene Proben Schreib- und Briefpapier waren auffallend gebräunt.

Dieser letzte Versuch beweist, daß bei derjenigen Temperatur und Zeitdauer der Desinfektion, welche zur Vernichtung aller Keime organischen Lebens erforderlich ist, fast alle Stoffe, welche der Hitzedesinfektion zugänglich sind, mehr oder weniger beschädigt werden.

Fünfter Versuch (im alten Apparat am 14. Dezember 1880). Das gegen alles Erwarten langsame und geringe Eindringen der Hitze in das Bündel wollener Decken beim vorigen Versuch veranlaßte uns, die für die Desinfektionspraxis so überaus wichtige Frage nach der Verteilung der Wärme im Innern von Paketen, Warenballen usw. noch eingehender zu untersuchen. Zu diesem Zwecke wurde in verschiedene Ballen und Pakete je ein Maximalthermometer und ein Päckchen mit leichter und schwieriger zu desinfizierenden Objekten eingelegt und 3 Stunden lang einer möglichst hohen Hitze ausgesetzt.

Der Versuch begann nachmittags um 1 Uhr bei einem Dampfdruck von $5\frac{3}{4}$ Atmosphären. Letzterer schwankte während der Versuchsdauer zwischen $5\frac{1}{2}$ und 6 Atmosphären.

Das Pyrometer zeigte:

1	Uhr	133° C
1	„ 5 Minuten . . .	140° „
1	„ 10 „	144° „
1	„ 15 „	147° „
1	„ 30 „	153° „
2	„ 30 „	155° „
3	„ 30 „	158° „
4	„ — „	159° „
4	„ 10 „	156° „

Versuch beendigt.

Über die Verpackung der Desinfektionsobjekte, die erzielte Maximaltemperatur, Desinfektionsresultat usw. gibt die nachfolgende Tabelle Auskunft.

Nummer	Angabe der Verpackung	Inhalt	Erreichte Maximaltemp. ° C	Einfluß der Desinfektion auf leicht zu vernichtende Mikroorganismen	Einfluß auf sporenhaltige Substanzen	Bemerkungen
1	Ein Paket Kleider in einem Sack (Überzieher, Rock, Hemd, Hose, Weste). 45 cm lang, 45 cm breit, 25 cm dick	In einer Rocktasche ein Thermometer und in Fließpapier eingewickelt Garten-erde, an Seidenfäden getrocknete Milzbrandsporen, <i>Microc. prodig.</i> , blauer Eiter	121 $\frac{1}{2}$	<i>Microc. prodig.</i> und blauer Eiter auf gekochten Kartoffeln nicht mehr entwicklungsfähig	An Seidenfäden angetrocknete Milzbrandsporen und Gartenerde kommen auf Blutgelatine zur ungestörten Entwicklung	Das Kleiderbündel war am Tage zuvor schon einmal im Desinf.-Apparat gewesen, stark ausgetrocknet. Es hing unmittelbar an der Heizfläche
2	Zwei wollene Decken, ausgebreitet, in ihrer Mitte gefaßt und nebeneinander gehängt, durch einen lose darumgeschlungenen Bindfaden zusammengehalten. 1 m lang, in der Höhe der Thermometerkugel 20 cm Durchm.	Ein Thermometer und das dieselben Objekte wie in Nr. 1 einschließende Päckchen waren dicht oberhalb des umschlingenden Bindfadens angebracht	118 $\frac{1}{2}$	desgl.	desgl.	
3	Zwei Tafeln Watte, lose aufgerollt und mit Bindfaden umschlungen. 70 cm lang, 13 bis 14 cm Durchmesser	Thermometer und dieselben Objekte wie in Nr. 1	111 $\frac{1}{4}$	desgl.	desgl.	

