

Über Desinfektion.¹⁾

Von

Dr. R. Koch,
Regierungsrat.

Eine genaue Kenntnis der Desinfektionsmittel in bezug auf die Art und Weise, wie sie wirken und, was allerdings auffallend klingt, ob sie überhaupt so wirken, wie man sich bei ihrer Empfehlung und Anwendung vorstellt, hat sich bis jetzt nicht erlangen lassen. Es kann das aber auch nicht wunderbar erscheinen, wenn man bedenkt, daß die Infektionsstoffe, an denen ein Desinfektionsmittel seine Wirkung ausüben soll, noch so wenig bekannt sind. Es ist bisher noch nicht einmal als festgestellt zu betrachten, daß die Infektionsstoffe sämtlich organisiert sind und auch da, wo mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit organisierte Infektionsstoffe anzunehmen sind, ist es immer noch möglich, daß dieselben sich in ihren Lebensbedingungen sehr different verhalten und auch von den Desinfektionsmitteln nicht in gleicher Weise berührt werden. Deswegen würde es, wenn ein Desinfektionsmittel in ganz exakter Weise geprüft werden sollte, notwendig sein, dasselbe der Reihe nach an allen den Krankheitsstoffen, gegen die es überhaupt gebraucht werden soll, gewöhnlich doch also an sämtlichen Infektionsstoffen, und zwar unter denselben Verhältnissen, für welche es bestimmt ist, auf seine Wirksamkeit zu untersuchen. Wenn beispielsweise schwefelige Säure zur Desinfektion von geschlossenen Räumen dienen soll, müßten Krankenzimmer, die durch Typhus-, Pest-, Diphtheritis-, Scharlach- usw. Kranke infiziert wurden, damit behandelt werden und alsdann von diesen Räumen festgestellt werden, daß in ihnen die betreffenden Infektionsstoffe auch wirklich unschädlich gemacht sind. Wie sollte dies aber nachzuweisen sein? Nur wenn der Zufall der Untersuchung zu Hilfe käme, ließe sich durch weitere Erkrankungen von Menschen in diesen Räumen möglicherweise auf die noch bestehende Wirksamkeit des Infektionsstoffes schließen, während aus dem Umstand, daß niemand mehr daselbst erkrankte, selbstverständlich noch nicht die Vernichtung der Infektionsstoffe erwiesen ist. Einen sicheren Boden kann die unmittelbare Prüfung des Desinfektionswertes nur in dem Falle gewinnen, daß die Übertragung aller der Infektionskrankheiten, deren Keime von dem Desinfektionsmittel zerstört werden sollen, auf Tiere leicht und unfehlbar auszuführen und die Versuchstiere gewissermaßen als Reagens auf die Wirksamkeit des Mittels zu verwerten sind. Vorläufig sind diese Bedingungen kaum für eine oder die andere der bekannten Infektionskrankheiten ausführbar und es ist sehr fraglich, ob sie jemals für alle oder doch nur für die Mehrzahl der Infektionskrankheiten zu erfüllen sein werden.

Um nun zunächst erst einmal über die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel überhaupt Aufschluß zu gewinnen und zu erfahren, was unter der langen Reihe der im Laufe der beiden letzten Jahrzehnte angepriesenen Desinfektionsmittel denn noch als solches an-

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

zusehen und was aus dieser Reihe zu streichen ist, und bei der dringenden Notwendigkeit, für die Praxis feste Anhaltspunkte zu gewinnen, mußten andere Wege eingeschlagen werden, wenn sie auch nur zu einer annähernd richtigen Abschätzung des Desinfektionswertes führen sollten.

Alle, welche sich mit dieser Aufgabe beschäftigt haben, sind von der Anschauung ausgegangen, daß die Infektionsstoffe die größte Ähnlichkeit mit den Fermenten haben und daß, weil man erstere nicht zur Verfügung hat, die letzteren an deren Stelle gewissermaßen als Surrogat, zur Prüfung der Desinfektionsmittel unbedenklich genommen werden könnten. Ob mit Recht, das mag dahingestellt bleiben. Außerdem hat sich der Einfluß der immer höher entwickelten Lehre von den organisierten, belebten Fermenten auch hier in so hohem Maße geltend gemacht, daß mit wenigen Ausnahmen ausschließlich diese Gattung von Fermenten bei den Desinfektionsversuchen zur Anwendung kam. Viel weiter ist der Einfluß der Fortschritte in der Kenntnis der belebten Fermente, oder sagen wir gleich der Mikroorganismen, allerdings nicht gegangen. Denn darum, daß es verschiedene zu den Desinfektionsmitteln gewiß nicht durchweg gleichmäßig sich verhaltende Arten derselben und, was von der höchsten Bedeutung für die Desinfektionslehre hätte sein müssen, daß es verschiedene Zustände der Mikroorganismen gibt, nämlich solche, in denen sie ohne besondere Schutzvorrichtung der Einwirkung äußerer Einflüsse sehr leicht zugänglich sind, und andere, in denen sie gewissermaßen eingekapselt und von einer festen Hülle umschlossen als Dauersporen in einer kaum glaublichen Weise allen ihnen sonst verderblich werdenden Einflüssen Widerstand leisten, davon hat die Desinfektionslehre bis jetzt keine Notiz genommen.

So lange nicht alle Infektionsstoffe als Mikroorganismen erkannt sind, scheint es mir überhaupt von einem einseitigen Standpunkte ausgegangen zu sein, wenn Desinfektionsmittel nur an Mikroorganismen geprüft werden. Vorläufig dürfen auch die ungeformten Fermente bei Desinfektionsversuchen nicht außer acht gelassen werden. Außerdem ist es gewiß, wie die Erfahrung gezeigt hat, ein wenig aussichtsreiches Unternehmen, nur solche Desinfektionsmittel finden zu wollen, die für alle Verhältnisse, unter denen desinfiziert werden muß, passen. Das Ziel, in allen Fällen mit Sicherheit desinfizieren zu können, wird weit eher erreicht werden, wenn die verschiedenen Desinfektionsmittel nur in dem Bereiche ihres mehr oder weniger beschränkten sicheren Wirkungskreises gebraucht und keine Anforderungen an dieselben gestellt werden, die sie in Anbetracht ihrer chemischen oder physikalischen Eigenschaften überhaupt nicht leisten können. Es werden aus diesem Grunde zweckmäßigerweise die Aufgaben der Desinfektion in einer mehr als bisher ausgeprägten Weise zu gliedern sein und es ist beispielsweise die Desinfektion von Kleidern, Wäsche, Betten in einer ganz anderen Weise anzustreben als diejenige von kompakten Warenballen, ferner wird, wenn es sich um Desinfektion von Räumen handelt, ein Krankenzimmer zweckmäßiger mit diesem, Schiffsräume, Eisenbahnwagen werden wieder vorteilhafter mit einem anderen Desinfektionsmittel zu behandeln sein. Dementsprechend muß auch bei der Prüfung eines Desinfektionsmittels verfahren und müssen immer die Verhältnisse, unter denen es seine praktische Verwendung finden soll, im Auge behalten werden.

Wenn nun auch die Prüfung der Desinfektionsmittel allein durch die Beobachtung ihrer Wirkung auf Mikroorganismen aus den früher erwähnten Gründen nicht durchweg maßgebend sein kann, so hat dieselbe doch unbestreitbare Vorteile und sie ist in ihrer Ausführung, wenn man sich des später zu schildernden Verfahrens bedient, so einfach, daß damit unter allen Umständen die Untersuchung über den Desinfektionswert eines Mittels beginnen sollte. Das erhaltene Resultat verhilft sofort zu einer vorläufigen Orientierung über die Leistungsfähigkeit des betreffenden Desinfektionsmittels und gibt

genügende Anhaltspunkte darüber, ob es sich lohnt, dasselbe weiteren Untersuchungen zu unterwerfen.

Über die Frage, ob die Wirkung eines Desinfektionsmittels schon dann als ausreichend anzusehen sein soll, wenn es die Weiterentwicklung der Mikroorganismen hemmt, ihr Wachstum und sonstige Lebensäußerungen nur lahm legt, oder erst dann, wenn alles Lebende und dessen Keime, aus denen sich neues Leben entwickeln könnte, vollständig vernichtet sind, darüber scheint niemals eine Meinungsdivergenz geherrscht zu haben. Man hat sich stets für die letztere Alternative entschieden und das gewiß mit Recht. Denn es sind, wie immer wieder betont werden muß, die Infektionsstoffe noch zu wenig bekannt, um die Möglichkeit ausschließen zu können, daß sich dieselben ebenso oder selbst noch widerstandsfähiger gegen Desinfektionsmittel verhalten als die an ihrer Stelle als Reagens verwendeten Mikroorganismen. Nun gehören allerdings gerade die Keime der Mikroorganismen, insbesondere die Dauersporen der Bazillen, zu den resistentesten Gebilden, welche die gesamte Lebewelt aufzuweisen hat. Andererseits ist aber auch wieder zu bedenken, daß von den jetzt bekannten pathogenen Mikroorganismen eine verhältnismäßig große Zahl in die Gruppe der Bazillen gehört, z. B. Milzbrand-, Rauschbrand-, Lepra-bazillen, die von E b e r t h in den Organen von Typhusleichen nachgewiesenen Bazillen, die Bazillen der an Mäusen künstlich zu erzeugenden Septicämie und noch verschiedene andere. Alle diese besitzen unzweifelhaft Dauerformen, die mehr oder weniger ebenso resistent sein werden wie die schon in dieser Hinsicht untersuchten Dauersporen anderer Bazillen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß unter den noch unbekannt pathogenen Bakterien sich noch weitere Bazillen finden werden. Wenn es sich bestätigt, daß die gewöhnliche Malaria eine Bazillenkrankheit ist, dann läßt sich annehmen, daß die gesamte Gruppe der Malariakrankheiten ebenfalls in diese Kategorie gehört. Ferner lassen sich bei allen den Krankheiten, deren Infektionsstoffe sich in trockenem Zustande lange Zeit wirksam erhalten, wie z. B. Pocken, Pest, ebenfalls Dauerformen vermuten. Unter diesen Verhältnissen kann in der Anforderung an die Leistungsfähigkeit eines Desinfektionsmittels, das gegen größtenteils noch unbekannte, möglicherweise gleichfalls in einer sehr resistenten Dauerform sich bergende Krankheitsstoffe wirken soll, unter keinen Umständen unter das Verlangen nach vollständiger Tötung aller Mikroorganismen und ihrer Keime herabgegangen werden. Ein Desinfektionsmittel, das beispielsweise Pilze nicht zu töten vermag, kann nicht zur Desinfektion von Gegenständen benutzt werden, die durch ansteckende Hautkrankheiten infiziert sind, weil in diesem Falle fast nur Pilze in Frage kommen. Dagegen ist ein Desinfektionsmittel, das Bakterien und ihre Sporen am Leben läßt, überall da nicht zu gebrauchen, wo die Desinfektion durch solche Krankheiten bedingt wird, bei denen Bakterien als Krankheitserreger nachgewiesen sind oder selbst nur vermutet werden. Da diese Krankheiten aber vermöge ihrer Zahl und Bedeutung unter den ansteckenden Krankheiten den ersten Rang einnehmen, so ist es selbstredend, daß bei dem Gang, den die Untersuchung eines Desinfektionsmittels einzuschlagen hat, zuerst die Prüfung mit Bakterien und deren Keimen vorzunehmen ist. Erweist sich das Mittel hierbei als gar nicht oder nur unsicher wirksam, dann ist es, wie gesagt, aus der Reihe der allgemeinen gegen Infektionskrankheiten zu verwendenden Zerstörungsmittel zu streichen. Damit ist natürlich nicht ausgeschlossen, daß es in irgend einem besonderen Falle noch eine spezifische Wirksamkeit, die sich eventuell verwerten läßt, besitzen kann. Ferner ist noch zu unterscheiden, ob bei der Anwendung des Desinfektionsmittels auf Bakterien dasselbe nur die Bakterien in ihrem gewöhnlichen Zustande oder ob es auch die Bakterien in ihren Dauerformen zu töten vermag. Nur im letzteren Falle kann das Mittel als ein solches bezeichnet werden, das den Anforderungen, wie sie nach unseren jetzigen Kenntnissen von den Mikroorganismen gestellt werden müssen, entspricht. Im ersteren

Falle dagegen könnte das Mittel nur gegen solche Krankheiten Verwendung finden, von denen sich mit Gewißheit voraussetzen ließe, daß die ihnen eigentümlichen Infektionsstoffe keine solche resistenten Dauerformen anzunehmen vermögen. Weil über diese Voraussetzung aber vorläufig keine Gewißheit zu erlangen ist, so ist denjenigen Desinfektionsmitteln, die sich zur Tötung von Dauersporen unfähig oder unsicher erweisen, auch nur ein bedingter Wert zuzusprechen.

Um die gelungene Vernichtung der mit dem Desinfektionsmittel behandelten Bakterien zu erkennen, hat man sich der verschiedensten, meist ganz primitiven Verfahren bedient. Es kann hier nicht die Aufgabe sein, alle die bis jetzt bei Desinfektionsversuchen geübten Methoden aufzuzählen und zu kritisieren, nachdem dies hinlänglich in den neueren Publikationen über Desinfektion geschehen ist. In neuerer Zeit haben sich die Anschauungen über diesen Punkt soweit geklärt, daß Beseitigung des Gestankes in Faulflüssigkeiten, Unbeweglichkeit der Bakterien und ähnliche unsichere Kriterien nicht als Beweise für das Abgestorbensein der Bakterien gelten können, daß dagegen nur aus dem Verluste der Entwicklungsfähigkeit auf ihren Tod geschlossen werden kann, weil sich erfahrungsgemäß herausgestellt hat, daß lebensfähige Bakterien sofort sich weiter zu entwickeln, zu wachsen und sich zu vermehren beginnen, sobald sie in Verhältnisse gebracht werden, die ihnen günstig sind.

Hier beginnt für das Experiment aber eine neue Schwierigkeit; nämlich diejenige, in welcher Weise die Entwicklungsfähigkeit der mit dem Desinfektionsmittel behandelten Bakterien festgestellt werden soll, ohne daß sich Irrtümer einschleichen können. Fast ausnahmslos haben die neueren Experimentatoren sich folgenden Verfahrens bedient. Zersetzungsfähige Flüssigkeiten (Tabaksinfus, Fleischinfus usw.), in denen sich Bakterien in hinreichender Menge entwickelt hatten, wurden entweder selbst, oder Gegenstände, die mit solchen bakterienhaltigen Flüssigkeiten imprägniert waren, der Einwirkung des Desinfektionsmittels ausgesetzt und dann eine Probe derselben in eine entsprechende sterilisierte und vor Verunreinigungen durch einen Wattepfropf geschützte Nährflüssigkeit gebracht. Meistens begnügte man sich, aus dem Eintreten einer Trübung in der Nährlösung auf die Entwicklung von Bakterien und demgemäß auf die erhaltene Lebensfähigkeit der mit dem Desinfektionsmittel behandelten und zur Aussaat benutzten Bakterien, damit also auf die Unwirksamkeit des Mittels und beim Klarbleiben der Lösung umgekehrt zu schließen. Gegen dieses Verfahren lassen sich aber verschiedene recht erhebliche Bedenken geltend machen. Zunächst dasjenige, daß mit einem Gemenge von Bakterien experimentiert wird, von dem gar nicht bekannt und auch nicht vorher festgestellt ist, welche verschiedenen Arten von Bakterien es enthält und, weil sie sich nicht alle gleich verhalten, welche davon durch das Desinfektionsmittel betroffen werden und welche nicht. Dann ist ferner nicht ausgeschlossen, daß sich in diesem Bakteriengemisch auch schon vereinzelt oder möglicherweise recht viele sporenhaltige Bakterien befinden und gerade in der Ungewißheit über das Vorhandensein von Sporen liegt der größte Fehler des Verfahrens, weil das eine Mal, wenn keine Sporen zugegen sind, das Desinfektionsmittel sich wirksam, im anderen Falle aber, wenn wenige oder viele Sporen gebildet sind, das Resultat entweder zweifelhaft oder ganz negativ in bezug auf die desinfizierende Wirkung des Mittels ausfallen wird. Diesem Fehler, der, wenn mit in ihrer Zusammensetzung ganz unberechenbaren Bakteriengemischen experimentiert wird, gar nicht zu vermeiden ist, schreibe ich auch die Ungleichheit in den Resultaten zu, die bei den zahlreichen Versuchen mit Desinfektionsmitteln sich ergeben haben. Schließlich ist gegen das bisher übliche Verfahren noch geltend zu machen, daß alle Fehler, welche den Reinkulturen in Flüssigkeiten anhaften, in erhöhtem Maße hier hervortreten müssen. Wenn nämlich eine beliebige Art von Bakterien, z. B. Bazillen, rein gezüchtet wird, dann ist es, sobald

sich Mikrokokken zwischen den Bazillen zeigen, mit der Reinkultur zu Ende, aber man weiß doch, daß der negative Ausfall des Experimentes durch eine Verunreinigung bedingt sein mußte, und wird das Resultat dementsprechend beurteilen. Ganz anders liegen die Verhältnisse bei dem besprochenen Desinfektionsversuch. Wenn bei diesem irgendein Versehen in der Ausführung der Kulturen gemacht wird, oder wenn zufällig beim Eintragen der Desinfektionsproben in die sterilisierte Nährflüssigkeit aus der Luft Bakterienkeime zugleich mit hineingeraten, dann wird, auch wenn die Probe keine lebensfähigen Bakterien oder deren Keime mehr enthielt, natürlich in der Nährflüssigkeit Bakterienentwicklung und Trübwerden eintreten und es wird unmöglich sein, zu entscheiden, ob die Trübung von der Desinfektionsprobe oder von dem Eindringen fremder Keime herrührt, weil gar nicht bekannt ist, was mit der Desinfektionsprobe ausgesät wurde und woran die aus der Aussaat hervorgegangenen von den zufällig eingedrungenen Bakterien zu unterscheiden sind. Auch ist nicht zu vergessen, daß das Eintreten einer Trübung in der Kulturflüssigkeit kein sicheres Kennzeichen für Bakterienentwicklung ist, ebensowenig wie das Klarbleiben derselben für das Fehlen von lebenden Bakterien, denn Trübung kann durch Bildung von Niederschlägen entstanden sein und auch in klaren Flüssigkeiten finden sich nicht selten bei der mikroskopischen Untersuchung lebende Bakterien. Die gerügten Fehler lassen sich nur dann auf ein geringes Maß einschränken, wenn in jedem einzelnen Versuch so viele Desinfektionsproben, jede für sich auf die Entwicklungsfähigkeit ihrer Bakterien, und zwar nicht allein nach dem makroskopischen Aussehen, sondern mit dem Mikroskop geprüft werden, daß die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit des Resultates durch die größere Reihe verbürgt wird. Damit wird das ganze Verfahren aber ein höchst mühsames und schwerfälliges.

Deswegen habe ich diese Methode verlassen und meine Versuche nach folgenden Prinzipien angestellt. Vor allen Dingen verschaffte ich mir Reinkulturen von solchen Bakterien, die selten in den aus der Luft stammenden Verunreinigungen vorkommen und außerdem leicht in die Augen fallende charakteristische Eigenschaften besitzen. Damit ließ sich schon die Gefahr einer Verunreinigung der Kulturen von seiten zufällig hineingeratener Keime dieser seltenen Arten auf ein Minimum reduzieren und die Beurteilung der stattgehabten Entwicklung oder des Ausbleibens derselben ungemein erleichtern. Um ferner von den umständlichen Manipulationen, welche zur Sicherung von Kulturen in Flüssigkeiten durchaus notwendig sind, unabhängig zu werden, wurden die Desinfektionsobjekte auf einem festen Nährboden in betreff der Entwicklungsfähigkeit ihrer Bakterien geprüft. Diese Reinkulturen auf festem Nährboden, entweder auf gekochten Kartoffeln oder auf Nährgelatine, die in meinem Aufsatz über die Untersuchungsmethoden ausführlich beschrieben sind, gewähren außerdem eine solche Sicherheit in der Beurteilung der Entwicklungsfähigkeit von Bakterien, daß Irrtümer vollständig ausgeschlossen bleiben.

Als Repräsentanten von solchen Bakterien, die keine Dauersporen bilden und von den Desinfektionsmitteln leicht zerstört werden, wurden *Micrococcus prodigiosus* und die Bakterien des blauen Eiters gewählt. Beide erzeugen auf gekochten Kartoffeln so außerordentlich charakteristische Kulturen, daß eine Verwechslung mit anderen Bakterien gar nicht möglich ist. Wenn beispielsweise ein Stück einer getrockneten, von den genannten Bakterien überzogenen Kartoffelscheibe der Einwirkung eines Desinfektionsmittels ausgesetzt, darauf auf eine soeben durchschnittene gekochte Kartoffel gelegt wurde und dann im ganzen Bereiche des Stückes eine in üppiger Weise wachsende und sich vergrößernde Kolonie des roten *Micrococcus prodigiosus* oder der hellbraunen, nach dem Abschaben dunkelblaugrün werdenden Eiterbakterien bilden, dann kann diese nicht von einem kleinen Punkte, wie bei zufälligen Verunreinigungen, sondern im ganzen Bereiche der Aussaat

stattfindende Entwicklung absolut keinen anderen Grund haben, als daß das Desinfektionsmittel die genannten Bakterien nicht getötet hatte. Wenn ferner das Resultat sich umgekehrt gestaltet und die mit dem Desinfektionsmittel behandelten Kartoffelstücke nicht die geringste Entwicklung produzieren, während die zur Kontrolle nicht desinfizierten Proben ein reichliches Wachstum auf gekochten Kartoffeln hervorrufen, dann ist damit ebenso sicher bewiesen, daß auf jenen die Bakterien wirklich getötet sind. Von sporenfreien Bakterien wurden in den Versuchen noch frische Milzbrandbazillen und andere pathogene Bakterien benutzt.

Als sporenhaltiges Material dienten vor allem die Milzbrandsporen. Einmal weil es doch gewiß am nächsten lag, die Desinfektionsmittel gerade an pathogenen Bakterien zu prüfen, und weil außerdem die Milzbrandbakterien an den eigentümlichen Formen, die sie bei ihrer Entwicklung auf Nährgelatine annehmen, sofort als solche erkannt werden und, wenn auf der Nährgelatine keine Entwicklung eingetreten ist, durch die Verimpfung auf Versuchstiere jeder Einwand ausgeschlossen wird, daß ihre Schädlichkeit für den tierischen Organismus, auch wenn sie in Kulturen nicht zur Entwicklung kommen, doch noch nicht gänzlich beseitigt sei. Gelegentlich wurden noch andere Bazillensporen, z. B. die von Heubazillen, Kartoffelbazillen usw. versucht, um immer die Gewißheit zu haben, ob sich diese nicht anders verhalten würden, als die vorwiegend gebrauchten Milzbrandsporen.

In allen Desinfektionsversuchen mit Mikroorganismen ist wohl darauf zu achten, daß die Probe, welche auf die Entwicklungsfähigkeit ihrer Bakterien versucht werden soll, nicht zuviel von dem Desinfektionsmittel absorbiert, dem Nährboden, auf dem die Bakterien wachsen sollen, zuführt und ihn damit aus einem für das Bakterienwachstum günstigen in einen ungeeigneten verwandelt. Ich habe bei meinen Versuchen, um diese Fehler zu vermeiden, die Probe möglichst klein, für die Experimente mit Milzbrandsporen z. B. kurze Stückchen mit Sporenflüssigkeit getränkter und wieder getrockneter Seidenfäden, und den Nährboden verhältnismäßig groß genommen, damit durch Diffusion von der Probe in den Nährboden eine so starke Verdünnung des Desinfektionsmittels eintrat, daß sie eine Entwicklungshemmung der Bakterien nicht mehr bewirken konnte. In zweifelhaften Fällen wurde das Desinfektionsmittel durch eine entsprechende indifferente Flüssigkeit, z. B. durch sterilisiertes destilliertes Wasser, absoluten Alkohol usw. aus der Probe vor dem Kulturversuch entfernt oder auch, wie schon erwähnt, die Impfung auf Versuchstiere zu Hilfe genommen.

In den Fällen, wo die gestellte Frage es wünschenswert machte, an mehreren Bakterien zugleich die Desinfektionsversuche auszuführen, wurde immer entweder sporenfrees oder nur aus Sporen bestehendes Bakterienmaterial benutzt, um gleichmäßige Resultate zu erhalten.

Unter gewissen Verhältnissen, wenn es unmöglich ist, eine vollständige und sichere Desinfektion zu erreichen, oder wenn es überhaupt schon ausreichend ist, die Infektionsstoffe eine Zeitlang in ihrer Weiterentwicklung zu behindern, wird man von einer vollständigen Vernichtung derselben absehen können oder müssen und wird demgemäß auch solche Mittel zu berücksichtigen haben, die keine eigentlichen Desinfektions-, sondern nur entwicklungshemmende Mittel sind. Namentlich wird diese Aufgabe dann zu erfüllen sein, wenn es sich darum handelt, große Quantitäten von Flüssigkeit, z. B. Inhalt von Schwemmkanälen, Fabrikwasser u. dgl. im Bereiche der menschlichen Wohnungen in einem unschädlichen Zustande zu erhalten. Es ist also auch für den Fall, daß eine Substanz oder ein besonderes Verfahren sich zur eigentlichen Desinfektion als ungenügend erwiesen hat, noch in bezug auf die entwicklungshemmenden Eigenschaften zu prüfen.

Meistens werden sich allerdings die zur Desinfektion als geeignet gefundenen Mittel in einer entsprechenden Verdünnung oder Abschwächung auch als die besten zur Hemmung der Entwicklung erweisen; aber es ist recht wohl denkbar, daß ein übrigens erprobtes und ausgezeichnetes Desinfektionsmittel gerade wegen seiner energischen Wirkungen auch in verdünntem Zustande immer noch so viel unerwünschte Nebenwirkungen auf die zu desinfizierenden Massen äußert, z. B. durch Herabsetzung oder Vernichtung des Dungwertes, durch giftige Eigenschaften, daß anstatt der eigentlichen Desinfektionsmittel in solchem Falle selbst Mittel, die nur entwicklungshemmend wirken, vorteilhaft verwendet werden können.

