[Aus dem hygienischen Institut der Universität Kopenhagen.]
(Direktor: Dozent Dr. A. Erlandsen.)

Untersuchungen über Wolldeckendesinfektion mit Formaldehyd.

Von

A. Elgström und A. Erlandsen.

Die Veranlassung zu den unten berichteten Versuchen war ein vom Reichshospital an das Institut gerichtetes Ersuchen, eine Untersuchung über die Bedingungen für die Desinfektion von Wolldecken mit Formaldehyd in einer Desinfektionskammer vorzunehmen, die zu diesem Zweck eingerichtet war.

Die Desinfektion wollener Bettdecken in Dampfdesinfektionsapparaten führt bekanntermaßen nach und nach eine Beschädigung der Decken mit sich, indem diese die Farbe ändern, krimpen, filzartig und steif werden. Selbst wenn in dieser Hinsicht je nach der Qualität der Decken ein bedeutender Unterschied zu sein scheint, und selbst wenn eine sorgfältige Behandlung die Zerstörung der Decken einigermaßen verzögern kann, so werden dieselben doch schnell weniger brauchbar. Die ganze Angelegenheit ist von nicht geringer ökonomischer Bedeutung.

Infolgedessen hat man in verschiedenen Krankenhäusern „Formalin-kammern“ für Wolldeckendesinfektion eingerichtet oder geplant, wie man sowohl hier als im Auslande Formalindesinfektion zur Kleiderdesinfektion (Uniformen u. dergl.) in größerem Umfange anwendet.

Da wir selbst ganz befriedigende Aufklärungen für die Ausführung solcher Desinfektionen vermißt haben, so haben wir gemeint, daß eine Veröffentlichung unserer Untersuchungen von Nutzen sein könnte.

In der überwältigend großen Literatur, die die Desinfektion mittels Formaldehyd behandelt, gibt es verhältnismäßig sehr wenige Berichte über Versuche mit Bekleidungsgegenständen, Decken u. dergl. Man findet aller-

dings häufig Bemerkungen über den Wert des Formaldehyds als Desinfektionsmittel von Effekten, die keine Wasserdampfdesinfektion vertragen. Oft aber stützen sich diese Bemerkungen nicht auf eigne Untersuchungen, auf die Desinfektion solcher Stoffe speziell gerichtet, teils sind sie direkt widersprochen durch die bei den Versuchen nachgewiesene geringe Tiefenwirkung der Formaldehyddesinfektion.

Die ersten Untersucher, die versucht haben, Kleider, Decken u. dergl. mit Formaldehyd zu desinfizieren, führten alle ihre Versuche in recht kleinen Räumen aus, wie Kisten, Fässern oder Schränken (0.1 bis 1 cbm). Hierin suchten sie die Einwirkung des Formaldehyds auf die hineingebrachten Kleidungsstücke dadurch hervorzurufen, daß sie es von durchfeuchtetem Papier oder Zeug oder von aufgestellten Verdampfungsschalen spontan verdampfen ließen, oder daß sie die Objekte mit starker Formaldehydlösung direkt durchfeuchteten. Die Ergebnisse waren schlecht. Freymuth (1894) mußte 800 bis 1200 grm Formaldehyd pro Kubikmeter anwenden, um Cholera-bakterien in 3 bis 24 Stunden zu töten, und Ermengem und Sugg (1894) hatten nicht einmal befriedigende Ergebnisse mit 2 bis 4000 grm Formaldehyd pro Kubikmeter in 48 Stunden. Strehl (1896), der das Formaldehyd in einer Kiste mittels Sprays verteilte, vermochte nicht mit 80 bis 160 grm Formaldehyd pro Kubikmeter in 24 bis 72 Stunden (Temp. 10 bis 20°) Staphylokokken und Milzbrandsporen zu töten, während Walther (1896) und Hammerl und Kermauner (1898), die die Formaldehyddämpfe durch ein Rohr in den Desinfektionsbehälter hineinleiteten, vergebens Formaldehydmengen anwendeten, die zu 100 bis 400 grm pro Kubikmeter veranschlagt werden müssen. Sie erreichten in 18 bis 52 Stunden keine genügende Desinfektionswirkung, ja Walther äußerte sogar als seine Meinung, daß es nicht möglich sei, Kleider mit Formalin zu desinfizieren.

Wir werden diese Versuche, deren Technik in vieler Hinsicht die Ansprüche der Gegenwart nicht befriedigen kann, nicht näher erörtern. Nur darauf wollen wir aufmerksam machen, daß diese Versuche das gemeinschaftlich hatten, daß sie bei niedriger Temperatur und bei niedrigem Feuchtigkeitsgrad ausgeführt waren. Der erste Untersucher (Rositzky, 1899), der, gemäß den Erfahrungen bei den Raumdesinfektionsversuchen, den Versuch dahin modifizierte, daß Wasserdampf von einem Dampftopf außerhalb des Desinfektionsraumes (Holzschrank 1 cbm) hineingeleitet wurde, erreichte in 9 Stunden schon ein einigermaßen gutes Ergebnis mit 10 bis 40 grm Formaldehyd pro Kubikmeter. Es war so augenscheinlich, daß der hineingeleitete Wasserdampf die Tiefenwirkung des Formaldehyds vergrößerte. Gleichzeitig versuchten andere Forscher strömende Formaldehyddämpfe anzuwenden, die unter hohem Druck (3 bis $3\frac{1}{2} \text{ Atm.}$) vom Trillats-Autoklav in den Desinfektionsraum hineingeleitet wurden.

Die ersten Versuche (Doty, 1897) ergaben jedoch keine zuverlässige Tiefenwirkung, während Hinz und Petruschky (1898 bis 1900) durch Anwendung von 500 bis 800^gm Formaldehyd pro Kubikmeter in 1 bis 2 Stunden befriedigende Ergebnisse erzielten. Diese Verfasser legen Gewicht auf die Bedeutung des Überdrucks für die Tiefenwirkung und geben an, daß bessere Ergebnisse zu erreichen sind, wenn der Überdruck von 3 bis 3½ Atmosphären vergrößert wird. Indessen waren diese Formaldehydmengen so bedeutend, daß sie praktisch gesehen diese Desinfektionsweise unmöglich machten.

Die Hoffnungen, die französischerseits (Soc. chim. des usines des Rhône) geweckt waren, daß man durch eine Kombination der Entwicklung von reinem trockenem Formaldehyddampf mit Anwendung von Vakuum eine Desinfektionsmethode erlangen könnte, die zur Desinfektion von größeren Effekten (Pferdehaar in Ballen verpackt u. dergl.) geeignet war, wurden durch die Versuche von Dunbar und Musehold umgestoßen, welche zeigten, daß das Formaldehyd mangelhaft verteilt wird und ungenügende Tiefenwirkung (14 bis 42^gm pro Kubikmeter, 2 bis 6 Stunden) hatte. Indessen war durch das Studium der desinfizierenden Eigenschaften des Formalins auf anderen Gebieten eine Reihe wichtiger Erfahrungen gewonnen worden, die wir später berühren werden. Dieselben mußten zu der Auffassung führen, daß man sein Ziel nicht allein dadurch erreichte, daß man die Formalinmenge vergrößerte, sondern, daß man die physikalischen Verhältnisse im Raume berücksichtigen mußte, namentlich Temperatur und Feuchtigkeit.

Auf dem hier erwähnten Gebiet hatten v. Esmarch (1902) und seine Schüler einen Fingerzeig gegeben, indem sie zeigten, daß man durch strömenden Wasserdampf (Temp. 70 bis 80° C), dem 1 bis 4 prozentiges Formaldehyd zugemischt war, in kurzer Zeit (1¼ bis 1 Stunde) eine weit kräftigere Desinfektionswirkung erreichte, als man früher in den obengenannten Versuchen mit kolossalen Formalindosen erzielt hatte.

Auf dem Gebiet der Kleiderdesinfektion — wie dem der Raumdesinfektion — rechnet man wohl nun überhaupt nicht mehr mit Desinfektion durch Formaldehyd ohne gleichzeitige Wasserverdampfung. Selbst wenn man auf dem ersten Gebiet noch nicht genügend aufmerksam geworden ist oder völlige Klarheit darüber hat, welche ungeheure Bedeutung diesem Moment beizulegen ist, um gute Ergebnisse zu erreichen, so haben alle neueren Untersucher Formaldehyd in Verbindung mit Wasserverdampfung benutzt. Man hat auf diese Weise unter günstigen Versuchsbedingungen befriedigende Ergebnisse erreicht mit weit geringeren Formaldehydmengen als durch obengenannte Versuche. Reichenbachs Untersuchungen (1902), die freilich nicht auf Kleiderdesinfektion gerichtet sind, sondern auf Des-

infektion gepolsterter Eisenbahnwagen, werfen Licht auf einige der Schwierigkeiten bei der Aufgabe. Trotz reichlicher Wasserverdampfung mußte er mindestens 80 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter verwenden, um eine befriedigende Oberflächenwirkung zu erzielen. Spätere Untersucher haben diese Untersuchungen bestätigt. Walbum (1909) hat es somit für notwendig gefunden, in gepolsterten Coupés neunmal so viel Formaldehyd (Autanmethode) zu benutzen, wie zur allgemeinen Raumdesinfektion als genügend angegeben war. Während der Gebrauch von „Formalinschränken“ zur Desinfektion von Kleidungsstücken sich stets vergrößerte, gaben die Untersuchungen der folgenden Jahre zum Teil sehr ungünstige Beurteilungen über die Zuverlässigkeit der Methode. Kister und Trautmann (1904) suchten nach von Esmarchs Muster Woldecken durch formaldehydhaltige (1 bis 2 Prozent) Wasserdämpfe zu desinfizieren, die jedoch in einem evakuierten Desinfektionsofen entwickelt wurden. Trotz Verdampfung von 20 bis 30 ^{grm} Formaldehyd und 2 bis 3 Liter Wasser pro Kubikmeter wurden in 1/2 Stunde bei einer Temperatur von 70° C befriedigende Ergebnisse nicht erreicht. Die Wirkung war inkonstant und die Tiefenwirkung gering. Hilgermann und Kirchgaesser (1907) versuchten Kleider in einem Holzschrank mittels „Autan“ zu desinfizieren, fanden aber, daß man von diesem Präparat 10 bis 15 mal so große Dosen anwenden mußte, wie zur Raumdesinfektion angegeben war, um nur eine einigermaßen gute Desinfektionswirkung zu erhalten. Eine Bedingung war übrigens, daß der Schrank nicht mit Kleidern überfüllt wurde. Ähnliche Untersuchungen wurden von Boehncke (1909) ausgeführt. Dieser Forscher entwickelte das Formaldehyd aus „Formadolbriketts“ und fand, daß zwölfmal so große Mengen erforderlich waren wie zur Raumdesinfektion, und daß die Desinfektion überhaupt nicht eintrat, wenn nicht gleichzeitig große Wassermengen verdampft wurden.

Aus den späteren Jahren stammen Ax. Jörgensens (1903) und J. Fibigers (1906) Untersuchungen, die besonders sorgfältig und gründlich sind und sich gegenseitig ergänzen. Durch eine Reihe konsequent durchgeführter Versuche haben diese Verfasser die Möglichkeit einer sicheren Desinfektion von Kleidern (Uniformen) in größerem Umfange untersucht.

