



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

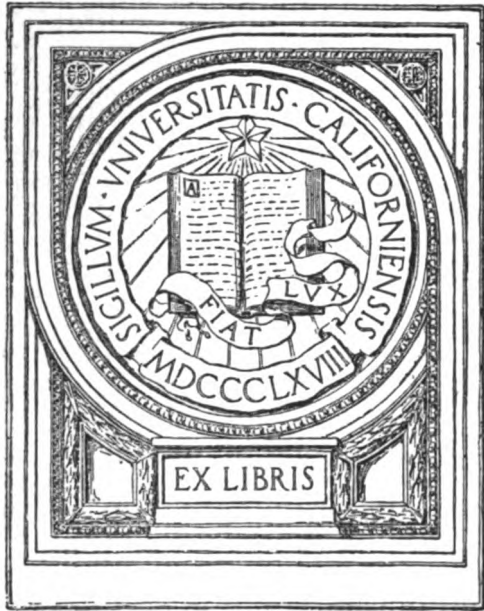
Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

UC-NRLF



B 2 901 947



EX LIBRIS

PUBLIC
HEALTH
LIBRARY

ARCHIV
FÜR
HYGIENE.

UNIVERSITY OF
CALIFORNIA

(BEGRÜNDET VON **MAX v. PETTENKOFER.**)

UNTER MITWIRKUNG

VON

Prof. Dr. O. BOLLINGER, München; Prof. Dr. BONHOFF, Marburg a. L.; Prof. Dr. R. EMMERICH, München;
Prof. Dr. F. ERISMANN, Zürich; Prof. Dr. HEIM, Erlangen; Prof. Dr. A. HILGER, München; Prof. Dr.
F. HUEPPE, Prag; Prof. Dr. KABRHEL, Prag; Prof. Dr. F. KRATSCHMER, Wien; Prof. Dr. K. LEHMANN,
Würzburg; Prof. Dr. LODE, Innsbruck; Prof. Dr. L. PFEIFFER, Rostock; Generalarzt Dr. J. PORT,
Würzburg; Prof. Dr. W. PRAUSNITZ, Graz; Prof. Dr. F. RENK, Dresden; Prof. Dr. SCHOTTELIUS,
Freiburg i. B.; Generaloberarzt Dr. A. SCHUSTER, München; Prof. Dr. WERNICKE, Posen.

HERAUSGEGEBEN

VON

J. FORSTER, M. GRUBER, FR. HOFMANN, M. RUBNER,

O. O. PROFESSOREN DER HYGIENE UND DIRECTOREN DER HYGIENISCHEN INSTITUTE AN DEN UNIVERSITÄTEN ZU
STRASSBURG WIEN LEIPZIG BERLIN.

DREIUNDVIERZIGSTER BAND.

MÜNCHEN UND BERLIN.

DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG

1902.

RA 421
A 75
v. 43

~~BIOLOGY~~
~~LIBRARY~~

PUBLIC
HEALTH
LIBRARY

NO. 1000
ANNEX: 1000

Inhalt.

	Seite
Untersuchungen über die Reifung von Weichkäsen. Von Dr. Stanislaus Epstein, Assistenten am Institute. (Aus dem hygien. Institute der k. k. deutschen Karl-Ferdinands-Universität Prag. Vorstand: Prof. F. Hueppe)	1
Über den Einfluss des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen. Von Privatdozent Dr. Heinrich Wolpert. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin)	21
Über die baktericide Wirkung von Blutserum und Blutplasma. Von Dr. med. Alfred Pettersson. (Aus dem pathol. Institute in Upsala)	49
Die Strafsenhygiene im Altertume. Von Prof. Dr. H. A. Nielsen, Kopenhagen	85
Über das Vorkommen löslicher Antimonverbindungen in Kleidungsstoffen. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann und Dr. Franz Göbel. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg)	116
Über die Bedeutung der Zerkleinerung und des Kochens der Speisen für die Verdauung. Von Prof. Dr. K. B. Lehmann in Würzburg. Nach in Gemeinschaft mit den Herren Dr. Felix Meyer aus Magdeburg und Dr. Moritz Götz aus Fischach ausgeführten Untersuchungen. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg)	123
Über die Wirkung des Einlegens von Fleisch in verschiedene Salze. Von Dr. phil. Kuschel, früher Assistent am hygienischen Institut der Universität Berlin	134
Bakterielles Verhalten der Milch bei Boraxzusatz. Von Marinestabsarzt Dr. Albrecht P. F. Richter, Assistent. (Aus dem hygienischen Institut der Königl. Universität Berlin)	151
Über die Verfahren und Apparate zur Entwicklung von Formaldehyd für die Zwecke der Wohnungsdesinfektion. Von Dr. Eugen Mayer, Stabsarzt, früher Assistent am Institut, und Dr. Heinrich Wolpert, Privatdozent, Oberassistent am Institut. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin)	157

	Seite
Über die Verstärkung der Desinfektionswirkung des Formaldehyds durch allseitigen künstlichen Innenwind. Von Dr. Eugen Mayer, Stabsarzt, früher Assistent am Institut, und Dr. Heinrich Wolpert, Privatdozent, Oberassistent am Institut. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin)	171
Über den Einfluß der Lufttemperatur auf die Desinfektionswirkung des Formaldehyds. Von Dr. Eugen Mayer, Stabsarzt, früher Assistent am Institut, und Dr. Heinrich Wolpert, Privatdozent, Oberassistent am Institut. (Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin)	221
Studien zur relativen Photometrie. Vom Dozenten Dr. Stanislav Růžička, Assistenten am Institut. (Aus dem hygienischen Institute des Prof. Dr. G. Kabrhel in Prag)	232
Zur Physiologie der Sporenbildung der Bacillen, nebst Bemerkungen zum Wachstum einiger Anaëroben. Von Dr. med. et phil. Teisi Matzuschita aus Nippon. (Aus dem botanischen Institut der Universität Halle a/S) (Mit Tafel I und II)	267

Untersuchungen über die Reifung von Weichkäsen.

Von

Dr. Stanislaus Epstein,

Assistenten am Institute.

(Aus dem hygienischen Institute der k. k. deutschen Karl-Ferdinands-Universität Prag. Vorstand: Prof. F. Hueppe.)

Die moderne Bakteriologie hat im Molkereiwesen große Fortschritte angebahnt. Wenn in dieser Beziehung auch zunächst wissenschaftliche Ziele maßgebend waren, so konnten doch bald auch der Praxis wertvolle Anregungen gegeben werden.

Die Untersuchungen über die Zersetzungen der Milch durch Mikroorganismen führten zunächst zum Verständnisse über den Keimgehalt der Milch überhaupt. Damit wurde eine Vorfrage für alle anderen Untersuchungen exakt lösbar, nämlich die Frage der Sterilisation der Milch. Wir besitzen jetzt nach den Forschungen von Hueppe mehrere Methoden, welche ein Sterilisieren der Milch ermöglichen.

Der zweite Fortschritt für die Praxis bestand darin, daß man nach Hueppe durch Reinkulturen von Milchsäurebakterien, sogen. Säurewecker, in der Lage ist, Butter von ganz bestimmten Eigenschaften zu gewinnen.

Der dritte praktische Fortschritt wurde angebahnt für die Herstellung des neben der Butter wichtigsten Milchproduktes, des Käses, gleichfalls durch Verwendung von Reinkulturen.

In dieser Hinsicht lagen bereits gewisse praktische Erfahrungen vor, welche zeigten, daß bestimmte Arten von Kleinlebewesen auf das fertige Produkt von großem Einflusse sind. In dieser Beziehung ist die Verwendung des sogen. Edelpilzes (Varietäten von *Penicillium glaucum*) bei Roquefort und Gorgonzola längst bekannt. Man kann auch mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, daß in Gegenden, in denen seit langer Zeit Käse bestimmter Art hergestellt werden, unabsichtlich wohl längst reine Massenkulturen bestimmter Bakterien in Betracht kommen.

Klare Vorstellungen in dieser Hinsicht finden wir aber erst bei F. Cohn¹⁾, welcher das Reifen des Käses mit der Vegetation des *Bacillus subtilis* in Verbindung brachte. Damit war die Käsereifung zugleich in schroffen Gegensatz gesetzt zur Gerinnung des Käsestoffes durch Milchsäurebakterien, weil das Erweichen der Käse beim Reifen als eine Auflösung des Käsestoffes gedeutet wurde. Die nächsten exakten bakteriologischen Untersuchungen ergaben in der That grundsätzliche Unterschiede in dem Verhalten verschiedener Bakterienarten gegenüber der Milch und dem aus der Milch ausgeschiedenen Käsestoff. Schon Pasteur hatte gelegentlich in der Milch, wenn sie beim Versuche der Sterilisierung nicht durch Säurebakterien zur Gerinnung gebracht war, trotz dieser Konservierung durch Erhitzen »Infusorien« beobachtet, die Cohn a. a. O. für Buttersäurebakterien hielt. Nägeli²⁾ glaubte ähnliche Beobachtungen im Sinne der Umwandlung einer Bakterienart in eine andere deuten zu können, indem er annahm, daß die Milchsäurebakterien durch Erwärmen in andere Modifikationen übergehen, welche andere Wirkungen hervorrufen.

Diese Frage wurde von Hueppe³⁾ dahin gelöst, daß er zwei Arten der Kaseinausscheidung durch Bakterien sicherstellte; die eine Gerinnungsweise erfolgt unter der Wirkung der Milchsäurebakterien dadurch, daß diese so viel Säure bilden, daß das

1) Beitr. z. Biologie d. Pflanzen, 1872, Heft 2, S. 172; 1875, Heft 3, S. 193.

2) Die niederen Pilze, 1877, S. 21, 63.

3) Mitteilungen aus dem kais. Gesundheitsamte, II, 1884.

Kasein ausgeschieden wird; die andere erfolgt durch Bakterien, welche ohne wesentliche Änderung der Anfangsreaktion oder bei alkalischer Reaktion das Kasein durch ein labähnliches Enzym zur Ausscheidung bringen. Das so ausgeschiedene Kasein wird dann durch proteolytische Enzyme mehr oder weniger gelöst, wobei gleichzeitig die weiße Farbe des Käsestoffes in Gelb übergeht und meist gleichzeitig eine Änderung des Geschmackes, z. B. Bitterwerden, eintritt und verschiedene Gerüche auftreten, die von angenehmem Aroma bis zum unangenehmen Gestank wechseln können. Ganz besonders finden sich Bakterien, welche derartige Wirkungen ausüben, unter den Sammelspezies der Heu-, Buttersäure-, Erd- und Kartoffelbakterien.

Duclaux¹⁾ hatte schon vor dieser Feststellung von Hueppe und in Anlehnung an den Gedankengang von Cohn in ausgedehnten Untersuchungen die bestimmte Ansicht ausgesprochen, daß Bakterien, welchen er den Namen Tyrothrix beilegte, die Käsereifung veranlassen. Diese Tyrothrixarten gehören übrigens, wie Hueppe später an alten eingeschmolzenen Kulturen feststellte, die von Duclaux zugeschickt waren, ohne Ausnahme den obengenannten Sammelspezies an.

Diese Identifizierung der Duclauxschen Tyrothrixarten mit den peptonisierenden gewöhnlichen Arten mußte in Verbindungen mit den Ermittlungen Hueppe's über die Wirkungsweise dieser Arten die Auffassung von Cohn und Duclaux über die Käsereifung ausschließlich durch peptonisierende Bakterienarten zunächst stützen.

Nur ließen sich die großen Unterschiede im Verhalten von Hart- und Weichkäse nicht so leicht mit diesen Vorstellungen in Einklang bringen, und es stimmte mit der Auffassung von verschiedenen Bakterienarten als spezifischen Erregern der Reifung besonderer Käsesorten schlecht zusammen. Mindestens hätte man erwarten müssen, daß wenigstens verschiedene Gruppen von Käsen auch verschiedene Gruppen, selbst verschiedene Arten von Bakterien causal erkennen ließen.

1) *Le Lait*, 1882.

Die Feststellung der Beziehungen der Bakterien als der äußeren Erreger von Gärungen zu dem gärungsfähigen Material, als der inneren Anlage, und zu den äußeren Gärungsbedingungen, die Hueppe¹⁾ gab, klärte manches auf. So muß erfahrungsgemäß die Milch zur Darstellung von Hart- oder Weichkäsen bei verschiedenen Temperaturen, kürzer oder schneller gelabt, das Koagulum in verschiedener Weise gepreßt und bei verschiedenen Temperaturen zur Reife gebracht werden. Dies erscheint uns jetzt fast selbstverständlich, da derartige verschiedene Vorbedingungen ein Material liefern müssen, welches in ganz verschiedener Weise für Gärungsvorgänge disponiert oder veranlagt ist. Diese Vorgänge, in deren Verwertung die Erfahrung der Theorie vorausgegangen ist, bedürfen jetzt gerade so gut wie die bakteriologischen Ermittlungen sorgfältiger wissenschaftlicher Prüfung, wenn man Käse einer bestimmten Gattung herstellen will.

Aber auch bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse liegen sowohl praktische wie wissenschaftliche Erfahrungen vor über die Käsereifung, die mit den Vorstellungen von Cohn und Duclaux nicht in Einklang zu bringen sind.

In Holland hat man schon seit längerer Zeit gelegentlich saure Molken der zu labenden Milch zugesetzt; man wollte damit zunächst das Laben selbst günstiger und gleichmäßiger gestalten und hat in dieser Hinsicht erfahrungsgemäß etwas festgestellt, was wissenschaftlich erst in den letzten Jahren genauer ermittelt wurde; Milch nämlich, welche so hoch erhitzt ist, daß sie bei ihrer Anfangsreaktion nicht mehr durch Lab koaguliert wird, kann bei Zusatz von saurerer Molke oder unter vorheriger Einwirkung von Milchsäurebakterien wieder in normaler Weise durch Lab zur Gerinnung gebracht und damit zur Käsefabrikation verwendet werden. Man begreift auf diese Weise einigermaßen, weshalb sich der Irrtum von Soxhlet so lange halten konnte,

1) Über einige Prinzipienfragen der Gärungsphysiologie; Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen, 1888, Nr. 7, und Über die Ursachen der Gärungen und Infektionskrankheiten und deren Beziehungen zum Causalproblem und zur Energetik, Berlin 1893.

dafs Lab- und Säuregerinnung identisch seien. Derartige Erfahrungen über günstige Beeinflussung der Labwirkung durch saure Molke hatten Persyn¹⁾ dazu geführt, saure Molken bestimmter Beschaffenheit planmäfsig für die Herstellung von Hartkäsen in Holland in Betracht zu ziehen. Persyn hat auf empirischem Wege ermittelt, dafs die saure Gärung, die bei den Holländischen Hartkäsen von entscheidender Bedeutung ist, und in seinen weiteren Versuchen mit Hueppe wurde mit voller Sicherheit festgestellt, dafs nach erfolgter Labwirkung die absichtlich mit der sogen. »langen Wei« zugesetzten Milchsäurebakterien (*Streptococcus Hollandicus Hueppe*) die besondere Richtung der Käsereifung in diesen Hartkäsen herbeiführen. Damit war wissenschaftlich und praktisch zum erstenmal ermittelt, dafs die Reifung bestimmter Hartkäse durch Milchsäure-Erreger eingeleitet und vielleicht zu Ende geführt wird. Ähnliche Erfahrungen über den Nutzen von saurer Molke bei der Herstellung von Emmenthaler Käse hat v. Freudenreich²⁾ zum Ausgang von Untersuchungen benutzt, die ergaben, dafs auch für die Schweizer Hartkäse jedenfalls die Säurebakterien das Bestimmende sind. Ich³⁾ selbst habe dann in exakter Weise mit Reinkulturen und sterilisierten Medien festgestellt, dafs die Arten der Milchsäurebakterien für die Einleitung und den Verlauf der Reifung von Hartkäsen entscheidend sind. Über günstige Erfahrungen bei Verwendung von Milchsäurebakterien bei der Käsereifung berichtet auch J. R. Campbell⁴⁾. Er erzielte bei der Herstellung von Cheddarkäsen vorzügliche Resultate durch Anwendung von reinen Massenkulturen — im Hueppe'schen Sinne — von Milchsäurebakterien. Dazu diente eine mehrmals umgezüchtete saure Milch, in der die Milchsäurebakterien vorherrschen.

Er nennt eine solche Kultur »a homemade starter«. Es ist selbstverständlich, dafs je nach dem Ausgangsmaterial und nach

1) Milchzeitung, 1889, Nr. 22.

2) Centralblatt f. Bakteriologie, 1895, Abt. II, Bd. XVII, S. 168, 230, 271, 342, 854.

3) Archiv f. Hygiene, 1900, Bd. 37, S. 329.

4) Exp. Stat. Record Wash., 1899, II, 283; citiert nach Weigmanns Referat in Chemiker Zeitung, 1900, Nr. 96.

der Art des Arbeitens solche »reine« Massenkulturen wirkliche Reinkulturen sein können, wie dies Grotenfelt¹⁾ festgestellt hat, oder dafs sie neben Milchsäurebakterien auch andere auf sauerem Nährboden wachsende Bakterien mitenthalten. In der Regel findet man unter solchen Umständen keine so reichhaltige Flora, wie die Gegner von Freudenreich meinen. Oft sind mehrere Varietäten von Milchsäurebakterien vorhanden, oft aber auch Reinkulturen einer Art oder Varietät. Das Letzte wird um so wahrscheinlicher, wenn in einer Molkerei jahrelang nach demselben Verfahren eine bestimmte Käsesorte hergestellt wird.

Diese Erfahrungen aus Amerika stehen im vollen Einklange mit den Erfahrungen in der Schweiz und Holland. Man muß schon sehr voreingenommen sein, wenn man diese grundlegenden Thatsachen für die Reifung der Hartkäse nicht achten will, wie dies besonders von Weigmann geschieht. Diese »primäre« Reifung durch den ganzen Käse durch ist für den Verlauf der Reifung und das Aussehen der Hartkäse von entscheidender Bedeutung.

Daneben können die Milchsäurebakterien noch die Bedeutung haben, dafs sie andere Bakterien beseitigen oder in Schach halten, welche ohne dieses Moment sogen. »Krankheiten« des Käses verursachen können.

Nach dem Aussehen der reifen Käse zu urteilen, könnte aber auch bei Hartkäsen noch eine »sekundäre« Reifung von außen nach innen mitbeteiligt sein. In diesem Sinne werden die Resultate verständlich, die Adamez und Klecki²⁾ erhielten, indem sie Emmenthaler Käse mit einer, *Bacillus nobilis* genannten Tyrothrixart herstellten. Diese Ermittlungen werden aber neuerdings von Freudenreich und Orla Jensen bestritten. Hält man an der Möglichkeit fest, dafs an der Rinde wachsende Keime nach innen vordringen oder durch Enzyme Wirkungen ausüben können, so bedürfen gerade bei Hartkäsen diese Dinge sorgfältigerer Untersuchungen, als sie in den letzten

1) Fortschritte der Medizin, 1889, VII, Nr. 2 u. 4.

2) Österr. Molkerei-Ztg., VI, 1900, Nr. 19—24; Österr. Molkerei-Ztg., VII, 1900, Nr. 16—18; vergl. auch Winkler in Molkerei-Ztg., 1900, Nr. 51 u. 52.

Jahren erfahren haben. Es ist bis jetzt gar nicht berücksichtigt, daß gerade die Veränderungen, welche die Eiweiskörper im Käse durch die Vegetation der Milchsäurebakterien erfahren, die Vegetation und Wirkungsweise der von der Oberfläche wirkenden Keime beeinflussen müssen. Dann ist bis jetzt nicht berücksichtigt worden, daß bei denjenigen Käsen, deren Oberfläche stark gesalzen wird, dieser Salzgehalt auf das Leben der Keime von größtem Einflusse sein muß, wie dies durch die Untersuchungen von Petterssen¹⁾ für die Reifung der Fischkonserven nahe gelegt wird, die manche Analogie mit der Käsureifung bieten. Wir behalten uns diese Untersuchungen vor.

Wenn ich diese Arbeiten zunächst nicht in Angriff genommen habe, so lag es daran, daß die Reifung der Weichkäse es zu ermöglichen schien, diese Frage von einem anderen Gesichtspunkte aus zu bearbeiten.

Die Milch und die aus ihr gewonnenen Produkte sind infolge ihrer chemischen Zusammensetzung geeignet, den heterogensten Bakterien- und Pilzarten günstige Existenzbedingungen zu bieten, so daß bekanntlich die Milch bei der bakteriologischen Differentialdiagnose längst eine große Bedeutung erlangt hat. Im Verlaufe der Zersetzungen durch die eine oder andere Art ändern sich die Produkte und damit werden weitere neue Lebensbedingungen für andere Arten geschaffen. Gerade die methodischen Schwierigkeiten, die sich daraus ergeben, haben es so lange verhindert, die Zersetzungen der Milch an der Hand von Reinkulturen zu untersuchen, bis die Vorversuche von Pasteur und Lister einen vorläufigen Einblick gewährten, und die Versuche von Hueppe die erste Lösung brachten. Trotzdem wir demnach eigentlich sowohl im Ausgangsmaterial, der Milch, als in den zur Käseherstellung daraus hergestellten Produkten erwarten mußten, jedesmal eine außerordentliche Vielheit der Bakterienflora zu finden, ist dies in Wirklichkeit durchaus nicht in so hohem Grade der Fall. Wenn man von den *Penicillium*-Vegetationen bei Gorgonzola und Roquefort absieht, so erkennt

1) Archiv f. Hygiene, 1900, Bd. 37, S. 171.

man bald, daß die überaus wechselnden Pilzvegetationen meist nur sekundärer Art sind, daß sie meist erst auf Kosten des Käses leben, denselben unangenehm beeinflussen, sich an der Bildung der spezifischen Eigenschaften aber nicht beteiligen. Nur für einige Weichkäse bedarf noch die Rolle der Pilze einer genauen Untersuchung nach der Richtung, ob dieselben für deren Reifung oder den Geschmack unerläßlich sind. Die Untersuchungen sind bereits in Gang und wird darüber bald berichtet werden. Für die meisten Hart- und Weichkäse kommt dieser Faktor jedoch nicht primär in Betracht.

Untersucht man nach diesen Ermittlungen die Hartkäse, so fällt ohne Rücksicht auf das Reifungsstadium im allgemeinen eine Armut an Tyrothrixarten auf, welche Arten noch dabei sehr wechseln, während sich die Milchsäure-Erreger in typischen Verhältnissen vorfinden. Gerade umgekehrt ergaben Untersuchungen über Weichkäse eine relative Armut der konstant vorhandenen Milchsäurebakterien gegenüber dem Reichtum an peptonisierenden Arten. Das veranlaßte mich nunmehr, den Camembert-Käse einer besonderen Untersuchung zu unterwerfen; ich benutzte zu den definitiven Versuchen die beste Qualität — le favorit — der Firma Le Breton & Aussenac in Paris, zur Orientierung auch die sehr gute Qualität Jockey-Club der Firma Früh & Maurice in Paris. Im ganzen habe ich 20 Camembert-Käse von verschiedenen Daten der ersten Art genauer untersucht.

Während Façon-Weichkäse aus Böhmen in Aussehen, Geruch, Geschmack, Bakterienbefund außerordentlich schwankten, zeigten von diesen 20 Käsen 19 ein gleichmäßiges Aussehen und denselben tadellosen Geschmack und Geruch, nur einer entsprach nicht den Anforderungen eines erstklassigen Produktes, aber wohl nur wegen sekundärer Schimmelvegetation. Man ersieht daraus, daß es ebenso wie bei Hartkäsen auch bei Weichkäsen gelingt, in der Praxis gleichmäßige Bedingungen herzustellen, die — wie in der Gärungsindustrie überhaupt — einem Arbeiten mit reinen Massenkulturen entsprechen.

In jedem einzelnen Falle wurden unter den entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen für steriles Arbeiten von verschiedenen

Stellen, von der Oberfläche und aus dem Innern, Partikelchen entnommen für mikroskopische und kulturelle Prüfung. Die entnommenen Partikel wurden durch Zerreiben und Schütteln in steriler Bouillon oder physiologischer Kochsalzlösung möglichst gleichmäßig verteilt und dann zu den Versuchen verwendet. Außer den gewöhnlichen aeroben Platten wurden auch anaerobe Kulturen angelegt. Wegen einer Kontroverse zwischen v. Freudenreich und Weigmann über die Mitbeteiligung anaerober Bakterien war dies erforderlich. Mit Rücksicht auf die Temperatur wurde Gelatine und Agar-Agar verwendet, die Kulturen wurden bei Zimmertemperatur und bei 30—32° gehalten.

Als Lösungen kamen in Betracht Bouillon, Molke, Kasein-Kali und Parakasein-Kali. Das Kasein-Kali wurde aus Milch durch Fällen mit Milchsäure gewonnen, sorgfältig reingewaschen, durch Extraktion mit Äther von Fett befreit, im Vakuum getrocknet und nach Bedarf in möglichst geringer Menge von $\frac{1}{10}$ Normal-Kalilauge gelöst. Für die Nährböden wurden 2% dieses Stoffes verwendet. Das Parakasein-Kali wurde in analoger Weise hergestellt, nachdem die Ausfällung durch Lab vorgenommen worden war. Zum schnellen Erkennen der säurebildenden Bakterien und zur Differenzierung gegen die anderen wurde den Nährböden 2% Milchzucker und feingeschlemmte Kreide zugesetzt.

Es sei gleich vorausgeschickt, daß sich in sämtlichen 20 Käsen konstant zwei Organismen fanden, ein peptonisierendes Kurzstäbchen und ein Milchsäure bildender Kokkus; in einigen der Käse kamen nur diese zwei Arten vor; in anderen fand sich noch ein weder Säure noch Pepton bildende Bakterienart; in anderen waren daneben andere Organismen vorhanden.

Die Schnittfläche der Käse zeigte in verschiedenem Grade der Ausbildung dasselbe Verhalten. Die oberflächliche Schicht ist gleichmäßig schmierig von gelblicher Farbe; dann folgt eine gelbliche speckige Zone und darauf ein feucht glänzender weißer, spärlich und fein gelochter Kern. Die Verteilung der Bakterien im Käse ist ganz charakteristisch, und der mikroskopische Befund und das kulturelle Verhalten stehen in vollem Einklang.

In der oberflächlichen schmierigen Schicht ist die üppigste Bakterienvegetation mit Vorherrschen von Kurzstäbchen; die unregelmäßig vorhandenen und wechselnden accidentellen Keime finden sich nur in der oberflächlichen Schicht, wenigstens habe ich sie nur dort gefunden; die Reaktion dieser Schicht ist alkalisch. Die zweite speckige Schicht unter der Oberfläche läßt einen Wechsel der Bakterienflora erkennen, nach der Oberfläche zu ist sie reichlich durchsetzt von den Kurzstäbchen, diese nehmen dann nach innen zu ab und fehlen unmittelbar über dem weißen Kern ganz. Dafür treten an dieser Stelle vereinzelt Säurebakterien auf; in dieser Übergangsschicht ist die Reaktion schwach alkalisch bis neutral. Ganz durchgereifter Käse ist überall alkalisch.

In dem weißen Kern finden sich nur und reichlich Milchsäurebakterien und saure Reaktion. Man ersieht daraus in klarster Weise, daß die Reifung dieser Weichkäse von der Oberfläche nach dem Innern fortschreitet. Die in der Erweichung sich auszeichnende starke Peptonisierung der Grundsubstanz ist am intensivsten und weitesten fortgeschritten, wo die Vegetation der peptonisierenden Bakterien am längsten und intensivsten gewirkt hat, das ist an der Oberfläche. Nach innen zu geht die Wirkung der diffundierenden löslichen Stoffwechselprodukte und der Enzyme der peptonisierenden Bakterien der Vegetation der Bakterien voran. Die alkalischen Stoffwechselprodukte (Ammoniak!) neutralisieren die Milchsäure des Kerns und machen Schicht für Schicht das Material ungeeigneter für die Vegetation der Milchsäurebakterien. Diese sterben infolgedessen von der Oberfläche nach dem Innern schichtweise ab, ihre Leibessubstanz wird vielleicht durch die peptonisierenden Enzyme der anderen Art aufgelöst, während die letzteren das weiße Parakasein verflüssigen und gelblich verfärben. Durch das Wirken der Milchsäurebakterien im Innern und die Notwendigkeit, die Stoffwechselprodukte der Milchsäurebakterien zu neutralisieren, dürfte wohl ein zu intensives Peptonisieren der ganzen Käsemasse und ein vollständiges Verflüssigen derselben verhindert werden. Zum guten Resultate ist das Nacheinander- und Nebeneinanderwirken beider Arten unerlässlich.

Ich führe nun die Ermittlungen an den einzelnen Käsen an:

Nr. 1. In diesem Käse kommen nur zwei Arten zur Entwicklung:

a) Aus den oberflächlichen Partien entwickelt sich eine Tyrothrixart **a**, wie ich mich kurz ausdrücken will, das heißt eine Art, welche ein peptonisierendes Enzym ausscheidet. In Gelatineplatten waren die Kolonien rundlich mit feingezacktem Rande, von gelblich weißer Farbe; bald tritt ein Verflüssigungshof ein, an dessen Grunde die Kolonien keine besondere Anordnung zeigen, später tritt intensive Verflüssigung der Gelatine ein. Im Gelatine-Stich und -Strich tritt schnell Verflüssigung ein, ehe es zur Bildung von charakteristischen Kolonien kommt. Auf Agar-Agar sind die Kolonien rund, von gelblich weißer Farbe. Im Agarstrich entwickelt sich eine breite, gelblich weiße, schmierige Auflagerung. Auf Platten mit kohlen-sauerem Kalk tritt keine Aufhellung in der Umgebung der Kolonien auf, die Bakterien bilden also keine Säure. Mikroskopisch färben sich die Bakterien gut. Bildung von endogenen Sporen wurde nicht beobachtet. Bei stärkerer Vergrößerung erscheinen die Organismen in Gelatine ohne besondere Anordnung, meist vereinzelt in Form von ganz kurzen, fast eiförmigen Stäbchen; in Agar und Bouillon sind es deutliche Kurzstäbchen, oft mit stärkerer Polfärbung; eine besondere Eigenbewegung wurde nicht wahrgenommen. Die Bakterien sind streng aërob.

b) Aus dem weißen Kern des Käses entwickelte sich eine säurebildende Art **b**. In Gelatine sind die Kolonien kugelförmig, von weißer Farbe, an der Oberfläche knöpfchenartig rund, von glänzend weißer Farbe. Im Gelatinestich bilden sie je nach der Menge des Materials einen Faden aus mehr oder weniger dichtgedrängten einzelnen Kolonien. An der Oberfläche der Stichöffnung ragen dieselben kaum über die Gelatine empor. Auf dem Gelatinestrich bildet sich eine schmale weiße, scharf abgesetzte Auflagerung. Die Gelatine nahm infolge der Vegetation einen schwach aromatischen Geruch an. Auf und im Agar sind es ebenfalls weiße rundliche Kolonien ohne besondere Merkmale. Auf Agarstrich ist das Wachstum etwas stärker wie

auf Gelatine. Auf Milchzucker-Nährboden mit kohlensauerem Kalk tritt um die Kolonien infolge der Auflösung von kohlensauerem Kalk ein lichter Hof auf; die Bakterien bilden also eine Säure. Mikroskopisch sind es in allen Nährböden Kokken, die in Ketten angeordnet sind, von denen ich solche bis zu 30 Einzelgliedern gesehen habe; Besonderheiten in der Färbung habe ich nicht wahrgenommen; diese Streptokokken sind fakultativ aërob und scheinen bei Luftabschluss eher besser zu wachsen. Diese Art ist bis jetzt nicht beschrieben, vielleicht ist sie identisch mit einer von Storch¹⁾ beobachteten, aber nicht weiter studierten Art.

Nach dieser Orientierung will ich jetzt kurz die Befunde bei den anderen Käsen angeben:

Käse Nr. 2, es fand sich Art **a** und **b**, daneben noch eine dritte **c**, welche aus schmalen Stäbchen bestand, deren Kolonien in Gelatine und Agar nichts Besonderes boten, die weder Säure bildeten, noch peptonisierten;

Käse Nr. 3, wie bei 1 nur **a** und **b**;

Käse Nr. 4, Bakterien **a** und **b** gefunden; daneben eine Hefe, welche Ascosporen bildete, mit Ausnahme von Milchzucker alle Zuckerarten vergärte und zu der Gruppe der Spiritushefen gehörte;

Käse Nr. 5, wie 1 nur **a** und **b**;

Käse Nr. 6, **a** und **b** und daneben vereinzelte Sprofszellen einer Torula-Art;

Käse Nr. 7, Nr. 8, Nr. 9, Nr. 10, nur **a** und **b**;

Käse Nr. 11, **a** und **b**, an der Oberfläche eine dichte Vegetation von *Oidium lactis*, der Geruch ist weniger rein wie der der anderen;

Käse Nr. 12, Nr. 13, wie 1 nur **a** und **b**;

Käse Nr. 14, **a** und **b** und Torula wie bei 6;

Käse Nr. 15, Nr. 16, nur **a** und **b**;

Käse Nr. 17, **a**, **b** und **c**;

Käse Nr. 18, Nr. 19, Nr. 20, nur **a** und **b**.

1) Siehe Jörgensen, Die Mikroorganismen der Gärungsindustrie, 4. Aufl., 1898, S. 82.

Zur weiteren Charakterisierung der Bakterien **a** und **b** sei folgendes angeführt.

Die *Tyrothrix a* wächst auf Kartoffeln mit gelblich gefärbtem dünnen Belag ohne Besonderheit. Bouillon wurde gleichmäßig getrübt, ohne Häutchen an der Oberfläche; nach einiger Zeit bildete sich ein Bodensatz. In sterilisierter Magermilch trat in den ersten Übertragungen keine Gerinnung ein, sondern vom 2.—3. Tage ab sofort eine zonenmäßig fortschreitende Verflüssigung des Kaseins, so daß nach 2 Wochen ungefähr nur ein Bodensatz vorhanden war. Nach längerer Züchtung tritt bei Überimpfung in Milch erst deutliche Ausscheidung des Kaseins und dann erst die Peptonisierung ein. Die Flüssigkeit ist anfangs gelblich durchscheinend und wird später etwas dunkler, mehr bräunlich, wenig opalisierend; die Reaktion ist alkalisch und zeigt Ammoniak- und Biuret-Reaktion. Gelatine mit Kasein-Kali und Parakasein-Kali bieten keine Besonderheiten gegenüber gewöhnlicher Gelatine.

Die Säurebakterien **b** zeigen auf Kartoffeln einen ganz feinen weißen Belag. In Bouillon zeigt sich ein sehr schwaches Wachstum am Boden, jedoch keine diffuse Trübung und keine Häutchenbildung. In Molke tritt ein sehr starkes Wachstum mit Trübung und Bodensatz, jedoch ohne Bildung von Häutchen ein. In der Milch erfolgt in 18 Stunden eine homogene Gerinnung ohne sichtbare Gasbildung; mit Lackmus gefärbte Milch und Molke werden erst rot, dann entfärbt.

Die oben erwähnten anderen Organismen habe ich auch auf den verschiedenen Nährböden untersucht, unterlasse jedoch eine nähere Beschreibung, weil dieselben für die Käsereifung ohne Bedeutung sind.

Verhalten der Bakterien a und b in Molke.

Die zur Untersuchung verwendete Molke wurde jedesmal in zwei Teile geteilt zu je 300 ccm und durch Kochen oder mittels Filtrierens durch Berkefeldfilter keimfrei gemacht; der eine Teil blieb ohne Zusatz, der zweite wurde mit Kalciumkarbonat versetzt zur Bindung der Säuren.

Bei Impfung mit dem Säureorganismus **b** entwickelte sich in der anfangs gelblich opalisierenden Flüssigkeit schon in 24 Stunden eine starke Trübung; nach 24 Stunden verbrauchten 25 ccm mit Lackmus als Indikator 2,5 ccm $\frac{1}{10}$ Normal-KHO, nach 48 Stunden 4,2 ccm $\frac{1}{10}$ Normal-KHO, nach 72 Stunden 4,65 ccm $\frac{1}{10}$ Normal-KHO; in 100 ccm waren demnach als Milchsäure berechnet vorhanden 0,1712 g. Nach dieser Zeit trat keine weitere Zunahme der Säure ein, und unter Bildung eines Bodensatzes klärte sich die Lösung wieder.

Um die Säurebildung auf verschiedene Zuckerarten zu prüfen, habe ich verschiedene Zuckerarten in stark verdünnter Bouillon mit dem Organismus geimpft und dann die Säure in 25 ccm mit $\frac{1}{10}$ Normal-Kalilauge bestimmt. Das Resultat ergibt folgende Tabelle:

Zuckerart	in 24 St.	in 48 St.	in 72 St.	in 96 St.	in 8 Tagen
Milchzucker . . .	2,5	4,2	4,6	4,6	4,6
Traubenzucker . .	3,0	4,5	5,4	5,4	5,4
Maltose	1,0	2,2	2,75	2,75	2,75
Rohrzucker	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Man sieht daraus, daß Traubenzucker am stärksten angegriffen wird, am schwächsten Maltose, gar nicht Rohrzucker.

Die mit kohlsauerem Kalk versetzte Molke war nach 2 Wochen wieder klar geworden, ein großer Teil des Kalkes war in Lösung gegangen, wie ich bei Zusatz von oxalsauerem Ammon durch Ausscheidung von oxalsauerem Kalk leicht feststellen konnte. Noch nach 4 Wochen war ein Teil des Zuckers vorhanden. Die Molke wurde filtriert, am Wasserbade eingedampft, mit verdünnter Schwefelsäure versetzt, wobei sich sofort ein krystallinischer Niederschlag von Gips bildete. Dieser breiartige Niederschlag wurde sofort einer Destillation unterworfen, wobei jedoch flüchtige Säuren nicht nachweisbar waren. Der im Kolben verbliebene Rückstand wurde 2 Tage mit Äther extrahiert, die ätherische Lösung hatte stark saure Eigenschaften und gab nach Verdunsten des Äthers die Uffelmannsche Reaktion. Nach Abdestillieren des Äthers verblieb eine schwach gelblich

gefärbte Flüssigkeit, aus der durch Zugabe von kohlsauerem Zink Krystalle sich bildeten, welche sich nach ihrem mikroskopischen Aussehen, Drehungsvermögen und Krystallwasser als milchsauerer Zink erwiesen. Die Milchsäure war vorwiegend Linksmilchsäure mit etwas Äthylidenmilchsäure; andere Säuren waren nicht vorhanden. Durch die Jodoformreaktion konnte im Filtrate eine Spur von Alkohol nachgewiesen werden. Bei Anaërobie war das gleiche Resultat. Die Molke nahm einen schwach aromatischen Geruch an, der jedoch nicht zu charakterisieren war.

Verhalten der peptonisierenden Bakterienart a.

Die Zubereitung der Molke war so wie im vorigen Falle. In der mit kohlsauerem Kalk versetzten Molke war scheinbar keine Lösung des kohlsauereren Kalks eingetreten. Bei Prüfung der Flüssigkeit nach 2 Monaten mit oxalsauerem Ammon zeigte sich, daß Spuren von Kalk in Lösung gegangen waren. Alkohol war nicht nachweisbar. Die ganze Lösung wurde nun filtriert, eingengt, mit verdünnter Schwefelsäure versetzt und einer Destillation unterworfen; das Destillat hatte an Essigsäure und Buttersäure erinnernden Geruch; dasselbe wurde mit Kalilauge neutralisiert, bis zur Trockne eingedampft, und dieser Rückstand mit Schwefelsäure und Alkohol behandelt; hierbei trat ein an Essigäther und Ananas erinnernder Geruch auf. Bei der geringen Menge der flüchtigen Säuren gelang jedoch eine Isolierung nicht. Der Rückstand von der ersten Destillation wurde am Wasserbade eingedampft und mit Äther längere Zeit extrahiert; die ätherische Lösung hatte ganz schwach saure Eigenschaften. Milchsäure konnte jedoch nicht nachgewiesen werden.

Die Organismen **a** und **b** zeigen in zuckerhaltigen Lösungen ein ganz verschiedenartiges Verhalten.

Verhalten der Bakterien a und b gegen Kasein.

Das Kasein wurde in der früher erwähnten Weise hergestellt und in einer Menge von 2% in Lösung gebracht. Um die nötigen Nährsalze zu gewinnen, wurde ein hartes salzreiches Brunnenwasser verwendet, dem noch 0,1% NaCl zugesetzt wurde.

Die alkalische Reaktion wurde durch Milchsäure bis zur eben noch schwach alkalischen abgestumpft.

Der Milchsäurebacillus **b** entwickelte sich sehr üppig und behielt seine Lebensfähigkeit sehr lange; nachdem er durch 4 Monate bei 31° C. gestanden hatte, genügte ein Tropfen, um sterile Milch in 24 Stunden zur Gerinnung zu bringen. Die Eiweißkörper werden sehr wenig, aber deutlich angegriffen. Nach 4 Monaten ergibt ein Vergleich mit der sterilen Kontrollflüssigkeit, daß das Kasein abgenommen hat. In der von Kasein abfiltrierten Lösung ist von der 2. Woche ab deutlich, obwohl schwach Albumose nachweisbar, und die von Kasein befreite Lösung zeigte eine schwache, aber deutliche Färbung mit Millons Reagenz. Zur Prüfung auf aromatische Säuren wurde die Kaseinlösung mit Phosphorsäure und dann mit Äther ausgeschüttelt. Nach Verdunsten des Äthers wurde der Rückstand in Wasser gelöst; dabei erhielt man mit Millons Reagenz eine schwache Rotfärbung. Dann wurde die mit Phosphorsäure angesäuerte Lösung der Destillation unterworfen, das Destillat mit Natronlauge alkalisiert und wieder destilliert, aber kein Skatol und Indol gefunden. Der Rückstand der Natronlauge wurde mit Schwefelsäure angesäuert, dann mit Soda alkalisch gemacht und destilliert. Phenol und Kresol waren nicht nachweisbar. Zur Prüfung auf Amidosäuren wurde die Kaseinlösung mit basischer Bleiacetatlösung versetzt und der Niederschlag abfiltriert. Im Filtrat wurde das Blei mit Schwefelwasserstoff gefällt, abfiltriert, die Lösung auf ein kleines Volumen eingeeengt, wobei sich Tyrosin ausschied.

Zur Prüfung auf Pepton wurde die klare Flüssigkeit mit Phosphorwolframsäure versetzt, der Niederschlag gewaschen, in Kalilauge gelöst; er gab aber mit Kupfersulfat keine Biuretreaktion.

Verhalten des peptonisierenden Bakteriums a.

Infolge der üppigen Vegetation der Bakterien nimmt die Kaseinlösung bald eine gelbliche Farbe an. Nach 2 Wochen war Kasein nicht mehr nachzuweisen und Essigsäure gab keine Fällung. Dafür war aber Albumose mit Sicherheit nachweisbar

und von der 3. Woche ab auch Pepton und Ammoniak. Mit Millons Reagenz erhält man schwache Rotfärbung. In der früher angegebenen Weise wurde auf flüchtige und nichtflüchtige Säuren untersucht und mit Sicherheit Essigsäure, Buttersäure und Spuren von Valeriansäure nachgewiesen. Bei der Prüfung auf Amidosäuren ergab sich die Anwesenheit von Tyrosin und Leucin, die Tryptophanreaktion war negativ. Bei der Prüfung auf aromatische Oxysäuren ergab der Zusatz von Millons Reagenz eine Rotfärbung. Die Prüfung auf Indol und Skatol fiel negativ aus; Phenol und Kresol waren nicht vorhanden. Nach 3 Monaten war die Kaseinlösung dunkelbraun geworden und hatte einen Geruch nach Leim und Ammoniak angenommen. Die Bakterien waren nach dieser Zeit noch lebens- und wirkungsfähig.

Dafs die Wirkung der Bakterien auf der Bildung von proteolytischen Enzymen beruht, habe ich durch zwei Versuche sichergestellt. Von einer 6tägigen, in üppiger Vegetation befindlichen Kaseinlösung wurde ein Teil mit Thymol versetzt und dadurch die Vegetation der Bakterien unterbrochen. Auf Milch übertragen, tritt eine intensive Peptonisierung des Kaseins ein. Ein anderer Teil wurde durch Berkefeldfilter filtriert, dadurch von Bakterien befreit und der Milch zugesetzt; auch in diesem Falle tritt Peptonisierung ein, nur ist dieselbe etwas schwächer als bei Anwesenheit von lebenden Bakterien.

Wie bei der Molke, so war auch beim Kasein ein deutlicher und durchgreifender Unterschied der beiden Bakterienarten festzustellen.

Verhalten der beiden Bakterien a und b in Parakasein.

Wie ich¹⁾ schon in meinen früheren Untersuchungen nachgewiesen habe, kann man das Laben und die Gewinnung des Parakaseins zur Käseherstellung ganz gut unter sogen. »aseptischen« Kautelen vornehmen. Dafs man unter diesen Umständen

1) Untersuchungen über Milchsäuregärung und ihre praktische Verwertung. Archiv f. Hygiene, 1900, Bd. 37, S. 329.

etwas mehr Lab gebraucht, wie sonst üblich ist, kommt nicht in Betracht. Die mäßig erhitzte Milch labt vollständig. Wollte man in der Praxis in einer Molkerei ganz bestimmte Bakterienarten erst einführen und heimisch machen, wie man dies in der Brauerei- und Spiritus-Industrie bereits mit Erfolg gethan hat, so würde man vielleicht eine Zeitlang vorteilhaft von erhitzter Milch ausgehen. Die Mängel, die das Erhitzen für die Labwirkung hat, könnte man dadurch ausgleichen, daß man die Säureorganismen in steriler Molke zur Entwicklung bringt. Die auf diese Weise mit übertragene Säure würde dann nach den neueren Untersuchungen den ungünstigen Einfluß des Erhitzens auf das Laben beheben, und es bedürfte keiner anderen Zusätze, z. B. von Kalksalzen. Ist in einer Molkerei erst einmal der richtige Organismus heimisch gemacht, so kann man für den Grad des Erhitzens die rein technischen Gesichtspunkte in den Vordergrund stellen. Da das Erhitzen auf 70° C. aber ausreicht und zugleich die pathogenen Keime vernichtet, die allenfalls zu beachten sind, so können die Laboratoriumsversuche, über die ich verfüge, einen Hinweis geben, daß die streng wissenschaftlichen Versuche sich mit den Forderungen der Praxis leicht in Einklang bringen lassen. Die Milch wurde in großen Kolben 3—4mal bei 70° C. erhitzt, jedesmal 6 Stunden lang, dann 12 Stunden sich selbst überlassen, und nun nochmals 2—3mal in derselben Weise erhitzt; auf diese Weise gelang es auch, große Portionen der Milch zu sterilisieren. Das Lab wurde wie in meiner früheren Arbeit durch Auflösen von Hansenschen Tabletten erhalten und durch Berkefeldfilter filtriert. Zum Impfen der Milch dienten frische, 24 Stunden alte Kulturen, die in Mengen von 5 ccm für 1 l Milch verwendet wurden; die Milch wurde auf 36° C. erhitzt, dann mit den Reinkulturen gut durchgeschüttelt und bei dieser Temperatur gelabt. Auf diese Weise gelang eine gleichmäßige Verteilung der Keime in dem ausgeschiedenen Parakasein. Die ganze Masse blieb noch einige Stunden bei Zimmertemperatur stehen, um eine kompaktere Masse zu gewinnen, wurde dann in sterilen Tüchern abgeprefst und daraus Käse geformt. Diese Käse wurden bei

Zimmertemperatur der Reifung überlassen und jede Reihe in je sechs Einzelversuchen durchgeführt.

1. Die Käse mit Milchsäurebakterien **b**, allein, blieben weiß, waren nur wenig fein gelocht und zeigten keinen besonderen Geruch und Geschmack; das Aussehen war durch die ganze Masse gleichmäßig. Im Gegensatz zu meinen früheren Versuchen, in denen die Reifung durch andere Milchsäurebakterien aus Hartkäsen allein viel weiter ging und mehrfach der charakteristische Geruch der Ausgangskäse auftrat, war in diesem Falle eine wirkliche Reifung durch diese Art der Organismen nicht vorhanden. Mit Rücksicht auf die Kontroverse zwischen v. Freudenreich und Weigmann habe ich demnach ermittelt, daß die Arten der Milchsäurebakterien sicher von großem Einflusse sind. Dies wird man bei dem weiteren Verfolgen der ganzen Frage mehr beachten müssen, als dies z. B. von Adametz geschehen ist. Diese Thatsache beleuchtet auch die Objektivität, mit der Weigmann¹⁾ meine obige Arbeit bespricht.

2. Bei Impfung mit dem peptonisierenden Bakterium **a**, allein, war die Oberfläche des Käses stark peptonisiert, die Reifungszone war aber trotzdem nicht so weit nach Innen fortgeschritten, wie in der gleich zu erwähnenden dritten Versuchsreihe. Es schien hier etwas für die Vegetation dieser aeroben Art zu fehlen, Geruch und Geschmack erinnerten an Camembert, aber nicht so, daß man von einer vollen Gleichartigkeit hätte sprechen können.

3. Gleichzeitige Impfung mit Milchsäurebakterien **b** und peptonisierenden, **a**. Die Bakterien sind sofort ziemlich gleichmäßig durch die ganze Masse verteilt. Nach eingetretener Reifung scheinen die peptonisierenden Bakterien aus dem weißen Kern verschwunden und nur die Milchsäurebakterien vorhanden zu sein. Umgekehrt sind bald an der Oberfläche nur die peptonisierenden Bakterien nachweisbar, und auch bei Impfen von steriler Milch von der Oberfläche und aus der Reifungs-

1) Chemiker-Zeitung, 1901, Nr. 96.

schicht tritt keine Säuregerinnung der Milch ein. Es hat sich demnach infolge der verschiedenen Bedingungen ein Kampf ums Dasein zwischen beiden Arten derart abgespielt, daß zunächst durch die ganze Masse hindurch und später im Innern die Milchsäurebakterien als fakultativ anaërobe begünstigt waren und die andere Art verdrängten. Dann kam aber von der Oberfläche her die peptonisierende aërobe Art zur Geltung und drang schichtweise vor, wobei ihre alkalischen Stoffwechselprodukte vorauswirkend, den Produkten der Säurebakterien entgegenarbeiteten und so zugleich den Boden zu ihren Gunsten änderten, während die peptonisierenden Enzyme das Parakasein erweichten und seine weiße Farbe in eine gelbe veränderten.

Die Käse, welche mit beiden Arten zugleich geimpft waren, zeigten schon, als die Reifungsschicht erst 3—5 mm stark war, den charakteristischen Geruch und Geschmack eines erstklassigen Camembert-Käses.

Ich habe demnach unter den strengen Bedingungen eines exakten wissenschaftlichen Versuches nachgewiesen, daß zur Herstellung eines Weichkäses das Zusammenwirken von zwei Bakterienarten unerläßlich ist, indem im Innern des Käses die Milchsäurebakterien eine vorbereitende Wirkung ausüben, während die für Weichkäse charakteristische Reifung von der Oberfläche nach dem Innern schichtweise fortschreitet.

Über den Einfluss des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen.