Die vollständige Prüfung eines Mittels bezüglich seiner im Kampfe gegen die Infektionskrankheiten verwertbaren Eigenschaften muß demnach in erster Linie folgende Punkte berücksichtigen:

Es ist festzustellen, ob dasselbe imstande ist, alle niederen Organismen und deren Keime zu vernichten. Für gewöhnlich genügt zu dieser Nachweise die Tatsache, daß das Mittel Bazillensporen tötet, weil bis jetzt keine Gebilde von größerer Widerstandsfähigkeit bekannt geworden sind.

Danach ist sein Verhalten zu anderen leichter zu tötenden Mikroorganismen, wie Pilzsporen, Hefe, getrockneten Bakterien, feuchten Bakterien zu untersuchen.

Ferner muß das Mittel geprüft werden auf seine Fähigkeit, Mikroorganismen in geeigneten Nährflüssigkeiten in der Entwicklung zu hemmen.

Schließlich sind noch die für die praktische Verwendung des fraglichen Mittels wichtigen Fragen nach der zum sicheren Erreichen des beabsichtigten Effektes notwendigen Konzentration, Zeitdauer der Einwirkung, Einfluß des Lösungsmittels, der Temperatur, vorbereitender Verfahren, wie z. B. vorhergehendes Befeuchten, bei Gasen nach der Verteilung im Raum, ferner die Wirkung von Kombinationen mehrerer Desinfektionsmittel zu berücksichtigen.

Wie man sieht, ist das Programm für die gründliche Untersuchung eines Desinfektionsmittels so umfangreich, daß die Bearbeitung eines einzigen Mittels schon recht viel Zeit und Arbeit beanspruchen muß. Es war nun nicht meine Absicht, methodisch der Reihe nach sämtliche Desinfektionsmittel nach einem solchen Programm zu untersuchen, das würde eine Arbeit von der Dauer mehrerer Jahre beansprucht und bei der großen Mehrzahl der Desinfektionsmittel auch den Aufwand an Mühe gar nicht einmal gelohnt haben. Die im Nachstehenden zu beschreibenden Desinfektionsversuche sind nur dem praktischen Bedürfnisse entsprungen, nach den oben entwickelten Anschauungen und den unseren jetzigen Kenntnissen von den Infektionsstoffen und den Mikroorganismen entsprechenden Prinzipien über den wirklichen oder wenigstens wahrscheinlichen Wert der großen Zahl von angeblichen Desinfektionsmitteln eine zuverlässige Orientierung zu gewinnen. Nur die in der Neuzeit in den Vordergrund gestellten Desinfektionsmittel und solche, die bei den Orientierungsversuchen als einer weiteren Beachtung wert sich herausstellten, wurden eingehender untersucht.

Es ergaben sich dabei indessen so manche bemerkenswerte Tatsachen, daß die zum Teil noch nicht abgeschlossenen Versuche auch in dieser unvollendeten Form mitteilenswert erscheinen.

Als ein Beispiel einer Untersuchung, die ziemlich die sämtlichen bei der mit bakterienhaltigen Substanzen vorgenommenen Prüfung eines Desinfektionsmittels aufzuwerfenden Fragen erledigt, sollen die Versuche über Karbolsäure vorangestellt werden.

Karbolsäure. Bei Kulturen von Bakterien in einem Tropfen Nährflüssigkeit, der sich an der unteren Seite des Deckglases befand und durch Ölverschluß auf einem hohlen Objektträger befestigt war, um ihn vor dem Verdunsten zu schützen, war es mir oft aufgefallen, daß, wenn das Deckglas vorher zu seiner Desinfektion mit Karbolsäure behandelt war und nur noch kaum durch den Geruch wahrnehmbare Spuren von Karbolsäure an ihm hafteten, die Bakterien in der Nährflüssigkeit kümmerlich oder gar nicht wuchsen. Es schien das darauf hinzudeuten, daß die Karbolsäure eine ganz bedeutende hemmende Wirkung auf die Entwicklung der Bakterien ausübt, was ja auch mit allen anderen bekannten Erfahrungen über die antiseptischen Eigenschaften der Karbolsäure übereinstimmt und eine weitere Bestätigung dadurch erhielt, daß eine unmittelbare Berührung der Karbolsäure mit der Nährflüssigkeit nicht einmal erforderlich ist, um das Wachstum der Bakterien zu unterbrechen. Schon ein äußerst kleines Tröpfchen Karbolsäure am Boden des hohlen Objektträgers oder Karbolöl als Einschlußflüssigkeit genommen genügte, um alle Entwicklung in der Nährflüssigkeit zu unterbrechen.

Um nun den Desinfektionswert der Karbolsäure, welcher, nach diesen Andeutungen zu schließen, ein recht hoher sein mußte, genau zu ermitteln, wurden folgende Versuche angestellt.

Reagenzgläser von mittlerer Größe wurden mit 20 ccm Karbollösungen verschiedener Konzentration gefüllt, in jedes eine Anzahl kurzer Seidenfäden, die mit einer milzbrandsporenhaltigen Flüssigkeit getränkt und dann getrocknet waren, gelegt und mit einem gut passenden Kork geschlossen. Von Zeit zu Zeit wurde mit einem unmittelbar vorher geglühten Platindraht ein Faden aus der Karbolsäurelösung genommen, auf Nährgelatine, meistens Blutserumgelatine, gebracht und an den folgenden Tagen die ausbleibende Entwicklung der Sporen konstatiert oder das Auswachsen derselben zu den bekannten langen Milzbrandfäden mit dem Mikroskop beobachtet. Diese Entwicklung der Milzbrandfäden an einem sporenbefleckten Seidenfaden hat ein ganz charakteristisches Aussehen und kann mit keiner irgendwie zufällig sich einstellenden Vegetation verwechselt werden, so daß Irrtümer über die eingetretene oder ausgebliebene tödliche Wirkung der Karbolsäurelösung auf die Sporen gar nicht möglich sind. Erwähnt soll noch werden, daß jedesmal durch kontrollierende Kulturen mit unveränderten Milzbrandsporen, die in derselben Weise an Seidenfäden angetrocknet waren, die Entwicklungsfähigkeit der Sporen sowohl als die geeignete Beschaffenheit der Nährgelatine geprüft wurden. (cf. Taf. XI, Photogr. 31.)

Zunächst kamen wäßrige Lösungen der Karbolsäure zur Anwendung.

Die folgenden Tabellen geben die Konzentration der Karbolsäurelösungen, die Zahl der Tage, während welcher die Seidenfäden in der Lösung gelegen hatten, und die Wirkung der Karbolsäure in der Weise an, daß die Zahl der Tage, an denen die Entwicklung der Sporen aufhörte, also die volle desinfizierende Wirkung eingetreten war, doppelt unterstrichen sind; die übrigen nicht unterstrichenen Zahlen bedeuten, daß die Lebensfähigkeit der Sporen an diesen Tagen noch keine Einbuße erlitten hatte. Wenn die Entwicklung nicht mehr so kräftig vor sich ging als in dem Kontrollversuche, dann ist dies durch Sterne angedeutet und in einer besonderen Rubrik genauer die Art der Entwicklungsstörung bezeichnet.

Erster Versuch.

Konzentration	Anzahl der Tage			
	1	3	5*	
Karbolsäure 2%	1	3	5*	*Entwicklung etwas verzögert und weniger stark als im Kontrollversuche
Karbolsäure 5%	<u>1</u>	<u>3</u>		

Zweiter Versuch.

Konzentration	Anzahl der Tage, nach deren Ablauf die Milzbrandsporen auf ihre Entwicklungsfähigkeit geprüft wurden						
	1	2	3	4	5	7	15
Karbolsäure 1%	1	2	3	4	5	7	15
Karbolsäure 2%	1	2	3*	4*	5*	7*	
Karbolsäure 3%	1	2*	3*	4*	5*	<u>7</u>	
Karbolsäure 4%	1*	2*	<u>3</u>	<u>4</u>			
Karbolsäure 5%	1*	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>			

* 3 und 4 verspätet, aber kräftig, 5 und 7 verspätet und weniger kräftig entwickelt.
 * 2 verzögert, aber kräftig, 3 verzögert und lückenhaft, 4 und 5 nur vereinzelt Fäden
 * 1 etwas verzögert, 2 vereinzelt, aber kräftige Fäden
 * 1 an einer Stelle ein kleines Knäuel von Fäden

Das Resultat dieser beiden Versuche war ein ganz unerwartetes: Man ist gewöhnt, eine wäßrige Karbollösung von 2% Gehalt als ein ganz sicheres, alle Mikroorganismen in wenigen Sekunden oder Minuten tötendes Mittel anzusehen. Der Chirurg wäscht seine Hände und spült seine Instrumente damit und glaubt dann, ganz frei von entwicklungs-fähigen Infektionsstoffen zu sein und ohne Gefahr für seinen Patienten dessen Wunden berühren zu können. Nun zeigen aber die obigen Versuche, daß, wenn zufällig Milzbrandsporen oder ähnliche ebenso widerstandsfähige Infektionskeime an seinen Händen und Instrumenten sich befunden hätten und nicht etwa mechanisch durch das Waschen entfernt wurden, der Karbolsäurezusatz zum Waschwasser gewiß auch nicht das Mindeste genützt haben könnte, um den Kranken vor einer Infektion zu schützen.

Bei dem ersten Versuche hatte ich mit Bestimmtheit vorausgesetzt, daß die 2% Karbolsäurelösung nach eintägiger Einwirkung die Milzbrandsporen getötet haben würde, und hatte deswegen nur wenige Fäden in die Lösungen gelegt. Nachdem sich aber herausgestellt hatte, daß erst nach fünftägigem Aufenthalte in 2% Karbollösung die Milzbrandsporen sich weniger stark als im Kontrollversuche entwickelten, aber doch immer noch Lebensfähigkeit in hinreichendem Maße besaßen, wurde der zweite Versuch mit einer größeren Zahl von Fäden und gleichmäßiger Abstufung des Prozentgehaltes an Karbolsäure ausgeführt.

Das Ergebnis desselben ist, daß 1% Karbollösung selbst nach 15 Tagen keine bemerkenswerte Wirkung auf Milzbrandsporen hat.

2% Karbolsäure äußert schon nach einigen Tagen insofern eine Wirkung, als die Entwicklung der Sporen um ungefähr 10 bis 20 Stunden später, im übrigen aber ebenso kräftig wie sonst eintritt. Letztere Erscheinung zeigt sich öfters bei Sporen, nachdem sie mit Desinfektionsmitteln behandelt sind, so beispielsweise auch nach der Einwirkung starker Hitze. Einen Nutzen für die Desinfektion schafft diese geringe Verzögerung des Wachstums nicht. Nach 5 und 7 Tagen erscheint die Entwicklung schon nicht mehr so kräftig, wie im Kontrollversuche, d. h. es entwickeln sich weniger Milzbrandfäden. Eine Abschwächung derselben tritt dagegen nicht ein. Ich habe in diesem und, wie ich gleich hier erwähnen will, vielfach auch in anderen Desinfektionsversuchen mit Milzbrandsporen anscheinend schwach entwickelte Kulturen und auch Seidenfäden, die in der nämlichen Weise und mit demselben Desinfektionsmittel behandelt waren, auf Mäuse verimpft und damit ausnahmslos tödlichen Milzbrand erzeugt.

Die 3% Karbollösung bewirkt schon nach drei Tagen Lücken in dem sonst dichten Fadengewirr der kräftig entwickelten Kultur. Höchstwahrscheinlich werden die oberflächlich dem Seidenfaden anklebenden Sporen zuerst getötet, während die zwischen den Fasern desselben in der Tiefe geschützter liegenden sich länger halten. Dadurch

entsteht dann eine durch Lücken unterbrochene Vegetation. Erst nach 7 Tagen sind alle Sporen getötet und die Desinfektion beendet.

Die 4% Karbollösung erreicht diese Wirkung schon am dritten und die 5% Karbollösung mit Sicherheit am zweiten Tage; denn wenn auch im ersten Versuche nach 24 stündigem Liegen in der 5% Lösung die Sporen sich nicht mehr entwickelten, so kam doch im zweiten Versuche noch vereinzelte Fadenbildung vor.

In einem Versuche mit Milzbrandsporen, welche sich einen Tag lang in einem feuchten Raume befunden hatten und dann in Karbolsäurelösungen von 1%, 2%, 5% Gehalt gelegt wurden, verhielten sich diese nicht anders als in ganz trockenem Zustande mit Karbolsäure behandelte Milzbrandsporen. Wie ich später zu erwähnen haben werde, läßt sich die Desinfektionswirkung der schwefligen Säure durch den vorhergehenden Aufenthalt der Sporen im feuchten Raume bis zu einem gewissen Grade steigern. Für die Karbolsäure ist demnach von einer derartigen Vorbehandlung der Desinfektionsobjekte kein Nutzen zu erwarten.

Desinfektionsmittel müssen, um praktisch verwendbar zu sein, schnell wirken, ehe sie nämlich durch Verflüchtigung oder durch Verdünnung in ihrem Gehalte an wirksamer Substanz zu sehr herabgesetzt werden. Je schneller sie wirken, um so besser für die Anwendung. Viel länger als 24 Stunden dürfte im allgemeinen die Desinfektionsdauer aus praktischen Rücksichten nicht zu bemessen sein.

Wenn nun dieses Maß der Desinfektionsdauer auf die Karbolsäure angewendet wird, so ergibt sich, daß eine 5% starke Lösung zur sicheren Desinfektion noch nicht ausreichend ist; selbst dann nicht, wenn die zu desinfizierenden Objekte, wie in unserem Falle, 24 Stunden lang in eine verhältnismäßig so hinreichend große Menge der Lösung gelegt werden, daß von einer Abschwächung der Desinfektionsflüssigkeit seitens des Desinfektionsobjektes durch die stattfindende Absorption oder durch chemische Umsetzungen gar nicht die Rede sein kann. Aber um wie viel schwieriger wird sich die Desinfektion gestalten, wenn komplizierte Flüssigkeiten, in denen die Karbolsäure Niederschläge hervorruft und möglicherweise weniger wirksame Verbindungen eingeht, oder wenn Gegenstände, die nur vorübergehend mit der Karbollösung in Berührung gebracht werden können, zu desinfizieren sind. Es ist gewiß nicht zu hoch gegriffen, wenn für derartige Zwecke eine 10% Lösung für erforderlich gehalten wird, wobei es allerdings in Frage kommen würde, ob dann der Kostenpunkt und die übrigen störenden Eigenschaften der Karbolsäure ihre Anwendung noch ratsam erscheinen lassen und ob nicht andere Mittel, von denen später die Rede sein wird, an den Platz, den jetzt die Karbolsäure in fast souveräner Weise einnimmt, zu treten haben.

Den Dauersporen gegenüber ist die Karbolsäure, wie wir gesehen haben, ziemlich machtlos und als ein alles Lebende vernichtendes Mittel ist sie deswegen nicht wohl anwendbar, aber in richtiger Weise und an passender Stelle verwendet, nämlich da, wo es gilt, die nicht in Dauerformen befindlichen Mikroorganismen unschädlich zu machen, kann sie von größtem Nutzen sein, wie der folgende Versuch lehrt.

In der Milz einer eben an Milzbrand gestorbenen Maus befinden sich nur Bazillen und niemals Milzbrandsporen. Wenn Seidenfäden mit einer solchen Milz, die fast von breiartiger Konsistenz ist, zusammengerieben werden, so daß sie den Saft derselben aufsaugen und darauf schnell getrocknet werden, dann geben dieselben ein dem in den früheren Versuchen gebrauchten ganz konformes Desinfektionsobjekt, nur mit dem Unterschiede, daß bei ersterem ganz allein Sporen, bei dem letzteren nur Bazillen der Einwirkung des Desinfektionsmittels ausgesetzt werden. In dieser Weise präparierte Fäden sind nur wenige Tage brauchbar, denn länger wie eine Woche habe ich die Milzbrandbazillen in dieser Form getrocknet niemals lebensfähig gefunden. Es wurden deswegen zu diesem

Versuche nur ganz frisch getrocknete Fäden genommen und außerdem auf das Sorgfältigste durch Kontrollversuche die Entwicklungsfähigkeit der zur Anwendung gekommenen Bazillen festgestellt.

V e r s u c h: Eine Anzahl der oben beschriebenen Fäden wurde in verdeckte Uhrgläser gelegt, von denen je eins 5%, 4%, 3%, 2%, 1% wäßrige Karbolsäurelösungen enthielt und immer nach 2, 5, 10, 15, 20, 25 Minuten wurde ein Faden aus jedem Glase genommen und auf Blutserumgelatine gelegt. Nach 24 Stunden war noch an keinem einzigen der Fäden auch nur eine Spur von Entwicklung zu sehen, während an den zur Kontrolle auf dieselbe Nährgelatine gelegten Seidenfäden die Bazillen sich schon bedeutend verlängert hatten. Am folgenden Tage und ebenso an den späteren zeigte sich von allen mit Karbollösung in Berührung gewesenem nicht die geringste Lebensäußerung, sie waren also unzweifelhaft selbst schon durch eine 2 Minuten lange Berührung mit 1% Karbolsäurelösung getötet. In den Kontrollpräparaten waren die Bazillen zu einer dichten, flockigen, aus vielverschlungenen und teilweise schon mit Sporen versehenen Fäden zusammengesetzten Masse herangewachsen.

Man könnte bei diesem Versuche einwenden, daß die Entwicklung der Bazillen möglicherweise durch die von dem Seidenfaden aufgesogene und auf die Nährgelatine mit übertragene Karbollösung nur verhindert und daß die Bazillen nicht in Wirklichkeit getötet seien. Dagegen spricht aber, daß in dem mit Sporen ausgeführten Versuch die Seidenfäden eine 5% Karbollösung aufgenommen hatten und daß die Sporen, ohne etwa abgespült zu sein, auf der Gelatine trotz der Anwesenheit der starken Karbollösung sich entwickelt hatten. Um aber ganz sicher zu gehen, habe ich Seidenfäden mit angetrockneten Bazillen, die 2 oder 5 Minuten in 1% und 2% Karbollösung gelegen hatten, sofort in sterilisiertem, destilliertem Wasser abgespült und dann erst auf die Gelatine gebracht, ohne daß das obige Resultat dadurch eine Abänderung erlitten hätte.

Diejenige Konzentration der Karbolsäure, welche eben noch ausreicht, um die Bazillen zu töten, läßt sich aus einer Reihe von Versuchen ersehen, die zu einem anderen Zwecke (Milzbrand-Immunität) ausgeführt sind. Wenn Blut von an Milzbrand gestorbenen Tieren mit einem gleichen Teil von 1% Karbolsäurelösung gemischt wurde, konnte schon nach kurzer Zeit diese Mischung einem anderen Tier subkutan eingespritzt werden, ohne daß dasselbe dadurch infiziert oder merklich krank gemacht worden wäre. Eine 0,5% Karbollösung genügte aber schon nicht mehr, um das Milzbrandblut unschädlich zu machen. Hieraus läßt sich schließen, daß die Grenze, bei welcher die Karbolsäurewirkung unsicher wird und schließlich aufhört, zwischen 0,5 und 0,25% liegt, weil in dem ersten Falle die Blut- und Karbolsäuremischung 0,5%, im zweiten 0,25% Karbolsäure enthält.

Diese Ergebnisse bestätigen also vollständig, daß die Karbolsäure für eine bestimmte Kategorie von Mikroorganismen, und weil letztere sich doch meistens nicht in Dauerzuständen befinden, für die große Mehrheit derselben ein ausgezeichnetes Mittel zur Vernichtung ist.

Diesem Umstande verdankt sie unzweifelhaft ihren hohen Ruf als Desinfektionsmittel, der nun aber insofern eine Einschränkung erfahren muß, daß sich die sichere desinfizierende Wirkung der Karbolsäure in einer Konzentration von 0,5% bis 2% nur auf die noch nicht in Dauerformen übergegangenen Mikroorganismen bezieht.

Nachdem die Wirkung der Karbolsäure auf Sporen und auf sporenfreie Bakterien geprüft ist, würde nun noch die dritte Hauptfrage bezüglich ihres Desinfektionswertes zu erledigen sein, nämlich wieweit sie die Entwicklung und das Wachstum von Bakterien in einer geeigneten Nährflüssigkeit zu hemmen vermag.

Aus fünf verschiedenen Versuchsreihen, welche fast genau übereinstimmende Resultate ergaben, will ich nur zwei speziell aufführen.

Erster Versuch: Verdeckte flache Glasschalen (sogenannte Kristallisationsschalen mit flachgeschliffenem Boden), welche aus dem Grunde als Kulturgefäße gewählt wurden, um die in ihnen stattfindende Entwicklung der Milzbrandbakterien unmittelbar mit dem Mikroskop kontrollieren zu können, wurden mit 10 ccm Blutserum, welches ganz klar und frisch war, gefüllt. Nachdem der Reihe nach in eine Schale 1 Tropfen 2% Karbolsäurelösung, in die zweite 2 Tropfen, in die dritte 4 Tropfen, in die vierte 6 Tropfen, in die fünfte 8 Tropfen, in die sechste 10 Tropfen und in die siebente 15 Tropfen derselben Lösung gebracht und eine Schale zur Kontrolle ohne Zusatz von Karbolsäure blieb, wurde in jede Schale ein mit angetrockneten Milzbrandsporen versehener Seidenfaden gelegt. Sämtliche Glasschalen befanden sich unter einer feucht gehaltenen Glasglocke, um die Verdunstung und Verunreinigung durch Staub möglichst zu beschränken. In dem Kontrollgefäß war nach 24 Stunden schon lebhaftes Wachstum von langen Milzbrandfäden mit dem Mikroskop zu sehen, ebenso in den Gefäßen, die 1, 2, 4 und 6 Tropfen der Karbollösung erhalten hatten. In dem Gefäße mit 8 Tropfen war die Entwicklung weniger kräftig; in dem mit 10 und in dem mit 15 Tropfen gar kein Wachstum eingetreten. Nach zwei Tagen war die Vegetation der Milzbrandfäden in dem Kontrollgefäße und in den vier ersten Schalen sehr kräftig, auch das Gefäß mit 8 Tropfen unterschied sich von diesen in bezug auf die Entwicklung der Milzbrandfäden fast nicht mehr. In dem mit 10 Tropfen Karbolsäurelösung versetzten Blutserum hatte sich jetzt nachträglich eine schwache, aus vielfach gekrümmten und kurzen Fäden bestehende Vegetation gebildet. Im letzten Gefäße, das 15 Tropfen Karbollösung erhalten hatte, war nicht das geringste Wachstum zu sehen. Auch am dritten Tage zeigte sich keine Entwicklung. Daß die Milzbrandsporen in diesem Gefäße aber nicht etwa schon abgestorben waren, ergab sich daraus, daß der Faden, nachdem er sich im ganzen 72 Stunden in dem mit Karbollösung versetzten Blutserum befunden hatte und dann auf frische Nährgelatine gelegt war, sehr bald der Ausgangspunkt einer üppig entwickelten Milzbrandvegetation wurde. Unzweifelhaft wären auch in dem Blutserum einige Tage später, wenn der Karbolsäuregehalt durch Verflüchtigung entsprechend abgenommen hätte, die Sporen noch zur Entwicklung gekommen.

Zweiter Versuch: Anstatt des Blutserum diente diesmal eine neutralisierte 1% Pepton- und $\frac{1}{2}$ % Fleischextraktlösung als Nährflüssigkeit. Auf je 10 ccm der letzteren kamen 2, 5, 10, 20 Tropfen 2% Karbolsäurelösung. Im übrigen wurde der Versuch ebenso angestellt wie der vorige. Das Resultat gestaltete sich auch fast ebenso wie bei jenem Versuche. Bis 5 Tropfen Zusatz war kein die Entwicklung der Milzbrandfäden hemmender Einfluß der Karbolsäure innerhalb zweitägiger Beobachtung wahrzunehmen. Bei 10 Tropfen blieb die Entwicklung schon merklich zurück und bei 20 Tropfen trat gar kein Wachstum ein.

In der nachstehenden Tabelle sind die Zahlen dieser beiden Versuche übersichtlich zusammengestellt und dabei die Tropfenzahl unter Abrundung der Bruchteile auf ccm berechnet. Die Abmessung der Tropfen hatte immer mit derselben Pipette stattgefunden, aus welcher bei langsamem, gleichmäßigem Ausfließen 25 Tropfen der 2% Karbolsäurelösung auf 1 ccm kamen.

Zusatz von 2proz. Karbol- säurelösung		0,04 ccm	0,08 ccm	0,15 ccm	0,25 ccm	0,3 ccm	0,4 ccm	0,6 ccm	0,8 ccm
Milzbrand- sporen in 10 ccm Blutserum	1. Tag	gewachsen	gewachsen	gewachsen	gewachsen	zurück- geblieben	nicht ge- wachsen	nicht ge- wachsen	
	2. Tag	gewachsen	gewachsen	gewachsen	gewachsen	gewachsen	schwache Entwick- lung	nicht ge- wachsen	

Zusatz von 2proz. Karbol- säurelösung		0,04 ccm	0,08 ccm	0,15 ccm	0,25 ccm	0,3 ccm	0,4 ccm	0,6 ccm	0,8 ccm
Milzbrand- sporen in 10 ccm 1proz. Pepton- und $\frac{1}{2}$ proz. Fleisch- extraktlösung	1. Tag		gewachsen		gewachsen		nicht ge- wachsen		nicht ge- wachsen
	2. Tag		gewachsen		gewachsen		geringes Wachs- tum		nicht ge- wachsen

Die Berechnung des Grenzwertes für die zur Entwicklungshemmung erforderliche Menge Karbolsäure aus den angegebenen Zahlen ergibt, daß 1 g reine Karbolsäure imstande ist, in 850 ccm Nährlösung die Entwicklung von Milzbrandbazillen vollständig zu verhüten. Eine merkliche Behinderung des Wachstums tritt schon dann ein, wenn 1 g Karbolsäure auf 1250 g Nährlösung kommt. Diese Zahlen gelten selbstverständlich nur für das Verhältnis zwischen Karbolsäure und Milzbrandbazillen. Daß andere Bakterien von der Karbolsäure weniger beeinflusst werden, ließ sich gelegentlich dieser Versuche schon daraus abnehmen, daß in einzelnen Gefäßen, in denen der Karbolsäurezusatz die Milzbrandbazillen nicht mehr zum Wachstum kommen ließ, aus den zufällig hineinfallenden Luftkeimen andere Bakterien nachträglich zur Entwicklung gelangten.