Die Bedeutung von Jörgensens Untersuchungen liegt namentlich in der genauen Durchprüfung der Einzelheiten bei der Technik und der Ausarbeitung des Planes zu einer Uniformdesinfektion im größeren Umfange. Die bei unseren Versuchen benutzte Desinfektionskammer ist wesentlich in Übereinstimmung mit seinen Forderungen ausgeführt. Was die von Jörgensen angegebenen Formaldehydmengen betrifft, sind sie dadurch beeinflußt, daß die Versuche nicht mit größeren Mengen von

Uniformgegenständen ausgeführt sind. In dieser Hinsicht sind sie von Fibiger ergänzt, der einen Desinfektionsofen (5 Kubikmeter) als Versuchsraum anwendete, und hierin eine große Menge größerer und kleinerer Uniformeffekten anbrachte. Die von Fibiger angewandten Formaldehydmengen (28 bis 36 ^g pro Kubikmeter) sind daher fünf- bis sechsmal so groß als die von Jörgensen. Gemeinsam für beide Untersucher ist die Ausführung der Desinfektion in zwei Zeiträumen, zwischen welchen die früher innere Seite der Objekte nach außen gewendet wurde. Es wurden zwei Formaldehydverdampfungen mit gleichzeitiger reichlicher Wasserverdampfung (a. m. Flügge) vorgenommen, indem jedesmal die Hälfte der Formaldehydmenge verwendet wurde.

In Fibigers Versuchen ist die Desinfektionszeit im ganzen zu 7½ Stunden berechnet. Die Temperatur im Ofen während der Versuche war 20 bis 40° (niemals über 65° C). Die Ergebnisse der Desinfektion waren befriedigend.

Ein Nachteil bei der von Fibiger und Jörgensen angewandten Desinfektionsmethode ist die erwähnte Ausführung in zwei Abschnitten, was die Arbeit sehr vergrößert. Die Schätzung der Tiefenwirkung des Formalins während der Versuche wird hierdurch außerdem unmöglich gemacht. In dieser Richtung hat Fibiger auch Reservationen vorgesehen und schließt z. B. alle fleckigen und beschmutzten Effekten von der Formalindesinfektion aus.

Es sollen nur noch die interessanten Untersuchungen von Uyama, Tzuzuki, Oshida und Matsuda erwähnt werden, deren Desinfektionsmethode — die sogenannte „japanische“ — sich von den vorerwähnten dadurch unterscheidet, daß die Erwärmung sowohl der Desinfektionskammer als der Objekte durch strömende Wasserdämpfe unter einem Druck von 6 Atmosphären geschieht.

Sobald die Temperatur bis auf etwa 60° C gestiegen und die Objekte mit Wasserdampf gesättigt waren, ließ man den Dampf auf einen Sprayapparat wirken, der im Laufe einer Minute 9 ^g Formaldehyd pro Kubikmeter in der Kammer verteilte. 10 Minuten danach war die Desinfektion beendet und hatte im ganzen nur ½ Stunde gedauert. Die Ergebnisse scheinen in bezug auf Tiefenwirkung weit besser zu sein als bei allen bisher angegebenen Methoden. Da Einzelheiten rücksichtlich der Kontrolltechnik fehlen, und die Ergebnisse von anderen Seiten nicht bestätigt sind, läßt sich die Methode nicht endgültig beurteilen.

Vergleicht man nun die erwähnten, unter so verschiedenen Bedingungen ausgeführten Desinfektionsversuche mit den Erfahrungen, die bei Untersuchungen über die Anwendung des Formaldehyds als Raumdesinfiziens erzielt sind, so gewinnt man die Auffassung, daß für eine ökonomisch er-

schwingliche, genügend tiefgehende Desinfektion von Wolldecken mit Formaldehyd in nicht evakuierten Kammern erforderlich sind:

1. wesentlich größere Formaldehydmengen als die für Raumdesinfektion gewöhnlich angegebenen, nach Art und Menge (Oberfläche) der Objekte variierend;
2. ein schnelles Verdampfen des Formaldehyds, am besten unter Anwendung eines Überdrucks;
3. eine gleichzeitig reichliche Wasserverdampfung und
4. Anwendung höherer Temperatur als bei der Raumdesinfektion.

Die Bedeutung der Feuchtigkeit.

Es ist zu einem wesentlichen Teil Flügge und seinen Schülern zu verdanken, daß die außerordentliche Bedeutung der Luftfeuchtigkeit für die Formaldehyddesinfektion nun allgemein anerkannt ist. Flügge behauptete (1898) sogar, daß erst eine gewisse Durchfeuchtung der Objekte das Eindringen des Formaldehyds ermöglichte. Daher verlangte er eine Übersättigung des Desinfektionsraumes mit Wasserdampf, so daß eine leichte Kondensation an allen Gegenständen eintrat. Dieser Anschauung wurde von einer Reihe von Verfassern (Novy und Waite, Czaplewsky, Mayer und Wolpert) beigetreten. Diese Fragen wurden übrigens ungefähr gleichzeitig (1898 bis 1899) von Rubner und Peerenboom untersucht. Peerenboom zeigte, daß die Desinfektion bei sehr trockenen, hygroskopischen Objekten und sehr nassen Objekten am leichtesten gelang (das letzte ist jedoch später von Engels bestritten worden), sowie daß die Desinfektion nicht eintritt, wenn man bei Erwärmung der Objekte verhindert, daß der Wasserdampf von diesen aufgesaugt oder verdichtet wird. Rubners und Peerenbooms Experimente sprechen einerseits dafür, daß eine vollständige Wasserdampfsättigung des Raumes nicht notwendig sei. Die Gegenwart des Wasserdampfes wirkt der Polymerisierung der Formaldehyddämpfe entgegen, aber die Gasmoleküle existieren Seite an Seite. Die Desinfektion war daher kein Ergebnis ihrer Vereinigung in Dampfform. Rubner und Peerenboom nahmen an, daß das Formaldehyd von den Objekten absorbiert (beziehungsweise kondensiert) wird und darauf sekundär Wasser anzieht, wodurch die Desinfektion vor sich gehen kann. Die notwendigen Formaldehydmengen und Wasserdampfmengen konnten daher nicht vom Kubikinhalt des Raumes abhängig sein, sondern mußten von der Art der Objekte abhängen, namentlich ihrer Oberflächenausdehnung und ihrer hygroskopischen Eigenschaften. Selbst wenn die letzterwähnten Forscher keine Durchfeuchtung der Objekte verlangen, so sprechen ihre Versuche dafür, daß die Wasserdampfmenge bei hygroskopischen Objekten besonders reichlich sein muß.

Die Bedeutung der Temperatur.

Pottevin zeigte schon 1894, daß die Desinfektionsfähigkeit des Formaldehyds bedeutend vergrößert wird, wenn man die Temperatur erhöht, was übrigens damit übereinstimmte, was Robert Koch (1881) über andere luftförmige Desinfektionsmittel geäußert hatte. Diese Erfahrungen sind von

einer Reihe von Untersuchern (Fairbanks, Kaup, Mayer und Wolpert u. a.) bestätigt worden, die angaben, daß die Temperatur bei Raumesinfektion mit Formaldehyd über 12 bis 15° C sein sollte und am besten bis 25° C oder mehr zu erhöhen ist. Lassablière hat des weiteren gezeigt, daß die Penetrationsfähigkeit des Formaldehyds mit der Temperatur vergrößert wird, und daß sie für Matratzen, Bettzeug u. dergl. erst vollständig wird, wenn die Temperatur etwa 50 bis 60° C erreicht.

Versuchsbedingungen und Technik.

Da bei der vorliegenden Aufgabe der Desinfektionsraum gegeben war, galt es bei den orientierenden Versuchen herauszufinden, wie die oben-erwähnten Forderungen auf beste Weise erfüllt werden konnten.

Es war im voraus gegeben, daß die Versuche weder in der Richtung der japanischen Methode (dazu war der verfügbare Dampfdruck zu gering), noch in der Richtung der auf Grund von Rubners neueren Untersuchungen ausgearbeiteten Formalinvakuumdesinfektion ausgestaltet werden konnten, da wir jedenfalls mit einem Gemisch von Wasserdampf, Formaldehyd und Luft arbeiten mußten.

Die Desinfektionskammer. Die zur Verfügung stehende Formalinkammer (siehe Fig. 1) ist in die Desinfektionsanstalt des Krankenhauses eingebaut, und zwar so, daß sie durch eiserne Türen (*A* und *B*), die luftdicht zugeschraubt werden können, sowohl von der „reinen“ wie der „unreinen“ Seite der Anstalt zugänglich ist. In der einen Tür ist eine kleine Glasscheibe angebracht, wodurch man ein während der Versuche in der Kammer aufgehängtes Hygrometer ablesen kann. Der etwa 15.74 cbm große Raum ist übrigens von Mauerwerk umgeben. Wände und Decke sind mit Porzellanfliesen, der Fußboden mit Erlanger Fliesen bekleidet. Der Raum kann durch einen Dampferwärmungsapparat (*C*) erwärmt werden oder mittels Durchblasen erhitzter Luft, die durch die auf der Zeichnung angegebene Anordnung bei (*D*) eingesogen und mittels des Motors (*E*) durch einen Erhitzungsapparat in die Kammer getrieben wird, so daß sie in diese durch Öffnungen in der Decke (*F*), welche Öffnungen entlang der einen Längswand der Kammer angebracht sind, eintritt. Wenn das Durchblasen von warmer Luft nicht stattfindet, wird die Luftpassage auf diesem Wege durch das Ventil (*G*) gesperrt. Im Boden der Kammer findet sich eine Öffnung (*H*), durch welche die Luft der Kammer während des Durchblasens von Luft oder Dampf hinausgepreßt werden kann. Diese Öffnung kann durch das Ventil (*I*) geschlossen werden. Die Formaldehydverdampfung geht von dem in einer betongegossenen Grube, dicht innerhalb der einen Tür der Kammer angebrachten Dampftopf vor sich, dessen Inhalt (etwa 6 Liter) dadurch zum Kochen gebracht

werden kann, daß man den Dampf um den Topf leitet. Die Dampfzufuhr sowohl als die Abstellung des Dampfes kann außerhalb der

Formalin-Desinfektionskammer

Fig. 1.

Kammer (L) vorgenommen werden. Die Temperatur der Kammer wurde von außen auf einem Thermometer (M) abgelesen, übrigens durch aufgehängte Maximalthermometer und in einer Reihe von Versuchen außerdem mittels eines Thermographen gemessen. Die Luftfeuchtigkeit wurde durch ein Hygrometer gemessen, das häufig geeicht und erneuert werden

mußte, und das durch die erwähnte Glasscheibe abgelesen wurde. In einer Reihe von Versuchen wurden die Feuchtigkeitsschwankungen mittels eines Hygrographen registriert.

Zum Aufhängen der Decken sind unter der Decke der Kammer drei mit Haken versehene Stangen (*N*) angebracht, so daß die Decken völlig frei in der Luft aufgehängt werden können, ohne einander zu berühren.

Wegen der starken Wasserkondensation, die häufig an den eisernen Türen eintrat, wurden diese später auswendig mit Decken bedeckt, und es wurde empfohlen, dieselben künftig isolieren zu lassen.

Aus obenstehendem geht hervor, daß die Formaldehydentwicklung durch Verdampfen wässriger Formaldehydlösungen vor sich gehen soll. Wegen der Größe des Topfes war es nur möglich, die Formaldehydmenge bis zu 40 bis 45 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter zu vermehren, ohne stärkere Lösungen als die von Flügge empfohlenen zu benutzen (8 Prozent). Jörgensen hat jedoch ebenso befriedigende Ergebnisse mit 12prozentigen Lösungen erreicht. Bei ganz wenigen Versuchen war die Konzentration höher (am höchsten 17 Prozent), doch müssen die hierbei durch Paraformaldehydbildung entstehenden Verluste unter den übrigen gegebenen Versuchsbedingungen als bedeutungslos angesehen werden (vgl. Rubner und Peerenboom).

Durch Versuche wurde festgestellt, daß die Verdampfung des Inhaltes des Topfes (etwa 6 Liter) etwa 75 Minuten dauerte.

Die Schnelligkeit der Entwicklung des Formaldehyds war hiermit gegeben, gleichwie die Wasserdampfentwicklung begrenzt war (bis später besondere Einrichtungen zum Wasserdampfeinblasen getroffen wurden).