Von

Privatdozent Dr. **Heinrich Wolpert.**

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Über den Einfluss des Windes auf die Kohlensäure- und Wasserdampfabgabe des Menschen habe ich vor einigen Jahren berichtet.¹⁾ Damals konnte insbesondere nachgewiesen werden, dass bei mittelhohen Lufttemperaturen (etwa 25—35°) die Wirkung des Windes im wesentlichen in einer geänderten (außerordentlich verminderten) Wasserdampfabgabe der Haut besteht, weniger durch Änderungen der Kohlensäurebildung sich äußert; dass aber die letzteren in beträchtlichem Maße bei niedrigeren Lufttemperaturen (etwa 10—20—25°) sich geltend machen, wobei unter dem Einfluss des Windes die Kohlensäurebildung sehr gesteigert ist, entschieden gesteigert auch die Wasserdampfabgabe; und dass bei ganz hohen Temperaturen (35—40°) die Wasserdampfabgabe sehr gesteigert ist, etwas gesteigert wohl auch die Kohlensäurebildung.

Nach jenen Befunden darf als wahrscheinlich angesehen werden, dass bei den unteren Temperaturen unter dem Einfluss des Windes auch die Atmungsgröße wächst. Ob letztere aber bei höheren Lufttemperaturen vom Wind beeinflusst werde, und

1) Dieses Archiv, Bd. 33, Heft 3, S. 206. Auch Hygienische Rundschau, 1897, Nr. 13.

gegebenen Falles nach welcher Richtung, steht ganz dahin. Denn in warmer bzw. heißer Luft brauchen die erwiesenen Andersgestaltungen des Kohlenstoff- und Wasserumsatzes unter dem Einfluss des Windes durchaus nicht gleicherweise, wie in der Kälte, mit Änderungen der Atmungsgröße verknüpft zu sein. Auch scheinen Fälle denkbar, in denen der Wind die Atmungsgröße beeinflussen könnte, ohne jedoch die absolute Größe der Kohlensäurebildung und Wasserdampfabgabe zu ändern.

Unter diesen Umständen konnten experimentelle Erhebungen über den Einfluss des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen nicht umgangen werden. Hierüber ist in folgendem berichtet. Da mehrfach auf die bereits festgestellten Kohlensäure- und Wasserdampfabgaben zurückgegriffen werden wird, mag zunächst in nachstehender Tabelle eine zusammenfassende Übersicht über die Hauptresultate der citierten früheren Veröffentlichung folgen.

Mittelwerte der Kohlensäure- und Wasserdampfabgabe bei 8 m Wind.

Temperatur	Wind gegen Windstille	
	± Kohlensäure	± Wasserdampf
10—15°	17% mehr CO ₂ Absolut 30,0 : 25,1 g/St.	7% mehr H ₂ O Absolut 30 : 28 g/St.
15—20°	20% mehr CO ₂ Absolut 30,1 : 24,1 g/St.	14% mehr H ₂ O Absolut 22 : 19 g/St.
20—25°	11% mehr CO ₂ Absolut 28,0 : 25,0 g/St.	4% weniger H ₂ O Absolut 22 : 23 g/St.
25—30°	4% weniger CO ₂ Absolut 24,0 : 25,3 g/St.	47% weniger H ₂ O Absolut 23 : 43 g/St.
30—35°	9% weniger CO ₂ Absolut 21,6 : 23,7 g/St.	39% weniger H ₂ O Absolut 51 : 84 g/St.
35—40°	4% mehr CO ₂ Absolut 22,1 : 21,2 g/St.	28% mehr H ₂ O Absolut 156 : 112 g/St.

Auch bei den neuerlichen Versuchen wurde die Windgeschwindigkeit von 8 m in der Sekunde eingehalten, die wie früher mittels eines (desselben) elektrischen Ventilators hervor gebracht wurde. Die Versuchsbedingungen wurden thunlichst gleich den früheren gewählt. Die neuerliche Versuchsperson, Behr., Aushilfsdiener am Institut, war ebenfalls normal gebaut, ziemlich kräftig, und hatte nackt ein Körpergewicht von 61 kg

(Bretschn. 57 kg). Alle Versuche wurden, ganz wie die früheren an Bretschn., im Sitzen vorgenommen. Die Versuchszeit belief sich in der Regel auf eine halbe Stunde, manchmal auf etwas mehr oder weniger; die Versuchsergebnisse wurden stets auf die volle Stunde umgerechnet. In den meisten Versuchen wurden auch genau inmitten der Versuchszeit Ablesungen notiert, und hieraus neben den Stundenwerten je zwei Halbstundenwerte berechnet.

Die Messung der ausgeatmeten Luftmengen, in einzelnen Fällen auch deren Analyse, erfolgte mittels des Zuntzschen Respirationsapparats.¹⁾ Die Versuchsperson atmete also durch Ventile ein und aus, und die ausgeatmete Luft ging durch eine Gasuhr, worin ihr Volum gemessen wurde. Falls durch den Widerstand der Ventile, auf deren möglichst leichtes, vor allem aber zuverlässiges Funktionieren geachtet wurde, die Atmungsmechanik der Versuchsperson eine Änderung erfuhr, so war dies für den Entscheid der vorliegenden Frage durch Parallelversuche belanglos.

Die Versuchsergebnisse sind in zeitlicher Folge in der am Schlufs folgenden Generaltabelle zusammengestellt; subjektive Empfindungen, insbesondere Frieren und Wärmegefühl betreffend, wurden, wo von der Versuchsperson geäußert, in der Tabelle wiedergegeben. Die Versuche Nr. 1—94 beziehen sich auf den Einfluß des Windes auf die Atmungsgröße des Bekleideten, dann auch des Nackten; begonnen wurde mit den höheren Temperaturen.²⁾ Die Kleidung Behr.'s war eine ähnlich leichte, wie die Bretschn.'s; sie wog ca. 2800 g (die Bretschn.'s hatte gegen 2500 g gewogen).

Die in diesen Versuchen gemachten Erfahrungen führten dazu, nebenher in den Versuchen Nr. 95—112 eine Prüfung des

1) Der Zuntzsche Apparat ist ausführlich beschrieben und abgebildet u. a. in Pflügers Archiv, Bd. 55, Heft 1 u. 2.

2) Die Versuche Nr. 1—4, in welchen die Ventile nicht ganz einwandfrei funktionierten, sowie 5—7, in welchen sie vorzeitig ganz versagten (platzen), wurden für die Schlufsfolgerungen außer Betracht gelassen. In Versuch 8—117 arbeiteten die Ventile, deren Membran einer neuen Bezugsquelle entstammte, tadellos.

etwaigen verschiedenen Einflusses trockener und feuchter Luft auf die Atemgröße, wiederum im bekleideten und nackten Zustand, anzuschließen, und dann noch in einigen Versuchen (Nr. 113—117), die unter und außer dem Einfluss des Windes ausgeatmete Luft auf Kohlensäure und Sauerstoff zu analysieren. Für die Versuche Nr. 76—112 finden sich in der Tabelle auch Angaben über die Anzahl der Atemzüge pro Minute, so daß sich deren Tiefe berechnen läßt.

Die Atmungsfrequenz war durchschnittlich eine sehr hohe, sie betrug meistens etwa 20—25 Atemzüge in der Minute in den Normalversuchen. Dem gegenüber hatte Vierordt¹⁾ an sich selbst bekanntlich nur etwa 12 Atemzüge in der Minute gezählt, Zuntz²⁾ nur 8—9 und Speck³⁾ sogar nur 6—7 in der Minute. Hutchinson⁴⁾ freilich fand unter ca. 2000 Zählungen an Personen, die nichts von der Zählung wußten, die Mittelzahl von 16—24 Respirationen in der Minute; unter 16 sank die Frequenz der Atmung nur in sehr wenigen seiner Fälle, ebenso betrug sie selten über 24. Auch in meinen Versuchen wußte die Versuchsperson nichts von der Zählung ihrer Atemzüge.

Auch die Atmungsgrößen sind in meinen Versuchen weit höher als bei Vierordt⁵⁾; sie bewegten sich durchschnittlich in den Normalversuchen von etwa 600 l pro Stunde aufwärts, was für Vierordts eigene Person schon einen höchsten Grenzwert darstellt. Wie viel zu diesen außerordentlich hohen Zahlen die

1) Karl Vierordt, Physiologie des Atmens. Karlsruhe 1845, S. 255.

2) Pflügers Archiv für Physiologie, Bd. 46, S. 189.

3) Speck, Untersuchungen über Sauerstoffverbrauch und Kohlensäureausatmung des Menschen. Cassel, 1871, S. 31.

4) Hutchinson, Artikel Thorax in Todds Cyclopaedia, IV, S. 1085. (Citirt nach Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. 4, Teil 2, Abteilung: Physiologie der tierischen Wärme, bearbeitet von Rosenthal. Leipzig, 1882, S. 198.)

5) Andere Versuchspersonen hatten, am gleichen (Zuntzschen) Respirationsapparat wie Behr., auch mir niedrigere Werte ergeben, so z. B. im Sommer 1899 Gandr. in einer noch nicht veröffentlichten Versuchsreihe, welche auf die Beeinflussung des Gaswechsels durch die Besonnung gerichtet war; er hatte normalerweise eine stündliche Atmungsgröße von 290—300 l bei einer minutlichen Frequenz von 9—10 Atemzügen. Leider stand Versuchsperson Gandr. für vorliegende Versuchsreihe nicht mehr zur Verfügung.

Atemarbeit durch die Ventile, und (sicherlich mehr) auch die Eigenart der Versuchsperson beigetragen hat, mag dahingestellt bleiben; die Beweiskraft der Parallelversuche wird dadurch, wie erwähnt, nicht berührt.

Einen bequemeren Überblick über die hauptsächlichsten Versuchsergebnisse, als ihn die chronologisch geordnete Generaltabelle mit ihren Einzelnachweisen bieten kann, gibt die nachstehende Zusammenfassung zu Mittelwerten, welche nach fallenden Temperaturen geordnet sind.

I. Vergleich von Wind mit Windstille.

a) Versuche in Kleidung.

•Bekleidet mit Wind• verglichen mit: •Bekleidet ohne Wind•.

1. Nr. 12 und Nr. 13 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 11 und Nr. 14 Bekleidet mit Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 12 und 13 ($39,1^\circ$) = 701,3 l,
aus Nr. 11 und 14 ($38,7^\circ$) = 738,2 l.

Bei ca. 40° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,
105 Bekleidet mit Wind.

Mit Wind war dabei die Belästigung durch Schweiß kaum wesentlich geringer als ohne Wind.

2. Nr. 9 und Nr. 33 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 8, 10 und 34 Bekleidet mit Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 9 und 33 ($35,5^\circ$) = 716,3 l,
aus Nr. 8, 10 und 34 ($35,9^\circ$) = 761,6 l.

Bei ca. 35° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,
106 Bekleidet mit Wind.

Mit Wind ergab sich viel weniger Schweiß als ohne Wind.

3. Nr. 22 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 23 Bekleidet mit Wind.

Atmungsgröße aus Nr. 22 (Temperatur $30,3^\circ$) = 612,9 l,
aus Nr. 23 (Temperatur $30,4^\circ$) = 674,4 l.

Bei ca. 30° sind daher die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,
110 Bekleidet mit Wind.

Mit Wind trat kein Schweiß auf, auch ohne Wind keiner; jedoch wurde Wind angenehmer als Windstille empfunden.

4. Nr. 26 und Nr. 28 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 27 und Nr. 29 Bekleidet mit Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 26 und 28 ($24,1^\circ$) = 691,5 l,
aus Nr. 27 und 29 ($24,1^\circ$) = 684,5 l.

26 Über den Einfluß des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen.

Bei ca. 24° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

- 100 Bekleidet ohne Wind,
- 99 Bekleidet mit Wind.

Wind und Windstille wurden dabei ohne wesentlichen Unterschied ertragen. Mit Wind war es vielleicht ein wenig kühler, jedoch kam es nie zu Gänsehaut, und »Ohne Wind« wurde wohl ein wenig angenehmer empfunden.

5. Nr. 24 und 30 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 25 und 31 Bekleidet mit Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 24 und 30 (22,3°) = 649,4 l,
aus Nr. 25 und 31 (22,2°) = 736,2 l.

Bei ca. 22° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

- 100 Bekleidet ohne Wind,
- 113 Bekleidet mit Wind.

Ohne Wind war es angenehm warm; mit Wind dagegen kalt, es trat Gänsehaut auf.

6. Nr. 18, 54, 56, 68, 70, 103, 104 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 19, 57, 58, 71, 73, 104, 113 Bekleidet mit Wind.

Mittlere Atmungsgrößen aus 18, 54, 56, 68, 70, 103, 104 (20,0°) = 691,5 l,
aus 19, 57, 58, 71, 73, 104, 113 (20,0°) = 764,1 l.

Bei 20° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

- 100 Bekleidet ohne Wind,
- 111 Bekleidet mit Wind.

Ohne Wind war es angenehm warm, mit Wind trat dagegen häufig Gänsehaut auf.

7. Nr. 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112 Bekleidet mit Wind.

Mittlere Atmungsgrößen:

Aus 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 (15,5°) = 732,5 l,
aus 65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112 (15,7°) = 959,2 l.

Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

- 100 Bekleidet ohne Wind,
- 131 Bekleidet mit Wind.

Ohne Wind machte sich keine Kälteempfindung bemerkbar; mit Wind zuweilen stark gefroren (Gänsehaut, Zittern, Schütteln).

b) Versuche ohne Kleidung.

»Nackt mit Wind« verglichen mit: »Nackt ohne Wind«.

8. Nr. 37 und Nr. 39 Nackt ohne Wind,
Nr. 38 und Nr. 40 Nackt mit Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 37 und 39 (39,8°) = 687,0 l,
aus Nr. 38 und 40 (40,0°) = 835,8 l.

Bei ca. 40° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

- 100 Nackt ohne Wind,
- 122 Nackt mit Wind.

Wind war angenehmer als Windstille. Ohne Wind zeigte sich sehr viel mehr Schweiß als mit Wind.

9. Nr. 31a und Nr. 35 Nackt ohne Wind,
Nr. 32 und Nr. 36 Nackt mit Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 31a und 35 ($35,2^\circ$) = 661,5 l,
aus Nr. 32 und 36 ($36,0^\circ$) = 734,4 l.

Bei ca. 35° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Nackt ohne Wind,
111 Nackt mit Wind.

Wind war angenehmer als Windstille. Ohne Wind zeigte sich etwas Schweiß, mit Wind kein Schweiß.

10. Nr. 41 und Nr. 43 Nackt ohne Wind,
Nr. 42 und Nr. 44 Nackt mit Wind.

Mittlere Atmungsgrößen aus Nr. 41 und 43 ($30,0^\circ$) = 704,0 l,
aus Nr. 42 und 44 ($30,7^\circ$) = 731,4 l.

Bei ca. 30° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Nackt ohne Wind,
104 Nackt mit Wind.

Ohne Wind war es wohl etwas warm, aber es trat kein Schweiß auf. Jedenfalls waren in diesen Versuchen Wind und Windstille ohne wesentlichen Unterschied für die Empfindung.

11. Nr. 67 und Nr. 69 Nackt ohne Wind,
Nr. 72 und Nr. 74 Nackt mit Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 67 und 69 ($19,8^\circ$) = 595,2 l,
aus Nr. 72 und 74 ($19,9^\circ$) = 894,0 l.

Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Nackt ohne Wind,
150 Nackt mit Wind.

Windstille war hier weit angenehmer als Wind. Mit Wind war es sehr kalt, Zittern und Schütteln machte sich bemerkbar, die Haut verfärbte sich stellenweise cyanotisch u. s. w.; ohne Wind war es nicht zu kalt.

II. Vergleich von Nackt mit Bekleidet.

a) Versuche ohne Wind.

›Nackt ohne Wind‹ verglichen mit: ›Bekleidet ohne Wind‹.

12. Nr. 46 und Nr. 48 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 45 und Nr. 47 Nackt ohne Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 46 und 48 ($34,5^\circ$) = 692,3 l,
aus Nr. 45 und 47 ($34,5^\circ$) = 692,6 l.

Bei ca. 35° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,
100 Nackt ohne Wind.

Bekleidet wie nackt machte sich sehr wenig Schweiß bemerkbar.

13. Nr. 50 und Nr. 52 Bekleidet ohne Wind,
Nr. 49 und Nr. 51 Nackt ohne Wind.

Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 50 und 52 ($25,5^\circ$) = 681,8 l,
aus Nr. 49 und 51 ($25,5^\circ$) = 677,3 l.

28 Über den Einfluss des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen.

Bei ca. 25° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

99 Nackt ohne Wind.

Bekleidet wie nackt machte sich keine Kälteempfindung bemerkbar.

14. Nr. 54, 56, 68, 70 Bekleidet ohne Wind,

Nr. 53, 55, 67, 69 Nackt ohne Wind.

Atmungsgröße aus Nr. 54, 56, 68, 70 (20,1°) = 626,7 l,

aus Nr. 53, 55, 67, 69 (20,0°) = 614,9 l

Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

98 Nackt ohne Wind.

Bekleidet keine Kälteempfindung. Nackt etwas kühl, doch nicht eigentlich gefroren (keine Gänsehaut).

15. Nr. 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 Bekleidet ohne Wind,

Nr. 59, 61, 64, 75, 77, 83, 85, 108, 111 Nackt ohne Wind.

Mittlere Atmungsgrößen:

aus Nr. 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 (15,5°) = 732,5 l,

aus Nr. 59, 61, 64, 75, 77, 83, 85, 108, 111 (15,5°) = 796,3 l.

Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

109 Nackt ohne Wind.

Bekleidet keine Kälteempfindung. Nackt etwas gefroren (zuweilen Gänsehaut).

16. Nr. 89, 91, 93 Bekleidet ohne Wind,

Nr. 90 und 94 Nackt ohne Wind.

Mittlere Atmungsgrößen aus Nr. 89, 91, 93 (12,4°) = 910,1 l,

aus Nr. 90 und 94 (12,2°) = 1146,5 l.

Bei ca. 12° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

126 Nackt ohne Wind.

Bekleidet keine oder nur sehr geringe Kälteempfindung. Nackt stark gefroren (Zittern, Schütteln).

b) Versuche mit Wind.

›Nackt mit Wind‹ verglichen mit: ›Bekleidet mit Wind‹.

17. Nr. 34 Bekleidet mit Wind,

Nr. 32 und 36 Nackt mit Wind

Atmungsgröße aus Nr. 34 (35,6°) = 725,4 l,

aus Nr. 32 und 36 (36,0°) = 734,4 l.

Bei ca. 35° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet mit Wind,

101 Nackt mit Wind.

Nackt machte sich kein Schweifs bemerkbar, und auch bekleidet nicht. Er war für die Empfindung unterschiedslos nicht zu warm.

18. Nr. 71 und 73 Bekleidet mit Wind,

Nr. 72 Nackt mit Wind.

Atmungsgröße aus Nr. 71 und 73 ($19,8^\circ$) = 674,9 l,

aus Nr. 72 ($20,4^\circ$) = 759,0 l.

Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet mit Wind,

112 Nackt mit Wind.

Nackt war es sehr kalt (Zittern und Schütteln stellte sich ein), bekleidet etwas kalt (zuweilen zeigte sich Gänsehaut).

e) »Nackt ohne Wind« verglichen mit: »Bekleidet mit Wind«.

19. Nr. 34 Bekleidet mit Wind,

Nr. 35 Nackt ohne Wind.

Atmungsgröße aus Nr. 34 (Temp. $35,6^\circ$) = 725,4 l,

aus Nr. 35 (Temp. $36,3^\circ$) = 639,0 l.

Bei ca. 35° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet mit Wind,

88 Nackt ohne Wind.

Nackt ohne Wind wurde mehr geschwitzt, als bekleidet mit Wind.

20. Nr. 57, 58, 71, 73 Bekleidet mit Wind,

Nr. 53, 55, 67, 69 Nackt ohne Wind.

Mittlere Atmungsgrößen aus Nr. 57, 58, 71, 73 ($20,0^\circ$) = 687,2 l,

aus Nr. 53, 55, 67, 69 ($20,0^\circ$) = 619,9 l.

Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet mit Wind,

92 Nackt ohne Wind.

Nackt ohne Wind war es weniger empfindsam kalt, als bekleidet mit Wind.

21. Nr. 65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112 Bekleidet mit Wind,

Nr. 59, 61, 64, 75, 77, 87, 90, 108, 111 Nackt ohne Wind.

Mittlere Atmungsgrößen:

aus Nr. 65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112 ($15,7^\circ$) = 959,2 l,

aus Nr. 59, 61, 64, 75, 77, 87, 90, 108, 111 ($15,0^\circ$) = 866,3 l.

Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet mit Wind,

90 Nackt ohne Wind.

Nackt ohne Wind etwas gefroren (zuweilen Gänsehaut); bekleidet mit Wind zuweilen stark gefroren (Zittern und Schütteln).

d) »Nackt mit Wind« verglichen mit: »Bekleidet ohne Wind«.

22. Nr. 115 und 116 Bekleidet ohne Wind,

Nr. 117 Nackt mit Wind.

Atmungsgröße aus Nr. 115 und 116 ($15,2^\circ$) = 827,1 l,

aus Nr. 117 ($16,2^\circ$) = 1009,5 l.

30 Über den Einfluß des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen.

Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind,

122 Nackt mit Wind.

Bekleidet keine Kälteempfindung. Nackt stark gefroren (Zittern und Schütteln stellte sich ein).

III. Vergleich von Feuchter Luft mit Trockener Luft.

a) Versuche ohne Wind.

23. Nr. 103 Bekleidet ohne Wind in trockener Luft, 20,6° und 24%,

Nr. 105 Bekleidet ohne Wind in feuchter Luft, 19,2° und 68%.

Atmungsgröße aus Nr. 103 (24% r. F.) = 764,4 l,

aus Nr. 105 (68% r. F.) = 904,8 l.

Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet ohne Wind in trockener Luft,

118 Bekleidet ohne Wind in feuchter Luft.

Zwischen trockener und feuchter Luft keinen Unterschied im Wärmegefühl wahrgenommen. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz höher (28 gegen 23—25).

24. Nr. 108 Nackt ohne Wind in trockener Luft, 15,9° und 34%,

Nr. 111 Nackt ohne Wind in feuchter Luft, 16,3° und 79%.

Atmungsgröße aus Nr. 108 (34% r. F.) = 859,5 l,

aus Nr. 111 (79% r. F.) = 987,0 l.

Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Nackt ohne Wind in trockener Luft,

115 Nackt ohne Wind in feuchter Luft.

Feuchte Luft als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz niedriger (16—20 gegen 22—26).

b) Versuche mit Wind.

25. Nr. 104 Bekleidet mit Wind in trockener Luft, 20,1° und 26%,

Nr. 106 Bekleidet mit Wind in feuchter Luft, 20,5° und 70%.

Atmungsgröße aus Nr. 104 (26% r. F.) = 854,4 l,

aus Nr. 106 (70% r. F.) = 897,6 l.

Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet mit Wind in trockener Luft,

105 Bekleidet mit Wind in feuchter Luft.

Trockene Luft als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz höher (29 gegen 25—27).

26. Nr. 109 Bekleidet mit Wind in trockener Luft, 15,6° und 34%,

Nr. 112 Bekleidet mit Wind in feuchter Luft, 16,4° und 82%.

Atmungsgröße aus Nr. 109 (34% r. F.) = 861,9 l,

aus Nr. 112 (82% r. F.) = 1038,6 l.

Bei ca. 15° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Bekleidet mit Wind in trockener Luft,

120 Bekleidet mit Wind in feuchter Luft.

Feuchte Luft als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz höher (24—25 gegen 22).

27. Nr. 95 und 96 Nackt mit Wind in trockener Luft, 25,2° und 32%,

Nr. 97 und 98 Nackt mit Wind in feuchter Luft, 24,7° und 76%.

Atmungsgröße aus Nr. 95 und 96 (32%) = 975,9 l,

aus Nr. 97 und 98 (76%) = 1049,9 l.

Bei ca. 25° waren demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Nackt mit Wind in trockener Luft,

108 Nackt mit Wind in feuchter Luft.

Feuchte Luft vielleicht als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz niedriger (19—25 gegen 21—28).

28. Nr. 99 und 100 Nackt mit Wind in trockener Luft, 20,3° und 34%,

Nr. 101 und 102 Nackt mit Wind in feuchter Luft, 20,6° und 84%.

Atmungsgröße aus Nr. 99 und 100 (34%) = 1011,2 l,

aus Nr. 101 und 102 (84%) = 1077,6 l.

Bei ca. 20° sind demnach die Atmungsgrößen relativ:

100 Nackt mit Wind in trockener Luft,

107 Nackt mit Wind in feuchter Luft.

Feuchte Luft als kälter empfunden. In feuchter Luft war die Atmungsfrequenz niedriger (13—19 gegen 22—26).

In Kürze zusammengefaßt, geht aus der vorstehenden Zusammenstellung im wesentlichen das Folgende hervor:

Erstens. Bezogen auf »Bekleidet ohne Wind« = 100, betrug die Atmungsgröße für »Bekleidet mit Wind«:

1. Bei 40° 105. Mit Wind kaum weniger Schweiß als ohne Wind.

2. » 35° 106. Mit Wind viel weniger Schweiß als ohne Wind.

3. » 30° 110. Mit, auch ohne Wind kein Schweiß. Angenehm mit Wind.

4. » 24° 99. Unterschiedslos nicht zu kalt.

5. » 22° 113. Ohne Wind angenehmer. Mit Wind kalt (Gänsehaut).

6. » 20° 111. Ohne Wind angenehmer. Mit Wind kalt (Gänsehaut).

7. » 15° 131. Mit Wind zuweilen sehr kalt (Zittern und Schütteln); ohne Wind nicht zu kalt.

Zweitens. Bezogen auf »Nackt ohne Wind« = 100, betrug die Atmungsgröße für »Nackt mit Wind«:

8. Bei 40° 122. Mit Wind sehr viel weniger Schweiß als ohne Wind.

9. » 35° 111. Mit Wind kein Schweiß, ohne Wind etwas Schweiß.

10. » 30° 104. Unterschiedslos nicht zu warm.

11. » 20° 150. Mit Wind sehr kalt (Zittern und Schütteln); ohne Wind nicht zu kalt, höchstens etwas kühl.

Drittens. Bezogen auf »Bekleidet ohne Wind« = 100, betrug die Atmungsgröße für »Nackt ohne Wind«:

- 12. Bei 35° 100. Nackt, auch bekleidet nur wenig Schweifs.
- 13. » 25° 99. Unterschiedslos nicht zu kalt.
- 14. » 20° 98. Nackt etwas kühl, doch keine Gänsehaut.
- 15. » 15° 109. Nackt kalt, zuweilen Gänsehaut.
- 16. » 12° 126. Nackt sehr kalt (Zittern und Schütteln); bekleidet nicht zu kalt.

Viertens. Bezogen auf »Bekleidet mit Wind« = 100, betrug die Atmungsgröße für »Nackt mit Wind«:

- 17. Bei 35° 101. Unterschiedslos nicht zu warm.
- 18. » 20° 112. Nackt sehr kalt (Zittern und Schütteln); bekleidet etwas kalt (zuweilen Gänsehaut).

Fünftens. Bezogen auf »Bekleidet mit Wind« = 100, betrug die Atmungsgröße für »Nackt ohne Wind«:

- 19. Bei 35° 88. Nackt ohne Wind mehr Schweifs als Bekleidet mit.
- 20. » 20° 92. Nackt ohne Wind weniger kalt als Bekleidet mit.
- 21. » 15° 90. Bekleidet mit Wind sehr kalt (Zittern und Schütteln); nackt ohne Wind weniger kalt (höchstens Gänsehaut).

Sechstens. Bezogen auf »Bekleidet ohne Wind« = 100, betrug die Atmungsgröße für »Nackt mit Wind«:

- 22. Bei 15° 122. Nackt mit Wind sehr kalt (Zittern und Schütteln); bekleidet ohne Wind nicht zu kalt.

Aus dieser Übersicht ergibt sich als Hauptresultat, daß die Atmungsgröße durch den Wind unter Umständen (für gewöhnlich) gar nicht, in gewissen Fällen aber wesentlich beeinflusst, dann aber niemals herabgesetzt, sondern stets gesteigert wird. Diese Feststellung war nicht sicher vorauszusehen; bekanntlich hat man ja in sehr starkem, entgegenblasenden Wind die Empfindung, als ob einem »der Atem ausginge.«

Betrachtet man zunächst die Wirkung des Windes auf den Nackten (s. oben unter 8.—11.), so werden dabei etwaige gesetzmäßige Abweichungen vom Normalzustand (Windstille) ungetrübter, als am Bekleideten erkennbar sein. Es zeigt sich:

Erstens: Der Wind hat keinen Einfluß, auf die Atmungsgröße, wo er die Wärme- und Kälte-Empfindung nicht beeinflusst. So waren bei 30° (nackt) die Atmungsgrößen in Wind und Windstille kaum verschieden und einige Grade tiefer vermutlich ganz die gleichen.

Zweitens: Der Wind steigert die Atmungsgröße, falls er die Wärme- und Kälte-Empfindung beeinflusst; die Atmungsgröße ist besonders bei sehr hohen und sehr niedrigen Temperaturen durch den Wind gesteigert. Bei 35° z. B. wurde bewegte Luft (nackt) angenehmer als Windstille empfunden; in ruhender Luft trat Schweiß auf, im Wind nicht; die Atmungsgrößen in Windstille und Wind verhielten sich wie 100 : 111. Ebenfalls erwies sich bei 40° (nackt) der Wind weit angenehmer als Windstille, wobei die Belästigung durch massenhaften Schweiß sehr viel größer als im Wind war; die Atmungsgrößen verhielten sich wie 100 : 122.¹⁾ Hingegen war selbstverständlich bei 20° (nackt) Windstille angenehmer als Wind; im Wind war es sehr kalt, unwillkürliche Muskelkontraktionen und Zuckungen äußerten sich als Zittern und Schütteln, bei Windstille aber war es nicht wesentlich zu kalt, höchstens etwas kühl; die Atmungsgrößen in Windstille und Wind verhielten sich wie 100 : 150.²⁾

Prinzipiell auf das nämliche Ergebnis führt eine Betrachtung der Versuche am Bekleideten (s. oben unter 1.—7.). Bei 25° war kein Unterschied in der Wärme-Empfindung wahrzunehmen, einerlei, ob die Luft bewegt oder unbewegt war; auch kein Unterschied in den Atmungsgrößen stellte sich heraus. Bei 30—40° wurde bewegte Luft leichter als unbewegte ertragen; die Atmungsgrößen in Windstille und Wind verhielten sich maximal bei 30° wie 100 : 110³⁾ — fast in genau gleicher Weise

1) 100 : 122, oder absolut 687,0 : 835,8. Der Wärmeverlust durch Wasserverdampfung aus Atmung betrug: Im ersteren Falle (40°, Windstille, Nackt) = 11,6 Kal. aus 19,3 g H₂O; im letzteren Falle (40°, Wind, Nackt) = 14,1 Kal. aus 23,5 g H₂O pro Stunde. (Pro cbm eingeatmet 16,6, ausgeatmet 44,7 g H₂O; 28,1 × 0,8358 = 23,5 g H₂O/St.; 0,6 × 23,5 = 14,1 Kal./St.)

2) 100 : 150, oder absolut 595,2 : 894,0. Der Wärmeverlust aus Atmung betrug: Im ersteren Falle (20°, Windstille, Nackt) = 16,1 Kal./St., wovon 13,1 Kal. auf 21,8 g Wasserverdampfung und 3,0 Kal./St. auf Erwärmung der Atmungsluft trafen; im letzteren Falle (20°, Wind, Nackt) = 24,3 Kal./St., wovon 19,7 Kal. auf 32,8 g Wasserverdampfung und 4,6 Kal./St. auf Erwärmung der Atmungsluft trafen. (1 cbm Luft von 20° auf 37° = 17 × 0,3 = 5,1 Kal.; 0,894 × 5,1 = 4,6 Kal./St.)

3) 100 : 110, oder absolut 612,9 : 674,4. Der Wärmeverlust aus Atmung betrug: Im ersteren Falle (30°, Windstille, Bekleidet) gesamt 15,1 Kal./St. = 1,4 Kal. aus 0,6129 cbm Lufterwärmung von 30° auf 37,5°, + 13,7 Kal. aus

auch beim Sinken der Temperatur auf 20° , was bereits leichtere Kältesymptome (Gänsehaut) nach sich zog, jedoch nur bei Aufenthalt im Wind. Bei 15° war es im Wind bitter kalt, die Versuchsperson zitterte, während es bei der gleichen Temperatur in unbewegter Luft nicht zu kalt war; die Atmungsgrößen in Windstille und Wind verhielten sich wie 100 : 131.¹⁾

Ebenso wird ganz allgemein, sobald es infolge irgend welcher physikalischer Zustände zu Muskelkontraktionen in ausgedehnterem Maße kommt, eine Steigerung der Atmungsgröße zu erwarten sein.

Die Atmungsgrößen des Bekleideten und des Nackten in ruhender Luft (s. oben unter 12.—16.), verhielten sich bei 15° wie 100 : 109; dem Bekleideten war es bei 15° , wie soeben erwähnt, nicht zu kalt, aber beim Nackten stellten sich nicht selten jene »Gänsehaut« benannten spastischen Kontraktionen der Musculi arrectores pili im Gebiet größerer Hautbezirke ein. Und als bei 12° den Bekleideten immer noch keine Gänsehaut überlief, beim Nackten sich jedoch ein starkes Frieren durch Kontraktionen der großen Arm- und Bein-, auch der Kaumuskeln äußerte, stieg das gleiche Verhältnis auf 100 : 126. Aber die Atmungsgrößen im bekleideten und nackten Zustand waren ganz die gleichen (annähernd 100 : 100) bei 20° und höher, soweit nach Lage der Versuchsbedingungen keine Überwärmung drohte.

Dafs von einem Ablegen der Kleidung in ruhender (Zimmer-) Luft wesentlich weniger Effekt zu erwarten ist, als von einem Aufsuchen bewegter Luft (8 m/Sek.) in Kleidung, wird durch

22,8 g Wasserverdampfung; im letzteren Falle (30° , Wind, Bekleidet) gesamt 16,6 Kal./St. = 1,5 Kal. aus 0,6744 cbm Lufterwärmung + 15,1 Kal. aus 25,1 g Wasserverdampfung.

1) 100 : 131, oder absolut 732,5 : 959,2. Der Wärmeverlust aus Atmung betrug: Im ersteren Falle (15° , Windstille, Bekleidet) gesamt 20,0 Kal./St. = 4,6 Kal. aus 0,7325 cbm Lufterwärmung von 15° auf 36° , + 15,4 Kal. aus 25,6 g Wasserverdampfung; im letzteren Falle (15° , Wind, Bekleidet) gesamt 26,2 Kal./St. = 6,0 Kal. aus 0,9592 cbm Lufterwärmung + 20,2 Kal. aus 33,6 g Wasserverdampfung (Pro cbm g H_2O maximal: 41,4 bei 36° und 12,8 bei 15° ; da Einatemluft rund 50% r. F., so abgegeben $41,4 - (12,8 : 2) = 35,0$ g H_2O /cbm; $0,7325 \times 35,0 = 25,6$ g H_2O /St.; $0,6 \times 25,6 = 15,4$ Kal./St.)

mehrere Versuchsmittel dargethan (s. oben unter 19.—21.). Das Atmungsbedürfnis des Nackten war unter solchen Umständen um rund 10% gegen den Luftbedarf des Bekleideten vermindert.

Die Atmungsgrößen des »Nackten ohne Wind« und des »Bekleideten mit Wind« verhielten sich:

- Bei 35°, wie 88 : 100, der Nackte schwitzte mehr;
 › 20°, › 92 : 100, › › fror weniger;
 › 15°, › 90 : 100, › › fror viel weniger.

Der Aufenthalt in bewegter Luft veranlafte begreiflicherweise den Nackten zu einer, in höherem Mafse gesteigerten Atmung, als den Bekleideten (s. oben unter 17.—18.). Die Atmungsgrößen des »Bekleideten mit Wind« und »Nackten mit Wind« verhielten sich bei 20° wie 100 : 112; der Nackte zitterte und schüttelte sich vor Frost, während der Bekleidete nur von Gänsehaut befallen wurde.

Bei 15° vollends fror der Nackte im Wind natürlich noch erheblich stärker als bei 20°. Da hiermit das Verhalten des Bekleideten in nicht bewegter Luft verglichen wurde (s. oben unter 22.), erwies sich die Atemgröße des Nackten im Verhältnis von 100 : 122 gesteigert, oder absolut von 827,1 auf 1009,5. Hierbei ergab sich das Folgende aus der Analyse der Ausatemluft (s. Generaltabelle unter Nr. 115—117):

Der Nackte lieferte im Wind 57,3 g CO₂ stündlich, seine Sauerstoffaufnahme betrug 51,9 g stündlich, der respiratorische Quotient war 0,81. Der Bekleidete lieferte bei Windstille nur 31,6 g CO₂ stündlich, nahm nur 26,6 g Sauerstoff auf, und der respiratorische Quotient stellte sich auf 0,86. Durch das Ablegen der Kleidung und Einschalten des Windes wurde also relativ die Kohlensäurebildung von 100 auf 181, die Sauerstoffaufnahme von 100 auf 195 gesteigert und der respiratorische Quotient bewegte sich von 0,86 auf 0,81.

Zum Vergleich hiermit sind in der folgenden kleinen Tabelle die entsprechenden Beobachtungsergebnisse von Versuchen, die Zuntz mit Hilfe A. Loewys¹⁾ an sich selbst in protrahierten

1) A. Loewy in Pflügers Archiv, Bd. 46, S. 189—244.

kalten Bädern angestellt hat, wiedergegeben. Die Zahlen wurden auf die gleichen Einheiten wie oben umgerechnet; im Original sind die Einzelresultate, aus welchen hier (unter I, II, III) Mittelwerte gebildet sind, in ccm pro Minute sowohl für die Atmungsgröße wie für die Kohlensäurebildung und die Sauerstoffaufnahme angegeben.

Nr.	Art des Versuchs	Empfindung	Atmungs-Größe, Liter/St.	Atmungs-Frequenz pro Min.	Gramm/St.		Resp. Quot.
					CO ₂	O ₂	
I	Warmes Bad	Behaglich warm (anfangs heiß)	307	8—9	21,7	21,1	0,76
II	Kaltes Bad	Etwas kühl, aber kein Zittern	267	8—9	19,2	21,4	0,66
III	Kaltes Bad protrahiert	Sehr kalt; Zittern der Arme, Oberschenkel, Kaumuskeln u. s. w.	740	7—9	35,8	37,3	0,70

In I handelte es sich um Versuche während eines einstündigen Aufenthaltes in Wasser von 36°; in II um Versuche nach viertelstündigem, unmittelbar an das warme Bad angeschlossenen Aufenthalt in Wasser von 25°; in III um Versuche nach einem, 1—1¼ Stunden weiter fortgesetzten Aufenthalt in dem Wasser von 25°. Beim Einsteigen in das warme Bad wurde Wärme empfunden, beim Darinsitzen Hitze, die jedoch sofort einem behaglichen Wärmegefühl wich. Im kalten Bad war ein unangenehmes Kältegefühl die erste Empfindung, die schnell vorüberging und schon nach 6 Minuten einem Gefühl behaglicher Kühle Platz gemacht hatte. Erst 20 Minuten nach dem Einsteigen machte sich eine leichte Steifigkeit in den Kiefern u. s. w. bemerkbar, auch Zitterneigung stellte sich allmählich ein, doch erst nach 1 Stunde etwa war das Zittern nicht mehr unterdrückbar.

Durch die Fortsetzung des kalten Bades bis zum Auftreten unwillkürlicher Muskelkontraktionen wurden also gesteigert:

Atmungsgröße	. . .	von 267	auf 740	(= 100 : 277)
Kohlensäurebildung	›	19,2	› 35,8	(= 100 : 186)
Sauerstoffverbrauch	›	21,4	› 37,3	(= 100 : 174).

Demnach waren Kohlensäurebildung und Sauerstoffverbrauch durch Entkleiden + Wind fast genau ebenso, wie durch das protrahierte kalte Bad beeinflusst worden.

Es mag nebenher von Interesse sein, die normale Kohlensäurebildung meiner Versuchsperson in den vorerwähnten Versuchen (Nr. 116 u. 117) mit einigen anderen Normalbefunden zusammenzustellen.

An Kohlensäure produzierten pro Stunde:

- 37,3 g CO₂ (= ca. 18,6 l) Speck in neueren Versuchen¹⁾
 31,6 » CO₂ (= » 15,8 l) Versuchsperson Behr. bei 15°²⁾
 24,1 » CO₂ (= » 12,0 l) Versuchsperson Bretschn. bei 15—20°³⁾
 21,7 » CO₂ (= » 10,8 l) Professor Zuntz bei 16°⁴⁾.

Hierbei hängt der etwas hohe CO₂-Wert meiner neuerlichen Versuchsperson (Behr.) offenbar mit deren außergewöhnlich starkem Lungenluftwechsel zusammen. Dafs verminderter Luftwechsel im allgemeinen eine Abnahme der absoluten Kohlensäureausscheidung bedingt, ist ja durch die Versuche von Vierordt, Becher u. a. seit lange bekannt.

Was nun die Einwirkung des Windes auf die Kohlensäurebildung des Bekleideten betrifft, die naturgemäß geringer ausfallen muß, so kann diese Frage nach meinen früheren Versuchen als erledigt gelten. Darnach steht beispielsweise bei 15—20° (siehe Tabelle auf Seiten 22) eine Mehrbildung von etwa 20% CO₂ auf Rechnung der bewegten Luft in Aussicht. Aber ich habe doch die Gelegenheit benutzt, um nach der Zuntzschen Methode, zumal hiernach auch der Sauerstoffverbrauch mit Sicherheit zu ermitteln war, eine Wiederholung anzuschließen.

1) Carl Speck, Arch. f. wiss. Heilk. III, S. 318 (342). Citirt nach Hermanns Handbuch der Physiologie, Bd. 4, Teil II, bearbeitet von Zuntz (S. 114). Es handelt sich um normale Versuche.

2) Behr. Körpergewicht 61 kg. Die Versuche fanden mehrere Stunden nach dem Frühstück statt. Die Versuchsperson sitzt auf Stuhl.

3) Bretschn. Körpergewicht 57 kg. Die Versuche fanden ebenfalls einige Stunden nach dem Frühstück statt. Die Versuchsperson sitzt auf Stuhl.

4) Körpergewicht 66 kg Versuche im Liegen auf Ledersopha. 21,7 g CO₂ ist hier das Mittel aus sieben Vormittagsversuchen (war auch oben das Mittel aus mehreren Badeversuchen). Berechnet nach Angaben Loewys a. a. O.

Versuch 113 (Bekleidet mit Wind) hatte für 18° eine Atmungsgröße von 1070,1 ergeben, Versuch 114 (Bekleidet ohne Wind) eine solche von 943,8, die Atmungsgröße war durch den Wind also im Verhältnis von 100 : 113 erhöht worden. Die CO₂-Bildung betrug ohne Wind 36,9 g/St., mit Wind 44,0 g/St.; die Sauerstoffaufnahme ohne Wind 31,0 g/St., mit Wind 37,4 g/St. Durch den Wind erhöhten sich also die Kohlensäurebildung im Verhältnis von 100 : 119,2 und der Sauerstoffverbrauch fast ebenso, nämlich wie 100 : 120,6; infolge dieses Parallelgehens veränderte sich der respiratorische Quotient unter dem Einfluss des Windes so gut wie gar nicht: er betrug 0,87 ohne Wind und 0,86 mit Wind.

Der neuerliche Nachweis einer, unter dem Einfluss des Windes von 8 m Geschwindigkeit, um rund 20% gesteigerten Kohlensäurebildung deckt sich somit vollkommen mit meiner früheren, auf Respirationsversuche an Pettenkofers Apparat gestützten Angabe.

Aus allem dem ist ersichtlich, dass es sich in den Fällen, wo eine unter dem Einfluss des Windes gesteigerte Atmungsgröße auf ein gesteigertes Kältegefühl, welches mit, wenn auch geringgradigen Muskelkontraktionen (*Cutis anserina*) verbunden ist, zurückgeführt werden muss, keineswegs um eine bloße Steigerung der Lungenventilation, sondern gleichzeitig um eine lebhaftere Anfachung der Stoffzersetzung handelt.

Wir haben aber oben gesehen, dass auch bei hoher Lufttemperatur unter dem Einfluss des Windes die Atmungsgröße steigt. Und es fragt sich, wie die Erhöhung der Atmungsgröße hier zu erklären sei.

Es kann zunächst keinem Zweifel unterliegen, dass bei den hier in Betracht kommenden höheren Temperaturen unter dem Einfluss des Windes keine wesentlich vermehrte Kohlensäurebildung erfolgt. Ein vermehrter Sauerstoffbedarf besteht also kaum. Bei 25—30°, und auch bei 30—35°, hatte die Versuchsperson Bretschn. sogar entschieden weniger Kohlensäure im Wind gebildet (siehe Tabelle S. 22) und erst gegen 40° war eine geringfügige Erhöhung der Kohlensäurebildung eingetreten. Aber

schon bei 30° Bekleidet, und entsprechend bei 35° Nackt, zeigte sich in den vorliegenden Versuchen die Atmungsgröße bei Aufenthalt in bewegter Luft wesentlich gesteigert (100 : 110, bzw. 100 : 111).

Sicherlich wird daher durch die Steigerung der Atmungsgröße im Wind bei höheren Temperaturen nichts weiter als eine, physiologisch nicht weiter bedeutsame Erhöhung der Lungenventilation bewirkt; ihr Zustandekommen dürfte als ein reflektorischer Vorgang, welcher durch die Abkühlung der Haut veranlaßt wird, zu deuten sein. Man kann diesen gesteigerten Luftwechsel immerhin auch vom wärmephysiologischen Standpunkt als eine Art Hilfsaktion des Körpers, untergeordneter Art freilich, auffassen, welche principiell, insbesondere durch gesteigerte Verdampfung aus Atmung, einer Entwärmung Vorschub leistet, wo Überwärmung in Aussicht steht. Vom hygienischen Standpunkt ist zudem jedes Mittel, wodurch, zumal bei höherer Temperatur, eine Erhöhung der Lungenventilation herbeigeführt wird, aus dem Grunde als eine zweckdienliche Einrichtung anzusehen, weil sich in der besser gelüfteten Lunge weniger leicht Infektionskeime, insbesondere auch der Tuberkelbacillus, festsetzen werden. Ferner kommt vielleicht therapeutisch in Betracht, daß eine vermehrte Lungenventilation bei chronischen Herzkrankheiten eine günstige Wirkung verspricht. Winternitz sah in Kohlensäurebädern die Atmungsgröße um ungefähr 20% (300 : 360) ansteigen, wobei ebenfalls keine erhebliche Oxydationssteigerung eintrat¹⁾, meint jedoch gleichwohl in dieser Hinsicht: Die Vermehrung der Atemgröße im Kohlensäurebad, die im wesentlichen durch Zunahme der Atemtiefe erfolgt, kann nicht ohne Einfluß sein auf die Cirkulationsverhältnisse der intrathorakalen Gefäße, vor allem der Venen, und zwar insbesondere auf den inspiratorischen Zufluß des venösen Blutes zum Herzen und die Größe der Diastole.

1) Hugo Winternitz, Über die Wirkung verschiedener Bäder (Sandbäder, Solbäder, Kohlensäurebäder u. s. w.) insbesondere auf den Gaswechsel. Habilitationsschrift, Halle 1902, S. 23 und 31. — In den Kohlensäurebädern war die ausgeatmete Kohlensäuremenge in weit höherem Maße als der Sauerstoffverbrauch gesteigert und der respiratorische Quotient stieg daher von 0,8 auf 1,0 und über 1,0.

Was die Atmungsfrequenz anlangt, so war dieselbe meistens wohl ebenfalls erhöht in denjenigen meiner Windversuche, welche, den Versuchen in Windstille gegenüber, eine höhere Atmungsgröße ergaben. Jedoch erwies sich durchschnittlich die Atmungsgröße weit stärker, als die Frequenz gesteigert. Wo daher der Wind die Atmung überhaupt beeinflusst (steigert), nimmt in der Regel die Tiefe der Atmung erheblich zu. Beispielsweise verhalten sich in den Versuchen Nr. 110 (Windstille bei 16°) und Nr. 112 (Wind bei 16°) die Atmungsgrößen wie 100 : 129, die Atmungsfrequenzen nur wie 100 : 114; in Nr. 103 und Nr. 104, bei 20°, erstere bezw. wie 100 : 116, letztere nur wie 100 : 108; in Nr. 107 und 108 (bei 16° Bekleidet und Nackt) die Atmungsgrößen wie 100 : 112 und die Frequenzen dagegen wie 100 : 100 u. s. w. Weitergehende Angaben über die Steigerung der Tiefe der Atemzüge unter dem Einfluss des Windes zu machen, bin ich nicht in der Lage, da ich mich anfänglich mit der Messung der Atmungsgröße begnügen wollte und erst von Versuch Nr. 76 ab die Atemzüge häufiger notiert habe.

Die Vergleichsversuche in trockener Luft und feuchter Luft (Nr. 95—112) sollten lediglich der Ermittlung der Frage dienen, ob die Luftfeuchtigkeit in den vorausgegangenen Vergleichsversuchen die Resultate trüben konnte. Hierbei hat sich als zweifellos herausgestellt, dass die Atmungsgröße in feuchter Luft stets höher als in trockener, unter Umständen ganz wesentlich höher war. Doch wurden große Unterschiede nur durch außerordentlich beträchtliche Änderungen der Luftfeuchtigkeit erzielt. Im Mittel aller dieser Versuche liefs sich durch eine künstliche Steigerung der Luftfeuchtigkeit um etwa 50% relativer Feuchtigkeit (von etwa 30 auf 80% r. F.) eine Steigerung der Atmungsgröße um etwa 10% erreichen. Da aber die Versuche, welche zu Vergleichen der Atmungsgrößen in bewegter und unbewegter Luft herangezogen wurden, kaum mehr als um 5% r. F. und die meisten noch erheblich weniger differieren, so war der Fehler hieraus äußerst gering; er betrug höchstens 1% der Atmungsgrößen und beeinträchtigte somit die oben gezogenen Schlüsse in keiner Weise.

Beiläufig sei bemerkt, daß die Atmungsfrequenz des Nackten¹⁾ anscheinend gesetzmäßig, ungeachtet einer erheblichen Steigerung der Atmungsgröße²⁾, in feuchter Luft sogar geringer war als in trockener. Unter solchen Umständen muß, eben durch die Verlangsamung der Atmung, die Tiefe der einzelnen Atemzüge ungewöhnlich groß werden.

Von Interesse sind noch aus der gleichen Versuchsreihe die Angaben, welche die Versuchsperson über ihre Empfindungen machte: Bei 20° in unbewegter Luft merkte der Mann bekleidet keinen Unterschied im Wärmegefühl zwischen trockener und feuchter Luft; im Wind kam ihm bei 20° die trockene Luft kälter als die feuchte vor; bei 15° in unbewegter Luft hielt er im Gegenteil die feuchte Luft für kälter als die trockene. Dabei waren die Atmungsgrößen durchweg in feuchter Luft größer als in trockener (100 : 118, 100 : 105, 100 : 120). Nackt hingegen erklärte er stets die feuchtere Luft für die kältere, sowohl bei 15° ohne Wind (Atmungsgrößen 100 : 115), als bei 25° mit Wind (Atmungsgrößen 100 : 108) und bei 20° mit Wind (Atmungsgrößen 100 : 107).