Nummer	Angabe der Verpackung	Inhalt	Erreichte Maximaltemp. ° C	Einfluß der Desinfektion auf leicht zu vernichtende Mikroorganismen	Einfluß auf sporenhaltige Substanzen	Bemerkungen
4	Ein wollenes Hemd und ein Rock Der Länge nach zusammengerollt, das Hemd innen, der Rock außen. 70 cm lang, 18 cm Durchmesser	Thermometer und Objekte wie in Nr. 1	90	<i>Microc. prodig.</i> und blauer Eiter auf gekochten Kartoffeln nicht mehr entwicklungsfähig	An Seidenfäden angetrocknete Milzbrandsporen und Gartenerde kommen auf Blutgelatine zur ungestörten Entwicklung	Die getragenen Kleidungsstücke waren noch nicht vorher im Apparat gewesen (wie Nr. 1). Beim Herausnehmen zeigte sich das Hemd etwas feucht. Beim Einlegen schien es trocken zu sein
5	Eine wollene Decke (hatte auf dem Deckel des Apparates gelegen und war vollkommen trocken) einmal zusammengelegt und dann aufgerollt und lose zusammengeschnürt. 75 cm lang, 13 cm Durchmesser	Thermometer und Objekte wie in Nr. 1	88	desgl.	desgl.	
6	Ein Ballen von Hede, der in einen leinenen Beutel gesteckt wurde. 45 cm Höhe, 35 cm Breite, 27 cm Dicke	Thermometer und Objekte wie in Nr. 1	77 $\frac{1}{4}$	desgl.	desgl.	Beim Verpacken erschien die Hede trocken, beim Herausnehmen war das Packet im Innern stark feucht. Hing unmittelbar an der Heizfläche
7	Großer Ballen von Hede. Mit Bindfaden umschnürt. 50 cm Höhe, 55 cm Durchmesser	Thermometer und Objekte wie in Nr. 1	74 $\frac{1}{2}$	desgl.	desgl.	Die Hede war beim Einlegen des Ballens trocken, beim Herausnehmen feucht. Hing ebenfalls an der Heizfläche
8	Kleines eisernes freihängendes Gefäß	Thermometer und Objekte wie in Nr. 1	139 $\frac{1}{2}$	desgl.	Sowohl Milzbrandsporen als die Sporen der Gartenerde hatten ihre Entwicklungsfähigkeit verloren	

Für sämtliche Proben waren Kontrollobjekte zurückbehalten, die sich ausnahmslos entwicklungsfähig zeigten.

Die Maximalthermometer hatten, um sie bequem und mit Sicherheit verpacken zu können, eine in der Gegend der Kugel durchbrochene Blechhülle erhalten.

Das Ergebnis dieses Versuchs war folgendes: Mäßig dicke Pakete und Ballen mit loser Verpackung lassen die Wärme in so geringem Maße eindringen, daß nach dreistündigem Aufenthalt im Apparat bei 140° C nur die leicht zu vernichtenden Mikro-

organismen getötet wurden, Dauersporen aber unverändert blieben. Wollene Stoffe und solche Gegenstände, die vermöge ihrer hygroskopischen Beschaffenheit Wasser absorbiert haben (Hede), setzen dem Eindringen der Wärme den meisten Widerstand entgegen.

Sechster Desinfektionsversuch (im alten Apparat am 21. Dezember 1880). Um noch weitere Erfahrungen über Desinfektion von Effekten, Kleidern, Betten durch Hitze zu gewinnen, wurden die in folgender Tabelle bezeichneten Gegenstände, die ein Päckchen mit sporenhaltiger Gartenerde und an Seidenfäden angetrocknete Milzbrandsporen sowie teilweise Maximalthermometer enthielten, 3 Stunden lang im Apparat möglichst stark erhitzt.

Der Dampfdruck betrug $5\frac{3}{4}$ —6 Atmosphären.

Der Gang der Temperatur, am Pyrometer abgelesen, war:

12 Uhr 30 Min. . . . 153° C

Öffnen und Einlegen der Gegenstände:

12 Uhr 45 Min. . . . 141° C

1 „ 15 „ . . . 151° „

2 „ — „ . . . 154° „

2 „ 30 „ . . . 156° „

3 „ 30 „ . . . 158° „

3 „ 45 „ . . . 157° „

Schluß des Versuches.