Die Zahlen, die ich für Milzbrandbazillen gefunden habe, stimmen ziemlich genau mit den Zahlen, die J a l a n d e l a C r o i x ¹⁾ für die Entwicklungshemmung von Fleischwasserbakterien durch Karbolsäure erhalten hat. Für aus der Luft in gekochtes oder ungekochtes Fleischwasser hineinfallende Bakterienkeime bedurfte es nach J a l a n d e l a C r o i x zur Entwicklungshemmung stärkerer Konzentration der Karbolsäure (1:400, 1:500), welches Zahlenverhältnis ich nach den bei meinen Versuchen nebenher gemachten Beobachtungen vollkommen bestätigen kann.

Wie ich früher auseinandergesetzt habe, ist zur Prüfung eines Desinfektionsmittels am zweckmäßigsten, die Wirkung desselben erstens auf sporenhaltige und zweitens auf sporenfreie Objekte zu bestimmen und drittens zu versuchen, inwieweit es die Fortentwicklung von Bakterien in Nahrflüssigkeiten zu hemmen vermag. Diese drei Aufgaben sind für die Karbolsäure durch die geschilderten Versuchsreihen, jedoch nur in bezug auf Milzbrandbazillen und deren Sporen gelöst. Die für Tötung der Sporen gefundenen Zahlen werden aber mit geringen Abweichungen auch für die Sporen und Dauerzustände der übrigen durch hohe Widerstandsfähigkeit ausgezeichneten Mikroorganismen gelten können, weil in sehr zahlreichen Versuchen, die gleichzeitig mit solchen und mit Milzbrandsporen angestellt wurden, letztere den ersteren sich immer fast gleich verhielten und nur sehr wenig zurückstanden.

Anders verhält es sich aber, wie wir gesehen haben, mit der entwicklungshemmenden Wirkung der Karbolsäure. Für Milzbrandbazillen lag dieselbe zwischen 1250- und 850facher Verdünnung und ist für andere aus der Luft in die Nährlösungen gelangende Mikroorganismen auf ungefähr 500 fache Verdünnung herabzusetzen.

Nur die Bestimmung des allgemein gültigen Wertes der Karbolsäure für den zweiten Teil der Aufgabe, für die Tötung der nicht sporenhaltigen Bakterien, würde noch ausstehen. Wahrscheinlich ist auch dieser Wert für andere widerstandsfähigere Mikroorganismen auf die Hälfte des für Milzbrandbazillen gefundenen, oder selbst noch weiter herabzusetzen.

Genauere Untersuchungen darüber sind unzweifelhaft ganz interessant, schienen mir aber der Bedeutung der beiden anderen Werte gegenüber, die im großen und ganzen

¹⁾ Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, Bd. 13, Heft 3 und 4.

schon ein ausreichendes Urteil über den Desinfektionswert verschaffen, zu wenig wichtig, um denselben Zeit zu opfern, und ich zog es vor, mich statt dessen mit den für die praktische Verwendung der Karbolsäure als Desinfektionsmittel wichtigen Fragen zu beschäftigen. Unter diesen letzteren beansprucht diejenige nach der Wirkung der Karbolsäure in Dampfform eine besondere Bedeutung.

Es war allerdings, nachdem sich herausgestellt hat, daß die Karbolsäure für eine zuverlässige Desinfektion in 5% Lösung und mindestens 48 Stunden einwirken muß, kaum zu erwarten, daß die Karbolsäure in Dampfform bei ihrem geringen Verflüchtigungsvermögen eine irgend erhebliche desinfizierende Wirkung äußern würde. Ferner hatten die mit Karbolsäure in Dampfform von Schotte und Gaertner¹⁾ angestellten Versuche schon ergeben, daß, um trockene mit Fäulnisbakterien imprägnierte Objekte zu desinfizieren, 15 g Karbolsäure auf einen Kubikmeter zum Verdampfen gebracht werden mußten und daß wegen der bedeutenden Quantitäten und der Schwierigkeit, dieselben in Dampfform zu verwandeln, eine Desinfektion von geschlossenen Räumen durch Karboldämpfe praktisch so gut wie unausführbar ist. Dennoch konnte die Frage aufgeworfen werden, ob nicht die bei gewöhnlicher Temperatur schon zur Verdunstung kommenden geringen Karbolsäuremengen, wenn sie nur durch längere Zeit mit den Desinfektionsobjekten in Berührung bleiben können, gleichwohl desinfizierend wirken würden; auch war es wichtig, zu erfahren, ob nicht die Desinfektion mit heißer Luft, deren Unzulänglichkeit sich schon zur Zeit dieser Versuche herausgestellt hatte, nicht zweckmäßigerweise mit der Anwendung von Karboldämpfen zu kombinieren war.

Zur Erledigung der ersten der eben angedeuteten Fragen wurde folgender Versuch ausgeführt.

In einem Apparate, wie er nach Angabe von N. Gerber zur Fettbestimmung in der Milch dient und in dessen untere Abteilung ungefähr 50 g Karbolsäure gefüllt waren, wurde in die obere Abteilung auf Filtrierpapier Erde, welche Bazillensporen enthielt, gelegt. Dieses obere Gefäß des Apparates war durch einen gut schließenden Kork geschlossen und kommunizierte mit dem unteren, die Karbolsäure enthaltenden Gefäße durch eine ziemlich weite Öffnung, nach oben mit der Luft durch ein langes enges Glasrohr. Von Zeit zu Zeit wurde der Kork gelüftet, eine Probe der Erde entnommen und auf Nährgelatine ausgestreut. Die Erde roch jedesmal stark nach Karbolsäure und es ließ sich wohl annehmen, daß sie beständig unter dem vollen Einfluß der bei Zimmertemperatur, in welcher der Apparat gehalten wurde, sich entwickelnden Karbolsäuredämpfe stand. Die Erdproben wurden am 2., 4., 10., 14., 24. und 45. Tage der Karbolsäurewirkung auf die Entwicklungsfähigkeit der in ihr vorhandenen Bazillensporen geprüft. Es ergab sich, daß dieselben auch nach 45 Tagen ganz ebenso reichliche und üppige Bazillenkolonien zur Entwicklung brachten als die zur Kontrolle gleichfalls auf Nährgelatine ausgestreuten Proben von Erde, die nicht mit Karbolsäure behandelt waren. Ich muß gestehen, daß mir dieses Resultat eine Illusion, der ich mich bis zu dieser Zeit hingegeben hatte, geraubt hat. Wenn man viel mit dem Lister'schen antiseptischen Verfahren zu tun gehabt und oft bei Infektionskrankheiten mit Karbolsäure desinfiziert hat, dann gewöhnt man sich allmählich an den Gedanken, daß, sobald nur der Karbolgeruch irgendwo wahrzunehmen ist, die Luft von allen Infektionskeimen in kurzer Zeit befreit sein muß. In welchem gewaltigen Irrtume sich diese Vorstellung aber bewegt, lehrt der eben geschilderte Versuch und die aus demselben zu entnehmende Tatsache, daß die bei gewöhnlicher Temperatur sich entwickelnden Karboldämpfe auch nach anderthalb Monate langer Einwirkung noch nicht im geringsten die Keimkraft der verschiedenen in der Erde enthaltenen Bazillensporen zu beeinträchtigen vermögen.

¹⁾ Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege, Bd. 12, Heft 3.

Die zweite der oben gestellten Fragen, ob Karboldämpfe bei gleichzeitiger Anwendung höherer Wärmegrade vorteilhaft zu verwenden seien, wurde in folgender Weise zu lösen versucht:

Eine dreifach tubulierte Flasche befand sich in einem Wasserbade. Durch die eine Öffnung der Flasche wurde luftdicht ein Thermometer und — unmittelbar an der Kugel desselben befestigt — das Desinfektionsobjekt, welches hier wiederum in den am schwierigsten zu desinfizierenden Bazillensporen der Gartenerde bestand, in die Mitte der Flasche eingeführt. Die zweite Öffnung stand mit einem Aspirator und die dritte mit einer zweiten, zweihalsigen Flasche in Verbindung, welche mit karbolsäuregetränkten Fließpapierrollen angefüllt war und in ihrem zweiten Halse ein frei in die Luft mündendes Glasrohr trug. Sobald der Aspirator in Gang gesetzt wurde, mußte die Luft ihren Weg zuerst durch das Glasrohr in die Karbolflasche nehmen, sich hier beim Durchgang durch die Papierrollen mit Karbolsäuredämpfen beladen und dann das Desinfektionsgefäß passieren, um schließlich in den Aspirator zu gelangen, der aus einer großen mit Wasser gefüllten und einem Abflußhahn versehenen Flasche bestand. Wenn letztere von neuem gefüllt wurde, strömte eine ungemein stark nach Karbolsäure riechende Luft aus dem Innern derselben heraus und bewies dadurch, daß der Apparat vollständig seine Schuldigkeit tat und dem Desinfektionsgefäß beständig in langsamem Strom eine mit Karbolsäuredämpfen bei gewöhnlicher Temperatur gesättigte Luft zuführte. Das Desinfektionsgefäß wurde dann gleichzeitig im Wasserbade soweit erwärmt, bis am Thermometer die für den Versuch beabsichtigte Temperatur abzulesen war.

Nun erst wurde schnell, damit keine zu große Abkühlung eintrat, die in Fließpapier eingewickelte Erde an der Thermometerkugel befestigt und den erwärmten Karboldämpfen ausgesetzt. Es unterscheiden sich also diese Versuche von denjenigen, die Schotte und Gaertner angestellt haben, insofern, als bei letzteren durch höhere Temperatur die Menge der Karboldämpfe vermehrt wurde, die Dämpfe selbst aber nur bei gewöhnlicher Temperatur zur Wirkung kamen, während in meinen Versuchen das umgekehrte Verhältnis eintrat. Die Karboldämpfe entwickelten sich im ersten Gefäße immer nur bei derselben Temperatur von 20° C und blieben also annähernd an Menge gleich; dagegen kamen sie mit dem Desinfektionsobjekte im zweiten Gefäße unter verschieden erhöhten Temperaturen in Berührung.

Bei den Desinfektionsversuchen mit trockner Hitze hatte sich herausgestellt, daß, wenn die Temperatur im Desinfektionsapparate 140° betrug, in nicht zu großen Objekten die Temperatur im Innern derselben bis auf ungefähr 55° bis 75° C innerhalb mehrerer Stunden zu bringen war; da aber diese Temperatur auch für die leicht zu vernichtenden Mikroorganismen, wenn sie sich in getrocknetem Zustande befinden, nicht einmal ausreicht, so lag es nahe, die Hitzewirkung gerade in diesem Falle durch Karboldämpfe zu unterstützen, und es wurden mit Rücksicht hierauf die Versuche mit Kombination von Hitze und Karboldämpfen auf die genannten Temperaturen beschränkt.

In der nachstehenden Tabelle ist das Resultat derselben zu finden. Die Verdunstung der Karbolsäure fand bei Zimmertemperatur (ungefähr 20° C) statt.

Bei 20° C sich entwickelnde Dämpfe von	Temperatur in der als Desinfektionsraum dienenden Flasche	Zeit (in Stunden)	Entwicklungsfähigkeit der Bazillensporen auf Nährgelatine
Karbolsäure	55° C	½	kräftige ungestörte Entwicklung
„	55° C	1 ½	ziemlich viele Bazillenkolonien
„	55° C	3	wenige Bazillenkolonien
„	75° C	2	vereinzelte Bazillenkolonien

Die Versuche ergeben also, daß bei gleichbleibender Karbolsäuremenge die Wirkung derselben mit zunehmender Temperatur schnell gesteigert wird. Dämpfe von einer Temperatur zwischen 15° und 20° C (Zimmertemperatur) lassen, wie wir früher gesehen haben, die Sporen nach 45 Tagen noch unverändert. Bei 55° C dagegen macht sich schon eine ziemlich schnell eintretende Wirkung bemerkbar; denn wenn auch nach einer halben Stunde die Sporen noch ihre volle Keimkraft behalten haben, so sind nach 1½ Stunden schon viele vernichtet und nach 3 Stunden besitzen nur noch wenige ihre Entwicklungsfähigkeit. Es läßt sich hiernach wohl annehmen, daß nach ungefähr 5 bis 6 Stunden die Vernichtung aller Keime eingetreten sein würde. Aus rein praktischen Gründen kann aber eine Desinfektion mit Hitze und Karboldämpfen von längerer Dauer als 2 Stunden nicht in Aussicht genommen werden. Wenn diese Kombination nicht in ganz kurzer Zeit, etwa binnen einer halben bis höchstens 2 Stunden, ihren Zweck erfüllt, dann muß sie für die Praxis ihren Wert verlieren, weil schon mehrere Stunden an und für sich vergehen, ehe bei einer Temperatur von über 100° C im Desinfektionsraume das Innere größerer Desinfektionsobjekte sich auf 50° C und darüber erwärmt, und wenn sie dann noch 5 bis 6 Stunden im Apparate bleiben sollten, die Gesamtzeit einer Desinfektion gegen 8 bis 10 Stunden betragen würde. Deswegen wurde noch in einem Versuche eine Temperatur von 75° C 2 Stunden lang in Anwendung gebracht. Als aber auch dadurch noch keine vollständige Vernichtung aller Keime erzielt war, wurde vorläufig von einer weiteren Verfolgung dieser übrigens höchst interessanten Tatsache Abstand genommen. Für eine Desinfektion großer Objekte durch trockene Hitze wird sich die Karbolsäure kaum verwerten lassen; aber ganz unzweifelhaft läßt sich aus der durch Hitze gesteigerten desinfizierenden Wirkung der Karbolsäure für andere Zwecke, z. B. um mit trockener mäßig gesteigerter Hitze kleinere Gegenstände zu desinfizieren, Vorteil ziehen; auch Kombinationen von Karboldämpfen und feuchter Hitze versprechen energische desinfizierende Wirkungen.

Die an der Karbolsäure gemachte Erfahrung, daß durch Steigerung der Temperatur die desinfizierende Wirkung flüchtiger Substanzen erheblich zunimmt, gab die Veranlassung dazu, in derselben Weise noch einige andere Mittel zu prüfen. Diese Versuchsreihen will ich zum besseren Vergleich mit der kombinierten Karbolsäure-Hitzedesinfektion hier einschalten. Es wurde derselbe Apparat wie bei der Karbolsäure benutzt.

Bei 20° C sich entwickelnde Dämpfe von	Temperatur ° C	Zeit	Einwirkung auf die Entwicklungsfähigkeit von Bazillensporen in der Erde. Es kamen auf Nährgelatine zur Entwicklung
Schwefelkohlenstoff . . .	50	½ Stunde	ebensoviele Bazillenkolonien wie im Kontrollpräparat
do.	50	1 "	do.
do.	50	3 Stunden	vereinzelte Bazillenkolonien
do.	80	½ Stunde	wenige "
do.	80	1 "	vereinzelte "
do.	80	2 Stunden	keine "
Benzol	67	½ Stunde	ebensoviele Bazillenkolonien wie im Kontrollpräparat
do.	67	1 "	do.
do.	67	2 Stunden	do.
Roher Holzgeist	70	3 "	do.

Auch in diesen Versuchen bestätigt sich am Schwefelkohlenstoff, der bei gewöhnlicher Temperatur, wie aus den weiter unten folgenden Mitteilungen zu ersehen ist, auf Sporen gar keinen nachteiligen Einfluß ausübt, daß bei einer gewissen Temperatursteigerung, die immer noch weit unterhalb des Siedepunktes des Wassers bleibt, eine

desinfizierende Wirkung eintritt. Anscheinend übertrifft sogar der Schwefelkohlenstoff in dieser Eigenschaft noch die Karbolsäure, weil seine Dämpfe bei 80° und zweistündiger Dauer eine vollständige Vernichtung der Sporen bewirkt hatten. Daß andere flüchtige Substanzen, bei denen ähnliche desinfizierende Wirkungen vermutet werden konnten, sich nicht sämtlich so verhalten, zeigen die Versuche mit Benzol und Holzgeist.

Immerhin ist es wahrscheinlich, daß sich manche unter gewöhnlichen Verhältnissen unzulängliche Desinfektionsmittel durch Kombination mit einer mäßig gesteigerten Temperatur zu einer ausreichenden Wirksamkeit bringen lassen; möglicherweise sind auch solche Substanzen, denen bei Temperaturen von ca. 20° C jede desinfizierende Wirkung fehlt, wie das Beispiel vom Schwefelkohlenstoff lehrt, bei etwas höheren Temperaturen als vortreffliche Desinfektionsmittel zu gebrauchen. Es eröffnet sich in dieser Richtung ein sehr lohnendes Feld für die experimentelle Tätigkeit, welches um so mehr Beachtung verdient, als sich exakten Versuchen gegenüber von der großen Zahl der Desinfektionsmittel nur einige wenige und auch diese nur als für gewisse Verhältnisse praktisch verwendbar erwiesen haben.

Doch ich kehre zu den Versuchen über die Karbolsäure zurück.

In mancher Hinsicht ist es für die Beurteilung eines Desinfektionsmittels wichtig, die Wirkung von Verbindungen kennen zu lernen, welche dasselbe mit anderen Substanzen eingeht, und nicht minder diejenige von Stoffen, welche demselben in chemischer Beziehung nahestehen, auch hat es ein praktisches Interesse, Rohstoffe, welche das Desinfektionsmittel in mehr oder weniger großer Menge enthalten und eine billige Bezugsquelle abgeben könnten, auf ihre Wirkung zu prüfen. In der folgenden Tabelle sind einige hierher gehörige Mittel zusammengestellt und die Wirkung, welche sie innerhalb bestimmter Zeitabschnitte auf Milzbrandsporen äußern, zum Kriterium für ihre Berechtigung, als Desinfektionsmittel gelten zu können, genommen. Die Versuche sind in derselben Weise wie die mit Karbolsäure auf Milzbrandsporen angestellt.

Einwirkende Flüssigkeit	Anzahl der Tage, nach deren Ablauf die Milzbrandsporen auf ihre Entwicklungsfähigkeit geprüft wurden					Bemerkungen
	1*	2*	5*	10*		
Natriumphenol 5 % in Wasser	1*	2*	5*	10*		* Nur vereinzelt Fäden zur Entwicklung gekommen
Natr. sulfo-carbolic. 5 % „ „	1	2	5	10		
Zinc. sulfo-carbolic. 5 % „ „	1*	2*	<u>5</u>	<u>10</u>		* 1 gekräuselte Fäden, * 2 verspätete Entwicklung
Roher Holzgeist	1	2	5*	<u>20</u>		* 5 etwas verspätetes Wachstum
Roher Holzessig	1	<u>2</u>				
Holzteer	1	2	5	10	20	
Steinkohlenteer	1	2	5	10	20	

Die doppelt unterstrichenen Zahlen geben in der vorstehenden Tabelle denjenigen Tag an, an welchem die Milzbrandsporen sich als entwicklungsunfähig erwiesen.

Die Karbolverbindungen stehen sämtlich der reinen Karbolsäure an Wirksamkeit erheblich nach; am nächsten kommt noch das *Zinc. sulf.-carbolicum*. Am wenigsten Wirkung hatte das *Natr. sulf.-carbolicum*. Von den Rohprodukten, welche geprüft

wurden, zeigte nur der rohe Holzeßig eine bemerkenswerte Wirkung. In unverdünntem Zustande kommt er ungefähr einer 5% Karbolsäurelösung gleich. Auffallend ist die innerhalb eines Zeitraumes von 20 Tagen konstatierte völlige Unwirksamkeit des Holztees sowohl wie des Steinkohlenteers. Die Präparate, welche im Teer gelegen hatten, wurden in absolutem Alkohol abgespült, so daß sie wenigstens teilweise von der dicken festanhaltenden Teerschicht befreit wurden, und dann auf die Nährgelatine gebracht. Die aus den Sporen heranwachsenden Fäden entwickelten sich gleichwohl fast in derselben Zahl und Stärke, wie an den Kontrollpräparaten. An manchen Stellen, wo eine ziemlich dicke Teerkruste zurückgeblieben war, wurde diese von den Milzbrandfäden gesprengt, die zwischen den Rissen und Lücken dann hervorwuchsen.

Im Anschluß an die eben beschriebenen Versuche mögen einige erwähnt sein, die sich auf die praktische Verwendung der Karbolsäure speziell beziehen. In manchen Vorschriften zur Desinfektion spielen Waschungen mit 1 bis 2% Karbolsäure, Übertünchen mit Kalkmilch, die 2% Karbolsäure enthält, und ähnliche Verfahren eine wichtige Rolle. Daß die Karbolsäure in 2% Lösungen keine Wirkung haben würde, ließ sich aus den bisherigen Resultaten schon abnehmen, deswegen war es um so wichtiger, zu versuchen, ob der gewünschte Zweck nicht mit 5% Lösungen zu erreichen sei. Zu diesem Versuch wurden auf ein Brett, und zwar in kleine Vertiefungen desselben, Seidenfäden mit angetrockneten Milzbrandsporen in entsprechenden Abständen gelegt und täglich einmal mit einer reichlichen Menge von folgenden Lösungen übergossen; 2% Karbolsäure, 5% Karbolsäure, Kalkmilch mit 2% Karbolsäure, Kalkmilch mit 5% Karbolsäure. Die Flüssigkeiten konnten, weil die Seidenfäden in den Vertiefungen lagen, hinreichend lange Zeit auf dieselben einwirken. Nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde waren die Fäden meistens noch feucht und um die mit Kalkmilch begossenen bildete sich allmählich eine dicke Kalkkruste. Nachdem das Übergießen einmal, zweimal, fünfmal, siebenmal und zehnmal stattgefunden hatte, wurde je ein Faden, ohne vorher abgespült zu werden, auf Nährgelatine gelegt. In sämtlichen Proben erwiesen sich hier die Milzbrandsporen ganz oder doch zum großen Teil noch entwicklungsfähig. Die mit 5% Karbolsäure siebenmal und zehnmal behandelten Seidenfäden zeigten allerdings erhebliche Lücken in der Milzbrandvegetation, aber von einer eigentlichen Desinfektion derselben konnte noch gar keine Rede sein.

Also auch mit 5% Karbollösungen lassen sich, wenn damit die zu desinfizierenden Objekte nur übergossen, besprengt, gewaschen oder in sonst einer Weise angefeuchtet werden, selbst nach zehnmaliger Applikation, nicht alle entwicklungsfähigen Keime vernichten und eine in dieser Weise ausgeführte Desinfektion ist mindestens eine unsichere.

Alle bisher mit der Karbolsäure angestellten Versuche beziehen sich auf wäßrige Lösungen derselben. Es entsteht nun die Frage, wie sich die Wirkung der Karbolsäure gestalten wird, wenn sie sich in anderen Lösungsmitteln befindet. Diese Frage beansprucht durchaus nicht allein ein theoretisches Interesse. Auch die Desinfektionspraxis kennt eine andere als die wäßrige Lösung der Karbolsäure, nämlich die in Öl, und empfiehlt sie für Verhältnisse, unter denen eine Unzuverlässigkeit dieses Mittels von der schwerwiegendsten Bedeutung sein muß; ich meine, die Desinfektion von Händen und Instrumenten der Hebammen. Und welch festes Vertrauen die Chirurgie auf die sicher desinfizierende Wirkung des Karbolöls setzt, weiß jeder.

In den beiden folgenden Tabellen sind die Zahlen für die mit Karbolöl ausgeführten Versuche nach demselben Schema wie in den früheren Tabellen zusammengestellt. Die erste bezieht sich auf Milzbrandsporen, die zweite auf frisch getrocknete sporenfreie Milzbrandbazillen.

Tabelle I.

Einwirkende Flüssigkeit	Anzahl der Tage, nach deren Ablauf die Milzbrandsporen auf ihre Entwicklungsfähigkeit geprüft wurden							Bemerkungen
	2	6	16	30	40	45	110	
Karbolsäure in Öl (5%)	2	6	16	30	40	45	110	sämtliche Proben zeigen auf Nährgelatine eine ganz ungehinderte Entwicklung
Karbolsäure in Alkohol (5%)	2	6	16	30	70			Dasselbe Verhalten

Tabelle II.

Einwirkende Flüssigkeit	Anzahl der Tage, nach deren Ablauf die Milzbrandbazillen auf ihre Lebensfähigkeit geprüft wurden						Bemerkungen
	1	2	3*	4*	6		
Karbolsäure in Öl (5%)	1	2	3*	4*	<u>6</u>		3* u. 4* lückenhafte Entwicklung auf Nährgelatine <u>6</u> nicht gewachsen
Karbolsäure in Öl (1%)	1	2	3*	4*	<u>6</u>		3* und 4* mit Lücken gewachsen <u>6</u> nicht gewachsen
Olivöl (rein)	1	2	3	4*	<u>6</u>		4* mit Lücken gewachsen <u>6</u> nicht gewachsen
							Die zur Kontrolle auf Nährgelatine ausgelegten Fäden wuchsen am 4. Tage ebenfalls nur noch lückenhaft und am 6. Tage gar nicht mehr aus.

Das Ergebnis dieser Versuche ist, wie man sieht, ein im höchsten Grade überraschendes:

In Öl oder Alkohol gelöst äußert die Karbolsäure auch nicht die geringste desinfizierende Wirkung.