Die Wolldecken. Zu den Versuchen wurden die im Hospital gebräuchlichen Wolldecken benutzt, deren Größe etwa 3·27 ^{qm} und deren durchschnittliches Gewicht 2·23 ^{kg} war. Es ließen sich in der Kammer zwei Decken pro Kubikmeter (d. h. 32 Decken) bequem aufhängen und mit etwas Mühe 2·5 Decken pro Kubikmeter.

Die Decken wurden immer zwischen den Versuchen getrocknet. Wechsel von Decken wurde übrigens häufig vorgenommen.

Probeobjekte. Bei der Wahl derselben verwarfen wir die häufig angewendeten Seidenfäden, Granaten u. dergl. (vgl. Otsukis Untersuchungen), um dasjenige Material zu benutzen, das der vorliegenden Aufgabe am besten entspricht, nämlich Wolldeckenzeug (vgl. Ax. Jörgensen, Engels). Teils benutzen wir Proben von völlig ungebrauchtem Wolldeckenzeug (Dicke 2·7 ^{mm}, Gewicht 7·9 ^{grm} pro 100 ^{qcm}), teils von alten abgenutzten Wolldecken (Dicke 1·3 ^{mm}, Gewicht 4·25 ^{grm} pro 100 ^{qcm}). Diese Objekte (Größe etwa 1 ^{qcm}) wurden auf untenbeschriebene Weise infiziert. Um auch die Desinfektionswirkung gegenüber Teilen der

Decken schätzen zu können, deren Porosität (Hygroskopie) wesentlich herabgesetzt war, haben wir in großem Umfange Objekte aus dichter schwerer Leinwand (Dicke 0.3 mm, Gewicht 1,772 g^{mm} pro 100 q^{cm}) benutzt, die erst zweimal in destilliertem Wasser ausgekocht und danach in Alkohol und Äther ausgewaschen wurden. Trotz dieser Vorbehandlung lassen diese Leinenobjekte sich nur schwierig durchfeuchten, so daß sie etwa 1/2 Stunde in Bakterienaufschwemmung liegen müssen, um durchfeuchtet zu werden; die Objekte aus neuer Wolle werden in etwa 5 Minuten durchfeuchtet, während das gebrauchte Wollenzeug augenblicklich durchfeuchtet wird.

Angewandte Bakterien. Bei allen Versuchen benutzten wir als Kontrolle für die Wirksamkeit der Desinfektion: 1. sporenhaltige Kulturen von *B. anthracis*, sowie Kulturen von 2. *B. coli commune* und 3. *Staphylococcus pyogenes aureus*.

Hr. Abteilungsvorsteher Walbum (Statens Seruminstitut) hat uns wohlwollend Kulturen der Bakterienstämme überlassen, die er bei seinen Formalindesinfektionsversuchen (Hospitalstidende, 1912, S. 585) benutzt hat. Wir benutzen hier die Gelegenheit, ihm dafür zu danken.

Den Anthrax- und Colistamm haben wir bei allen Versuchen benutzt, die sich über den Zeitraum vom Dezember 1911 bis August 1912 erstreckten. Dagegen hat sich die Staphylokokkenkultur weniger zweckmäßig erwiesen. Da sie bei uns schwache blaßgelbe Kolonien auf Agar gab, und da die hiermit hergestellten Proben wenig resistent waren, so daß die Kontrollproben bei verschiedenen Versuchen kein Wachstum zeigten, gaben wir es auf, dieselbe anzuwenden und haben von Versuch Nr. 16 an ausschließlich eine aus frischem Eiter gewonnene Kultur von *Staph. pyog. aureus* angewendet, die sich weit resistenter¹ zeigte (siehe unten).

Als Kulturmateriale sind Nährsubstrate angewendet, die auf gewöhnliche Weise aus frischem Kalbfleisch hergestellt waren.

Zubereitung der Probeobjekte. Da angegeben worden ist, daß die Sporenbildung der Anthraxkulturen besser in Agarkulturen vor sich gehe als in Bouillonkulturen, wurden die Anthraxproben immer von Agarkulturen, in steriler Bouillon aufgeschwemmt, zubereitet. Bei den ersten 30 Versuchen wurden Kulturen verwendet, die 2 bis 5 Tage alt waren, später verwendeten wir bei jeder Zubereitung eine Mischung von mehreren Kulturen, wovon eine mindestens 3 Wochen alt war (vgl. Hewlett und Hall), obwohl unsere unten angeführten Resistenzbestimmungen die Notwendigkeit einer solchen Maßregel nicht bestätigt haben.

¹ Walbum gibt an (*Desinfektion*. Bd. II. S. 694), daß die von ihm angewandten Staphylokokken schon 1909 von 1 prozent. Karbolwasser im Laufe von 10 Minuten getötet wurden.

Von *B. coli comm.* und *Staph. pyog. aur.* wurden anfangs 2 bis 5 Tage alte Bouillonkulturen angewendet, später gingen wir auch hier zur Aufschwemmung von Kolonien aus Agarkultur über. Es wurde hiermit bezweckt, eine klumpigere Emulsion zu benutzen, die vermeintlich den wirklichen Verhältnissen besser entsprach.

Zur Aufschwemmung der Kulturen wurde immer sterile Bouillon verwendet, in der die Kolonien sorgfältig verrieben wurden, da die Aufschwemmung in Wasser (Engels) oder Kochsalzlösung — die sonst häufig benutzt wird — günstigere Bedingungen für die Desinfektion zu geben scheint, als man in der Praxis erwarten darf.

Die mit *B. coli*- und *Staph. pyog. aur.*-Aufschwemmung durchfeuchteten Probeobjekte wurden nach Ausbreiten auf sterilem Filtrierpapier in sterilen Petrischalen im Thermostaten (37° C) getrocknet, während die Anthraxproben, um der Auskeimung der Sporen entgegenzuwirken, bei Stubentemperatur im Exsikkator über Chlorcalcium (im Dunkeln) getrocknet wurden.

In der Regel wurden frische Probeobjekte zu 2 bis 3 Versuchen auf einmal zubereitet; wenn täglich Versuche vorgenommen wurden, bereiteten wir ausnahmsweise Proben zu 5 Versuchen auf einmal zu, so daß die Objekte selten mehr als wenige Tage alt waren. Die fertig getrockneten Objekte bewahrten wir im Dunkeln in geschlossenen Petrischalen bei Stubentemperatur auf.

Als Proben besonders grob infizierter Objekte sind, außer den genannten Leinwandproben, in einigen Versuchen Objekte verwendet worden, die mit unverdünntem oder beinahe unverdünntem Koloniematerial eingerieben waren.

Resistenzuntersuchung. Die Technik war wesentlich übereinstimmend mit der von Walbum (Desinfektion II, S. 694) beschriebenen. Die Resistenz des *B. coli commune* wurde zu verschiedenen Zeitpunkten gegenüber 1prozentiger Phenollösung (Stubentemperatur) probiert. Sie vertrug einen Aufenthalt von 40 bis 50 Minuten.

Die Resistenz des bei den Versuchen Nr. 16 bis 115 angewendeten *Staph. pyog. aureus* vertrug unter denselben Versuchsbedingungen einen Aufenthalt von über 3 Stunden in 1prozentiger Phenollösung und einen Aufenthalt von etwa 5 Minuten in 2prozentiger Phenollösung.

Die Resistenz der Anthraxsporen wurde nach v. Esmarch gegenüber Dampf (98 bis 100° C) in Kochs Dampfsterilisationsapparat¹ probiert.

Die Versuche wurden so ausgeführt, daß die zubereiteten Probeobjekte (s. oben) in einen kleinen Korb aus feinem Metalldraht eingebracht wurden,

¹ Vgl. Dunbar u. Musehold: Die Resistenz der Anthraxsporen gegenüber Formaldehyd variiert parallel mit ihrer Resistenz gegenüber Dampf (100° C).

der an einem Metallhaken aufgehängt wurde oder an letzterem mittels Zwirnfaden. Es wurden Resistenzbestimmungen mit kurzem Zwischenraum durch die ganze Versuchsperiode vorgenommen. Die Ergebnisse waren gewöhnlich etwas, aber nicht viel variierend. Es zeigte sich vielmehr ein geringes Steigen der Resistenz während der Versuchsperiode. Zwölf Resistenzbestimmungen mit infizierten Leinenobjekten zeigten, daß die Sporen einen Aufenthalt von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Minuten im Dampf vertrugen, am häufigsten über 2 Minuten, durchschnittlich $2\frac{1}{4}$ Minuten.

Für die Anthraxsporen in Wollobjekten war die Resistenz wesentlich geringer, indem sie in neun Versuchen einen Aufenthalt im Dampf von $\frac{3}{4}$ bis 2 Minuten vertrugen (durchschnittlich $1\frac{1}{2}$ Minute).

Wurden die Versuche mit Objekten ausgeführt, die von dem oben beschriebenen abgenutzten Woldeckenzeug hergestellt waren, so widerstanden dagegen die aufgesaugten Anthraxsporen dem Dampf 4 bis 5 Minuten (Durchschnitt von sechs Versuchen: $4\frac{1}{3}$ Minuten). Dieser bedeutende Unterschied bei den Woldeckenobjekten, über den wir nicht sofort im klaren waren, hat bewirkt, daß über die Bedeutung dieses Verhaltens besondere Untersuchungen vorgenommen werden mußten. Dies unterstreicht die Bedeutung der detaillierten Darstellung der Versuchstechnik bei Desinfektionsversuchen. Die Schwierigkeit einer völlig gleichen Darstellung der Probeobjekte erklärt übrigens, daß die Ergebnisse in anscheinend gleichen Versuchen abweichend werden können.

In einer speziellen Versuchsreihe haben wir eine Vergleichung der Resistenz der Anthraxsporen in den Objekten vorgenommen, die beziehungsweise im Thermostaten (37°C) und im Exsikkator (Stubentemperatur) getrocknet waren. Es war nicht möglich, einen deutlichen Unterschied nachzuweisen (vgl. Otsuki). Außerdem fanden wir in besonderen Versuchen dieselbe Resistenz für Anthraxsporen in gleichartigen Objekten, sei es, daß sie von Kulturen hergestellt waren, die ein Alter von 2 Tagen oder gut 3 Wochen hatten.

Das Anbringen der Probeobjekte während der Versuche.

Bei ungefähr der Hälfte der Versuche wurden die Objekte in flachen, runden Blechschachteln (Durchmesser 45 mm) angebracht, die mit Ösen zum Aufhängen versehen waren. Während des Transportes und des Aufhängens wurden die Schachteln geschlossen gehalten. Nach dem Aufhängen an den Decken (an Sicherheitsnadeln) wurden die Deckel geöffnet, die mit Haspe versehen waren, während ein feines, großmaschiges Metalldrahtnetz, das an der Mündung der Schachtel angebracht ist, die Objekte am Herausfallen hinderte.

Bei 40 Versuchen wurden allein Objekte von abgenutztem Woldeckenzeug verwendet, die mittels eines im voraus angebrachten Fadens aus Zwirn an gebogenen Stecknadeln frei an den Decken aufgehängt wurden.

Bei einzelnen Versuchen brachte man die beschriebenen „grob infizierten“ Wollobjekte auf dem Boden kleiner Säcke (5×7 cm groß) an, die aus Woldeckenzeug genäht, geschlossen und mit Sicherheitsnadeln an der Oberfläche der Decken winkelrecht befestigt wurden, so daß die Probeobjekte nur von einer Schicht Woldeckenzeug auf jeder Seite bedeckt waren.

Die Probeobjekte wurden derart in der Kammer verteilt, daß man die Proben in einem Abstand von etwa $\frac{1}{2}$ m von der Decke und dem Boden anbrachte, teils mitten an der mittelsten Decke (*e, f, g*), teils an der Vorderfläche der nächstvorderen Decke am weitesten nach links (*a, b*), teils an der Hinterfläche der vorletzten Decke, am weitesten nach rechts (*c, d*).