Nummer	In den Desinfektionsapparat gebrachte Gegenstände	Erreichte Höhe des Maximalthermometers ° C	Einfluß auf die Entwicklungsfähigkeit der Milzbrandsporen	Einfluß auf die Entwicklungsfähigkeit der Sporen in der Gartenerde	Bemerkungen
1	Ein Beutel mit schmutziger Wäsche, von der zwei Stücke etwas feucht waren. Länge 82 cm, Breite 19 cm, Dicke 15 cm	79	auf Blutgelatine zu sehr kräftiger Entwicklung gekommen	auf Blutgelatine gut entwickelt	beim Auspacken fühlte sich die Wäsche noch feucht an
2	Kopfkissen, sehr lose mit Federn gefüllt, Dicke 24 cm	100 $\frac{1}{2}$	gut entwickelt	kräftige Entwicklung	war am Tage vorher schon einmal erhitzt
3	Ein Rock von Halbtuch, lose mit einem Bindfaden umschnürt. Dicke 15 cm	—	gut entwickelt (um etwa 12 Stunden verspätet)	starkes Wachstum	
4	Einzelne wollene Decke, gut getrocknet (hatte auf dem Apparat gelegen), in der Mitte gefaßt und frei aufgehängt	140	keine Entwicklung	keine Entwicklung	
5	Ebensolche wollene Decke, die auf einem Krankenbett gelegen hatte, ebenso aufgehängt wie Nr. 4	140 $\frac{1}{2}$	keine Entwicklung	keine Entwicklung	
6	Roßhaarmatratze. 14 cm Dicke	133 $\frac{1}{2}$	keine Entwicklung	vereinzelte Bazillenkolonien	hing an der Heizfläche
7	Leinener Krankenrock und Hose	—	keine Entwicklung	vereinzelte Bazillenkolonien	
8	Freihängendes kleines eisernes Gefäß	139 $\frac{3}{4}$	keine Entwicklung	keine Entwicklung	

Die im vorigen Versuch gefundene Tatsache, daß Gegenstände, wenn sie zusammengelegt sind, mehrere Schichten besitzen und nicht zu geringe Dimensionen haben, durch mehrstündiges Erhitzen auf 140°C nicht mehr desinfiziert werden, wurde durch diesen Versuch vollkommen bestätigt. Es läßt sich auch ungefähr die Grenze erkennen, bei welcher die Desinfektion unsicher wird. Einzelne, nicht mit einem Bindfaden umschnürte wollene Decken waren vollständig desinfiziert, während im vorigen Versuch schon das Umlegen eines Bindfadens und das dadurch bewirkte Aneinanderlegen der Falten genügt hatte, um die Desinfektion zu vereiteln. Auch der von einem Faden lose zusammengehaltene Rock von Halbtuch war dementsprechend nicht desinfiziert. Sehr beachtenswert ist der niedrige Stand des Thermometers in Nr. 1, welcher zeigt, ein wie bedeutendes Hindernis in einem kleinen Kleiderbündel ein mäßiger Grad von Feuchtigkeit der Desinfektion mit heißer Luft entgegengesetzt.

Siebenter Versuch (im alten Apparat am 18. Januar 1881). Es kam darauf an, zu erfahren, ob an den Stellen, an welchen bei Decken, Kleidern usw. mehrere Schichten des Stoffes, z. B. durch den zum Aufhängen dienenden Haken oder durch loses Aufeinanderschichten, zusammengedrückt werden, die Desinfektion ausreichend gelingt. Zugleich sollte durch Verteilung der Thermometer innerhalb einer größeren aus wollenen Decken gebildeten Rolle der Gang der Wärme in einem großen Objekt bestimmt werden.

1. Eine wollene Decke wurde mittels eines eisernen Hakens, nachdem sie an ihrem Mittelpunkt aufgenommen war, aufgehängt und an der Aufhängestelle zwischen einfache Deckenschichten ein Päckchen gebracht, das eine Probe sporenhaltiger Erde und an Seidenfäden angetrocknete Milzbrandsporen enthielt.

2. Eine wollene, einmal zusammengelegte Decke wurde über eine eiserne Stange gelegt und zwischen einfachen Deckenschichten oberhalb der Stange ein ebensolches Päckchen wie in Nr. 1 gelegt.