Nicht allein die Sporen, welche sich länger als ein Vierteljahr im 5% Karbolöl ganz unverändert gehalten haben, sondern selbst die sonst gegen alle feindseligen Einflüsse äußerst empfindlichen Bazillen werden von dem Karbolöl nicht beeinflusst. Denn an den im Karbolöl befindlichen Fäden hielten sich die Bazillen genau ebenso lange lebensfähig wie an den zugehörigen in Öl gelegten und den zur Kontrolle trocken aufbewahrten Fäden. Hätte sich nur eine mäßige Differenz in der Wirkung herausgestellt, dann würde eine Erklärung dafür gewiß zu finden gewesen sein, aber für dieses mit allen bisherigen Erfahrungen und tief eingewurzelten Anschauungen im grellsten Widerspruch stehende Faktum vermag ich vorläufig noch keinen Zusammenhang zu finden. Man könnte daran denken, daß die Membran der Sporen in einem wasserhaltigen, gequollenen Zustande sich befinden muß, damit die Karbolsäure in das Innere einzudringen vermag. Dagegen spricht aber, daß die Karbolsäure in Dampfform bei 75° C und in unverkennbarer Weise, wenn auch langsamer, schon bei 55° auf trockene Sporen einen vernichtenden Einfluß ausübt und daß andere flüchtige Substanzen, wie wir später sehen werden, ebenfalls in Dampfform trockene Sporen entwicklungsunfähig machen können. Ein Irrtum ist bei den Versuchen unmöglich, weil nicht etwa eine einzige, sondern mehrere Reihen von Proben untersucht wurden und in jeder Beziehung ganz gleichmäßige Resultate gegeben haben.

Übrigens mag hier schon vorweg bemerkt werden, daß diese merkwürdige Erscheinung sich nicht allein auf die Karbolsäure beschränkt, sondern auch bei anderen Stoffen, wie Salizylsäure, Thymol, vermutlich auch noch bei vielen anderen in gleicher Weise wiederholt.

Wenn Karbolöl mit wasserhaltigen Substanzen, z. B. den Geweben des menschlichen Körpers, Wunden usw. in Berührung kommt, dann wird es einen Teil der Karbolsäure unzweifelhaft an diese abgeben und in dieser Weise kann dann immer noch eine antiseptische Wirkung der ursprünglich im Karbolöl gewesenen Karbolsäure sich geltend machen. Dies gilt aber auch nur für den Fall, daß wäßrige Flüssigkeiten mit dem Karbolöl in Berührung kommen. In allen anderen Fällen, in denen trockene Gegenstände wie Instrumente, Seide, Katgut usw. durch Karbolöl desinfiziert werden sollen, ist auch nicht die allergeringste Wirkung, selbst auf die am leichtesten zu tötenden Mikroorganismen zu erwarten. Der Effekt kann nur genau derselbe sein, als wenn reines Öl gebraucht worden wäre¹⁾.

Wenn ich mir diese vollständige Unwirksamkeit des beim antiseptischen Verfahren unentbehrlich gewordenen Karbolöls vergegenwärtige und ferner bedenke, daß ein Spray von 1 bis 2% gar keinen Einfluß und selbst 5% Karbolsäure in der kurzen Zeitdauer einer Operation keine bemerkbare Wirkung auf Bakteriensporen ausübt, und schließlich noch, daß um jede Bakterienvermehrung in einer Flüssigkeit zu hemmen, in derselben d a u e r n d die Karbolsäure mindestens im Verhältnis von 1:400 vorhanden sein muß, dann kann ich es nicht im geringsten mehr wunderbar finden, daß unter dem L i s t e r s c h e n Verbands trotz der sorgfältigsten antiseptischen Kautelen so oft Bakterien zu finden sind. Man wird in Zukunft gewiß nicht mehr nötig haben, die im Sekret aseptischer Wunden auftretenden Bakterien auf dem etwas sehr hypothetischen und umständlichen Wege durchs Blut und vom Körper aus in die Wunde gelangen zu lassen.

Schweflige Säure. Ein anderes hervorragendes Desinfektionsmittel ist die schweflige Säure, welche ebenfalls eine etwas eingehendere Untersuchung erforderte.

Die Versuche schlossen sich im wesentlichen den für die praktische Ausführung berechneten Desinfektionsverhältnissen an und sind zum Teil bei Gelegenheit der von Wolffhügel über schweflige Säure angestellten und in diesen Blättern²⁾ beschriebenen Untersuchungen zur Ausführung gekommen. Bezüglich der genauen Beschreibung der Räumlichkeiten, in welchen die Desinfektionsobjekte der schwefligen Säure ausgesetzt wurden, sowie der Entwicklung und Bestimmung der schwefligen Säure kann ich auf den betreffenden Abschnitt der Arbeit von Wolffhügel verweisen.

Erster Versuch: In dem Desinfektionskasten, welcher 390 l Inhalt hat, wurde soviel Schwefel verbrannt, daß bei Beginn des Versuches 0,986 Volumprozent schwefliger

¹⁾ Auffallend ist es, daß dieses merkwürdige Faktum den fast täglich mit dem Karbolöl beschäftigten Chirurgen bisher ganz entgangen ist. Eine einzige Andeutung habe ich in der Literatur gefunden, welche die Unzuverlässigkeit des Karbolöls ahnen läßt. Volkmann (Deutsche Zeitschrift für praktische Medizin, 1877, Nr. 18) hatte hintereinander zwei Frauen mit Brustkrebs operiert und für beide Katgut aus einem und demselben Gefäß benutzt. Bei der einen Frau trat überall in der Umgebung des Katguts Haut-, Zellgewebs- und Muskelnekrose ein, doch endete der Fall in Genesung. Im anderen Falle entstand über der Wunde eine Pustel und Milzbrandgeschwür mit tödlichem Ausgang. (Bekanntlich wird Katgut aus Schafsdärmen fabriziert und bei dem häufigen Vorkommen von Milzbrand unter Schafen ist die Befürchtung, daß hin und wieder auch Därme von Milzbrandschafen verarbeitet werden, gewiß nicht unbegründet; wenn dann auch später solche Därme, in denen während der ersten Zeit der Aufbewahrung oder Zubereitung die Milzbrandbazillen zur Sporenbildung gekommen waren, in starkes Karbolöl gelegt wurden, dann kann dies, wie meine Versuche zeigen, die einmal fertiggebildeten Milzbrandsporen nicht wieder unschädlich machen.)

²⁾ Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. I, p. 188.

mit — bezeichnet. Die zu den Desinfektionsobjekten zugehörigen, zu gleicher Zeit auf ihre Entwicklungsfähigkeit auf demselben Nährboden geprüften Kontrollpräparate waren sämtlich kräftig gewachsen.

Die Tabelle zeigt, daß die sporenfreien und trocknen Milzbrandbazillen sich fast ebenso in der schwefligen Säure verhalten, wie im ersten Versuche die Mikrokokken. Aber ganz anders gestalten sich die Verhältnisse bei den sporenhaltigen Objekten. Die Versuchsdauer war von vornherein länger bemessen, weil nach den anderweitigen mit den Sporen gemachten Erfahrungen erwartet wurde, daß die schweflige Säure dieselben nicht sehr schnell töten würde. Dennoch hatte die auf 3 Tage ausgedehnte Wirkung von 1 Volumprozent, das allmählich auf 0,54 Volumprozent herabging, nicht genügt, um auch nur den geringsten Effekt auf die Sporen hervorzubringen, denn letztere entwickelten sich ebenso kräftig wie die Kontrollpräparate.

Dritter Versuch: Um die Widerstandsfähigkeit von sporenhaltigen Substanzen gegen den Einfluß der schwefligen Säure noch weiter festzustellen und zugleich größere Mengen schwefliger Säure zur Wirkung kommen zu lassen, wurde folgender Versuch gemacht:

Die Menge der schwefligen Säure im Desinfektionskasten betrug diesmal	
zu Anfang	6,13 Volumprozent
nach 24 Stunden	4,88 „
„ 72 „	4,47 „
„ 96 „	3,3 „

also anfangs sechsmal und am Ende des Versuches dreimal so viel, als in den ersten beiden Versuchen. Nur sporenhaltige Substanzen wurden in den Kasten eingelegt, und zwar eine sehr geringe Menge von vor 8½ Jahren getrocknetem, sporenhaltigen Milzbrandblut, Milzbrandsporen an Seidenfäden angetrocknet, sporenhaltige Erde, Heubazillensporen auf Fließpapier getrocknet. Das Resultat ist aus der folgenden Tabelle zu sehen, in der das Zeichen + wieder bedeutet, daß die in der Desinfektionsprobe enthaltenen Sporen ihre Entwicklungsfähigkeit noch im vollsten Maße besitzen.

Desinfektionsobjekte	Zeit der Einwirkung der schwefligen Säure (6,13 bis 3,3 Volumprozent) nach Stunden										Bemerkungen
	½	1½	3	5	20	30	45	50	72	96	
Altes getrocknetes sporenhaltiges Milzbrandblut	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Milzbrandsporen an Seidenfäden	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Mit dem 96 Stunden lang der schwefligen Säure ausgesetzten Milzbrandblut wurde eine Maus geimpft; dieselbe war am folgenden Tage tot und hatte eine stark vergrößerte Milz und zahllose Milzbrandbazillen in derselben.
Sporenhaltige Erde	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Heubazillensporen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Also auch hier hatte die schweflige Säure trotz stärkerer Konzentration und bis auf 4 Tage ausgedehnter Einwirkung auf die Sporen verschiedener Bakterienarten nicht den geringsten Einfluß gehabt.

Vierter Versuch: Die beiden ersten Versuche hatten ergeben, daß die schweflige Säure sporenfreie Bakterien, wenn sie an kleinen Objekten und in sehr dünner Schicht derselben ausgesetzt wurden, bei einer Konzentration von ca. 1 Volumprozent sehr schnell

tötet und also, wenn sie auch gegen sporenhaltige Substanzen sich ganz unwirksam erwiesen hatte, doch in geeigneten Fällen als Desinfektionsmittel möglicherweise zu verwenden sein könnte. Aber es war vorerst noch festzustellen, ob sich die schweflige Säure in der Desinfektionspraxis gegebenen Verhältnissen gewachsen zeigt, und auf diese Aufgabe sollten sich die nächsten Versuche beziehen.

Die schweflige Säure wurde in einem Zimmer entwickelt.

1 Stunde nach dem Anzünden des Schwefels	ergab die Analyse	2,89,
24 Stunden „ „ „ „ „ „ „ „		0,02,
48 „ „ „ „ „ „ „ „		0,01

Volumprozent schweflige Säure.

Auf Stühlen dicht neben den Absorptionsapparaten waren folgende Desinfektionsobjekte ausgelegt: Stückchen von Kartoffeln mit angetrockneten Kulturen von *Micrococcus prodigiosus*, von Bakterien aus blauem Wundeiter und von Rosahefe. Die Bakterien-schicht auf diesen Kartoffelstückchen bildete eine Kruste von 0,1 bis 0,5 mm Dicke. Sie wurden absichtlich mit der Kulturschicht nach unten, jedoch so, daß zwischen dieser und dem darunter befindlichen Boden eine Luftschicht blieb, gelegt. Die zu tötenden Bakterien befanden sich also nicht wie früher unmittelbar den Dämpfen der schwefligen Säure ausgesetzt, sondern gewissermaßen in einer Spalte, aber doch der schwefligen Säure vollständig zugänglich. Es sollten durch diese Versuchsanordnung die in der Desinfektionspraxis so häufig zu berücksichtigenden Verhältnisse, daß sich nämlich in Ritzen und Winkeln von zu desinfizierenden Räumen Infektionskeime festgesetzt haben, bis zu einem gewissen Grade nachgeahmt werden.

Ebenfalls mit Rücksicht auf die Desinfektionspraxis kamen noch zwei Pakete, die sporenfreie Bakterien enthielten, bei diesem Versuch zur Verwendung. Das eine bestand aus Watte, die mit Filtrierpapier umhüllt und mit einem Faden umschnürt war; dasselbe war 5 cm dick, 11 cm breit und 16 cm lang. Ein zweites enthielt Werg, welches mäßig fest zusammengedrückt und durch umgelegten Bindfaden zusammengehalten wurde. Dieser kleine Ballen hatte eine Dicke von 21 cm, Breite von 32 cm und Länge von 34 cm. In der Mitte eines jeden dieser beiden Pakete oder Ballen befanden sich eben solche Proben von *Micrococcus prodigiosus*, von Bakterien des blauen Eiters und von Rosahefe, wie sie frei im Zimmer ausgelegt waren. Mit diesen Proben zugleich wurden noch Streifen von blauem Lackmuspapier, und zwar jede Desinfektionsprobe für sich und ebenso auch das Lackmuspapier noch wieder besonders eingewickelt und verpackt.

Außer diesen nicht sporenhaltigen, leicht zu vernichtenden Bakterien wurden noch des Vergleichs wegen verschiedene Proben von Milzbrandsporen, Heubazillensporen und sporenhaltige Erde in dem Desinfektionsraume aufgestellt.

Erst nach zwei Tagen wurde das Desinfektionszimmer geöffnet, die Proben herausgenommen und auf geeigneten Nährsubstanzen (gekochte Kartoffelscheiben, Nährgelatine) auf die Lebensfähigkeit der in ihnen enthaltenen Bakterien geprüft.

Wie nicht anders zu erwarten war, hatten die sämtlichen sporenhaltigen Desinfektionsproben auch nicht im mindesten an ihrer Entwicklungsfähigkeit verloren.

Daß es übrigens während dieses Versuches nicht an Luftfeuchtigkeit gefehlt hatte, ging daraus hervor, daß die Uhrgläser, auf denen diese Proben gelegen hatten, mit einer zu kleinen Tröpfchen zusammenfließenden stark sauren Flüssigkeitsschicht beschlagen waren.

In den beiden Paketen fand sich das Lackmuspapier gerötet, aber die Desinfektionsproben, also selbst sporenfreie, hatten ebenfalls ihre volle Entwicklungsfähigkeit bewahrt.

Auffallenderweise zeigten sich auch die frei ausgelegten Proben von *Micrococcus prodigiosus*, Bakterien des blauen Eiters und Rosahefe durch die schweflige Säure nicht

in bemerkbarem Maße beeinträchtigt, da sie sämtlich auf gekochten Kartoffeln sehr kräftige und ausgedehnte Kulturen hervorriefen.

Fünfter Versuch: Nach diesem Resultat mußte die Anforderung an die desinfizierende Wirkung der schwefligen Säure noch weiter herabgesetzt werden. Der Versuch wurde in demselben Zimmer und unter denselben Verhältnissen wie der vorige ausgeführt. Auch die schweflige Säure wurde annähernd in derselben Menge entwickelt.

Nach $\frac{1}{2}$ Stunde wurden 3,12 Volumprozent,
 „ 2 Stunden „ 1,25 „
 „ 22 „ „ 0,015 „

gefunden.

Auf Uhrgläsern waren getrocknete Kulturen von *Micrococcus prodigiosus* und von Bakterien des blauen Eiters teils mit der Bakterien-schicht nach oben, teils mit derselben nach unten aufgestellt.

Die Proben blieben 50 Stunden in dem Desinfektionszimmer.

Alsdann wurden sie auf gekochte Kartoffeln gelegt. Sie zeigten sich sämtlich entwicklungsfähig und ein wesentlicher Unterschied zwischen den mit der Bakterien-schicht nach oben und den nach unten gerichteten war nicht zu erkennen.

Sechster Versuch: Weil die schweflige Säure in dem Desinfektionszimmer so außerordentlich schnell in ihrer Konzentration zu sehr geringen Werten herabging, wurde ein dem vorigen ähnlicher Versuch noch einmal in dem fast luftdicht schließenden Desinfektionskasten angestellt, um zu erfahren, ob nicht geringe Quantitäten schwefliger Säure, wenn sie längere Zeit gleichmäßig zur Wirkung gelangen, doch imstande sind, getrocknete, sporenfreie Bakterien-schichten abzutöten.

Bei Beginn des Versuches befanden sich im Kasten 0,120 Volumprozent,
 nach 24 Stunden 0,119 „
 „ 48 „ „ 0,100 „

schwefliger Säure.

Die zur Verwendung gekommenen Desinfektionsproben und das Resultat ist aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen.

Desinfektionsobjekte	Dauer des Aufenthaltes im Desinfektionskasten			
	4 Stunden	20 Stunden	28 Stunden	48 Stunden
<i>Micrococcus prodigiosus</i> , Schicht nach unten	entwicklungsfähig	entwicklungsfähig	entwicklungsfähig	entwicklungsfähig
<i>Micrococcus prodigiosus</i> , Schicht nach oben	desgl.	etwas schwächer	etwas schwächer	viel schwächer
Bakterien des blauen Eiters, Schicht nach unten	desgl.	entwicklungsfähig	entwicklungsfähig	entwicklungsfähig
Bakterien des blauen Eiters, Schicht nach oben	desgl.	etwas schwächer	etwas schwächer	viel schwächer

Die Menge der schwefligen Säure war absichtlich in diesem Versuche niedrig bemessen gewesen, weil es praktisch ganz unausführbar sein würde, höhere Volumprocente in Räumen, die nicht luftdicht abgeschlossen sind, dauernd zu erhalten, während durch mehrfach wiederholtes Anzünden von Schwefel eine der diesmal zur Anwendung gekommenen Menge schwefliger Säure annähernd gleiche Quantität ein bis zwei Tage lang

vermutlich zu erhalten sein würde. Nach 48 Stunden hatte die schweflige Säure unter den angegebenen Verhältnissen eine ziemlich erhebliche Wirkung auf die mit der Bakterien-schicht nach oben gelegenen Desinfektionsproben ausgeübt. Aber auch nur auf diese; die nach unten gerichteten Bakterien-schichten hatten von der schwefligen Säure nicht gelitten.

Siebenter Versuch: Die schweflige Säure hatte sich, wie die letzten Versuche zeigen, sobald die sonst am leichtesten zu vernichtenden Bakterien in etwas dickeren Schichten und besonders wenn sie mit nach unten gerichteter Schicht der Einwirkung des Desinfektionsmittels ausgesetzt wurden, auch diesen geringsten an ein in der Praxis verwendbares Desinfektionsmittel zu stellenden Anforderungen nicht mehr gewachsen gezeigt. Aber es ließ sich nun gegen die bisherigen Versuche einwenden, daß die schweflige Säure wegen Mangel an Feuchtigkeit so geringe Wirkungen geäußert habe. Indessen ist früher schon gelegentlich erwähnt, daß die Luft bei den im Desinfektionszimmer ange-stellten Versuchen mit Wasserdämpfen gesättigt war und sich letztere auf den Uhrgläsern, in denen die Desinfektionsproben lagen, niedergeschlagen hatten. Immerhin war es interessant, zu erfahren, ob nicht ein extremer Wassergehalt im Desinfektionsraume wesentlich stärkere Wirkungen der schwefligen Säure bewerkstelligen würde. Es wurde deswegen in dem Desinfektionskasten schweflige Säure entwickelt und gleichzeitig Wasser-dampf hineingeleitet. Vorher waren die in der nachstehenden Tabelle verzeichneten Desinfektionsproben hineingelegt.

Bei Beginn des Versuches waren	0,84
nach 24 Stunden	0,55
nach 48 Stunden	0,302

Volumprozent schwefliger Säure in der Luft des Kastens. Der Wassergehalt war so bedeutend, daß schon nach einer Stunde sämtliche Desinfektionsproben stark feucht und aufgeweicht waren. Nach 24 Stunden hatten sich an der Decke des Kastens viele Wasser-tropfen gebildet, die auf die Proben herabfielen, so daß dieselben schließlich tatsächlich im Wasser lagen.

(Wenn die Entwicklungsfähigkeit der Bakterien oder Sporen erhalten blieb, dann ist dies in der Tabelle mit +, das Gegenteil mit — bezeichnet.)

Desinfektionsobjekte	Dauer des Aufenthaltes im Desinfektionskasten					Bemerkungen
	1	2	4	24	48	
	Stunden					
Frisch aus der Milz entnommene Milzbrandbazillen (noch feucht) an Seidenfäden	—	—	—	—	—	
<i>Micrococcus prodigiosus</i> , Schicht nach oben	+	+	+ sehr geringe Entwicklung	—	—	
<i>Micrococcus prodigiosus</i> , Schicht nach unten	+	+	+	—	—	
Bakterien des blauen Eiters, Schicht nach oben	+	+ geringe Entwicklung	—	—	—	

Desinfektionsobjekte	Dauer des Aufenthaltes im Desinfektionskasten					Bemerkungen
	1	2	4	24	48	
	Stunden					
Bakterien des blauen Eiters, Schicht nach unten	+	+	+	-	-	
Milzbrandsporen an Seidenfäden angetrocknet	+	+	+	+	+	
Getrocknetes sporenhaltiges Milzbrandblut	+	+	+	+	+	Das Blut ist nach einstündiger Einwirkung gequollen, koaguliert und löst sich auf der Nährgelatine nicht mehr auf
Sporenhaltige Erde	+	+	+	+	+	

Die Kombination der schwefligen Säure mit Wasserdämpfen hat im wesentlichen dasselbe Resultat gegeben, wie es die schweflige Säure allein oder unter dem Einfluß des gewöhnlichen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in den früheren Versuchen ebenfalls getan hat. Die an Fäden in sehr dünner Schicht ausgebreiteten Milzbrandbazillen waren nach einer Stunde getötet; ohne Zuleitung von Wasserdampf wäre das, wie der erste und zweite Versuch lehren, ebenso der Fall gewesen. In dickerer Schicht befindliche sporenfreie Bakterien waren selbst nach 4 Stunden, trotzdem sie sich einem vollkommen aufgeweichten Zustande befanden, noch nicht vollständig vernichtet. An sporenhaltigen Substanzen hatte sich gar keine Wirkung bemerkbar gemacht.

Die bis hierher geschilderten Versuche lassen nicht den geringsten Zweifel darüber, daß die schwefelige Säure, wenn sie auf trockne Objekte, oder wenn sie gleichzeitig mit Wasser oder Wasserdampf auf dieselben einwirkt, einen eigentlichen Desinfektionswert nicht beanspruchen kann. Der folgende Versuch wurde deswegen auch nur aus theoretischem Interesse angestellt, um zu erfahren, bei welcher Konzentration die vom Wasser absorbierte schweflige Säure überhaupt imstande ist, Bazillensporen, also die widerstandsfähigsten Keime, zu vernichten.

Achter Versuch: Schweflige Säure wurde in Wasser bis zur vollständigen Sättigung geleitet, dann durch teilweise Verdünnung desselben folgende Konzentrationen hergestellt und in mit gefetteten Glasstöpseln gut verschlossene Gefäße gefüllt.

Das erste Gefäß	enthielt	11,436	Gewichtsprozent	(4000	Volumprozent),
„ zweite „	„	5,718	„	(2000	„),
„ dritte „	„	2,859	„	(1000	„),
„ vierte „	„	0,286	„	(100	„).

In jedes dieser Gefäße wurde eine Anzahl mit Milzbrandsporen versehener Seidenfäden gelegt, täglich einer derselben herausgenommen und auf die Entwicklungsfähigkeit der Sporen geprüft.

In nachstehender Tabelle ist das Resultat dieses Versuches verzeichnet.

Konzentration der schwefligen Säure	Aufenthalt der Milzbrandsporen in der schwefligen Säure nach Tagen				
	1	2	3	4	5
I. 11,436 Gewichtsprozent	+	—	—	—	—
	Etwas verspätet aber kräftig entwickelt				
II. 5,718 Gewichtsprozent	+	+	+	+	—
	Etwas verspätet gewachsen	Etwas verspätet gewachsen	Mit Lücken gewachsen	Vereinzelte Fäden zur Entwicklung gekommen	
III. 2,859 Gewichtsprozent	+	+	+	+	+
			Etwas verspätet gewachsen	Etwas verspätet gewachsen	Etwas verspätet gewachsen
IV. 0,286 Gewichtsprozent	+	+	+	+	+

In der schwächsten der zur Anwendung gekommenen Konzentrationen, die auf Volumprozent berechnet immer noch 100 Volumprozenten entsprechen würde, hatte die schweflige Säure innerhalb fünf Tagen gar keinen Einfluß auf die Milzbrandsporen ausgeübt; sie entwickelten sich in allen Proben ebenso schnell und ebenso kräftig wie in den Kontrollpräparaten. Die beiden nächsten um das 10 fache und 20 fache stärkeren Konzentrationen lassen schon eine Wirkung erkennen. Aber auch die höchste erreichbare Konzentration der schwefligen Säure konnte nach 24 stündiger Einwirkung nur eine geringe Verzögerung im Wachstum der Milzbrandsporen herbeiführen. Wie üppig und massenhaft die Scheinfäden der Milzbrandbazillen aus den Sporen, welche 24 Stunden in der konzentriertesten Lösung von schwefliger Säure gelegen hatten, zur Entwicklung kamen, zeigt die Photographie Nr. 31, Tab. XI, welche nach diesem Präparat angefertigt wurde.

Es blieb noch eine Frage zur Beantwortung übrig, ob nicht etwa, wenn sich der gleichzeitige mit der schwefligen Säure zur Geltung kommende Einfluß der Feuchtigkeit auch als nutzlos erwiesen hatte, doch eine der Anwendung der schwefligen Säure einige Zeit vorhergehende Befeuchtung der Objekte der Wirkung dieses Mittels zu Hilfe kommen könne.

Neunter Versuch: Das Innere des Desinfektionskastens wurde durch Entwicklung von Wasserdämpfen und Einlegen von feuchtem Fließpapier in den letzten 24 Stunden vor dem Verbrennen des Schwefels feucht gehalten. Ebenso befanden sich die Desinfektionsproben (Milzbrandsporen und sporenhaltige Erde) 24 Stunden lang unter einer gut schließenden Glasglocke, deren Innenwände mit feuchtem Fließpapier ausgekleidet waren. Aus diesem feuchten Raum wurden sie unmittelbar in den Desinfektionskasten gebracht und dann in diesem 26,0 g Schwefel unter Zusatz von Alkohol verbrannt. Eine zweite Probe von Erde und Milzbrandsporen hatte 24 Stunden lang in destilliertem Wasser gelegen, ehe sie in den Desinfektionskasten gebracht wurde.

Bald nach dem Verbrennen des Schwefels wurde der Gehalt an schwefliger Säure im Kasten gleich 4,66 Volumprozent gefunden.

Nach 6 Stunden betrug derselbe 3,16, nach 24 Stunden beim Abschluß des Versuches 3,28 Volumprozent.