An jeder der angegebenen Stellen wurden drei Objekte angebracht, je mit Anthrax (*A*), Coli (*C*) und Staph. aur. (*S*) infiziert, so daß in jedem Versuche mindestens 18 Probeu, außer drei Kontrollobjekten, die man den Formaldehyddämpfen nicht aussetzte, angewendet wurden.

Nachbehandlung, Aussaat, Observationszeit der Objekte.

Nach der Beendigung der Versuche wurden die Schachteln geschlossen (bzw. brachte man die Objekte in sterile Schachteln) und brachte sie schnellstens ins Laboratorium. Die Objekte wurden herausgenommen, etwa 1 Minute in 0.5prozentige sterile NH_3 -Lösung eingelegt, danach in steriler 0.85prozentiger NaCl-Lösung abgespült und in ein Reagensglas mit 15 ccm steriler Bouillon gebracht. Alle Woldeckenobjekte wurden 48 Stunden später in 10 ccm Bouillon umgesät, sofern kein Wachstum eingetreten war. Die Kultivierung wurde bei 37° vorgenommen. Die Coli- und Staphylokokkenkulturen wurden 8 Tage beobachtet, die Anthraxkulturen 3 Wochen. In zweifelhaften Fällen wurden die Bakterien auf gewöhnliche Weise identifiziert.

Bei dieser Behandlung sind wir bestrebt gewesen, in möglichst weitem Grad auf alle Fehlerquellen Rücksicht zu nehmen, die von Geppert, Schumburg, Römer, Hammerl, Kermauner, Ax. Jörgensen, Werner, Reichenbach u. a. nachgewiesen sind.

Übrigens scheint die Aussaat in großen Bouillonmengen und die Umsaat von größter Bedeutung zu sein. Die Bedeutung der Ammoniakbehandlung, die auch von anderer Seite bezweifelt wird, haben wir nicht erkennen können, weshalb wir sie bei den späteren Versuchen wegließen,

um so mehr als wir hier häufig Ammoniakverdampfung in der Kammer benutzten. Die Umsaat scheint namentlich bei den Wollobjekten von Bedeutung zu sein, indem bei diesen häufig erst Wachstum nach der Umsaat eintrat.

Tabelle I.
Woldeckenobjekte.

	Wachstum im ganzen	Wachstum		Wachstum beobachtet nach (durchschnittl.)
		vor der Umsaat	nach der Umsaat	
Anthrax	83	14	69	3.7 Tagen
Coli	35	23	12	3.3 „
Staph. aur.	49	18	31	3.2 „

Dies war (siehe Tabelle I) besonders bei den Anthraxproben der Fall, aber keineswegs selten auch bei Coli und Staph. aur. Obwohl die Anthraxkulturen alle mindestens 3 Wochen beobachtet wurden, haben wir in keinem Fall Wachstum später als 8 Tage (einmal) beobachtet, und im ganzen nur fünfmal mehr als 6 Tage nach der ersten Aussaat. Die durchschnittliche Zeit bis zum Wachsen der Anthraxsporen in Wollobjekten, die dem Formaldehyd bei den Versuchen ausgesetzt gewesen waren, war 3.7 Tage. Wir haben bei Leinenobjekten niemals Wachstum von Coli und Staph. aur. später als 2 Tage nach der Aussaat gesehen, und von Anthrax nur in einem Fall (in dem das Wachsen erst nach Verlauf von 6 Tagen beobachtet wurde, 4 Tage nach der Umsaat).

Die Wachstumsverzögerung ist jedenfalls nicht dadurch verursacht, daß mit den Wollobjekten so große Mengen des Desinfektionsmittels mitgeführt sind, daß das Auswachsen der betreffenden Bakterien absolut gehindert wurde. Denn wir haben durch systematische Untersuchungen gefunden, daß frische Aussaat von Bakterien in die benutzten Bouillongläser immer gelang. Dagegen kann die Bedeutung darin liegen, daß doch so viel Formaldehyd mitgeführt wird, daß das Auswachsen der im voraus geschwächten überlebenden Bakterien gehemmt wird. Jedenfalls wurde Wachstum, wenn solches überhaupt eintrat, immer etwas später in den Gläsern beobachtet, in denen formaldehydbehandelte Objekte untergebracht waren (vgl. Tabelle) als in den Kontrollgläsern mit den nicht-formaldehydbehandelten Objekten. Man sollte daher unter keinen Umständen die Umsaat unterlassen.

Orientierende Versuche.

Ehe die eigentlichen Deckendesinfektionsversuche angefangen wurden, wurden einige Versuche von Formaldehyddesinfektion in der leeren Kammer

vorgenommen, namentlich um den Einfluß des Wärmeapparates auf das Desinfektionsresultat zu untersuchen.

Zur Herstellung der Formaldehydlösung für diese und alle folgenden Versuche ist „Formalin“ angewendet, dessen Inhalt von Formaldehyd von 35.5 bis 38 Prozent variierte. Der Einfachheit wegen sind wir in allen folgenden Angaben davon ausgegangen, daß der Inhalt 40 Prozent war, so daß die bei den Versuchen angeführten Werte in der Wirklichkeit ein wenig reduziert werden müssen.

Die Versuche in der leeren Kammer wurden mit größeren Formaldehydmengen ausgeführt als die für die Raumdesinfektion gewöhnlich angegebenen, indem von 8 bis 15^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter verdampft wurde. Die Probeobjekte wurden in den beschriebenen Blechschachteln frei aufgehängt in etwa $\frac{1}{2}$ ^m Abstand von Decke und Boden, teils mitten in der Kammer, teils in etwa 15^{cm} Abstand von den Längswänden. Dabei kamen zwei Satz Probeobjekte ungefähr gerade über den Wärmeapparat, und zwar in verschiedener Höhe zu hängen. Es wurden im ganzen fünf Versuche (Nr. 2 bis 6) angestellt, alle von einer vierstündigen Dauer. Die Kammer wurde von dem Radiator erwärmt, der bei zwei der Versuche (Nr. 2 und 3) in Betrieb gehalten wurde, während der Dampf bei den Versuchen 4 bis 6 vor Anfang des Versuches abgestellt und der Radiator (C) mit einer Wolldecke zugedeckt wurde. Die Anfangstemperatur in der Kammer war 30 bis 37° C, die Schlußtemperatur nicht über 37°. Nach dem Aufhängen der Objekte und dem Schließen der Türen wurden die angeführten Formaldehydmengen von dem Dampftopf verdampft (bei Abdampfung der abgemessenen Mengen 6 bis 10 Prozent wässrige Formaldehydlösung). 4 Stunden nach Beginn der Verdampfung wurde ein Durchblasen von warmer Luft von $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde Dauer vorgenommen (die Maximaltemperatur der Luft dicht bei der Einblasestelle war 52° C).

In den Versuchen, in welchen der Wärmeapparat in Betrieb war, fanden sich die Bakterienproben desinfiziert, mit Ausnahme der Proben, die über den Wärmeapparat angebracht waren. Trotz Verdampfung von 10 bis 15^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter gaben hier sowohl Anthrax als Coli und Staphylococcus Wachstum. In den Versuchen, in welchen die Ausstrahlung vom Wärmeapparat, wie beschrieben, verhindert war, wurden dagegen sämtliche Proben desinfiziert. Die Versuche zeigten auf entscheidende Weise, daß der eingebaute Radiator während der Desinfektion nicht benutzt werden durfte oder daß man jedenfalls den Dampf abstellen und den Radiator zudecken mußte. In den folgenden Versuchen haben wir daher Vorwärmung von Decken und Raum mittels eingeblasener warmer Luft vorgenommen.

Da unsere Versuche den Zweck verfolgten, die Formaldehydmengen ausfindig zu machen, die zur Desinfektion einer bestimmten Anzahl Decken und zwar in einer im wesentlichen auf Grund von Jörgensen und Fibigers Untersuchungen gebauten Formalinkammer verlangt werden müssen, so untersuchten wir zuerst, ob es möglich war, eine geringere Anzahl Decken zu desinfizieren und niedrigere Formaldehyddosen als die von den genannten Verfassern angegebenen anzuwenden, indem wir davon ausgingen, daß wir während der Desinfektion höhere Temperatur anwenden konnten.

Wir nahmen daher einige einleitende Versuche mit 14 bzw. 25 Decken in der Kammer vor und ermittelten das Ergebnis vierstündiger Einwirkung von 15^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter (bzw. 20^{grm}), durch Verdampfen einer 10 prozentigen wässerigen Lösung entwickelt. Die Decken wurden vor Beginn des Versuches vorgewärmt, um eine möglichst hohe Temperatur in den Objekten während der Desinfektionsperiode zu erlangen. Die Temperatur der Kammer war 33 bis 37° C. Von den 18 in jedem Versuch aufgehängten Probeobjekten (wovon 15 Leinwandproben waren) wurden 11 bzw. 15 und 12 desinfiziert. In allen Versuchen gab es jedoch sowohl Anthrax- und Coli- als Staphylokokkenproben, die der Desinfektion widerstanden; selbst die Wollproben waren nicht alle desinfiziert. Wir waren hiernach klar darüber, daß wir die hohen Ansprüche, die wir an die Tiefenwirkung des Formaldehyds gestellt hatten, mit so kleinen Formaldehydmengen erfüllt zu sehen, nicht erwarten konnten, und gingen deshalb sofort zu systematischen Versuchen über, die mit so vielen Decken (32 = 2 pro Kubikmeter) ausgeführt wurden, wie in der Kammer bequem aufgehängt werden konnten. Es zeigte sich schnell, daß die bei dem Eindampfen der Formaldehydlösung entwickelten Wasserdämpfe bei weitem nicht genügend waren, eine einigermaßen bedeutende Luftfeuchtigkeit in der Kammer zu erhalten, indem die Feuchtigkeit infolge Kondensation und hygroskopischen Aufsaugens schnell wieder sank.

In zwei Versuchen (Nr. 10 und 11), wo 25 und 20^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter in Verbindung mit 3 bis 4 Liter Wasser der Lösung verdampft wurde, war die Luftfeuchtigkeit am Ende des Versuches nach 4, bzw. 8 Stunden nur 50 Prozent (Temperatur 30° C) bzw. 35 Prozent (Temperatur 33° C). Wenn man sich erinnert, daß 100^{grm} Wolle 28^{grm} hygroskopisches Wasser aufnehmen können (Rubner), so daß die aufgehängten etwa 71^{kg} Wolldecken demnach etwa 20 Liter hygroskopisches Wasser aufnehmen können, wenn sie vor dem Verdampfen völlig trocken sind, kann es nicht wundern, daß eine Wasserdampfmenge wie die erwähnte, die genügend ist, einen 5 bis 6 mal so großen Luftraum zu sättigen, in der mit Wolldecken gefüllten Kammer keinen hohen Luftfeuchtigkeitsgrad

erhalten kann. Die Desinfektion zeigte sich in diesen Versuchen unbefriedigend, obwohl ein nur wenig resistenter Staphylokokkenstamm angewendet und Bouillonkulturen bei der Zubereitung der Objekte benutzt wurden. Beim Versuch Nr. 11 gab sogar eine Wollprobe mit Colibazillen Wachstum nach 20^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter und 8 stündiger Desinfektionszeit.

Wir versuchten danach die Wasserdampfentwicklung in den folgenden Versuchen dadurch zu vergrößern, daß vor der Formaldehydentwicklung (und der hiermit verbundenen Wasserverdampfung) vom Verdampfungskessel 3 bis 5 Liter Wasser verdampft wurden. Die Versuche sind in nachstehender Tabelle II wiedergegeben, in der außerdem ein Versuch aufgeführt ist, der angestellt ist, um zu zeigen, wie die bei niedrigerem Feuchtigkeitsgrad ausgeführten Versuche den anderen nachstehen.