3. Eine zweifach zusammengelegte, stark getrocknete Decke wurde auf die Eisenstäbe am Boden des Apparates gelegt, darauf ein Päckchen wie in Nr. 1 und darüber wieder eine ebensolche Decke, so daß das Päckchen nach oben und nach unten durch 4 locker geschichtete Deckenlagen bedeckt war.

4. Aus 19 wollenen Decken, die einmal der Breite nach zusammengelegt waren, wurde ein großer Ballen durch Aufrollen gebildet. Die Decken hatten 18 Stunden lang bei ca. 120°C im großen Desinfektionsapparat gelegen und waren vollständig ausgetrocknet. In die Mitte des Ballens kam ein Thermometer und je eine Probe von *Micrococcus prodigiosus*, sporenhaltiger Erde und Milzbrandsporen. Nach 4 Windungen der zusammengelegten Decken, also nach 8 Einzelschichten der Decken, wurde wieder ein Thermometer dazwischengelegt, nach weiteren 4 Windungen ein drittes Thermometer und Probe von *Micrococcus prodigiosus*, Erde und Milzbrandsporen, usf. bis zu 7 Thermometern. Das letzte Thermometer war dann noch wieder durch 4 Doppelschichten bedeckt und durch diese von der Luft getrennt. Unter die äußerste einfache Schicht, sowie an derselben Stelle unter die nächstfolgende einfache Schicht wurde noch je ein Päckchen mit Erde und Milzbrandsporen gesteckt, die also nur durch eine resp. zwei wollene Deckenschichten von der Luft des Apparates getrennt waren.

Die Länge des ganzen Ballens betrug 105 cm, der Durchmesser 50 cm, sein Gewicht fast 50 kg.

5. Schließlich wurde noch frei im Blechkästchen ein Thermometer und ein Päckchen mit Erde und Milzbrandsporen aufgehängt.

Um 1 $\frac{3}{4}$ Uhr nachmittags wurde der Apparat geschlossen und um 4 $\frac{3}{4}$ Uhr, also nach 3 Stunden, wieder geöffnet. Während dieser Zeit zeigte ein statt des in Unordnung geratenen Pyrometers an dessen Stelle eingeführtes Thermometer:

2 Uhr	131° C
2 „ 20 Minuten	135° C
2 „ 45 „	137 $\frac{1}{2}$ ° C
3 „ 25 „	140° C
4 „ 20 „	140° C
4 „ 45 „	140° C

Beim Einlegen der Gegenstände war eine kleine, schon mehrere Jahre im Gebrauch befindliche Holzterappe benutzt und im Apparat stehen geblieben. Beim Öffnen des Deckels fiel sofort ein penetranter Harzgeruch auf und an dem Holz der Treppe zeigten sich beträchtliche Mengen Harz ausgeschwitzt und daran herabgeströmt.

Das Resultat des Versuches in bezug auf Stand der Thermometer und Entwicklungsfähigkeit der Bakterien zeigt folgende Tabelle:

Rolle von wollenen Decken.

	Thermometer	<i>Micrococcus prodigiosus</i>	Milzbrandsporen	Sporenhaltige Erde
I.	Von der Mitte ausgehend: Nicht abzulesen, dem Gefühl nach 35°	gewachsen	gewachsen	gewachsen
II.	Nicht abzulesen, dem Gefühl nach 40°	—	—	—
III.	Mit einem ärztlichen Thermometer nachträglich 44° C bestimmt	gewachsen	gewachsen	gewachsen
IV.	Unter 65° auf 57° geschätzt	—	—	—
V.	Unter 73° auf 70° geschätzt	gewachsen	gewachsen	gewachsen
VI.	83 $\frac{3}{4}$ °	—	—	—
VII.	100°	nicht mehr entwicklungsfähig	gewachsen	gewachsen
	unter einer zweifachen Deckenschicht:		nicht gewachsen	vereinzelte Bazillenkolonien gewachsen
	unter einer einfachen Deckenschicht:		nicht gewachsen	nicht gewachsen
	Freihängendes Thermometer 139°		nicht gewachsen	nicht gewachsen
	Wollene Decke an eisernem Haken hängend		nicht gewachsen	nicht gewachsen
	Wollene Decke über eine eiserne Stange gelegt		nicht gewachsen	nicht gewachsen
	Zwei wollene Decken lose aufeinandergelegt		nicht gewachsen	nicht gewachsen