Nach dem 24 stündigen Aufenthalt im Kasten kamen beide Proben von Milzbrandsporen, sowohl diejenige, welche vorher nur im feuchten Raum gewesen, als auch diejenige, welche im Wasser gelegen hatte, nicht mehr zur Entwicklung. Von den Erdproben gab die im Wasser gewesene eine ungehinderte, die aus dem feuchten Raum eine

um ungefähr 24 Stunden verspätete und nicht so reichliche Entwicklung von Bazillenkolonien wie das Kontrollpräparat.

Dieser Versuch hatte also ein gegen alle früheren Desinfektionsversuche mit schwefliger Säure erheblich besseres, wenn auch immer noch kein ausreichendes Resultat geliefert, und es wurde deswegen ein zweites gleiches Experiment angestellt, um die Steigerung in der Wirksamkeit der schwefligen Säure durch vorhergehende Befeuchtung der Objekte ganz sicher zu stellen.

Zehnter Versuch: Die Versuchsverhältnisse waren die nämlichen wie im vorhergehenden, nur wurden des Vergleichs halber diesmal auch trockene Objekte, wie sie zu den früheren Versuchen benutzt waren, gleichzeitig mit den angefeuchteten in den Kasten gelegt.

Kurze Zeit nach dem Verbrennen des Schwefels wurden im Kasten 5,44 Volumprozent gefunden.

Drei Stunden später noch 5,3 Volumprozent.

Die Menge der schwefligen Säure war in diesem Versuch also fast dieselbe wie im vorigen.

Die Objekte blieben ebenfalls 24 Stunden im Kasten.

Das Resultat war folgendes: Milzbrandsporen, welche 24 Stunden vor dem Einbringen in den Desinfektionskasten im feuchten Raum sich befunden und im Kasten auf einer Unterlage von feuchtem Fließpapier gelegen hatten, kamen zur Entwicklung.

Milzbrandsporen, welche in einem Uhrglase mit Wasser lagen und in diesem Versuche nicht wie im vorigen aus dem Wasser herausgenommen, sondern während der Desinfektion in diesem verblieben waren, wuchsen nicht mehr.

Trocken eingelegte Milzbrandsporen zeigten ebenso wie in allen früheren Versuchen keine Veränderung in ihrer Entwicklungsfähigkeit.

Aus den Erdproben kamen, gleichviel, ob sie vorher feucht gehalten waren, im Wasser gelegen hatten, oder trocken der schwefligen Säure ausgesetzt wurden, die Bazillensporen zur Entwicklung, ohne daß eine bemerkbare Behinderung derselben sich gezeigt hätte.

Das Ergebnis dieses Versuches war, obwohl bei demselben eine möglichst gleiche Anordnung der Verhältnisse wie im vorigen Versuch angestrebt war, weniger günstig, und es läßt sich aus demselben deswegen schon schließen, daß, wenn auch eine Steigerung der sporentötenden Wirkung der schwefligen Säure durch vorhergehendes Behandeln der Objekte mit Feuchtigkeit erreicht werden kann, dieselbe doch selbst unter den überaus günstigen Verhältnissen im Desinfektionskasten unsicher blieb und entfernt nicht so weit getrieben werden konnte, daß alle Bazillensporen vernichtet worden wären.

Wie man sich diesen merkwürdigen Unterschied in der Wirkung der schwefligen Säure auf Sporen, je nachdem sie auf längere Zeit vorher angefeuchtete Objekte oder erst zu gleicher Zeit mit Feuchtigkeit auf bis dahin trockene Objekte angewendet wird, erklären soll, das läßt sich schwer sagen. Die am nächsten liegende Erklärung scheint mir noch folgende zu sein. Die Bazillensporen besitzen vermutlich eine die eigentliche Sporenmembran noch äußerlich einschließende Schleimhülle, welche nur in Wasser und in bestimmten Salzlösungen quellbar ist. In Wasser, welches schweflige Säure gelöst enthält, kommt diese Hülle, möglicherweise wegen des Säuregehaltes der Lösung, ebenfalls nicht zur Quellung; sie bleibt wasserfrei und die Spore verhält sich gegen den Einfluß der schwefligen Säure gerade so wie im trockenen Zustande. Anders wird es sich verhalten, wenn die Schleimhülle vor der Berührung mit schwefliger Säure zum Quellen gebracht wird, wie es bei dem Aufenthalt der Sporen in Wasser oder im feuchten Raum geschieht.

In diesem Falle kann die schweflige Säure die mit Wasser durchtränkte Schleimhülle durchdringen und auf die Sporen selbst zur Wirkung kommen.

Obgleich die beiden im Desinfektionskasten ausgeführten Versuche auch nur eine unzureichende Wirkung der schwefligen Säure ergeben hatten, so schien es doch geboten, noch einen Desinfektionsversuch in einem den praktischen Verhältnissen entsprechenden Raum vorzunehmen, um zu sehen, inwieweit sich die der Schwefelung vorhergehende Befeuchtung für die Desinfektionspraxis nützlich erweisen würde.

Elfter Versuch: In einem Zimmer wurde in den letzten 24 Stunden vor Beginn des Versuches einige Male viel Wasser verdampft, so daß alle Gegenstände in demselben stark befeuchtet waren. Zuvor waren eine Anzahl Desinfektionsproben, welche wieder aus Milzbrandsporen und sporenhaltiger Gartenerde bestanden, in dem Räume so verteilt, daß sie teilweise in der Mitte desselben, zum Teil in einer Ecke, ferner am Boden und einige Proben mehr oder weniger tief in einer zwischen den Dielen befindlichen Spalte ($\frac{1}{4}$ bis 1 cm tief) sich befanden. Zu gleicher Zeit waren noch eben solche Proben in einen Kellerraum durch 24 Stunden gelegt, in welchem noch mehr Wasserdämpfe als in dem Zimmer entwickelt waren, so daß das Wasser an den Wänden herabfloß. In dem feuchten Keller hatten diese Proben teils frei auf Uhrgläsern gelegen, teils waren sie in den Taschen und an der Oberfläche eines Überziehers verteilt. Unmittelbar vor dem Anzünden des Schwefels im Desinfektionszimmer waren die Proben aus dem Keller in ersteres gebracht. Verbrannt wurden 3960 g Schwefel, was auf den Kubikinhalte des Zimmers berechnet 10,56 Volumprozent schwefliger Säure hätte geben müssen. Ungefähr eine Stunde nach dem Anzünden des Schwefels wurden indessen nur noch 4,05 Volumprozent und 3 Stunden 20 Minuten nach demselben 1,8 Volumprozent schwefliger Säure nachgewiesen. Nach Ablauf von 24 Stunden wurde das Zimmer geöffnet und die Probeobjekte in bezug auf die Entwicklungsfähigkeit der in ihnen enthaltenen Sporen geprüft. Das hierbei erhaltene Resultat war kurz zusammengefaßt folgendes:

Sämtliche Proben sporenhaltiger Erde, mochten sie im Keller oder im Desinfektionszimmer feucht gehalten sein und mochten sie frei inmitten des Zimmers, am Boden, in der Ecke, in einer Spalte oder in dem Überzieher sich während des Desinfektionsversuches befunden haben, sie alle waren von der schwefligen Säure nicht in merklicher Weise beschädigt und es entwickelten sich aus denselben ganz ebenso schnell und zahlreich die bekannten Bazillenkolonien wie aus der nicht mit schwefliger Säure behandelten Erde. Auch die Milzbrandsporen kamen sämtlich zur Entwicklung, nur eine Probe, welche 24 Stunden vor dem Versuch und während des Versuches in destilliertem Wasser sich befunden hatte, wuchs später als die anderen. Der letzte Versuch zeigt also, daß für praktische Verhältnisse der Vorteil, welchen die der Schwefelung vorhergehende Anfeuchtung der Desinfektionsobjekte zu gewähren vermag, verschwindend klein ist.

Unter allen Versuchen der gesamten Reihe befindet sich auch nicht ein einziger, in welchem selbst unter den für die schweflige Säure günstigsten Bedingungen, wie sie in der Praxis überhaupt sich nicht herstellen lassen, alle Keime organischen Lebens vernichtet gewesen wären. Die Bedingungen, welche eine zuverlässige Desinfektion erfüllen muß, hatten sich mit der schwefligen Säure demnach nicht erreichen lassen und man kann dieselbe nur als ein sehr unsicher wirkendes Desinfektionsmittel bezeichnen.

Da man bislang der schwefligen Säure ein großes Vertrauen schenkte, so hatte man nicht minder die Überzeugung, daß eine Lösung von doppelschwefligsaurem Kalk, welche beständig große Mengen schweflige Säure abgibt, sich als Desinfektionsmittel bewähren müsse.

Deswegen mag anhangsweise hier noch ein Versuch mit einer konzentrierten Lösung von doppeltschwefligsaurem Kalk erwähnt werden.

Zwei durch Kork gut verschlossene Reagenzgläser wurden jedes mit ungefähr 20 ccm der Lösung von doppeltschwefligsaurem Kalk, die über 90 g schwefliger Säure im Liter enthielt, gefüllt und in das eine Seidenfäden mit angetrockneten Milzbrandsporen und zwar in die Flüssigkeit selbst hineingelegt, während in das andere sporenhaltige Erde kam, welche in Filtrierpapier eingewickelt und dicht oberhalb des Niveaus der Flüssigkeit festgeklemmt war, so daß sie nur den Dämpfen der schwefligen Säure ausgesetzt blieb. Täglich wurde eine Probe aus jedem Glase genommen und untersucht. Die Milzbrandsporen sowohl als die Bazillensporen der Erde hielten sich bis zu fünf Tagen ganz gleichmäßig entwicklungsfähig, von da an nahm die Zahl der zur Entwicklung kommenden Sporen ab, aber erst vom 15. Tage an waren alle entwicklungsfähigen Keime getötet.

Auch an solchen Proben von Milzbrandsporen, welche, bevor sie in die Lösung des Desinfektionsmittels gelegt wurden, 24 Stunden sich in einem feuchten Raume befunden hatten, erwies sich der doppeltschweflige Kalk nicht merklich wirksamer als gegen trockene Sporen.

Der doppeltschweflige Kalk kann demnach ebensowenig wie die schweflige Säure als ein zuverlässiges Desinfektionsmittel gelten.

Chlorzink. Das Chlorzink ist in der neuesten Zeit vielfach als eins der wirksamsten Desinfektionsmittel empfohlen. Man schätzt den Desinfektionswert desselben so hoch, daß es selbst noch in einer Verdünnung von $1^0/_{00}$ ganz zuverlässige Wirkung haben soll. Es lag deswegen nahe, auch dieses Mittel an ausschlaggebenden Desinfektionsproben auf seinen wirklichen Wert zu prüfen.

Zunächst wurden Versuche mit einer $1^0/_{00}$ starken Chlorzinklösung vorgenommen. In verdeckten Glasschalen, die ungefähr 30 ccm der Lösung enthielten, wurden kleine Stückchen von Kartoffeln mit angetrocknetem *Micrococcus prodigiosus* sowie verschiedene sporenhaltige Objekte gelegt. Über das Resultat kann ich mich kurz fassen. Nachdem die Proben in der Chlorzinklösung zwei Tage gelegen hatten, war noch nicht die geringste Abnahme in der Entwicklungsfähigkeit zu bemerken. Selbst der *Micrococcus prodigiosus* war von dem Desinfektionsmittel nicht beeinträchtigt; die Borken desselben waren vollständig aufgeweicht, zerflossen und bildeten einen rötlichen Bodensatz am Grunde der Flüssigkeit. Einige Tröpfchen von dieser rot gefärbten Flüssigkeit erzeugten binnen zwei Tagen schöne und kräftige Kulturen auf Kartoffeln.

Als sich hieraus ergab, daß einer $1^0/_{00}$ starken Lösung so gut wie gar keine desinfizierende Eigenschaft beiwohnte, wurde derselbe Versuch mit einer Lösung von 1% Chlorzinkgehalt wiederholt. Das Resultat unterschied sich nur wenig von dem mit der $1^0/_{00}$ starken Lösung erhaltenen. *Micrococcus prodigiosus* behielt bis zu 16 Stunden langem Verweilen in der Desinfektionsflüssigkeit seine volle Entwicklungsfähigkeit; von da ab wurden die mit den Desinfektionsproben erzielten Kulturen etwas schwächer als die Kontrollpräparate. Aber selbst innerhalb 48 Stunden vermochte die Chlorzinklösung den *Micrococcus prodigiosus* noch nicht vollständig zu töten. Die sporenhaltigen Substanzen (Milzbrandsporen, Heubazillensporen) wuchsen nach 48 stündiger Behandlung mit der Chlorzinklösung ebenso kräftig, als wenn sie mit keinem Desinfektionsmittel in Berührung gekommen wären.

In einem weiteren Versuche wurden deswegen noch stärkere Lösungen von Chlorzink genommen und in diese Milzbrandsporen gebracht. In der nachstehenden Tabelle sind die in diesem Versuche erhaltenen Zahlen verzeichnet. Das Zeichen + bedeutet,

daß die an den betreffenden Tagen aus der Chlorzinklösung genommenen Milzbrandsporen in unbehinderter Entwicklungsfähigkeit gefunden wurden.

Desinfektionsflüssigkeit	Dauer des Aufenthaltes in der Chlorzinklösung nach Tagen					
	1	3	5	10	20	30
Chlorzink 5 %	+	+	+	+	+	+
Chlorzink 2 %	+	+	+	+	+	+

Das Resultat dieses Versuches ist also, daß eine 5% Chlorzinklösung Milzbrandsporen, welche einen Monat lang in derselben gelegen haben, in ihrer Entwicklungsfähigkeit nicht beeinträchtigt hat.

Auch mit diesem Desinfektionsmittel wurde ein Versuch angestellt, ob nicht ebenso, wie es sich für die schweflige Säure herausgestellt hatte, ein vorgängiges Befeuchten der als Desinfektionsproben dienenden Sporen die Wirkung erhöhen würde. Doch ließ sich nicht der geringste Unterschied in der Entwicklungsfähigkeit der Sporen wahrnehmen, ob sie nun feucht oder trocken in die Chlorzinklösungen gebracht wurden.

Nach diesen Ergebnissen muß es rätselhaft erscheinen, wie das Chlorzink eigentlich in den Ruf eines Desinfektionsmittels gekommen ist. Es blieb nur noch übrig, an eine besonders kräftige entwicklungshemmende Wirkung des Chlorzinks zu denken, welche möglicherweise seine Empfehlung zur Desinfektion veranlaßt hatte. Also wurde auch nach dieser Richtung hin ein Versuch angestellt.

Zu 10 ccm Blutserum wurde soviel von einer Chlorzinklösung gesetzt, daß die Gesamtflüssigkeit einen Gehalt von 1⁰/₁₀₀ Chlorzink besaß; ein zweites Quantum Blutserum wurde auf 5⁰/₁₀₀ Chlorzinkgehalt gebracht. Alsdann wurden Seidenfäden mit Milzbrandsporen hineingelegt und mit Hilfe des Mikroskopes die etwa eintretende Entwicklung der Sporen beobachtet. Schon nach 24 Stunden waren in beiden Gefäßen die Sporen zu langen Fäden herangewachsen und ihre Vegetation stand nicht im mindesten hinter derjenigen des Kontrollversuches zurück.

Also auch von einer irgendwie erheblichen entwicklungshemmenden Wirkung des Chlorzinks kann keine Rede sein und es ist mir in der Tat unerklärlich, daß diesem Mittel ein bedeutender Desinfektionswert zugeschrieben werden konnte.

Die vorstehenden Untersuchungen haben ergeben, daß drei der hervorragendsten, bisher mit großem Vertrauen in Anwendung gezogenen Desinfektionsmittel den Anforderungen, welche die allgemein als maßgebend eingeführte Methode der Prüfung durch bakterienhaltige Objekte stellen muß, nicht genügen, sobald diese Prüfung nur nach den unseren jetzigen Kenntnissen von den Bakterien entsprechenden Prinzipien ausgeführt wird. Der Desinfektionswert der Karbolsäure hat sich als ein weit beschränkterer herausgestellt, als bisher durchweg angenommen wird; die in der Desinfektionspraxis so vielfach angewendete schweflige Säure hat sich als ein unzuverlässiges und das Chlorzink als ein zur Desinfektion ganz wertloses Mittel erwiesen. Nach diesen Erfahrungen erschien es als ein dringendes Bedürfnis, vermittels eines ausreichenden, leicht zu handhabenden und absolut sichere Beurteilung zulassenden Prüfungsobjektes eine größere Reihe von Substanzen, die entweder schon als Desinfektionsmittel empfohlen sind oder bei denen desinfizierende Eigenschaften zu vermuten waren, auf ihren Desinfektionswert zu untersuchen. Als ein hierzu ganz vortrefflich geeignetes Prüfungsobjekt bieten sich die schon mehrfach erwähnten, an Seidenfäden getrockneten Milzbrandsporen. Ein Mittel, welches

die Entwicklungsfähigkeit dieser Sporen in kurzer Zeit vernichtet, besitzt nach allen bis jetzt vorliegenden Erfahrungen auch die Fähigkeit, in annähernd derselben Zeit und Konzentration alle übrigen Keime von Mikroorganismen zu töten. Andererseits verdient ein Mittel, welches so exquisite Infektionskeime, wie die Milzbrandsporen sind, nicht zu bewältigen vermag, auch nicht als ein zuverlässiges Desinfektionsmittel angesehen zu werden. Außerdem besitzen die Milzbrandsporen als Prüfungsobjekt noch den großen Vorteil, daß die Beurteilung ihrer Entwicklungsfähigkeit ohne zeitraubende Verfahren und mit einer solchen Sicherheit auszuführen ist, daß Irrtümer sich ganz unmöglich einschleichen können.

Die nachstehenden Untersuchungen sind daher mit Milzbrandsporen angestellt und zwar in derselben Weise, wie es bei den Versuchen mit Karbolsäure und Milzbrandsporen geschildert wurde. Ehe ich die Ergebnisse derselben in tabellarischer Zusammenstellung gebe, muß ich nochmals hervorheben, daß es vorläufig nur auf eine allgemeine Orientierung ankam. Man wird deswegen manche Lücke in der Reihe der zur Untersuchung gekommenen Mittel finden. Einzelne Zahlen, z. B. diejenigen der Salizylsäure, des Thymol u. a., müssen noch anderweitig durch Prüfung mit wäßrigen Lösungen ergänzt werden; denn die Versuche mit diesen Mitteln wurden, um nicht zu geringe Konzentrationen zu haben, mit alkoholischen Lösungen angestellt, und erst im weiteren Laufe der Untersuchung stellte sich mit aller Evidenz die merkwürdige Tatsache heraus, daß die alkoholischen ebenso wie die öligen Lösungen von Mitteln, welche in wäßriger Lösung mehr oder weniger wirksam sind, einen bedeutend geringeren (Jod) oder meistens gar keinen Effekt (Salizylsäure usw.) besitzen. Ich glaubte trotzdem diese in alkoholischer Lösung benutzten Mittel mit aufzuführen zu sollen, um weitere Belege für diese unerwartete und doch ganz gesetzmäßig sich wiederholende Erscheinung zu geben.

Die reinen flüssigen Mittel sind in der ersten Gruppe zusammengestellt, wobei dem Alkohol die Mischungen desselben mit Wasser angereiht sind.

In der zweiten Gruppe finden sich alle in Wasser gelösten Mittel.

In der dritten die in Alkohol oder Äther gelösten.

Die Zahlen geben diejenigen Tage an, an welchen eine Probe der Milzbrandsporen aus der Flüssigkeit genommen und auf ihre Entwicklungsfähigkeit geprüft wurde. Wenn keine Entwicklung mehr eintrat, also die Desinfektion gelungen war, so ist das durch doppeltes Unterstreichen der Zahl angedeutet. Es läßt sich also beim Durchsehen der Tabelle sofort erkennen, ob und welche Wirkung von einem Mittel zu erwarten ist.

Flüssigkeit	Zeit des Aufenthaltes der Milzbrandsporen in den Flüssigkeiten (nach Tagen)										Bemerkungen	
	7	15	20	35	90							
Destilliertes Wasser	7	15	20	35	90							
Alkohol (absol.)	1	3	5	10	12	20	30	40	50	65	110	
Alkohol (1 Teil mit 1 Teil Wasser) .	1	3	20	30	40	50	65	110				
Alkohol (1 Teil mit 2 Teilen Wasser)	1	3	20	30	40	50	65	110				
Äther	1	5	8*	30								* Lückenhafte Vegetation
Azeton	2	5*										* Schwache Entwicklung, große Lücken
Glycerin	1	3	10	20	30	40	50	65	110			
Buttersäure	1	5										
Öl (Provencer-Öl)	5	30	90									
Schwefelkohlenstoff	1	5	10	20								
Chloroform	1	3	10	20	100							
Benzol	1	5	10	20								
Petroleumäther	1	5										
Terpentinöl	1*	5	10									* Vereinzelt aber kräftige Entwicklung

Flüssigkeit	Zeit des Aufenthaltes der Milzbrandsporen in den Flüssigkeiten (nach Tagen)				Bemerkungen
	1	5	10	25	
Chlorwasser (frisch bereitet)	<u>1</u>	<u>5</u>			
Brom (2% in Wasser)	<u>1</u>	<u>5</u>			
Jodwasser	<u>1</u>	<u>5</u>			
Salzsäure (2% in Wasser)	1	5	<u>10</u>		
Ammoniak	1	5	10		
Chlorammonium (5% in Wasser)	1	5	10	25	
Kochsalzlösung (konzentr.)	1	5	10	20	40
Chlorkalziumlösung (konzentr.)	1	5	20	40	
Chlorbarium (5% in Wasser)	5	10	45	100	
Eisenchlorid (5% in Wasser)	2*	<u>6</u>			* Verspätet, aber kräftig entwickelt
Bromkalium (5% in Wasser)	5	10	25		
Jodkalium (5% in Wasser)	5	10	25	80	
Sublimat (1% in Wasser)	<u>1</u>	<u>2</u>			
Arsenik (1‰ in Wasser)	1	6	<u>10</u>		
Kalkwasser	5	10	15*	20*	* Lückenhaft und verspätet gewachsen
Chlorkalk (5% in Wasser)	1*	2**	<u>5</u>		* Wachstum etwas verzögert, aber kräftig ** Lückenhafte Entwicklung
Schwefelsäure (1% in Wasser)	1	3	10*	20*	* Vereinzelte Fäden gewachsen
Zinkvitriol (5% in Wasser)	1	5*	10*		* Wachstum lückenhaft und wenig kräftig
Kupfervitriol (5% in Wasser)	1	5*	10*		* Wachstum lückenhaft und wenig kräftig
Schwefelsaures Eisenoxydul (5% in Wasser)	2	6			
Schwefelsaure Tonerde (5% in Wasser)	1	5	12		
Alaun (4% in Wasser)	1	5	12		
Chromsaures Kali (5% in Wasser)	1	2			
Doppelt chroms. Kali (5% in Wasser)	1	2			
Chromalaun (5% in Wasser)	1	2			
Chromsäure (1% in Wasser)	1	2			
Übermangansaures Kali (5% in Wasser)	<u>1</u>				
Übermangansaures Kali (1% in Wasser)	1	2			
Chlorsaures Kali (5% in Wasser)	2	6			
Osmiumsäure (1% in Wasser)	<u>1</u>				
Borsäure (5% in Wasser, nicht vollständig gelöst)	1	2	6*	10*	* Etwas verspätetes Wachstum, Fäden gekräuselt
Borax (5% in Wasser)	5	10	15		
Schwefelwasserstoffwasser	1	5*			* Wachstum lückenhaft und sehr wenig kräftig
Schwefelammonium	1	2	<u>5</u>		
Senföl mit Wasser	1	5	10*		* Schwaches Wachstum
Ameisensäure (spez. Gew. 1,120)	1	2	<u>4</u>	<u>10</u>	
Essigsäure (5% in Wasser)	1	5			
Essigsäures Kali (konzentr. Lösung)	1	5	10		
Essigsäures Blei (5% in Wasser)	1	5	12		
Kaliseife (2% in Wasser)	1	5	12		
Milchsäure (5% in Wasser)	1	2	5		
Tannin (5% in Wasser)	1	5	10		
Trimethylamin (5% in Wasser)	1	5	12		

Flüssigkeit	Zeit des Aufenthaltes der Milzbrandsporen in den Flüssigkeiten (nach Tagen)					Bemerkungen
	1	2	6	12	70	
Chlorpikrin (5% in Wasser)	1	2	<u>6</u>	<u>12</u>		
Benzoësäure (konzentr. Lösung in Wasser)	1	5	10	45	70	
Benzoësaures Natron (5% in Wasser) .	1	2	5	10		
Zimtsäure (2% in Wasser 60, Alkohol 40)	1	3	5	10		
Indol (im Überschuß in Wasser)	1	5	10	25	80	
Skatol (im Überschuß in Wasser)	1	5	10	25	80	
Leuzin (½% in Wasser)	1	5	10			
Chinin (2% in Wasser 40, Alkohol 60)	1*	5*				* Verspätetes geringes Wachstum
Chinin (1% in Wasser mit Salzsäure) .	1	5	<u>10</u>			
Jod (1% in Alkohol)	1*	2*				* Lückenhaft gewachsen
Valeriansäure (5% in Äther)	1	5				
Palmitinsäure (5% in Äther)	1	5				
Stearinsäure (5% in Äther)	1	5				
Oleinsäure (5% in Äther)	1	5				
Xylol (5% in Alkohol)	1	5	30	50	90	
Thymol (5% in Alkohol)	1	6	10	15		
Salizylsäure (5% in Alkohol)	1	6	10	15		
Salizylsäure (2% in Öl)	5	10	20	80		
<i>Oleum animale</i> (5% in Alkohol)	1	5	12			
<i>Oleum menth. piperit.</i> 5% in Alkohol .	1	5	12			

Der vorstehenden Tabelle habe ich einige Bemerkungen anzuschließen, welche auf die wichtigeren Ergebnisse der in derselben zusammengestellten Versuche hinweisen sollen.