Diese Versuche zeigen, daß die Desinfektion bei niedrigem Feuchtigkeitsgrad mißlang, selbst wenn die Formaldehydmenge bis zu 60^{grm} pro Kubikmeter und die Einwirkungszeit auf 23 Stunden bei Temperaturen von 30 bis 50° C gesteigert wurden. Sie zeigen außerdem, daß die Desinfektionsergebnisse wesentlich verbessert werden, wenn man durch vorübergehende Wasserverdampfung sich sichert, daß ein hoher Feuchtigkeitsgrad die ganze Desinfektionszeit hindurch erhalten bleibt. In Anbetracht der strengen Ansprüche muß anerkannt werden, daß bei Steigerung der Luftfeuchtigkeit verhältnismäßig gute Ergebnisse schon bei Anwendung von 25 bis 30^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter in 4 Stunden und 20^{grm} pro Kubikmeter in 7 Stunden erzielt werden. Es geht aus den Versuchen hervor, daß Sterilität aller Wollproben erst erreicht wurde, wenn außer der mit dem Formaldehyd verdampften Wassermenge 4 Liter Wasser und darüber verdampft wurden.

Diese Beobachtungen zeigen, wie zurückhaltend man damit sein soll, sich darauf zu verlassen, daß man bei Raumdesinfektion in Wohnungen gleichzeitig Desinfektion von Bettüberzügen, Decken u. dgl. erlangen kann, wenn es sich um resistendere Keime handelt. Hier können weder so hohe Temperaturen noch so große Formaldehydmengen angewendet werden und kaum so große Wassermengen, daß eine genügend tiefgehende Desinfektion erzielt wird.

Nach der hierdurch gewonnenen Erfahrung wurde eine Änderung rücksichtlich der Installation in der Kammer derart vorgenommen, daß man ein direktes Dampfblasen vornehmen konnte, wodurch die Luftfeuchtigkeit vergrößert und die Wasserdampfkondensation in den Decken in Gang gebracht werden konnte, ehe die Formaldehydentwicklung begann. Wir gingen hierbei von der Auffassung des Mechanismus der Formaldehydesinfektion aus, die von Rubner (s. o.) dargelegt ist.

Tabelle II.
4 bis 23 Stunden.

Versuch Nr:	15	16	17	12	13	14	34
Dauer:	4 Stunden	4 Stunden	4 Stunden	7 Stunden	7 Stunden	7 Stunden	23 Stunden
Formaldehyd pro Kubikmeter . .	25 grm	25 grm	30 grm	20 grm	20 grm	20 grm	60 grm
Konzentration der Formalinlösung	8 Prozent	10 Prozent	10 Prozent	8 Prozent	8 Prozent	8 Prozent	17 Prozent
Weiter verdampftes Wasser . .	4 Liter	4 Liter	3 Liter	3 Liter	4 Liter	5 Liter	—
Anfangstemperatur	32°	38°	39°	35°	37°	43°	47°
Schlußtemperatur	29°	32°	33°	28°	33°	32°	28°
Maximaltemperatur an der Decke (3 Stellen gemessen)	43°	51°	52°	53°	50°	55°	57°
Luftfeuchtigkeit am Anfang der Formalinverdampfung	92 Prozent	73 Prozent	31 Prozent	14 Prozent ¹	20 Prozent ¹	30 Prozent ¹	12 Prozent
Luftfeuchtigkeit am Ende des Versuches	80	60	63	58	60	70	52
Leinenobjekte bei a)	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S
" b)	—	+	—	—	—	—	+
" c)	—	—	—	—	—	—	+
" d)	+	—	—	—	—	—	+
" e)	—	—	—	—	—	—	+
" f)	—	+	+	+	+	+	+
Wollobjekte	—	—	—	—	—	—	—
" e)	—	—	—	—	—	—	—
" g)	—	—	—	0 0 0	—	—	—
Desinfizierte Proben	7 5 7	5 6 4	5 7 4	6 4 6	6 7 7	7 7 7	2 5 9

Anmerkung: A = Anthrax, C = Coli, S = Stap. pyog. aur., — bezeichnet „kein Wachstum“, + bezeichnet „Wachstum“, 0 bezeichnet, daß Probeobjekte nicht an der betreffenden Stelle aufgehängt waren.

¹ Zwischen der Wasserverdampfung und dem Beginn der Desinfektion war 1 Stunde vergangen.

Wegen der Verhältnisse, u. a. um zu vermeiden, daß die Dampfstrahlen direkt gegen die Wolldecken gerichtet wurden, mußten wir das Dampfleinblasen dicht über dem Fußboden vor sich gehen lassen, obwohl das Einblasen in der Nähe der Decke vorzuziehen gewesen wäre. Der Dampf wurde durch das auf der Zeichnung gezeigte Rohr (O) hineingeleitet, das mit einer Anzahl feiner Löcher versehen war, durch die er verteilt wurde.

Versuche.

Die nachfolgenden Versuche sind (wo nichts anderes angeführt ist) auf folgende Weise ausgeführt:

Die Decken werden einige Stunden vor dem Versuch aufgehängt und durch Durchblasen mit warmer Luft mittels des erwähnten Motors (L) vorgewärmt. Danach wird das Ventil (G) geschlossen, die Türen zur Kammer werden geöffnet und die Probeobjekte und Maximalthermometer an den früher erwähnten Stellen aufgehängt (in einer Anzahl von Versuchen wurde außerdem ein Thermohygrograph aufgestellt). Die gemessene Menge wässrige Formaldehydlösung wird in den Topf gegossen (immer 5 bis 6 Liter Lösung), wonach die Türen geschlossen und fest zugeschraubt werden. Nach dem Ablesen der Instrumente werden die Türen auswendig mit Decken bedeckt, um der Wasserdampfkondensation auf ihnen entgegen zu wirken. Die Anfangstemperatur in der Kammer variiert von 39 bis 49° C, die relative Feuchtigkeit von 10 bis 20 Prozent.

Nachdem das Bodenventil geöffnet ist, wird Dampf durch die oben erwähnte Rohrleitung 3 bis 5 Minuten hineingeleitet. Hierbei steigt die Feuchtigkeit der Kammer bis zu 70 bis 95 Prozent, während am Thermometer eine Temperatursteigerung von etwa 8° zu beobachten ist. In den folgenden 10 Minuten nimmt die Feuchtigkeit wegen des Wasseraufsaugens in den Decken aufs neue bis zu 50 Prozent ab, während die Temperatur nur ein wenig nach oben oder unten variiert. Nun wird aufs neue das Dampfleinblasen bewirkt, das je nach dem beobachteten Feuchtigkeitsgrad 2 bis 4 Minuten fortgesetzt wird. Bei einer Temperatursteigerung von einigen Graden wird der Feuchtigkeitsgrad bis zu 95 bis 100 Prozent erhöht. Das Bodenventil wird nun fest geschlossen, und wenn das Hygrometer nach weiteren 10 Minuten sich über 80 Prozent hält, wird mit der Formalinverdampfung begonnen, indem der Dampf zum Topf geleitet wird. (Erforderlichenfalls wird noch ein drittes Dampfleinblasen vorher vorgenommen.)

2 bis 3 Stunden nach Beginn der Formaldehydverdampfung wurde die Dampfleitung zum Topfe abgestellt, außer in den langdauernden (22 stündigen) Versuchen, da wir durch fortgesetztes Erwärmen des leeren Topfes einem zu starken Temperaturfall in der Kammer vorzubeugen suchten.

Eine Anzahl Versuche wurden mit Durchblasen von warmer Luft durch die Kammer abgeschlossen, um so viel von dem Formaldehydgeruch zu entfernen, daß die Kammer zugänglich wurde. Hierbei mußten wir jedoch zur Filtrierung der eingelassenen Luft schreiten, die von einem Raum in der Desinfektionsanstalt genommen wurde, wo zu Zeiten viel Staub aufgewirbelt wurde. Es zeigte sich nämlich, daß etliche der Probeobjekte ohne diese Maßregel bei dem Durchblasen aufs neue (mit anderen Bakterien) infiziert wurden.

In einigen Versuchen (siehe Tabellen), besonders wo große Formaldehydmengen benutzt wurden, wurde zuletzt Verdampfen von Ammoniakwasser (25 Prozent) vom Kessel vorgenommen, um den Formaldehydgeruch schneller aus den Decken zu entfernen.

Fig. 2.

Nach unseren Erfahrungen war 1 Liter Ammoniak (25 Prozent) in Verbindung mit 2 bis 3 stündigem Durchblasen von warmer Luft genügend, die Decken zum unmittelbaren Gebrauch geeignet zu machen.

Wenn die Decken zwischen den Versuchen nicht gewechselt wurden, was man so häufig wie möglich machte, wurde ein langdauerndes Durchblasen von warmer Luft vorgenommen, und die Kammer durch Zugluft mehrere Stunden gelüftet. Übrigens wurde die Kammer häufig zwischen den Versuchen gründlich gewaschen.

Die Versuche sind unten in Tabellen gruppiert, die die wichtigsten Einzelheiten aus den Versuchsprotokollen angeben, deren vollständige Wiedergabe wegen Platzmangel unmöglich ist.

Um die typischen Schwankungen der Temperatur und Feuchtigkeit während eines 4 stündigen und eines 22 stündigen Versuches zu illustrieren, werden nachstehende Diagramme angefügt, die den vom Thermohygrographen aufgezeichneten Kurven (in Versuch 47 und 49) entsprechen.

Es wurden im ganzen 115 Desinfektionsversuche vorgenommen (hierin die orientierenden Versuche mitgerechnet). Es wird bemerkt, daß kein Versuch ausgelassen worden ist, es sei denn, daß die Kontrollkulturen kein Wachstum gaben oder daß ein entscheidender Fehler bei der Ausführung nachgewiesen werden konnte. Aus Platzmangel ist dagegen davon abgesehen, einige Versuche in einzelnen Serien aufzuführen, in denen die angewandten Formaldehydmengen wesentlich geringer waren als die, die sich als absolut notwendig gezeigt haben. (Diese Versuche sind Nr. 63, 68, 89, 83, 84, 85, 86 und 94).

Fig. 3.

Die Versuche sind eingeteilt in:

Gruppe A: Deckenanzahl 32 (2 pro Kubikmeter). Aufhängen von 15 Leinenobjekten und 6 Wollobjekten (neue Wolle) in Blechschachteln.

Gruppe B: Deckenanzahl 32. Aufhängen von 18 Wollobjekten von abgenutztem Wolldeckenzeug an den Decken.

Gruppe C: Deckenanzahl 32. Aufhängen von 18 Wollobjekten, die „grob infiziert sind“. Die Probeobjekte teils in Säcken, teils frei aufgehängt.

Gruppe A.

I. Desinfektionszeit 4 Stunden (s. Tabelle III).

Die in diesen Versuchen angewandten Formaldehydmengen variieren von 30 bis 60 g^{rm} pro Kubikmeter. Die Temperatur in der Kammer war bei Beginn der Formaldehydverdampfung 36 bis 51° C, beim Abschluß der Versuche 30 bis 40° C, an welchem Zeitpunkt die relative Luftfeuchtigkeit 72 bis 88 Prozent maß.

Tabelle III.
4 Stunden.