Nach diesen Ausführungen dürfte sich der gegenwärtige Stand unseres Wissens über die Beeinflussung des menschlichen Organismus durch bewegte Luft, soweit experimentell begründet, im wesentlichen wie folgt zusammenfassen lassen:

1. Gibt sich die Wirkung des Windes durch, wenn auch geringgradigste Kältesymptome (Gänsehaut u. s. w.) zu erkennen, so sind Atmungsgröße sowohl, wie Kohlensäurebildung nebst Sauerstoffverbrauch, auch die Wasserdampfabgabe aus Respiration bedeutend höher als bei Windstille.

2. Unter mittleren Verhältnissen, wo man bewegte und unbewegte Luft unterschiedslos für die Wärmeempfindung hinnimmt, werden Atmungsgröße und Kohlensäurebildung durch den Wind nicht beeinflusst, die Wasserdampfabgabe (aus Perspiration) jedoch bedeutend durch den Wind herabgesetzt.

1) 100 : 75, 100 : 90, 100 : 67 die Atmungsfrequenzen (Trocken : Feucht).

2) 100 : 115, 100 : 108, 100 : 107 die Atmungsgrößen (Trocken : Feucht).

42 Über den Einfluss des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen.

3. In solchen Fällen (höhere Temperaturen, etwa 30° und mehr), wo bewegte Luft als eine Annehmlichkeit empfunden wird, ist die Atmungsgröße durch den Wind gesteigert, die Kohlensäurebildung etwas herabgesetzt, die Wasserdampfabgabe (aus Perspiration) bedeutend durch den Wind herabgesetzt.

4. Bei extrem hohen Temperaturen (Luft wärmer als der Körper) sind Atmungsgröße, auch Kohlensäurebildung in bewegter Luft höher als in ruhender Luft, die Wasserdampfabgabe (aus Perspiration) in bewegter Luft bedeutend höher als in ruhender Luft.

(Folgt Generaltabelle S. 43—48.)

Generaltabelle.

Nr.	Tag 1902	Luft		Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungs- gröfse, Stundenliter	Bemerkungen
		Temp.	Feucht.				
1	13. II.	29,0	—	Ohne	Bekl.	630,6	} Durchweg kein Schweiß. Mittlere Atmungsgröfse aus Nr. 1 u. 4 (Temp. 28,8°) = 603,3; aus 2 u. 3 (Temp. 29,7°) = 688,0.
2	„	30,0	—	Mit	„	783,3	
3	„	29,5	—	„	„	592,8	
4	„	28,6	—	Ohne	„	576,0	
8	14. II.	39,7	8	Mit	„	763,5 (396,0 + 367,5)	} Ziemlich viel Schweiß. Schweiß wie vor, vielleicht mehr. Wenig Schweiß.
9	„	36,4	13	Ohne	„	712,5 (346,5 + 366,0)	
10	„	32,8	17	Mit	„	831,9 (420,0 + 411,9)	} Mittlere At- mungsgröfse aus Nr. 8 u. 10 (Temp. 36,3°) = 797,7.
11	15. II.	38,0	13	„	„	684,0 (327,0 + 357,0)	
12	„	39,3	28	Ohne	„	662,1 (321,0 + 341,1)	} Mittlere At- mungsgröfse aus Nr. 11 u. 14 (Temp. 38,7°) = 738,2; aus 12 u. 13 (Temp. 39,1°) = 701,3.
13	„	39,0	15	„	„	740,4 (341,4 + 399,0)	
14	„	39,4	19	Mit	„	792,3 (391,5 + 400,8)	} Viel Schweiß wie vor.
15	17. II.	10,7	40	Ohne	„	546,0 (282,0 + 264,0)	
16	„	16,5	41	„	„	589,5 (289,5 + 300,0)	„Gerade kalt genug.“
17	„	16,6	43	Mit	„	661,5 (328,5 + 333,0)	„Mächtig kalt“, kälter als in Nr. 15 ohne Wind bei 10,7°.
18	„	20,2	28	Ohne	„	625,2 (291,0 + 334,2)	—
19	„	20,4	34	Mit	„	684,0 (327,0 + 357,0)	Kälter als in Nr. 16 ohne Wind bei 16,5°.
20	„	25,5	24	Ohne	„	577,5 (265,5 + 312,0)	„Gerade gut so.“
21	„	25,5	28	Mit	„	639,0 (306,0 + 333,0)	Frösteln.
22	„	30,3	24	Ohne	„	612,9 (288,0 + 324,9)	Kein Schweiß.
23	„	30,4	26	Mit	„	674,4 (316,8 + 357,6)	Angenehmer als zuvor.
24	18. II.	22,6	26	Ohne	„	656,4 (306,0 + 350,4)	Annehmbar warm.
25	„	22,4	30	Mit	„	790,5 (380,1 + 410,4)	Unangenehm kalt. (Gänse- haut.)
26	„	23,8	29	Ohne	„	782,1 (377,1 + 405,0)	Annehmbar warm.
27	„	23,9	29	Mit	„	782,1 (378,0 + 404,1)	Etwas kühl. (Doch keine Gänsehaut.)

44 Über den Einfluss des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen.

Nr.	Tag 1902	Luft		Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungs- größe, Stundenliter	Bemerkungen
		Temp. Grad	Feucht. %				
28	19. II.	24,4	26	Ohne	Bekl.	600,9 (300,0 + 300,9)	Windstille wohl etwas angenehmer als Wind.
29	„	24,4	28	Mit	„	586,8 (289,5 + 297,3)	
30	„	21,9	30	Ohne	„	642,3 (309,0 + 333,3)	
31	„	21,9	30	Mit	„	681,9 (338,4 + 343,5)	Windstille bedeutend angenehmer als Wind.
31a	20. II.	34,2	26	Ohne	Nackt	684,0 (319,5 + 364,5)	Wind angenehmer; ohne Wind etwas, jedoch ganz wenig Schweiß, mit Wind kein Schweiß.
32	„	35,0	32	Mit	„	771,0 (384,0 + 387,0)	
33	„	34,6	30	Ohne	Bekl.	720,0 (349,5 + 370,5)	Ziemlich viel Schweiß; war ohne Wind nackt angenehmer.
34	„	35,6	32	Mit	„	725,4 (345,0 + 380,4)	—
35	„	36,3	32	Ohne	Nackt	639,0 (294,0 + 345,0)	Empfindungen wie in Nr. 31a u. 32. Mittlere Atmungsgröße in Nr. 31a u. 35 (33,2°) = 661,5; aus 32 u. 36 (36,0°) = 734,4.
36	„	37,1	33	Mit	„	697,8 (350,4 + 347,4)	
37	21. II.	39,1	29	Ohne	„	600,0 (267,0 + 333,0)	
38	„	39,5	37	Mit	„	841,5 (430,5 + 411,0)	Wind angenehm als Windstille; ohne Wind sehr viel mehr Schweiß. Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 37 u. 39 (Temp. 39,8°) = 687,0; aus Nr. 38 u. 40 (Temp. 40,0°) = 835,8.
39	„	40,4	37	Ohne	„	774,0 (363,0 + 411,0)	
40	„	40,4	30	Mit	„	830,1 (401,1 + 429,0)	
41	22. II.	30,9	26	Ohne	„	699,6 (335,1 + 364,5)	Wind angenehmer; ohne Wind etwas warm, aber kein Schweiß.
42	„	30,9	26	Mit	„	709,2 (359,7 + 349,5)	
43	„	31,0	24	Ohne	„	708,3 (332,1 + 376,2)	Empfindungen wie zuvor. Mittlere Atmungsgröße in 41 u. 43 (30,9°) = 704,0; in 42 u. 44 (30,7°) = 731,4.
44	„	30,5	25	Mit	„	753,6 (382,8 + 370,8)	
45	24. II.	35,4	25	Ohne	„	705,6 (335,1 + 370,5)	Durchweg sehr wenig Schweiß. Mittl. Atmungsgröße aus Nr. 45 und 47 (Temp. 34,5°) = 692,6, aus 46 u. 48 (Temp. 34,5°) = 692,3.
46	„	34,0	24	„	Bekl.	733,5 (347,1 + 386,4)	
47	„	33,5	26	„	Nackt	679,5 (339,0 + 340,5)	
48	„	35,0	24	„	Bekl.	651,0 (316,5 + 334,5)	

Nr.	Tag 1902	Luft		Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	A t m u n g s - g r ö ß e , Stundenliter	Bemerkungen
		Temp.	Feucht.				
		Grad	%				
49	24. II.	28,1	23	Ohne	Nackt	678,9 (323,4 + 355,5)	Durchweg keine Kälteempfindung. Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 49 u. 51 (Temp. 25,5°) = 677,3, aus 50 u. 52 (Temp. 25,5°) = 681,8.
50	„	24,9	25	„	Bekl.	670,5 (319,5 + 351,0)	
51	„	22,9	25	„	Nackt	675,6 (344,1 + 331,5)	
52	„	26,1	25	„	Bekl.	693,0 (325,5 + 367,5)	
53	25. II.	21,0	28	„	Nackt	635,1 (306,0 + 329,1)	
54	„	20,7	27	„	Bekl.	646,8 (328,8 + 318,0)	Mittl. Atmungsgröße aus Nr. 53 u. 55 (20,3°) = 634,7; aus Nr. 54 u. 56 (20,3°) = 643,6.
55	„	19,6	26	„	Nackt	634,2 (315,6 + 318,6)	
56	„	20,0	26	„	Bekl.	640,5 (307,5 + 333,0)	Mittl. Atmungsgröße aus Nr. 57 u. 58 (20,3°) = 700,0.
57	„	20,3	28	Mit	„	718,8 (351,0 + 367,8)	
58	„	20,2	30	„	„	680,4 (332,4 + 348,0)	Etwas gefroren.
59	26. II.	15,7	39	Ohne	Nackt	742,2 (365,4 + 376,8)	
60	„	15,1	39	„	Bekl.	800,0 (426,0 + 374,0)	Kein Frieren.
61	„	15,1	39	„	Nackt	697,2 (367,8 + 329,4)	Mittl. Atmungsgröße aus Nr. 61 u. 64 = 770,9; aus Nr. 62 u. 63 = 599,3.
62	„	15,7	39	„	Bekl.	591,0 (297,6 + 293,4)	
63	„	15,5	39	„	„	607,5 (297,0 + 310,5)	
64	„	15,5	39	„	Nackt	844,5 (444,6 + 399,9)	
65	„	15,4	39	Mit	Bekl.	1072,2 (557,4 + 514,8)	
66	„	15,4	39	„	„	939,9 (519,0 + 420,9)	Mittl. Atmungsgröße aus Nr. 65 u. 66 = 1006,1.
67	27. II.	19,4	37	Ohne	Nackt	564,9 (288,6 + 276,3)	
68	„	19,6	42	„	Bekl.	597,0 (287,1 + 309,9)	Mittl. Atmungsgröße aus Nr. 67 u. 69 (19,8°) = 595,2; aus Nr. 68 u. 70 (19,8°) = 609,8.
69	„	20,1	43	„	Nackt	625,5 (321,0 + 304,5)	
70	„	20,1	43	„	Bekl.	622,5 (301,5 + 321,0)	

46 Über den Einfluss des Windes auf die Atmungsgröße des Menschen.

Nr.	Tag 1902	Luft		Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungs- größe, Stundenliter	Bemerkungen
		Temp.	Feucht				
		Grad	%				
71	27. II.	20,2	43	Mit	Bekl.	675,0 (347,1 + 327,9)	Kein Frieren. Starkes Frieren, wie in 61 u. 64 »Kaum« gefroren. Stärkeres Frie- ren als in Nr. 72.)
72	»	20,4	42	»	Nackt	759,0 (373,5 + 385,5)	
73	»	19,3	40	»	Bekl.	674,7 (326,1 + 348,6)	
74	»	19,4	88	»	Nackt	1029,0 (510,0 + 519,0)	
75	28. II.	16,6	46	Ohne	»	591,6 (293,7 + 297,9)	Keine besondere Empfindung. Keine besondere Empfindung. 18 Atemzüge p. Min. Zuweilen etwas kalt. 20 Atemzüge p. Min. Keine besondere Empfindung. 21 Atemzüge p. Min.
76	»	16,2	45	»	Bekl.	594,0 (297,0 + 297,0)	
77	»	16,2	47	»	Nackt	695,1 (336,0 + 359,1)	
78	»	16,6	47	»	Bekl.	682,5 (342,6 + 339,9)	
79	»	17,0	49	Mit	»	727,8 (376,8 + 351,0)	Zuweilen etwas kalt. 23 Atemzüge p. Min. Zuweilen etwas kalt. 20-21 Atemz. p. Min. Kälter als in Nr. 79 u. 80. 22-24 Atemz. p. Min. Kälter als in Nr. 79 u. 80. 23-27 Atemz. p. Min.
80	»	16,5	49	»	»	682,8 (352,8 + 330,0)	
81	»	16,0	50	»	»	968,4 (495,0 + 473,4)	
82	»	15,7	52	»	»	1029,6 (531,6 + 498,0)	
83	1. III.	14,4	56	Ohne	Nackt	737,1 (336,6 + 400,5)	Etwas kühl, Gänse- haut. 16 22 Atemz. p. Min. Gerade so richtig. 19-23 Atemzüge pro Min. Etwas kühl, Gänse- haut. 18-23 Atemz p. Min. Etwas Gänsehaut. 22 Atemzüge p. Min. Kalt, Gänsehaut und Zittern. 18 20 Atemz. p. Min. Sehr kalt. (Kälter als zuvor.) 22-25 Atemz. p. Min.
84	»	14,2	55	»	Bekl.	821,7 (423,0 + 398,7)	
85	»	14,2	55	»	Nackt	1012,5 (528,0 + 484,5)	
86	»	13,8	55	»	Bekl.	924,6 (445,8 + 478,8)	
87	»	13,9	54	»	Nackt	1236,3 (625,5 + 610,8)	Mittl. Atmungsgröße aus Nr. 83, 85 u. 87 (14,2°) = 995,3; aus Nr. 84 u. 86 (14,0°) = 873,2.
88	»	13,6	55	Mit	Bekl.	1311,9 (624,0 + 687,9)	

Nr.	Tag 1902	Luft		Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	A t m u n g s - g r ö ß e, Stundenliter	Bemerkungen
		Temp.	Feucht.				
		Grad	%				
89	3. III.	9,9	63	Ohne	Bekl.	807,6 (416,4 + 391,2)	Keine besondere Empfind. 20—24 Atemzüge pro Min.
90	„	10,5	66	„	Nackt	1143,6 (564,0 + 579,6)	Sehr kalt (starkes Zittern, auch Schütteln). 23—28 Atemzüge pro Minute.
91	„	13,8	65	„	Bekl.	975,9 (463,2 + 512,7)	Keine besondere Empfind. 23—26 Atemzüge pro Min.
92	„	13,8	69	Mit	„	1018,2 (519,0 + 499,2)	Kalt (Zittern). 24—25 Atemzüge pro Min.
93	„	13,5	65	Ohne	„	946,8 (471,0 + 475,8)	Keine besondere Empfind. 21—24 Atemzüge pro Min.
94	„	13,9	68	„	Nackt	1149,3 (592,8 + 556,5)	Kalt (Zittern). 22—26 Atemzüge pro Min.
95	6. III.	25,5	32	Mit	„	946,8 (456,0 + 490,8)	Mittlere Atmungsgröße aus Nr. 95 u. 96 (25,2°, 32% r. F.) = 975,9; aus 97 u. 98 (24,7°, 76%) = 1049,8. Durchweg gleich kalt (zu- weilen Gänsehaut), oder vielleicht in Nr. 97 u. 98 etwas kälter als in 95 u. 96. Atemz. p. Min. in Nr. 95 = 21—26, in 96 = 24—28; in 97 = 21—25, in 98 = 19—23.
96	„	25,0	33	„	„	1005,0 (540,0 + 465,0)	
97	„	25,0	80	„	„	1163,4 (624,0 + 539,4)	
98	„	24,4	72	„	„	936,8 (486,0 + 450,3)	
99	8. III.	21,4	33	„	„	1017,9 (528,0 + 489,9)	Mittl. Atmungsgröße aus Nr. 99 u. 100 (20,2°, 34% r. F.) = 1011,1; aus 101 u. 102 (20,6°, 84%) = 1077,6. In Nr. 99 zuweilen Gänseh., in 100 zuweilen auch Zit- tern u. Schütteln; in Nr. 101 u. 102 kälter als in 99 u. 100. Atemz. p. Min. in Nr. 99 = 22—25, in 100 = 23—26; in 101 = 13-15, in 102 = 18-19.
100	„	19,1	36	„	„	1004,4 (525,6 + 478,8)	
101	„	20,6	83	„	„	1083,9 (558,0 + 525,9)	
102	„	20,6	85	„	„	1071,3 (543,9 + 527,4)	
103	10. III.	20,6	24	Ohne	Bekl.	764,4 (369,0 + 395,4)	Keine besondere Empfind. 23—25 Atemzüge pro Min.
104	„	20,1	26	Mit	„	845,4 (435,3 + 410,1)	Etwas kalt, aber nur sehr wenig. 25—27 Atemz. p. M.
105	„	19,2	68	Ohne	„	904,8 (429,9 + 474,9)	Keine besondere Empfind. 28 Atemzüge pro Minute.
106	„	20,5	70	Mit	„	897,6 (464,1 + 433,5)	Keine besondere Empfind. 29 Atemzüge pro Minute.
107	13. III.	15,9	35	Ohne	„	768,0 (384,0 + 384,0)	Keine besondere Empfind. 23—26 Atemzüge pro Min.
108	„	15,9	34	„	Nackt	859,5 (442,8 + 416,7)	Etwas kalt, aber nur wenig. 22—26 Atemz. p. M.

Nr.	Tag 1902	Luft		Ohne oder mit Wind	Bekl. oder nackt	Atmungs- größe, Stundenliter	Bemerkungen
		Temp.	Feucht.				
		Grad	%				
109	13.III.	15,6	34	Mit	Bekl.	861,9 (453,3+408,6)	Etwas kalt, aber nur wenig. 22 Atemz. pro Min.
110	„	16,1	81	Ohne	„	802,8 (405,9+396,9)	Etwas kalt. 20–23 Atemzüge pro Min.
111	„	16,3	79	„	Nackt	987,0 (513,0+474,0)	Kalt. 16–20 Atemzüge pro Min.
112	„	16,4	82	Mit	Bekl.	1038,6 (546,0+492,6)	Nicht so kalt wie in 111, aber kälter als in 109. 24–25 Atemzüge pro Min.
113	21.III.	18,3	43	„	„	1070,1	Etwas kalt { 44,0 g CO ₂ /St., 37,4 g O ₂ /St., Quot. = 0,86.
114	„	17,5	42	Ohne	„	943,8	Nicht kalt { 36,9 g CO ₂ /St., 31,0 g O ₂ /St., Quot. = 0,87.
115	22.III.	15,1	52	„	„	853,2	Nicht kalt { 35,0 g CO ₂ /St., 29,3 g O ₂ /St., Quot. = 0,87.
116	„	15,3	52	„	„	801,0	Nicht kalt { 28,2 g CO ₂ /St., 24,0 g O ₂ /St., Quot. = 0,86.
117	„	16,2	52	Mit	Nackt	1009,5	Sehr kalt, { 57,3 g CO ₂ /St., Zittern u. { 51,9 g O ₂ /St., Schütteln { Quot. = 0,81.

Über die baktericide Wirkung von Blutserum und Blutplasma.

Von

Dr. med. **Alfred Pettersson.**

(Aus dem pathol. Institute in Upsala.)

Seitdem H. Buchner seine Untersuchungen über baktericide Eigenschaften des Blutes veröffentlichte, sind solche Wirkungen auch von anderen tierischen Flüssigkeiten nachgewiesen worden und das Vorkommen bakterienfeindlicher Stoffe in tierischen Körpersäften ist — von Alfred Fischer und der Tübinger Schule abgesehen — wohl überall angenommen. Betreffs des Blutes ist jedoch das Plasma kaum eingehender untersucht worden, sondern der Nachweis der genannten Eigenschaften bezieht sich auf das defibrierte Blut oder meistens auf das Serum. Erst nach dem Anfange dieser Untersuchung ist eine eingehendere Arbeit von Gengou¹⁾ über dasselbe Thema erschienen²⁾.

Dafs die Aufschlüsse, welche durch Untersuchung des Serums erhalten wurden, nicht ohne weiteres auf das Blut übertragen

1) Gengou, Octave, Annales de l'Institut Pasteur, Avril 1901.

2) Meine Untersuchung war schon Anfang vorigen Jahres teilweise abgeschlossen und zum Drucke befördert. Der Druck wurde aber verzögert und während der Zeit ist die Arbeit von Gengou erschienen. Da seine Ergebnisse den meinigen in vielen Beziehungen widersprechen, habe ich die Frage einer neuen Untersuchung unterzogen, die aber erst letzten Herbst beginnen konnte.

werden können, ist klar, wenn man die, von der des Plasmas abweichende Zusammensetzung des Serums berücksichtigt. Im Serum ist nicht nur das Fibrinogen größtenteils entfernt und dadurch der Eiweißgehalt vermindert, sondern auch Kalk und Phosphorsäure werden bei der Fibringerinnung aus dem Plasma teilweise ausgeschieden. Dagegen enthält das Serum mehr Serumglobulin als das Plasma, das vielleicht aus den Leukocyten stammt. Ferner reagiert das Serum stärker alkalisch als das Plasma. Die Angabe *Thalmanns*¹⁾, daß Pferde- und Schweinenserum schwach sauer reagiere, ist, wenigstens das Pferdeserum betreffend, sicherlich irrig.

Es scheint a priori auch nicht unwahrscheinlich, daß Verschiedenheiten in der baktericiden Wirkung der beiden Flüssigkeiten bestehen können. Durch die ungleiche chemische Zusammensetzung sind vielleicht Bedingungen vorhanden, welche durch osmotische Prozesse beim Übertragen von Zellen in das Plasma andere intracellulare Druckverhältnisse hervorrufen, als beim Übertragen in das Serum. Andererseits aber ließe sich auch annehmen, daß die bakterienfeindlichen Körper in verschieden großer Menge im Plasma, aber auch im Serum vorhanden sein können. Von *Buchner* und seinen Schülern, *Hahn*, *Schattenfroh* u. a. ist längst festgestellt, daß die Alexine ihren Ursprung den Leukocyten verdanken. Zusatz von Leukocyten zum Blutserum verstärkt auch im Reagierglase die bakterienvernichtende Wirkung des Serums. *Hahn*²⁾, *Laschtschenko*³⁾ und *Trommsdorff*⁴⁾ haben nachgewiesen, daß auch unter diesen Verhältnissen das Abgeben von baktericiden Substanzen der Ausdruck eines vitalen Prozesses der Leukocyten sein kann. Auf einer Extraktion der Alexine oder Freimachen nach »Phagolyse« beruht dagegen die Verstärkung der keimfeindlichen Wirkung aktiver Sera nach Zusatz von Leukocyten anderer Tierspecies, wie in den Versuchen von *Laschtschenko*,

1) *Thalman*, Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XXVII, 1900.

2) *Hahn*, M., Archiv f. Hygiene, Bd. XXV.

3) *Laschtschenko*, P., Archiv f. Hygiene, Bd. XXXVI.

4) *Trommsdorff*, K., Archiv f. Hygiene, Bd. XL, 1901.

Bail¹⁾ und Trommsdorff. Bedingungen für verschiedene Verhältnisse im Plasma und im Serum sind schon dadurch vorhanden, daß das Plasma unzweifelhaft eine bessere Konservierungsflüssigkeit für die körperlichen Elemente des Blutes ist als das Serum. Serum wird z. B. ziemlich rasch verfärbt, während ein nach unten angegebener Methoden hergestelltes Plasma noch nach mehreren Tagen fast dieselbe Farbe wie anfangs besitzt. Nach Nakanishi²⁾ kann defibriniertes Rinderblut noch nach 10 Tagen lebende Leukocyten mit amöboiden Bewegungen enthalten. Es wäre dann nicht undenkbar, daß diese überlebenden Leukocyten in der abnormen Suspensionsflüssigkeit Serum gereizt werden können, daß sie mehr Alexine abgeben als im Plasma. Schon nach kurzer Zeit dürfte aber das Serum das Zerfallen der meisten Leukocyten hervorrufen. Dadurch würde eine Vermehrung in dem Alexingehalte des Serums eintreten derart, daß die bakterienvernichtende Wirkung des Plasmas der des Serums nicht entspreche, sondern geringer sei.

Gerade diese Annahme hat Gengou³⁾ geglaubt, als Tatsache feststellen zu können. Nach ihm enthält nämlich das Plasma des kreisenden Blutes kein Alexin. Die Leukocyten sind damit geladen, geben aber, erst wenn sie beim Gerinnen des Blutes geschädigt oder abgestorben sind, das Alexin dem Serum ab.

Kommen im Blute besondere, den Bakterien schädliche Körper vor, dürfte man gern annehmen, daß diese von entstandenen Eiweißniederschlägen leicht mitgerissen werden können, wie z. B. Pepsin gern am Eiweiß haftet. Dies scheint um so mehr annehmbar, da das Serum durch das Blutgerinnsel geradezu filtriert werden muß, ehe es ausgeschieden wird. Die Beobachtung von Buchner, daß im Serum, das man wiederholt hat gefrieren und wieder auftauen lassen, bakterienfeindliche Wirkungen fast ausschließlich den tieferen Schichten zukommen, würde sich vielleicht auf diese Weise erklären lassen.

1) Bail, O., Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XXVII, 1900.

2) Nakanishi, Münchner med. Wochenschrift, 1899.

3) Gengou, a. a. O.

Diese Schichten waren nämlich trübe und viel reicher an festen Bestandteilen als die obersten. Solchenfalls würde das Plasma stärkere bakterienfeindliche Eigenschaften besitzen als das Serum. Endlich würden vielleicht diese beiden Prozesse gleichzeitig verlaufen können und sich mehr oder weniger ausgleichen. Jedenfalls ist die Gleichwertigkeit von Serum und Plasma nicht ohne weiteres anzunehmen, auch wenn man der im Plasma enthaltenen fibrinogenen Substanz keine bakterienfeindliche Wirkung zuschreibt.

Die Herstellung eines Plasmas von gleicher Zusammensetzung wie die des lebenden Blutes ist bis jetzt nicht gelungen. Jedenfalls kann man auf künstlichem Wege Plasma gewinnen, das dem letzteren weit ähnlicher ist als das Serum.

Um das Plasma zu gewinnen, kann man auf verschiedene Weise verfahren. Schon durch rasches Abkühlen wird das Gerinnen des Blutes gewisser Tiere verhindert. Bis Null abgekühltes Pferdeblut trennt schon nach kurzer Zeit eine tiefe Plasmaschicht ab. Durch Centrifugieren kann das Plasma von Leukocyten leicht frei erhalten werden. Wird das Blut in Gefäßen mit geölteu oder paraffinierten Wandungen aufgesammelt, so kann das Gerinnen auch anderer Blutsorten aufgeschoben werden. Bei höherer Temperatur gerinnt aber dieses Plasma sofort und ist also für bakteriologische Zwecke unbrauchbar. Mir ist es wenigstens nie gelungen, in dieser Weise ein Plasma herzustellen, das im Brutofen nicht völlig geronnen wäre.

Gewisse Substanzen besitzen die Eigenschaft, die Gerinnung des Blutes zu verhindern. Einige, wie die von Arthus und Pagés¹⁾ angegebenen Alkalioxalate, Fluoride und Seife, fällen die löslichen Kalksalze aus. Andere, wie Kaliumcitrat, verändern das Blut in dieser Hinsicht nicht. Für meinen Zweck haben sich nur solche Methoden bewährt, welche keine nennenswerte Verdünnung des Blutes hervorrufen. Das sogenannte »Salzplasma«, das man erhält, wenn Blut aus der Ader in Neutralsalz, z. B. Magnesiumsulfatlösung, aufgefangen wird, und die

1) Arthus et Pagés, Archives de Physiologie, 5 serie, tome 2, 1890, S. 709.

Blutkörperchen abfiltriert werden, ist für bakteriologische Arbeiten völlig unbrauchbar. Peptonplasma, gleichwie das in ähnlicher Weise nach der Injektion eines Extraktes der Mundteile des Blutegels gewonnene Plasma, habe ich auch nicht benutzt, weil es in diesen Fällen nicht ausgeschlossen ist, daß das Plasma wesentlich verändert werden könne.

In den folgenden Versuchen habe ich hauptsächlich die von Arthus und Pagés angegebene Methode mit Kalium- bzw. Natriumoxalat und die von Alex. Schmidt¹⁾ mit citronensaurem Kali benutzt.

Beim Zusatz von Natriumoxalat entstehen keine, nicht vorher im Blute befindlichen Salze. Deshalb wäre es dem Kalisalze unbedingt vorzuziehen, wenn es nicht viel weniger löslich wäre. Bei + 15° C. löst sich Natriumoxalat in 31,1 Teilen Wasser.

Von einer sterilisierten 10proz. wässerigen Lösung von Kaliumoxalat oder konzentrierten Natriumoxalatlösung wurde im voraus so viel in das sterile Gefäß eingeführt, daß die Oxalatsmenge des aufgesammelten Blutes bis 1,0 per Mille Kalium- oder 0,8 Natriumoxalat betrug. In diese Lösung wurde das Blut eingelassen aus der freipräparierten Carotis oder, bei Pferden und Rindern, aus der Stichwunde. Gerade wenn es sich um Kaninchen- und Meerschweinchenblut handelte, war es nötig, das Blut in die Oxalatlösung einfließen zu lassen, und aufs Beste wurde auch dafür gesorgt, daß die Gefäßwände überall naß waren, und Salzlösung und Blut sogleich gut gemischt wurden. Im anderen Falle trat leicht teilweise Gerinnung ein.

- Nach Gengou²⁾ wäre das Oxalatplasma mit Serum nicht zu vergleichen, weil das Oxalat das Alexin »zerstört«. Die Tatsache, daß die baktericide Wirkung des Serums durch Zusatz von Oxalat abgeschwächt wird, habe ich auch bestätigen können, in einer Konzentration von 1,0 per Mille aber nur gegenüber dem Milzbrandbacillus. Dagegen ruft ein so großer Oxalatzusatz im aktiven Serum stärkere baktericide Wirkung auf *B. coli*, *B. typhi*, *B. pyocyaneum* u. a. hervor. Als Beispiel sei ein

1) Schmidt, Alex., Weitere Beiträge zur Blutlehre. Wiesbaden 1895.

2) Gengou, a. a. O.

Versuch mit Rinderserum und einer mit Kaninchenserum angeführt.

Versuch I.
Rinderserum, 20 Stunden alt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	2 Std.	8 Std.	12 Std.	24 Std.
3 ccm Serum	B. coli	1 982	1156	34	15	4261
do.	„	2 320	1653	20	13	2862
do.	B. typhi	25 307	596	75	41	2480
do.	„	17 800	572	58	22	1717
3 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	B. coli	2 100	20	0	0	14
do.	„	2 162	28	1	0	0
do.	B. typhi	28 864	5	1	0	0
do.	„	14 883	3	0	0	5

Versuch II.
Kaninchenserum, 18 Stunden alt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.
2 ccm Serum	B. anthrax	11 448	7	34
do.	„	9 158	416	136
2 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	„	896	?	7632
do.	„	10 048	78	1242

Der übrige Teil des Versuches ist als »Versuch IV« wiedergegeben und der Vergleich mit dieser Tabelle zeigt, daß nur der Milzbrandbacillus von der gewöhnlichen Regel abweicht.

Die Änderung der baktericiden Wirkung ist nicht ohne Bedeutung beim Vergleich des Oxalatplasmas mit dem Serum von gleich großem Oxalatgehalte. Nach Zusatz von 1,0 per Mille Oxalat und Entfernen des Niederschlages ist das Oxalat im Überschufs sowohl im Plasma als im Serum. Die Verstärkung bzw. Abschwächung der keimfeindlichen Wirkung kann also entweder auf diesem überschüssigen Oxalate oder auf den beim Ausfällen des Kaliumoxalates entstandenen Salzen oder auch auf beiden beruhen. Die bei Zusatz von Kaliumoxalat entstehenden Salze sind Kaliumphosphat, -Karbonat und -Chlorid. Der Gehalt von jedem dieser Salze dürfte wohl nie größer sein als die gegen

0,5 per Mille Kaliumoxalat äquivalente Menge. Bei meinen Versuchen habe ich mich nie überzeugen können, daß sie in dieser Konzentration eine regelmässige Verstärkung oder Abschwächung der keimfeindlichen Wirkung des aktiven Serums hervorrufen. Bei der doppelt gröfseren, also 1,0 per Mille Kaliumoxalat entsprechenden Konzentration wirkt dagegen das Kaliumbikarbonat deutlich verstärkend, Chlorkalium scheint indifferent zu sein, das Dikaliumphosphat aber wirkt, wie aus dem folgenden Versuche zu ersehen ist, abschwächend.

Versuch III.

Großes Meerschweinchen. Das Serum ungefähr 20 Stunden alt.

Inhalt der Röhren	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.
2 ccm gew. Serum	B. typhi	11 320	1895	908	3 116
do.	,	7 186	3243	83	4 960
2 ccm Serum mit 0,04‰ Dikaliumphosphat	,	8 649	1977	8 013	11 628
do.	,	8 140	4261	10 875	16 027

Die Verstärkung der bakterienfeindlichen Wirkung nach dem Oxalatzusatze ist also den entstandenen Salzen wahrscheinlich nicht zuzuschreiben. Anstatt dessen dürfte sie durch das Oxalat selbst hervorgerufen sein. Diese Annahme wird auch dadurch sehr wahrscheinlich, daß gröfsere Oxalattmengen stärkere Erhöhung der baktericiden Wirkung hervorrufen als kleinere, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

Versuch IV.

Kaninchen. Serum 18 Stunden alt.

Inhalt der Röhren	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.
2 ccm gew. Serum	B. coli	2925	4261	270 000
do.	,	3879	6234	300 000
2 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	,	3498	3116	30 909
do.	,	4452	3523	173 301
2 ccm Serum mit 2,0‰ Kaliumoxalat	,	3720	400	74
do.	,	4324	1020	72

Ist die Oxalatmenge dagegen so klein, daß kein Überschufs davon vorhanden ist, so kann das Oxalatserum dem gewöhnlichen Serum in keimfeindlicher Wirkung sogar nachstehen.

Versuch V.

Hund. Serum ungefähr 18 Stunden alt.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.
2 ccm Serum ohne Oxalat	B. typhi	ca. 50000	464	21	260
do.	,	,	12 597	94	440
2 ccm Serum mit 0,5‰ Kaliumoxalat	,	,	381	224	6323
do.	,	,	604	3197	5533

Ist es also sehr wahrscheinlich, daß das Oxalat die Erhöhung der baktericiden Wirkung hervorruft, so entsteht die Frage, von welcher Natur sie ist. Da ist zuerst zu bemerken, daß in dem inaktiven Serum das Oxalat das Wachstum der Bakterien nicht beeinflusst.

Versuch VI.

Kaninchen. 18 Stunden altes Serum, inaktiviert, 4 Stunden bei + 55° C.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	1½ St.	3 Std.	4½ St.
2 ccm inaktives Serum	B. coli	592	2480	2 862	42 031
do.	,	636	728	2 156	45 576
do.	B. typhi	2712	2512	33 622	∞
do.	,	2472	2890	5 914	133 689
do.	B. pyocyan.	715	788	720	1 546
2 ccm inaktives Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	B. coli	672	2718	5 024	58 742
do.	,	752	934	2 175	30 384
do.	B. typhi	3192	3090	19 461	∞
do.	,	2260	2534	8 140	98 241
do.	B. pyocyan.	890	670	652	1 431

Ebenso verhält sich die Bouillon beim Oxalatzusatze. Offenbar ist das Oxalat weder ein Gift für die Bakterien, noch spielt die Erhöhung der Salzkonzentration eine Rolle durch Hervorrufen

von stärkerer Plasmolyse. Solchenfalls würde ein Unterschied eintreten zwischen dem inaktiven Serum mit und ohne Oxalat. Die Annahme Baumgartens, daß die grössere Menge von leicht zugänglichen Nährstoffen des inaktiven Serums dem Effekte der Plasmolyse entgegenwirke, während der Mangel des aktiven Serums an solchen die Plasmolyse begünstigen würde, ist nicht stichhaltig. Wie ich früher gezeigt habe¹⁾, gibt es keine Veranlassung, anzunehmen, daß das inaktive Serum ein besserer Nährboden ist als das aktive. Die einzige befriedigende Erklärung, ist, daß die Alexine in ihrer Wirkung von anwesenden Neutralsalzen beeinflusst werden. Einige erhöhen, andere schwächen, wie Lingelsheim nachgewiesen hat²⁾, die Alexinwirkung ab. Auch das Verhalten des Milzbrandbacillus dürfte dadurch erklärt werden können. Wenigstens im Kaninchenserum sind die gegen diesen wirksamen Stoffe zum Teil andere, als die gegen die übrigen Bacterien in Betracht kommenden.

Wenn man nun bedenkt, daß die Menge von löslichen Kalksalzen des Plasmas grösser ist als die des Serums, so muß unter sonst gleichen Verhältnissen der Überschuss an Oxalat im Serum grösser werden als im Plasma. Ruft der Oxalatzusatz eine Verstärkung der keimfeindlichen Wirkung hervor, so sollte diese offenbar im Serum grösser sein als im Plasma. Würde aber das Oxalatplasma kräftiger keimtötend sein als das Serum mit gleich grosser Menge Oxalat, so ist es einleuchtend, daß das natürliche Plasma dem gewöhnlichen Serum noch mehr überlegen sein muß. In solchem Falle wäre das Oxalatplasma mit dem Serum plus Oxalat zu vergleichen und für diese Untersuchung verwertbar.

Auch mit Seifelösung kann man die Kalksalze ausfällen und dadurch die Blutgerinnung verhindern. Wegen des grösseren Molekulargewichts kann man aber keine so konzentrierte Wasserlösung von Seife erhalten, daß sie einer 10 proz. Lösung von Kaliumoxalat entsprechen würde. Kaliumoleat löst sich in vier Teilen Wasser. Diese Lösung aber ist syrupdick und vermischt sich viel zu langsam mit dem Blute.

1) Pettersson, Alfred, Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XXX, 1901.

2) Lingelsheim, Zeitschrift f. Hygiene, Bd. XXXVII.

Übrigens ist käuflich keine Seife zu haben, die für diesen Zweck brauchbar wäre. Ich habe Versuche mit einer 10proz. Lösung von Kalium oleïnicum von Merck angestellt.

Allerdings gelang es, das Gerinnen des Blutes zu verhindern, das Plasma wurde aber vom ausgezogenen und veränderten Hämoglobin rotbraun verfärbt. Das Blut war offenbar auch in anderer Hinsicht verändert. Es dauerte nämlich weit länger, das Plasma durch Centrifugieren aus dem Seifenblute abzuscheiden, als aus dem Oxalat- und dem ebenfalls zu erwähnenden Citratblute. Die Veränderungen beruhen zweifelsohne auf der stark alkalischen Reaktion der Seife. Jedenfalls haben diese Versuche ein gewisses Interesse. Es erwies sich nämlich, daß dieses Seifenplasma keine baktericide Wirkung besaß. Schon nach vier Stunden hatten sich die eingeführten Bakterien erheblich vermehrt, während in dem entsprechenden Serum nach 24 Stunden die Zahl der auskeimfähigen Individuen noch bedeutend geringer war als gleich nach der Einsaat.

Nach Alex. Schmidt hindert auch Kaliumcitrat die Blutgerinnung. Die Menge muß aber ein wenig größer sein als die des Oxalates, etwa 0,3—0,5 %. Auch das Citrat scheint gewöhnlich die Alexinwirkung ein wenig zu verstärken, aber nicht so viel wie das Oxalat. Wie beim Herstellen von Oxalatplasma wurde das Blut aufgesammelt in ein Gefäß, enthaltend 20proz. wässrige Kaliumcitratlösung in der Menge, daß das aufgefangene Blut 0,4 % enthielt. Betreffs Kaninchen und Meerschweinchen sind dieselben Vorsichtsmaßregeln wie für Oxalatblut nötig.

Nachdem das Blut aufgesammelt war, wurde es sogleich centrifugiert. Das Plasma wird aus dem Blute verschiedener Tiere nicht völlig gleich rasch ausgeschieden, am schnellsten beim Pferde, sehr langsam beim Rinde. Durch das Centrifugieren bekommt man ungefähr halb so viel Plasma, wie das in Arbeit genommene Blut. Längeres Centrifugieren gibt kaum größere Mengen, vielleicht aber kann man mehr Plasma gewinnen mit einer Centrifuge von größerer Umdrehungsgeschwindigkeit.

Auf solche Weise hergestelltes Plasma ist schon dem äußeren Aussehen nach dem Serum aus demselben Blute oft nicht völlig gleich. Gewöhnlich ist ersteres heller. Ferner kann das Plasma getrübt sein, während das Serum klar ist, und bisweilen scheint das Plasma größere Viscosität zu besitzen.

Dem natürlichen Plasma ist das Oxalat- und Citratplasma nicht gleichwertig. Aus dem ersteren sind die löslichen Kalksalze entfernt, und anstatt dessen enthält es Kalisalze von den früher mit Ca gebundenen Säuren und eine kleine Menge Oxalat bez. Citrat, da diese Salze regelmäßig im Überschufs zugesetzt werden. Läßt man Plasma vom Pferd, Rind und Meerschweinchen die Nacht über stehen, so entsteht ein geringer amorpher Niederschlag, dessen Natur nicht völlig bekannt zu sein scheint, welcher aber nach Hammarsten¹⁾ Prothrombin enthält. Das Entstehen dieses Niederschlages ist von Wooldrige im Peptonplasma und später von Wright²⁾ im entkalkten Plasma beobachtet worden. Im Kaninchenplasma entsteht ein solcher Niederschlag langsamer und nach einem Tage ist das Plasma oft noch nur opalisierend. Dem auf diese Weise hergestellten Plasma sind also auch gewisse Eiweißkörper entzogen.

Um mit dem Plasma völlig vergleichbar zu sein, sollte das Serum eigentlich gleichzeitig mit diesem gewonnen werden. Oft wird jedoch erst nach einem Tage eine genügende Menge Serum ausgeschieden und deshalb wurde das benutzte Serum in der Regel erst nach 18—20 Stunden entnommen. Man könnte freilich auch das Plasma erst nach dieser Zeit herstellen, was aber nicht empfehlenswert zu sein scheint. Wie näher gezeigt werden wird, verändert sich das Plasma während der Aufbewahrung des Blutes, so daß es noch weniger dem normalen Plasma entspricht als gleich nach dem Entbluten.

Als Testobjekte auf die baktericide Wirkung wurden nur bewegliche Bakterien benutzt und die Einsaat wurde immer aus eintägigen Bouillonkulturen genommen, die keinen Bodensatz

1) Hammarsten, Über die Bedeutung der löslichen Kalksalze für die Faserstoffgerinnung. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 22, S. 345.

2) Wright, A. E., The Lancet, 1892, I, S. 457.

zeigten. Dadurch wurde beabsichtigt, die Einsaat möglichst gleichmäßig zu machen. Um die Keimzahl zu bestimmen, wurden aus den beschickten Plasma- und Serumeprouvetten anfangs und weiter zu bestimmten Zeiten Ösen entnommen und zu Agarplatten verarbeitet.

Plasma und Serum sind nicht gleich reich an festen Bestandteilen. Das erstere enthält davon ungefähr 1 % mehr. Beide sind im Vergleich mit gewöhnlicher Nährbouillon ziemlich konzentrierte Lösungen. Doch ist dieses Übergewicht in weit höherem Grade dem Reichtum an Eiweißen als dem an Salzen zuzuschreiben.

Beim Übertragen von Organismen aus Nährbouillon in Plasma bzw. Serum müssen plasmolytische Erscheinungen auftreten und diese dürften vielleicht im Plasma stärker werden als im Serum. Es war deshalb nötig, zu untersuchen, ob durch die stärkere Konzentration des Plasmas ein so reichlicheres Zugrundegehen der eingeführten Zellen infolge entstandener Plasmolyse eintrete, daß dadurch eine Fehlerquelle von Bedeutung entstehen kann.

Eine Untersuchung dieser Art war um so nötiger, als nach Walz¹⁾ eine ganze Reihe von ungiftigen Substanzen gegen gewisse Bakterien völlig gleiche Wirkung wie Blutserum haben soll. Verschiedene Bakterien sind jedoch nicht in gleich hohem Grade empfindlich und auch nicht jede Species zeigt denselben Widerstand gegen verschiedene Substanzen. Es war deshalb nötig, sich eine Vorstellung zu machen von der Empfindlichkeit der für die Untersuchung im übrigen geeigneten Bakterien für etwaige Unterschiede betreffs Konzentration der zu untersuchenden Flüssigkeiten. Da es nicht möglich war, alle Stoffe des Blutplasmas bzw. des Serums in dieser Hinsicht durchzuprüfen, habe ich mich auf das Untersuchen des Verhaltens der Bakterien dem Kochsalze gegenüber eingeschränkt. Aus demselben Fleischwasser wurde gleichzeitig Bouillon und Agar hergestellt und zwar von beiden zwei verschiedene Sorten mit 0,5 und 1,5 % und vom

1) Walz, K., Arbeiten a. d. Gebiete der path. Anatomie von Baumgarten, Bd. III, 1899.

Agar auferdem solches mit 1,0 % Kochsalz. In diesen Bouillon-
sorten züchtete ich die zu untersuchenden Bakterien einige Tage,
damit sie dem neuen Nährmedium völlig angewöhnt seien. Da-
nach wurden aus den verdünnten Bouillonkulturen Ösen genommen
und zu Platten aus Agar von den drei verschiedenen Salzkonzen-
trationen verarbeitet. Die Verhältnisse waren also in jeder Reihe,
vom Kochsalz abgesehen, völlig gleich. Wenn eine konstante
Differenz zwischen den in den Platten derselben Serie aufge-
gangenen Kolonien zu finden war, mußte diese sich auf die un-
gleiche Kochsalzmenge beziehen.

Versuch VII.

Agarplatten von verdünnten Bouillonkulturen mit 0,5 % Kochsalz.

Einsaat	Agar mit 0,5 % Na Cl	Agar mit 1,0 % Na Cl	Agar mit 1,5 % Na Cl
B. coli	846	913	634
,	2204	2179	1645
B. typhi	929	853	832
,	1123	1075	1367
B. pyocyaneus	758	671	552
,	1450	1223	1126
B. Proteus	1529	1370	1400
,	2021	1648	1800
B. cholerae	127	15	0
,	7500	1783	85

Versuch VIII.

Agarplatten von verdünnten Bouillonkulturen mit 1,5 % Kochsalz.

Einsaat	Agar mit 0,5 % Na Cl	Agar mit 1,0 % Na Cl	Agar mit 1,5 % Na Cl
B. coli	4640	6260	6248
,	6416	8968	9112
B. typhi	1627	1784	1698
,	4570	4992	5563
B. pyocyaneus	4923	4578	4197
,	436	452	471
B. proteus	2210	2329	1978
,	1272	1160	1228
B. cholerae	388	441	32
,	8400	9784	3712

In diesen Versuchen ist jede Platte im ganzen gezählt worden einige bei Loupenvergrößerung nach Einteilen in kleine Felder mit feiner Feder.

Aus den Versuchen geht hervor, daß der Cholera vibrio weit empfindlicher ist als die übrigen Organismen, was ja auch früher bekannt war. Er wurde auch bei den folgenden Versuchen ausgeschlossen. Es wäre indes irrig, die Empfindlichkeit des *Vibrio cholerae*, welche der bedeutende Wegfall von auskeimenden Zellen der in der zweiten und dritten Spalte der Tabelle VII angegebenen Proben andeutet, nur auf die durch Osmose veränderten Druckverhältnisse zurückzuführen. Sonst würden bei der Einsaat aus der Bouillonkultur mit 1,5% Kochsalz die meisten Kolonien in Agarplatten mit 1,5% Kochsalz, die wenigsten in den Platten mit 0,5% aufgehen. Anstatt dessen sind, wie die Tabelle VIII zeigt, die meisten in den Platten mit 1,0% Kochsalz zu finden. Dies kann kein Zufall sein, denn alle Versuche mit Cholera vibrio ergaben übereinstimmende Resultate. Der Befund ist offenbar so zu erklären, daß Kochsalz schon in einer Menge von 1,5% auf das Wachstum des Cholera vibrio ziemlich kräftig hemmend einwirkt. Bei der Versuchsanordnung, welche die Tabelle VII darstellt, wirken die Wachstumshemmung des Kochsalzes und die Plasmolyse zusammen, in der anderen Versuchsreihe aber ist das nicht der Fall. Agar mit 1,0% und 0,5% Kochsalz ist ein so bedeutend besserer Nährboden, daß die Zahl der Zellen, welche dort mehr aufkeimen, reichlich den Verlust deckt, welcher durch Untergang infolge veränderter Druckverhältnisse entsteht. Auch betreffs der übrigen Organismen deuten einige Versuche in diese Richtung. Doch kann man daraus nicht eben viel schließen, weil für diese die Differenz offenbar zu klein ist, als daß sie mit dieser nicht allzu genauen Methode bestimmt werden könnte. Die Wirkung der größeren Salzkonzentration ist im großen und ganzen nicht so stark, daß sie völlig verdeckt werden kann von dem unvermeidlichen Unterschiede in der Größe der Einsaat. Der größte Teil der Differenz zwischen Plasma und Serum bezieht sich auf das Eiweiß. Betreffs Eiweißlösungen dürfte ein Unterschied von 1% keine nennenswerten

plasmolytischen Erscheinungen hervorrufen, was direkte Untersuchungen auch bewiesen haben. Der Gehalt des Blutes an Salzen aber ist kleiner als 1% und die Hauptmasse besteht aus Kochsalz. Der Unterschied in dieser Hinsicht zwischen Plasma und Serum muß also gerade deshalb sehr unbedeutend sein, weil durch die Gerinnung nicht Kochsalz sondern nur andere Salze dem flüssigen Teile des Blutes entzogen werden. Dafs das Plasma eine ein wenig konzentriertere Lösung als Serum ist, scheint mir also für die folgenden Untersuchungen unberücksichtigt bleiben zu können.

Hund.

Das Hundeblut gerinnt ziemlich langsam. Es gelingt auch ohne Schwierigkeit, das Blut dauernd flüssig zu halten bei einem Gehalt von nur 0,5‰ Kaliumoxalat, wenn es in paraffinierte Gefäße aufgefangen und rasch abgekühlt wird. Das Plasma ist gewöhnlich ungefärbt; das Serum aber oft schwach rötlich.

Versuch IX.

Mittelgroßer, männlicher Rattenfänger. Ein Teil des Blutes wurde mit 1,0 per Mille Kaliumoxalat versetzt und sogleich centrifugiert. Das übrige wurde benutzt, um Serum zu bekommen. Nach 14 Stunden wurde das Serum abgenommen. Auch diesem wurde 1,0 per Mille Oxalat zugesetzt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	2 Std.	8 Std.	12 St.	24 St.
2 ccm Oxalatplasma	B. anthracis	126	114	19 525	—	—
do.	„	124	87	17 172	—	—
do.	B. coli	3 712	66	3	2	5 914
do.	„	—	204	23	18	31 212
do.	B. typhi	13 165	43	1	0	2
2 ccm Serum mit 1,0 per Mille Kaliumoxalat	B. anthracis	117	155	16 744	—	—
do.	„	131	52	19 461	—	—
do.	B. coli	4 096	688	41	82	ca. 400 000
do.	„	—	2024	217	2436	∞
do.	B. typhi	15 264	1912	349	840	∞

Bemerkenswert ist, dafs betreffs des B. anthracis, der vom Hundeserum nicht beeinflusst wird, kein Unterschied zwischen

64 Über die baktericide Wirkung von Blutserum und Blutplasma.