Im destillierten Wasser hatten sich, weil das Gefäß öfters zur Entnahme von Proben geöffnet wurde, mit der Zeit Pilze und Algen angesiedelt. Die Seidenfäden, an denen die Milzbrandsporen hafteten, mußten aus einem dichten Gewirr von Pilzmyzelien befreit werden, ehe sie auf die Nährgelatine gelegt werden konnten. Das hatte jedoch ihrer Entwicklungsfähigkeit nicht den geringsten Abbruch getan, denn sie wuchsen, nachdem sie drei Monate lang in destilliertem Wasser gelegen hatten, noch ebenso kräftig wie zu Anfang. Diese Erscheinung beschränkt sich aber nicht allein auf das destillierte Wasser, auch im Wasser der Berliner Wasserleitung, welches in einem anderen Versuchsgefäß regelmäßig in Zwischenräumen von wenigen Tagen erneuert wurde, hielten sich in einem durch 10 Wochen lang fortgesetzten ähnlichen Versuch die Milzbrandsporen in unveränderter Entwicklungsfähigkeit. Auch eine Abschwächung der Infektionskraft war nicht eingetreten, denn es wurden am Ende von beiden Versuchen Mäuse mit den Milzbrandsporen geimpft, welche danach an Milzbrand starben. Nach der N a e g e l i schen Theorie sollen bekanntlich „Kontagienpilze“, welche ins Wasser gelangen, kaum einige Tage lebensfähig bleiben. Ich muß es N a e g e l i überlassen, den Widerspruch zwischen seiner Theorie und den von mir berichteten Tatsachen, von deren Richtigkeit sich jeder leicht durch das höchst einfache Experiment überzeugen kann, aufzuklären.

Vom Glycerin war es schon länger bekannt, daß es auf Bazillensporen keinen nachteiligen Einfluß ausübt. Auch vom Alkohol ist dasselbe vermutet, aber meines Wissens bisher noch nicht in einem über einen längeren Zeitraum sich erstreckenden Versuch nachgewiesen. In Glycerin sowohl als in Alkohol und in Verdünnungen des letzteren mit Wasser im Verhältnis von 1:1 und 1:2 haben die Milzbrandsporen fast 4 Monate lang gelegen und es war auch nicht der mindeste Unterschied in der Entwicklungsfähigkeit vor und nach dem Aufenthalt in diesen Flüssigkeiten wahrzunehmen. Dieses Resultat bestätigt also die schon mehrfach ausgesprochene Behauptung, daß die Behandlung mit

Alkohol oder Glycerin nicht zur Unterscheidung von geformten und ungeformten Fermenten in dem Sinne benutzt werden kann, daß erstere dadurch vernichtet werden sollten.

Schwefelkohlenstoff, Äther, Chloroform, Benzol, Petroleumäther, Terpentinöl wurden in der Hoffnung versucht, daß dieselben in irgendeiner Weise auf den Inhalt der Sporen, den man sich kaum anders als aus einer fettreichen und zugleich wasserarmen Substanz vorstellen kann¹⁾, einwirken würden. Bis auf Äther und Terpentinöl zeigten sich die genannten Flüssigkeiten ohne merkliche Einwirkung. Auffallend ist es, daß gerade Äther und Terpentinöl, beide Ozonträger, eine im Verhältnis zu anderen Substanzen nicht unerhebliche Wirkung auf die Milzbrandsporen äußerten, indem die im Äther liegenden Sporen nach acht Tagen, die im Terpentinöl befindlichen schon nach 24 Stunden nur noch teilweise zur Entwicklung kamen.

Die Wirkung des in diesem Versuch in unvermischter Form zur Verwendung gekommenen Terpentinöls erschien so erheblich, daß mit demselben deswegen noch einige Versuche angestellt wurden, um zu sehen, inwieweit sich dieses Mittel praktisch würde verwenden lassen.

In einer Versuchsreihe wurde sporenhaltige Erde bei ungefähr 17° C den Dämpfen von Terpentin in einem Gefäß, wie es bei dem gleichen mit Karbolsäure ausgeführten Experiment diente, ausgesetzt und nach 1, 2, 5, 12, 17, 40 und zuletzt nach 60 Tagen untersucht, ohne daß eine Abnahme in der Keimfähigkeit der Sporen gefunden wurde. In einem zweiten Experiment wurde Wasser mit einigen Tropfen Terpentinöl versetzt, Milzbrandsporen hineingelegt und öfters geschüttelt, weil möglicherweise der Einfluß des Terpentinöls auf feuchte Sporen ein erheblicherer sein konnte. Aber auch unter diesen Verhältnissen wurden die am 1., 5. und 10. Tage untersuchten Sporen entwicklungsfähig gefunden. Dennoch möchte ich die Hoffnung noch nicht aufgeben, daß sich das Terpentinöl in irgendeiner Form, vielleicht in Kombination mit trockener oder feuchter Hitze als Desinfektionsmittel verwerten lassen wird und ich beabsichtige gelegentlich die Versuche mit diesem Mittel wieder aufzunehmen.

Wenn ein Desinfektionsmittel praktisch verwendbar sein soll, dann muß es nicht allein eine sichere, sondern auch eine schnelle Wirkung besitzen. Wie lang oder vielmehr wie kurz die Zeitdauer zu bemessen ist, während welcher ein Mittel seine desinfizierende Wirkung äußern muß, läßt sich im allgemeinen nicht sagen. Es kommt oft vor, daß die Desinfektionsobjekte mit dem in flüssiger Form befindlichen Desinfektionsmittel nur flüchtig angefeuchtet, besprengt oder gewaschen werden können; in diesem Falle stehen dem Desinfektionsmittel nur wenige Minuten zur Verfügung, in denen es seine Wirkung tun muß. In anderen Fällen läßt es sich einrichten, daß die Desinfektionsdauer einige Stunden in Anspruch nehmen kann. Länger als 24 Stunden kann dieselbe jedoch kaum ausgedehnt werden, ohne daß die Prozedur immer schwerfälliger und für die Praxis im großen unausführbar wird. Für die Desinfektionspraxis im allgemeinen werden also zunächst nur solche Mittel zu berücksichtigen sein, die mindestens innerhalb 24 Stunden alle Keime organischen Lebens zu vernichten vermögen. Unter der langen Reihe der untersuchten Substanzen finden sich aber nur sehr wenige, die dieser Bedingung Genüge leisten. Außer Chlor, Brom und Jod haben nur noch Sublimat, Osmiumsäure und übermangansaures Kali die Milzbrandsporen schon innerhalb der ersten 24 Stunden getötet. Übermangansaures Kali äußerte diese Wirkung jedoch erst in einer 5% Lösung, bei einer Stärke von nur 1% ließ es die Sporen zwei Tage lang unbeschädigt. Da bei einer Desinfektion im großen eine 5% Lösung von übermangansaurem Kali nicht mehr verwendbar

¹⁾ Nencki und Schaffer (Journal f. prakt. Chemie, 1879, Nr. 19 und 20) fanden in einem Gemisch von Fäulnisbakterien, von welchem allerdings nicht gesagt ist, wie reich an Sporen es war, 7,89% Fett.

ist, so würde auch dieses Mittel aus den wenigen noch übriggebliebenen auszuscheiden sein. Ebenso wenig ist an eine Desinfektion mit Osmiumsäure zu denken und es bleiben demnach nur noch die aus Chlor, Brom und Jod bestehende Gruppe und Sublimat. Mit diesen Mitteln wurden noch weitere Versuche angestellt, auf die ich später zurückkommen werde.

Sehr auffallend ist es, daß eine Anzahl von Substanzen, die gewöhnlich als dem organischen Leben feindlich angesehen werden, sich den Milzbrandsporen verhältnismäßig wenig oder gar nicht schädlich erwiesen haben. Ich erwähne in dieser Hinsicht besonders die Salzsäure (2%), Schwefelsäure (1%) und die konzentrierten Lösungen von Chlornatrium, Chlorkalzium; ferner ist die geringe Wirkung fast sämtlicher Metallverbindungen, unter diesen namentlich diejenige der 5% Eisenchloridlösung, welche nach 2 Tagen die Milzbrandsporen noch nicht getötet hatte, bemerkenswert. Überraschend ist es auch, daß Borsäure, Borax, chlorsaures Kali, Benzoesäure, benzoesaures Natron, Zimtsäure und Chinin so wenig Einfluß auf die Milzbrandsporen äußern.

Die Versuche mit Indol und Skatol, welche beide Substanzen Herr Professor B a u m a n n mir in dankenswerter Bereitwilligkeit zur Verfügung gestellt hat, haben insofern ein Interesse, daß beide bekanntlich als Produkte des Bakterienstoffwechsels eine ganz bedeutende antiseptische Wirkung ausüben sollen. Bei dem geringen Löslichkeitsvermögen vom Indol und Skatol schien es mir, um eine möglichst hohe Einwirkung auf die Milzbrandsporen zu erzielen, das Zweckmäßigste zu sein, wenn die Flüssigkeit, in welcher sich letztere befanden, beständig einen geringen ungelösten Überschuß davon enthielt. Die Milzbrandsporen wurden, trotzdem schließlich die Seidenfäden, an denen sie hafteten, eine bräunliche Farbe von dem angesetzten Indol und Skatol angenommen hatten und, nachdem sie auf die Nährgelatine gelegt waren, noch lange Zeit den charakteristischen intensiven Geruch verbreiteten, auch nach 80 Tagen in ihrer Entwicklungsfähigkeit noch nicht geschwächt.

Eine zweite Reihe von Versuchen beschäftigte sich damit, in ähnlicher Weise, wie es in der vorhergehenden mit Bezug auf die Fähigkeit der Desinfektionsmittel, die Milzbrandsporen zu vernichten, geschehen ist, über ihre entwicklungshemmende Wirkung an Milzbrandbazillen eine orientierende Übersicht zu gewinnen.

Wie schon früher auseinandergesetzt wurde, haben die entwicklungshemmenden Eigenschaften eines Mittels für die Desinfektionspraxis einen weit geringeren Wert als die das Leben der Mikroorganismen völlig aufhebenden. Unter Umständen kann sogar, was auch schon von anderen Seiten mehrfach hervorgehoben ist, ein das Wachstum und die Entwicklung aus den Dauerformen behinderndes Mittel geradezu einen nachteiligen Effekt haben, indem es gewissermaßen das, was zerstört werden sollte, konserviert. Immerhin hat das Studium der genannten Eigenschaften für die Hygiene im allgemeinen ein großes Interesse, weil manche Fragen derselben, z. B. Konservierung von Nahrungsmitteln, damit in innigstem Zusammenhang stehen. Ich werde deswegen auch einige Ergebnisse der Versuche, welche zwar nicht unmittelbar mit der Desinfektion zu tun haben, aber übrigens von Interesse sind, kurz berühren.

Die Versuche sind in gleicher Weise ausgeführt, wie es bei der Karbolsäure ausführlich geschildert ist. Die dabei erhaltenen Werte können selbstverständlich nicht denselben Anspruch auf Sicherheit und Allgemeingültigkeit machen, wie die in der Tabelle über Tötung der Milzbrandsporen zusammengestellten. Denn einmal gelten die Resultate nur für Milzbrandbazillen und wir haben schon früher bei den Karbolsäureversuchen gesehen, daß die Milzbrandbazillen in ihrem Verhalten zu einem Desinfektionsmittel

von anderen Bakterien erheblich abweichen können. Zweitens macht es einen wesentlichen Unterschied aus, mit was für einer Nährflüssigkeit die Versuche angestellt werden. Ich habe durchweg als für die Milzbrandbazillen am besten geeignet Blutserum oder eine Fleischextrakt-Peptonlösung genommen. Die Zahlen, welche bei Anwendung dieser Nährflüssigkeiten erhalten wurden, können aber auch nur für dieselben allein oder höchstens noch ganz ähnlich zusammengesetzte Flüssigkeiten Geltung haben, weil ein anderer Gehalt an Eiweißkörpern, Nährsalzen usw. auf die Wirkung des Desinfektionsmittels vom größten Einfluß ist. Diese Verhältnisse sind bis jetzt von den Experimentatoren immer noch zu wenig oder gar nicht berücksichtigt und doch sind sie bei der Übertragung der experimentell gewonnenen Resultate auf die Praxis von der höchsten Bedeutung. Um dies klarzumachen, will ich als Beispiel nur ein Mittel herausgreifen, obgleich sich dasselbe Verhalten bei jedem einzelnen mehr oder weniger wiederfindet.

D a v a i n e und nach ihm verschiedene französische Forscher haben gefunden, daß Jod in äußerster Verdünnung Milzbrandbazillen tötet. Diese Tatsache hatte man in der Weise festgestellt, daß sehr stark mit Wasser verdünntem aber noch eben infektiös wirkendem Milzbrandblut Jodlösung zugesetzt und dann auf Tiere verimpft wurde. Die Tiere blieben gesund und es wurde mit Recht geschlossen, daß die Milzbrandbazillen durch die mit ihnen in Berührung gekommenen Spuren von Jod getötet waren. Nun wurde aber ein gewaltiger Sprung gemacht und sofort weiter geschlossen, daß das Jod ebenso im Körper des an Milzbrand erkrankten Menschen oder Tieres die Bazillen töten und daß dasselbe also ein unfehlbares Mittel gegen Milzbrand sein müsse. Der Versuch wurde gemacht und in der Tat sind, wie aus der einschlägigen französischen Literatur zu ersehen ist, verschiedene damit behandelte Milzbrandkranke hergestellt. Die Menschheit hätte also eigentlich alle Ursache, über diese geniale Kombination, welche die Therapie um eine wichtige Kurmethode bereicherte, erfreut und den Entdeckern dankbar zu sein. Leider zerfließt aber diese vortreffliche Kurmethode vor einer nüchternen Kritik in nichts. In dem Experiment, welches zur Empfehlung des Jod als Milzbrandmittel geführt hatte, befanden sich die Milzbrandbazillen in einem so verdünnten Blut, daß es fast dem Wasser gleichzusetzen war. In den Gefäßen des menschlichen Körpers kreist aber nicht Wasser, worin das Jod seine Wirkung entfalten könnte, sondern ein an Alkalien, die mit dem Jod sofort feste Verbindungen eingehen, reiches Blut. Wenn nun derselbe Versuch mit Milzbrandbazillen in Blutserum, anstatt Wasser, wiederholt wird, dann ergibt sich auch sofort ein gewaltiger Unterschied in der Menge des Jod, die zur Behinderung des Wachstums von Milzbrandbazillen nötig ist, gegenüber der von *D a v a i n e* angegebenen. Bei meinen Versuchen mit Blutserum hatte Jod in einer Verdünnung von 1:7000 noch gar keinen Einfluß auf die Bazillenentwicklung und erst bei 1:5000 fing das Wachstum derselben an, etwas langsamer zu werden. Wollte man hier schon den Anfang der zur Heilung eines Milzbrandkranken ausreichenden Dosis annehmen, dann müßte, auf den Körper eines erwachsenen Menschen berechnet¹⁾, dem Kranken soviel Jod gegeben werden, daß sich beständig 12 g in Zirkulation befinden, was aber unmöglich ist. Es liegen denn auch schon mehrfach spätere Berichte vor, daß mit Jod behandelte Milzbrandkranke gestorben sind, während es andererseits hinreichend bekannt ist, das ebensolche Kranke oft beim Gebrauche anderweitiger Kuren und selbst ohne irgendwelche medikamentöse Behandlung auch mit dem Leben davorkamen. Wie wenig übrigens der tierische Organismus bei einer derartigen Betrachtung der ruhenden im Versuchsgefäß befindlichen Nährflüssigkeit, sondern vielmehr einer in beständiger Bewegung und Veränderung sowohl den Parasiten als den parasitentötenden Mitteln gegenüber sich verhaltenden Masse zu

¹⁾ Weil die Milzbrandbazillen beim Menschen mit besonderer Vorliebe im subkutanen Gewebe ihren Sitz haben, darf bei dieser Rechnung nicht etwa das Blut allein berücksichtigt werden.

vergleichen ist, lehren in überzeugender Weise noch einige im weiteren zu berichtende ähnliche Versuche mit Sublimat.

Wenn, wie gesagt, die in meinen Versuchen erhaltenen Werte zunächst nur für Milzbrandbazillen und nur für die zur Anwendung gekommenen Nährlösungen Geltung haben, so können sie zur Beurteilung der entwicklungshemmenden Eigenschaften der untersuchten Mittel doch insoweit gebraucht werden, als sich annehmen läßt, daß ein Mittel, welches in einer für die praktische Verwendung nicht zu starken Konzentration das Wachstum der Milzbrandbazillen nicht aufhebt oder wenigstens erheblich zurückhält, dies vermutlich auch nicht bei anderen pathogenen Bakterien vermag und ganz gewiß nicht bei den erfahrungsgemäß weniger empfindlichen Bakterien der gewöhnlichen Zersetzungs- und Fäulnisprozesse.

Die ersten Versuche wurden mit denjenigen Substanzen gemacht, die sich als die wirksamsten zur Sporentötung erwiesen hatten. Auch hier stellte sich sofort der bedeutende Einfluß heraus, den die Flüssigkeit, innerhalb welcher das Desinfektionsmittel zu wirken hat, ausübt. Im destillierten Wasser hatten Jod, Brom und Chlor außerordentlich sicher und schnell auf Sporen gewirkt; im Blut und Fleischextrakt-Peptonlösung (mit kohlen-saurem Kali neutralisiert) traten sie bezüglich ihrer entwicklungshemmenden Eigenschaft weit hinter andere Mittel zurück. Jod ließ (wie schon erwähnt) erst im Verhältnis von 1:5000 und Brom bei 1:1500 eine merkliche Behinderung im Wachstum der Bazillen erkennen und ähnlich verhielt sich auch Chlor. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich bei der Osmiumsäure. In einer Verdünnung von 1:18000 gab sie der Nährlösung schon einen deutlich bräunlichen Ton und färbte sie bei 1:6000 kräftig braun, aber eine Veränderung in der Entwicklung der Milzbrandbazillen war nicht zu bemerken.

Übermangansäures Kali zeigte die ersten Spuren von Wachstumsbehinderung bei 1:3000, vermochte aber bei 1:1400 noch nicht die Entwicklung vollständig aufzuheben.

Die einzige Ausnahme in dieser Gruppe machte das Sublimat. Dieses Mittel bewirkte schon in einer Verdünnung von mehr als 1:1000000 eine merkliche Behinderung des Wachstums der Milzbrandbazillen und hob bei 1:300000 die Entwicklung derselben vollständig auf. Auf die Versuche, welche diese Zahlen ergeben haben, komme ich später noch zurück.

Teilweise ebenso von den gehegten Erwartungen abweichende Resultate ergaben sich bei der Untersuchung einer Reihe anderer Mittel.

Übertroffen wurde die *a priori* gefaßte Meinung bezüglich der entwicklungshemmenden Eigenschaften durch einige Substanzen, die zur Gruppe der ätherischen Öle gehören oder Bestandteile der letzteren bilden, sowie diesen sich anschließend durch Allylalkohol. Wegen der Flüchtigkeit dieser Substanzen ist es ziemlich schwierig, annähernd richtige Zahlen über die Grenze der zur Behinderung oder vollständigen Aufhebung des Bakterienwachstums erforderlichen Mengen derselben zu gewinnen, und ich glaube nicht, daß mir dies in den wenigen Versuchen, welche darüber ausgeführt werden konnten, vollständig gelungen ist. Um aber eine Anschauung davon zu geben, in welchen minimalen Mengen sie schon zu wirken vermögen, will ich über einige Versuchsreihen ausführlicher berichten.

Unter einer im Innern mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegten Glasglocke befanden sich sieben Glasschalen, von denen jede 10 ccm Fleischextrakt-Peptonlösung und in dieser einen Seidenfaden mit anhaftenden Milzbrandsporen enthielten. Sechs Glasschalen erhielten der Reihe nach 1, 2, 4, 6, 8, 12 Tropfen reinen Allylalkohol zugesetzt, die siebente war zur Kontrolle bestimmt und blieb ohne weiteren Zusatz. Nach dem genau gemessenen Gehalt der zum Abzählen der Tropfen dienenden Pipette betragen die zur Nährlösung zugefügten Mengen 0,02, 0,04, 0,09, 0,13, 0,18, 0,3 ccm, in Summa 0,76 ccm Allylalkohol. In keinem der Gefäße zeigte sich auch nur eine Spur von Entwicklung

der Milzbrandsporen; was aber am auffallendsten war, auch im Kontrollgefäß wuchs nicht das geringste. Noch nach vier Tagen hatte sich in keinem Gefäße eine Vegetation von Milzbrandbazillen eingestellt. Es wurden nun die Seidenfäden aus den beiden Gefäßen, welche 0,02 und 0,3 ccm Allylkohol, also am wenigsten und am meisten, erhalten hatten, herausgenommen und auf Nährgelatine gelegt, wo sie innerhalb der beiden folgenden Tage zur üppigsten Entwicklung gelangten. Aus diesem letzteren Experiment ließ sich entnehmen, daß der Allylkohol den Milzbrandsporen an und für sich keinen Schaden zugefügt, sondern sie im wahren Sinne des Wortes nur in ihrer Entwicklung gehemmt hatte. Sobald in dem Tröpfchen allylkoholhaltiger Nährflüssigkeit, welches dem Seidenfaden anhing, als er auf die Nährgelatine gelegt wurde, der Allylkohol sich verflüchtigt hatte, ging die Entwicklung der Sporen ungestört vonstatten. Es bleibt nur noch zu erklären, warum auch in dem Kontrollgefäße nichts gewachsen war. In den gleichzeitig unter anderen Glocken aufgestellten, mit derselben Nährflüssigkeit versehenen Kontrollgefäßen hatten sich die Milzbrandsporen in gewöhnlicher Weise entwickelt. Also konnte bei dem Kontrollgefäße des Allylkoholversuches, welches sich von jenen nur durch das Vorhandensein von sehr geringen, durch den Geruch noch eben wahrnehmbaren Dämpfen des Allylkohols unterschied, der Grund für das Ausbleiben der Sporenentwicklung auch nur in der Wirkung dieser Spuren von Allylkohol gesucht werden. Die weiteren Versuche bestätigten diese Vermutung vollständig. Es wurde nämlich in den weiteren Versuchsreihen mit der Allylkoholdosis herabgegangen. Zunächst kam statt des reinen Allylkohols eine 5% Lösung zur Verwendung, von welcher 0,04, 0,08, 0,16, 0,24, 0,32, 0,4 in die sechs Versuchsgefäße zu der Nährlösung und den Milzbrandsporen gefügt wurde. Auf reinen Allylkohol berechnet, enthalten jene Quantitäten 0,002, 0,004, 0,008, 0,012, 0,016, 0,02, in Summa 0,062 ccm Allylkohol, gegen 0,76 ccm des vorigen Versuches. Aber auch dieser geringe Zusatz, welcher im ganzen ungefähr $1\frac{1}{2}$ Tropfen Allylkohol auf 60 ccm Nährflüssigkeit beträgt, hatte genügt, um innerhalb vier Tagen keine Entwicklung der Milzbrandsporen und, was gleichfalls bemerkenswert ist, auch keiner anderen Bakterien aufkommen zu lassen. Die Nährflüssigkeit in dem zur Kontrolle unter derselben Glasglocke aufgestellten und ohne Zusatz von Allylkohol gebliebenen Gefäße war, wie im ersten Versuche, vollkommen steril geblieben. In einem dritten Versuche wurde eine 1% Lösung von Allylkohol genommen, die Zusatzflüssigkeit für die sechs im ganzen 60 ccm Nährflüssigkeit haltenden Gefäße enthielt diesmal insgesamt nur 0,01 ccm Allylkohol und trotzdem reichte dieselbe aus, um in sämtlichen Versuchs- und im Kontrollgefäße die Bazillenentwicklung vollständig aufzuheben. Es entzieht sich natürlich jeder Berechnung, wie groß oder vielmehr wie außerordentlich gering die Allylkoholmenge war, die durch Verdunstung und Absorption aus den anderen Gefäßen in das Kontrollgefäß gelangen konnte, weil nicht allein dieses letztere, sondern auch die gesamte feuchte Innenfläche der Glocke und der Boden der großen Glasschale, auf welcher die Glocke ruhte, an der Absorption des verdunsteten Allylkohols teilnehmen mußten. Durch den Geruch konnte der Allylkohol in den Versuchsgefäßen in diesem Falle nicht mehr konstatiert werden. Im vierten Versuche mußte also noch weniger Allylkohol zugesetzt werden, und es wurde deswegen von einer $1\frac{0}{100}$ starken Lösung der Reihe nach 0,03, 0,06, 0,1, 0,2, 0,3, 0,6 den einzelnen Gefäßen, insgesamt 0,001 Allylkohol zugesetzt. Im Kontrollgefäße und in den fünf ersten Gefäßen war am ersten Tage die Entwicklung der Milzbrandbazillen schwach, wurde aber am zweiten Tage, nachdem durch noch weitere Verdunstung der Allylkohol immer mehr reduziert war, kräftiger. In dem Gefäße, welches 0,6 erhalten hatte, blieb die Entwicklung auch am zweiten Tage erheblich zurück. Schließlich wurde noch ein Versuch in der Weise angestellt, daß die Nährlösung in lange enge, mit Watte verschlossene Reagenzgläser gefüllt wurde, um einmal den Einfluß des

aus den einzelnen Gefäßen verdunstenden Allylkohols auf die Nachbargefäße zu vermeiden und die Verdunstung auf ein möglichst geringes Maß zu beschränken. Es kamen in diesem Falle auf die einzelnen Gefäße 0,015, 0,03, 0,06, 0,12, 0,3 ccm einer 1⁰/₁₀₀ Allylkohollösung auf je 10 ccm Nährlösung. In den beiden letzten Gläsern waren am ersten Tage die Sporen gar nicht gewachsen, im dritten wenig, in den beiden ersten wuchsen sie in gewöhnlicher Weise. Am zweiten Tage kamen sie in den beiden letzten Gläsern nachträglich noch zu einer geringen Entwicklung, im dritten blieben sie hinter der Entwicklung in den ersten Gläsern erheblich zurück.