Der Versuch hatte also ergeben, daß die Aufhängepunkte usw. genügend desinfiziert werden. Für den Gang der Temperatur bei ihrem Eindringen in die aus wollenen Decken gebildete Rolle ließ sich, weil die Thermometer nur mit Skalen von 65°—70° aufwärts versehen waren, ein richtiges Bild noch nicht gewinnen. Es wurde deswegen beschlossen, diesen Versuch, und zwar gleichzeitig mit trockenen und in einer zweiten Rolle mit feuchten Decken zu wiederholen und dazu Thermometer mit Skalen bis zu 20° zu benutzen.

Achter Versuch (im alten Apparat am 28. Januar 1881). In derselben Weise wie beim vorhergehenden Versuch wurden zwei Rollen hergestellt, die eine aus trockenen, die andere aus durch Besprengen mit Wasser feuchtgemachten wollenen Decken.

Die Decken waren, um der Rolle eine Länge von ungefähr 1 m zu geben, einmal zusammengelegt; also bestand auch diesmal jede Windung der Rolle aus zwei einfachen Deckenschichten. Die Thermometer wurden so verteilt, daß eins in die Mitte kam und immer nach vier weiteren Windungen ein Thermometer, im ganzen acht Thermometer, eingelegt wurden. Über das letzte Thermometer kamen noch vier Windungen, so daß die Rolle 32 Windungen oder 64 einfache Deckenschichten hatte. In jeder Rolle befanden sich außerdem vier Päckchen mit Bakterienproben, und zwar drei mit *Micrococcus prodigiosus*, sporenhaltiger Erde, Milzbrandsporen, und eins, welches am weitesten nach außen zu liegen kam und nur sporenhaltige Erde und Milzbrandsporen enthielt. Von diesen Bakterienproben kam eine ebenfalls in die Mitte, die anderen waren durch je sechs Windungen voneinander getrennt.

Die Rollen hatten eine Länge von 1 Meter und einen Durchmesser von etwas über einen halben Meter. Sie waren mit starkem Bindfaden fest umschnürt.

Außer diesen beiden großen Rollen wurden noch zwei kleinere, welche als Vergleichsobjekte zwischen diesen Versuchen mit heißer Luft und anderen mit Wasserdampf als Desinfektionsmittel dienen sollten, in den Desinfektionsapparat mit hineingelegt.

Die eine bestand aus einmal zusammengelegtem Flanell und hatte 20 Windungen. Ein Thermometer und ein Paket mit *Micrococcus prodigiosus*, Erde und Milzbrandsporen lag in der Mitte und ein zweites Thermometer zwischen der 10. und 11. Windung. Ihre Länge betrug 25 cm, die Dicke 15 cm.

Die zweite, feuchtes schwarzes grobes Tuch, war 8 cm dick und 25 cm lang. Sie enthielt ebenfalls in der Mitte ein Thermometer und ein kleines Paket mit Proben von *Micrococcus prodigiosus*, sporenhaltiger Erde und Milzbrandsporen.

Schließlich wurde noch ein Pelz, mit der Haarseite nach außen, der Länge nach zusammengelegt und in der Mitte mit einem Bindfaden umschnürt, in dem Apparat aufgehängt. Oberhalb des Bindfadens wurde ein Thermometer und ein Paket mit sporenhaltiger Erde und Milzbrandsporen in den Pelz gesteckt.

Der Temperaturgang während des 4 Stunden dauernden Versuches war am Pyrometer abgelesen:

2	Uhr	—	Minuten	. . .	125°	C
2	„	20	„	. . .	140°	„
3	„	—	„	. . .	145°	„
4	„	—	„	. . .	148°	„
4	„	30	„	. . .	148°	„
5	„	—	„	. . .	150°	„
5	„	30	„	. . .	148°	„
6	„	—	„	. . .	148°	„

Nach dem Öffnen fand sich, daß die aus trockenen Decken gebildete Rolle durchweg trocken geblieben war.

Die aus angefeuchteten Decken gewickelte Rolle war nur in den äußersten Windungen trocken, von da ab gleichmäßig feucht, in der Mitte schien sie, weil die Decken beim Beginn des Aufrollens nur wenig angefeuchtet waren, fast trocken.