Plasma und Serum besteht. Dies stärkt auch die oben dargestellte Anschauung über die Wirkungsweise des Oxalats. Wo keine Alexinwirkung stattfindet, verhält sich das Oxalat wie im inaktiven Serum. Auf *B. coli* und *B. typhi* wirkt dagegen das Plasma viel stärker keimfeindlich als das Serum.

Versuch X.

Junge Hündin. Anordnung wie im vorigen Versuche. Das Serum wurde nach 18 Stunden abgenommen.

Inhalt der Röhrechen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Oxalatplasma	<i>B. coli</i>	4 579	452	1	3	34 344
do.	›	4 960	1210	6	2	13 737
do.	<i>B. typhi</i>	10 802	38	1	2	198
do.	›	9 094	50	7	10	91
2 ccm Serum mit 1,0‰ Oxalat	<i>B. coli</i>	4 380	410	16	208	∞
do.	›	4 770	228	12	352	∞
do.	<i>B. typhi</i>	12 248	244	8	33	∞
do.	›	10 048	315	21	384	∞

Auch hier ist das Plasma dem Serum überlegen und besonders betrifft *B. typhi* ist der Unterschied auffallend. Die baktericide Wirkung ist auch überhaupt gröfser auf den Typhoidbacillus als auf *B. coli*.

Versuch XI.

Hund, 3 Jahre alt. Das Plasma stammte aus Citratblut. Das Serum wurde nach 18 Stunden dem Gerinnsel entnommen, der Versuch aber wurde erst 2 Tage später angestellt.

Inhalt der Röhrechen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.
2 ccm Citratplasma	<i>B. coli</i>	3 275	623	9 476	500 000
do.	›	2 989	744	14 182	∞
do.	<i>B. typhi</i>	55 704	7 632	133	515
do.	›	84 064	7 568	161	1 291
2 ccm Serum mit 1,0 p. m. Citrat	<i>B. coli</i>	2 734	1 838	400 000	∞
do.	›	3 625	2 257	500 000	∞
do.	<i>B. typhi</i>	ca. 50 000	10 638	165	1 049
do.	›	ca. 80 000	38 350	596	20 256

In diesem Versuche ist der Unterschied zwischen Plasma und Serum nicht sehr groß, die baktericide Wirkung aber ist auch nicht stark.

Wie ich früher bemerkt habe, ist es mir nie gelungen, mit der Paraffinmethode ein Plasma zu gewinnen, das im Brutschrank nicht sofort völlig gerann. Auch gleichzeitiges Abkühlen beim Aufsammeln des Blutes gab kein haltbares Plasma. Nichtsdestoweniger ist dieses Verfahren zu benutzen, um zu entscheiden, ob das Plasma dem Serum in keimfeindlicher Wirkung nachstehe. Ist nämlich das Plasma, wie Gengou behauptet, weniger wirksam als das Serum, so muß offenbar das aus diesem, von Leukocyten freien Plasma entstandene Serum geringere baktericide Wirkung besitzen als das bei der gewöhnlichen Blutgerinnung erhaltene.

Versuch XII.

Junge Hündin. Ein Teil Blut wurde in paraffinierten Gefäßen aufgesammelt, rasch abgekühlt und bei ungefähr 0° C. centrifugiert. Das gewonnene Plasma wurde in den Brutschrank eingestellt, bis es geronnen war, was sofort eintrat. Aus dem Gerinnsel wurde die Flüssigkeit mit einem sterilen Glasstäbchen ausgepresst. Im Gerinnsel waren bei mikroskopischer Untersuchung nur einzelne Leukocyten zu sehen. In der ausgepressten Flüssigkeit, welche kühl gestellt wurde, trat während der Nacht noch einmal Gerinnung ein. Das zum Vergleichen nötige Serum wurde auf gewöhnliche Weise nach 18 Stunden aufgesammelt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Serum aus Plasma	B. coli	4 897	2645	34 916	∞	—
do.	„	7 250	2925	135 715	∞	—
do.	B. typhi	11 829	300	7	45	∞
do.	„	8 704	362	2	34	∞
2 ccm Serum aus Blut	B. coli	5 157	2817	49 226	∞	—
do.	„	5 787	2556	118 487	∞	—
do.	B. typhi	9 031	332	23	41	∞
do.	„	10 875	636	119	504	∞

Das aus dem Plasma hergestellte Serum ist dem bei der gewöhnlichen Blutgerinnung entstandenen Serum völlig gleichwertig. Auch das Plasma muß also ebenso wirksam gewesen

1) Gengou, a. a. O.

sein wie dieses letztere Serum. In der That ist es wahrscheinlich sogar noch wirksamer gewesen, wie ich später zeigen werde.

Beim Hunde scheint also das Plasma in betreff der Wirkung auf *B. coli* und *B. typhi* dem Serum deutlich überlegen zu sein. *B. pyocyaneus* und *B. proteus* sind gegen das Hundeblood überhaupt zu wenig empfindlich, als dafs ein Unterschied zwischen Plasma und Serum hervortreten könne.

Kaninchen.

Kaninchenserum und Plasma sind beide fast ungefärbt, können teils klar, teils schwach trüb sein. Im letzteren Falle werden sie im Brutschrank bisweilen klar, wobei der im Plasma entstandene Niederschlag sich zu einem kleinen Klümpchen zusammenballt.

Versuch XIII.

Mittelgroßes Kaninchen. Ein Teil des Blutes wurde mit 1,0 ‰ Kaliumoxalat versetzt und zum Gewinnen von Plasma benutzt. Aus dem anderen Teile wurde Serum gewonnen, das nach 18 Stunden aufgesammelt wurde.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	24 St.	36 St.
2 ccm Kaliumoxalatplasma	<i>B. coli</i>	564	1	0	0	0
do.	„	628	0	0	0	0
do.	<i>B. typhi</i>	54 189	0	0	18	—
2 ccm Serum mit 1,0 ‰ Kaliumoxalat	<i>B. coli</i>	604	3	1	2 353	∞
do.	„	640	10	0	0	1208
do.	<i>B. typhi</i>	50 000	64	31	271 737	—

Die Überlegenheit des Plasmas ist offenbar.

Versuch XIV.

Kleines Kaninchen. Anordnung wie im vorigen Versuche. Das Serum war 20 Stunden alt.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.
2 ccm Kaliumoxalatplasma	<i>B. pyocyan.</i>	203	227	1 723
do.	„	258	233	1 208
2 ccm Serum mit 1,0 ‰ Oxalat	„	200	970	12 904
do.	„	157	272	7 664

Auch *B. pyocyaneum*, betreffs dessen eine eigentliche baktericide Wirkung in diesem Versuche nicht zu bemerken ist, wird in seinem Wachstum von Plasma weit mehr gehemmt als von Serum.

Versuch XV.

Kaninchen. 30 ccm Blut wurden in soviel Natriumoxalatlösung aufgenommen, dafs es davon 0,8 ‰ enthielt, und danach sogleich centrifugiert. Das übrige Blut wurde zum Gewinnen von Serum benutzt, das nach 18 Stunden dem Gerinnsel entnommen wurde.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Natriumoxalat-plasma sofort	<i>B. coli</i>	756	6	0	0	1
do.	„	711	4	0	7	23
do.	<i>B. typhi</i>	69 324	106	1	1	18
do.	„	78 228	1850	1	0	8
do.	„	ca. 70 000	667	2	1	15
do.	<i>B. pyocyan.</i>	2 289	1272	2480	4 324	15 576
do.	„	1 836	1081	3116	9 858	38 980
2 ccm Serum mit 0,8 ‰ Natriumoxalat	<i>B. coli</i>	875	23	70	6 328	∞
do.	„	636	29	8	90	9 667
do.	<i>B. typhi</i>	ca. 70 000	88	82	468	∞
do.	„	ca. 70 000	2136	18	91	∞
do.	„	ca. 70 000	1564	113	146	∞
do.	<i>B. pyocyan.</i>	2 098	1653	7186	17 362	273 328
do.	„	1 748	1435	8840	26 330	∞

Das Resultat stimmt mit dem vorigen völlig überein. Der Unterschied zwischen Plasma und Serum ist betreffs der empfindlichen Organismen *B. coli* und *B. typhi* groß. Ist die Alexinwirkung aber schwach wie gegen *B. pyocyaneum*, so muß selbstverständlich auch der Unterschied kleiner werden.

Versuch XVI.

Großes Kaninchenweibchen. Das für das Gewinnen von Plasma bestimmte Blut wurde in Citratlösung aufgesammelt. Das Serum wurde nach 24 Stunden aufgenommen und mit Citratlösung versetzt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 St.	24 St.
3 ccm Citratplasma	<i>B. coli</i>	3 763	1 484	19 762	24 160	—
do.	<i>B. typhi</i>	14 310	27	0	0	1

5*

Fortsetzung zu Versuch XVI.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 Std.	24 Std.
3 ccm Citratplasma	B. pyocyan.	1 404	1 176	18 126	32 617	—
do.	B. proteus	24 040	17 680	64 108	—	—
3 ccm Serum mit 4,0 ‰ Citrat	B. coli	3 512	2 480	300 000	∞	—
do.	B. typhi	18 200	1 828	231	1 946	ca. 350 000
do.	B. pyocyan.	1 640	3 561	110 000	∞	—
do.	B. proteus	21 515	40 068	128 000	—	—

Auch in diesem Versuche ist das Plasma dem Serum überlegen. Die Einsaat ist ziemlich groß, die des *B. typhi* ausgenommen, und deshalb ist die baktericide Wirkung nicht besonders hervortretend. Im Plasma ist jedoch die Bakterienzahl nach 4 Stunden überall gesunken, während im Serum derselben Zeit *B. pyocyanum* und *B. proteus* sich bedeutend vermehrt haben.

Gegen den Milzbrandbacillus wirkt das Oxalatplasma ebenfalls stärker baktericid als das Serum mit Oxalat.

Versuch XVII.

Kaninchen. Kaliumoxalatplasma. Das Serum wurde nach 20 Stunden aufgenommen.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.
2 ccm Oxalatplasma	B. anthracis	54	0	592
do.	„	119	0	10 494
2 ccm Serum mit 1,0 ‰ Oxalat	„	66	648	∞
do.	„	113	1280	117 484

Daraus kann man aber nichts folgern. Wie bei den anderen Organismen das Oxalat das verstärkende Agens zu sein scheint, so ist es wahrscheinlich für den Milzbrandbacillus das abschwächende. Das Serum enthält mehr überschüssiges Oxalat als das Plasma. Die schwächere, keimfeindliche Wirkung würde

also nur davon herrühren können. Überdies würde eine Änderung in der baktericiden Wirkung gegen nur eine Bakterie schwer verständlich sein, wenn die Wirkung auf diese demselben Stoffe zuzuschreiben wäre, der gegen die übrigen wirksam ist. Das Kaninchenserum besitzt aber, wie wir gleich sehen werden, mehrere baktericide Stoffe.

Die Ergebnisse der bis jetzt angeführten Versuche widersprechen denen von Gengou völlig, obwohl sie teilweise mit denselben Blutsorten angestellt sind. Zu bemerken ist aber, daß Gengou für seine Versuche meistens den Choleravibrio und den Milzbrandbacillus benutzt hat. Ich habe absichtlich beide vermieden. Der Choleravibrio ist, wie vorher angeführt, viel zu empfindlich, als daß man den Einfluß der Konzentrationschwankungen sicher ausschließen könnte. Betreffs des Milzbrandbacillus ist zu bemerken, daß er erstens für baktericide Versuche überhaupt sehr wenig geeignet ist, wie schon z. B. Wilde¹⁾ hervorgehoben hat. Zuzufolge seiner Neigung, sofort zu Boden zu sinken, entzieht er sich gewissermaßen der Wirkung der Alexine und wegen seiner Eigenschaft, lange Fäden zu bilden, entspricht die Kolonienzahl der Platte bei weitem nicht der Menge der Individuen in der verarbeiteten Serumprobe. Gegen das Kaninchenserum verhält er sich weiter ganz anders als andere Organismen, so daß man nicht ohne weiteres die damit erhaltenen Ergebnisse verallgemeinern darf. Das Absterben tritt ganz momentan ein und die baktericide Wirkung auf Milzbrandbacillen wird nicht, wie Bonaduce²⁾ und Walz³⁾ zuerst beobachtet haben, durch halbstündiges Erwärmen bei + 55°C. wie die auf andere Organismen aufgehoben. Wilde nimmt deshalb an, daß beim Kaninchen außer den Alexinen noch ein dem Milzbrandbacillus schädliches Agens existiere, das bei + 55°C. nicht zerstört wird. Mit dieser Annahme stimmt auch der folgende Versuch überein.

1) Wilde, M., Zeitschrift f. Hygiene, Bd. 37, 1901.

2) Bonaduce, S., Beiträge z. pathol. Anatomie etc. von Ziegler, Bd. 12, 1893.

3) Walz, K., Arbeiten aus dem Gebiete der path. Anatomie, Bd. III, 1899, S. 32.

Versuch XVIII.

Kaninchen. Das nach 18 Stunden aufgenommen Serum wurde in drei Teile geteilt. Zu dem einen wurde eine 12stündige Agarkultur von Milzbrandbacillen zugesetzt und gut verteilt. Der zweite Teil wurde mit einer gleich alten, durch Hitze abgetöteten Kultur versetzt. Nach Aufbewahren über Nacht bei 0° C. wurde das bacillenhaltige Serum centrifugiert. Von allen Sera wurden Versuche mit aktivem und mit $\frac{1}{2}$ Stunde bei + 55° C. inaktiviertem Serum angestellt.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	24 Std.
2 ccm gew. Serum, aktiv	B. anthracis	173	0	0	0
do. „	„	218	0	0	0
do. inaktiv	„	378	0	0	18
do. „	„	564	0	0	0
2 ccm mit getöteten Milzbrand- bac. vorbeh. Serum, aktiv	„	674	0	0	0
do. „	„	1396	0	1	0
do. inaktiv	„	731	2	628	∞
do. „	„	—	—	—	—
2 ccm mit lebenden Milzbrand- bac. vorbeh. Serum, aktiv	„	826	0	0	0
do. „	„	1876	1	0	0
do. inaktiv	„	648	8	1832	∞
do. „	„	1258	67	2496	∞

Durch Kontrollplatten wurde festgestellt, daß das mit lebenden Bacillen vorbehandelte Serum durch das Centrifugieren wirklich von diesen befreit worden war. Das fast momentane Absterben macht sich sehr deutlich geltend in dem gewöhnlichen Serum. Die Einsaat war nämlich in den entsprechenden Proben gleich groß, ein bzw. zwei Tropfen einer Bouillonaufschwemmung. Das mit Milzbrandbacillen vorbehandelte aktive Serum weicht bei dieser kurzen Beobachtungszeit und mäßiger Einsaat, von dem gewöhnlichen nicht ab. Im inaktiviertem Zustande ist aber der Unterschied groß. Offenbar haben die Milzbrandbacillen schon bei 0° C. den größten Teil der wärmebeständigen baktericiden Körper absorbiert. In dieser Hinsicht weicht dieser Körper von den gewöhnlichen Alexinen auch ab. Wie Wilde¹⁾

1) Wilde, M., Über die Absorption der Alexine durch abgetötete Bakterien. Berl. klin. Wochenschr., 1901.

gezeigt hat, werden die Alexine bei 0°C. wenigstens von getöteten Bakterien nicht absorbiert. Nach dem oben Angeführten ist es wohl kaum möglich, Gengou beizustimmen, daß das Zugrundegehen des Milzbrandbacillus im Kaninchenserum nur durch das Serumalexin hervorgerufen wäre.

Aus dem Verhalten des Kaninchensermums gegen den Milzbrandbacillus dürfte man betreffs der Beziehung dieses Serums zu anderen Organismen nicht allzuviel folgern können. Auch Gengou bemerkt, daß er viel öfter einen Unterschied gefunden hat zwischen Serum und Plasma in der baktericiden Wirkung gegen den Milzbrandbacillus als gegen den Choleravibrio, die Coli- und Typhibacillen. In mehreren Versuchen war sogar der Choleravibrio ebenso rasch im Plasma als im Serum untergegangen.

Wäre die Annahme Gengous zutreffend, daß die Alexine erst nach der Blutgerinnung von den Leukocyten dem Serum abgegeben werden, würde man natürlicherweise erwarten, daß beim Stehen des Blutes auch dem Plasma Alexin abgegeben wird. Um zu sehen, ob vielleicht die keimfeindliche Wirkung des Plasmas beim Stehen des Blutes erhöht wird, habe ich sofort abcentrifugiertes Plasma mit solchem nach 24 Stunden verglichen.

Versuch XIX.

Junger Hund. Kalium-Oxalatplasma.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.
2 ccm Plasma sofort	B. coli	6 232	2272	107	2861
do.	„	5 787	1318	26	7504
do.	B. typhi	13 356	354	25	0
do.	„	17 044	1500	24	0
do.	B. pyocyan.	947	1278	6 042	—
do.	„	1 004	884	7 836	—
2 ccm Plasma nach 24 Stunden	B. coli	7 886	1768	30	∞
do.	„	5 660	1621	8	∞
do.	B. typhi	14 700	1296	148	142
do.	„	15 836	1068	296	868
do.	B. pyocyan.	1 017	979	12 020	—
do.	„	890	871	10 303	—

Die baktericide Wirkung des Plasmas sinkt offenbar allmählich während des Stehens des Blutes, obwohl die Leukocyten unzweifelhaft auch in dem flüssigen Blute allmählich absterben, und, nach Gengou, eine Abgabe von Alexinen also stattfinden müsste. Durch diese Verminderung der keimfeindlichen Wirkung des Plasmas ist freilich nicht bewiesen, daß ein Austreten von Alexinen nicht vorkomme, jedenfalls aber, daß es kleiner sein muß, als daß die fortgehende Abschwächung der Alexine dadurch ausgeglichen würde.

In betreff des Hundes und des Kaninchens kann ich Gengou betreffs seiner Ansicht über die Beziehung des Serums zum Plasma nicht beistimmen. In meinen Versuchen war die keimfeindliche Wirkung des Plasmas immer größer als die des Serums. Wodurch wird aber diese Abschwächung beim Gerinnen hervorgerufen? Die Möglichkeit liegt ja sehr nahe, daß bei und nach der Gerinnung Stoffe aus den Zellen in das Serum austreten können, welche das letztere zu einem für die Bakterien weit besseren Nährboden machen als das Plasma. Die roten Blutkörperchen dürften solche Körper enthalten. Buchner fand bei seinen grundlegenden Untersuchungen, daß das Blut, nicht aber das Serum, beim Gefrieren seine keimfeindlichen Eigenschaften verlor. Im Einklang mit dieser Thatsache steht offenbar die früher erwähnte Beobachtung betreffs des Seifeplasmas. In beiden Fällen deutet das Austreten des Hämoglobins aus den roten Blutkörperchen auf eine starke Beschädigung der Zellen hin. Wie ich früher erwähnt habe, ist das Serum im Vergleich mit dem Plasma gewöhnlich ein wenig stärker gefärbt. Daß diese Färbung von gelöstem Hämoglobin herrührt, ist nicht zu bezweifeln. Kann aber das Hämoglobin aus den Blutkörperchen austreten, so dürfte auch anderen Stoffen kein Hinderniss im Wege stehen.

Es war also zunächst zu untersuchen, ob die bakterienfeindliche Wirkung des Serums dadurch vermindert wird, daß es weit länger in Berührung mit dem Blutkörperchen ist, als das von den übrigen Blutbestandteilen sogleich getrennte Plasma, oder ob das Serum schon von Anfang an dem Plasma nachsteht.

Versuch XX.

Großes Kaninchen. Die Gefäße blieben nach der Blutentnahme in schiefer Lage, wurden gleich nach der Gerinnung aufrecht gestellt und das nach 2½ Stunden ausgetretene Serum aufgenommen. Danach wurden die Gefäße wieder schief gelegt. Nach 42 Stunden wurde das übrige Serum entnommen, nachdem kurz vorher das Blutgerinnsel von der Wand gelöst worden war.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 Std.	24 Std.
3 ccm Serum nach 2½ Stunden	B. coli	802	119	477	4 048	∞
do.	B. typhi	27 856	62	153	896	—
do.	B. pyocyan.	3 482	26 330	—	—	—
do.	B. proteus	6 297	7	0	2	2240
3 ccm Serum nach 42 Stunden	B. coli	1 009	464	5088	22 800	∞
do.	B. typhi	24 384	704	1188	7 632	—
do.	B. pyocyan.	2 925	22 323	—	—	—
do.	B. proteus	5 914	6	1	4	1130

Dafs eine Verschlechterung desjenigen Serums stattgefunden hat, das mit dem Gerinnsel in Berührung gewesen war, ist betreffs B. coli und B. typhi offenbar. Dasselbe Verhältnis zeigt, B. typhi betreffend, der folgende Versuch.

Versuch XXI.

Kaninchen. 1½ Stunden nach dem Entbluten wurde das ausgeschiedene Serum aufgenommen, das übrige nach 16 Stunden.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	24 Std.	36 Std.
3 ccm Serum nach 1½ Stunden	B. typhi	4 978	8	0	5	22
do.	,	18 126	54	0	1	—
3 ccm Serum nach 16 Stunden	,	5 724	12	1	116	∞
do.	,	21 178	780	6	17 744	—

Ähnlich verhielten sich weitere Versuche, wenn es sich um B. coli und B. typhi handelte. Die übrigen zeigten keinen deutlichen Unterschied. Dies scheint anzudeuten, dafs schon bei der Gerinnung die keimfeindliche Wirkung des flüssigen Teils des Blutes vermindert werden kann.

Es ließe sich auch denken, dafs dieser Unterschied zwischen Plasma und Serum, wenigstens teilweise, dadurch entstanden sein

könne, daß in Berührung mit dem Blutkuchen die keimfeindlich wirkenden Körper dem Gerinnsel anhaften. Um zu sehen, ob der Faserstoff die Eigenschaft besitzt, das Alexin zu absorbieren, wurden folgende Versuche angestellt.

Versuch XXII.

Hund. Sofort nach dem Centrifugieren des Kaliumoxalatblutes wurde zu einem Teile des Plasmas von einer 6 proz. Ca Cl₂-Lösung die dem zugefügten Oxalate äquivalente Menge Chlorkalcium zugesetzt. Nach dem Gerinnen des Plasmas, das sehr rasch eintrat, wurde mit einem Glasstäbchen das Serum aus dem Gerinnsel sorgfältig ausgepreßt. Das so erhaltene Faserstoffgerinnsel übertrug ich in eine Portion Oxalatplasma desselben Tieres. Nach 36 Stunden wurde dieses Plasma mit nicht vorbehandeltem Plasma verglichen.

Inhalt der Röhren	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 Std.
2 ccm Plasma	B. coli	3432	781	26	148
do.	„	3328	798	11	95
2 ccm mit Fibrin behandeltes Plasma	„	3984	2256	748	2439
do.	„	6200	325	140	4340

Eine Verminderung in der keimfeindlichen Wirkung des Plasmas, das mit dem Fibrin in Berührung war, ist eingetreten. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese dadurch entstanden ist, daß das Faserstoffgerinnsel dem Plasma einen Teil des Alexins entnommen hat. Würde die Sache sich so verhalten, dürfte man sicherlich auch annehmen, daß gerade im Gerinnungs Augenblicke das Mitreißen dieser Körper am größten sein würde. Jedenfalls dürfte der frisch entstehende Faserstoff mehr Alexin absorbieren als der im vorigen Versuche benutzte, welcher nach dieser Anschauung bereits vorher mit Alexin beladene war.

Setzt man zu dem abcentrifugierten Oxalatplasma sofort die dem Oxalate entsprechende Menge Ca Cl₂ zu, so gerinnt es meistens sehr rasch, und gewöhnlich vollständig. Läßt man das Plasma einige Zeit kühl stehen, so entsteht, wie gesagt, ein geringer Niederschlag. Nach dem Entfernen dieses Niederschlages kann dagegen, wie Hammarsten¹⁾ hervorgehoben hat, dieselbe

1) Hammarsten, a. a. O.

Menge Chlorkalcium zugesetzt werden, ohne dafs Gerinnung eintritt. Durch das Vergleichen dieses Plasmas mit dem Serum aus dem geronnenen Plasma, kann man auch entscheiden, ob der Faserstoff das Alexin mitreisst und das Serum also an bakterienfeindlichen Körpern ärmer ist als das Plasma.

Versuch XXIII.

Kaninchen. Natriumoxalatplasma mit 0,84 ‰ Oxalat. Dem einen Teile des Plasmas wurde sogleich nach dem Centrifugieren 1 ‰ einer 6proz. CaCl₂-Lösung zugesetzt. Das Gerinnen wurde durch Einstellen, einige Minuten, im Brutschranke beschleunigt. Nach 36 Stunden wurde das Serum ausgepresst und gleichzeitig auch der andere Teil des Plasmas mit der gleichen Menge von CaCl₂ versetzt. In dieser Probe entstand keine Gerinnung.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 Std.	24 Std.
2 ccm Oxalatplasma mit CaCl ₂	B. coli	812	68	0	76	123 561
do.	„	952	21	1	0	84
do.	B. pyocyan.	120	41	334	1 051	140 000
do.	„	105	38	596	1 106	150 000
2 ccm Serum aus Oxalatplasma	B. coli	740	384	432	3 243	∞
do.	„	756	372	364	4 706	∞
do.	B. pyocyan.	109	155	2671	10 748	∞
do.	„	107	208	4134	26 902	∞

Das Resultat dieses Versuches stimmt mit dem vorigen völlig überein. Das einzige Moment, das eine Verminderung der baktericiden Wirkung hervorgerufen haben kann, ist das Ausscheiden des Faserstoffes und der mit diesem folgenden Salze. Sonst sind die Flüssigkeiten gleich. Der Unterschied läßt sich kaum auf andere Weise erklären, als dafs der Faserstoff einen Teil der keimfeindlich wirkenden Körper mitgerissen hat.

Am besten gelingt dieses Verfahren mit Hundeblut. Beim Kaninchen ist es schon schwieriger und noch nach 2 Tagen gerinnt das Plasma beim CaCl₂-Zusatz bisweilen. Die Kaninchenalexine sind aber gegen die von mir benutzten Bakterien wirksamer als die des Hundes, und der Unterschied zwischen Plasma und Serum wird deshalb gröfser als beim Hunde.

Bei seinen Untersuchungen hat Gengou¹⁾ das Blut in paraffinierte Gefäße aufgenommen und zentrifugiert. Das auf diese Weise gewonnene Plasma gerann immer 4—5 Stunden nach dem Entbluten und später noch zwei- bis dreimal. Die so erhaltene Flüssigkeit wurde als Vertreter des Plasmas benutzt, da »sie von dem normalen Plasma weniger abweicht als das gewöhnliche Serum«. Es kann wohl in Zweifel gezogen werden, ob nicht diese Flüssigkeit, die selbstverständlich als Serum aufzufassen ist, wenigstens in gewissen Beziehungen von dem normalen Plasma noch mehr abweicht als das bei der Blutgerinnung entstandene Serum. Besitzt wirklich das Fibrin die Fähigkeit, die Alexine mitzuschleppen, wie die oben angegebenen Versuche anzudeuten scheinen, so ist es höchst wahrscheinlich, daß durch wiederholte Gerinnungen davon mehr mitgerissen wird als durch eine einzige. Übrigens bilden sich, nach meinen Erfahrungen, in solchem von Fibrinogen nicht ganz freien Serum, oft kleine, zusammengeballte Faserstoffgerinnsel. Dadurch können dem bekannten Wattedauschversuche von Buchner sehr ähnliche Verhältnisse hervorgerufen werden.

Außer den oben erwähnten Blutarten sind auch Rinder- und Pferdeblut der Untersuchung unterzogen worden. Einige Versuche wurden auch mit Katzen- und Hammelblut angestellt.

Rinder-, Pferde- und Hammelblut wurden beim Schlachten in die sterilisierten Gefäße aufgefangen, nachdem ein bedeutender Teil des Blutes dem Tiere bereits entzogen war. Jedes Berühren der Haare und der Gefäße wurde sorgfältig vermieden. Selbstverständlich genügen diese Vorsichtsmaßregeln nicht, um wirklich steriles Blut zu bekommen. Die Verunreinigung dürfte jedoch sehr unbedeutend sein. Unzweifelhaft werden außerdem die meisten eingeführten Keime entfernt; aus dem Plasma durch das Centrifugieren und aus dem Serum dadurch, daß sie in dem Blutgerinnsel eingeschlossen werden, wie v. Székely und Szana²⁾ beobachtet haben. Das Blut habe ich regelmäÙig nur einen oder höchstens zwei Tage aufbewahrt und immer bei kühler

1) Gengou, a. a. O.

2) Székely, v. und Szana, Centralbl. f. Bakteriol., Bd. XII, 1892.

Temperatur. Eine Vermehrung der Keime dürfte deshalb ausgeschlossen sein. Ich glaube auch nicht, daß die einzelnen Keime, welche das Plasma bzw. Serum von vornherein vielleicht enthielt, bei der Einsaat einer großen Menge Bakterien eine Fehlerquelle bilden können.

Das Rinderplasma wird erst nach langem Centrifugieren ab- geschieden. Es ist strohgelb; das Serum aber ist mehr oder weniger rötlich. Beide sind meistens klar. Pferdeplasma ist äußerst leicht zu gewinnen. Schon beim Stehen bildet sich in etwa zwei Stunden eine mächtige Plasmaschicht. Es ist stroh- gelb, auch nach längerem Stehen des Blutes. Wird es gleich nach dem Entbluten abcentrifugiert, so ist es oft leicht trübe. Läßt man solches Plasma eine Nacht über stehen, oder wird das Blut erst nach dieser Zeit centrifugiert, so bekommt man eine völlig klare Flüssigkeit. Im ersteren Falle entsteht ein geringer Niederschlag. Das Serum ist immer klar. Anfangs hat es, mit dem Plasma verglichen, nur einen schwach rötlichen Teint, wird aber beim Stehen bald rotgelb.

Versuch XXIV.

Das Plasma wurde aus Kaliumoxalatblute sofort abcentrifugiert, das Serum nach 18 Stunden aufgesammelt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	6 Std.	12Std.	24Std.
5 ccm Oxalatplasma	B. coli	922	132	∞	—
do.	›	2796	1174	∞	—
do.	B. typhi	1638	223	∞	—
do.	›	1952	107	∞	—
5 ccm Serum ohne Oxalat	B. coli	927	448	85	∞
do.	›	2246	912	208	∞
do.	B. typhi	1170	16	12	1
do.	›	1588	65	19	4
5 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	B. coli	1165	72	1	51
do.	›	2272	102	6	170
do.	B. typhi	1030	1	0	0
do.	›	1805	1	0	0

Das Plasma steht in diesem Versuche nicht nur dem Serum mit Oxalat, sondern auch dem ohne Oxalat bedeutend nach, obwohl das Oxalat die Alexinwirkung verstärkt, wie oben gezeigt

ist, und, wenigstens *B. coli* betreffend, auch aus diesem Versuche hervorgeht. Das Serum muß also dem normalen Plasma noch mehr überlegen sein als diesem oxalathaltigen. Auch bei Hammel und Katze wirkt das Serum oft deutlich stärker baktericid als das Plasma.

Versuch XXV.

Hammel. Das Plasma wurde sofort aus Kaliumoxalatblute abcentrifugiert. Das Serum wurde aufgenommen, sobald die genügende Menge ausgepreßt war.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	8 Std.	12 Std.
5 ccm Oxalatplasma	<i>B. coli</i>	1960	54	177	6 342
do.	,	4633	88	592	11 000
do.	<i>B. typhi</i>	754	22	223	8 331
do.	,	2236	70	949	43 000
do.	Staphylo- coccus aur.	1880	1064	2664	22 000
5 ccm Serum ohne Oxalat	<i>B. coli</i>	2000	140	37	1 344
do.	,	5088	939	78	1 006
do.	<i>B. typhi</i>	778	0	0	9
do.	,	1945	0	0	24
do.	Staphylo- coccus aur.	1732	1592	2724	7 632

Versuch XXVI.

Alte Katze. Das zum Gewinnen von Plasma bestimmte Blut wurde in paraffinierte Gefäße aufgenommen, mit 2,0 ‰ Kaliumcitrat versetzt und sofort centrifugiert. Das Serum wurde nach 16 Stunden abgenommen.

Inhalt der Röhrrchen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Paraffinplasma mit 2,0 ‰ Kaliumcitrat	<i>B. coli</i>	618	53	2798	4795	—
do.	,	504	79	1717	8013	—
do.	<i>B. typhi</i>	25 758	24	0	0	14 882
do.	,	ca. 25 000	21	1	0	5 724
2 ccm Serum ohne Citrat	<i>B. coli</i>	619	520	623	636	—
do.	,	414	408	24	11	—
do.	<i>B. typhi</i>	ca. 25 000	20	0	0	0
do.	,	ca. 25 000	42	0	0	0

Die Versuche deuten dahin, daß bei diesen Blutsorten nach dem Entbluten keimfeindliche Stoffe von den Leukocyten abge-

sondert werden. Die Abgabe findet aber nicht nur im geronnenen Blute statt, sondern auch, wenn das Gerinnen verhindert wird.

Versuch XXVII.

Rinderblut. Aus dem Kaliumoxalatlute wurde teils sofort, teils nach 20 Stunden Plasma abcentrifugiert. Das Blut war während der Zeit kühl aufbewahrt.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	6 Std.	12 Std.	24 Std.
5 ccm Plasma, sofort	B. coli	2800	705	1668	∞
do.	,	5273	1834	2172	∞
do.	B. typhi	1185	150	3672	25 000
do.	,	4272	290	6805	45 000
do.	B. pyocyan.	1508	1214	1079	∞
do.	,	3278	1893	298	∞
5 ccm Plasma, nach 20 Stunden	B. coli	2560	298	17	?
do.	,	5660	672	467	∞
do.	B. typhi	1032	11	4	23
do.	,	3276	53	15	145
do.	B. pyocyan.	1467	727	40	5 215
do.	,	3180	1496	115	10 796

Die Wirkung des sofort gewonnenen Plasmas ist sehr schwach, sogar der ziemlich empfindliche B. typhi hat sich bei dieser kleinen Einsaat schon nach 12 Stunden vermehrt.

Durch künstliche Vermehrung der Leukocyten des Blutes kann die Wirkung des Plasmas während des Stehens noch mehr erhöht werden.

Versuch XXVIII.

Rinderblut mit Kaliumoxalat. Die aus dem sofort centrifugierten Blute erhaltene Leukocytenschicht wurde einer neuen Portion Blut zugesetzt. Nach 20 Stunden wurde sowohl aus diesem leukocytenreichen als aus gewöhnlichem Blute Plasma abcentrifugiert.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	6 Std.	20 Std.	48 Std.
5 ccm Plasma nach 20 Stunden	B. coli	1328	5	8	1264
do.	,	2544	21	9	3936
5 ccm Plasma aus leukocytenreichem Blute nach 20 Stunden	,	1496	33	1	44
do.	,	2988	115	1	77

Bei diesen Tieren würde also das Serum gewissermaßen in der Beziehung zum Plasma stehen, die Gengou behauptet. Es ist aber zu bemerken, daß dieses Verhältnis gar kein regelmäßiges ist. Im Gegenteil wirkt das Plasma oft deutlich stärker baktericid als das Serum.

Versuch XXIX.

Kuh. Plasma aus Blut mit 1,0‰ Kaliumoxalat. Das Serum wurde nach 20 Stunden aufgenommen.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	4 Std.	12 Std.	24 Std.
5 ccm Plasma sofort	B. coli	4568	0	19	136
do.	,	2954	1260	24	9 794
5 ccm Serum mit 1,0‰ Kaliumoxalat	,	3784	139	408	125 000
do.	,	3800	3664	11 578	ca. 150 000

In diesem Versuche sind im Serum entweder keine Alexine aus den Leukocyten ausgetreten, oder nur in so geringer Menge, daß ihre Wirkung durch abschwächende Momente völlig aufgehoben ist. Auch in diesen Sera machen sich selbstverständlich die vorher angeführten, die baktericide Serumwirkung abschwächenden Momente geltend, nämlich das Austreten guter Nährstoffe aus den Blutkörperchen und das Absorbieren des Alexins durch den Faserstoff. Es ist auch sehr gewöhnlich, daß das Serum während des Aufbewahrens seine baktericide Wirkung einbüßt, wie früher betreffs Kaninchenblutes nachgewiesen ist.

Versuch XXX.

Rind. Ungefähr 2 Stunden nach dem Entnehmen wurde das aus dem schieferstarrten Blute ausgepresste Serum aufgenommen und centrifugiert. Nach 20 Stunden wurde wieder Serum aufgesammelt, das auch centrifugiert wurde.

Inhalt der Röhrchen	Einsaat	0 Std.	6 Std.	12 Std.
5 ccm Serum nach 2 Stunden	B. coli	2578	632	1 000
do.	,	4954	1115	2 609
do.	B. typhi	1210	46	1 314
do.	,	2875	56	2 925
5 ccm Serum nach 20 Stunden	B. coli	2750	739	7 695
do.	,	5528	1380	12 000
do.	B. typhi	1137	28	7 314
do.	,	2920	96	16 400

Der Unterschied zwischen den beiden Sera ist freilich nicht sehr groß, er kann bisweilen wesentlich größer sein, der Versuch aber ist jedoch wiedergegeben, weil er zeigt, daß während des Aufbewahrens des Blutes die baktericide Wirkung des Serums abgeschwächt werden kann, während die des Plasmas bedeutend erhöht wird. Die Tabelle entspricht nämlich einem Teile einer Versuchsreihe, aus der ein anderer Teil als »Versuch XXVI« herausgenommen ist. Es ist aber gar nicht regelmäsig, daß die Wirkung des Plasmas verstärkt wird. Anstatt dessen kann sie während des Stehens des Blutes abgeschwächt werden, gewöhnlich aber nicht sehr bedeutend in der ersten Zeit. Im letzteren Falle steht also das Serum in derselben Beziehung zum Plasma wie beim Hunde.

Es dürfte nicht geleugnet werden, daß nach dem Entbluten im Rinder-, Hammel- und Katzenblute Alexin in genügend großer Menge von den Leukocyten abgegeben werden kann, und daß dann die von den Blutkörperchen befreite Flüssigkeit, Plasma oder Serum, stärker keimfeindlich wirken muß als das normale Plasma. Daß dies nicht immer zutrifft, ist ebenso offenbar. Es scheint, als ob bei Rind, Hammel und Katze die Leukocyten außerhalb des Tierkörpers, wenigstens bisweilen, ihr Alexin leichter abgeben, als, nach meinen Untersuchungen zu schließen, sie es beim Hund und Kaninchen thun. Auch beim Pferde scheint die Alexinwirkung im Serum bisweilen erhöht werden zu können. Das Gerinnen des Pferdeblutes kann ohne Schwierigkeit lediglich durch rasches Abkühlen verhindert werden und die Blutkörperchen werden außerdem in sehr kurzer Zeit beim Centrifugieren abgeschieden. Deshalb ist dieses Blut sehr geeignet, um zu entscheiden, ob das natürliche Plasma wirklich keimfeindlich wirkt.

Versuch XXXI.

Altes Pferd. Eine kleine Menge Blut wurde in einen, im Eiswasser stehenden Glaszylinder aufgenommen. In diesen wurde ein zweiter, schmalerer, mit Eis gefüllter Zylinder hineingesteckt. Die Flächen der Zylinder, die in Berührung mit dem Blute kamen, waren mit flüssigem Paraffin bestrichen. Nach dem Abkühlen wurde das Blut sofort centrifugiert. Das gewonnene

82 Über die baktericide Wirkung von Blutserum und Blutplasma.

Plasma wurde in den Brutschrank gestellt, bis es geronnen war, was sehr rasch eintrat. Nachher wurde es kühl aufbewahrt und das daraus erhaltene Serum mit gewöhnlichem, nach 18 Stunden entnommenen verglichen.

Inhalt der Röhrechen	Einsaat	0 Std.	3 Std.	7 Std.	11 St.	24 St.
2 ccm Serum aus Plasma	B. typhi	7632	145	46	116	115 477
do.	„	5533	98	4	122	1 653
2 ccm Serum aus Blut	„	7123	109	3	4	729
do.	„	6105	102	14	29	99 760

Obwohl das auf gewöhnliche Weise erhaltene Serum ein wenig stärker keimfeindlich wirkt als das aus Plasma stammende, ist auch dieses letztere eine ziemlich wirksame baktericide Flüssigkeit. Nach dem vorher Gesagten, betreffs der Beziehung des Faserstoffs zum Alexine, muß das natürliche Plasma noch wirksamer gewesen sein. Es stand also wohl dem gewöhnlichen Serum nicht nach. In jedem Falle ist es offenbar keine, des Alexins völlig entbehrende Flüssigkeit gewesen.

Aus dem Ergebnisse dieser Untersuchung dürfte man folgern können:

Auch das Plasma des kreisenden Blutes enthält keimfeindliche Stoffe (Alexin).

Nach dem Austreten des Blutes aus dem Tierkörper kann die baktericide Wirkung sich ändern und zwar bald erhöht und bald vermindert werden.

Die Menge des Alexins kann dadurch vergrößert werden, daß Alexin aus den Leukocyten austritt.

Die Alexinmenge des Serums kann dadurch verkleinert werden, daß der Faserstoff Alexin absorbiert. Die Alexinwirkung kann durch Entstehen besserer Ernährungszustände für die Bakterien abgeschwächt werden, indem gute Nährstoffe aus den Blutkörperchen austreten.

Im Blute gewisser Tiere erscheint die Abgabe von Alexin seitens der Leukocyten außerhalb des Körpers gewöhnlich so klein

zu sein, daß das Serum in baktericider Wirkung dem Plasma nachsteht.

Bei anderen Tieren kann dagegen nach dem Entbluten bisweilen eine so große Menge von Alexin aus den Leukocyten austreten, daß die durch die abschwächenden Momente hervorgerufene Verminderung der baktericiden Wirkung nicht nur ersetzt wird, sondern daß sogar eine Erhöhung derselben entsteht.

Das in gewöhnlicher Weise entstandene Serum soll, um dem normalen Plasma in baktericider Wirkung zu entsprechen, sobald als möglich dem Blutgerinnsel entnommen werden.

Upsala, April 1902.

•

Die Strafsenhygiene im Altertume.

Von

Prof. Dr. **H. A. Nielsen,**

Kopenhagen.

Da die Strafsen eine notwendige Voraussetzung der engen Bauart des städtischen Grundes sind, so haben sie ein ebenso ehrwürdiges Alter wie die Städte. Je enger eine Stadt bebaut ist und je mehr Menschen innerhalb ihrer Mauern wohnen, von desto größerer Bedeutung sind natürlich die Strafsen auch als Verkehrswege für den Import und Export im weitesten Sinne des Wortes und desto wichtiger ist aber auch ihre Beschaffenheit für den Gesundheitszustand des Einzelnen sowohl als der Gesamtheit der Bewohner. Wo nur immer schriftliche oder monumentale Denkmäler Zeugnisse eines Kulturlebens ablegen, wird uns von gewaltigen Städten berichtet. Ich erinnere nur an die vielen Städte in Ägypten, Chaldäa, Assyrien, Kleinasien, Griechenland und Italien, von denen uns die alten Schriftsteller erzählen, oder welche uns durch Inschriften und Ausgrabungen bekannt geworden sind. Durch die außerordentlich interessanten Funde aus der präbabilonischen Kultur — der Zeit der Sumerer, welche Sarzec¹⁾ in Tello im südlichen Babylonien ans Licht befördert hat, sind wir im stande, das ungefähre Alter von Babylon zu bestimmen. Danach muß diese Stadt gegen 4000 v. Chr. erbaut worden sein und Ninive ca. 3100 v. Chr.; denn der

1) Découvertes en Chaldée par Ernest de Sarzec. 1887 publiées par les soins de M. de Heuzey.

Kirchenfürst Gudéa, dessen Palast Sarzec in Tello ausgegraben hat, erzählt in einer seiner Inschriften, daß er Ninive gegründet habe. Eine der vielen Gudéa-Statuen, die Sarzec fand, stellt diesen König sitzend dar, indem er den Plan der Stadt Ninive auf seinem Schofse hält.

Aber Babylon und Ninive waren nicht die ältesten Städte des Reiches. Schon mehr als 1000 Jahre früher rühmt sich einer der Vorfahren Gudéas, Uru-ka-gin-na, König von Sirgulla¹⁾, eine Stadt mit Häusern von Ziegelsteinen, Vorrathshäusern und einer Wasserleitung erbaut zu haben.

Es würde jedoch zu weit führen, auch nur die bedeutendsten der bekannten Städte des Altertums hier zu nennen. Viele von diesen sind ohne Zweifel sehr groß, ja Millionenstädte gewesen. War doch der von den Mauern eingeschlossene Grund der Stadt Babylon doppelt so groß als die Stadt London, und von Ninive sagt der Prophet Jonas, daß es drei Tagereisen groß sei. Athen zählte $\frac{1}{4}$, Jerusalem $\frac{1}{2}$, Carthago und Alexandria $\frac{3}{4}$ und Rom mindestens $1\frac{1}{2}$ Millionen Einwohner zur Zeit ihrer Blüte. Überhaupt waren die Städte sowohl in der chaldäisch-ägyptischen, als auch in der griechisch-römischen Kulturperiode zweifellos viel zahlreicher als jetzt und Städte mit einer Million oder doch einer halben Million Einwohner keine Seltenheit. Antiochia hatte 5 v. Chr. 117 000 freie Bürger, und Pergamon und Cäsarea zählten nach Galen bezw. 120 000 und 400 000 Einwohner. Älianus gibt die Zahl der Städte in Italia und Sicilia auf 1260, Josephus die in Gallia auf 1200 und Ptolemäus diejenige in Afrika auf 324 und in Asia auf 500 an.

Bekanntlich ist eine große Reihe von Städten des Altertums auf Befehl eines Herrschers oder durch auf der Wanderung begriffene Volksgenossen nach bestimmten Plänen erbaut, wie wir

1) Gudéa war der letzte König der Sumerer. Sowohl Gudéa als eine Reihe der früheren Könige scheinen von den Königen von Akkad abhängig gewesen zu sein. Die beiden Könige von Akkad Sargon I. und Naram-sin lebten aber nach den archäologischen Untersuchungen und den Aufzeichnungen des Nabonid, des letzten Königs von Babylon, 3200 Jahre vor 550 v. Chr.

unten sehen werden. Erwähnen will ich hier nur, daß man einen solchen Stadtplan aus dem Jahre 3100 v. Chr. kennt. Jedoch darf man wohl annehmen, daß die weitaus meisten und vielleicht gerade die größten Städte kaum nach einem vorher entworfenen Plane angelegt worden sind. Ohne Zweifel ist die Wahl der Lage in den meisten Fällen auf den einen oder anderen günstigen Umstand der Umgegend, z. B. auf einen guten natürlichen Hafen, einen schiffbaren Fluß, einen fruchtbaren Thalstrich u. dgl. zurückzuführen.

Daher mußten notwendigerweise auch nicht nur die ökonomisch-vitalen Verhältnisse der Straßen zu den Städten und ihren Bewohnern, sondern auch ihre hygienischen Verhältnisse den Bewohnern der alten Städte im selben Grade und unter denselben Formen als unentbehrlich einleuchten, wie es in der Gegenwart der Fall ist. Und in der That gab es schon in uralten Zeiten eine natürlich dem Kulturstandpunkte der Zeit und des Landes entsprechende Straßenhygiene.

Jedoch zeigt sich überall ein in hygienischer Hinsicht bedeutender Unterschied zwischen den Straßen der alten »autochthonen« Städte und denen der nach einem bestimmten Plan angelegten Städte, und namentlich diesen letzteren hat man die Straßenhygiene der betreffenden Kulturstadien zu verdanken, weshalb man auch immer bestrebt war, die Straßenanlagen dieser Kolonialstädte und ihre hygienischen Veranstaltungen, soweit wie möglich, in den alten Mutterstädten einzuführen, um das Versäumte nachzuholen, was jedoch aus naheliegenden Gründen nur in den seltensten Fällen gelang.

Von dem alten Athen, der Stadt der Kraniaer und Kekropiden, findet man noch jetzt auf den die Akropolis umgebenden Höhen und namentlich auf Pnyx zahlreiche Überreste. Nach den von Burnouf¹⁾, Curtius²⁾ und anderen Forschern angestellten Untersuchungen gab es hier nur ein oder zwei Hauptstraßen von ungefähr 5 m Breite, die in dem festen Grunde eingegraben und an den Seiten mit Rinnsteinen versehen waren.

1) *Revue de l'architecture*, vol. XXX.

2) *Die Stadtgeschichte von Athen*. 1891.

Bürgersteige existierten damals nicht. Aus den vorhandenen Spuren sieht man, daß hier einst ein lebhafter Wagenverkehr gewesen sein muß. Zu beiden Seiten dieser Hauptstraßen führen kleinere, 3—4 m breite Straßen, ebenfalls mit Rinnsteinen aber ohne Bürgersteige die Anhöhen hinauf. Auch auf diesen Seitenstraßen muß einst ein lebhafter Verkehr von Wagen und Lasttieren stattgefunden haben. Um dem Fuße einen besseren Halt zu gewähren, waren sie mit Querrillen und niedrigen Stufen versehen. Außer diesen größeren Straßen gab es noch Gassen, oder richtiger gesagt ganz schmale Steige, die oft in Treppen endigten. Wie aus Burnoufs Untersuchungen von über 800 Bauplätzen, welche uns als kleine, durch Sprengung von Klippenmassen entstandene Flächen oder Terrassen von ungefähr 2×6 m erscheinen, hervorgeht, waren die Häuser dieser Straßen ohne bestimmte Ordnung gebaut. Es ist vielmehr augenscheinlich, daß die Seitenstraßen und Gassen ohne bestimmte Richtungen nach den planlos gebauten Häusern angelegt waren. An mehreren Straßenecken hat man 4—6 m tiefe, in Klippen ausgehauene Zisternen gefunden, die inwendig mit Kalk dicht gemacht und geputzt sind. Burnouf fand im ganzen 58 solcher Zisternen, 21 davon auf den Abhängen der Pnyx-Höhen. Ein Teil dieser Zisternen gehörte offenbar zu Privathäusern. Diese prähistorische Stadt, deren Bewohner nach Herodot (VIII. Buch Kap. 44) Pelasger (Kraanaer) waren, hatte Straßen, die trotz ihrer Primitivität und ihrer Mängel in hygienischer Beziehung den Abfluß jedes einzelnen Grundstückes in offene Rinnsteine leiteten und mit öffentlichen Wasserreservoirs versehen waren.