Weiter wurden diese Versuche vorläufig nicht fortgesetzt. Man wird noch die Bestimmung der Zahlen für die Entwicklungsbehinderung und Aufhebung bei vollständigem Ausschluß der Verdunstung vermissen. Dieselben mußten, weil die Untersuchung immer praktische Gesichtspunkte im Auge hatte, ein geringes Interesse beanspruchen; bei der praktischen Verwendung würde wohl nur in Ausnahmefällen (vielleicht Konservierung von Nahrungsmitteln in geschlossenen Gefäßen) der Verlust durch Verdunstung zu vermeiden sein. Übrigens ist nicht zu zweifeln, daß unter dieser letzteren Bedingung der Grenzwert für die Aufhebung des Bakterienwachstums bei einer noch viel größeren Verdünnung des Allylkohols gesucht werden muß. Wollte man diesen Grenzwert aus den vorstehend beschriebenen Versuchen berechnen, dann würde sich dazu nur der letzte eignen, weil in diesem der Einfluß der stärkeren Lösungen auf die schwächeren ausgeschlossen blieb. Es trat in diesem Versuche bei einem Zusatze von 0,06 der 1⁰/₁₀₀ Lösung schon eine erhebliche Wachstumsbehinderung ein, so daß, in der gewöhnlichen Weise berechnet, der Allylkohol diese Wirkung bei einer Verdünnung von 1:167000 äußert.

Dieselbe Erscheinung wiederholt sich, wenn den Nährlösungen Senföl zugesetzt wird. Auch die geringsten Spuren des verdunsteten Senföls halten ebenso und in noch höherem Maße, wie es beim Allylkohol der Fall ist, die Entwicklung in den zugleich mit den anderen Gefäßen unter der Glasglocke befindlichen Kontrollgefäßen auf. Aus einem ebensolchen Versuche, wie soeben vom Allylkohole beschrieben wurde, erhielt ich folgende Werte. Eine auffallende Behinderung des Wachstums tritt bei einer Verdünnung des Senföls von 1:330000 und die vollständige Aufhebung bei 1:33000 ein. Die bedeutende antiseptische Eigenschaft des Senföls könnte gewiß mit Vorteil zur Nahrungsmittelkonservierung und für passende Verhältnisse auch therapeutisch verwertet werden.

In sehr starken Verdünnungen wirken dann noch: Thymol, nämlich Anfang der Behinderung bei 1:80000 (wenn ich den für Karbolsäure gefundenen entsprechenden Wert von 1:1250 hiermit vergleiche, dann scheint mir die in der Neuzeit allgemein übliche Bezeichnung des Thymols als eines Antiseptikum der Toilette, seiner Wirksamkeit nach zu urteilen, eine sehr unzureichende).

Pfefferminzöl, Anfang der Behinderung bei 1:33000

Terpentinöl, „ „ „ „ 1:75000

Unter den ätherischen Ölen wird man bei weiterem Nachforschen unzweifelhaft noch weitere stark antiseptisch wirkende Mittel finden. Daß sie nicht alle diese Eigenschaft in gleich hohem Maße besitzen, beweisen einige Versuche, die ich noch mit Nelkenöl anstellte. Letzteres zeigt eine merkliche Behinderung des Milzbrandbazillenwachstums erst in einer Verdünnung von 1:5000; immerhin noch eine erhebliche Wirksamkeit, aber doch nicht im Verhältnis zu derjenigen von Senföl, Thymol und Pfefferminzöl.

Von anderen Körpern, die in stärkerer Verdünnung wirken, habe ich zu nennen:

Arsenignsaurer Kali; welches schon im Verhältnis von 1:100000 auf das Wachstum hindernd einwirkt, aber erst bei 1:10000 dasselbe ganz aufhebt.

Chromsäure: Behinderung bei 1:10000; Aufhebung bei 1:5000.

Pikrinsäure: Behinderung bei 1:10000; Aufhebung war bei 1:5000 noch nicht erreicht.

Blausäure: Behinderung bei 1:40000; Aufhebung bei 1:8000.

Mit der Karbolsäure ziemlich auf derselben Stufe stehen:

Borsäure: Behinderung bei 1:1250; Aufhebung bei 1:800.

Borax: Behinderung bei 1:2000; Aufhebung bei 1:700.

Salzsäure: Behinderung bei 1:2500; Aufhebung bei 1:1700.

Salizylsäure: Behinderung bei 1:3300; Aufhebung bei 1:1500.

Benzoessäure: Behinderung bei 1:2000.

Kampfer: Behinderung bei 1:2500; Aufhebung bei 1:1250 noch nicht erreicht.

Eukalyptol: Behinderung bei 1:2500; Aufhebung bei 1:1000 noch nicht erreicht.

Einige Beobachtungen, die zufällig bei Bakterienkulturen gemacht waren, ließen vermuten, daß gewisse Fettsäuren einen erheblich hemmenden Einfluß auf das Bakterienwachstum ausüben. Es wurden deswegen Versuche mit einigen Fettsäuren angestellt, von denen ich nur erwähnen will, daß Buttersäure in einer Verdünnung von 1:3000 noch gar keine Störung in der Milzbrandbazillenentwicklung hervorrief, ebenso Oleinsäure noch nicht bei 1:2000. Dennoch ist die Tatsache, daß Kaliseife bei 1:5000 schon eine Behinderung und bei 1:1000 vollständige Aufhebung der Entwicklung bewirkt, während Kali für sich ungefähr achtmal niedrigere Grenzwerte aufweist, kaum anders zu erklären, als daß gewisse Bestandteile der Kaliseife, höchstwahrscheinlich die eine oder andere Fettsäure, ein ziemlich bedeutendes Behinderungsvermögen für die Entwicklung der Milzbrandbazillen besitzt.

Eine nicht geringe Zahl der versuchten Körper bewirkt in der Nährlösung Niederschläge. Die in diesem Falle erhaltenen Zahlen können nicht unmittelbar als Ausdruck des Hemmungswertes gelten, weil sie zum großen Teile von der durch Ausfällung einzelner Bestandteile der Nährlösung (meistens der Albuminate) veranlaßten Herabsetzung des Nährwertes dieser Flüssigkeit bedingt sind. Ein charakteristisches Beispiel bieten hierfür die Schwefelalkalien:

Schwefelnatrium erzeugt keinen Niederschlag und bewirkt eine Behinderung des Bazillenwachstums noch nicht bei einer Verdünnung von 1:250.

Schwefelkalzium macht einen geringen Niederschlag und behindert bei 1:350.

Schwefelkalium gibt starken voluminösen Niederschlag und behindert schon bei 1:2000.

Zu den Substanzen, über welche wegen Bildung von Niederschlägen keine maßgebenden Zahlen zu erlangen waren, gehören Chlorkalk, Alaun, Eisenvitriol, Zinkvitriol, essigsaures Bleioxyd.

Ein besonderes Interesse beanspruchen noch folgende Mittel, denen gewöhnlich bedeutende antiseptische, d. h. entwicklungshemmende Eigenschaften zugeschrieben werden.

Chinin behindert die Entwicklung der Milzbrandbazillen in merklichem Maße bei einer Verdünnung von 1:830 und hebt sie vollkommen auf bei 1:625. Dies sind im Verhältnisse zu anderen Substanzen sehr niedrige Zahlen. Aber sie stimmen ziemlich gut mit dem Resultate, welches von M o c z u t k o w s k y ¹⁾ erhalten wurde, als er versuchte, Rekurrensspirochaeten im Blute durch Chinin zu töten. Er fand, daß hierzu

¹⁾ Deutsche Medizinische Wochenschrift, 1879, Nr. 50.

Chinin im Verhältnis von 1:500 (0,2%) erforderlich ist, und berechnete danach die Dosis Chinin, welche einem Rekurrenskranken verabfolgt werden müßte, um die Rekurrens-spirochaeten in seinem Blute zu vernichten auf 12 bis 16 g. Wollte man Chinin innerlich reichen in der Absicht, auf die Milzbrandbazillen in einem Karbunkel zu wirken, dann wäre das Dreizehnfache der obigen Zahl zu nehmen, weil sie dann nicht mehr allein für die Blutmasse, sondern für die Gesamtmasse des Körpers berechnet werden muß. Derartige Berechnungen sind gewiß keine müßige Spielereien, denn sie zeigen, wie vorsichtig man in der Empfehlung eines angeblich antiseptisch wirkenden Mittels zu therapeutischen Zwecken sein soll. Von einem Mittel, welches das Bakterienwachstum in dem auf ungefähr 5000 g zu berechnenden Blute eines erwachsenen Menschen verhindern soll, muß vorerst festgestellt sein, daß eine die Maximaldosis nicht überschreitende Menge desselben hinreicht, um 5000 g Blut oder ebensoviel von einer ähnlich zusammengesetzten Nährflüssigkeit längere Zeit in bakterienfreiem Zustande zu erhalten. Damit wäre aber nur erst eine allgemeine Andeutung über die Möglichkeit gewonnen, daß das fragliche Mittel die gewünschte Wirkung äußern wird, welche noch durch die weiteren Untersuchungen über die Resorptionsfähigkeit und die Verluste durch Ausscheidung zu ergänzen ist. Wenn namentlich die letzterwähnten Faktoren in Rechnung gezogen werden, scheint nur für solche Mittel, die ganz außergewöhnliche antiseptische Eigenschaften haben, Aussicht vorhanden zu sein, das Gesamtblut bakterienfrei erhalten zu können. Günstiger liegen die Verhältnisse für eine lokal beschränkte Anwendung antiseptischer Mittel.

Chloralhydrat, welches gleichfalls starke antiseptische Wirkung besitzen soll, behindert das Wachstum der Milzbrandbazillen allerdings schon in einer Verdünnung von 1:1000, hebt es aber selbst bei 1:400 noch nicht vollständig auf.

Zimtsäure zeigte in einer Verdünnung von 1:1000 noch gar keinen nachteiligen Einfluß auf das Wachstum der Bazillen.

Chlorsaures Kali fängt bei 1:250 an, das Wachstum zu behindern, hat also eine verhältnismäßig sehr geringe antiseptische Wirkung.

Auf derselben Stufe stehen Essigsäure und roher Holzessig, welche ebenfalls in einer Verdünnung von 1:250 anfangen, die Entwicklung etwas zurückzuhalten.

Noch niedriger steht das benzoesaure Natron, das vielgerühmte bakterientötende Mittel, welches erst bei 1:200 die Entwicklung der Milzbrandbazillen eben merklich abschwächt.

Alkohol behindert das Wachstum bei 1:100, hebt es aber erst bei 1:12,5 völlig auf.

Azeton ließ in einer Verdünnung von 1:50 noch keinen Einfluß erkennen.

Kochsalz behinderte das Wachstum der Milzbrandbazillen bei 1:64, hob es aber bei 1:24 noch nicht vollkommen auf.

Blickt man auf die beiden Versuchsreihen, welche die allgemeine Orientierung über den Desinfektionswert möglichst vieler sogenannter Desinfektionsmittel zum Zweck hatten, zurück, so wird man finden, daß die Ausbeute an Material, welches sich für Desinfektionszwecke verwerten läßt, eine sehr geringe ist.

Wenn der Unterschied zwischen den eigentlichen Desinfektionsmitteln, d. h. solchen, die vollständig vernichtend auf die Mikroorganismen einwirken, und den antiseptisch wirkenden, d. h. nur mit entwicklungshemmenden Eigenschaften versehenen Mitteln, streng eingehalten wird, dann haben sich bei meinen Untersuchungen als Desinfektionsmittel, an deren praktische Verwendung gedacht werden kann, nur Chlor, Brom und Sublimat bewährt und als mit hervorragenden entwicklungshemmenden Eigenschaften begabt wieder Sublimat und daneben noch einige ätherische Öle, Thymol und Allylalkohol.

Es bliebe nur noch zu untersuchen, inwieweit diese Mittel und für welche besonderen Fälle dieselben den Zwecken der Desinfektion dienstbar zu machen sind. Es ist mir bislang nicht möglich gewesen, in dieser Richtung auch nur annähernd erschöpfende Untersuchungen anzustellen und ich behalte mir dieselben für spätere Zeit vor. Nur über einige mit Brom und Sublimat ausgeführte Versuche, die zum Teil sehr wichtige Resultate gegeben haben, will ich noch berichten.

Brom ist zur Desinfektion sowohl in Wasser gelöst, als in Gasform benutzt. In dem Versuche, in welchem das Brom die Milzbrandsporen getötet hatte, befand es sich in einer 2% starken wäßrigen Lösung. Um nun teils einen Vergleich mit den anderen Mitteln derselben Gruppe zu haben, teils zu sehen, wie diese Mittel in gasförmiger Gestalt wirken und ob sie auf die Bazillensporen der Erde ebenso kräftig wirken wie auf die Milzbrandsporen, wurde folgender Versuch gemacht:

Reagenzgläser wurden zum vierten Teile mit 2% Brom (in Wasser), frisch vorbereitetem Chlorwasser, 2% Jod (in Alkohol) gefüllt. Einige Zentimeter oberhalb der Flüssigkeit befanden sich in Filtrierpapier eingewickelt und an einem Faden aufgehängt sporenhaltige Erde und an Seidenfäden angetrocknete Milzbrandsporen. Die Gläser waren durch einen Kork verschlossen. In bestimmten Zeiträumen wurde aus jedem Glase eine Probe genommen und auf Nährgelatine bezüglich der Entwicklungsfähigkeit der in ihr enthaltenen Sporen geprüft. Die nachstehende Tabelle enthält das Resultat dieses Versuches.

Dämpfe vom	Zeit des Aufenthaltes der Desinfektionsproben in den Reagenzgläsern (nach Tagen)					
	M.-B.	<u>1</u>	<u>2</u>			
Brom 2% (in Wasser)	M.-B.	<u>1</u>	<u>2</u>			
	E.	<u>1</u>	<u>2</u>			
Chlor-Wasser (frisch bereitet)	M.-B.	1	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>12</u>
	E.	1	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>12</u>
Jod 2% (in Alkohol)	M.-B.	1	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>12</u>
	E.	1	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>10</u>	<u>12</u>

Die doppelt unterstrichenen Zahlen geben, ebenso wie in den früheren Tabellen, diejenigen Tage an, an denen die Sporen nicht entwicklungsfähig gefunden wurden.

Dieser Versuch lehrt, daß Brom in gasförmiger Gestalt die Sporen ebenso wie in wäßriger Lösung schon nach 24 Stunden tötet, während Chlor hinter dieser Leistung etwas und Jod ziemlich weit zurückbleibt. Es hat diese Tatsache insofern eine Bedeutung, als bei der Unzuverlässigkeit der schwefligen Säure es notwendig sein wird, in Zukunft überall da, wo Desinfektion von geschlossenen Räumen die Anwendung gasförmiger Mittel erfordert, auf das in der Neuzeit fast ganz verlassene Chlor oder Brom zurückzugreifen und da ist es gewiß von Interesse, zu wissen, welches von diesen beiden Mitteln das wirksamere ist. Nach dem Resultate des obigen Experimentes würde Brom vorzuziehen sein und ich zweifle auch nicht, daß Brom und mehr oder weniger auch Chlor sich bei Versuchen im großen zur Desinfektion von geschlossenen Räumen bewähren wird.

Damit wäre den Aufgaben der Desinfektion nach einer Seite hin wenigstens genügt. Auch eine andere Abteilung derselben, nämlich die Desinfektion von transportablen, nicht zu umfangreichen Gegenständen, wie Wäsche, Betten usw. scheint durch die Anwendung der feuchten Wärme, wie unsere in einer anderen Arbeit dargelegten Versuche ergeben, ihre Lösung zu finden. Es bleibt dann aber noch eine Kategorie von Desinfektionsobjekten, die zu groß sind, um durch Hitze oder in geschlossenen Räumen

desinfiziert werden zu können, wie z. B. Eisenbahnwagen, und da fragt es sich, ob nicht auch für diese das Brom in Wasser gelöst ein zuverlässiges Desinfektionsmittel abgeben könnte. Folgender Versuch sollte darüber Auskunft geben. Auf ein glattgehobeltes hartes Brett wurden Seidenfäden mit Milzbrandsporen gelegt und mit einer 2% Bromlösung übergossen, so daß die Flüssigkeit darüber stehen blieb und ungefähr nach einer halben Stunde wieder verdunstet war. Nachdem dies einmal geschehen war, zeigte die von dem auf Nährgelatine gelegten Seidenfaden ausgehende Milzbrandvegetation sehr große Lücken, und diejenigen Fäden, welche zweimal oder öfter übergossen waren, ergaben keine Milzbrandentwicklung mehr. Danach schien allerdings Aussicht vorhanden zu sein, daß das Brom in Lösung für den gedachten Zweck verwertet werden könne. Doch war noch zu bedenken, daß die Desinfektion nur in Form von Waschung oder Besprengung des Gegenstandes vorgenommen werden kann und daß in diesem Falle die Bromlösung mit demselben nicht solange, wie in dem eben beschriebenen Versuche, in Berührung bleiben, sondern viel schneller verdunsten würde, also auch eine geringere Wirkung haben müßte. In Berücksichtigung dessen wurde noch folgender Versuch gemacht. Es wurden rauhe Bretter von leichtem Holz genommen, darauf die sporenhaltigen Desinfektionsproben gelegt und nun die Bromlösung durch einen Sprayapparat, an dem das verbrauchte Flüssigkeitsquantum abzulesen war, so darüber ausgebreitet, daß die Oberfläche des Brettes und die Proben gründlich durchnäßt, aber nach wenigen Minuten wieder trocken waren. Es wurden zu gleicher Zeit verschieden starke Bromlösungen versucht. Die nachstehende Tabelle läßt das Resultat dieses Versuches erkennen. Das Zeichen + bedeutet, daß die Milzbrandsporen zur Entwicklung kamen, und das Zeichen —, daß sie getötet waren.

Mit Brom in Wasser gelöst	wurden die Desinfektionsproben besprengt				
	1 mal	2 mal	3 mal	4 mal	
0,05 %	+	+	+	+	
0,5 %	+	+	+	+	
1 %	+	+	+	+*	* Die Entwicklung der Sporen zeigt Lücken
2 %	+	+	+	+*	* Die Sporen sind nur an vereinzelten Stellen zur Entwicklung gekommen
4 % (konzentrierte Lösung) .	+	+	+	—	

Unter diesen den Verhältnissen der Desinfektionspraxis möglichst angepaßten Versuchsbedingungen ist die Wirkung der Bromlösung eine erheblich geringere, als sich beim ersten Versuch ergeben hatte. Nach jenem Experimente schien es so, als ließe sich durch einmaliges reichliches Anfeuchten oder Durchnässen mit der Bromlösung schon eine vollständige Desinfektion erreichen. Der zweite Versuch beweist aber, daß das nicht der Fall ist und daß eine konzentrierte Bromlösung viermal auf das Objekt gebracht werden muß, wenn alle Keime getötet sein sollen. Dadurch wird es aber auch sofort wieder sehr fraglich, ob unter solchen erschwerenden Bedingungen noch an eine praktische Verwendung der Bromlösung gedacht werden kann. Nicht allein, daß erheblich mehr Zeit von der Desinfektion in Anspruch genommen wird, sondern vor allen Dingen werden die Desinfektionskosten unverhältnismäßig gesteigert. Es waren bei dem zweiten Versuche jedesmal 10 ccm der Bromlösung auf 600 qcm der zu desinfizierenden Fläche gekommen, für die 4% Bromlösung berechnet würden bei einer einmaligen Anwendung des Desinfektionsmittels 6 g Brom erforderlich sein, um eine 1 qm große Fläche zu desinfizieren. Auf einen bestimmten Fall angewendet, z. B. auf einen Eisenbahnwagen, dessen Außen- und Innen-

fläche ungefähr 100 qm betragen mag, stellen sich die Desinfektionskosten unter den angenommenen Verhältnissen und nach dem zurzeit geltenden Preise des Brom für einmalige Applikation des Mittels auf 5 Mark. Das würde schon eine recht kostspielige Desinfektion abgeben; wenn aber diese Kosten auf das Vierfache oder, im Falle die Desinfektion recht gründlich und sicher ausgeführt werden soll, auf das Fünffache erhöht und außerdem die Arbeitspreise dazu gerechnet werden müssen, dann überschreiten doch wohl die für die Desinfektion erwachsenden Unkosten das zulässige Maß ganz erheblich.

Suchen wir nun aber nach einem anderen Mittel für die soviel Schwierigkeiten bietende Desinfektion von Gegenständen, denen nicht mit Hitze oder mit gasförmigen Desinfektionsmitteln beizukommen ist, dann bleibt nur noch allein das Sublimat übrig. Eigentlich ist es zu verwundern, daß die ganz bedeutenden desinfizierenden Wirkungen des Sublimats, des einzigen Mittels, über dessen Wirkung alle Autoren einig sind und das von allen an die Spitze der von ihnen untersuchten Substanzen gesetzt wurde, bis jetzt noch keine entsprechende Verwertung gefunden haben. Der Grund hierfür scheint mir nur darin zu liegen, daß man einerseits sich in dem trügerischen Glauben befand, an Karbolsäure, schwefliger Säure, Chlorzink usw. schon sichere Desinfektionsmittel zu besitzen, und andererseits sich durch die giftigen Eigenschaften des Sublimats von seiner praktischen Verwendung abschrecken ließ. Nachdem sich aber herausgestellt hat, daß jene Mittel unsicher oder gar nicht wirken, bleibt nichts weiter übrig, als diese sicher wirkende Quecksilberverbindung ins Auge zu fassen und zu versuchen, ob dieselbe nicht wenigstens für solche Fälle, in denen von ihren giftigen Eigenschaften nichts zu fürchten ist, zu verwenden und ob es ferner nicht möglich ist, die Anwendung dieses Desinfektionsmittels so einzurichten, daß jede Gefahr vermieden wird, oder ferner, ob nicht vielleicht andere weniger giftige Quecksilberverbindungen an Stelle des Sublimats gesetzt werden könnten.

Die Versuche, welche mit einer Anzahl von Desinfektionsmitteln zur Tötung von Milzbrandsporen angestellt waren, hatten ergeben, daß nur sehr wenige ihre Aufgabe innerhalb eines Tages erfüllt hatten. Zu diesen gehörte eine 1% Sublimatlösung. Es kam also zunächst darauf an, zu erfahren, ob dies schon die Grenze der Leistung sei, und es wurden zu diesem Zwecke folgende Versuche und zwar aus den oben erörterten Gründen vergleichsweise neben dem Sublimate noch mit anderen wasserlöslichen Quecksilberverbindungen angestellt. In Reagenzgläsern befanden sich 1% starke Lösungen von Sublimat, salpetersaurem Quecksilberoxyd und schwefelsaurem Quecksilberoxyd, die beiden letzteren mit einem entsprechenden Zusatze von Salpetersäure resp. Schwefelsäure. In die Lösungen wurden Seidenfäden mit Milzbrandsporen gelegt und nach 24 Stunden untersucht. Die Milzbrandsporen waren in allen drei Lösungen nach dieser Zeit abgestorben. Darauf wurden von neuem Fäden eingelegt und schon nach 5 Stunden untersucht. Auch in diesem Versuche hatten die drei Quecksilberverbindungen gleichmäßig vernichtend auf die Sporen gewirkt. Nun wurden schwächere, nur 1⁰/₁₀₀ starke Lösungen genommen. Milzbrandsporen, welche 24 Stunden in denselben gelegen hatten, waren getötet; ebenso nach 5 Stunden. Schließlich wurde die Zeit der Einwirkung immer mehr abgekürzt, auf 1 Stunde, 40 Minuten, 20 Minuten, 10 Minuten, stets mit demselben Resultate, daß in den Lösungen die Proben vollkommen desinfiziert wurden. Es blieb nun noch die schwierigste und entscheidende Aufgabe für die Desinfektionsmittel zu lösen übrig, ob sie nämlich schon bei einmaligem Anfeuchten die Milzbrandsporen und die in den meisten Fällen noch etwas widerstandsfähigeren Bazillensporen der Erde zu bewältigen vermöchten. Zu diesem Versuche wurden in der schon mehrfach geschilderten Weise die milzbrandsporenhaltigen Seidenfäden und sporenhaltige Erde auf Brettern

ausgebreitet und mit dem Sprayapparate eine gerade zur vollständigen Anfeuchtung ausreichende Menge der $1\frac{0}{100}$ starken Lösungen von Sublimat, salpetersaurem und schwefelsaurem Quecksilberoxyd ausgesprengt. Nach wenigen Minuten waren die Objekte wieder getrocknet und kamen dann auf die Nährgelatine. Es ergab sich dann, daß die Milzbrandsporen von allen drei Lösungen getötet waren, dagegen war die Entwicklungsfähigkeit der Bazillensporen in der Erde nur durch die Sublimatlösung vollkommen vernichtet, aus der mit schwefelsaurem Quecksilberoxyd behandelten Erde kamen noch mehrere Bazillenkolonien und aus der mit salpetersaurem Quecksilberoxyd besprengten ziemlich viele solcher Kolonien zur Entwicklung. Um ganz sicher zu gehen, daß nicht etwa die Entwicklung der Milzbrandsporen durch die dem Faden anhängende Sublimatlösung auf der Nährgelatine zurückgehalten werde, wurde der Versuch wiederholt und dabei die Fäden, bevor sie auf die Nährgelatine kamen, abgespült; ferner wurden einigen Mäusen so behandelte Fäden unter die Rückenhaut gebracht. Aber das Resultat blieb dasselbe, die abgespülten Fäden kamen nicht zur Entwicklung und die Mäuse blieben gesund. In diesem letzten Versuche hatte sich das Sublimat den beiden anderen Quecksilberverbindungen schließlich doch noch überlegen gezeigt.

Aus diesem Grunde wurden die folgenden Versuche, welche zum Zwecke hatten, die Grenze der sporentötenden Wirkung zu finden, allein mit Sublimatlösungen angestellt.

Es kamen hierbei zur Verwendung Lösungen, welche einen Teil Sublimat in 1000, 2000, 5000, 10000, 20000, 50000, 100000, 200000 Wasser enthielten.