Versuch Nr.:	18	19	20	21	23	24	25
Dauer:	4 Stunden	4 Stunden	4 Stunden	4 Stunden	4 Stunden	4 Stunden	4 Stunden
Formaldehyd pro Kubikmeter	30 grm	30 grm	30 grm	30 grm	40 grm	50 grm	60 grm
Konzentration der Formalinlösung	10 Prozent	10 Prozent	10 Prozent	10 Prozent	12 Prozent	15 Prozent	17 Prozent
Dampfeinströmung (Minuten)	10	5 + 5	2 + 2 + 1	3 + 2	3 + 2	3 + 2	3 + 3
Anfangstemperatur	36°	40.5°	48°	49°	47°	48.5°	51°
Schlußtemperatur	30°	32°	39°	36°	37°	34°	40°
Maximaltemperatur an der Decke (3 Stellen gemessen)	44°	58°	66°	62°	62°	62°	62°
Luftfeuchtigkeit am Anfang der Formalinverdampfung	63 Prozent	67 Prozent	52 Prozent	80 Prozent	58 Prozent	67 Prozent	95 Prozent
Luftfeuchtigkeit am Ende des Versuches	80 " A C S	88 " A C S	80 " A C S	78 " A C S	88 " A C S	80 " A C S	72 " A C S
Leinenobjekte bei a)	-	-	-	-	-	-	-
" b)	-	-	-	-	-	-	-
" c)	-	-	-	+	-	+	+
" d)	-	-	-	-	-	-	-
" f)	-	-	-	-	-	-	-
Wollobjekte	-	-	0	-	-	-	-
" e)	-	-	0	-	-	-	-
" g)	-	+	0	-	-	-	-
Desinfizierte Proben	7 7 7	7 7 7	3 7 7	7 7 7	7 7 7	7 7 7	7 7 7

In zwei Versuchen (Nr. 20 und 23) wurden alle Probeobjekte desinfiziert. Da aber die Anthrax-Kontrollobjekte kein Wachstum gaben (ungewiß aus welchem Grund), darf dem Ergebnis hier keine entscheidende Bedeutung beigelegt werden. Man muß vielmehr die auffallend guten Ergebnisse dem Anthrax gegenüber in diesen Versuchen bezweifeln.

Übrigens zeigt die Tabelle, daß die Versuchsergebnisse am schlechtesten waren, wo die Luftfeuchtigkeit am Ende des Versuches am niedrigsten war. Für die Wollobjekte waren die Ergebnisse recht gut, indem nur in zwei Versuchen (mit 30 ^{grm} Formaldehyd) Wachstum von einer einzelnen Staphylokokkenprobe erfolgte. Rücksichtlich der Leinenobjekte waren die Resultate, wenn man von den Anthraxproben absieht, unbefriedigend gegenüber Staph. aur. (11 von 35 Proben wurden nicht desinfiziert). Von den Colipoben wurden 34 von 35 desinfiziert.

II. Desinfektionszeit 6 bis 8 Stunden (s. Tabelle IV).

Die angewandten Formaldehydmengen variieren von 47.5 bis 60 ^{grm} pro Kubikmeter. Die Versuchsbedingungen waren übrigens wesentlich dieselben wie oben. Doch waren die Anthraxobjekte in diesen und späteren Versuchen stärker infiziert.

Die Tabelle zeigt, daß die Wollobjekte desinfiziert wurden mit Ausnahme einer einzelnen Anthraxprobe in einem Versuch (44), wo die Desinfektion 7 Stunden dauerte und 47.5 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter angewendet wurden. Von Leinenobjekten wurden 31 von 32 Colipoben, 19 von 32 Anthraxproben, 20 von 32 Staphylokokkenproben desinfiziert. Das Ergebnis muß deshalb als unbefriedigend bezeichnet werden.

III. Desinfektionszeit 8½ bis 16 Stunden (s. Tabelle V).

Die angewandten Formaldehydmengen variierten von 47.5 bis 50 ^{grm} pro Kubikmeter. Die relative Luftfeuchtigkeit war am Ende des Versuches durchweg über 90 Prozent; übrigens waren die Versuchsbedingungen unverändert.

Die Tabelle zeigt, daß sämtliche Wollobjekte desinfiziert wurden. Für die Leinenobjekte waren die Ergebnisse sehr verbessert. Sämtliche (30) Colipoben, sowie 28 von 30 Anthraxproben und 29 von 30 Staphylokokkenproben wurden desinfiziert.

Die wenigen Proben, die nicht desinfiziert wurden, stammen von den Versuchen 75 und 43, wo die Desinfektionszeit nur 8½ bis 9 Stunden war. Berücksichtigt man die Strenge der gestellten Forderungen, so müssen die Ergebnisse als befriedigend angesehen werden. Sie zeigen, daß es zur Desinfektion von Leinenobjekten, unter den übrigens gegebenen

Tabelle IV.
6 bis 8 Stunden.

Versuch Nr.:	27	44	45	26	95	100
Dauer:	6 Stunden	7 Stunden	7 Stunden	7 Stunden	8 Stunden	8 Stunden
Formaldehyd pro Kubikmeter	50 ^{grm}	47.5 ^{grm}	50 ^{grm}	60 ^{grm}	50 ^{grm}	60 ^{grm}
Konzentration der Formalinlösung	15 Prozent	11.4 Prozent	13.1 Prozent	17 Prozent	13.1 Prozent	17 Prozent
Dampfströmung (Minuten)	3 + 3	4 + 3	4 + 3	3 + 2	5 + 3	5 + 3
Anfangstemperatur	48°	51°	52°	51.5°	49°	48°
Schlußtemperatur	33°	34°	34°	36°	36°	38°
Maximaltemperatur der Decke (3 Stellen gemessen)	65°	60°	64°	60°	62°	57°
Luftfeuchtigkeit am Anfang der Formalindampfung	95 Prozent	81 Prozent	88 Prozent	55 Prozent	80 Prozent	97 Prozent
Luftfeuchtigkeit am Ende des Versuches	75 "	88 "	88 "	77 "	84 "	95 "
Leinenobjekte bei a)	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S
" b)	+ - +	+ - -	- - -	- - -	- - +	- - -
" c)	- - -	- - +	- - -	- - -	- - +	- - -
" d)	+ - +	+ - -	- - -	+ - +	- - -	+ - -
" e)	+ - +	+ - -	- - -	- - -	+ - -	- - -
Wollobjekte	- - -	+ - -	- - -	- - -	- - -	- - -
" f)	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
" g)	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Desinfizierte Proben	3 7 3	3 7 7	9 7 7	5 7 7	0 0 0	0 0 0
					4 3 3	3 6 6

¹ Leinenobjekte.

Tabelle V.
8 1/2 bis 16 Stunden.

Versuch Nr.:	46	75	43	42	40	41
Dauer:	8 1/2 Std.	8 1/2 Std.	9 Std.	10 Std.	16 Std.	16 Std.
Formaldehyd pro Kubikmeter	50 grm	50 grm	47.5 grm	50 grm	47.5 grm	50 grm
Konzentration der Formalinlösung . .	13.1 Proz.	13.1 Proz.	10.6 Proz.	15 Proz.	13.5 Proz.	15 Proz.
Dampfeinströmung (Minuten)	4 + 2	5 + 4	4 + 3	4 + 3	3 + 3	4 + 3
Anfangstemperatur	50°	51°	55°	51°	56°	58°
Schlußtemperatur	33°	34°	34°	36°	34°	37°
Maximaltemperatur an der Decke (3 Stellen gemessen)	59.5°	63.5°	66°	58°	61°	62°
Luftfeuchtigkeit am Anfang der Formalinverdampfung	84 Proz.	87 Proz.	97 Proz.	100 Proz.	100 Proz.	100 Proz.
Luftfeuchtigkeit am Ende des Versuches	91 "	98 "	90 "	94 "	87 "	92 "
Verdampftes Ammoniak	—	—	—	—	—	—
Leinenobjekte bei a)	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S
" b)	—	+	—	—	—	—
" c)	—	—	—	—	—	—
" d)	—	—	—	—	—	—
" f)	—	—	+	—	—	—
Wollobjekte " e)	—	+	—	—	—	—
" g)	—	—	—	—	—	—
Desinfizierte Proben	7 7 7	5 7 7	7 7 7	7 7 7	7 7 7	7 7 7

Bedingungen, wichtiger ist, die Desinfektionszeit um einige Stunden zu verlängern, als die Formaldehydmenge über die etwa 45^{grm} pro Kubikmeter, die absolut notwendig zu sein scheinen, zu vermehren.

IV. Desinfektionszeit 22 bis 24 Stunden (s. Tabelle VI).

Die angewandten Formaldehydmengen variieren von 45 bis 60^{grm} pro Kubikmeter. Übrigens waren die Versuchsbedingungen wesentlich wie oben, jedoch war die Schlußtemperatur in der Kammer aus verständlichen Gründen eine etwas niedrigere (25 bis 32° C).

Die Tabelle zeigt, wenn man von dem ersten Versuch absehen will (Nr. 30), bei welchem die Feuchtigkeit am Schlusse des Versuches nur 75 Prozent war, und die Desinfektion unbefriedigend (indem 2 von 6 Wollobjekten und 2 von 15 Leinenobjekten nicht desinfiziert wurden), daß die Ergebnisse dem entsprechen, was wir nach den vorhergehenden Versuchen erwarten konnten. Die Desinfektion geht offenbar sicherer vor sich, obwohl die Formaldehydmenge nicht vermehrt ist. Alle Wollobjekte (54) sind glatt desinfiziert. Von den Leinenobjekten sind alle (45) Anthraxproben und alle (45) Coliproben desinfiziert. Von 45 Staphylokokkenproben sind 41 desinfiziert. Die Desinfektion war vollständig in 6 von 9 Versuchen, und vollständig in allen Versuchen, in denen über 46^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter angewendet wurden.

Dieses Ergebnis darf den Umständen nach als zuverlässige Grundlage für eine praktische Desinfektion angesehen werden.

Gruppe B.

Die Versuche sind wesentlich auf Grund der beobachteten Tatsache (siehe die Resistenzuntersuchung) angestellt, daß es schwieriger war, anthraxinfizierte Objekte von altem, abgenutztem Wolldeckenzeug im Dampf zu desinfizieren als von neuem. Sie sollten daher wesentlich als Ergänzung zu den obengenannten Versuchen dienen, in denen die Wollobjekte aus neuem Wolldeckenzeug bestanden.

Wir stellten Versuche mit wechselnden Formaldehydmengen und wechselnden Desinfektionszeiten (8, 16, 22 Stunden) an. Die Versuche sind in den Tabellen VII bis IX wiedergegeben.

I. Desinfektionszeit 8 Stunden (s. Tabelle VII).

Die angewandten Formaldehydmengen variierten von 25 bis 50^{grm} pro Kubikmeter. Die Versuchsbedingungen waren in der Hauptsache wie in den obenbeschriebenen Versuchen. Es wurde in der Regel eine Luftfeuchtigkeit von über 90 Prozent am Ende des Versuches gemessen.

Tabelle VI.
22 bis 24 Stunden.

[illegible]

Tabelle VII.
8 Stunden.