Aber diese krummen, engen und steilen Straßen der Altstadt konnten nicht durch bessere ersetzt werden. Selbst als man während der Blütezeit der Republik und später unter der Römerherrschaft die Stadt durch ein Netz breiter und regelmäßiger angelegter Straßen erweiterte, und selbst als man schon während der Tyrannenzeit nach besten Kräften bemüht war, dem hygienischen Mangel der Straßen durch die unterirdischen Leitungen, durch reichliche Wasserversorgung und Reinigung, worauf wir später zurückkommen werden, abzuhelpen, so blieb der Zustand

in der Hauptsache derselbe. Auch nach der Plünderung der Stadt durch die Perser, im Jahre 480 v. Chr., trat in dieser Beziehung keine wesentliche Veränderung ein. Als die Athener nach der niedergebrannten Stadt zurückkehrten, bauten sie so schnell wie möglich ihre Hütten auf den Trümmern der alten wieder auf. In diesen Häusern und auf diesen in hygienischer Hinsicht so primitiven Strafsen war es, wo unter Perikles eine furchtbare Pest wütete und Tausende der damals 200 000 zählenden Bewohner hinwegraffte. Bekanntlich starb auch Perikles an dieser schrecklichen Krankheit im Jahre 429 v. Chr.

Eben dieselbe Entwicklung und dasselbe Schicksal hatte Rom. Auch hier dieselbe planlose Anlage, dieselben engen und krummen Strafsen. Auch Rom wurde geplündert und niedergebrannt, und zwar von den Galliern unter Brennus 390 v. Chr. Auch hier baute man, wie Livius berichtet, die Stadt ebenso planlos und mit den engen Strafsen wieder auf. Und wie wir später sehen werden, konnte man trotz reichlicher Wasserversorgung, Kanalisation, vorzüglicher Pflasterung und Strafsenreinigung die Übelstände, welche die engen und krummen Strafsen zur Folge haben, vor allem den üblen Geruch, nicht beseitigen.

Selbst die modernsten hygienischen Veranstaltungen hätten dem Hauptmangel der Strafsen im alten Athen und Rom nicht abhelfen können. Es fehlte an Licht und Luft; und dieser Mangel wurde um so gröfser, je mehr die Stadt sich ausdehnte. Die Strafsen blieben eng und krumm, die Häuser wurden aber immer höher, und die Verunreinigung der Strafsen nahm mit der Zahl der Einwohner zu.

Dieser primären Forderung der Strafsenhygiene an Licht und Luft ist man erst durch planmäfsig angelegte Städte mit regelmäfsigen geraden und breiten Strafsen gerecht geworden.

Gewöhnlich nimmt man an, dafs die Griechen die ersten waren, welche Städte mit breiten, geraden und einander kreuzenden Strafsen, deren Häuser den hygienischen Forderungen entsprachen, erbaut haben. Nach Aristoteles soll Hippodamos von Milet zuerst Peireus und Rhodus nach einem solchen Plan angelegt haben.

Aber ohne Zweifel haben die Griechen diese Kunst aufser vielem andern von den Assyro-Chaldäern und den Ägyptern gelernt. Wie oben erwähnt, gründete der Sumerer-König Uru-ka-gin-na um das Jahr 4200 v. Chr. eine Stadt mit Häusern aus Ziegelsteinen und mit einer Wasserleitung, und Gudéa berichtet, daß er Ninive gegen 3100 v. Chr. erbaut habe. Wenn wir auch nichts Näheres darüber wissen, wie die Strafsen in diesen Städten beschaffen waren, so hindert uns nichts anzunehmen, daß sie regelmäfsig und breit gewesen sind.

Herodot erzählt, daß Babylon von ein Quadrat bildenden Mauern umgeben war, wovon jede Seite 120 Stadien (= ca. 22500 m) lang war. »Die Stadt selbst hat lauter Häuser von drei bis vier Etagen Höhe und ist von geraden, am Flusse entlang führenden oder rechtwinklig zu demselben laufenden Strafsen durchschnitten. An dem am Flusse liegenden Ende dieser Strafsen befinden sich Thore in der Mauer«, die sich längs den beiden Ufern hinzieht. Dieses Babylon, das Herodot gesehen hatte, und von dem noch jetzt bedeutende Überreste vorhanden sind, war aber von Nabuckodonosor (605—562 v. Chr.) angelegt. Bekanntlich wurde diese Stadt von dem Assyrerkönig Sennacherib geplündert und darauf vollständig zerstört, aber schon nach 11 Jahren von Asarhaddon wieder aufgebaut. Daß Babylon jedenfalls dann gute, reguläre und vielleicht auch gepflasterte Strafsen bekam, ist mehr als wahrscheinlich, denn die von Place¹⁾ vorgenommene Ausgrabung von Korsabad zeigt, daß Sennacheribs Vorgänger, Sargon II., seine Residenzstadt Dur-Sarrukin den modernsten Forderungen der Zeit gemäß angelegt hatte. Eine diese Stadtanlage betreffende Inschrift des Sargon lautet: »Meinem mir von den Göttern gegebenen Namen entsprechend (eine Anspielung auf Sargon I., gegen 3750 v. Chr), wonach ich Recht und Gerechtigkeit üben und die Schwachen regieren und ihnen nicht schaden soll, vergüte ich den Eigentümern den Grund dieser Stadt (Magganubba) in Übereinstimmung mit den Werttafeln (dem Grundbuche), indem ich

1) Ninive et l'Assyrie.

ihnen Silber oder Kupfer dafür gebe; und um niemand Unrecht zu thun, gebe ich denen, welche kein bares Geld für ihr Grundstück haben wollen, Land für Land, wo sie es wünschen.« Also Sargon exproprierte den Grund und baute seine Stadt in Form eines Vierecks und umgab sie mit Mauern, die acht Thore enthielten. Von den Thoren führten, wie man aus Places Aufdeckungen ersieht, acht rechtwinklig sich durchschneidende Strafsen in die Stadt. Diese Strafsen waren 12 m breit, hatten Bürgersteige und waren mit flachen Steinen gepflastert. Wenn das Pflaster auch kaum so elegant war wie in Rom, so war es doch befriedigend, heisst es in Places Bericht.

Aber Place fand in Sargons Stadt noch eine andere hochwichtige hygienische Einrichtung, nämlich eine spitzbogige Hauptkloake, die nach dem nahen Flusse führte. Bis jetzt ist erst der Palast ausgegraben. Hier fand Place — was Layard auch in Nimrond (Kalach) aufdeckte — ein vollständiges System von Abfluskanälen, welche von den meisten Zimmern nach der Hauptkloake führten. Ja, er fand in diesem Palaste sogar drei Räume, die kaum etwas anderes gewesen sein können als Klosetts mit Wasserausspülung. Die Stadt selber ist, wie gesagt, noch nicht abgedeckt; aber man darf wohl annehmen, dafs auch die Strafsen Abflufs nach der Kloake gehabt haben. Wir erwähnten oben schon, dafs Layard¹⁾ ähnliche Abflusseinrichtungen in Assurnasirpals (ca. 880 v. Chr.) und in Salmanassars (ca. 1300 v. Chr.) Palästen in Kalach fand. Unzweifelhaft ist also, dafs die Assyrer jedenfalls gegen das Jahr 720 v. Chr. Städte mit breiten, geraden, gepflasterten Strafsen hatten, die sogar mit Bürgersteigen versehen waren, während die Griechen die Bürgersteige erst unter der Römerherrschaft bekommen haben.

Ferner gab es, und wahrscheinlich schon seit langer Zeit, in den assyrischen Städten öffentliche Brunnen. Sarzec deckte nämlich in Tello vor dem Palaste des Gudéa eine Fontaine auf, die sich auf einem 5 m breiten, aus gebrannten Fliesen

1) *Niniveh and its remains*; 1850. *Niniveh and Babylon*; 1853.

gemachten Bürgersteige befindet; — auf den Steinen stand Gudéas Name. Diese Fontaine besteht aus einem 2,5 m langen, 0,5 m breiten und 0,3 m tiefen Wasserbassin, zu dem vom Bürgersteige zwei Stufen führen. Auf der Längsseite des Bassins sieht man Amphoren tragende weibliche Figuren, an denen zwei sich kreuzende Ausflußöffnungen angebracht waren. Außerdem fand man in dieser ohne Zweifel ältesten menschlichen Wohnung Reste von gemauerten Wasserleitungen und andere sehr wichtige hygienische Einrichtungen, auf welche wir hier jedoch nicht näher eingehen können. Die oben erwähnte Fontaine muß jedenfalls vor 3000 v. Chr. angelegt worden sein und war wahrscheinlich für Gudéas Privatgebrauch bestimmt. Sie liefert uns auch den unumstößlichen Beweis dafür, daß man solche im Freien angebrachte Fontainen benutzt hat.

Es ist bekannt, daß die Wasseranlagen in den chaldäisch-assyrischen Inschriften eine auffällig wichtige Rolle spielen. Aber fast ausschließlich handelt es sich dort nur um die Anlage von Wasserleitungen und um die Herstellung von »immer dauernden« Wasserbehältern für die Städte.

So ließ Chamuragas (1900 v. Chr.) in Babylon ein Wasserreservoir und Assurnasirpal (gegen 880) in Kalach eine Leitung anlegen. Und Sennacherib führte Ninive und 18 anderen Städten mittels einer teilweise tunnelartig gebauten Leitung Wasser zu.

In dieser betreffenden Inschrift heißt es am Schlusse: »Ich habe Zisternen von Kisiriland bis nach Ninive anlegen lassen. — — So habe ich Ninive, meine Residenzstadt, erneuert. Ich habe ihre Straßens reguiert und ihre Fontainen und Wasserleitungen vermehrt. — —« Hier geschieht der Straßensanlagen und Fontainen direkt Erwähnung, und meines Wissens ist dies das einzige Mal trotz der außerordentlich zahlreichen assyro-chaldäischen Berichte über Wasserleitungen nach den Städten und Landdistrikten.

Aber auch die Ägypter haben schon sehr früh Städte nach einem vorher entworfenen Plan angelegt. So hat Flinders Petrie in der Nähe des Sees Möris bei Kahun eine kleine

Arbeiterstadt aufgedeckt, welche von einem der Könige aus der zwölften Dynastie, wahrscheinlich von Usertesen II., um das Jahr 2000 v. Chr. gegründet wurde.

Der Stadtplan stellt ein Viereck dar. Die eine Hauptstraße läuft von Osten nach Westen, und von ihr gehen sechs Seitenstraßen von Norden nach Süden. Unter einem rechten Winkel zu dieser Hauptstraße geht eine andere Hauptstraße in Form eines T in der Richtung von Norden nach Süden, von welcher wieder zehn Seitenstraßen von Osten nach Westen führen. Die Hauptstraßen haben eine Breite von 7 m, die Seitenstraßen von 4—4,5 m. Es scheint nicht, daß ein Pflaster vorhanden gewesen ist; dagegen befindet sich in der Mitte der Straßen ein aus 0,3 m breiten flachen Steinen gebildeter Rinnstein, der eine in der Mitte ausgehöhlte Abflusrinne hat. Die Häuser liegen in einer geschlossenen Baulinie und bestehen aus lauter kleinen für die an den Pyramiden und Tempeln beschäftigten Arbeiter bestimmten Wohnungen von drei bis vier Zimmern. Nur an der nach Westen laufenden Hauptstraße liegen neun größere Gebäude mit sehr vielen Zimmern. Auf die auch in hygienischer Beziehung sehr wichtigen Einzelheiten dieser Häuser hier einzugehen, würde zu weit führen. Nur will ich noch bemerken, daß Flinders Petrie unter den Häusern und Straßen mächtige Gänge fand, die unter der XII. Dynastie von den Ratten gegraben worden sind. Nach der Ansicht der Gelehrten ist die Stadt nur bis in die XVIII. Dynastie (gegen 1300 v. Chr.) bewohnt gewesen. An den vorgefundenen Thonvasen und anderen Gefäßen glaubt Petrie auf eine Handelsverbindung zwischen dieser Stadt und den griechischen Inseln schließen zu können.

Eine andere ägyptische Stadt von viel größerem Umfange ist die von Amenophis IV. um das Jahr 1400 v. Chr. angelegte Residenzstadt Heliopolis. Da die Einwohner diese Stadt bald nach ihrer Gründung verließen, so sind noch sehr viele Überreste dieser alten Anlage erhalten. Man sieht noch heute die Spuren einer 25 m breiten, am Fluß entlang laufenden Hauptstraße, in welche die oft sehr engen Seitenstraßen unter einem rechten Winkel münden.

Auch von den Etruskern weiß man, daß sie regelmäßige Städte bauten. In der von Brizio¹⁾ in der Nähe von Marzabotto (das 3—4 Meilen südlich von Bologna liegt) ausgegrabenen Stadt aus dem 6. Jahrhundert sieht man 4 Hauptstraßen, von denen eine in der Richtung von Norden nach Süden und drei von Osten nach Westen laufen. Dieselben sind 15 m breit, haben einen Fahrdamm von 5 m Breite und auf jeder Seite einen 5 m breiten Bürgersteig. Auch sind sie gepflastert und an den Häuserreihen mit 0,8 m breiten Rinnsteinen versehen. Zwischen den drei von Osten nach Westen laufenden Hauptstraßen gehen 5 m breite Nebenstraßen von Norden nach Süden.

Hieraus geht zur Genüge hervor, daß man sich schon lange vor den Griechen der sanitären Vorteile einer regulären Straßenanlage, wenigstens schon 1500 Jahre vor Hippodamos, bewußt gewesen ist. Und von Gudéas Festungsplan mit seinen regelmäßigen Mauern und den sechs von hervorspringendem Mauerwerk geschützten Thoren ausgehend, darf man wohl auch mit vollem Rechte auf regelmäßige Straßen schließen, wie solche in der später von Sargon angelegten Burg zu sehen sind. Ist dies aber der Fall, so können wir noch 1000 Jahre weiter zurückgehen.

Hippodamos von Milet hat die regelmäßige Stadtanlage sicherlich von den östlichen Nachbarn seiner Vaterstadt gelernt. Daß den Griechen die bedeutenden Vorteile einer solchen Anlage sofort klar geworden sind, ist ganz natürlich. Kannten sie doch aus eigener Erfahrung die Nachteile einer unregelmäßigen Bauart einer Stadt und der schlechten Straßen nur zu gut. Diese Übelstände wurden um so fühlbarer, als das Expansionsvermögen ihrer Städte noch mehrere Jahrhunderte lang fort dauerte.

Wir werden jetzt dazu übergehen, einige nach diesem Plane angelegte Städte zu beschreiben.

Piräus scheint die Stadt gewesen zu sein, welche zuerst von Hippodamos angelegt wurde. Nach Thukydides (I. 48) ist Piräus vor 430 v. Chr. gegründet worden. Es war um die Zeit, als in Athen die Pest ausbrach. Thukydides erzählt, daß man

1) Una Pompeji Etruscu a Marzabotto.

die Peloponnesier beschuldigte, die Zisternen vergiftet zu haben; denn damals gab es noch keine Quellenleitungen.» Die Stadt hat bis zu 25—30 m breite, gerade Strafsen, die einander rechtwinklig kreuzen. Zwischen den beiden Häfen gibt es eine noch breitere Passage, die Aphrodision heifst. Der Marktplatz war nach den modernen Begriffen klein.

Nach einem ähnlichen Plane mit 4 Längen- und 3 Querstraßen wurde Thurii in Süditalien an Stelle des niedergebrannten Sybaris gegen 440 v. Chr. angelegt. Auch hier waren sämtliche Häuser in der Baulinie gebaut.

Auch Rhodos soll von Hippodamos nach demselben Plan angelegt worden sein.

Obgleich Pompeji ursprünglich vielleicht 100 Jahre früher von den Oskern angelegt ist, so muß das Straßennetz, wie es jetzt vorhanden ist, nach Nissens¹⁾ Ansicht um das Jahr 400 v. Chr. entstanden sein. Es sind hier zwei Hauptstraßen, die vom Norden nach Süden und drei, welche von Osten nach Westen laufen; zwischen diesen befindet sich eine große Zahl von Seitenstraßen. Alle Straßen durchkreuzen einander rechtwinklig. Die Hauptstraßen sind 8—9 und die Seitenstraßen 3—5 m breit. Die Hausblöcke variieren etwas in der Größe und sind nicht von derselben Form, aber doch alle fast viereckig und von geraden Straßen begrenzt. Diese Hausblöcke bestehen nur aus 1, 3 oder 4 Häusern. Die Häuser liegen in geschlossener Baulinie und haben meistens einen Baugrund von 15 × 20 m. Der Markt ist auch hier nicht groß, kaum so groß wie zwei Hausblöcke. Weiter unten werden wir auf die Straßen näher eingehen.

Ungefähr 100 Jahre später, also zur Zeit Alexanders und seiner Nachfolger, gab es schon eine ganze Reihe regelmäßiger angelegter Städte. So wurde Alexandria im Jahre 322 v. Chr. nach Demokrates' Plan angelegt. Wie man aus Mahmoud Beys Ausgrabungen ersieht, hat Alexandria sieben mit der Küste parallel laufende und elf rechtwinklig zu diesen laufende Straßen. Je eine dieser Straßen hat eine Breite von 14 m; die

1) Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums. 1877.

ändern sind 7 m breit. Die längste Strafsen ist 5090 m lang, und der Abstand zwischen den Längenstrafsen beträgt 278 m. Die Hausblöcke haben die Form eines Quadrates. Die Ergebnisse von Mahmoud Beys¹⁾ übrigen Untersuchungen über die Strafsenanlage beweisen, daß diese unter der Römerherrschaft neu angelegt worden sind.

Antiochia wurde 301 v. Chr. durch Seleucus-Nicator erbaut. Diese Stadt hatte zwei einander kreuzende breite Strafsen, wodurch sie in vier Stadtviertel geteilt wurde, die wieder von kleineren Strafsen durchschnitten waren. Die eine halbe Meile lange Hauptstrasse, welche von Osten nach Westen lief, und mit prächtigen Säulengängen über den Bürgersteigen und einem kostbaren Marmorpflaster geschmückt war, stammt aus der Zeit, wo die Römer regierten (Augustus und Tiberius).

Aus der Zeit Alexanders stammt Priene, das im Jahr 1895 von deutschen Archäologen²⁾ aufgedeckt wurde. Man nimmt an, daß Alexander diese Stadt ungefähr gleichzeitig mit dem Athentempel bauen liefs, und daß sie nicht lange gestanden hat. Die letzte Inschrift ist aus dem Jahre 150 v. Chr., woraus hervorgeht, daß sie nicht lange der Einwirkung von Rom ausgesetzt gewesen sein kann, weshalb die Stadt mit ihrem rein griechischen Gepräge ein besonderes Interesse darbietet. Der ausgegrabene Teil besteht aus einem System von geraden, einander rechtwinklig schneidenden Strafsen, die ungefähr 70 Hausblöcke bilden. Wegen des sehr hügeligen Terrains müssen die Hauptstrafsen längs den Abhängen in der Richtung von Osten nach Westen laufen. Sie sind 6—7 m breit, und um die allzu bedeutenden Steigungen und Senkungen zu vermeiden, war man genötigt, an mehreren Stellen bedeutende Sprengungen von Klippen vorzunehmen und an andern Stellen auszufüllen. Die an den Abhängen hinauflaufenden Seitenstrafsen, welche also die Richtung von Norden nach Süden hatten, sind 4 m breit, nicht mit besonderer Sorgfalt angelegt und endigen nicht selten in steile Treppenstrafsen. Alle Strafsen sind mit sorgfältig gelegten Brecciaquadern

1) Alexandria; Copenhagen, 1872.

2) Jahrb. d. Kaiserl. deutschen archäolog. Instituts, 1897.

gepflastert. Bürgersteige gibt es hier nicht. In der Mitte befindet sich ein mit großen Platten geschlossener Rinnstein. An mehreren Straßenecken sieht man kleine öffentliche Laufbrunnen. Längs den Häusern hat man Thonrohrleitungen gefunden, von welchen Seitenleitungen nach den in den Häusern befindlichen Zisternen gehen.

Woher das Wasser gekommen ist, weiß man bis jetzt noch nicht. Jeder Hausblock hat eine Grundfläche von $30,7 \times 41$ m und enthält vier Baulose.

Mit den übrigen Städten am Mittelländischen Meere, die übrigens für uns sowohl in litterarischer als auch in monumentaler Hinsicht sehr interessant sein würden, wie Knidos, Pergamon, Cäsarea, Smyrna, Agä, Hierapolis, Thamugadi, Palmyra, Jerusalem u. v. a., werden wir uns hier nicht näher beschäftigen.

Aus der Anlage der oben etwas eingehender besprochenen Städte sieht man, daß man sich bestrebt, der Forderung des Aristoteles gerecht zu werden, welche lautete: »Wenn man die Wahl hat, so soll man die Stadt an einer gesunden Stelle bauen, die für die gesunden Ost- oder Nordwinde zugänglich sind und sie reichlich mit gutem Wasser versorgen.« Durch die nach dem Plane des Hippodamos in Kleinasien und Europa angelegten Städte haben die Griechen eine sowohl in allgemein kultureller als in hygienischer Hinsicht außerordentlich wichtige Mission erfüllt. Dieses Verdienst der Griechen wird dadurch nicht geschmälert, daß die Chaldäer und Ägypter ihre Städte schon viel früher nach diesem Plane angelegt hatten. Sie haben vielmehr das, was sie von der Kultur des Ostens übernommen hatten, entwickelt und verallgemeinert. Es war in Griechenland nicht allein dem Willen eines einzelnen Herrschers überlassen, wie er eine Stadt bauen wollte, sondern ein freies Volk forderte die Anlage von regelmäßigen und hygienisch günstigen Städten. Und gerade durch diesen Umstand wird vom hygienischen Standpunkte aus die Bedeutung dieser Mission erhöht.

Die Straßen der meisten griechischen Städte waren nach den modernen Begriffen eher schmal als breit. Gewöhnlich

hatten die Hauptstraßen eine Breite von 9—14 m, die Seitenstraße von 3—7 m. Aber man darf nicht vergessen, daß erstens die Häuser bei weitem nicht so hoch waren wie die unsrigen, da sie gewöhnlich nur eine, höchstens wie in Athen zwei Etagen hoch waren. Häuser von 4—7 Etagen, wie es deren in Rom, Karthago und Tyrus gab, gehörten im Altertum zu den Seltenheiten. Zweitens muß man sich daran erinnern, daß die Sonne in Griechenland, Italien und den übrigen Ländern am Mittelländischen Meere bedeutend höher steht als in unseren nördlichen Breiten.

Deshalb war den Häusern und Straßen wohl Licht und Luft in genügender Menge zugänglich, um die Atmosphäre rein und angenehm zu erhalten. Leider waren die übrigen Einrichtungen aber nicht den hygienischen Forderungen entsprechend. Städte wie Piräus, das Straßen von mehr als 30 m Breite hatte, oder der Badeort Hierapolis, dessen Hauptpromenade mit den Säulengängen an den Seiten 25 m breit war, bilden im Altertum eine Ausnahme.

Die griechischen Straßen hatten — wie es durch die Untersuchungen in Priene nachgewiesen ist — keine Bürgersteige. Man hat im Griechischen nicht einmal ein Wort für Bürgersteig. Häufig waren die Straßen, wie in Pompeji, in dem Grunde eingegraben und fast immer ohne Pflaster. Nur die Hauptstraßen waren in Athen und den meisten griechischen Städten mit Kies belegt, weshalb sie gar nicht mit den römischen makadamisierten Wegen (*viam munire*) zu vergleichen waren.

Die Pflasterung war schon früh bekannt, man wendete sie aber nur bei schroffen Steigungen und bei kurzen Strecken einer Straße an.

Schliemann fand ein schönes Pflaster auf der Rampe zu einem der Thore von Troja aus der zweiten Periode.

Daß aber auch sämtliche Straßen zur Zeit der Griechen um das Jahr 300 v. Chr. gepflastert waren, beweist Priene.

Zu Strabos Zeit (von 60 v. bis 25 n. Chr.) waren die Straßen in Kleinasien, auf den Inseln und in Griechenland so selten

gepflastert, das Smyrna, welches nur gepflasterte Strafsen hatte, als ein Muster hingestellt wird.

Die antike, 5 m breite Strafe, welche Dörpfeld¹⁾ zwischen Athens Akropolis und Pnyx aufgedeckt hat, hat ebenfalls weder Pflaster noch Bürgersteige.

Aber Prienes Strafsen zeigen, das die Griechen sehr wohl verstanden, ein sogar gutes Pflaster zu legen, wo die natürlichen Verhältnisse es erforderten; und gleichzeitig war hier für einen Abfluß durch einen verdeckten Rinnstein gesorgt.

Sonst geschieht der Abfluß von den Strafsen und den Häusern, wie wir unten sehen werden, fast überall durch die offenen Rinnsteine der Strafsen.

Die Strafsen von Pompeji waren nach Nissen, als sie um das Jahr 400 v. Chr. ihre jetzige Gestalt bekamen, auch nicht mit Bürgersteigen versehen, wie sie auch ohne Pflaster waren. Erst gegen 200 ließen die Ädilen Sittius und Pontus die Hafenstrafe, die Pompejanerstraße, die Jupiterstraße und die Senatorstraße mit Bürgersteigen und makadamisierten Fahrdämmen anlegen. Die Strafsenpflasterung in Pompeji ist späteren römischen Ursprungs, sie hatte aber doch schon begonnen, als die Pflasterung der Strafsen durch Cäsars lex municipalis vom Jahre 45 v. Chr. den mit dem Bürgerrecht ausgestatteten Städten zur Pflicht gemacht wurde. Auch hier ist vor und nach der Pflasterung die Ableitung durch Rinnsteine erfolgt, die längs den Kantsteinen der Bürgersteige waren.

Dasselbe gilt von Alexandria. Auch hier sind die gepflasterten Strafsen, die nach Mahmoud Bey aus Augustus' Zeit stammen, mit Bürgersteigen versehen, welche durch Kantsteine von dem leicht gewölbten, aus Granitquadern gepflasterten Fahrdamm getrennt waren. Die 14 m breite Längsstraße ist zur halben Breite gepflastert; die andere Hälfte ist makadamisiert, und in der Mitte befindet sich ein 1 m breiter Streifen von Kulturerde, der nach Mahmoud Beys Ansicht zur Anpflanzung von Bäumen verwendet wurde.

1) Mitteil. d. Kaiserl. deutschen archäolog. Instituts. Athen, Abt. 1894.

Auch hier wurde der Unrat aus den Häusern und von den Strafsen ebenso wie in Pompeji durch die Rinnsteine des Kantsteines fortgeleitet.

Die von Mahmoud Bey unter der Strafsen gefundenen Leitungen, welche mehrere für Kloakleitungen gehalten haben, waren ohne Zweifel Wasserleitungen. Ebenso wenig gab es in Pompeji Kloakleitungen; jedenfalls waren die Leitungen, welche man dafür gehalten hat, z. B. die unter der Strada dell'Abondanza, von Strada Stabiana, wie auch die unter dem westlichen Teile der Strada delle terme, nur bedeckte Rinnsteine.

Überhaupt gab es in den Strafsen der griechischen und römischen Städte nur ausnahmsweise Kloakleitungen. Es ist sogar wahrscheinlich, daß die wenigen bekannten Kloakanlagen des Altertums ursprünglich in gar keiner Beziehung zu den Strafsen standen, sondern nur innerhalb der Grenzen der Stadt befindliche, bedeckte Wasserläufe waren.

Unbedingt gilt dies von der cloaca maxima in Rom, die erst später im 2. Jahrhundert v. Chr. eine solche Erweiterung erfahren hat, daß man sie für eine wirkliche Strafsenkloake halten konnte; die Richtung der Strafsen stimmte nicht immer mit der Lage der Kloake und ihren Verzweigungen überein.

Diese Kloakanlage ist zu allen Zeiten viel, auch von den Griechen, bewundert worden. Dionysus von Halicarnassus erklärte »die Wasserleitungen, die gepflasterten Strafsen und die Kloaken für den besten Beweis von der Macht des römischen Reiches.« Und man ist noch jetzt allgemein der Ansicht, die man schon damals hatte, daß die Kloakierung der Strafsen den alten Griechen unbekannt war.

Aber auch in dieser Beziehung sind die Griechen die Lehrmeister der Römer gewesen; selbst hatten sie wohl die Idee von den Assyrern bekommen und selbständig weiter entwickelt.

Die Ausgrabungen der letzten Jahre haben mehrere höchst interessante griechische Ableitungsanlagen ans Licht befördert.

Besonders in Athen. Hier hat Dörpfeld unter einem Teile der oben erwähnten Strafsen zwischen Akropolis und Pnyx eine Kloakleitung aufgedeckt, die aus großen Röhren von

gebranntem Thon zusammengesetzt war. Dieselbe hatte Einsteigeschachte, deren Röhren ebenfalls aus gebranntem Thon waren und eine solche Breite hatten, daß ein Erwachsener darin Platz fand. Der flüssige Abfall von 13 Häusern wurde durch vierkantige Thonröhren direkt in die Kloake geleitet. Nach Dörpfelds Ansicht ist dieselbe vor dem 4. Jahrhundert v. Chr. angelegt worden.

Eine von Ziller¹⁾ nordöstlich von der Akropolis aufgedeckte gesonderte Kloake scheint noch älteren Datums zu sein; ja sie ist in ihren ältesten Teilen vielleicht noch älter als die Tarquinische Kloake. Diese Leitung ist gewölbt und aus Piräusquadern gemacht; an einer Stelle erkennt man noch deutlich die uralte Überkragungstechnik. Von der Mitte des heutigen Athens läuft sie gegen 6 m unter der jetzigen Terrainhöhe in der Richtung nach dem Dipylonthore. Die Dimensionen sind 2×2 m. Bei dem Thore erweitert sie sich und bildet hier ein viereckiges Bassin von 4,20 m Breite. Von diesem Bassin verzweigen sich dann nach rechts und links viereckige und kreisrunde engere Leitungen, von denen die größte einen Durchmesser von 0,67 m hat. Diese Seitenäste führen nach den an dem Abhange liegenden Ländereien. Bei dem Ausgange einer der viereckigen Leitungen fand Ziller deutliche Spuren einer Ziehschützenvorrichtung, wodurch der Abfluß von der Leitung abgesperrt oder in diese hinein und in jeder beliebigen Menge über das Land geleitet werden konnte. Die Vorbauten im Bassin lassen vermuten, daß die übrigen Leitungen mit ähnlichen Vorrichtungen versehen waren.

Wir haben hier also eine Überrieselungsanlage in optima forma vor uns. Der letzte Teil der Anlage ist jüngeren Ursprungs und aus Mauersteinen gemacht; derselbe scheint aber vor der Römerzeit angelegt zu sein. Das älteste Gebäude der Griechen aus gebrannten Steinen, Philippeion in Olympia, wurde gegen 350 v. Chr. erbaut.

Ohne Zweifel sind mehrere Verbesserungen an dieser Anlage, wie auch andere von Ziller ausgegrabene Leitungen in Athen auf die Römer zurückzuführen.

1) Mitteil. d. deutschen archäolog. Instituts. Athen, Abt. 1877.

Dasselbe gilt in der Hauptsache auch von der Kanalisation in Olympia, bei deren Anlage Herodes Atticus einen neuen Beweis von seiner großen Freigebigkeit gab. Es existieren jedoch in Olympia auch gemauerte Kloakleitungen aus der griechischen Zeit. Die Ausgrabungen in Pergamon haben besonders interessante Ableitungsanlagen ans Licht befördert. Dieselben bestanden aus gebrannten, mit griechischen Namenstempeln versehenen Thonröhren von 0,56—0,65 m Länge und inwendig mit einem Durchmesser von 0,13 bis 0,18 bis 0,20 m. An ihnen allen sieht man eine Tülle und eine Muffe.

Auch die Räume (Wohnungen?) um den Athena Polias-tempel haben geschlossene Ableitung durch derartige Röhren, ja, man hat sogar bis in die oberen Etagen führende Fallrohrleitungen gefunden, die durch eine gemeinschaftliche Leitung unter der Thürschwelle in das Freie führen. (Pergamon Bd. II u. VI.)

Auch in Girgenti (Akragas) auf Sizilien, in Nicomedia, Kyzikos und in vielen andern Städten finden sich Kloakleitungen. Ferner gibt es in Jerusalem ein sehr altes System von Ableitungskanälen. Nach Schicks¹⁾ Ansicht stammen diese meistens aus der Zeit der Könige. Er glaubt, daß sie den Abfluß von den Strafsen und Häusern unterirdisch nach dem Klippenrande führten.

Über die Laufbrunnen in den prä-römischen Strafsen ist man sehr wenig orientiert. Es muß hier jedoch hervorgehoben werden, was wir schon oben mit Rücksicht auf die Strafsenbrunnen von Priene gesagt haben. Allerdings gibt es eine bedeutende Anzahl von Wasserleitungen aus der ältesten griechischen Periode. Ich erinnere nur an die von Dörpfeld gefundene tunnelförmig gebaute Peisistratos-Leitung in Athen, an die Eupalinos-Leitung auf Samos (Fabricius)²⁾, an die von Megara und Korinth und an die große Menge von Druckleitungen, welche aus durchbohrten, mit Tüllen und Muffen versehenen Quadersteinen hergestellt waren. Wir haben es hier mit einer Technik zu thun, die den griechischen Kolonien auf den Inseln

1) Zeitschr. des deutschen Palästinavereins. Bd. 1.

2) Mitteil. d. deutschen archäolog. Instituts. Athen, Abt. 1884.

und in Kleinasien eigentümlich war, und welche diese von den Phöniziern gelernt zu haben scheinen. Im Vergleich zu diesen sind unsere, aus Gusseisen verfertigten Leitungsrohre freilich billiger und leichter, aber kaum vollkommener. Diese Technik verschwand ungefähr ganz, als die Römer im Anfange des 2. Jahrhunderts v. Chr. die Herrschaft über diese Länder bekamen. Reste von solchen Druckleitungen gibt es noch bei Patara¹⁾, Jerusalem (Salomons obere Leitung von den Teichen), Laodicea²⁾ ad Lycum, Smyrna, Methymna und Pergamon.

Auch auf diesem hygienischen Gebiete sind die Griechen die Vorläufer der Römer, sowohl hinsichtlich der Technik als hinsichtlich der Zeit. Die Eupalinos- und Peisistratos-Leitungen sind mindestens 200 Jahre älter als die erste, Aqua Appia in Rom; gar nicht zu reden von der Druckleitung in Patara, welche ohne Zweifel noch 200—300 Jahre älter war.

Wir werden jedoch nicht näher auf diese interessante Frage eingehen, da die Wasserversorgung der Strafsen bei den Griechen nicht überall eingeführt gewesen zu sein scheint. Es gab eine oder zwei Quellen innerhalb der Stadt, wie Kallirrhoe-Enneakrunos in Athen. Jene erhielt ihre gröfsere Wassermenge von der Peisistratos-Leitung. Oder seltenerweise wurde das Wasser nach den in den Häusern und vereinzelt in Strafsen angelegten Zisternen geleitet. Eine solche Leitung fand man in Olympia. Die vielen Strafsenbrunnen aber, welche man in Rom, Pompeji, Antiochia, Alexandria und vielen andern Städten findet, sind von den Römern angelegt. Allgemein eingeführt wurden sie durch Agrippa. Um sie genügend mit Wasser versorgen zu können, baute er zahlreiche private Wasserkastelle über dem Strafsennetz der Stadt und ermöglichte dadurch auch die Wasserversorgung der Häuser mit Laufbrunnen.

Diese Technik führten die Römer nun überall ein, wo sie hinkamen. Und darin besteht das gröfste Verdienst der Römer auf diesem Gebiete.

1) Texière, Description de l'Asie mineure.

2) Jahrb. d. deutschen archäolog. Instituts, Bd. XIII u. f.

Wie aber schon oben erwähnt, wurde in der griechischen Stadt Priene das Wasser in jedes einzelne Haus geleitet. Ich erinnere hier an die Inschrift auf der bekannten Mesa¹⁾-Stele in Louvre, die beweist, daß man schon gegen das Jahr 900 v. Chr. das Wasser in die Häuser geleitet hat. Diese Inschrift lautet: »Ich habe Qarha mit hölzernen und steinernen Mauern angelegt, ich habe die Thore und Türme gebaut. — — Und innerhalb der Stadt gab es keine Brunnen in Qarhe; und ich sagte zu dem ganzen Volke: Macht euch Zisternen, ein jeder in seinem Hause; und ich höhle eine Wasserleitung aus nach Qarha (mit den Gefangenen) von Israel.«

Schon früh waren die Griechen darauf bedacht, außer der erwähnten Ableitung etwas für die Reinigung der Strafsen zu thun. In Athen gab es schon im grauen Altertum eine Strafsenpolizei, die fünf sogenannten Astynomen, die dafür aufzukommen hatten, daß die Baulinie nicht überschritten wurde, und daß der Verkehr in den schmalen Strafsen nicht durch Vorbauten und nach außen gehenden Thüren noch mehr gehindert wurde. Außerdem hatten sie die Aufsicht über die Wasserversorgung, und endlich hatten sie für die öffentliche Ordnung und die Reinlichkeit aufzukommen. Unter ihnen rangierten die »Koprologoi«. Später, im 4. Jahrhundert, traten die Agoranomen an ihre Stelle. Piräus hatte fünf solcher Agoranomen. Es existiert noch aus dem Jahre 320 v. Chr. ein Volksbeschluss der Stadt Athen, wonach: »Diejenigen, welche Abfall auf die Strafsen werfen, gezwungen werden sollten, denselben wieder zu entfernen. Und um alles gut im Stande zu halten, sollten diejenigen, welche in der Zukunft Abfall und Exkreme auf die Strafsen oder den Markt werfen, bestraft werden.«

Jedoch waren es nur die Hauptstraßen, welche unter der Aufsicht der Astynomen standen, und die von Koprologoi gereinigt wurden. Diese wurden von der Stadt angelegt und wahrscheinlich auch in Stand gehalten. Die schmalen Nebenstraßen aber, in deren Häusern, wie man in Priene sieht, kein Eingang von der Hauptstraße war, waren privat und sind gewiß im

1) Moabiterkönig.

höchsten Grade schmutzig gewesen, ebenso wie die *angiportus* in Rom.

Überhaupt waren die Strafsen im Altertum — Athen und Rom nicht ausgeschlossen — ohne Zweifel trotz ihres Pflasters und trotz ihrer Ableitung, dieser notwendigen Voraussetzung einer Strafsenreinigung, nichts weniger als rein. Dies sieht man besonders in Rom.

In allen griechischen Städten spielte der Marktplatz, *agora*, eine bedeutende Rolle in dem politischen und kommunalen Leben, aber nichtsdestoweniger war er in hygienischer Hinsicht wegen seiner geringen Größe meistens sehr bedeutungslos. Größeren Gartenanlagen und öffentlichen Plätzen begegnet man erst in der Kaiserzeit.

Als die Römer die Erbschaft der griechischen Kultur antraten, übernahmen sie selbstverständlich auch die hier behandelten und viele andere hygienische Einrichtungen. Aber während sie in Litteratur, Wissenschaft und Kunst hinter ihren Lehrern zurückblieben, so kann nicht geaugnet werden, daß sie die technisch-hygienischen Veranstaltungen und besonders diejenigen, mit denen wir uns hier beschäftigen, bedeutend vervollkommen haben.

Sie verbesserten nicht nur die Technik der Strafsenpflasterung, und ließen sich die Instandhaltung und die Reinlichkeit nicht nur besonders angelegen sein, sondern sie wirkten am allermeisten im Dienste der Strafsenhygiene dadurch, daß sie ihre Einrichtungen für alle mit dem römischen Bürgerrecht ausgestatteten Städte obligatorisch machten, sowie auch dadurch, daß sie durch die Macht des Beispiels die Forderungen an Komfort und Hygiene, an welche sie sich zu Hause gewöhnt hatten, auch auf die Städte und Länder übertrugen, welche sie im Laufe der Zeit eroberten.

Deshalb sehen wir, wie in allen Städten am Mittelmeere die alten Einrichtungen auf dem Gebiete der Strafsenhygiene den neuen römischen Platz machen müssen.

Eine besonders kolonisierende Bedeutung hat Rom nicht gehabt. Man suchte das Vorhandene zu ändern, zu verbessern,

zu romanisieren. Daher beschränken sich ihre Neuanlagen hauptsächlich auf die Anlage von Lagern mit dem regulären Strafsenkreuz. Die Lagerstädte scheinen nicht nach einem bestimmten Plan angelegt worden zu sein. Turin wurde jedoch von Augustus mit geraden und einander senkrecht durchschneidenden Strafsen, die von der Anlage aus mit Kloaken versehen waren, angelegt. — Auf dieselbe Weise wurde später auch Konstantinopel erbaut.

Aber im allgemeinen sind die Römer bestrebt gewesen, die engen Strafsen in Rom und den übrigen alten Städten in hygienischer Beziehung möglichst erträglich zu machen.

Zum Schlusse werden wir uns eingehender mit den hygienischen Einrichtungen der Strafsen in Rom beschäftigen.

Rom gehört zu den alten Städten, welche im Laufe der Jahrhunderte auf der ursprünglichen Stelle aufgewachsen sind. Mit Recht sagt daher auch das Sprichwort: »Rom wurde nicht an einem Tage erbaut.« Wenn wir annehmen, dafs diese Stadt 753 v. Chr. gegründet wurde, so ist gegen 2600 Jahre an ihr gebaut worden.

Daher findet man hier als Überreste der alten Stadt nur noch die aus Quadersteinen errichtete Stadtmauer des Servius, die bekannte Quellenkammer — Tullianum — am Fusse des Kapitols und die cloaca maxima.

Zum Glück sind noch einige Bestimmungen des Zwölftafelgesetzes erhalten, so dafs wir uns eine ziemlich deutliche Vorstellung von der sanitären Beschaffenheit der Strafsen machen können.

Eine dieser Verordnungen lautet: »Die Strafsen sollen dort, wo sie in gerader Richtung laufen, 8 Fufs und dort, wo sie eine Biegung machen, 16 Fufs breit sein.« Weiter heifst es in demselben Gesetze mit Rücksicht auf die Häuser: »Rund um die Mauern soll ein Strich Landes — ambitus — von $2\frac{1}{2}$ Fufs Breite sein.« Dadurch war die Möglichkeit geschaffen, einen Bürgersteig anzulegen. Die Breite der Strafsen war also in Wirklichkeit $8 + 2\frac{1}{2} + 2\frac{1}{2} = 13$ Fufs, bezw. 21 Fufs. Die Folge davon war aber auch, dafs die Häuser nicht in der geschlossenen Bau-

linie zu liegen kamen, da ja jedes Haus $2\frac{1}{2}$ Fufs von der Grenze aufgebaut werden durfte. Auf diese Weise entstanden dann die zwischen den Häusern liegenden, äußerst schmalen privaten Gänge von 5 Fufs Breite — die *angioportus*, wo oft die Latrine ihren Platz hatte, als *amphora in angioportu*. Da diese Gänge privat waren, hatten sie kein Pflaster. Die Häuser waren ohne Ordnung aufgeführt und in dieser Beziehung wurde es nach der Einäscherung der Stadt durch die Gallier (390) nicht besser. Als man sich entschlossen hatte — so berichtet Livius — die Stadt wieder aufzubauen, »wurden Ziegelsteine auf Kosten der Stadt herbeigeschafft (an der Sonne getrocknete Steine). Holz konnte ein jeder nehmen, wo er es bekommen konnte, aber nur unter der Bedingung, daß er sich verpflichtete, das Haus in einem Jahr fertig zu stellen. Bei dieser Eile dachte niemand daran in einer geraden Linie zu bauen; ein jeder baute, wo er am besten Platz fand. So ist es zu erklären, daß die alte Kloake, welche ursprünglich auf dem städtischen Grunde lag, jetzt (zur Zeit des Augustus) an manchen Stellen unter den Privathäusern lief, und daß die Stadt jetzt ein Aussehen hat, welches nicht auf eine planmäßige Anlage, sondern auf eine willkürliche Bebauung schließen läßt.« Und so blieb es jedenfalls bis zum Neronischen Brande. Erst nach diesem wurden die Strafsen der abgebrannten Stadtteile »zum Bedauern der Römer breiter gemacht, da der Schatten und die Kühle geringer wurden«, erzählt Tacitus. Die schmalen Privatgänge zwischen den Häusern bestehen noch immer.

Hinsichtlich der Höhe der Häuser berichtet Livius, daß Rom im 3. Jahrhundert schon die drei-doppelte Haushöhe erreicht hatte. Augustus, der ein Baugesetz (Vitruvius)¹⁾ herausgegeben zu haben scheint, bestimmt, daß die Häuser in den Strafsen nicht über 70 Fufs hoch sein sollen (ein römischer Fufs = 0,296 m). Trajan setzte die Höhe auf 60 Fufs herab.

1) Auf Vitruvius Ansichten über die Anlagen von Städten wollen wir hier nicht näher eingehen, da die von ihm aufgestellten Prinzipien kaum von irgend welcher praktischen Bedeutung gewesen sind.

Diese engen Strafsen entbehrten jedenfalls bis zum Jahre 312 jeglicher Belegung, denn erst da inauguriert Appius Claudius die römische Wegebaukunst mit makadamisierten Fahrdämmen und Bürgersteigen. Und erst vom Jahre 189 v. Chr. beginnt man allmählich damit, die Fahrdämme zu pflastern, aber besonders von 174 an machte man Ernst mit der Sache, indem, wie Livius sagt, »die Censoren Q. Fabius Flaccus und A. Posthumius Albinus zum ersten Male die Pflasterung der Strafsen in der Stadt und die Makadamisierung von Wegen außerhalb der Stadt lizitierten.« Im Jahre 45 v. Chr. kam die lex Julia municipalis heraus, welche endlich die Anlage, Instandhaltung und Reinigung der Strafsen vorschrieb. Nach der lex Caesaris sollten vier Ädilen die Aufsicht über sämtliche Strafsen führen. In jeder der 14 Regionen der Stadt stehen unter den vier Ädilen zwei Curatores, und zu jeder Strafsen gehörten vier vicomagistri, Strafsenaufseher. Es gibt in Rom über 200 vici von 13 Fufs und nur 5–6 viae von 21 Fufs Breite.

Hieran konnte durch Cäsars Gesetz selbstverständlich nichts geändert werden. Aber die lex Julia bestimmte, dafs der Fahrdamm von der städtischen Behörde, der Bürgersteig dagegen mit kleineren Steinen von dem betreffenden Hausbesitzer gepflastert werden sollte. Wenn die Strafsen angelegt war, sollte der Hausbesitzer den Bürgersteig und den Fahrdamm bis zur Strafsenmitte in Stand halten, für ihre Reinigung Sorge tragen und auch für genügenden Abflufs sorgen. Sollte ein Besitzer der grofsen »Insulae«, Miethäuser, dies unterlassen, so sollten Ädilen die Reinigung auf Kosten des Besitzers besorgen lassen. Nach anderen Verordnungen war der Mieter berechtigt, dies selber thun zu lassen und die Kosten von der Miete abzuziehen. Wo es sich um öffentliche, nach der Strafsen liegende Gebäude handelte, hatte die Stadt für die Instandhaltung und Reinigung der Strafsen aufzukommen. Ebenfalls mußte jeder Hauswirt für den Abflufs seines Grundstückes sorgen. »Derjenige oder diejenigen, deren Häuser nach der Strafsen liegen, sollen auf Anordnung der Ädilen die Strafsen in Stand halten, so dafs kein Abflufswasser, wodurch das Volk die Strafsen weniger gut benutzen kann, stehen bleibt.«

Dieses interessante hygienische Gesetz ist eins der wenigen in Erz eingegrabenen römischen Gesetze, die uns zum größten Teil noch auf den sogenannten Herakleischen Tafeln in Neapel erhalten sind. Als dieses Gesetz herauskam, war Rom schon fast überall gepflastert, — es ist wohl nicht wahrscheinlich, daß die 5 Fuß breiten Gassen oder Gänge ein Pflaster hatten —, so daß sich nur die Bestimmungen über die Instandhaltung und Reinigung auf die Hauptstadt bezogen. Dagegen war dieses Gesetz für die vielen übrigen Städte des römischen Reichs von der größten Bedeutung. Als Pompeji im Jahre 79 verschüttet wurde, waren schon alle Strafsen gepflastert; mehrere derselben machten schon eine Umpflasterung im hohen Grade notwendig, andere waren bereits umgepflastert. Im ganzen war in dieser kleinen Provinzstadt eine Million Quadratfuß ihres Grundes mit Pflaster versehen. Es würde zu weit führen, wollte ich alle römischen Städte, in denen es gepflasterte Strafsen gab, auch nur aufzählen. Kurz gesagt, es gab nicht nur in Italien, sondern auch in allen Ländern des Mittelmeeres, die von den Römern erobert waren, keine Stadt ohne Pflaster.

Daß die technische Anlage der Strafsen sehr schön und solide war, ist ja allgemein bekannt. Auffällig ist es, zu sehen, wie die Technik mit der Kunst und Kultur im allgemeinen im 2.—3. Jahrhundert n. Chr. in Verfall geriet. Man vergleiche nur das Pflaster der auf dem forum Romanum aufgedeckten via sacra aus der Zeit Caracallas mit einer einzelnen Partie des alten Pflasters vor dem Tempel des Saturn.

Bekanntlich hatte Rom schon seit alten Zeiten eine Kloake, die cloaca maxima, welche aller Wahrscheinlichkeit nach angelegt wurde, um dem Teile, wo sich jetzt das Forum Romanum mit dessen östlichen Fortsetzungen befindet, einen Abfluß zu verschaffen. Dieselbe soll ja von Tarquinius im 6. Jahrhundert v. Chr. angelegt worden sein. Sie war aus Tuffquadersteinen gemacht und war ungefähr 4×4 m im Durchmesser. Den Boden hatte man mit Lavapolygonen gepflastert und die Kloake war gewölbt. Den ältesten Teil derselben, von dem Forum bis zum Tiber, benutzt man noch heutigen Tages.

Zur selben Zeit, oder wahrscheinlich noch etwas früher, als man anfang, die Strafsen zu pflastern, wurde die cloaca maxima durch zahlreiche Ausläufer erweitert, so daß sie den Abfluß von allen Grundstücken innerhalb der Mauer des Servius aufnehmen konnte. Man hat an den verschiedensten Stellen der modernen Stadt wohlerhaltene Reste derselben gefunden.

Da die Strafsen gegen 174 v. Chr. gepflastert wurden, so ist ohne Zweifel der Abfluß von diesen Strafsen in die Kloake geleitet worden. Dies geht auch aus folgender späterer Bestimmung des Zwölftafelgesetzes hervor: »Wenn der auf öffentlichen Grund geleitete Abfluß einem Privatmanne Schaden zufügt, so muß gegen den ersten Privatmann eine Privatklage erhoben werden.« Offenbar ist aber die Wassermenge damals zu gering gewesen, denn man beklagte sich ungefähr um dieselbe Zeit darüber, daß die Kloake zugesetzt worden war, weshalb man eine Summe von 1000 Talenten ($4\frac{1}{2}$ Millionen Mark) zur Reinigung anwenden mußte. Später erfährt man nichts mehr von einer solchen Katastrophe. Seit dem Jahre 145 v. Chr. leitete man auch aqua Marcia nach Rom, welche der Hauptstadt innerhalb 24 Stunden 100 000 Kubikmeter Wasser zuführte, und um das Jahr 60 n. Chr. flossen wenigstens 6—700 000 cbm Wasser innerhalb 24 Stunden durch die Kloake.