Zuerst wurden Milzbrandsporen 5 bis 60 Minuten lang in Lösungen von 1:1000 bis 1:10000 gelegt; dann in Alkohol abgespült und auf Nährgelatine gebracht. Keine einzige von diesen Proben kam zur Entwicklung. Danach wurden schwächere Lösungen versucht, 1:20000 bis 1:200000. Bei 1:20000 genügten noch 10 Minuten, um die Sporen, auch nachdem sie mit Alkohol abgespült waren, auf Nährgelatine nicht mehr zur Entwicklung kommen zu lassen. Bei 1:50000 und den noch schwächeren Lösungen konnte (bei derselben nachträglichen Behandlung mit Alkohol) selbst bei 60 Minuten langem Einlegen der Sporen keine nachteilige Wirkung des Sublimats an denselben mehr beobachtet werden, sie entwickelten sich ebenso schnell und kräftig wie die nicht mit Sublimat behandelten Kontrollobjekte. Die Grenze der Wirkung des Sublimats scheint also den Milzbrandsporen gegenüber zwischen 20 000 und 50 000 facher Verdünnung zu liegen. Indessen läßt ein anderer Versuch darauf schließen, daß wahrscheinlich die Beschaffenheit der Objekte einen Einfluß auf diese Zahl insofern hat, daß bei sehr kurz dauernder Befeuchtung mit der Sublimatlösung nicht alle Teile des Objektes gleichmäßig beeinflußt werden, infolgedessen Unregelmäßigkeiten eintreten und der für die Wirksamkeit gefundene Grenzwert schwankend wird. Die Versuche, welche mich zu dieser Ansicht führten, sind folgende:

Ein mit Milzbrandsporen imprägnierter Seidenfaden befand sich 10 Minuten lang in einer Lösung von Sublimat, welche 1 Teil auf 10 000 enthielt, wurde dann in Alkohol längere Zeit ausgewaschen und schließlich einer Maus unter die Rückenhaut gebracht. In gleicher Weise wurde ein sporenhaltiger Faden mit 1:20000 und einer mit 1:50000-haltiger Sublimatlösung behandelt und je einer Maus beigebracht. Alle drei Mäuse starben an Milzbrand, und zwar diejenige, welche den Faden aus der 1:50000 Lösung erhalten hatte, am folgenden Tage, also ebenso schnell, als wenn sie mit frischer Milzbrandsubstanz geimpft gewesen wäre, die zweite (1:20000) am 4. und die erste (1:10000) am 5. Tage. Bei diesen letzten beiden Tieren ist das Inkubationstadium ganz außergewöhnlich verlängert und es läßt sich kaum anders annehmen, als daß durch die Sublimatlösung nicht allein eine teilweise Vernichtung der Sporen, sondern auch eine derartige Einwirkung auf die noch nicht vollständig getöteten Sporen eintritt, daß dieselben verspätet zur

Keimung gelangen. Wie man sich diese letztere Wirkung vorzustellen hat, darüber fehlt mir vorläufig jeder Anhaltspunkt. Als dasselbe Experiment nur mit dem Unterschiede wiederholt wurde, daß die Milzbrandsporen, anstatt 10 Minuten, eine Stunde in der Sublimatlösung blieben, änderte sich das Resultat dahin, daß die erste Maus (1:10000) am Leben blieb, die zweite (1:20000) in der Nacht vom 3. zum 4. Tage, nachdem der Seidenfaden unter die Haut gebracht war, an regelrechtem Milzbrand und die dritte (1:50000) nach 40 Stunden ebenfalls an Milzbrand starb. Also auch hier wieder eine unverkennbare Verzögerung selbst bei der dritten (1:50000) Maus.

Im allgemeinen läßt sich annehmen, daß bei einer nur wenige Minuten dauernden Wirkung des Sublimats, also bei einer beispielsweise nur ein oder zweimal wiederholten Anfeuchtung des Objektes eine sichere Wirkung noch mit 1:5000 starken Lösungen erzielt wird, während bei längerer Dauer der Einwirkung die Desinfektion erst bei einer Verdünnung von 1:20000 anfängt unsicher zu werden.

Daß eine einmalige Anfeuchtung mit einer 1:5000 starken Sublimatlösung auch noch andere Sporen als die Milzbrandsporen sicher töten kann, beweist folgender Versuch.

In der früher schon erwähnten Weise wurden Proben von sporenhaltiger Erde, welche auf einem Brette ausgebreitet waren, mit Lösungen von 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:20000, 1:50000, 1:100000 Sublimatgehalt mittels eines Sprayapparates angefeuchtet und nach dem Trocknen auf Nährgelatine gebracht. In den mit den Lösungen 1:1000, 1:2000, 1:5000 behandelten Proben kam nicht das geringste zur Entwicklung, in der mit 1:10000 behandelten wuchsen einige Pilzmyzelien, in der mit 1:20000 vereinzelt Bazillenkolonien und in der mit 1:50000 und den schwächeren Lösungen behandelten kamen ebenso zahlreiche Bazillenkolonien zur Entwicklung wie in den Kontrollpräparaten.

Sublimat ist also das einzige von allen bekannten Desinfektionsmitteln, welches die für die Desinfektionspraxis so überaus wichtige Eigenschaft besitzt, ohne daß eine besondere Vorbereitung der Objekte durch Befeuchtung usw. erforderlich wäre, schon durch eine einmalige Applikation einer sehr verdünnten (1:1000) Lösung und in wenigen Minuten alle, auch die widerstandsfähigsten Keime der Mikroorganismen zu töten. Selbst bei einer Verdünnung von 1:5000 würde meistens noch eine einmalige Anfeuchtung genügen. Seiner Verwendung im großen würden nur noch die giftigen Eigenschaften entgegenstehen. Aber hier kommt gerade der Umstand, daß die Wirkung des Sublimats eine so überaus schnelle und sichere ist, zu Hilfe. Es ist nämlich nicht erforderlich, das Desinfektionsmittel auf dem Gegenstande dauernd zu belassen, sondern es kann nach kurzer Zeit — etwa nach einer Viertel- oder halben Stunde — durch reichliche Spülung mit Wasser wieder entfernt werden. Geringe Mengen des Sublimats würden unzweifelhaft auch dann noch zurückbleiben, die aber in Anbetracht der Desinfektionsobjekte, um die es sich handelt, absolut keine Gefahr für die nur vorübergehend damit in Berührung kommenden Menschen und Tiere bringen können. Immerhin würden die anderen weniger giftigen Quecksilberverbindungen, die dem Sublimat in der Desinfektionswirkung sehr nahe kommen, wenigstens für solche Verhältnisse, in denen die nachträgliche Wiederbeseitigung des Desinfektionsmittels nicht in ausgiebiger Weise zu ermöglichen ist, ebenfalls Berücksichtigung verdienen. Bei Verwendung dieser letzteren würde dann eine einmalige Applikation nicht mehr genügen, die Befeuchtung mit der Lösung des Desinfektionsmittels müßte zwei- bis dreimal vorgenommen werden, was natürlich auch die Kosten der Desinfektion entsprechend erhöhen würde. Wie gering sich übrigens die Kosten einer Desinfektion mit Sublimat stellen würden, kann ein einfaches Beispiel erläutern.

Zur Desinfektion des Kielraumes eines Schiffes kann man nach dem, was über die Wirksamkeit resp. Unwirksamkeit der Desinfektionsmittel zurzeit bekannt ist, nicht

mehr Chlorzink, schweflige Säure, Eisenvitriol und dergleichen verwenden, sondern es bleibt nur Karbolsäure oder Sublimat übrig. Die Karbolsäure müßte in mindestens 5% Lösung genommen und 48 Stunden im Kielraum belassen werden, vom Sublimat dagegen eine 1⁰/₁₀₀ Lösung (vgl. p. 279*), die nach ganz kurzer Zeit wieder entfernt werden könnte. Übrigens könnte gerade für diesen Fall ebensogut eine andere Quecksilberverbindung, z. B. schwefelsaures Quecksilberoxyd zur Anwendung kommen, weil es hier ziemlich gleichgültig ist, ob die Lösung wenige Minuten oder einige Stunden im Kielraume bleibt. Nach der Desinfektionsanleitung für amerikanische Schiffe sollen 100 Gallonen Desinfektionsflüssigkeit nach Entfernung des Bilgewassers in den Kielraum gebracht werden. 100 Gallonen entsprechen 450 Litern oder in runder Summe 500 Litern. Soll nun die Desinfektionsflüssigkeit durch Zusatz von Karbolsäure hergestellt werden, dann erfordert sie 25 Kilo Karbolsäure, welche, auf rohe Karbolsäure von 90% Gehalt berechnet, ungefähr 30 Mark kosten würden. Vom Sublimat oder schwefelsaurem Quecksilberoxyd würde $\frac{1}{2}$ Kilo notwendig sein, welches 3 Mark vom ersteren, 2,80 Mark vom letzteren, also ungefähr zehnmal weniger als die erforderliche Karbolsäure kosten würde.

Wenn ich hier von einer Anwendung von Quecksilberpräparaten zur Kielraumdesinfektion spreche, könnte man mir entgegenhalten, daß es doch recht bedenklich sei, in den Schiffsraum größere Mengen von Quecksilber zu bringen, und könnte dabei an den von E u l e n b e r g ¹⁾ zitierten Fall des Kriegsschiffes „Triumph“ erinnern, welches von einem gescheiterten Schiffe 130 Kisten mit Quecksilberbeuteln aufnahm und an dessen Bord, als aus den verfaulten Lederbeuteln das Quecksilber in den Schiffsraum ausfloß, binnen drei Wochen 200 Mann an Speichelfluß erkrankten. Dieser Fall scheint mir aber mehr für als gegen die Desinfektion mit Quecksilberpräparaten zu sprechen, denn er zeigt, welche gewaltigen Mengen von Quecksilber, gewiß waren es Hunderte von Zentnern, sich im Schiffsraume frei und verdunstungsfähig befinden müssen, um eine Gesundheitsbeschädigung der Schiffsmannschaft herbeizuführen. Für die praktische Verwendung des Sublimats zur Desinfektion würde ebenso, wie bei allen anderen Desinfektionsmitteln, wohl zu beachten sein, daß die durch meine Versuche gefundenen Zahlen, welche die Grenze der desinfizierenden Wirkung angeben, sich auf solche Verhältnisse beziehen, in denen die in der Lösung befindliche Menge des Desinfektionsmittels unverkürzt zur Geltung kommen muß. Andere Verhältnisse werden auch andere Konzentrationen der Desinfektionsmittel erfordern. Namentlich wird dies der Fall sein, wenn Flüssigkeiten mit Sublimat desinfiziert werden sollten, welche reich an Eiweißkörpern oder an Schwefelwasserstoff und anderen mit Quecksilbersalzen unlösliche Verbindungen eingehenden Stoffen sind. Als Maßstab, um auch für diese komplizierteren Verhältnisse ein Urteil über die perfekt gewordene Desinfektion zu gewinnen, kann gelten, daß der zu desinfizierenden Flüssigkeit soviel Sublimat zuzusetzen ist, bis sie mindestens 1:5000 freies Sublimat in Lösung besitzt, weil nach den vorliegenden Versuchsergebnissen bei diesem Sublimatgehalt die Vernichtung aller Mikroorganismen und ihrer Keime ganz gesichert ist. Ob die mit Sublimat versetzte Flüssigkeit in Wirklichkeit einen Gehalt von 1:5000 Sublimat in Lösung besitzt, läßt sich sehr leicht durch das Eintauchen eines mit Schmirgelpapier blank geputzten Streifchens von Kupferblech feststellen. Aus mehreren zu diesem Zwecke angestellten Versuchsreihen ergab sich nämlich, daß ein in der angegebenen Weise präparierter Kupferstreifen in einer sublimathaltigen Flüssigkeit innerhalb einer halben Stunde bei einer Konzentration von 1:5000 noch eine sehr deutliche Reaktion durch das sich bildende Amalgam zeigt; bei 1:10000 wurde diese Reaktion undeutlich, und man geht ziemlich sicher in der Annahme, daß, wenn die Kupferreaktion innerhalb einer

*) Diese Werke, p. 335.

¹⁾ Eulenberg, Handbuch der Gewerbehygiene, 1876, p. 736.

halben Stunde deutlich eintritt, mindestens 1:5000 Sublimat sich in Lösung befindet. Ein Beispiel möge zur Illustration dieser Verhältnisse dienen. Drei Flüssigkeiten, nämlich Wasser aus der Panke (in seiner Beschaffenheit einem ziemlich stark verunreinigten Rinnsteinwasser vergleichbar), Kielwasser aus einem Schiffe und faulendes Blut, wurden solange mit Sublimatlösung versetzt, bis die Kupferreaktion eintrat. Das Pankewasser erforderte hierzu 1:2000, das Kielwasser 1:1000, das faulende Blut 1:400 Sublimat. In allen drei Flüssigkeiten war, sobald die erwähnte Reaktion eintrat, jeder Geruch nach Schwefelwasserstoff und Ammoniak vollständig geschwunden, es bildete sich ein mehr oder weniger reichlicher Niederschlag, über welchem eine schwach getrübe Flüssigkeit stand. Innerhalb der nächsten vierzehn Tage (so lange wurde die Beobachtung fortgesetzt) blieben die Flüssigkeiten unverändert, und von Zeit zu Zeit aus denselben entnommene Proben vom Niederschlage oder der Flüssigkeit enthielten, wie die Aussaat auf Nährgelatine bewies, keine entwicklungsfähigen Organismen.

Der Umstand, daß bei der Anwendung des Sublimats zur Desinfektion von Flüssigkeiten immer mehr oder weniger Niederschläge sich bilden werden, die bei wiederholter Desinfektion sich anhäufen und schließlich doch wegen ihres Quecksilbergehaltes zu bedenklichen Zuständen Veranlassung geben müssen, darf niemals außer acht gelassen werden. Aus diesem Grunde eignet sich die Sublimatdesinfektion nicht für einen fortlaufenden Desinfektionsbedarf, welcher häufige Wiederholungen in der Anwendung des Desinfektionsmittels erfordert. Dagegen ist dieselbe ganz am Platze, wenn eine einmalige, aber absolut sicher wirkende Desinfektion verlangt wird und andere Desinfektionsverfahren nicht anwendbar sind, wie beispielsweise die schon erwähnte Desinfektion des Kielwassers oder diejenige von Viehtransportwagen.

Ebenso wie es unzweifelhaft von Vorteil sein wird, die bakterientötende Eigenschaft der Quecksilberverbindungen in geeigneten Fällen nutzbar zu machen, so wird sich auch die entwicklungshemmende, d. h. die antiseptische Wirkung derselben verwerten lassen.

Die Desinfektion wird dabei allerdings ziemlich leer ausgehen, weil es sich kaum ermöglichen lassen wird, in diesem Falle die giftigen Eigenschaften der Desinfektionsmittel nicht zur Geltung kommen zu lassen. Um so mehr wird die Therapie von den ganz bedeutenden entwicklungshemmenden Wirkungen der Quecksilberverbindungen überall da Nutzen ziehen können, wo Mikroorganismen im oder am lebenden Körper zu bekämpfen sind. Da die Desinfektion wie gesagt nach dieser Richtung hin sich wenig oder gar nicht beteiligt, so würden die weiteren Untersuchungen über die antiseptischen Eigenschaften des Sublimats nicht mehr hierher gehören. Aber wegen des allgemeinen Interesses, welches dieser Gegenstand beansprucht, mögen dieselben hier noch mit wenigen Worten zur Besprechung gelangen.

Zuerst wurde ein Versuch mit einer 1% starken Sublimatlösung gemacht. Zu 10 ccm Fleischextrakt-Peptonlösung wurde einmal 0,06, ein anderes Mal 0,03 der Sublimatlösung hinzugesetzt; nach diesem Zusatz kamen Milzbrandsporen nicht mehr in der Nährlösung zur Entwicklung. Danach gelangte eine 1⁰/₁₀₀ Sublimatlösung zur Anwendung, von welcher 0,35, 0,25, 0,12, 0,06, 0,045, 0,03 den einzelnen Gefäßen, welche 10 ccm der Nährlösung enthielten, zugesetzt wurde. Auch in diesem Versuche wuchsen die Milzbrandsporen noch nicht. Es wurden nun von derselben Sublimatlösung zu je 10 ccm Nährlösung 0,06, 0,03, 0,015, 0,01, 0,008, 0,006 gesetzt. In den beiden ersten Gefäßen mit 0,06 und 0,03 Sublimatlösung kamen die Milzbrandsporen gar nicht zur Entwicklung; in den beiden folgenden mit 0,015 und 0,01 sehr schwach und in den beiden letzten mit 0,008 und 0,006 fand noch eine merkliche Behinderung der Entwicklung statt, so daß namentlich im letzten Gefäß die Milzbrandvegetation am dritten Versuchstage noch

nicht halb so stark war als diejenige im Kontrollgefäß. Nehmen wir mit dem Zusatz von 0,006 ccm einer 1⁰/₀₀ Sublimatlösung auf 10 ccm Nährlösung die Grenze der Entwicklungsbehinderung und mit dem Zusatz von 0,03 diejenige der vollständigen Aufhebung des Milzbrandbazillenwachstums an, dann berechnen sich die Grenzwerte für Entwicklungsbehinderung mit 1:1600000 und für Aufhebung des Wachstums mit 1:330000, Zahlen, die von keinem anderen Mittel erreicht werden.

Es lag außerordentlich nahe, auf Grund dieses Resultates einen Versuch zu machen, inwiefern es ausführbar sei, das Wachstum der Milzbrandbazillen im Blute des lebenden Tieres zu behindern oder ganz aufzuhalten. Es sollte dies eigentlich nicht ein therapeutischer Versuch sein, sondern es bestand vielmehr die Absicht, solche Verhältnisse im Tierkörper herbeizuführen, die ein abgeschwächtes Wachstum der Milzbrandbazillen im Tierkörper bewirkten und infolgedessen ein Überstehen der Krankheit auch bei solchen Tieren ermöglichten, die gewöhnlich ausnahmslos durch dieselbe getötet werden. Es hätte sich auf diese Weise neues Material für die Lösung der Frage über die Milzbrandimmunität gewinnen lassen.

Ehe ich die Beschreibung der betreffenden Versuche folgen lasse, habe ich aus einer kürzlich erschienenen Arbeit von Schlesinger¹⁾ anzuführen, daß Kaninchen und Hunde täglich fortgesetzte subkutane Injektionen von Sublimat, und zwar 1 ccm einer ½⁰/₀₀ starken Lösung sehr gut vertrugen. Einer von Schlesingers Versuchshunden erhielt über 4 Monate lang täglich 10 ccm, ein anderer steigend 4 ccm bis schließlich 20 ccm durch 5 Monate ohne jeden Nachteil.

Erster Versuch: Ein Meerschweinchen, 615 g schwer, erhielt eine Injektion von 0,3 ccm einer 1⁰/₀₀ Sublimatlösung unter die Rückenhaut.

Am folgenden Tage wurde ebensoviel injiziert.

Am dritten Tage morgens 0,5 ccm injiziert.

Das Tier befand sich nachmittags munter, und es wurden ihm unmittelbar hinter dem Ohr in eine kleine Hauttasche zwei Seidenfäden mit Milzbrandsporen gebracht.

Am vierten Tage morgens wieder eine Injektion von 0,5 ccm.

Nachmittags ist das Tier tot. Es wurde sofort seziiert. Die Umgebung der kleinen Hautwunde war stark gerötet und geschwollen, die benachbarten Lymphdrüsen vergrößert und voll Milzbrandbazillen. Auch die Milz war bedeutend vergrößert, schwarzrot; sie enthielt zahllose Milzbrandbazillen, welche außerdem in der Lunge und im Herzblut außerordentlich reichlich vorhanden waren. Das Tier war also trotz der Sublimatzufuhr an Milzbrand gestorben und der Verlauf der Krankheit, sowie die Beschaffenheit und Zahl der Milzbrandbazillen ließen nicht die geringste Abschwächung in dem Krankheitsprozeß oder in dem Wachstum der Bazillen erkennen.

Was die Menge des in diesem Versuch dem Tiere einverleibten Sublimats betrifft, so kommt es ganz darauf an, ob dieselbe im Verhältnis zur Menge des Blutes oder im Verhältnis zum Gesamtgewicht des Körpers berechnet werden soll.

In dem letzten Versuch über die durch Sublimat bewirkte Entwicklungshemmung hatten 0,06 ccm einer 1⁰/₀₀ Sublimatlösung noch eine erhebliche Behinderung des Wachstums in 10 ccm der Nährlösung erzielt und 0,03 ccm hatten dasselbe in einer gleich großen Menge Nährlösung vollständig aufgehoben. Also würden 0,5 ccm derselben Sublimatlösung (soviel wie dem Meerschweinchen injiziert wurde) die Entwicklung der Milzbrandbazillen in 833 ccm Nährlösung noch behindern und in 167 ccm aufheben. Wenn der Tierkörper in seiner Gesamtheit als Nährsubstrat betrachtet und angenommen wird, daß das eingeführte Sublimat sich gleichmäßig in demselben, also auf 615 g verteilte, dann

¹⁾ Archiv für experimentelle Pathologie, Bd. 13, Heft 5.

hätte unter allen Umständen die Entwicklung der Milzbrandbazillen in abgeschwächtem Maße vor sich gehen müssen. Will man aber annehmen, daß das Sublimat hauptsächlich noch im Blutstrom sich befand, dann hätten überhaupt keine Milzbrandbazillen in demselben entstehen können. Weder das eine noch das andere ist eingetreten und man muß also annehmen, daß entweder das Sublimat im Körper sich nicht gleichmäßig verteilt oder daß es zu schnell wieder ausgeschieden wird, um lange genug in der erforderlichen Konzentration zu bleiben, oder auch, daß es im Tierkörper Verwandlungen erleidet, die seine antiseptische Wirkung hindern oder aufheben.

Zweiter Versuch: Derselbe sollte, um das Resultat des ersten ganz sicher zu stellen, in derselben Weise, aber gleichzeitig an mehreren Tieren zur Ausführung kommen. Die Verhältnisse dieses Versuches lassen sich am besten in einer tabellarischen Zusammenstellung übersehen.

Versuchstage	Meerschweinchen A (Gewicht 702 g)	Meerschweinchen B (Gewicht 615 g)	Meerschweinchen C (Gewicht 710 g)	
I.	Injektion von 0,5 g	Injektion von 0,5 g	Injektion von 0,5 g	
II.	desgl.	desgl.	desgl.	
III.	desgl.	desgl.	desgl.	
IV.	desgl. (geimpft mit Milzbrandsporen)	desgl. (geimpft mit Milzbrandsporen)	desgl.	Am 4. Tage wurde zur Kontrolle mit demselben Material wie Meerschweinchen A und B eine Maus geimpft, welche am folgenden Tage an Milzbrand starb
V.	Injektion von 0,5 g	Injektion von 0,5 g	desgl.	
VI.	In der Nacht vom 5. zum 6. Tage gestorben	In der Nacht vom 5. zum 6. Tage gestorben	Injektion von 1,0 g (geimpft mit der Milz vom Meerschweinchen A)	
VII.			Injektion von 2,0 g (Impfstelle gerötet und etwas geschwollen)	
VIII.			In der Nacht vom 7. zum 8. Tage gestorben	

Zur Injektion war ebenso wie in dem ersten Versuch eine 1⁰/₀₀ Sublimatlösung genommen. Absichtlich wurde bei den Tieren A und B die Impfung erst am 4. Tage vorgenommen, um noch mehr Sicherheit dafür zu haben, daß eine hinreichende Resorption und Verteilung des Sublimats eingetreten sei. Beide Tiere starben nichtsdestoweniger, wie der Sektionsbefund ergab, der ganz genau mit dem im ersten Versuch ausführlicher beschriebenen übereinstimmte, an Milzbrand. Daß die Sublimatinjektion auf den tödlichen Ausgang keinen Einfluß hatte, geht daraus hervor, daß eine zur Kontrolle mit demselben Material geimpfte Maus an Milzbrand starb und daß das Meerschweinchen C, welches nur Sublimatinjektionen erhalten hatte, bis zum 6. Tage ganz gesund war.

Um nun zu erfahren, ob etwa höhere Dosen Sublimat imstande seien, ein mit Milzbrand geimpftes Tier am Leben zu erhalten, wurde dem Meerschweinchen C am 6. Tage morgens 1 g der Lösung eingespritzt und nachmittags dasselbe mit der von der Sektion

des Tieres A kalt aufbewahrten Milz am Grunde des Ohres geimpft. Am 7. Tage war die Impfstelle gerötet und etwas geschwollen. Das Meerschweinchen erhielt nun, und zwar am Morgen dieses Tages, 2 g Sublimatlösung. Diese Menge würde nach den früher gemachten Erfahrungen und aufgestellten Berechnungen ausreichen, um in einer dem gesamten Körper des Versuchstieres an Gewicht gleichen Nährlösung das Wachstum der Milzbrandbazillen ganz unmöglich zu machen. Trotzdem war das Tier in der folgenden Nacht gestorben und die Sektion zeigte, daß auch in diesem Falle die Milzbrandbazillen in Milz, Lunge und Herzblut ebenso massenhaft vorhanden waren, wie bei den früher mit Milzbrand geimpften Meerschweinchen.

Ich halte diese Untersuchung damit noch lange nicht für abgeschlossen und gebe wegen der erhaltenen negativen Resultate die Meinung noch nicht auf, daß es möglich ist, unter irgendwelchen Verhältnissen in einem mit Milzbrand geimpften Tiere durch den Einfluß antiseptischer Mittel ein abgeschwächtes Wachstum der Milzbrandbazillen zu erreichen oder dasselbe auch ganz zu unterdrücken. Aber eine weitere Verfolgung dieser höchst interessanten Verhältnisse hätte mich zu weit von den mich zurzeit beschäftigenden Arbeiten abgelenkt und ich muß mir dieselbe für eine spätere Zeit vorbehalten.

Die vorstehende Arbeit möchte ich nicht beschließen, ohne nochmals zu betonen, daß dieselbe keine alle Fragen erschöpfende sein, sondern nur eine vorläufige Orientierung über den Wert der bekannteren Desinfektionsmittel bezwecken sollte. Diese Aufgabe scheint mir trotz der vielen Lücken, welche vorläufig bleiben mußten, durch dieselbe auch insofern erfüllt zu sein, als manche Irrtümer, die wegen Mangel an zuverlässigen Methoden zur Bestimmung des Desinfektionswertes sich eingebürgert hatten, aufgedeckt und manche Andeutungen gewonnen sind, wo und wie ein Ersatz für die als unzuverlässig erkannten Desinfektionsmittel zu suchen ist.

Berlin, im April 1881.