Versuch Nr.:	64	67	69	93	73	74	76	106	112	115
Dauer:	8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.	8 Std.
Formaldehyd pro Kubikmeter	25 grm	30 grm	30 grm	32 grm	35 grm	35 grm	35 grm	40 grm	45 grm	50 grm
Konzentration der Formalinlösung	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10·5 Proz.	11·9 Proz.	13·4 Proz.
Dampfströmung (Min)	4 + 4	5 + 3	5 + 2	5 + 5	5 + 4	5 + 2	5 + 2	5 + 3	5 + 2	5 + 3
Anfangstemperatur	54·4°	56°	54°	47°	47°	42°	49°	50°	48°	47°
Schlußtemperatur	38°	39°	30°	—	34°	33°	35°	39°	36°	35°
Maximaltemperatur an der Decke (3 Stellen gemessen)	68°	68°	—	60°	60°	56°	61°	61°	60°	57°
Luftfeuchtigkeit am Anfang der Formalinverdampfung	85 Proz.	95 Proz.	96 Proz.	85 Proz.	91 Proz.	92 Proz.	90 Proz.	98 Proz.	99 Proz.	97 Proz.
Luftfeuchtigkeit am Ende des Versuches	90 "	93 "	95 "	—	100 "	100 "	100 "	91 "	98 "	97 "
Verdampftes Ammoniak (25 Prozent)	A C S	A C S	A C S	2 Liter A C S	A C S	A C S	A C S	1 Liter A C S	1 Liter A C S	1 Liter A C S
Wollobjekte bei a).	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" b).	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
" c).	+	—	—	—	—	—	+	—	+	—
" d).	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" e).	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" f).	+	—	+	+	—	—	+	—	—	—
Desinfizierte Proben	2 5 3	6 6 6	6 6 6	4 6 3	6 6 6	6 6 6	3 6 6	6 6 6	6 6 6	6 6 6

Die Tabelle zeigt, daß Desinfektion mit Formaldehydmengen unter 30 ^{grm} pro Kubikmeter nicht erzielt wurde, unsichere Ergebnisse unter 35 ^{grm} pro Kubikmeter, während wir mit 35 bis 50 ^{grm} alle Coliprobe zu desinfizieren vermochten, 34 von 36 Anthraxproben und 35 von 36 Staphylokokkenproben. Von den letztgenannten sechs Versuchen war die Desinfektion vollständig in vier, während in einem Versuch (Nr. 112) Wachstum am fünften Tage von einer Anthraxprobe und in einem Versuch (Nr. 76) Wachstum am fünften Tage von einer Anthraxprobe und am vierten Tage von einer Staphylokokkenprobe erfolgte. Außerdem wurden drei Versuche (Nr. 78, 80 und 82) mit 40 Wolldecken in der Kammer ausgeführt, hier waren aber die Ergebnisse mit 35 bis 42 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter schlecht, die Desinfektion unvollständig bei 50 ^{grm} (2 von 18 Proben wurden nicht getötet).

II. Desinfektionszeit 16 Stunden (s. Tabelle VIII).

Hier wurden im ganzen 18 Versuche ausgeführt, und Formaldehydmengen von 20 bis 45 ^{grm} pro Kubikmeter angewendet. Da es wider Erwarten nicht gelang, bessere Ergebnisse mit 20 bis 35 ^{grm} Formaldehyd als bei den erwähnten 8stündigen zu erhalten, werden in der Tabelle nur die zehn Versuche mit Formaldehydmengen von 35 bis 45 ^{grm} pro Kubikmeter wiedergegeben.

Die Tabelle zeigt, daß die Desinfektion überhaupt recht befriedigend vor sich ging, aber noch bei 35 ^{grm} Formaldehyd etwas unsicher (in jedem Versuch gab es einzelne Anthrax- oder Staphylokokkenproben, die nicht getötet wurden). In den Versuchen mit 37 ^{grm} und darüber wurden dagegen alle Coli- und Staphylokokkenproben desinfiziert, und es gab nur bei zwei Versuchen einzelne Anthraxproben, die der Desinfektion widerstanden.

Die Merkwürdigkeit, daß 16stündige Versuche völlig so große Formaldehyddosen erfordern wie die 8stündigen Versuche und sogar ein wenig ungünstiger scheinen rücksichtlich der Desinfektion von Milzbrand, kann von der höheren Resistenz herrühren, die die Anthraxsporen gerade bei den letzten Versuchen zeigten.

III. Desinfektionszeit 22 Stunden (s. Tabelle IX).

Es wurden acht Versuche ausgeführt und von 20 bis 30 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter angewendet. Die Versuchsbedingungen übrigens unverändert. Die Tabelle zeigt, daß die Versuche mit 20 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter unsichere Ergebnisse lieferten, während die Versuche mit 25 bis 30 ^{grm} pro Kubikmeter bei fünf von sechs Versuchen völlig gelangen (bei dem sechsten kam Wachstum von einer einzelnen Anthraxprobe).

Tabelle VIII.
16 Stunden.

Versuch Nr.:	87	88	98	101	102	107	109	110	113	114
Dauer:	16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.	16 Std.
Formaldehyd pro Kubikmeter	35 grm	35 grm	35 grm	35 grm	37 grm	38 grm	40 grm	40 grm	40 grm	45 grm
Konzentration der Formalin-	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	9.6 Proz.	9.9 Proz.	10.5 Proz.	10.5 Proz.	10.5 Proz.	11.9 Proz.
Dampfeströmung (Minuten)	5 + 2	6 + 2	5 + 3	5 + 3	5 + 3	5 + 3	5 + 3	5 + 3	5 + 3	5 + 3
Anfangstemperatur	49°	53°	52.5°	49°	52°	53°	54°	55°	52°	50°
Schlusstemperatur	—	—	37°	39°	39°	35°	41°	36°	34°	34°
Maximaltemperatur an der	57°	68°	65°	60°	—	68°	66°	67°	61°	64°
Decke (3 Stellen gemessen)	—	—	96 Proz.	95 Proz.	94 Proz.	88 Proz.	89 Proz.	97 Proz.	90 Proz.	91 Proz.
Luftfeuchtigkeit am Anfang	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
der Formalinverdampfung.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Luftfeuchtigkeit am Ende des	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Versuches	2 1/2 Liter	3 Liter	2 1/2 Liter	2 1/2 Liter	2 Liter	—	—	—	—	—
Verdampftes Ammoniak . .	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S
Wollobjekte bei a)	—	—	—	—	—	+	—	+	—	—
" " b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" " c)	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" " d)	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—
" " e)	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" " f)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Desinfizierte Proben	4 6 6 6	5 6 6 6	6 6 6 6	4 6 6 6	6 6 6 6	5 6 6 6	6 6 6 6	3 6 6 6	6 6 6 6	6 6 6 6

Tabelle IX.
22 Stunden.

Versuch Nr.:	62	90	61	72	77	57	103	111	79 ¹	81 ¹
Dauer:	22 Std.	22 Std.	22 Std.	22 Std.	22 Std.	22 Std.	22 Std.	22 Std.	22 Std.	22 Std.
Formaldehyd pro Kubikmeter	20 grm	20 grm	25 grm	25 grm	25 grm	30 grm	30 grm	30 grm	25 grm	30 grm
Konzentration der Formalin-	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	9.4 Proz.	10 Proz.	10 Proz.	9.4 Proz.
lösung	4 + 2	5 + 2 + 1	4 + 3	5 + 2	5 + 2	5 + 3	5 + 2	5 + 3	5 + 3	5 + 3
Dampfeinströmung (Minuten)	50.5 ⁰	47.5 ⁰	48 ⁰	50 ⁰	42 ⁰	51.5 ⁰	50.5 ⁰	55 ⁰	50 ⁰	50 ⁰
Anfangstemperatur	26 ⁰	28 ⁰	27 ⁰	32.5 ⁰	25 ⁰	29.5 ⁰	39 ⁰	35 ⁰	28 ⁰	28 ⁰
Schlußtemperatur	61 ⁰	63 ⁰	62 ⁰	63 ⁰	55 ⁰	61 ⁰	62 ⁰	66 ⁰	63 ⁰	63 ⁰
Maximaltemperatur an der	98 Proz.	93 Proz.	—	100 Proz.	100 Proz.	—	96.5 Proz.	89 Proz.	—	—
Decke (3 Stellen gemessen)	90 "	89 "	—	100 "	100 "	—	94 "	98 "	—	—
Luftfeuchtigkeit am Anfang	—	2 Liter	—	—	—	—	2 Liter	—	—	—
der Formalinverdampfung .	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S	A C S
Luftfeuchtigkeit am Ende des	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—
Versuches	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Verdampftes Ammoniak . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Wollobjekte bei a)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" b)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" c)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" d)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" e)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
" f)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Desinfizierte Proben . . .	3 3 3	4 3 3	3 6 6	6 6 6	6 6 6	6 6 6	6 6 6	3 6 6	3 6 6	6 6 6

1 40 Decken aufgehängt.

Die Tabelle umfaßt außerdem zwei Versuche (Nr. 79 und 81), in denen 40 Wolldecken in der Kammer aufgehängt waren (d. h. $2\frac{1}{2}$ Decke pro Kubikmeter). Das Ergebnis war übereinstimmend so, daß 30 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter als ausreichend angesehen werden müssen, wenn die Desinfektionszeit bis zu 22 Stunden ausgedehnt wird.

Gruppe C.

Die Versuche wurden angestellt, um zu probieren, ob die Desinfektion auch durchgeführt werden konnte, wenn die Objekte mit den betreffenden Bakterienkulturen noch gröber verunreinigt waren als bei den früheren Versuchen, oder wenn sie mit einer Schicht Wolldeckenzeug ganz bedeckt waren. Die Versuche wurden teils mit Leinenobjekten ausgeführt, die mit einer dicken Emulsion von Bakterienkulturen durchfeuchtet und danach getrocknet, teils mit Wollobjekten, die mit unverdünnten Agarplattenkulturen eingerieben waren, so daß die Verunreinigung dicke Borken an den Objekten bildete (s. Technik).

I. Desinfektionszeit 4 Stunden. Die Objekte in Säcken aus neuem Wolldeckenzeug.

Verdampfung von 30 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter (Versuche Nr. 22, 47) lieferte sehr schlechte Ergebnisse sowohl für Leinen- als Wollobjekte. 60 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter vermochten jedoch durchzudringen und alle in den Säcken eingeschlossenen Coli- und Staphylokokkenproben (Wolldeckenobjekte) zu töten, während drei von sieben Anthraxproben widerstanden. Der Versuch zeigt indessen sehr deutlich, daß die Formaldehyddämpfe bei der angewandten Versuchsanordnung eine ziemlich gute Tiefenwirkung hatten. Dies wird durch folgende Versuche bestätigt.

II. Desinfektionszeit 16 bis 22 Stunden. „Grob infizierte“ Wollenproben in Säcken von neuem Wolldeckenzeug aufgehängt (s. Tabelle X).

Bei den sechs Versuchen wurden 45 bis 60 ^{grm} Formaldehyd pro Kubikmeter angewandt. Die Tabelle zeigt, daß der Versuch mit 45 ^{grm} mißlang, während mit 50 bis 60 ^{grm} Formaldehyd in zwei Versuchen Desinfektion aller Proben erzielt wurde. In zwei anderen Versuchen widerstanden nur einzelne Anthrax- und Staphylokokkenproben der Desinfektion. Der in der Tabelle zuletzt angeführte Versuch (Nr. 66) ist mit Objekten von „abgenutztem“ Wolldeckenzeug ausgeführt, während

die Objekte in den übrigen Versuchen aus neuem Wolldeckenzeug bestanden. Das ungünstige Ergebnis in diesem Versuch zeigt wieder, welche große Bedeutung das Objektmaterial für die Tiefenwirkung hat.

Das Hauptergebnis der Versuche ist der Nachweis, daß das Formaldehyd imstande ist, eine Schicht frei aufgehängten Wolldeckenzeugs ganz zu durchdringen und grob infizierte Objekte (aus neuem Wolldeckenzeug) völlig zu desinfizieren, wenn 50 bis 60 ^g Formaldehyd pro Kubikmeter angewendet werden, wenn die Temperatur 30 bis 50° C, die relative Feuchtigkeit etwa 90 Prozent und die Einwirkungszeit etwa 22 Stunden ist.

III. Desinfektionszeit 22 Stunden. „Grob infizierte Objekte“ aus Leinwand und abgenutzter Wolle, frei aufgehängt.

Durch diese Versuchsreihe (Versuche Nr. 60, 58, 59, 65, 70, 92, 99 108) wird das früher nachgewiesene Verhalten bestätigt, daß Objekte von abgenutztem Wollenzeug und Leinwand schwieriger zu desinfizieren sind als Objekte aus neuem Wollenzeug.

Die Objekte waren „grob infiziert“ mit Agarplattenkulturen. Obwohl die Proben bei diesen Versuchen frei an den Decken aufgehängt wurden, und die Versuchsbedingungen übrigens ganz unverändert waren, gelang es hier in 22 Stunden nur die Coliprobe (im ganzen 43) zu desinfizieren, während 17 von 43 Anthraxproben und 22 von 43 Staphylokokkenproben der Desinfektion widerstanden.