Aus einer Stelle bei dem älteren Plinius geht hervor, daß die Kloake zur allgemeinen Zufriedenheit funktionierte. Es heißt dort: »Agrippas 7 Wasserströme (worunter man natürlich die sieben von Agrippa rekonstruierten und neu angelegten Wasserleitungen: Aqua Appia, Anio vetus, Marcia, Tepula, Julia, Virgo und Alscetina zu verstehen hat) spülen allen Unrat der Stadt in die Kloake; zuweilen fließt das Wasser des Flusses da hinein, und dann entsteht ein Kampf zwischen den beiden Strömen; jedoch der starke Bau hält es aus. Große Massen von den Strömen mitgerissener Unrat passieren deren Mauern, ohne sie zu sprengen.«

Wir sehen hieraus also, daß Rom auch den Beweis geliefert hat, daß, wie die Erfahrung der neueren Zeit auch lehrt, die Kanalisation einer Stadt ohne genügende Wassermenge vom

hygienischen und technischen Standpunkte aus undurchführbar ist.

Dafs übrigens diese enorme Wasserzufuhr nicht genügte, um die cloaca maxima auszuspülen, davon kann man sich überzeugen, wenn man den vor einigen Jahren aufgedeckten Teil, der von Augustus' Forum nach dem Forum Romanum hinabgeht, passiert. Von einem allgemeinen oder erlaubten, geschweige denn obligatorischen Anschluß von den Häusern nach der cloaca maxima, wie dies in Athen der Fall war, wird uns nichts berichtet.

Dafs trotzdem die Exkremente — per nefas — häufig in die Kloake geworfen wurden, geht aus folgender Bemerkung des Columella hervor: »— auch haben die Kräuter nichts dagegen, dafs man den müden Brachfeldern das bietet, was die Latrinen in die schmutzigen Kloaken ergiefsen.« Diese Bemerkung kann jedoch wohl kaum als ein Beweis dafür gelten, dafs es in Rom Wasserklosetts gab. Öffentliche Latrinen scheint man nicht vor Tiberius' Zeit gekannt zu haben. Im Jahre 315 n. Chr. waren in Rom 144 latrinae publicae und 116 necessariae längs der Aurelianischen Mauer. Dafs man jedoch öffentliche Strafsenlatrinen mit Wasserausspülung gekannt und benutzt hat, beweist Pompejis Forumlatrine. Diese hatte acht Sitze und war über einem 2 m tiefen ausgemauerten Halbkanale angebracht, wohin ein bleiernes Wasserrohr führte. Der Abflufs war nach einem verdeckten Rinnsteine. Einer ganz ähnlichen öffentlichen Latrine, die 25 Sitze hatte und mit grofser Eleganz ausgestattet war, erwähnt Gaston Boissier (l'Afrique Romaine). Diese befand sich in einer mit Quadersteinen gepflasterten Hauptstrafse der kleinen Militärkolonie Tamugadi in der Nähe der Wüste Sahara. Hier handelt es sich um zwei antike Trogklosettanlagen. In Pompeji hat ja übrigens ungefähr jedes Haus seine Latrine, wahrscheinlich mit einer Amphora (antikes Tonnensystem), die meistens nahe bei der Küche lag.

Die oben erwähnte reichlichere Wasserzufuhr in Rom kam nicht nur der cloaca maxima zu gute, sondern sie half auch dem mehr und mehr sich geltend machenden Bedürfnisse nach Trink- und Verbrauchswasser ab, und sie trug auch nicht unwesentlich

zur Reinlichkeit der Strafsen und der Luft in diesen Strafsen bei. Die zahlreichen Laufbrunnen (lacus — 700), welche Agrippa in den Strafsen anlegen liefs, und die vielen monumentalen Fontainen (munera — 105) auf den Marktplätzen und andern freien Plätzen, die mit 300 Bronze- und Marmorstatuen und mit 400 Säulen geziert waren, gereichten nicht nur den Strafsen zur Zierde, sondern das Tag und Nacht fliefsende Wasser erfrischte die Luft und reinigte die Strafsen und die Kloake unter der Strafsen. In demselben Mafse wie die Wassermenge vermehrt wurde, in demselben Mafse nahm die Zahl der Strafsenbrunnen zu, so dafs ihre Zahl, nachdem sie zur Zeit des Frontinus auf 391 lacus und 39 Fontainen (munera) zurückgegangen war, wieder auf 1352 (im Jahre 315 n. Chr.) stieg.

Eine eigentliche Wassersprengung im modernen Sinne des Wortes gab es in Rom nicht. Das überlaufende Wasser der Strafsenbrunnen, sowie das Überfallswasser der Kastelle (von diesen hatte Agrippa 130 angelegt; zur Frontinus' Zeit gab es deren 247) durfte ohne Cäsars ausdrückliche Erlaubnis nicht in die Häuser geleitet oder zu industriellen Unternehmungen benutzt werden; »denn«, sagt Frontinus, »von den Kastellen mufs notwendig ein Teil des Wassers überfliefsen, aber dieses trägt nicht nur zur Gesundheit der Stadt bei, sondern es nützt auch dadurch, dafs es die Kloaken reinigt.« Und an einer andern Stelle heifst es bei Frontinus: »Selbst das überlaufende Wasser ist von nicht geringem Nutzen; mit der Reinlichkeit sieht es schon jetzt ganz anders aus, und die Ursachen der ungesunden Dünste, wodurch die Stadt in üblen Ruf gekommen war, sind entfernt.«

Übrigens war die Anlegung der vielen Strafsenbrunnen darauf zurückzuführen, dafs die Wasserleitungen in den Häusern in Rom bei weitem nicht so allgemein waren wie in Pompeji, wo selbst das ärmlichste Haus einen Laufbrunnen hatte, oder in Antiochia, »wo«, wie Lebanios berichtet, »die Einwohner nicht nötig haben, sich an den Strafsenbrunnen zu schlagen, um Wasser zu bekommen, da jedes Haus und jede Werkstatt einen und oft mehrere Laufbrunnen hatten.«

Zu Frontinus' Zeit überliefs man den Bewohnern zum privaten Hausgebrauch so viel Wasser, als 3847 Quinnarien liefern konnten; und jedes einzelne Haus durfte nach einer Verordnung aus dem Jahre 382 n. Chr. nur von ca. $\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$ Quinnarien erhalten.

Da Rom im Jahre 315 n. Chr. 46 602 Insulae — Mietkasernen — und 1790 Domus — Patrizierhäuser — zählte, so ist es mehr als wahrscheinlich, dafs diese alle die Quinnarien benutzten, die für die 250 000 Sestertien den Abonnenten überlassen wurden, und dafs die Bewohner der 46 602 Insulae auf die zahlreichen Strafsenbrunnen angewiesen waren.

Aber trotz der vorzüglichen Pflasterung, trotz der Kloaken und der fortwährend reingespülten Rinnsteine und trotz der Pflicht der Hausbesitzer, die Strafsen zu fegen, war bekanntlich der Zustand der Strafsen nicht der beste. Der privaten Fegepflicht ist man wohl nicht immer nachgekommen; auch liefsen die Ädilen es oft an der nötigen Gewissenhaftigkeit fehlen. Selbst der so bürgerlich gesinnte Vespasian mußte sich nach Sueton von Caligula höhnische Bemerkungen gefallen lassen, weil er als Ädil nicht genügend dafür Sorge getragen hatte, dafs die Bürger die Strafsen reinigten.

Bei einer Einwohnerzahl von mindestens $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Millionen in der Kaiserzeit ist es nicht zu verwundern, dafs der Verkehr in diesen engen Strafsen, trotzdem die lex Julia municipalis den Wagenverkehr in den ersten zehn Stunden des Tages verbot, die Reinhaltung derselben schwierig machte; nur dem Triumphator, den Vestalinnen und »den Bauern, welche nachts nach der Stadt kommen, um Stercora wegzufahren«, war es gestattet, mit Wagen zu fahren. Auch aus der letzten Bestimmung geht hervor, dafs die Abfuhr die Regel war. Kein Wunder also, dafs Juvenal sich darüber beklagt, dafs seine Füfsen auf der Strafsen schmutzig wurden, und dafs Martial »die Luft in den Strafsen so dicht fand, dafs er von seiner Wohnung auf der dritten Etage nicht die Pflastersteine sehen konnte«, wenn wir bei dem gewissenhaften Frontinus lesen, dafs die Stadt wegen der giftigen Dünste in der Luft berüchtigt war.

Und erinnert man sich der unendlich vielen Klagen über die Baufälligkeit und die häufigen Einstürze, so kann man sich Horaz' und Senecas Furcht, beim Passieren der Strafsen einen Stein oder einen Balken auf den Kopf zu bekommen, erklären.

Die wesentliche Ursache davon, daß die Luft in den Strafsen dieser alten Millionenstadt dumpfig, drückend und voll Staub war, lag ohne Zweifel darin, daß die sehr engen Strafsen nicht durch breitere ersetzt werden konnten. Jedoch sind sie wohl kaum schmutziger gewesen als die meisten Strafsen unserer modernen Großstädte.

Außerordentlich interessant und lehrreich ist es, zu sehen, wie Rom besonders seit Julius Cäsar mit Erfolg bestrebt war, den Übelständen und den hygienischen Mängeln, an denen die Millionenstadt wegen ihrer unregelmäßigen und planlosen Anlage und ihrer engen Strafsen litt, abzuhelpfen.

Natürlich war die Kloakierung und reichliche Wasserzufuhr eine notwendige Voraussetzung der klugen, von Cäsar erlassenen Gesetze.

Und wenn wir auch, wie schon oben erwähnt, den Römern die Originalität auf diesem wie auf fast allen andern Gebieten der Kunst und Kultur absprechen müssen, so läßt sich nicht leugnen, daß sie das ihnen von andern Nationen Überlieferte durch ihre technische Tüchtigkeit wie durch ihr Organisations-talent so vervollkommnet haben, daß wir sie erst im 19. Jahrhundert überflügelt haben, wie Hueppe¹⁾ dargelegt hat.

Und unzweifelhaft besteht das größte Verdienst der Römer auf dem hygienischen wie auf andern Gebieten darin, daß sie die sämtlichen Bewohner der Städte in dem großen römischen Reiche durch die Macht des Beispiels oder durch Verordnungen veranlaßten, mit ihnen gleichen Schritt zu halten.

Es ist fast unbegreiflich, wie alle diese nützlichen hygienischen Veranstaltungen und Einrichtungen der Menschheit so vollständig aus dem Gedächtnis entschwinden konnten, daß die

1) Hueppe, Zur Rassen- und Sozialhygiene der Griechen im Altertum und in der Gegenwart, 1897.

ersten 5—6 Dezennien des 19. Jahrhunderts sich allen Ernstes rühmten, auf dem Gebiete der Stadthygiene etwas Originales geschaffen zu haben.

Wir dürfen aber nicht vergessen, daß die Strafsen der Städte bis in unser Jahrhundert hinein im äußersten Grade schmutzig waren. Waren doch Paris im Jahre 1641 und London 1605 noch nicht mit der Pflasterung ihrer Strafsen fertig, und hatten doch Berlin und Kopenhagen erst in der letzten Hälfte des 17. Jahrhunderts mit einer geordneten Pflasterung begonnen.

Über das Vorkommen löslicher Antimonverbindungen in Kleidungsstoffen.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann** und Dr. **Franz Göbel**.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg.)

Die Baumwollfärberei verwendet und verwendete früher in weit größerem Umfange Antimonverbindungen, namentlich Brechweinstein, zur Beizung der zu färbenden Stoffe. Bei der bekannten, einst therapeutisch benützten Eigenschaft der Antimonverbindungen Hautentzündungen hervorzurufen (schwere Ekzeme, ja pustulöse Affektionen), ist es nicht zu verwundern, daß nachlässig hergestellte farbige Stoffe gelegentlich beim Tragen zu Hauterkrankungen führten. Ist die Litteratur auch nicht reich an derartigen Angaben, so enthält sie doch eine Zahl unzweifelhaft festgestellter Fälle.

Besonders beweisend ist der Fall von **K a y s e r**, dem ein braunroter Baumwollstoff zur Untersuchung vorlag, welcher zu Hosentaschen Verwendung gefunden und an den Oberschenkeln starke Ekzeme hervorgebracht hatte. Die Untersuchung ergab 85 mg wasserlösliches Antimon pro 100 qcm Stoff. Das Ekzem verschwand wenige Tage nach der Beseitigung der gifthaltigen Taschen. (Rep. f. analyt. Chemie, 1883, p. 121.)

Über antimonhaltige Strümpfe von roter Farbe berichtet **Sendtner** in seinen Mitteilungen: Erfahrungen auf dem Gebiete der Kontrolle der Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände 1893 im 17. Band dieses Archives. Die Strümpfe erzeugten bei ihren

Trägern heftige Hautausschläge. In einem Fall wurde eine quantitative Antimonbestimmung vorgenommen: 100 qcm Stoff enthielten 22 mg Antimon, ein ganzer Strumpf von 800 qcm 177 mg — wasserlösliches — Antimon. Neben dem Antimon nahm das Wasser reichliche Mengen roten Farbstoffs auf. Auch in Plüschstoffen, namentlich in meergrünen und olivgrünen Nuancen, wie sie als Möbelbezüge sehr beliebt sind, fand Sendtner mehrfach reichliche Antimonmengen, auf die er die Hygieniker aufmerksam machte, ohne selbst Zahlen mitzuteilen. Auch unterliefs Sendtner, anzugeben, ob es sich um wasserlösliche Antimonpräparate handelte.

Von systematischen Untersuchungen über den Antimon-gehalt von Gespinststoffen konnten wir nur die von Bischoff aus dem Jahre 1883 finden, welcher folgende Angaben macht (Rep. f. anal. Chemie 1883 S. 305).

In kunstgerecht, aber ohne besondere Vorsicht mittels Brechweinstein gebeizten 17 Baumwollgarnen von allen möglichen Farben wurde auf 100 g gefunden:

a) in Wasser löslich	b) in Säure löslich
Spur	110
Spur	260
12 mg	120
Spur	240
Spur	130
8 mg	250
Spur	180
Spur	100
8 mg	220
Spur	244
Spur	310
13,5	300
14,0	200
Spur	36
Spur	110
Spur	121
Spur	200

Bischoff überläßt den Medizinern zu beurteilen, ob solche kleine wasserlösliche Mengen eine Bedeutung haben und bezweifelt, daß den wasserunlöslichen Mengen überhaupt eine Bedeutung zukommt. Bei der außerordentlichen Spärlichkeit von Antimonvergiftungen durch Kleidungsstücke ist es kaum zu bezweifeln, daß für nicht abnorm empfindliche Menschen derartige Antimongehalte, wie sie Bischoff fand, belanglos sein müssen.

Neuere umfassende Arbeiten über den Antimongehalt von Stoffen gelang es uns nicht zu finden. Da aber die Baumwollfärberei mit dem Erscheinen der Sendtner'schen Arbeit vielfach neue Wege eingeschlagen und mit Erfolg in weitem Umfang »direkt färbende«, eine vorhergehende Beizung nicht erfordernde Teerfarbstoffe eingeführt hat, so schien es nicht uninteressant, einmal eine große Zahl Baumwollstoffproben einer eingehenden Untersuchung auf wasserlösliche Antimonverbindungen zu unterziehen. Wir beschränkten uns absichtlich auf die Untersuchung von wasserlöslichen Verbindungen, weil noch nie eine Vergiftung auf in Wasser unlösliches Antimon zurückgeführt wurde, trotz der relativ großen Mengen Antimon, die mindestens zur Zeit von Bischoffs Untersuchung verbreitet in den Geweben vorkamen¹⁾.

Für unsere Untersuchungen dienten 41 Stoffproben:

- I. 5 Herrenkleider-Futterstoffe (Baumwolle),
- II. 9 Möbelripse (Wolle),
- III. 4 Baumwollbettstoffe,
- IV. 5 Möbelkattune (Baumwolle),
- V. 3 Damenkleiderstoffe (Wolle),
- VI. 3 Herrenkleiderstoffe (Wolle),
- VII. 8 Möbelplüsch (Baumwolle),
- VIII. 4 Baumwollstrümpfe.

Die Untersuchungen zerfielen in eine Vorprüfung und eine genaue quantitative Untersuchung, der letzteren wurden nur die Proben unterworfen, bei denen die Vorprüfung wenigstens deutliche Spuren von löslichen Antimonverbindungen ergaben.

1) Nachträglich haben wir noch 25 qcm von
 II 6 II 7 VII 8 VII 2 VIII 2 VIII 4
 auf Gesamtantimongehalt untersucht. Probe II 6 enthielt reichlich (ca. 1,5 mg) Antimon, andere Proben nichts oder Spuren.

Der Gang der Analysen war folgender:

a) Vorprüfung. Ein lufttrocken gewogenes Stück Stoff von 25—100 qcm und 0,7—4,4 g Gewicht wurde mit 200 ccm Wasser eine halbe Stunde in einer Porzellanschale gekocht, die Flüssigkeit, welche meist kräftig gefärbt war, durch ein Faltenfilter noch warm filtriert und Filter und Tuchstück einige Male mit heißem Wasser ausgewaschen. Das gesammelte Filtrat wurde erwärmt, mit Salzsäure kunstgerecht angesäuert und längere Zeit Schwefelwasserstoff eingeleitet. Der Niederschlag wurde nach einigen Stunden abfiltriert und mit Schwefelwasserstoffwasser ausgewaschen, das Filtrat wurde auf $\frac{1}{3}$ eingeeengt und nochmals Schwefelwasserstoff eingeleitet, und ein event. entstandener Niederschlag auf einem besonderen Filter gesammelt. War ein Niederschlag von gelber, gelblicher oder roter Farbe entstanden, so begann

b) die genaue Untersuchung. Der Niederschlag wurde mit gelbem Schwefelammonium $\frac{1}{2}$ Stunde im Wasserbad erwärmt, das Schwefelammonium abfiltriert und mit warmem Wasser ausgewaschen. Der Auszug wurde nun zur Trockene verdampft und mit der ca. 7fachen Menge eines Gemisches von Natriumkarbonat (1 Teil) und Natriumnitrat (2 Teile) im bedeckten Porzellantiegel geschmolzen und die Schmelze in warmem Wasser gelöst. In Lösung ging dabei etwa vorhandenes Arsen und ein Teil des Zinns, es blieb zurück Antimon als pyroantimonsaures Natron und ein Teil des Zinns (als Zinnoxid). Der Filtrerrückstand wurde nochmals mit Soda und Salpeter geschmolzen, um die letzten Zinnsuren von Antimon zu trennen, und das so gereinigte pyroantimonsaure Natron nach Veraschung des Filters mit Cyankalium geschmolzen. Das erhaltene metallische Antimon wurde in heißer Salzsäure unter Zusatz von etwas $KClO_3$ gelöst, das Chlor verjagt, mit Ammoniak neutralisiert, schwach mit Salzsäure angesäuert und auf 25 ccm aufgefüllt. Durch Einleiten von Schwefelwasserstoff wurde nun das Antimon als orange-farbiger feiner Niederschlag erhalten, der sich in den kleinen Mengen, wie er in unseren Proben vorhanden war, nur langsam absetzte und kolorimetrisch genügend genau bestimmt werden konnte. Als Vergleichslösung diente eine Brechweinsteinlösung

mit einem Gehalt von 1 mg Antimon in 1 ccm. Von dieser Lösung setzten wir 0,1—0,3—0,5—1,0 ccm zu 25 Wasser, leiteten Schwefelwasserstoff ein und verglichen den Niederschlag mit dem in unseren Analysen.

Die Ergebnisse der Arbeit lassen sich sehr kurz mitteilen: Nennenswerte Antimonmengen fanden sich niemals, der Schwefelwasserstoffniederschlag bei der Vorprüfung war nie orange, stets nur gelb oder gelblich und bestand jedenfalls größtenteils aus Schwefel, 3mal wurde ein schwarzer Niederschlag erhalten; derselbe wurde 3mal nicht weiter untersucht, da der Antimongehalt aller gelben und rötlichen Niederschläge so gering war. Die Angabe über das Gewicht der Schwefelwasserstoffniederschläge beruht auf Schätzung, nachdem einige Niederschläge gewogen waren; diese Zahlen — welche das Gewicht von viel Schwefel einschließen — sind ziemlich wertlos und sollen nur eine grobe Orientierung geben.

Tabelle I. Herrenkleider-Futterstoff.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H ₂ S-Niederschlag	
					Farbe	ca. mg
1	schwarz	60,0	2,0	schwarz	schwarz	5,0
2	marine	25,0	1,0	dunkelblau . . .	„	1,0
3	raye	25,0	0,7	„	0	—
4	heliotrop	45,0	1,0	purpurrot . . .	0	—
5	erdbeerrot . . .	60,0	1,0	zinnober	0	—

Tabelle II. Möbel-Ripse.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H ₂ S-Niederschlag		Im Niederschlag Antimon
					Farbe	ca. mg	
1	olive-grün	90,0	3,3	dunkelgrün	schwarz	1,0	0
2	grün	72,0	2,2	grün	„	0,5	0
3	olive-grün mit bunt	72,0	4,2	hellrot	gelblich	2,0	0
4	rot	81,0	2,6	„	„	2,0	0
5	granatrot	90,0	2,6	„	„	3,0	0,1
6	„	90,0	2,4	„	„	1,0	0,15
7	rot	96,0	2,8	„	„	0,5	0
8	hellgrün	90,0	2,8	hellgrün	0	—	—
9	dunkelgrün	90,0	2,7	dunkelgrün	0	—	—

Tabelle III.
Baumwoll-Bettstoff.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H ₂ S-Niederschlag	
					Farbe	ca. mg
1	rot-carreau . . .	100,0	2,2	farblos	gelblich	0,2
2	blau-carreau . . .	74,0	1,5	„	„	0
3	rosa-carreau . . .	81,0	1,8	Stich ins Rote . . .	0	—
4	rot und blau car- reau	70,0	1,3	Stich ins Gelbe . . .	0	—

Tabelle IV.
Möbel-Kattun.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H ₂ S-Niederschlag	
					Farbe	ca. mg
1	olive-bunt	48,0	1,3	hellgrün	0	—
2	marine-bunt	56,0	0,7	„	0	—
3	schwarz-bunt	48,0	0,6	rot	0	—
4	hellblau-bunt	50,0	1,6	farblos	0	—
5	crème-bunt	64,0	1,6	grün	0	—

Tabelle V.
Damenkleiderstoff.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H ₂ S-Niederschlag	
					Farbe	ca. mg
1	blau	35,0	0,8	hellblau	0	—
2	„	35,0	0,7	dunkelblau	0	—
3	grün	35,0	0,8	dunkelgrün	0	—

Tabelle VI.
Herrentuche.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H ₂ S-Niederschlag	
					Farbe	ca. mg
1	blau-grau	50,0	2,1	violett	0	—
2	hellgrau	50,0	1,8	Stich ins Blaue . . .	0	—
3	dunkelgrau	50,0	1,8	dunkelblau	0	—

Tabelle VII.
Möbelplüsch.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H ₂ S-Niederschlag	
					Farbe	ca. mg
1	terracotta	65,0	3,7	hellrot	gelblich	1,0
2	olive	65,0	4,4	grün	„	2,0
3	grün	65,0	4,1	„	„	0,5
4	dunkel-olive . . .	65,0	4,0	Stich ins Grüne .	0	—
5	dunkelrot	65,0	3,4	purpurrot	0	—
6	hellrot	65,0	3,8	farblos	0	—
7	grün	65,0	4,6	„	0	—
8	olive	65,0	1,8	grün	schwarz	3,0

Tabelle VIII.
Strümpfe.

Nr.	Farbe	qcm	g	Farbe des Auszuges	H ₂ S-Niederschlag		Anti- mon
					Farbe	ca. mg	
1	hellrot	60,0	3,2	rot	0	—	—
2	dunkelrot	60,0	2,3	„	0	—	—
3	grau	48,0	1,5	farblos	0	—	—
4	dunkelrot	70,0	2,7	rot	rot	1,0	0,2

Zur Kontrolle dieser fast ganz negativen Ergebnisse haben wir ein Stück Baumwollstoff in 1‰ Brechweinsteinlösung eingetaucht und ausgedrückt. Ein Stück von 50 qcm wurde direkt, ein anderes nach kurzem Auswaschen mit Wasser so behandelt wie unsere Stoffproben, schon einige Kubikcentimeter der Auskochung beider Proben, auch der zweiten, gab einen orangefarbenen Niederschlag, wie wir ihn nie, auch nur annähernd sonst bei unseren Untersuchungen gesehen haben.

Es folgt also aus unseren Untersuchungen, daß es jedenfalls zu den großen Ausnahmen gehört, wenn Stoffproben heute nennenswerte Mengen wasserlöslicher Antimonsalze enthalten — wir haben keine derartige Probe gefunden, vielmehr ausschließlich Antimonspuren, die man als belanglos bezeichnen kann, d. h. Mengen von 0,1 bis 0,3 mg in 100 qcm Stoff oder etwa 4—10 mg in 100 g.

Über die Bedeutung der Zerkleinerung und des Kochens der Speisen für die Verdauung.

Von

Prof. Dr. **K. B. Lehmann**

in Würzburg.

Nach in Gemeinschaft mit den Herren Dr. **Felix Meyer** aus Magdeburg und
Dr. **Moritz Götz** aus Fischach ausgeführten Untersuchungen.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Würzburg.)

I. Vorbemerkung und Methode.

Durch Versuche, welche von Dr. J. Gaudenz auf meine Veranlassung und unter meiner Leitung angestellt wurden, ergab sich meines Wissens zum ersten Mal ein klarer Einblick in die Zerkleinerung unserer Speisen beim normalen Kauakt (Arch. f. Hygiene Bd. XXXVIII, 230). Es lag nahe im Anschluß an diese Ergebnisse die wichtige Frage einmal genau zu untersuchen, welchen Einfluß denn der Grad der Zerkleinerung auf die Verdauung besitzt.

Die Versuche¹⁾ wurden alle in vitro angestellt mit bestimmten Mengen des Nahrungsmittels, das eine möglichst ziffermäßige angebbare Zerkleinerung erfahren hatte; es wurden möglichst gute Fermente, optimale Temperaturen angewendet und stets eine Reihe von Versuchen mit verschiedenem Zerkleinerungsgrad

1) Ausführliche Mitteilungen über die Versuche enthalten die Dissertationen:

Dr. **Felix Meyer**: Über die Bedeutung des Kochens und Kauens kohlehydrathaltiger Nahrungsmittel für die Verdauung. Würzburg, 1900.

Dr. **Moriz Götz**: Über die Bedeutung der Zerkleinerung von Speisen für die Pepsinverdauung des Eiweißes. Würzburg, 1901.

aber gleicher Dauer gleichzeitig ausgeführt. Die Wirkung der Fermente wurde stets durch Bestimmung des in Lösung gegangenen Produktes vorgenommen.

Von ähnlichen Versuchen ist uns in der Litteratur nichts bekannt geworden, jedenfalls bringen auch die großen und mittleren Lehrbücher der Physiologie und Hygiene über diese Frage nicht viel mehr als die auf aprioristischer Überlegung begründete Angabe, daß gutes Kauen die Verdauung günstig beeinflusse. Vielfach findet sich die Beobachtung von Ärzten und Zahnärzten citiert, daß ein künstliches Gebiß bei Menschen mit defekten Zähnen und infolgedessen darniederliegender Verdauung Wunder gewirkt habe durch Verbesserung der Ernährung. Es wird bei diesen Fällen allerdings stets zu unterscheiden sein zwischen Verbesserung der Ausnutzung der Speisen durch bessere Zerkleinerung, geringere Belästigung des Verdauungsapparates durch die feiner gekaute Nahrung und dem mindestens ebenso wichtigen Faktor: Erleichterung der Aufnahme größerer Speisemengen durch Beseitigung schmerzender Zähne.

2. Versuche über Eiweißverdauung.

Zu den Versuchen diente frisch von Gröbler bezogenes Pepsinum . . . Der Brutschrank zeigte 36—37°; es wurde die verdaute Masse stets gemessen und die Untersuchungen auf Stickstoff nach Kjeldahl in einem aliquoten abfiltrierten Teil des Filtrates vorgenommen.

a. Versuche mit hartgekochtem Hühnereiweiß.

Angewendet wurden stets 5 g hartgekochtes Hühnereiweiß = 0,795 g trockenes Eiweiß. Da uns eingehendere Erfahrungen fehlten über die geeignetsten Mengen Pepsin und Salzsäure, sowie über die zweckmäßigste Versuchszeit, so wurden zuerst eine Reihe Orientierungsversuche angestellt. Die drei Zerkleinerungsgrade waren folgende:

1. Würfel von 1 cm Seitenlänge
2. Würfel von ca. 1 mm Seitenlänge
3. in der Reibschale so fein als möglich zerriebenes Eiweiß.

Alle Versuche wurden doppelt angestellt, die Zahlen der Kontrollversuche stimmten ausnahmslos vorzüglich mit denen der Hauptversuche. Die Resultate der sieben doppelt ausgeführten Eiweißversuche sind folgende:

Tabelle I.
Versuche mit gekochtem Hühnerweiß.

Versuchsnummer	Dauer	Angewendete Verdauungsflüssigkeit			Gelöstes Eiweiß in %		
		1 ⁰⁰ / ₀₀ Normal HCl ccm	1 ⁰⁰ / ₀₀ Pepsinlösung ccm	Wasser ccm	aus groben Würfeln	aus feinen Würfeln	aus zerriebenem Eiweiß
Versuch I . . .	1/2 h	20	10	10	9	13	20
Kontrollversuch Ia	1/2 h	20	10	10	9	14	19
Versuch II . . .	3 1/2 h	20	10	10	16	38	56
Kontrollversuch IIa	3 1/2 h	20	10	10	16	38	57
Versuch III . . .	7 h	20	10	10	22	40	58
Kontrollvers. IIIa	7 h	20	10	10	21	40	58
Versuch IV . . .	14 h	20	10	10	48	73	83
Kontrollvers. IVa	14 h	20	10	10	48	73	84
Versuch V . . .	7 h	40	20	20	30	47	66
Kontrollversuch Va	7 h	40	20	20	32	49	66
Versuch VI . . .	7 h	20	20	10	29	69	74
Kontrollvers. VIa	7 h	20	20	10	29	68	73
Versuch VII . . .	7 h	40	10	20	26	45	53
Versuch VIIa . . .	7 h	40	10	20	27	43	52

Drückt man die Hauptresultate der Tabelle graphisch aus, so ergibt sich das in Fig. 1 auf S. 126 Dargestellte.

Das heißt: Die Wirkung der Zerkleinerung auf die Löslichkeit ist eine höchst auffallende, nicht nur fördert die Zerkleinerung der groben Würfel mit 1 cm Seitenlänge zu solchen von 1 mm Seitenlänge die Verdaulichkeit sehr bedeutend, nein, die Zerreibung vergrößert die Geschwindigkeit der Verdauung abermals außerordentlich. Bei jeder Versuchsdauer liegt die Menge des aus den feinen Eiweißwürfeln in Lösung gegangenen Eiweißes fast genau in der Mitte zwischen dem aus den groben Würfeln und dem aus dem fein zerriebenen Material Gelösten.

Auffallend ist, daß im Versuch II trotz nur $3\frac{1}{2}$ stündiger Versuchsdauer fast ebensoviel Eiweiß in Lösung ging wie im Versuch III bei 7stündiger Versuchsdauer; ob hieran eine Unregelmäßigkeit im Funktionieren des Brutschranks oder sonst etwas Schuld war, ist aus unseren Protokollen nicht nachträglich zu ersehen.

In einer zweiten graphischen Darstellung haben wir die Versuche von 7stündiger Dauer, aber unter Verwendung verschieden

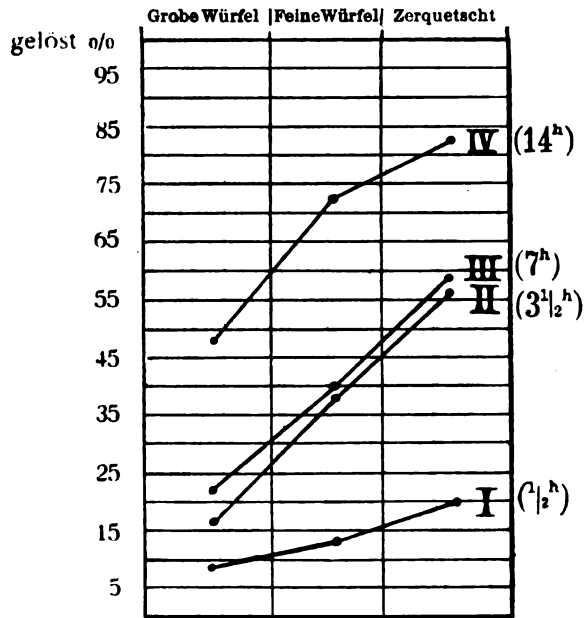


Fig. 1.

großer Mengen von Pepsin und Salzsäure zusammengestellt. Große Unterschiede traten zwischen Versuch III, V und VII nicht hervor, das auffallend bessere Resultat von VI scheint zu bedeuten, daß bei Anwesenheit genügender Salzsäuremengen der Erfolg von dem prozentischen Gehalt der Verdauungsflüssigkeit an Pepsin abhängt.

Versuch III und V mit ganz gleichartig zusammengesetzter Verdauungsflüssigkeit, aber unter Verwendung sehr verschiedener Mengen vorgenommen, zeigt die mäßige Begünstigung durch Ver-

mehrung der Verdauungsflüssigkeit. Mit Ausnahme von VI zeigen alle Kurven einen ziemlich geradlinigen Verlauf, es steht also unter den verschiedensten Versuchsbedingungen fast jedesmal die Wirkung der feinen Zerkleinerung gerade in der Mitte zwischen der Wirkung der Zerschneidung zu groben Würfeln und der Zerreibung.

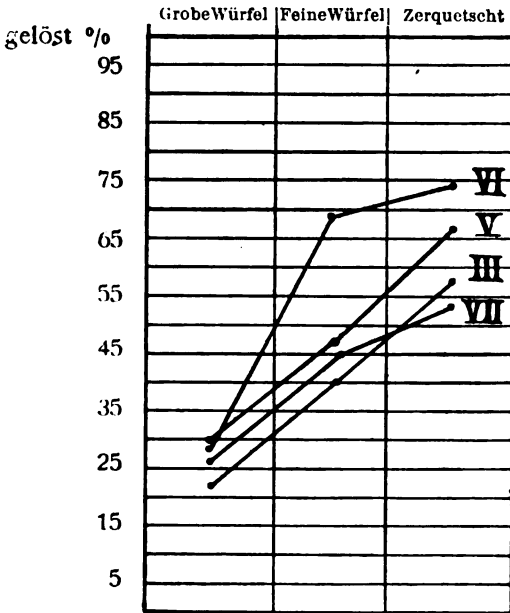


Fig. 2.

b. Versuche mit Fleisch und Käse.

Sehr leicht und genau waren die Versuche mit Käse anzustellen; derselbe liefs sich besonders exakt in Würfeln und Würfelchen schneiden, ebenso auf dem Reibeisen reiben (als »gerieben« bezeichnet), wie in der Reibschale zerreiben (als »zerrieben« bezeichnet), die Wirkung der Zerkleinerung war sehr auffallend.

Die Versuche mit Fleisch waren um so schwieriger. Es wurden stets 5 g roh abgewogen und dasselbe teils roh, teils nach 1/2-stündiger Behandlung im Koch'schen Dampftopf zu zerkleinern versucht. Sowohl die groben Würfeln wie die feinen, 1 mm Seitenlänge zeigenden Würfeln waren nur sehr ungenau herzustellen.

Die Zerreibung wollte überhaupt nur gelingen, wenn man das Fleisch vorher fein zerschnitt. Die Thatsache, daß das Zerreiben der feinen Würfelchen die Ausnutzung nur einmal schwach günstig, dreimal schwach ungünstig beeinflusste, ist offenbar auf Mängel der Methodik zu beziehen, und es erscheint richtiger, unter diesen Umständen auf die Fleischzerreibungsversuche nicht viel Wert zu legen. Die Einzelheiten ergeben sich aus Tabelle II.

Tabelle II.
Versuche mit Fleisch und Käse.

Versuchsnummer	Zeit	Angewendete Verdauungsflüssigkeit			Gelöstes Eiweifs			
		$\frac{1}{10}$ Normal HCl cbm	$\frac{1}{100}$ Pepsinlösung cbm	Wasser cbm	aus großen Würfeln %	aus feinen Würfeln %	aus geriebenem Material %	aus zerriebenem Material %
Emmenthalerkäse (5 g)								
Versuch VIII . . .	3 $\frac{1}{2}$ h	20	10	10	18	25	35	37
Kontrollvers. VIIIa	3 $\frac{1}{2}$ h	20	10	10	18	25	35	37
Rohes mageres Rindfleisch (5 g = 1,26 g trockenes Eiweifs)								
Versuch IX . . .	3 $\frac{1}{2}$ h	20	10	10	27	43	—	40,1
Kontrollvers. IX a	3 $\frac{1}{2}$ h	20	10	10	27	43	—	45,5
Gekochtes mageres Rindfleisch (roh 5 g = 1,26 g trockenes Eiweifs)								
Versuch X . . .	3 $\frac{1}{2}$ h	20	10	10	15	23	—	20
Kontrollvers. X a	3 $\frac{1}{2}$ h	20	10	10	15	23	—	22

Sehr auffallend ist, wie viel langsamer das gekochte Fleisch ceteris paribus in vitro angegriffen wird als der rohe.

c. Versuche mit Vegetabilien (Erbsen, Graubrot, Pfannkuchen).

Die Erbsen wurden 5 Stunden im Dampftopf gedämpft und waren dann sehr leicht zu zerreiben. Wir verglichen ganze Erbsen, achtel Erbsen (diese Fragmente waren erheblich größer als 1 mm) und zerriebene Erbsen. Der relativ geringe Unterschied in der Eiweißlösung ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Erbsen sehr weich gekocht waren, so daß auch die ganzen Erbsen fast von selbst zerfielen.

Über die Brotversuche ist nicht viel Besonderes zu sagen; hier erklärt sich der relativ geringe Unterschied zwischen der

Eiweißlösung aus den großen und kleinen Würfeln wohl durch die große Porosität des Brotes.

Bei Pfannkuchen hatten die größten Stücke nur 400 – 600 cmm Inhalt; die 1 mm großen Würfelchen waren nur annähernd herzustellen, und die feinste Zerkleinerung mit dem Wiegemesser war natürlich auch bei weitem keine ideale, immerhin beweisen auch diese Versuche, was sie sollen, schlagend.

Tabelle III.

Versuchsnummer	Zeit	Angewendete Verdauungsflüssigkeit			Gelöstes Eiweiß		
		$\frac{1}{10}$ Normal HCl ccm	1% Pepsinlösung ccm	Wasser ccm	aus großen Würfeln (ca. 1 ccm) %	aus feinen Würfeln (ca. 1 cmm) %	aus zerriebenem Material %
Gelbe Erbsen (5 g lufttrocken = 0,985 g Eiweiß)							
Versuch XI . . .	3½ h	20	10	10	13	16	25
Kontrollvers. XIa .	3½ h	20	10	10	13	16	25
Graubrot (8 g lufttrocken = 0,648 g Eiweiß)							
Versuch XII . . .	6 h	40	10	20	41	46	61
Kontrollvers. XIIa	6 h	40	10	20	40	46	61
Pfannkuchen (7 g frisch = 0,623 g Eiweiß)							
Versuch XIII . . .	3½ h	20	10	10	17	31	39
Kontrollvers. XIIIa	3½ h	20	10	10	18	33	41

3. Versuche über Lösung von Kohlehydraten.

Etwas komplizierter als für die Eiweißkörper gestaltete sich die Untersuchung für die Kohlehydrate, weil hier wasserlösliche Stoffe neben solchen in Frage kommen, welche erst nach Einwirkung diastatischer Fermente löslich werden. Außerdem schien es geboten, den Einfluss des Kochens der vegetabilischen Nahrung auf die Löslichkeit der Kohlehydrate mit zu studieren. Es ergaben sich also folgende Aufgaben:

I. Versuchsreihe:

- a) Die Zuckermenge zu bestimmen, die aus rohen zuckerhaltigen Nahrungsmitteln bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung in Lösung geht;
- b) Bestimmung der gelösten Zuckermenge nach Kochen der Nahrungsmittel bei im übrigen gleicher Versuchsanordnung.

II. Versuchsreihe:

- a) Die Zuckermenge zu bestimmen, welche bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung nach Einwirkung von Malzdiastase in bestimmter Zeit aus mehlhaltigen rohen Nahrungsmitteln entsteht;
- b) dieselben Versuche bei verschiedenen Graden der Zerkleinerung nach Einwirkung des Kochens.

Als Zerkleinerungsgrade wurden, soweit es anging, wieder gewählt Würfel von 1 cm, von 1 mm und fein zerriebenes Material.

a. Versuche über die Auslaugung wasserlöslicher Zuckerarten aus rohen und gekochten Vegetabilien bei verschiedener Zerkleinerung.

Zu den Versuchen dienten Äpfel und gelbe Rüben. Die verschieden stark zerkleinerten Proben blieben mit je 50 cm Wasser $\frac{1}{2}$ Stunde im Brutschrank, die Flüssigkeit wurde rasch filtriert und das Filter so lange nachgewaschen, daß 60 cm Filtrat entstand. Der Zucker der Äpfel wurde als eine Mischung von Dextrose und Lävulose angesehen, die Zuckerbestimmung deshalb durch direkte Reduktion von Fehlingscher Lösung mit dem zuckerhaltigen Auszug vorgenommen. Bei den gelben Rüben wurde ein Versuch auch in dieser Weise angestellt — die spärliche Zuckerausbeute bewies aber, daß der Zucker hier jedenfalls vorwiegend als Rohrzucker vorhanden ist. Es wurde daher in einem zweiten Versuch der Zucker nach der Zollinversionsmethode kunstgerecht invertiert, der Invertzucker zur Kupferreduktion verwendet und das reduzierte Kupfer auf Rohrzucker berechnet. Die Bestimmung des reduzierten Kupfers fand stets nach der jodometrischen Methode statt, welche sich auch hier wieder vorzüglich bewährte. Von den Rüben wurde nur die an Saft und Zucker reiche Außenzone verwendet. Die gekochten untersuchten Proben wurden roh zurechtgeschnitten oder zerrieben und dann im Dampftopf gekocht.

Tabelle IV.

Versuchsnummer	Versuchs- dauer	Wasser- menge	Gelöster Zucker in Gramm auf 100 g Nahrungsmittel		
			aus großen Würfeln ca. 1 ccm	aus kleinen Würfeln ca. 1 cmm	aus zer- riebenem Material
10 g Apfel (roh)					
Versuch XIV . .	1/2 h	50 ccm	1,7 g	5,0 g	8,1 g
10 g Apfel (nach der Präparation gekocht)					
Versuch XV . .	1/2 h	50 ccm	3,5 g	8,9 g	13,2 g
10 g gelbe Rüben (roh). Nur der direkt reducirende Zucker bestimmt					
Versuch XVI . .	1/2 h	50 ccm	Spur	Spur	1 g
10 g gelbe Rüben (nach der Präparation 45 Min. in Dampf gekocht). Nur der direkt reducirende Zucker bestimmt					
Versuch XVII . .	1/2 h	50 ccm	0,5 g	0,5 g	2 g
10 g gelbe Rüben (roh). Zucker nach der Inversion bestimmt und als Rohrzucker ausgedrückt					
Versuch XVIII . .	1/2 h	50 ccm	0,63 g	1,71 g	8,2 g
10 g gelbe Rüben (nach der Präparation 60 Min. in Dampf gekocht). Zucker nach der Inversion bestimmt und als Rohrzucker ausgedrückt					
Versuch XIX . .	1/2 h	50 ccm	1,58 g	6,1 g	9,23 g

Aus der Tabelle ergibt sich, wie erwartet, ein starker Einfluss der Zerkleinerung, und namentlich für die gröberen Partikel ein sehr erheblicher Einfluss des Kochens, bei dem fein zerriebenen Material ist, wie zu erwarten, der Einfluss des Kochens ein geringerer.

b. Versuche über die Bildung von Zucker aus rohen und gekochten stärkereichen Vegetabilien bei verschiedener Zerkleinerung.

Die Versuche sind mit jungen italienischen Kartoffeln und mit Maccaroni angestellt. Als Ferment wurde eine einprozentige Diastaselösung verwendet, hergestellt aus frisch von Grüber be-

zogener Diastase. Die Diastaselösung ließen wir 1 Stunde im Brutschrank bei 37° einwirken und unterbrachen dann die weitere Diastasewirkung durch Zusatz von 3 ccm starker Salzsäure; jetzt wurde filtriert und durch Nachwaschen das Filtrat auf 100 gebracht. Von diesen 100 ccm wurden je nach dem zu erwartenden Zuckergehalt kleinere oder gröfsere Proben kunstgerecht mit Fehlingscher Lösung 4 Minuten lang gekocht unter der Annahme, dafs Maltose gebildet sei. Diese Annahme ist natürlich nur annähernd richtig, es schadet dies jedoch nichts, denn wir brauchen ja nur relative Werte.

Tabelle V.

Versuchsnummer	Ver- suchs- dauer	1 % Diastase- lösung ccm	Gelöster Zucker (Maltose) in Gramm, auf 100 g Nahrungsmittel berechnet		
			aus großen Würfeln ca. 1 ccm	aus kleinen Würfeln ca. 1 cmm	aus zer- riebnem Material
10 g Kartoffeln (roh)					
Versuch XX	1 h	50	0 g	0,9 g	1,7 g
Kontrollversuch XXa .	1 h	50	0 g	0,4 g(?)	1,7 0
10 g Kartoffeln (nach der Präparation im Dampftopf gekocht)					
Versuch XXI	1 h	50	0,6 g	5,9 g	10,1 g
Kontrollversuch XXIa .	1 h	50	0,4 g	5,3 g	10,1 g
5 g Maccaroni (lufttrocken, roh)					
Versuch XXII	1 h	50	0,6 g	0,9 g	2,4 g
Kontrollversuch XXIIa	1 h	50	0,6 g	0,9 g	2,4 g
5 g Maccaroni (lufttrocken präpariert, dann in Dampf gekocht)					
Versuch XXIII	1 h	50	1,5 g	5,3 g	17 g
Kontrollversuch XXIIIa	1 h	50	1,5 g	5,9 g	15 g

Diese Zahlen zeigen wieder den enormen Einfluss der Zubereitung und Zerkleinerung auf die Raschheit der Verdauung der Speisen. Die Verzuckerung der gekochten Speisen ist etwa fünfmal rascher als die der rohen, die Verzuckerung der fein zerriebenen 5, 10, ja 20mal gröfser als der grob zerkleinerten Speisen. Durch Kochen und feines Zerkleinern kann die Zuckerbildung auf das 30—100fache gesteigert werden.

Schluss.

Die Arbeit hat in schlagender Weise die Bedeutung der Zerkleinerung für die Lösung und Verdauung von Eiweißkörpern und Kohlehydraten aus unserer Nahrung dargethan. Besonders wichtig erscheint, daß meist zwischen der mittelfeinen (ca. 1 mm) Zerkleinerung und der feinsten Zerreibung noch ein erheblicher Unterschied besteht. In der Mehrzahl der Versuche stellen die Werte der Lösungszahlen von Eiweißkörpern oder Kohlehydraten bei der Zerkleinerung zu ca. 1 mm großen Stückchen ungefähr das Mittel dar zwischen denen, die bei grober Zerkleinerung und feinsten Zerreibung erhalten werden. Es ist also nicht überflüssig oder gleichgültig, daß unsere Zähne, wie Gaudenz gezeigt hat, einen sehr erheblichen Teil der Nahrung außerordentlich fein zerkleinern, und daß gröbere Teile beim Schlucken im Munde zurückbehalten, gewissermaßen abfiltriert werden. Die Bedeutung eines guten Gebisses und einer richtigen Benutzung desselben ist augenfällig und bisher eher unterschätzt als überschätzt. Die Bedeutung des Kochens tritt bei den Vegetabilien sehr stark hervor, weil hier durch Quellen der Stärke zu Kleister einmal die Zellwände gesprengt werden, und weil zweitens die verkleisterte Stärke von den Verdauungssäften viel energischer angegriffen wird als die rohe. Sehr einleuchtend erscheint umgekehrt nach diesen Ergebnissen, daß derbe Kost, die beim Kauen nicht sehr fein zerlegt wird, z. B. grobes Schrotbrot, längere Zeit hindurch im Magen verweilt, da sie langsamer gelöst wird. Eine solche Kost läßt längere Zeit das Gefühl der Sättigung andauern und wird deshalb vielfach in ihrem Nährwert überschätzt.

Über die Wirkung des Einlegens von Fleisch in verschiedene Salze.

Von

Dr. phil. **Kuschel**,

früher Assistent am hygienischen Institut der Universität Berlin.

Eine der ältesten Konservierungsmethoden des Fleisches besteht in dem Einlegen des letzteren in Kochsalzlaken oder in dem Überstreuen mit gepulvertem Kochsalz unter Beigabe von etwas Salpeter.

Das Eindringen dieser Salze in Fleisch ist vor Jahren im hiesigen Institut von Nothwang einer näheren systematischen Untersuchung unterzogen worden. Bei der Untersuchung verschiedener Handelswaren, von Schinken, Corned Beef, Kasseler Rippespeer, hat sich herausgestellt, daß der Kochsalzgehalt der frischen Ware sich zumeist zwischen 1,8—5,9% NaCl bewegt und nur in einem einzigen Falle wurden 8,8% an Salz gefunden.

Äußerst gering war im Verhältnis hierzu der Salpetergehalt, von Spuren bis 0,33%, welche letztere Zahl nur in einem Falle beobachtet wurde.

Aus den systematischen Versuchen über Pökeln, welche namentlich beim einfachen Bestreuen mit Salz sehr hohe Kochsalzwerte schon nach 8tägiger Berührung mit Salz ergaben, zeigte sich, daß im allgemeinen verdünnte Laken in Benutzung genommen werden mußten. Bei dem Salpeter zeigte sich bei verdünnten Laken die Eigentümlichkeit, daß der Salpetergehalt kaum weitere Zunahme mit der Zeit aufwies, sondern bei noch steigendem Kochsalzgehalt sogar zurückging, wodurch sich der

wechselnde Befund an Salpeter in der Handelsware ebensowohl wie aus den ungleichen Zusammensetzungen der Laken erklären dürfte. Die Ergebnisse bewiesen, daß man die Aufnahme an Salpeter mit Schinken und Pökelfleisch sehr überschätzt hat.

In neuerer Zeit sind mehrfach auch andere Salze dem Fleisch, wie man sagt zu Konservierungszwecken, zugesetzt worden. Es hatte daher ein Interesse, zu erfahren, wie sich in vergleichenden Versuchen das Eindringen verschiedener Salze mit Bezug auf das Fleisch verhält. Es war zu erwarten, daß die Salze eine sehr ungleiche Einwanderungsgeschwindigkeit zeigen würden, und der Endeffekt je nach der Natur der Salze ein ungleicher werden würde.

In Vorversuchen, welche von Herrn Geh. Rat Rubner angestellt worden waren, hatte sich eine große Verschiedenheit im Austrocknungsvermögen der Salze für Fleisch ergeben. Die Stufenleiter der Salzwirkung war so, daß bei mittlerer Temperatur des Laboratoriums Borax und Salpeter am wenigsten, etwas mehr Borsäure, am stärksten aber schwefligsaures Natron und Kochsalz wasserentziehend wirkten.