Die Flanellrolle war außen trocken, nach der Mitte zu kaum merklich feucht.

Die feucht eingelegte Tuchrolle war äußerlich trocken, im Innern reichlich feucht.

Der Pelz außen trocken und hart, im Innern etwas feucht.

In den beiden Deckenrollen zeigten die Thermometer
und zwar in der trockenen:

In der Mitte . . .	34,5 ⁰ C
Nach 4 Windungen	43,0 ⁰ „
„ 8 „	52,7 ⁰ „
„ 12 „	66,5 ⁰ „
„ 16 „	74,0 ⁰ „
„ 20 „	76,5 ⁰ „
„ 24 „	83,4 ⁰ „
„ 28 „	100,0 ⁰ „

in der feuchten:

In der Mitte . . .	45,8 ⁰ C
Nach 4 Windungen	53,8 ⁰ „
„ 8 „	55,0 ⁰ „
„ 12 „	61,2 ⁰ „
„ 16 „	67,0 ⁰ „
„ 20 „	70,5 ⁰ „
„ 24 „	73,7 ⁰ „
„ 28 „	74,4 ⁰ „

Im Pelz war das Thermomter auf 86,0⁰ C gestiegen.

Das Thermometer der feuchten Tuchrolle zeigte 81,0⁰ C.

In der Flanellrolle: das Thermometer

in der Mitte	83,0 ⁰ C
zwischen 10. und 11. Windung	92,0 ⁰ „

Das Thermometer im freihängenden Blechkasten zur Bestimmung der Temperatur im Apparat stand auf 138,2⁰ C.

Über den Einfluß der Desinfektion auf die Bakterienproben gibt folgende Tabelle Aufschluß, in welcher registriert ist, ob die Proben auf Nährgelatine (resp. gekochten Kartoffeln) ein Wachstum der Bakterien erkennen ließen oder nicht.

Trockene Deckenrolle:		Feuchte Deckenrolle:	
Mitte	<i>Microc. prod.</i> gewachsen,	Mitte	<i>Microc. prod.</i> gewachsen,
Nach 6 Windungen	„ „ „	Nach 6 Windungen	„ „ „
„ 12 „	„ „ „	„ 12 „	„ „ „
	Bazillensporen der Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen.		Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen.
„ 18 „	Bazillensporen der Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen, <i>Microc. prod.</i> gewachsen.	„ 18 „	<i>Microc. prod.</i> nicht gewachsen, Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen.
„ 24 „	Bazillensporen der Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen.	„ 24 „	Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen.
	Flanellrolle: <i>Microc. prod.</i> nicht gewachsen, Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen.		
	Tuchrolle. . <i>Microc. prod.</i> nicht gewachsen, Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen.		
	Pelz Erde gewachsen, Milzbrandsporen gewachsen.		

Die im freiaufgehängten Blechkasten gewesenen Proben von Erde und Milzbrandsporen hatten ihre Entwicklungsfähigkeit verloren.

Mit Hilfe der niedrige Temperaturen anzeigenden Maximalthermometer war durch diesen Versuch der vorige ergänzt und es hatte sich ganz evident herausgestellt, daß, wenn größere Gegenstände in heißer Luft sich befinden, die Hitze auffallend langsam in das Innere derselben eindringt. Auch macht es für große Objekte keinen wesentlichen Unterschied, ob sie trocken oder feucht sind. Im vorliegenden Falle hatte selbst eine vier Stunden andauernde Temperatur von annähernd 140⁰ C im Apparat noch nicht ausgereicht, um die am leichtesten durch Hitze zu vernichtenden Bakterien, wie *Micrococcus prodigiosus*, in einer verhältnismäßig geringen Tiefe derselben ihrer Entwicklungsfähigkeit zu berauben.

Neunter Versuch (im alten Apparat am 1. Februar 1881). Das Resultat des vorigen Versuches schien uns für die Frage nach der praktischen Verwertbarkeit der heißen Luft als Desinfektionsmittel von so großer Wichtigkeit, daß wir noch einen ähnlichen Versuch anzustellen beschlossen.