Man darf daher nicht erwarten, mit einigermaßen mäßigen Formaldehydmengen innerhalb einer kürzeren Zeit auf diese Weise Decken desinfizieren zu können, die mit infektiösem Material so stark beschmutzt sind, daß Wasserdämpfe und Formaldehyddämpfe (wegen herabgesetzter Porosität oder Hygroskopie) schwieriger auf die Infektionsstoffe eindringen als z. B. auf die von uns angewandten Leinenobjekte. Daher muß es als notwendig angesehen werden, daß alle solche stark beschmutzten Decken in der Desinfektionsanstalt von den übrigen ausgesondert und einer zweckmäßigeren Behandlung überwiesen werden. Andererseits zeigen unsere Versuche, daß man nicht so sehr genau zu rechnen braucht, indem die Tiefenwirkung des Formaldehyds unter den genannten Bedingungen (namentlich hoher Feuchtigkeitsgrad und lange Einwirkungszeit) genügt, Wolldecken zu durchdringen und sogar sehr resistente Keime zu desinfizieren, selbst wenn die Wolldecken mit infektiösen Flüssigkeiten durchfeuchtet sind.

Übersicht.

Die Ergebnisse der berichteten Versuche zeigen, daß man Woldecken in einer guten „Formalinkammer“ mit genügender Sicherheit desinfizieren kann. Die Versuche beleuchten außerdem die Schwierigkeiten des Eindringens des Desinfektionsmittels und lassen uns daran zweifeln, ob es möglich sein wird, in dieser Beziehung die Formaldehyddesinfektion nach dieser Methode noch zu verbessern, wenn den Anforderungen genügt werden soll, die der praktische Zweck in verschiedener Hinsicht (Zeit, Kosten usw.) stellt.

Diese Erfahrungen dürften bei Formaldehyddesinfektion anderer Effekten ähnlicher Art benutzt werden können, u. a., wenn es sich um die Frage der Wohnungsdesinfektion handelt.

Die Versuche haben die außerordentliche Bedeutung gezeigt, die der Fähigkeit der Effekten zugeschrieben werden muß, Wasserdampf und Formaldehyddämpfe schnell aufzunehmen, falls eine einigermaßen schnelle und tiefgehende Desinfektion mit mäßigen Formaldehydmengen erzielt werden soll. Wo diese Fähigkeit geringer ist, muß in erster Linie die Einwirkungszeit vergrößert werden, während es dagegen nicht besonders nützt, die Formaldehydmenge zu vergrößern. Andererseits erfordern langdauernde Einwirkungen, daß man mit relativ großen Formaldehydmengen beginnt, damit die Formaldehydkonzentration — die infolge der Kondensation usw. allmählich vermindert wird — doch genügend bleibt, die Desinfektion zu bewirken, wenn der Desinfektionsstoff schließlich in die Tiefe der Objekte gelangt.

Die Versuche haben ferner gezeigt, daß man bedeutende Wasserdampf-mengen anwenden muß, teils um einen genügend hohen Feuchtigkeitsgrad in der Kammerluft zu erhalten (Gegenwirkung von Polymerisation?), teils um dem Desinfektionsmittel das Eindringen in die Decken zu erleichtern.

Nach unseren Beobachtungen meinen wir nämlich der Dampf-einströmung eine Rolle bei der Tiefenwirkung der Desinfektion zuschreiben zu müssen. Die Poren der Decken werden unmittelbar vor der Formaldehyd-entwicklung von dem einströmenden Dampf gefüllt, und zwar unter teilweisem Austreiben der Luft. Beim Aufhören der Einströmung und als Folge der eintretenden hygroskopischen Wasserdampfkondensation in den Decken werden die nun entwickelten formaldehydgemischten Wasserdämpfe in die Decken aspiriert. Die Schnelligkeit dieses Aufsaugens hängt natürlich von den physikalischen Eigenschaften der Decken ab (Hygroskopie, Porengröße u. v. a.); es dauert an, solange die Decken bei der betreffenden Temperatur imstande sind, Wasserdampf zu absorbieren und zu kondensieren und Formaldehyd anzuziehen.

Vergleichen wir diese Auffassung mit den Erfahrungen früherer Untersucher: 1. verhältnismäßig gute Wirkung des Einblasens von Formaldehyd und Wasserdampf unter hohem Druck; 2. schnelle Desinfektion bei der „japanischen Methode“ und 3. günstige Desinfektionsergebnisse von strömenden Wasserdämpfen mit einem geringen Formaldehydgehalt, bei niedriger Temperatur und hohem Druck (v. Esmarch, Rubner), so müssen wir annehmen, daß die Schwierigkeiten bei der Desinfektion von Kleidern, Decken u. dergl. mit geringen Formaldehydmengen in der „Formalinkammer“ wesentlich darauf beruhen, daß die Luft nur unvollständig aus den Poren der Decken herausgetrieben wird, weshalb das Eindringen des Desinfektionsmittels nur langsam vor sich geht.

Wir bezweifeln daher nicht, daß eine rationelle Formaldehyddesinfektion solcher Effekten im größeren Umfange auf Methoden bauen soll, durch die den oben angedeuteten Mängeln bei der „Formalinkammer“-desinfektion abgeholfen ist, um so mehr als der Betrieb sicher billiger werden wird.

Die Desinfektion von Wolldecken kann indessen in der beschriebenen Formalinkammer auf eine — praktisch gesehen — sichere Weise vorgenommen werden, wenn der beschriebenen Versuchsanordnung gefolgt wird, und man namentlich beobachtet, daß die relative Feuchtigkeit in der Kammerluft während der ganzen Desinfektionsperiode auf mindestens 80 bis 90 Prozent gehalten wird.

Bei einer Füllung, die zwei (3·27^{qm} großen) Wolldecken pro Kubikmeter entspricht, können folgende Desinfektionszeiten und Formaldehydmengen als genügend angesehen werden:

Die Desinfektionszeit muß auf nicht weniger als etwa 9 Stunden festgesetzt werden und soll, wo es möglich ist, noch etwas länger gewählt werden. Bei dieser Desinfektionszeit sind für neue Wolldecken 20 bis 25^{g^{rm}} Formaldehyd pro Kubikmeter erforderlich, für ältere, abgenutzte Wolldecken mindestens 35 bis 37^{g^{rm}} Formaldehyd pro Kubikmeter.¹

Wird die Desinfektionszeit auf etwa 22 Stunden ausgedehnt, so geht die Desinfektion abgenutzter Wolldecken schon zuverlässig vor sich, wenn 25 bis 30^{g^{rm}} Formaldehyd pro Kubikmeter verdampft werden.

Will man strengere Ansprüche stellen und sichere Desinfektion herbeiführen, selbst wenn auf den Decken Stellen zu finden sind, deren Aufsaugungsfähigkeit durch Aufnahme infektiösen Materials (vergl. Leinenobjekte) herabgesetzt ist, so soll die Formaldehydmenge bis auf mindestens

¹ Die Angaben der Formaldehydmengen sind aus praktischen Gründen (wie bei den Versuchen) auf einen angenommenen Durchschnittsgehalt von 40 Prozent Formaldehyd im allgemeinen Handelsformalin basiert, obgleich die wirklich angewandten Formaldehydmengen zuweilen etwas geringer sind.

45^{grm} pro Kubikmeter vermehrt, und die Einwirkungszeit auf mindestens 22 Stunden verlängert werden.

Stark besudelte und beschmutzte Decken können jedoch auf diese Weise nicht sicher desinfiziert werden, und man soll sie daher aussondern und auf andere Weise desinfizieren.

Stärkere Füllung der Kammer als die erwähnte erfordert eine Vermehrung der Formaldehydmenge.

Die Kosten für Chemikalien (Formalin, Ammoniak) und Dampf können zu 5 bis 6 Öre die Decke veranschlagt werden. Sie sind also nicht gering, aber doch nicht unverhältnismäßig hoch. (Das Waschen einer Wolldecke kostet z. B. etwa 35 Öre.)

Die Desinfektion ist für die Decken überaus schonend und daher ökonomisch für Krankenhäuser, wo die Decken häufig desinfiziert werden müssen, selbst wenn sie nur wenige Tage im Gebrauch waren.

Literatur-Verzeichnis.

1. Boehncke, *Hyg. Rundschau*. 1909. S. 773.
2. Czaplewsky, *Ebenda*. 1900. S. 97.
3. Doty, *New York med. Journ.* 1897. Bd. II. S. 517.
4. Dunbar u. Musehold, *Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte*. Bd. XV. S. 114.
5. Engels, *Archiv f. Hygiene*. Bd. XLIX. S. 129.
6. Ermengem u. Sugg, *Arch. intern. pharmacodyn.* 1894. Bd. I.
7. v. Esmarch, *Diese Zeitschrift*. Bd. V. S. 67.
8. Derselbe, *Hyg. Rundschau*. 1902. S. 961.
9. Fairbanks, *Centralblatt f. Bakteriologie*. 1899. I. Abt. Bd. XXIII.
10. Fibiger, J., *Militärlägen*. 1906. Bd. XIV.
11. Flügge, *Diese Zeitschrift*. Bd. XXIX. S. 276. — Bd. I. S. 381.
12. Freymuth, *Deutsche med. Wochenschrift*. 1894. Nr. 32.
13. Geppert, *Berliner klin. Wochenschrift*. 1889. Nr. 36. — 1890. Nr. 11.
14. Hammerl u. Kermauner, *Münchener med. Wochenschrift*. 1898. Nr. 47.
15. Hewlet u. Hall, *Journ. of Hygiene*. Vol. XI. S. 473.
16. Hilgermann u. Kirchgässer, *Klin. Jahrbuch*. 1907. Bd. XVIII. S. 47.
17. Hinz, *Inaugural-Dissertation*. Kiel 1900.
18. Jørgensen, Ax., *Diese Zeitschrift*. Bd. XLV. S. 237.
19. Kaup, *Wiener med. Wochenschrift*. 1899. Nr. 42—44.
20. Kister u. Trautmann, *Diese Zeitschrift*. 1904. Bd. XLVI. S. 379.
21. Kokubo, *Centralblatt f. Bakteriologie*. Bd. XXXII. I. Abt. S. 234.
22. Koch, Rob., *Mitteilungen a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte*. 1881. Bd. I.
23. Lassablière, *Arch. internat. pharmacodyn.* Vol. XX. S. 1.
24. Mayer u. Wolpert, *Hyg. Rundschau*. 1901. S. 153. — *Archiv f. Hygiene*. Bd. LIII. S. 157 u. 221.
25. Novy u. Waite, *New York Med. News*. 1898.
26. Otsuki, *Hyg. Rundschau*. 1900. S. 153.
27. Peerenboom, *Ebenda*. 1898. S. 769.
28. Petruschky u. Hinz, *Deutsche med. Wochenschrift*. 1898. S. 527.
29. Pottévin, *Annales de l'Institut Pasteur*. Bd. VIII. S. 796.
30. Reichenbach, *Diese Zeitschrift*. Bd. XXXIX. S. 428.
31. Rositzky, *Münchener med. Wochenschrift*. 1899. Nr. 42.
32. Rubner, *Archiv f. Hygiene*. Bd. LVI. S. 209 u. 241.
33. Rubner u. Peerenboom, *Hyg. Rundschau*. 1899. S. 265.
34. Schumburg, *Deutsche med. Wochenschrift*. 1898. S. 834.
35. Strehl, *Centralblatt f. Bakteriologie*. 1896. Bd. XIX.
36. Uyama, Tzuzuki, Oshida u. Matsuda, *Diese Zeitschrift*. Bd. LVIII. S. 465.
37. Walbum, *Desinfektion*. Bd. II. S. 693. — *Hospitalstidende*. 1912. Nr. 21.
38. Walther, *Diese Zeitschrift*. Bd. XXI. S. 421.
39. Werner, G., *Archiv f. Hygiene*. Bd. I. S. 305.