In allen Fällen, aufser bei Kochsalz, war Ammoniakentwicklung aufgetreten, die sich im geschlossenen Gefäße auf eingehängtem Curcumapapier geltend gemacht hatte.

Auch die Beschaffenheit der Fleischsorten in Bezug auf ihr Aussehen war verschieden.

Das Borsäurefleisch hatte einen etwas muffigen Geruch, war sehr weich, bräunlich und auf der Schnittfläche hellbraunrot.

Bei dem Boraxfleisch war gleichfalls die Aufsenseite bräunlich, die Schnittfläche etwas mehr hellrot als im vorigen Fall und ein Geruch nicht wahrnehmbar.

Beim Salpeterfleisch war der Geruch nach Ammoniak direkt wahrnehmbar, die äußere Seite braun, die Schnittfläche rot.

Das Kochsalzfleisch war außen graubraun, innen braunrot.

Das schwefligsaure Natron machte das Fleisch hellrot in allen Teilen; das Fleisch roch dabei auffallend nach Äpfeln.

Bei der Borsäure war wenig Saft in die pulverige Substanz übergetreten. Der Borax war in der Nähe des Fleisches etwas

rötlich, aber es war gleichfalls kein Zerfließen desselben eingetreten.

Beim Salpeterversuch war das Salz zum Teil zerflossen.

Das schwefligsaure Salz war stark mit einer bräunlichroten Flüssigkeit durchsetzt und außerdem zu einem großen Teil verflüssigt.

Bei dem Kochsalzversuch lag das Fleisch in einer braunen Lake; es ließen sich von 150 g Fleisch ca. 24 ccm derselben abgießen.

Die Veränderungen des Fleisches in den Salzen sind demnach, wie schon diese Vorversuche des Herrn Geh. Rats Rubner lehrten, sehr ungleich, und es war daher von Interesse, diese Frage einer weiteren systematischen Untersuchung zu unterziehen.

Man konnte hinsichtlich eines Vergleiches über das Eindringen der Salze einmal von Laken bestimmter Konzentration ausgehen; doch waren es Gründe mehr praktischer Natur, welche es besser erscheinen ließen, die Veränderungen des Fleisches zu studieren, wenn dasselbe in die gepulverten Salze direkt eingelegt wird. In der That wird ja eine solche Salzlagerung zum Teil praktisch geübt; dann aber ist bei dem Einlegen in Salz die kräftigste Wirkung in kürzester Zeit zu erwarten, was die Ausführbarkeit der Versuche erleichtert.

Bezüglich der Wahl der Zeit, während welcher die Salze einwirken sollten, gaben die Versuche von Nothwang auch die nötige Grundlage. Es ist durch dieselben gezeigt worden, daß der Einfluß der Salze in der ersten Woche der größte ist, und später die im Fleisch abgelagerten Salz mengen sich nur langsam ändern.

Die Versuchsanordnung war in allen Fällen folgende:

Es wurden ca. 150 g schwere, vorher gewogene, möglichst kubisch geschnittene Fleischstücke eines des Abends vorher geschlachteten Tieres (Rind) in cylindrischen, mit Kork verschlossenen Glasgefäßen in die betreffende Substanz vollkommen eingebettet und 8 Tage lang in dieser Weise aufbewahrt; und zwar Versuchsreihe 1 und 2 bei Zimmertemperatur (18—20°), 3 und 4

bei Eisschrank- (ca. $+ 4^{\circ}$) und 5 und 6 bei Brutschranktemperatur (37°). Nach Verlauf dieser 8 Tage wurden die Fleischstücke herausgenommen, durch Abspritzen mit der Spritzflasche von den außen anhaftenden Salz- resp. Borsäureteilen befreit, zwischen Filtrierpapier gut getrocknet und wieder gewogen. Der Gewichtsverlust des Fleisches ist, wie aus anderen Versuchen bei der Pökellung u. s. w. bekannt ist, und wie der unmittelbare Anblick der bei den verschiedenen Salzen entstehenden Laken lehrt, nicht nur Wasserverlust, sondern auch Verlust an Eiweiß und Extraktivstoffen. Ich habe aber darauf verzichtet, auf die nähere Untersuchung der in das anliegende Salz ausgetretenen Substanzen einzugehen.

Die Angaben über den Gewichtsverlust beziehen sich auf das ganze zur Anwendung gekommene Fleischstück; ganz offenkundig bestehen aber Unterschiede zwischen Kern- und Rindensubstanz; die Veränderungen der Rindensubstanz sind so groß, daß das Fleisch ein völlig fremdes Aussehen gewinnt und für den Kochgebrauch meist nicht in Anwendung gezogen werden dürfte. Das Interesse konzentriert sich demnach auf den Kern der Fleischstücke. Es wurden daher zur Feststellung der aufgenommenen Salzmenge alle äußeren Fleischteile entfernt und nur ein ca. 15 g schweres Mittelstück zur Untersuchung verwendet.

I. Versuche mit Borsäure. $B(OH)_3$.

Das Fleisch zeigte nach der Entnahme aus der Borsäure und Abspülen mit Wasser im allgemeinen folgendes Aussehen:

Äußeres hellgrau, trocken; auf dem Durchschnitt war zunächst eine ca. 5 mm breite, der äußeren Rinde entsprechende, schwach schillernde Zone zu erkennen, tiefer innen war das Fleisch hellblafsrot, feucht. Es machte im ganzen den Eindruck eines längere Zeit aufbewahrten, gewöhnlichen rohen Fleisches.

Die bei Brutschranktemperatur aufbewahrten Stücke zeigten insofern einen Unterschied von den vorigen, als sie außen grau aussahen, etwa wie ausgekochtes Fleisch; das Innere war rosafarben. Geruch nicht wahrnehmbar. Das mit dem Fleisch in direkter Berührung gestandene Borsäurepulver war durch

ausgetretene Fleischflüssigkeit etwas grau verfärbt. Die Reaktion des Fleisches war schwach sauer.

Die Borsäure wurde nach dem Jörgensenschen Verfahren bestimmt und die von Beythien und Hempel¹⁾ gemachten Erfahrungen verwertet. Hierbei will ich bemerken, daß auch ich bei zwei von mir angestellten Kontrollversuchen recht brauchbare Resultate gefunden habe.

Es wurde also, um das Verfahren kurz zu erläutern, das zerleinerte Mittelstück mit heißem Wasser völlig extrahiert, abfiltriert, das Filter nachgewaschen und das Volumen auf 1 l. aufgefüllt. 200 ccm dieses Filtrats wurden mit Natronlauge stark alkalisch gemacht, eingedampft und schließlichs im Porzellantiegel geglüht, bis die durch das Auswaschen des Fleisches in das Filtrat mit übergegangenen Extraktivstoffe verascht waren. Die Asche wurde mit Schwefelsäure aufgenommen und die Lösung mit $\frac{1}{10}$ N. NaOH genau neutralisiert. Nach Zusatz von 25 ccm Glycerin wurde mit $\frac{1}{10}$ N. NaOH die Borsäure titriert (0,1 Borsäure = 15,9 $\frac{1}{10}$ N. NaOH).

Das Ergebnis der Analysen wird am besten durch folgende Tabelle veranschaulicht:

Tabelle I.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a.			b.			c.)			d.		
		Gewichtsverlust des Fleisches in B(OH) ₃ nach 8 Tagen in Prozent bei			Gefundene Menge B(OH) ₃ in Prozent bei			Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch			Gefundene Menge B(OH) ₃ berechnet auf 100 g frisches Fleisch in Proz. bei		
		Eissschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrank-Temperat. 37°	Eissschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrank-Temperat. 37°	Eissschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrank-Temperat. 37°	Eissschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. ca. 18°	Brutschrank-Temperat. 37°
1	23,32	—	3,91	—	—	3,57	—	—	7,48	—	—	3,43	—
2	22,87	—	5,56	—	—	4,14	—	—	9,78	—	—	3,91	—
3	23,38	2,24	—	16,84	2,68	—	4,98	4,92	—	21,82	2,62	—	4,14
4	24,4	3,72	—	18,66	3,32	—	5,3	7,04	—	23,96	3,19	—	4,31

Zu dieser Tabelle sei, ebenso wie zu den später folgenden, an dieser Stelle ein für allemal bemerkt,

1) Zeitschr. f. Unters. d. Nahr.- u. Genussmittel, 1899, 48.

2) Unter »Wasserverlust« ist stets der Verlust an Eiweiß- und Extraktivstoffen inbegriffen.

dafs die Rubriken a und b durch die Analyse, die Rubriken c und d rechnerisch aus den Rubriken a und b gefunden wurden. Der Gewichtsverlust (Rubrik a) ist entstanden durch Wasseraustritt und einen geringeren Säure- resp. Salzeintritt. Ist die aufgenommene Salz- resp. Säuremenge bekannt, so ergibt sich durch Addition dieser (Rubrik b) mit dem Gewichtsverlust (Rubrik a) der Wasserverlust. Rubrik d ergibt sich durch Umrechnung der Zahlen der Rubrik a.

Der Grad der Austrocknung durch Borsäure ist demnach bei niedriger Temperatur unbedeutend; erst bei Brutschrank-Temperatur wird er wesentlich höher und beträgt ungefähr $\frac{1}{4}$ des Gesamtgewichtes des Fleisches. Die Borsäureaufnahme ist im Vergleich zu der geringen Löslichkeit der Borsäure eine erhebliche (100 g Wasser von 5° lösen 2,4 g Borsäure, von 20° 3,99 g). Berücksichtigt man, dafs das Fleisch im Durchschnitt 76% Wasser enthielt, so kann man für die Einwanderung der Borsäure in das Fleisch den Wassergehalt des Fleisches allein nicht für genügend erachten, um die gefundenen Mengen Borsäure in gelöster Form aufzunehmen.

Die auf diese Weise in Borsäure aufbewahrten Fleischstücke sahen, abgesehen von ihrer äufseren etwas grauen Verfärbung, auch nach 2—3tägiger Lagerung an der Luft bei 18° noch nicht ungeniefsbar aus, ebensowenig fiel ihr Geruch unangenehm auf; nur die Oberfläche trocknete etwas stärker ein und wurde runzelig. Später jedoch wurden unangenehmer Geruch und Schimmelpilze wahrnehmbar.

Wenn ein derartiges, ganz und gar mit Borsäure durchsetztes Fleisch sich auf längere Dauer nicht zu halten vermag, so erscheint demnach auch eine Oberflächendesinfektion durch Einreiben von grofsen Fleischstücken mit Borsäure, wie sie Lange als »vielleicht« verwendbar in Betracht zieht, auch nicht in Betracht zu ziehen.

Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, dafs eine Fleischkonservierung mit Borsäure, wie sie hier im kleinen stattgefunden hat, im grofsen zur Anwendung gelangt bei dem aus Amerika nach Deutschland zu importierenden Fleisch. Dasselbe kommt von

da aus in großen Fässern zum Versand, in denen es stückweise übereinander gelagert und stark mit Borsäure überschichtet ist. In solchem amerikanischen Fleisch ist auch thatsächlich schon Borsäure bis über 4% gefunden worden. Dafs der Genufs von Borsäure unter Umständen gesundheitsschädlich ist, hat Rubner festgestellt und ist sie schon aus diesem Grunde als Konservierungsmittel ungeeignet, ganz abgesehen davon, dafs ihre Wirkung als Desinfiziens nur unvollkommen ist.

II. Versuche mit Borax. ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10\text{H}_2\text{O}$).

Das in Borax bei Eisschrank- und Zimmertemperatur aufbewahrte Fleisch zeigte von dem im Brutschrank aufbewahrten ein gänzlich abweichendes Aussehen.

In den beiden ersteren Fällen war das Äufere blafsgrau, nicht unappetitlich; auf dem Durchschnitt war eine ca. 5 mm breite, dem Äufseren gleich gefärbte Zone zu erkennen. Innen war die Farbe dunkelrot. Konsistenz normal, Geruch eigenartig, aber nicht unangenehm. Der Borax in der Nähe des Fleisches war durch den Fleischsaft schwach rötlich gefärbt.

Die der Brutschrank-Temperatur ausgesetzten Fleischproben dagegen sahen absolut ungeniefsbar aus. Das Äufere war trocken, ziemlich fest und ganz stark grün verfärbt. Der Durchschnitt zeigte diese grüne Zone bis in eine Tiefe von 7—8 mm und dort haarscharf abgegrenzt gegen das dunkelrote, etwas schillernde Innere. Der Geruch war stark laugenhaft und der Borax an der dem Fleischstück zunächst liegenden Schicht durch die ausgetretene Fleischlake ebenfalls grün verfärbt. Reaktion des Fleisches und der Lake in allen Fällen stark alkalisch.

Die Analysen, bei welchen die Borsäure wiederum nach Jörgensen bestimmt wurden, ergab die in die Tabelle eingezeichneten Resultate. Borax ist krystallwasserfrei berechnet.

(Siehe Tabelle II auf S. 141.)

Die in () gesetzten Zahlen, welche der gefundenen Menge $\text{B}(\text{OH})_3$ entsprechen, wurden auf $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ umgerechnet. Der Borax wird demnach in ähnlichen Gewichtsmengen, wie die Bor-

säure, vom Fleisch aufgenommen, ebenso ist der Gewichtsverlust erst bei Brutschranktemperatur erheblicher. Auffallend ist die Erscheinung, daß die Austrocknung bei Zimmertemperatur geringer war als bei Eisschranktemperatur. Dieselbe Beobachtung wurde, wie später zu ersehen ist, auch bei den Kochsalzversuchen gemacht.

Tabelle II.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a. Gewichtsverlust des Fleisches in $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10\text{H}_2\text{O}$ nach 8 Tagen in Proz. bei			b. Gefundene Menge $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ in Prozent ¹⁾ bei			c. Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch			d. Gefund. Menge $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ berechn. auf 100 g frisches Fleisch in Prozent ¹⁾ bei		
		Eisschrank-Temperat. + 4°	Zimmer-Temperat. 18°	Brutschrank-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. + 4°	Zimmer-Temperat. 18°	Brutschrank-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. + 4°	Zimmer-Temperat. 18°	Brutschrank-Temperat. 37°	Eisschrank-Temperat. ca. + 4°	Zimmer-Temperat. 18°	Brutschrank-Temperat. 37°
1	23,32	—	4,24	—	—	?	—	—	?	—	—	?	—
2	22,87	—	3,58	—	—	1,75 (2,16)	—	—	5,33	—	—	1,69	—
3	23,38	8,86	—	15,73	1,66 (2,03)	—	3,36 (4,12)	10,52	—	19,09	1,51	—	2,75
4	24,4	10,08	—	15,06	1,69 (2,14)	—	3,71 (4,55)	11,77	—	18,77	1,51	—	3,45

Infolge eines Mißgeschickes konnte in der ersten Versuchsreihe nicht die Borsäure bestimmt werden; es fehlen daher auch die Zahlen der Rubrik c und d. Der H_2O -Verlust bei Zimmertemperatur würde aber vermutlich ebenfalls niedriger als bei Eisschranktemperatur ausgefallen sein, denn der Gewichtsverlust durch Lagerung des Fleisches in Borax betrug in diesem Falle nur 4,24%.

Abgesehen von dem stark grün verfärbten Fleisch, welches man ohne weiteres vom Genuß ausschließen würde, zeigten die andern bei niedrigerer Temperatur aufbewahrten Proben zunächst kein ungenießbares Aussehen. Nach mehrere Tage langem Liegen an der Luft bei ca. 18—20° jedoch machten sich Zersetzungsvorgänge durch unangenehmen Geruch bemerkbar.

Es leistet demnach Borax als Konservierungsmittel bei dieser Versuchsanordnung wohl mehr als bei der Langeschen mit Hackfleisch, doch dürfte, abgesehen von dem gleichfalls nicht

1) Die in Klammern gesetzten Zahlen entsprechen $\text{B}(\text{OH})_3$.

unwesentlichen Borsäuregehalt, die Verwendung eines derartigen Fleisches sehr zweifelhaft erscheinen des laugenhaften, sehr unangenehmen Boraxgeschmackes wegen.

III. Versuche mit schwefligsaurem Natron. ($\text{Na}_2\text{SO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$).

Die Fleischproben aus dem Eisschrank sahen, ebenso wie die bei Zimmertemperatur aufbewahrten, natürlichem Fleische nicht unähnlich. Die Konsistenz der ersteren war elastisch weich, der letzteren etwas härter, doch bei weitem nicht fest zu nennen. Die Farbe war etwas dunkler als die frischen Fleisches.

Dagegen waren die dem Brutschrank entnommenen Proben knorpelhart, von braunroter Farbe mit weissen Zügen zwischen den Muskelbündeln.

Beim Durchschneiden sah man auf der feuchten Schnittfläche sofort das schwefligsaure Natron auskrystallisieren.

Geruch war in keinem der Fälle wahrnehmbar. Die ausgetretene Lauge sowohl wie das Fleisch reagierte stark alkalisch.

Die Versuchsanordnung zur Bestimmung des schwefligsauren Natrons war hier eine etwas andere als vorher. Es wurden die der Mitte entnommenen, genau gewogenen, durchschnittlich 2 bis 2,5 g schweren Fleischstücke nicht erst mit Wasser extrahiert, sondern in Substanz zur Untersuchung verwendet. Dasselbe erschien aus diesem Grunde schon praktisch, weil dadurch eine teilweise Oxydation des Na_2SO_3 zu Na_2SO_4 , wie sie in wässriger Lösung leicht eintritt, vermieden wird.

Das schwefligsaure Salz wurde dadurch bestimmt, dafs die SO_2 , durch Phosphorsäure freigemacht, im CO_2 -Strom in Jod-Jodkalilösung überdestilliert und dort als BaSO_4 gefällt wurde. Das Baryumsulfat wurde auf schwefligsaures Natron umgerechnet. Die Resultate waren folgende. Schwefligsaures Natron ist krystallwasserfrei berechnet.

(Siehe Tabelle III auf S. 143.)

Demnach trocknet das schwefligsaure Natron das Fleisch in sehr hohem Grade aus, so dafs es schliesslich nur noch ca. 50 bis 35 bis 17% seiner Gesamtwassermenge behält. Steigend mit

der Austrocknung ist die Aufnahme an schwefligsaurem Salz; sie steigt von 8,54—21,81% an.

Tabelle III.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a. Gewichtsverlust des Fleisches in $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 10\text{H}_2\text{O}$ nach 8 Tagen in Proz. bei			b. Gefundene Menge Na_2SO_3 in Prozent bei			c. Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch			d. Gefund. Menge $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 7\text{H}_2\text{O}$ berechn. auf 100 g frisches Fleisch in Prozent bei		
		Eisschrank-Temperatur. ca. 4°	Zimmer-Temperatur. ca. 18°	Brutschrank-Temperatur. 37°	Eisschrank-Temperatur. ca. 4°	Zimmer-Temperatur. ca. 18°	Brutschrank-Temperatur. 37°	Eisschrank-Temperatur. ca. 4°	Zimmer-Temperatur. ca. 18°	Brutschrank-Temperatur. 37°	Eisschrank-Temperatur. ca. 4°	Zimmer-Temperatur. ca. 18°	Brutschrank-Temperatur. 37°
1	23,64	—	29,41	—	—	8,7	—	—	38,11	—	—	6,14	—
2	24,1	—	29,8	—	—	9,16	—	—	38,96	—	—	6,14	—
3	23,28	25,49	—	31,07	5,8	—	15,82	31,29	—	46,89	4,32	—	10,9
4	24,4	26,81	—	30,00	5,84	—	16,7	32,65	—	46,7	4,27	—	10,1

Kleinere Stücke dieses Fleisches, die längere Zeit an der Luft lagen, trockneten völlig aus, ohne Fäulniserscheinungen zu zeigen und wurden schliesslich so fest, dass sie brüchig wurden. Das Salz krystallisierte an allen Teilen aus.

Ob in diesen Fällen das schweflige saure Natron allein oder im Zusammenhang mit der starken Austrocknung die desinfizierende Wirkung ausübte, lässt sich durch diese Versuche nicht entscheiden.

Noch verdient bei diesen Versuchen hervorgehoben zu werden, dass im Innern eines derartigen Fleisches nach 8tägiger Lagerung an der Luft eine geringe Oxydation der SO_2 zu SO_3 stattgefunden haben musste, denn es wurden in den beiden Fällen, die zur Untersuchung herangezogen wurden, nur 95,3 resp. 96,0% SO_2 wiedergefunden.

IV. Versuche mit Salpeter. (KNO_3).

Ein wesentlicher Unterschied im Aussehen der bei Eisschrank- und Zimmertemperatur aufbewahrten Fleischstücke zeigte sich nicht. Die Konsistenz war in beiden Fällen elastisch weich, das Äußere etwas klebrig, von dunkelgrauer Farbe bis zu ca. 1,0 cm Tiefe; weiter innen ging die Farbe in dunkelrot über.

Die bei 37° gelagerten Fleischproben wichen von den vorher erwähnten namentlich in Bezug auf Konsistenz und äußere

Farbe ab. Diese war braun, zum Teil grauschwarz, erstere hart. Auf dem Durchschnitt fiel eine weißse, netzförmige Zeichnung auf, die den Bindegewebszügen entsprach. Der Geruch war eigenartig, aber nicht unangenehm. Die Reaktion alkalisch. Der Salpeter war zum Teil zerflossen.

Die der Mitte entnommenen, ca. 10—15 g schweren Fleischstücke wurden mit Wasser extrahiert, das Volumen gemessen und von einem aliquoten Teil desselben die Salpetersäure nach Kubel-Tiemann bestimmt.

Die Resultate waren folgende:

Tabelle IV.

Versuchsreihe	Trockenrückstand des frischen Fleisches in Prozent	a. Gewichtsverlust resp. Gewichtszunahme ¹⁾ d. Fleisches in KNO ₃ nach 8 Tagen in Proz. bei				b. Gefundene Menge Salpeter in Prozent bei				c. Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch				d. Gefundene Menge KNO ₃ berechnet auf 100 g frisches Fleisch in Proz. bei			
		Eisschrank-Temperatur. ca. + 4°	Zimmer-Temperatur. ca. 18°	Brutschrank-Temperatur. 37°		Eisschrank-Temperatur. ca. + 4°	Zimmer-Temperatur. ca. 18°	Brutschrank-Temperatur. 37°		Eisschrank-Temperatur. ca. + 4°	Zimmer-Temperatur. ca. 18°	Brutschrank-Temperatur. 37°		Eisschrank-Temperatur. ca. + 4°	Zimmer-Temperatur. ca. 18°	Brutschrank-Temperatur. 37°	
1	23,32	—	+9,14	—	—	12,35	—	—	—	3,21	—	—	—	13,47	—	—	
2	22,87	—	+3,61	—	—	15,55	—	—	—	11,94	—	—	—	16,11	—	—	
3	23,38	2,08	—	24,08	9,00	—	22,6	11,08	—	46,68	8,81	—	17,15	—	—	—	
4	24,2	+7,37	—	17,09	7,70	—	20,3	0,33	—	37,39	8,26	—	16,89	—	—	—	

Die Austrocknung des Fleisches durch Salpeter war demnach bei Eisschrank- und Zimmertemperatur so gering, daß infolge der Salpeteraufnahme sogar eine Gewichtszunahme des Fleisches zu konstatieren war. Erst bei Brutschranktemperatur verlor das Fleisch über die Hälfte seines Wassergehaltes. Der Salpetergehalt (Rubrik b) ist unter den drei verschiedenen Versuchsbedingungen ein sehr verschiedener; er steigt im Durchschnitt von 8 über 13—21%.

Der Grund hierfür liegt in der wechselnden Wasserabgabe des Fleisches; denn schaltet man diese aus (Rubrik d), so sind die Unterschiede in der Salpeteraufnahme bei Zimmer- und Brutschranktemperatur keine sehr wesentlichen. Sie schwanken nur zwischen 13,5—17,0%.

1) Die Fälle, in denen eine Gewichtszunahme stattgefunden hat, haben ein + vor der Zahl.

Dieses salpeterhaltige Fleisch zeigte nach mehrtägigem Liegen an der Luft ebenfalls durch den Geruch wahrnehmbare Fäulniserscheinungen, mit Ausnahme der bei Brutschranktemperatur aufbewahrten Proben, welche ca. 60—70% ihres Wassergehaltes abgegeben hatten. Aus dieser Erscheinung ist der Schlufs berechtigt, dafs es wohl vor allem die Austrocknung war, welche das Bakterienwachstum zurückhielt.

V. Versuche mit Kochsalz. (NaCl).

Die Fleischstücke waren nach der Entnahme aus dem Kochsalz im allgemeinen dunkelgrau, stark graugelb, von harter, kaum eindrückbarer Konsistenz. Das Innere des Fleisches war dunkelbraunrot und die Reaktion schwach sauer. Aus dem Fleisch war eine reichliche Menge braunroter Flüssigkeit ausgetreten, die einen Teil des Kochsalzes vollkommen aufgelöst hatte.

Zur Bestimmung des Kochsalzes wurde ein der Mitte entnommenes Stück mit kaltem Wasser extrahiert, das Volumen gemessen und ein aliquoter Teil des Filtrates zur Filtration mit Silbernitratlösung verwendet.

Die gefundenen Zahlen waren folgende:

Tabelle V.

Versuchsreihe	a. Gewichtsverlust des Fleisches in NaCl nach 8 Tagen in Prozent bei				b. Gefundene Menge Kochsalz in Prozent bei				c. Wasserverlust von 100 g frischem Fleisch,				d. Gefundene Menge NaCl berechnet auf 100 g frisches Fleisch in Proz. bei					
	Eisschrank-Temperatur ca. + 4°		Zimmer-Temperatur ca. 18°		Brutschrank-Temperatur 37°		Eisschrank-Temperatur ca. + 4°		Zimmer-Temperatur ca. 18°		Brutschrank-Temperatur 37°		Eisschrank-Temperatur ca. + 4°		Zimmer-Temperatur ca. 18°		Brutschrank-Temperatur 37°	
1	23,32	—	23,68	—	—	16,66	—	—	40,34	—	—	—	12,71	—	—	—	—	—
2	22,87	—	30,09	—	—	15,08	—	—	45,17	—	—	—	10,54	—	—	—	—	—
3	23,38	38,83	—	37,28	15,38	—	15,52	54,21	—	52,80	9,40	—	9,73	—	—	—	—	—
4	24,4	36,86	—	45,85	16,00	—	15,68	52,68	—	61,53	10,1	—	9,25	—	—	—	—	—

Es sind demnach in Bezug auf Kochsalzaufnahme unter den verschiedenen Versuchsbedingungen nur geringe Unterschiede. Eine Erklärung hierfür bietet jedenfalls die Eigentümlichkeit des Kochsalzes, dafs seine Löslichkeit bei den verschiedensten Temperaturen annähernd gleich bleibt. Die Austrocknung war, wie

bereits an anderer Stelle erwähnt, auffallenderweise bei Zimmertemperatur am geringsten.

Dieses mit Kochsalz stark durchsetzte und stark ausgetrocknete Fleisch hielt sich an der Luft, ohne dafs Fäulnis eintrat. Es trocknete im Laufe der Zeit immer mehr aus, so dafs man kleinere Stücke schliesslich zwischen den Fingern brechen konnte. Es läfst sich annehmen, dafs der Austrocknung auch in diesen Fällen die desinfizierende Kraft des Kochsalzes zuzuschreiben ist.

Zur Entscheidung der Frage, ob eine Konservierung durch Einlegen des Fleisches in die erwähnten Salze in der Praxis Verwendung finden kann, sind zwei Gesichtspunkte ins Auge zu fassen: die Gewichtsverminderung resp. der »Wasserverlust« des Fleisches und der Einfluß der eingewanderten Salzmenge auf den Organismus. Es wird stets der Wunsch des Fabrikanten sein, ein Konservesalz zu besitzen, welches die äusseren Eigenschaften des Fleisches möglichst wenig verändert. Demnach erscheinen die Salze, welche das Fleisch stark austrocknen, ungeeignet, da sie nicht nur die Konsistenz, Farbe und Aussehen des Fleisches unnatürlich machen, sondern auch den Nährwert herabsetzen. Wie schon erwähnt, tritt die Gewichtsverminderung nicht allein durch Wasserverlust ein, sondern auch Eiweiß- und Extraktivstoffe werden gleichzeitig dem Fleische entzogen. Eine Zusammenstellung der Resultate nach dieser Richtung hin aus den fünf vorher angeführten Tabellen ist in folgender Übersicht vorhanden.

Tabelle VI.

Mittlerer Gewichts- und Wasserverlust in abgerundeten Zahlen in Prozent.

Temperatur ca.	Borsäure		Borax		Schweflig- saures Natron		Salpeter		Kochsalz	
	Gewichts- verlust	Wasser- verlust	Gewichts- verlust	Wasser- verlust	Gewichts- verlust	Wasser- verlust	Gew.- verlust resp. Zu- nahme	Wasser- verlust	Gewichts- verlust	Wasser- verlust
+ 4°	3	6	9	11	26	32	+ 5	6	38	*54
+ 18°	5	7	4	5	30	39	+ 6	7	27	*43
+ 37°	18	23	15	19	31	*47	20	42	42	*58

Der Gewichts- resp. Wasserverlust ist demnach beim Einlegen des Fleisches in diese Chemikalien außerordentlich verschieden. Borsäure, Borax und Salpeter erscheinen ihres geringen Austrocknungsvermögens wegen nicht ungeeignet, um zum Teil von ihrer, wenn auch nur geringen desinfizierenden Wirkung Gebrauch zu machen. Beim Einlegen des Fleisches in dieselben wandern sie jedoch in einer so erheblichen Menge ein, daß hygienische Bedenken gegen die Genußfähigkeit des Fleisches vorliegen. Aus demselben Grunde und der außerdem stark wasserentziehenden Eigenschaft wegen ist auch das schwefligsaure Natron nicht verwertbar. Das Kochsalz schließlich, welches hygienischerseits nicht zu beanstanden wäre, trocknet das Fleisch aber so stark aus, daß es sich aus diesem Grunde für Konservierung, nur in der bekannten Weise angewendet, eignen dürfte.

Wie bereits erwähnt, ist die wasserentziehende Wirkung der Salze auch von der Temperatur abhängig. Je höher dieselbe ist, um so stärker im allgemeinen ist die Austrocknung. Eine Abweichung von diesem natürlichen Vorgange kann aber bei Zimmertemperatur eintreten. Das Beispiel hierfür bietet der Versuch mit Borax und Kochsalz. In beiden Fällen war der Gewichtsverlust bei 18° geringer als bei 4°. Ganz besonders stark wasserentziehend, auch in der Kälte, waren schwefligsaures Natron und Kochsalz. Bei Borsäure, Borax und Salpeter war die Austrocknung so gering, daß ein Schutz gegen Fäulnis durch sie nicht zu stande kam. Das Salpeterfleisch hatte in der Kälte und bei Zimmertemperatur — mit Ausnahme eines einzigen Falles¹⁾ — sogar so wenig Wasser abgegeben, daß durch die aufgenommene Salpetermenge eine Gewichtszunahme festgestellt werden konnte.

Die Fälle, in denen ein ganz besonders hartes Fleisch entstanden war, sind mit einem * bezeichnet. Beim Vergleich dieser Zahlen ergibt sich, daß dort überall ein Wasserverlust von über 40% stattgefunden hatte. Nun könnte es auffallend erscheinen, daß das mit schwefligsaurem Natron behandelte Fleisch bei

1) s. Tab. IV S. 144. Versuchsreihe 3.

einem etwas geringeren Wasserverlust (32—39%) noch weiche Konsistenz zeigte. Diese Erscheinung wird aber sofort erklärt, wenn man die dazu gehörigen aufgenommenen Salz mengen in der Tabelle III S. 143 in Berücksichtigung zieht. Das schweflige-saure Natron war nur zu 5,82 resp. 8,93%, das Kochsalz dagegen zu 15,69 resp. 15,87% vorhanden.

Die äußere Schicht des Fleisches war jedoch überall stärker verändert als das Fleischinnere; den Austrocknungsgrad hierfür habe ich aber nicht festgestellt. Vermutlich kommt es bei der geringen oder ganz fehlenden Desinfektionswirkung dieser Salze bezüglich des weiteren Verhaltens des Fleisches darauf an, ob man durch Zufall von Haus aus steriles Fleisch in die Hand bekommt oder nicht. Ist ersteres der Fall, so kann möglicherweise die äußere trockenere Schicht einen großen Schutz gegen das Eindringen der Fäulnisbakterien bedeuten; wenn man das Auftreten von Ammoniak aber als ein Zeichen der Veränderung durch Mikroorganismen auffassen darf, so hat es in den meisten Fällen — Kochsalz etwa ausgenommen — an derartiger anormaler Zersetzung nicht gefehlt.

Die Gründe für die Austrocknung liegen, unzweifelhaft, zum Teil in einer Art von osmotischen Vorgängen, dem Austausch von Salz gegen Wasser in dem Fleisch. Aber es spielen doch auch noch andere Momente eine Rolle.

Die Wirkung erhöhter Temperatur auf Fleisch ist im hiesigen Laboratorium zuerst eingehender von Ferrati¹⁾ einer Untersuchung unterzogen worden. Ferrati konnte darthun, daß alle Fleischsorten schon bei mäßiger Wärme, welche die Brutwärme nicht sehr erheblich überschreitet, mehr oder minder reichlich an Wasser abzugeben im stande sind. Rindfleisch gibt beim Erwärmen auf 45° in einer Stunde an 3,6%, Kalbfleisch bei 50° an 14,8%, Schweinefleisch bei 50° an 8,9% an Flüssigkeit ab. Bekanntlich sieht man sogar zuweilen beim Liegen des Fleisches im Eisschrank kleinere Flüssigkeitsmengen, die vielleicht aus den Blutgefäßen stammen, ausgeschieden. Ich meine aber, es seien

1) Archiv f. Hygiene, XIX, 317.

zwischen dem Experiment bei Kälte und Wärme die Differenzen zum Teil zu groß, um allein durch diese Art von Wasserverlust erklärt zu sein. Ein Verlust an Wasser aus den geschlossenen Gefäßen hat, wie ich mich überzeugt, nicht stattgefunden. Somit müssen andere Veränderungen noch mitgewirkt haben; möglicherweise spielen Gerinnungen gewisser Eiweißkörper eine Rolle, wodurch durch Volumenänderung ein Auspressen von Flüssigkeit zu stande kommt, oder es vermag das anliegende Salz selbst eine große Menge von Wasser in Beschlag zu nehmen und festzuhalten. Somit läßt sich also über die Gründe der verschiedenen Austrocknung ein absoluter Entscheid ohne eingehende Experimente nicht erbringen.

Eine große Bedeutung hat der Grad der Anreicherung an Salzen im Fleisch selbst. Zur Beurteilung kann man entweder von dem direkten Befunde in dem Fleisch selbst ausgehen oder von den für das frische Fleisch berechneten Zahlen. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit, daß manche der hier aufgeführten Salze gesundheitlich nachteilig sind, wird es besser sein, im Sinne der direkten Befunde eine Zusammenstellung durchzuführen. Borax und schwefligsaures Natron sind krystallwasserfrei berechnet.

Tabelle VII.

In 100 Teilen Kernsubstanz wurden gefunden im Mittel Prozent:

	Borax	Borsäure	Schwefligsaures Natron	Salpeter	Kochsalz
ca. + 4°	1,76 (2,16) ¹⁾	3,00	5,82	8,35	15,69
ca. + 18°	1,67 (2,06)	3,85	8,93	13,95	15,87
+ 37°	3,53 (4,33)	5,14	16,26	21,45	15,45

Die Menge des bei Kälte und Wärme eindringenden Salzes bzw. der Borsäure ist demnach höchst verschieden. Bei Kochsalz nur fehlt jeder Einfluß der Temperatur. Bei den übrigen

1) Die in () gesetzten Zahlen entsprechen B(OH)₃.

Substanzen aber bewegen sich die Mengen zwischen dem Doppelten und Dreifachen des bei niederer Temperatur eingedrun- genen Salzes.

Diese Salzmengen sind zum Teil ungemein erheblich. Was ihre Wasserlöslichkeit anlangt, so beträgt dieselbe ungefähr:

	0°	20°	40°
Borsäure	2,0	4,0	7,0
Borax (H ₂ O-frei)	1,5	4,0	9,0
Salpeter	16,0	26,0	54,0
Schwefligsaures Natron (H ₂ O-frei)	14,0	26,0	50,0
Kochsalz	35,5	35,9	36,6

Berücksichtigt man, daß Fleisch ca. 76% Wasser enthält, so wären zum Teil ganz bedeutende Konzentrationsverhältnisse vorhanden, bei Borsäure und Borax würde sogar dieser Wassergehalt nicht zur Lösung hinreichen; genau jedoch läßt sich die Konzentration nicht feststellen, da man nicht weiß, wie sich das Wasser zwischen Eiweiß, anderen Salzen und den Eingewanderten verteilt und sich nicht absehen läßt, ob nicht auch einzelne Bestandteile des Fleisches Salz aufnehmen können.

Von der Borsäure speziell sind in der Handelsware, wie bereits erwähnt, auch ähnlich große Mengen gefunden worden, die offenbar durch ähnliche Prozeduren wie in diesem Experiment in das Fleisch hinein geraten sein müssen.

Bakterielles Verhalten der Milch bei Boraxzusatz.

Von

Marinestabsarzt Dr. **Albrecht P. F. Richter**,

Assistent.

(Aus den hygienischen Instituten der Königl. Universität Berlin.)

Auf Veranlassung des Direktors der Hygienischen Institute untersuchte ich das Verhalten der käuflichen Vollmilch bei Zusatz von Borax ($\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}$), hauptsächlich bezüglich etwaiger Hemmung des Bakterienwachstums sowie der Gerinnung. Aus den Vorversuchen ergaben sich folgende Daten:

Zusatz von $\text{Na}_2 \text{B}_4 \text{O}_7$ %	Gerinnung nach Tagen
0	1
0,25	1
0,5	2
1,0	3
2,0	5
3,0	6
4,0	Gerinnung bleibt aus.

Jedenfalls nach dem Alter der Milch sowie der Temperatur des Aufbewahrungsraumes (welche von $15-25^\circ \text{C}$. wechselte) traten geringe Verschiedenheiten in der Gerinnungszeit auf, welche bei den höheren Boraxzusätzen bis zu einem Tag betragen konnten. Wie aber Lange¹⁾ schon gefunden hat, gelang es erst bei 4% Boraxzusatz, das Eintreten der Gerinnung auf die Dauer zu verhindern. Bei diesem Zusatz war jedoch der Ge-

1) L. Lange, Beitrag zur Fleischkonservierung etc., Archiv f. Hyg., 1901, Bd. 40, S. 143.

schmack der Milch ein derart widerlicher, daß sie zum Genusse nicht mehr verwertbar erschien. Auch wurden noch 5 ccm dieser Milch auf 100 ccm dünnen Kaffee (20 g Kaffeepulver zu 500 g Wasser) geschmeckt, höhere Zusätze machten den Kaffee völlig ungenießbar.

Bei der Untersuchung des Bakterienwachstums wurde zunächst versucht, mit Ösenimpfung vorzugehen. Es zeigte sich aber, daß bei Ösenimpfung unversetzter geronnener Milch die Verteilung in der Gelatine außerordentlich schwer war; dann aber, daß auch sehr verschiedene Resultate sich ergaben, je nachdem die Ose zufällig mehr Serum oder Gerinnsel faßte. Um auch nicht durch zu kleine Mengen Fehler zu begehen, wurden 20 ccm Milch auf das Tausendfache verdünnt, mit 0,1 ccm dieser Verdünnung wurde dann eine Gelatineplatte gegossen. Da jedoch die geronnene Milch sich nicht genügend in Wasser verteilte, so wurde folgendermaßen verfahren. Je 20 ccm der unversetzten, sowie der Gleichmäßigkeit halber auch der Boraxmilch wurden mit 20 ccm kalter, etwa 10proz. steriler Sodalösung schnell gemischt und geschüttelt, so daß sich das Coagulum löste. Mit sterilem Wasser wurde auf 200 ccm aufgefüllt (I). Von I wurden wieder 20 ccm mit sterilem Wasser auf 200 ccm aufgefüllt (II) und mit 20 ccm von II in derselben Weise verfahren. Die Verteilung der Milch und Bakterien war, wie der Augenschein lehrte und die meist gut übereinstimmenden Bakterienzahlen der fast immer zur Kontrolle doppelt gegossenen Platten bewiesen, eine hinreichend gleichmäßige. Ein wesentlicher Einfluss der etwa 10proz. kalten Sodalösung, welche in dieser Konzentration ja auch nur ganz kurze Zeit, etwa 1—2 Minuten, einwirkte, schien nicht zu bestehen.

Die Versuchsreihen I—VII dienten nur zur Orientierung und zur Feststellung der Untersuchungsmethode; nach diesen kurzen Vorversuchsreihen wurden drei Reihen VIII, IX und X längere Zeit durchgeführt. Die Bakterienzahlen wurden, so lange es zugänglich war, durch Auszählung der ganzen Platte mit der Lupe gewonnen; sonst durch Lupenauszählung einer genügenden Anzahl Quadrate des Wolffhügelschen Zählapparates, schließlich durch Auszählung

von Gesichtsfeldern des Mikroskopes bei schwacher Vergrößerung (Zeitg. Obj. III, O.c 1).

Die Milch zu den Versuchen wurde aus dem Milchgeschäft in gut gereinigter Flasche bezogen, je 0,5 l wurden in sterile Kochflasche mit sterilem Wattepfropf gefüllt. »OZ« bleibt ohne Zusatz, »4%« wird mit 4% Boraxzusatz versehen. Der Borax hatte bei Einstäuben auf Gelatine kein Bakterienwachstum hervorgerufen. Das Plattengießen am ersten Versuchstage geschah unmittelbar nach der Lösung des Borax. Sowohl bei Reihe VIII wie bei Reihe IX und X war die OZ-Milch am zweiten Versuchstage geronnen, während die 4%-Milch noch heute (nach 8—9 Monaten) ungeronnen ist. I und II bedeuten hier Platte und Kontrollplatte.

Reihe VIII.

Datum	Ver- suchstag	Bakterienzahl bei		Bemerkungen
		OZ	4%	
23. 7. 1901	1	I 2370	I 1020	Bei OZ I ca. 100 Verfl., bei OZ II ca. 50 Bei 4% erscheinen die Kolonien besser entwickelt. Bei 4% I u. II nur wenige Verfl.
		II 2025	II 600	
24. 7. 1901	2	I 7532	I 1248	OZ I 1 Verfl., 23 oid. OZ II 0 Verfl., 22 oid. 4% I 4 Verfl., 0 oid. 4% II 4 Verfl., 1 oid.
		II 7897	II 1553	
26. 7. 1901	4	4706	1144	OZ 91 oid., 0 Verfl. 4% 80 oid., 0 Verfl.
28. 7. 1901	6	2380	506	OZ 54 oid., 0 Verfl. 4% 0 oid., 1 Verfl.
29. 7. 1901	7	I 210	I 119	OZ I 24 oid., 0 Verfl. OZ II 27 oid., 0 Verfl. 4% I 1 oid., 2 Verfl. 4% II 2 oid. 5 Verfl.
		II 200	II 91	
30. 7. 1901	8	I 33	I 233	OZ I 17 oid., 1 Schimmel, 0 Verfl. OZ II 11 oid., 6 Schimmel, 0 Verfl. 4% I 0 oid., 0 Verfl. 4% II 3 oid., 0 Verfl.
		II 33	II 188	

Reihe IX.

19. 8. 1901	1	I 110	I 156	OZ I 1 Schimmel, 0 oid., 0 Verfl. OZ II keine oid., Verfl. etc. 4% I 1 Verfl. 0 oid. 4% II mehrere confl. Verfl.
		II 82	II 110	
20. 8. 1901	2	I 87 470	I 1 108	OZ I 48 oid., 0 Verfl. OZ II 40 oid. 0 Verfl. 4% I 1 Verfl., 4 Bct. Zopfii.
		II 95 782	II 1 235	
21. 8. 1901	3	I 49 000	I 743	OZ I 82 oid., 0 Verfl. OZ II 79 oid., 0 Verfl. 4% I 1 Zopf, 1 Schimmel. 4% II 5 Zopf, 1 oid., 1 Verfl.
		II 49 000	II 770	
22. 8. 1901	4	I 94 162	I 525	OZ I 205 oid., 0 Verfl. OZ II 154 oid., 0 Verfl. 4% I 2 Zopf, 1 Schimmel, 1 oid. 4% II 3 Zopf.
		II 73 537	II 526	

(Fortsetzung von Reihe IX.)

Datum	Ver- suchstag	Bakterienzahl bei		Bemerkungen
		OZ	4%	
24. 8. 1901	5	I 53 662	I 377	OZ I 260 oid., 0 Verfl. OZ II 228 oid., 0 Verfl. 4% I und 4% II keine Zopf, Verfl. pp.
		II 58 725	II 391	
26. 8. 1901	7	I 25 616	I 310	OZ I 300 oid. OZ II 274 oid. 4% I 1 Schimmel. 4% II 1 Zopf.
		II 22 882	II 414	
28. 8. 1901	9	3 594	359	OZ 110 oid. 4% 1 oid. Rest bei OZ und 4% fast ausschl. Luftkokken (wie von jetzt ab ständig).
31. 8. 1901	12	I 2 885	I 284	OZ I 28 oid. OZ II 29 oid. 4% I 0 oid., 1 Schimmel. 4% II 2 oid., 1 Verfl.
		II 3 766	II 268	
2. 9. 1901	14	10 416	166	OZ 12 oid.
5. 9. 1901	17	I 1 272	I 280	4% I 1 oid. 4% II — 0 oid., Verfl. etc.
		II 1 369	II 258	
7. 9. 1901	19	4 985	2 869	OZ 7 oid.
10. 9. 1901	22	2 192	6 864	OZ 1 oid., 1 Prot. 4% 1 oid., 3 Schimmel.
18. 9. 1901	30	33 699	21 093	OZ 20 oid.

Reihe X.

30. 9. 1901	1	1 358	1 722	OZ keine oid, 10 Verfl. 1 Zopf. Meist Bact. acid. lactic. Hüppe, daneben Bact. acid. lact. Günther. 4% 0 oid. 5 Verfl. 2 Zopf.
1. 10. 1901	2	I 66 933	I 810	OZ I fast ausschl. Bact. a. l. Hüppe. OZ II wie OZ I 3 Verfl. 4% I 0 oid., 6 Verfl. Hauptsächl. Bact. Hüppe, 1 Schimmel. 4% II wie 4% I 5 Zopf, 3 Verfl.
		II 47 786	II 660	
2. 10. 1901	3	104 623	438	OZ 14 oid., 5 Verfl., 2 Bact. Zopf. Meist Bact. Güntheri, Hüppe tritt zurück. 4% 9 Verfl., 5 Zopf, 1 Schimmel. Meist Bact. Güntheri, wenige Bact. Hüppe.
3. 10. 1901	4	82 417	419	OZ 85 oid., 3 Schimmel, 4 Verfl., einige Dutzend Hüppe, Rest Günther. 4% ca. 1 Dutzend Verfl. (confl.), 1 Schimmel, Rest meist Günther.
4. 10. 1901	5	55 957	333	OZ 218 oid., 0 Verfl., meist Günther. 4% 23 verfl.
5. 10. 1901	6	74 452	I 132	OZ 883 oid., ca. 400 Hüppe, Rest meist Günther. 4% I 30 verfl. 4% II 7 oid., 7 Schimmel, 6 Verfl.
		—	II 143	
6. 10. 1901	7	I 54 574	I 146	OZ I 585 oid., Hauptteil Günther, ca. 1/10 Hüppe. 4% I 8 Verfl., Rest meist Kokken. 4% II 1 oid., einige Verfl., Rest meist Kokken.
			II 113	

(Fortsetzung von Reihe X.)

Datum	Ver- suchstag	Bakterienzahl bei		Bemerkungen
		OZ	4 %	
7.10.1901	8	I 39 757	I 152	OZ I und II ca. 600 oid., je 1 Verfl., haupt- sächlich Günther.
		II 25 852	II 100	4% I 43 Schimmel, 2 Prot., 4 Zopf, 6 oid., meist Kokken. 4% II 2 Verfl., 0 oid., meist Kokken.
8.10.1901	9	I 14 512	I 73	OZ I 641 oid., 0 Verfl., OZ II 623 oid., 0 Verfl.
		II 12 283	II s. Bem.	4% I meist gelbl. Kokken (Sarcine). 4% II völlig verfl. durch Bac liodermus.
10.10.1901	11	I 5 589	60	OZ I 497 oid., ansch. sonst nur Günther. OZ II ähnlich.
		II 5 224	—	4% fast nur gelbl. Kokken.
11.10.1901	12	I 3 389	46	OZ I 460 oid., OZ II 355 oid.
		II 3 826	38	4% I und II wie oben.
12.10.1901	13	I 1 304	28	OZ I 369 oid., sonst meist Luftkokken. OZ II 344 oid., sonst meist Luftkokken.
		II 1 736	39	4% I und II Kokken.
13.10.1901	14	I 2 093	I 46	OZ I 345 oid. OZ II 293 oid., sonst meist Kokken.
		II 1 106	II 59	4% I und 4% II Kokken.
14.10.1901	15	I 1 912	I 33	OZ I 353 oid. OZ II 312 oid., sonst w. o.
		II 1 040	II 39	4% wie oben.
16.10.1901	17	I 822	I 26	OZ I 243 oid. OZ II 241 oid., sonst w. o.
		II 775	II 40	4% wie oben.
17.10.1901	18	I 531	I 27	OZ I 203 oid. OZ II 184 oid., sonst w. o.
		II 561	II 33	4% wie oben.
19.10.1901	20	I 412	I 22	OZ I 69 oid. OZ II 67 oid., sonst w. o.
		II 421	II 36	4% I 1 Schimmel. 4% II 2 Schimmel, s. w. o.
21.10.1901	22	I 379	I 30	OZ I 31 oid. OZ II 87 oid., sonst w. o.
		II 371	II 53	4% wie oben.

Schon in Vorversuchen wurde festgestellt, daß die schliesslich übrig bleibenden Kokken fast ausschliesslich zu der gewöhnlich Luftkokken genannten Gruppe gehören. Wenn auch eine ganze Reihe von Arten aufgefunden werden kann (so wurden z. B. aus einer Platte einmal 14 verschiedene Arten, gefärbte und ungefärbte, häutchenförmig wachsende und mälsig verflüssigende etc. isoliert), so stellt doch das Hauptkontingent der micr. candidans Flüge.

Schlussfolgerungen.

1. Die Entwicklung der Bakterien in Milch scheint bei ganz kurzer Einwirkung von Borax angeregt zu werden. Vielleicht ist aber die Ursache der erhöhten Bakterienzahlen nur der Umstand, dafs durch den Boraxzusatz die Verteilung der Bakterienhäufchen erleichtert wird.
2. Das Wachstum des *Oidium lactis* wird durch Boraxzusatz erheblich gehemmt.
3. Ebenso das Wachstum des *Bact. acidi lactici* Hueppe und *Bact. acidi lactici* Günther.
4. Verflüssigende und andere Bakterien der Fäulnis (*B. fluoresc. liq.*, Proteusarten, *B. Zopfii*) werden nicht durch Boraxzusatz gehemmt, gehen aber später von selbst zu Grunde.
5. In den ersten Tagen bilden die Hauptzahl der Bakterien (besonders bei der unversetzten Milch) die Hueppeschen Milchsäurebakterien, sie werden später von den Güntherschen abgelöst.
6. Die größte Kolonienzahl findet sich am 2.—3. Tage, am 6.—11. Tage tritt sowohl bei der unversetzten wie bei der Boraxmilch ein erhebliches Absinken der Kolonienzahl ein.
7. Die schliesslich restierenden Bakterien waren fast ausschliesslich Luftkokken, hauptsächlich *micrococc. candicans* Flügge.