In den Apparat wurden folgende Gegenstände gebracht:

1. Werg, das in ein quadratisches Gestell von dünnen Holzleisten mit 0,65 m Seitenlänge möglichst fest hineingepreßt war. In demselben waren 7 Thermometer folgendermaßen verteilt:

Thermometer Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Distanz von außen in cm	8½	14½	20½	26½	32½	32½	20½ 8½

2. Ein Ballen von aufgerollten Schaffellen. 1 m Länge und 1,8 m Umfang. Mit Bindfaden zusammengeschnürt. In demselben:

Thermometer Nr.	20	10	9	8
Schichten von außen	1	3	5	7

3. Rolle von einmal zusammengelegtem Packleinen. Länge 1 m, Umfang 1,15 m.

Mit Bindfaden zusammengeschnürt. In derselben:

Thermometer Nr.	19	18	17	16	15	14	13	12	11
Schichten (doppelt)									
von außen . . .	20	40	100	130	145	160	175	190	205

Während des 4 Stunden dauernden Versuches zeigte das Pyrometer:

12½ Uhr	120°	3 Uhr	148°
1 „	140°	4 „	150°
2 „	145°	4½ „	150°

Beim Auspacken und Öffnen ergab sich, daß der Wergballen im Innern gleichmäßig feucht war (beim Einpacken trocken). Die Thermometer in demselben zeigten:

Entfernung			
von der Außenwand			
8½ cm	Nr. 1	79,0°	8½ cm Nr. 7 78,0°
14½ cm	Nr. 2	78,5°	
20½ cm	Nr. 3	77,0°	20½ cm Nr. 6 78,5°
26½ cm	Nr. 4	76,0°	
32½ cm	Nr. 5	76,5°	32½ cm

Das Bündel Schaffelle war im Innern stark feucht.

Schichten von außen	Thermometer
1	Nr. 20 96°
3	Nr. 10 84°
5	Nr. 9 74°
7	Nr. 8 74°

Die Rolle Packleininwand zeigte sich in den äußeren Schichten (ungefähr 40) trocken und heiß, dann folgten eine Anzahl Windungen, die heiß und feucht waren und beim Abwickeln dampften. Hitze sowohl wie Feuchtigkeit nahmen nach dem Innern zu immer

mehr ab und von Thermometer Nr. 15 ab (Windungen 145—150) erschien die Packleinwand dem Gefühl ganz trocken und kalt.

Windungenzahl	Thermometer	
20		
.	Nr. 19	86°
40		
.	Nr. 18	72°
100		
.	Nr. 17	unter 70°
130		
.	Nr. 16	unter 60°
145		
.	Nr. 15	kalt
160		
.	Nr. 14	kalt
175		
.	Nr. 13	kalt
190		
.	Nr. 12	23°
205		
Mitte	Nr. 11	20,5°

Alte Thermometer,
deren Skala nicht
unter 65—70°
reicht.

Die in den früheren Versuchen gewonnenen Erfahrungen über das ungemein langsame Vordringen der Hitze in das Innere von größeren Gegenständen erfuhren auch hier ihre volle Bestätigung.

Als die wesentlichsten Punkte, welche unsere Versuche ergeben haben, können wir folgende hinstellen:

1. In heißer Luft überstehen sporenfreie Bakterien eine Temperatur von wenig über 100° bei einer Dauer von 1½ Stunden nicht.
2. Sporen von Schimmelpilzen erfordern zur Abtötung ungefähr eine 1½ stündige Temperatur von 110°—115° C.
3. Bazillensporen werden erst durch 3ständigen Aufenthalt in 140° C heißer Luft vernichtet.
4. In heißer Luft dringt die Temperatur in die Desinfektionsobjekte so langsam ein, daß nach 3—4 stündigem Erhitzen auf 140° C Gegenstände von mäßigen Dimensionen, z. B. ein kleines Kleiderbündel, Kopfkissen usw., noch nicht desinfiziert sind.
5. Das 3 stündige Erhitzen auf 140° C, wie es zur Desinfektion eines Gegenstandes erforderlich ist, beschädigt die meisten Stoffe mehr oder weniger.

Berlin, im April 1881.