Über die Verfahren und Apparate zur Entwicklung von Formaldehyd für die Zwecke der Wohnungsdesinfektion.

Von

Dr. **Eugen Mayer** und Dr. **Heinrich Wolpert**

Stabsarzt

Privatdozent

früher Assistent am Institut.

Oberassistent am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Das Bestreben, in der Wohnungsdesinfektion gasförmige Mittel anzuwenden, ist zwar schon ein sehr altes, allein sämtliche bis vor wenigen Jahren gebräuchliche und empfohlene Desinfizientien dieser Art hielten einer strengen experimentellen Prüfung nicht stand. Erst mit Einführung des Formalins wurde hierin Wandel geschaffen. Der bedeutsame Vorzug der gasförmigen Desinfektionsmittel gipfelt in erster Linie darin, daß sie von selbst ohne weiteres Zuthun des Desinfektors den Raum nach allen Richtungen durchdringen und auch den Luftraum mit desinfizieren, Vorteile, die bei allen andern Desinfektionsweisen fortfallen.

Die Formaldehyd-Litteratur ist seit ungefähr zehn Jahren derart angewachsen und die Zahl der angegebenen Verfahren und Apparate eine so überaus große geworden, daß es kaum möglich wäre, auf alles einzugehen. Die meisten Apparate sind recht kompliziert gebaut; das ist aber für diesen Zweck gar nicht nötig, und man kann, wenn man die eigenartige Wirkung der Formaldehyddämpfe berücksichtigt, mit sehr einfachen Vorrichtungen

auskommen. Eine ausführliche Übersicht über die in der Literatur bekannt gewordenen Verfahren und Apparate zur Wohnungsdesinfektion mit Formaldehyd haben in neuerer Zeit Reischauer¹⁾ und Hefs²⁾ veröffentlicht, zugleich mit kurzen kritischen Beurteilungen der einzelnen Methoden, so daß wir hier auf die früheren, größtenteils unvollkommenen und daher verlassenen Anwendungsweisen, wie die älteren Formaldehydlampen etc., nicht zurückzukommen nötig haben und auf obige Arbeiten verweisen können.

Sämtliche Apparate, die noch heute eine größere Verbreitung besitzen, beruhen auf einem der folgenden drei Prinzipien: entweder wird der Formaldehyd durch Vergasen oder durch Versprayen oder durch Verdampfen entwickelt. Was die Apparate ersterer Art betrifft, welche Formalinpastillen, das ist den unter dem Namen Paraformaldehyd oder Trioxymethylen bekannten polymeren Körper zur Vergasung bringen, so hatten zunächst die von der Firma Schering angegebenen Vorrichtungen (Askulap und Hygiea) in Deutschland allgemeine Verbreitung gefunden. Auch die in neuerer Zeit bekannt gewordenen sogen. Carboformal-Glühblocks von Krell-Elb gehören unter diese Gruppe.

Daß bei der ursprünglichen Anwendung der Scheringschen Apparate auch ohne gleichzeitige Wasserverdampfung die Wirkung eine gute sein kann, steht fest; ebenso ist es aber auch sicher, daß unter andern Bedingungen der Erfolg ausbleibt. Im Gegensatz zu der früher von einigen Autoren ausgesprochenen Ansicht, daß die Wirkung des Formaldehyds mit dem Grade der Trockenheit der Luft wachse, brachten Rubner und Peerenboom³⁾ durch ihre Versuche den exakten Nachweis, daß bei im übrigen gleichen Bedingungen der trockene Formaldehyd

1) A. Reischauer, Vergleichende Untersuchungen über die Brauchbarkeit verschiedener Verfahren zur Ausführung der Wohnungsdesinfektion mit Formaldehyd. Hygien. Rundschau, 1901. Nr. 12 u. 13.

2) O. Hefs, Der Formaldehyd. Marburg, Elwert, 1901.

3) Rubner und Peerenboom, Beiträge zur Theorie und Praxis der Formaldehyd-Desinfektion. Hygien. Rundschau, 1899, Nr. 6.

keine Desinfektionskraft besitzt, während bei Befeuchtung der Luft alle Testobjekte abgetötet waren. Die widersprechenden Angaben der früheren Beobachter sind darauf zurückzuführen, daß in dem einen Falle die äußeren Bedingungen zufällig günstige waren (hohe Feuchtigkeit, hohe Temperatur), in dem andern aber nicht. Letzteres zeigte sich auch bei einigen Versuchen, die wir bei mittlerer Feuchtigkeit und Temperatur nach diesem Verfahren anstellten (s. General-Tabelle Abt. INr. 1—3, folgt unten am Schluß unserer zweiten Abhandlung). Alle 16 Testobjekte blieben demnach unversehrt bei Anwendung von 330 g Paraform, die in zwei Äskulapapparaten in dem zu allen Versuchen benutzten Zimmer von 108,8 cbm ohne Rückstand vergast wurden, obwohl zudem bei dieser Versuchsreihe das Zimmer leer war. Durch eine gleichzeitige oder vorhergehende künstliche Wasserverdampfung läßt sich diesem Übelstand abhelfen, sei es nun, daß man das Wasser gesondert oder mit Hilfe des neuerdings von Schering in den Handel gebrachten »kombinierten Äskulaps« verdampft. Wir verkennen nicht, daß die Anwendung der sogen. Formalinpastillen in manchen Fällen von wesentlichem Vorteil ist, insbesondere da, wo Transportschwierigkeiten in Frage kommen. So kann es z. B. von Vorteil sein, die Sanitätsformationen im Felde mit Formalinpastillen auszustatten oder Pastillen statt der Lösung in kleinere Ortschaften oder Gehöfte zu senden, da der Transport der wasserfreien Substanz wegen des geringeren Gewichts billiger und die Verpackung bequemer und sicherer ist. Aber ebenso wird man nicht bestreiten können, daß in sehr vielen Fällen die Verwendung der Lösung vorzuziehen ist, da nämlich, wo vorstehende Bedenken nicht in Betracht kommen. Für gewöhnlich ist die Verwendung der Lösung billiger und auch insofern rationell, als man genötigt ist, dabei mindestens eine gewisse, zuweilen schon ausreichende Wassermenge mit zur Verdampfung zu bringen. Wir gaben daher für unsere Laboratoriumsversuche im allgemeinen dem flüssigen Formalin den Vorzug.

Was von den Formalinpastillen gesagt ist, gilt ebenso von den Carboformal-Glühblocks, die ja im wesentlichen nichts an-

deres als große (50 g schwere), in Stanniol eingehüllte und in einen Kohlenmantel eingesenkte Pastillen sind. Man kann dabei das Bedenken nicht von der Hand weisen, daß bei mangelhaftem Stanniolbelag das Paraform zuweilen Feuer fängt und somit die Wirkung des verbrannten Anteils verloren geht, wie wir dies zu wiederholten Malen zu beobachten Gelegenheit hatten. Ebenso halten wir nicht für ausgeschlossen, daß auch für Scherings Vorrichtungen, falls unversehens die Flamme zu hoch brennt, das Drahtnetz ins Glühen kommt und hierdurch die Pastillendämpfe ebenfalls Feuer fangen, das dann auf die Pastillen selbst übergreift; Beobachtungen hierüber liegen uns allerdings nicht vor. Die Firma Schering gibt aber bestimmte Vorschriften für eine maximale überstehende Dochtlänge.

Alter als die Anwendung der Pastillen ist die Verdampfung der wässrigen Lösung. Der erste, welcher letzteres Verfahren anwandte und damit überhaupt die Formaldehyddesinfektion in Aufnahme brachte, war Trillat, nachdem er für denselben Zweck schon 1891 Formaldehyd aus Methylalkohol dargestellt und zu Desinfektionszwecken angewendet hatte¹⁾, wozu er sich eines mit zahlreichen, kranzförmig angeordneten Ausströmöffnungen versehenen Autoklaven bediente. Später modifizierte er den Apparat dahin, daß nur eine einzige durch das Schlüsselloch von außen her einzuführende Dampfabströmungsröhre benutzt und gleichzeitig statt des Methylalkohols die wässrige Lösung des Formaldehyds angewandt wurde, zu welcher er Chlorcalcium oder ein anderes hygroskopisches Salz zusetzte. Wesentlich einfacher ist das Verdampfungsverfahren nach Flügge. In seiner Schrift: »Die Desinfektion durch Formaldehyd auf Grund praktischer Erfahrungen«, die im Oktober 1900 erschien, beschreibt Flügge seinen Apparat so ausführlich, daß derselbe, wie er selbst meint, danach von jedem Klempner hergestellt werden könne. Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem

1) A. Trillat, *Propriétés antiseptiques du formol (ou aldéhyde formique)*. *Comptes rendus*, 1894, II, p. 563.

— *Revue d'Hygiène*, 1895, S. 716.

— *et Roux*, *Annales de l'Institut Pasteur*, 1896, S. 283.

Kupferkessel von ungefähr 35 cm Durchmesser, dessen hart aufgelöteter Deckel in der Mitte eine Abströmungsröhre mit einer lichten Weite von nur $\frac{1}{2}$ cm trägt. In diesen Kessel, der von einem Eisenblechmantel getragen wird, füllt man Formalin nebst Wasser ein; die Verdampfung der Flüssigkeit geschieht durch einen sehr großen Spiritusbrenner mit Luftzuführung durch etwa 20, in konzentrischen Kreisen angeordnete Röhren.

Hiervon unterscheidet sich das sogen. »Strafsburger« Verfahren¹⁾ nur dadurch, daß dabei keine Wasserzugabe zum Formalin erfolgt, das Wasser vielmehr gesondert schon vorher verdampft wird.

Bei jedem derartigen Verfahren muß das Bestreben dahin gerichtet sein, in kurzer Zeit möglichst viel Formaldehyd zu entwickeln, um eine möglichst hohe Konzentration der desinfizierenden Dämpfe im Raume zu erzielen. Springfield²⁾ sucht dies dadurch zu erreichen, daß er als Heizkörper an Stelle der offenen Flamme glühend gemachte Metallketten (Springfelds Formalinketten) verwendet, die in einen Eimer mit Formalinlösung geworfen werden. Für einen besonderen Vorteil seines Verfahrens hält er auch den Umstand, daß dabei angeblich jede Feuergefährlichkeit ausgeschlossen sei. Ob letzteres wirklich in allen Fällen zutrifft, darf zweifelhaft erscheinen, da Hellmann³⁾ es für notwendig erachtet, die Formalinverdampfung mittels Ketten nur in einem geschlossenen Gefäß vorzunehmen; er sah, daß »beim Einlegen der rotglühend gemachten Formalinkette in ein offenes Gefäß das Formalin sich entzündete und mit heller Flamme emporloderte.« Ähnlich, jedoch ohne Feuergefährlichkeit, ist das bereits vor dem Springfeldschen bekannt gewordene und patentierte Formalin-Kalk-Verfahren Scherings. Dabei wird Atzkalk mit Formalin in bestimmten Verhältnissen übergossen und die beim Löschen des Kalks frei werdende Wärme als Heiz-

1) Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamts von 1900, Abteilgung: »Gesetzgebung u. s. w.«, s. unter Elsass-Lothringen.

2) Springfield, Die Desinfektion der Wohnungen durch Formaldehyd. Zeitschrift für Polizei- und Verwaltungsbeamte. IX. Jahrg., Nr. 6.

3) R. Hellmann, Neueste Verbesserungen der Desinfektion von Wohnungen bei ansteckenden Krankheiten mittels Formaldehyd. Medico, 1901, Nr. 39.

quelle benutzt. Dies Verfahren hat ebenfalls den Vorzug einer raschen Gas- und Dampfbildung, indessen soll dabei nach Flüggé (S. 11 a. a. O.) ein Teil des Formaldehyds zerstört werden.

Eine andere Reihe von Apparaten setzt sich zum Ziel, um jeden Preis eine Paraformbildung zu verhüten. Unseres Erachtens geht man hierin vielfach zu weit, denn die Paraformbildung kann doch nur dann das Desinfektionsmittel beeinträchtigen, wenn nach der Desinfektion ein Rückstand von Paraform vorhanden ist; gleichgültig aber muß es sein, ob Formalin als solches oder als Paraform verdampft, aber freilich muß unter allen Umständen die Heizquelle mindestens so lange ausreichen, bis auch die letzten Spuren des Desinfektionsmittels verdampft bzw. vergast sind.

Die chemische Fabrik Seelze (Hannover) sucht die Paraformbildung in der Weise zu verhindern, daß sie den Formalinbehälter von dem Wasserbehälter trennt und ersteren in letzteren einlagert; direkt durch die Flamme erhitzt wird der Wasserbehälter, und die Einrichtung ist so getroffen, daß die heißen Wasserdämpfe durch das heiße aber nicht kochende Formalin hindurchstreichen und sich so mit Formaldehyd sättigen. Nach demselben Prinzip sind auch ein weiterer patentierter Apparat von Schering¹⁾ und einige andere gebaut.

Eine dritte Reihe von Apparaten bedient sich des Prinzips der Versprayung. Bereits beim Lingnerschen Apparat kam dasselbe zur Anwendung, allerdings kombiniert mit Zuthaten, welche die eigentümliche Wirkung der Versprayung nicht klar zu Tage treten ließen; es ließ sich schwer entscheiden, ob im einzelnen Fall das gute oder schlechte Resultat der Desinfektion dem Sprayverfahren oder dem Glycerinzusatz zuzuschreiben war. Späterhin hat sich letzterer als unwesentlich und in praktischer Hinsicht unzweckmäßig erwiesen und darf wohl als verlassen gelten. Rein wässrige Lösungen von Formaldehyd benutzten zur Versprayung Czaplowski und Prausnitz. Sie bedienten sich dazu der üblichen Sprayapparate, die allerdings etwas modifiziert und in größeren Abmessungen ausgeführt waren. Das

1) Patentschrift.

Sprayprinzip hat entschieden den Vorteil, daß große Mengen Formalin in kürzester Zeit zur Verdampfung gebracht werden können und daß dabei eine Wasserverdampfung in größeren, zuweilen vielleicht zu großen Mengen ohne weiteres erfolgt.

Alles in allem genommen, dürfte sich in den meisten Fällen die Verdampfung aus wässrigen Lösungen den übrigen Verfahren überlegen erweisen und die meiste Anwendung verdienen. Die Form des Apparates ist dabei ziemlich gleichgültig, sofern nur das Anbrennen der Formaldehyddämpfe vermieden wird und die ganze berechnete Formalinmenge zur Verdampfung kommt. Diejenigen Apparate werden im allgemeinen die meiste Empfehlung verdienen, welche so einfach sind, daß sie sich womöglich leicht improvisieren lassen. Wir benutzten für unsere Versuche zunächst einfache Emailletöpfe, die mit Formalin unter Zugabe von Wasser gefüllt und mit Spiritusvergasungsbrennern geheizt wurden. Dabei zeigte sich der Übelstand, daß mitunter die Flamme so hoch schlug, daß die Formaldehyddämpfe Feuer fingen, welches auf den Inhalt des Topfes übergriff und den Rest des Formalins zu Kohlensäure und Wasser oxydierte, somit unwirksam machte. Diese Beobachtung führte uns nach verschiedenen fehlgeschlagenen Versuchen, z. B. das Hochschlagen der Flamme durch ein Drahtnetz zu verhindern, dazu, die Töpfe mit einem Aufsatz zu versehen. Derselbe besteht aus einem Trichter von Weisblech, dessen weitere Öffnung in den Topf eingepaßt wurde, sodas die Formaldehyddämpfe nur nach oben durch die Röhre entweichen konnten (vgl. Fig. 1). Unsere Emailletöpfe hatten eine Weite von 16—17 cm, eine Tiefe von $8\frac{1}{2}$ cm und waren oben mit einem 17 cm langen Handgriff versehen; die Aufsätze tauchten 5 cm tief in die Töpfe ein, ruhten auf deren Mündung mit einem Falz auf und überragten sie zunächst cylindrisch in derselben Weite um 5 cm, um sich dann konisch nach oben zu verjüngen (8 cm) und in einen $6\frac{1}{2}$ cm weiten und $4\frac{1}{2}$ cm hohen Cylinder überzugehen. Die Öffnung, durch welche die Dämpfe entwichen, befand sich also $17\frac{1}{2}$ cm über der Mündung des Topfes bzw. $24\frac{1}{2}$ cm über der Spiritusflamme. Der Brenner soll so gewählt werden, daß die Flamme

nicht blofs die Mitte der Bodenfläche des Topfes berührt, sondern auf dieselbe auch peripher direkt einwirkt; die Flamme soll jedoch auch nicht darüber emporschlagen, keinesfalls auf den konischen Teil des Aufsatzes übergreifen.

Man könnte denken, durch diesen Aufsatz würde die Verdampfung verzögert; wenn derselbe gar zu hoch gewählt wird, so ist dies infolge Rücklaufs von Condenswasser auch der Fall; bei unseren Abmessungen jedoch bleibt das obere Ende heifs,

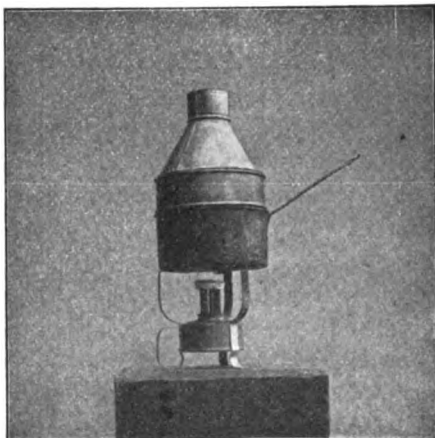


Fig. 1.

und die Verdampfung wird im Gegenteil beschleunigt, da nicht wie im offenen Topf Doppelströmungen entstehen, welche die Flüssigkeit abkühlen. Durch die Verengung der Ausströmöffnung werden die aufsteigenden Dämpfe eingeengt, so dafs für den Gegenstrom der Luft kein Platz mehr bleibt.

Die Emaillierung des Topfes ist kein Erfordernis, im Gegenteil; der Topf muß aber aus einem Stück bestehen oder hart gelötet sein. Weit besser als die von uns nur der gröfseren Wohlfeilheit halber benutzten Emailletöpfe sind Töpfe aus einem Stück Kupfer. Denn selbstverständlich leiden die Emailletöpfe, wenn sie am Schlufs der Versuche leer über der Flamme stehen, durch Abspringen der Emaille und werden schliesslich schadhaft, rosten durch. Im Verlauf der Versuche, doch erst nach etwa 50 Versuchen mußten daher die Emailletöpfe, welche übrigen

nur ungefähr 50 Pfennige das Stück kosteten, durch neue ersetzt werden, ein Mifsstand, welcher sich durch Verwendung kleiner kupferner Kessel vollkommen hätte vermeiden lassen.

Unser Apparat wurde zunächst nur mit Wasser beschickt, alsdann zündeten wir die Brenner an und warteten ab, bis das Wasser lebhaft kochte, und gaben erst dann die entsprechende Menge Formalin hinzu; wir rechneten den Beginn der Desinfektion von dem Zeitpunkte des Kochens der Formalinlösung. Durch ein kleines Guckfensterchen in der Thür beobachteten wir die weiteren Vorgänge und konnten von da aus auch Thermometer und Hygrometer, die in Kopfhöhe im Versuchsraum angebracht waren, ablesen. In einzelnen Versuchen wurden außerdem ein Registrierthermometer und ein ebensolches Hygrometer an der Decke, in anderen Versuchen am Fußboden angebracht, um die Verteilung von Temperatur und Feuchtigkeit genauer erkennen zu lassen. Wir gaben aus dem Grunde das Formalin erst zum kochenden Wasser hinzu, um ein möglichst rasches Verdampfen des Formalins und damit in thunlichst kurzer Zeit eine hohe Concentration der Formaldehyddämpfe in der Luft zu erreichen. Ein weiteres Mittel, eine rasche Verdampfung zu erzielen, bestand in der Verteilung der zu verdampfenden Flüssigkeiten auf mehrere, in unsern Versuchen vier Apparate. Hierdurch war gleichzeitig eine bessere Verteilung des Formaldehyds im Raume gewährleistet, als wenn wir nur einen oder zwei Apparate verwendet hätten.

Wir kommen nun auf einen Vergleich der verschiedenen Wirkungen unseres und des Flüggesehen Apparates zu sprechen. Letzterer kann sowohl aufserhalb als innerhalb des zu desinfizierenden Raumes aufgestellt werden, unserer nur innerhalb. Zweifellos bietet die Möglichkeit, den Apparat auch aufserhalb aufzustellen, unter Umständen gewisse Vorteile. So kann es erwünscht sein, bei einigen Infektionskrankheiten, z. B. Flecktyphus, Pocken, Pest u. s. w., einen Raum überhaupt vor geschehener Desinfektion nicht mehr betreten zu müssen; außerdem kann die Aufstellung des Apparates in einem reichlich ausgestatteten Zimmer räumliche Schwierigkeiten bieten und auch eventuell

eine Feuersgefahr in sich schliessen, zumal wenn eine Beobachtung der Flamme von aussen, etwa durch Fenster oder Schlüsselloch, nicht möglich ist. Endlich kann in den Fällen, wo in einem Hause mehrere Räume zu desinfizieren sind oder wegen einer grösseren Epidemie Mangel an Apparaten ist, der Apparat sofort nach der Verdampfung wieder anderweitig verwendet werden, während bei Aufstellung innerhalb des Zimmers das Ende der Desinfektionsdauer abgewartet werden muss, worüber mindestens einige Stunden verstreichen. Dem steht jedoch unter normalen Verhältnissen der gewichtige Nachteil entgegen, dass bei der Verdampfung ausserhalb durch Undichtigkeiten des Apparates ein Verlust an Formalin leicht eintritt, der die Desinfektionswirkung vermindern, eventuell in Frage stellen kann. Eine solche Undichtigkeit bestand z. B. bei dem von uns verwendeten Flüggescher Originalapparat, dessen Einfüllstutzen stets Formalindämpfe durchliess, die zum mindesten den Aufenthalt in der Nähe unangenehm machten, wenn der Verlust vielleicht auch die Wirkung nicht wesentlich beeinträchtigt haben mochte; bei innerer Aufstellung des Apparates schadet diese Undichtigkeit nichts. Aber die Verwendung eines so grossen Apparates mit seinem grossen Spiritusbassin bedingt eine grössere Feuersgefahr als die Aufstellung mehrerer kleiner Apparate, bei denen die Flamme nie so hoch schlägt und auch weniger Umfang hat. Wir sahen mehrfach beim Flüggeschen Apparat, dass gegen Ende der Verdampfung infolge der stärkeren Erhitzung des Kupferkessels der noch übrige Spiritus eine meterhohe Flamme bildete, die ringsum den Kessel in die Höhe schlug. Jedenfalls müsste man diese Möglichkeit kennen, besonders in den Fällen, wo gleichzeitig gemäss Instruktion Betten, Kleider etc. im Zimmer zur Desinfektion aufgehängt werden, um durch Freilassen eines genügenden Zwischenraumes um und über dem Apparat die Gefahr zu vermeiden. Was nun die Wirkung der beiden Apparate betrifft, so zeigte sich dieselbe unter gleichen Versuchsbedingungen ziemlich gleichwertig; es ist auch kein Grund einzusehen, weshalb unsere Einrichtung schlechter wirken sollte. Denn einmal erfolgt die Verdampfung mit Hilfe der vier Apparate, die durch kleinere

Brenner angeheizt werden, ebenso rasch wie mit dem einen großen Apparat und großen Brenner, so daß also die Konzentration des Formaldehyds im Raume in beiden Fällen die gleiche war; durch weitere Vermehrung der Kocheinrichtungen läßt sich die Concentration sogar noch steigern. Gleichzeitig muß auch die Verteilung eine bessere sein, wenn man vier Apparate an verschiedenen Stellen verwendet als nur einen, und zweitens vielleicht bei unserem Apparat auch wegen der verschiedenen Weite der Dampfabströmungsröhren besser als bei dem Flüggesehen. Denn bei letzterem ist wohl mit Rücksicht auf die Durchführungsmöglichkeit durch das Schlüsseloch jene Abstromröhre so sehr eng gewählt; der Nachteil, der hieraus erwachsen kann, besteht darin, daß der Dampfstrahl mit großer Vehemenz seine Bewegungsrichtung auf große Entfernung beibehält. Bei äußerer Aufstellung des Apparats dürfte infolgedessen die Thürseite nebst den beiden angrenzenden Wänden etwas schlechter wegkommen als die gegenüberliegende nicht allzuweit entfernte Wand, gegen welche einerseits der Dampfstrahl anprallt, welche aber andererseits hinwiederum meist dadurch eine Einbuse am Formaldehyd schafft, daß es sich um die vorzugsweise lüftende Fensterwand handelt. Immerhin erfolgt hierbei der eventuelle Anprall günstigerweise im unteren Teil des Zimmers, anders bei innerer Aufstellung des Apparats. Dann wird das Formaldehyd mit noch größerer Gewalt an die Decke geschleudert, an der Anprallstelle teilweise absorbiert und breitet sich dann über die ganze Decke hin aus, um schrittweise in abnehmender Concentration an den Wänden nach unten zu sinken. Ein Nachteil gegenüber unserem Apparat würde hierbei darin bestehen, daß die Decke durch den scharfen Anprall des Formaldehyds zu viel von dem Desinfektionsmittel absorbierte. Bei Anwendung unseres wie übrigens aller derartigen Apparate ist zwar ebenfalls die Wirkung in der oberen Zimmerhälfte intensiver als unten; aber da infolge der weiten Ausstromröhre kein Einpressen in die Fugen und Poren der Decke erfolgt, ist ein geringerer Verlust zu erwarten, und die untere Zimmerhälfte dürfte besser wegkommen. Der Preisunterschied der Apparate könnte als neben-

sächlich gelten, ist aber praktisch sicher häufig von großem Belang. Unser Apparat (Brenner nebst Emailletopf mit Aufsatz) kostete uns 2—3 Mk., das macht bei Verwendung der vier den Flüggeschen Apparat ersetzenden Vorrichtungen etwa 10 Mk. Der Flüggesche Apparat, von der Firma G. Härtel in Breslau bezogen, kostete uns dagegen etwa 70 Mk. Außerdem empfiehlt Flügge die Verwendung zweier Apparate in größeren Räumen, von über 150, am besten schon von über 100 cbm Inhalt. In solchen Fällen kann man vielfach bei unserem Verfahren mit einem Kostenaufwand von 12—15 Mk. auskommen, während nach Flügge dann etwa 140 Mk. für die Apparate aufzuwenden sind.

Nach Ausführung der Desinfektion kann der Wohnraum meistens nicht so lange entbehrt werden, bis der unangenehme Formaldehydgeruch von selbst durch Lüftung verschwunden ist, dazu wären Wochen und selbst Monate erforderlich. Wir besitzen aber in dem Ammoniak, das sich mit dem Formaldehyd zu Hexamethylentetramin verbindet, ein wirksames Mittel zur Beseitigung dieses Geruchs. Das Ammoniak als Desodorierungsmittel in der Praxis der Formalindesinfektion hat daher allgemeine Einführung gefunden, verschieden sind nur die Methoden seiner Entwicklung. Nächstliegend war wohl der Gedanke, dasselbe durch Erwärmen seiner wässerigen Lösung in Freiheit zu setzen. So empfiehlt Flügge¹⁾, das Ammoniak mit einem besonderen Kochapparat außerhalb des Zimmers zu entwickeln und durchs Schlüsselloch einzuleiten. Dieses Verfahren hat den nicht zu unterschätzenden Nachteil, daß in dem ohnehin mit Wasserdampf erfüllten Raum überflüssigerweise noch eine beträchtliche Menge Wassers eingeführt wird, wodurch die Politur der Möbel, Bronzegegenstände u. dgl. leidet. Wir ziehen daher die Entwicklung des Ammoniaks auf trockenem Wege vor, wie zuerst Rubner²⁾ vorgeschlagen hat. Das Desodorierungsverfahren, welches wir demnach in Anwendung brachten, gestaltete sich wie folgt: Zunächst wurden die Fenster des Raumes geöffnet und bei dieser Gelegenheit die Kochtöpfe nebst Brennern heraus-

1) S. 15 u. 18 a. a. O.

2) Rubner und Peerenboom, a. a. O., S. 274.

geholt, um für die Desodorierung vorbereitet zu werden. Die Töpfe wurden alsdann mit käuflichem Ammoniumkarbonat beschickt, dem wir Lavendelöl zusetzten. Die theoretisch nötige Menge Ammoniumkarbonats läßt sich aus der Formalinmenge leicht berechnen. In Räumen, die viele Möbel enthalten, muß man, wie wir gesehen, einen erheblichen Überschufs an Hirschhornsalz zusetzen, etwa doppelt so viel als theoretisch erforderlich.¹⁾ Die Zugabe des Lavendelöls braucht weniger ängstlich bemessen zu werden, man kann auf kleinere Räume etwa 10 ccm, auf sehr große bis 20 ccm nehmen. Der Geruch, welcher sich hierdurch dem Zimmer mitteilt, ist weit angenehmer als der Geruch des Ammoniaks oder des Lavendelöls für sich, was für die Verbreitung der Formalindesinfektion nur vorteilhaft sein kann. Nachdem der Raum eine Viertelstunde gelüftet war, wurden die Kochtöpfe mit darunter gestellter Flamme wieder hineingebracht, die Fenster geschlossen und der Raum eine halbe Stunde den Ammoniak-Lavendeldämpfen ausgesetzt. Alsdann wurde das Fenster wieder für eine Viertelstunde geöffnet, wonach nur ein so schwacher, nicht unangenehmer Geruch zurückblieb, daß wir den Raum alsbald und, wenn unumgänglich erforderlich, noch am selben Abend auch als Schlafzimmer hätten benutzen können.

1) Zur Bindung von 100 g Formaldehyd werden theoretisch etwa 125 g Ammoniumkarbonat gebraucht.

Über die Verstärkung der Desinfektionswirkung des Formaldehyds durch allseitigen künstlichen Innenwind.

Von

Dr. Eugen Mayer und **Dr. Heinrich Wolpert.**

Stabsarzt

Privatdozent

früher Assistent am Institut.

Oberassistent am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Obwohl der Formaldehyd spezifisch etwas schwerer als die Luft ist, wird er doch bei jeder Entwicklung auf warmem Wege, welchen der bisher vorgeschlagenen Apparate man auch anwenden mag, stets zunächst an die Decke geführt und daselbst teilweise absorbiert, um alsdann in fortschreitend geringerer Konzentration allmählich nach unten zu sinken. Daher rührt die Erscheinung, daß wohl in den höheren Luftschichten des Zimmers, etwa an der Decke oder auf einem Schrank die Desinfektion leicht eine vollkommene wird, um so schwerer aber in der unteren Zimmerhälfte und besonders an Wänden und Möbeln gegen den Fußboden zu, und auf demselben etwa unter einem Bett oder unter einem Schrank.

Diese Beobachtung, welche einem Jeden bei derartigen Versuchen ins Auge fällt, könnten wir mit einer fast endlosen Anzahl von Beispielen aus unseren Versuchen belegen; wir wollen uns damit begnügen, einige Beispiele herauszugreifen, bzw. zusammenzufassen.

In den Versuchen Nr. 1—34 (vgl. Generaltabelle) wurden die Testobjekte, Milzbrandsporen-Seidenfäden, auf dem Fußboden, in Kopfhöhe und an der Decke untergebracht; in der Regel acht

Stück auf dem Fußboden, sechs Stück in Kopfhöhe und zwei Stück an der Decke (Summe 16 Stück). Waren die Versuchsbedingungen derartige, daß nirgends eine Abtötung eintrat (Nr. 1—3) oder auch überall (Nr. 4—7), so wird selbstverständlich keine Höhenwirkung offenbar. Aber letztere muß dann zu Tage treten, wenn die Formalinmenge so gewählt ist, daß nicht sämtliche, am zweckmäßigsten nur wenige Proben eine Abtötung erleiden. Die Versuche Nr. 8—34 ermöglichen einen Vergleich in dieser Hinsicht. Ist der Höhenunterschied belanglos, so daß nur anderweitige Faktoren und Zufälligkeiten, wie die vielleicht nicht bei allen einzelnen Fäden völlig gleichmäßige Imprägnierung mit dem Sporenmaterial oder dergleichen, eine verschiedene Desinfektionswirkung hervorzurufen geeignet sind, dann ist doch jedenfalls eine an Sicherheit grenzende Wahrscheinlichkeit gegeben, daß eine positive Desinfektionswirkung durchschnittlich, wegen der größeren Zahl an daselbst deponierten Testobjekten, den Fußboden mit seinen acht und die mittlere Zimmerhöhe mit ihren sechs Fäden vor der Decke mit ihren zwei Fäden bevorzugt werde — insbesondere in Versuchen, wo etwa nur zwei oder drei Objekte zur Abtötung kommen. Das Gegenteil war aber der Fall. In allen Fällen, von Versuch Nr. 8—34, wo immer eine positive Desinfektionswirkung nur an einzelnen Fäden erfolgte, erwiesen sich gerade die Deckenobjekte als die von der Abtötung vorzugsweise betroffenen (Beispiel Versuch Nr. 8); erst in zweiter Linie, wo mehr Objekte abgetötet wurden, wurden auch die sechs Objekte in Kopfhöhe zum Teil oder vollzählig mitbetroffen (Beispiel Versuch Nr. 9); erst in letzter Linie, wo mehr als acht Objekte eine Einwirkung erkennen ließen, pflegte die Abtötung auf den Fußboden überzugreifen (Beispiel Nr. 14 und 17).

Von Versuch Nr. 35 ab wurden die höchsten Objekte nicht mehr an der Decke fixiert, sondern auf einem Schrank deponiert, fernere Objekte etwas tieferliegend auf einer Wandkonsole, andere wieder tiefer auf einem Bett, und wie früher auch welche auf dem Fußboden. Hier wiederholte sich die gleiche Erscheinung. Beispielsweise wurden in Versuch Nr. 44 nur die Objekte

auf Schrank, Konsole und Bett abgetötet, unversehrt blieben dagegen die auf dem Fußboden frei oder versteckt liegenden Fäden und auch solche, welche in vorgezogenen Schubladen untergebracht waren.

Das sind Resultate, welche Jeden, der mit praktischen Desinfektionsausführungen zu thun hat, nachdenklich stimmen müssen. Denn auf eine Desinfektion gerade der unteren Zimmerhälfte kommt es doch, wie wohl nicht näher ausgeführt zu werden braucht, in praxi wesentlich mehr an als auf eine solche der oberen — ein Umstand, auf den bisher wohl nicht genug Nachdruck gelegt wurde. Offenbar sind Mittel anzustreben, welche gestatten, die Desinfektion der Wohnräume entweder gleichmäßiger als bei der üblichen Formalindesinfektion zu gestalten oder, noch zweckmäßiger vielleicht, die bisherige Wirkung umzukehren, nämlich die stärkere Wirkung von der Decke nach dem Fußboden zu verpflanzen.

Wir hofften, der Forderung einer gleichmäßigen oder eher nach dem Fußboden hin stärkeren Desinfektionswirkung dadurch Genüge leisten zu können, daß wir mit Hilfe eines transportablen Flügelventilators abwechselnd alle Teile des unteren Zimmers einem künstlichen Anprall der formaldehydhaltigen Luft aussetzten. Letzteres war dadurch erreichbar, daß der Ventilator auf einer durch ein Federuhrwerk in Rotation versetzten Scheibe montiert wurde¹⁾; es drehte sich dabei also erstens das Flügelrad des Ventilators und zweitens senkrecht zu dieser Bewegungsrichtung die Unterlage des Ventilators. Der Apparat wurde mitten im Zimmer auf dem Fußboden aufgestellt.

Zunächst suchten wir zu ermitteln, ob bereits durch eine bessere Luftmischung, wie sie bei Laufenlassen des Ventilators ohne Drehung der Unterlage (Fig. 1) gegeben war, ein kräftigerer Desinfektionserfolg gewährleistet werde. Daß thatsächlich die Luft auf diese Weise eine vorzügliche Durchmischung

1) Anfänglich, bis Versuch Nr. 47 excl., kam aus äußeren Gründen eine einfachere, wenig praktische Drehvorrichtung in Anwendung, deren Beschreibung wir hier übergehen; näheres ist aus der Bemerkung zu Abteilung II der Generaltabelle (s. unten) ersichtlich.

erfuhr, davon überzeugten wir uns zunächst in Vorversuchen, indem wir im oberen Teil des Versuchszimmers, auf einer hohen Leiter, Salpeterpapier verbrannten. Wir konnten auf diese Weise im oberen Teil des Zimmers eine nach unten scharf abgegrenzte dunkle Rauchwolke erzeugen, welche von unten nicht einmal die Decke erkennen liefs; diese Wolke hielt sich viele Minuten lange in anscheinend genau gleicher Höhe. Sobald wir aber den Ventilator einschalteten, war innerhalb einiger Sekunden die Rauchwolke verschwunden, die Decke wieder sichtbar und

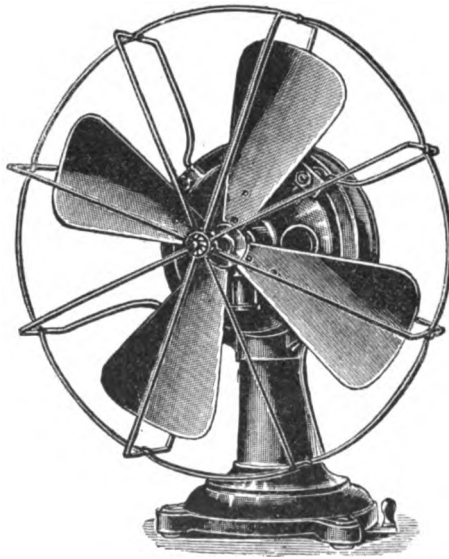


Fig. 1.

der Rauch gleichmäfsig und schwach über das ganze Zimmer verteilt.

Der Ausfall dieser Vorversuche durfte vielleicht erwarten lassen, dafs schon die Anwendung des gewöhnlichen Ventilators an sich, ohne die rotierende Unterlage, eine bessere Desinfektion der unteren Zimmerhälfte verspreche, da ja hierdurch auch der Formaldehyd ziemlich gleichmäfsig im Raum verteilt werden müsse, und sogar, bei tiefer Aufstellung des Ventilators, voraussichtlich eher die untere als die obere Zimmerhälfte besser

wegkommen möchte. Um jedoch möglichst ungetrübt die reine Wirkung der besseren Verteilung, ohne die Komplikation durch die Druckwirkung des Windes zu erkennen, gaben wir in diesen Versuchen dem Wind eine solche Richtung, daß er thunlichst auf Testobjekte nicht unmittelbar auftraf.

Die Erwartungen, welche an diese Versuche geknüpft werden konnten, gingen nicht in Erfüllung. Wie aus Tabelle III, Abteilung I hervorgeht, war die Desinfektionswirkung unter dem Einfluß der einseitig bewegten Luft durchaus nicht besser, sondern im Gegenteil schlechter als in ruhender Luft: einseitig bewegte und ruhende Luft verhielten sich in den Mitteln dreier Versuchsgruppen wie 100 : 134, 100 : 122, 100 : 100 in ihrer Wirksamkeit. Wir haben freilich nur etwa 10 derartige Vergleichsversuche angestellt, und vielleicht würde als Mittel von sehr vielen Versuchen resultieren, daß die einseitige Luftbewegung nicht wesentlich schadet noch nützt. Wir möchten dies dahingestellt sein lassen. Jedenfalls ermutigte uns der Ausfall dieser wenigen Versuche nicht zu einem Weiterarbeiten nach dieser Richtung. Daß hierbei eine geringere Desinfektionswirkung statt haben konnte, möchte folgendermaßen zu erklären sein: Wenn bereits in ruhender Luft die Decke mehr Formaldehyd absorbierte, so wurde noch weit mehr Formaldehyd bei stark bewegter Luft von dem Fußboden und den festen Gegenständen in der Wind-richtung in Beschlag genommen und zwar vielleicht eine so große Menge, daß für den ganzen übrigen Raum zu wenig verblieb; dazu kam noch die Erhöhung der Raumventilation unter dem Einfluß des künstlichen inneren Winddruckes; alles in allem genommen erwies sich daher, ungeachtet einer zweifellos gleichmäßigeren Formaldehydverteilung, die Desinfektionswirkung infolge des einseitigen Innenwindes nicht gesteigert, sondern geschwächt. Übrigens handelte es sich hier stets um Sommerversuche. Vielleicht überwiegt im Winter, im geheizten Zimmer, der Nutzen einer besseren Wärmeverteilung die beregten Nachteile einigermaßen.

Ganz anders gestalteten sich die Resultate, sobald die rotierende Unterlage hinzukam (Fig. 2). Die hierdurch erzielte sehr

günstige Wirkung geht deutlich aus Tabelle III, Abt. II—IV (s. unten) hervor. Man ersieht hieraus, daß die erhöhte Wirkung **thatsächlich** weniger einer besseren Luftmischung als einer vermehrten Luftbewegung, die sich in einem **allseitigen Winddruck und Anprall** der formaldehydhaltigen Luft äußerte, zu verdanken war. Nach Ausweis der Generaltabelle (Versuche Nr. 42, 43, 46, 47, 51 u. s. w.) betraf zudem die gesteigerte Wirkung in ausnehmend günstiger Weise insbesondere auch, wie leicht begreiflich,

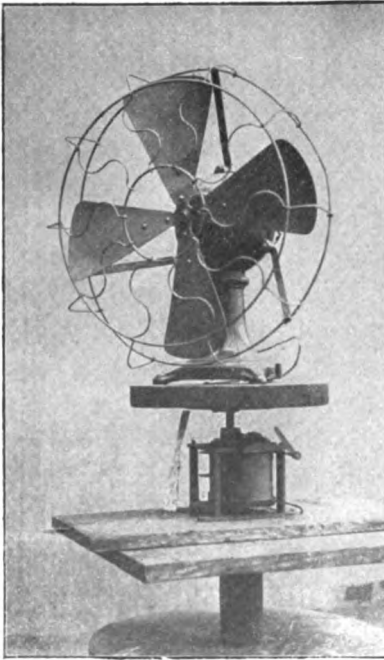


Fig. 2.

gerade die versteckter liegenden Objekte, welche ohne eine derartige Einwirkung kaum zu erreichen sind.

Allerdings, verdampft man nur minimale Mengen von Formalin, von denen man eine Wirkung eigentlich von vornherein nicht erwarten darf, etwa 50 ccm auf 100 cbm, so muß die Wirkung beide Male gleich Null sein. Aus den entsprechenden Versuchen in Tabelle III, Abt. IIa, ist dieses Verhalten ersichtlich. Nimmt man etwas höhere, immer noch gänzlich unzureichende Formalinmengen, so wird man offenbar an einen Punkt gelangen können, wo die Desinfektionswirkung sogar bei ruhender

Luft größer ist als bei allseitig bewegter; dann nämlich, wenn die Konzentration der Formaldehyddämpfe in der ruhenden Luft eben für eine schwache Wirkung ausreicht; für diesen Fall wird *ceteris paribus* in bewegter Luft die Konzentration verringert, indem infolge des inneren Winddrucks die Ventilation des Zimmers gesteigert wird, folglich auch größere Mengen Formaldehyds als in ruhender Luft verlustig gehen, vielleicht so große Mengen, daß die an sich günstige Anprallwirkung

überkompensiert wird. Das ist in der That der Fall. Aus der zweiten Versuchsgruppe in Tabelle III, Abt. II, wobei 100 bis 200 ccm Formalin zur Verwendung kamen, geht unzweideutig die Richtigkeit dieser Anschauung hervor; die ruhende Luft war unter diesen Versuchsbedingungen der allseitig bewegten bedeutend überlegen. Doch schon bei 300, 400, 500 ccm Formalin auf 100 cbm (Gruppe III der gleichen Tabelle), Mengen, wie sie noch weit unter den in der Praxis üblichen liegen, schaffte die Anprallwirkung unverkennbar reichliche, und mehr als reichliche Deckung für den Materialverlust infolge des inneren Winddrucks. Das Wirksamkeitsverhältnis von allseitig bewegter zu ruhender Luft stellt sich für 300, 400, 500 ccm Formalin bezw. auf 100 : 81, 100 : 74, 100 : 49. Während in allseitig bewegter Luft die Milzbrandsporen ausnahmslos oder fast so gut wie ausnahmslos abgetötet wurden (100/100, 98/100, 97/100), war dies in ruhender Luft bei weitem nicht der Fall (81/100, 73/100, 48/100). Das Zimmer war in diesen Versuchen freilich unmöbliert.

Im möblierten Zimmer tritt jedoch der gleiche Unterschied zu Tage (Tabelle III, Abt. II b). Das Wirksamkeitsverhältnis von allseitig bewegter zu ruhender Luft stellte sich hier bezw. auf 100 : 67, 100 : 71, 100 : 36, 100 : 44 für 300, 500, 1000, 1500 ccm Formalin auf 100 cbm. In ruhender bezw. allseitig bewegter Luft wurden die Sporen durch 300 Formalin zu 20/100 bezw. 30/100 abgetötet, weiterhin durch 500 Formalin zu 29/100 bezw. 41/100, durch 1000 Formalin zu 18/100 bezw. 50/100, durch 1500 Formalin endlich zu 41/100 bezw. 93/100.

Vergleicht man die allseitig bewegte Luft mit einseitig bewegter hinsichtlich des Desinfektionsresultats, so ergeben sich für das unmöblierte Zimmer die Verhältniszahlen von 100 : 61, sowohl für 300 wie 400 Formalin (Tabelle III, Abt. III). Für das möblierte Zimmer kann dieser Vergleich, mangels entsprechender Versuche mit einseitiger Windwirkung, nicht gezogen werden; es besteht kein Zweifel, daß hier die Verhältnisse ähnlich liegen.

Wie Abt. IV der Tabelle III erkennen läßt, verhielten sich schliesslich allseitig bewegte, einseitig bewegte und ruhende Luft im unmöblierten Zimmer in ihrer Wirksamkeit wie 100 : 61 : 81 für

300 Formalin, wie 100 : 61 : 74 für 400 Formalin, wie 100 : 100 : 100 für 750 : 1000 : 1250 Formalin.

Vergleicht man nur solche Versuche gesondert unter sich, in welchen die Sporen von gleicher Resistenz waren und durchweg die Wirkung angemessener, mittelgroßer Formalinmengen (1000 ccm Formalin auf 100 cbm) erprobt wurde, so ergibt sich als Resultat auch nichts anderes: Für Sporenmaterial von 1—2 Minuten Dampfesistenz (Tabelle IV, Abt. I) verhält sich ruhende Luft zu allseitig bewegter wie 28/100 : 77/100 in ihrer Wirksamkeit und für Sporen von mindestens 3—4 Minuten Dampfesistenz ähnlich, nämlich zu 7/100 : 22/100. Auf die verschiedene Resistenz der verwendeten Sporen brauchte, wie oben geschehen, keine Rücksicht genommen zu werden, da die Parallelversuche stets mit gleichartigem Sporenmaterial, wie überhaupt unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen angestellt wurden. Wie ferner aus Tabelle V, Abt. I und II, hervorgeht, bestand speciell in den hier zuletzt für 1000 Formalin verglichenen Versuchen im Mittel die gleiche Raumtemperatur; die unterschiedliche Wirksamkeit der Desinfektion in den beiden letzten Parallelgruppen ist somit jedenfalls ausschliesslich auf die einzige Verschiedenheit, den allseitigen künstlichen Innenwind, zurückzuführen.

Für ein Zimmer von 100 cbm nimmt man bisher üblicherweise nicht 1000, sondern ca. 1500 (1600) ccm Formalin bei 3½ Stunden Desinfektionsdauer (vgl. Flügge, citierte Schrift S. 14). Nach unseren Versuchsergebnissen darf man darauf rechnen, mindestens das gleich günstige, wenn nicht ein erheblich besseres Desinfektionsresultat zu erhalten bei Verdampfung schon der Hälfte, wenn nicht eines Drittels der bisher als ausreichend erkannten Formalinmenge, falls man den rotierenden Ventilator benutzt. Um sicherer zu gehen, möchten wir vorläufig 1000 ccm Formalin für 100 cbm Luftraum als Grundzahl bei Benutzung des selbstrotierenden Ventilators ansehen, wohl wissend, daß man dann meistens, bei Desinfektion eines Diphtheriekrankenzimmers z. B., mit einem Überschuss von Formalin arbeiten wird.

In unseren obigen Versuchen hatte der Luftstrom eine Geschwindigkeit von 7—8 m sekundlich, wie sie zufällig unser elektrischer Lundell-Ventilator bot; da das Flügelrad des Ventilators 40 cm im Durchmesser hatte, so wurde in der Minute dabei ein Luftquantum von 53 cbm gefördert; der Elektrizitätsverbrauch war dafür 0,9 Ampère unter 110 Volt Spannung. Der stündliche Betrieb eines solchen Ventilators kommt somit in Berlin, wo die Kilowattstunde 60 Pf. kostet, auf nicht ganz 6 Pf. zu stehen (vgl. A. und H. Wolpert, Die Ventilation, Berlin 1901, S. 590).

Ob eine wesentlich geringere Geschwindigkeit als 7 m in der Sekunde schon eine positive Wirkung hätte erkennen lassen, haben wir nicht untersucht, möchten es aber bezweifeln, da ja eben die Anprallwirkung das hauptsächlich wirksame Moment bildet. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Unterlage kann in weiten Grenzen schwanken; man wird sie aber nicht zu rasch wählen dürfen, um den Luftstrom des Ventilators möglichst in voller Kraft wie bei fehlender Umdrehung der Unterlage zu erhalten. In unseren Versuchen drehte sich die Unterlage in der Regel alle 2—3 Minuten einmal um und das war rasch genug; in einzelnen Fällen wählten wir noch weit weniger Umdrehungen mit ebenfalls befriedigendem Erfolg. Wir haben auf Grund unserer Versuche sogar die Anschauung gewonnen, daß es schon genügen würde, wenn der Ventilator überhaupt während der ganzen Desinfektion nur einige Male sich umdrehen würde.

Das Streben, die Formaldehyddesinfektion durch eine künstliche Luftmischung wirkungsvoller und für alle Teile des Raumes gleichmäßiger zu gestalten, trat schon früher zu Tage. So meint Gehrke¹⁾: »Die Vermutung lag nahe, daß eine energischere Wirkung des Formalins gerade bezüglich des Vermögens in Hohlräume einzudringen, sich erzielen lassen würde, wenn man die Luft des Zimmers und damit die Formaldehyddämpfe in einer dauernden Bewegung erhalten würde. Zu dem Zwecke

1) Gehrke, Versuche über die desinfektorische Wirkung der mit dem Scheringschen Apparat Äskulap erzeugten Formalindämpfe. Deutsche mediz. Wochenschr., 1898, S. 242.

wurde in dem Raum auf einem Tische ein Kosmos-Ventilator mit Wasserbetrieb aufgestellt, der bei einer Förderung von ca. 2 cbm Luft in der Minute den Inhalt des Zimmers in der Stunde ungefähr drei Mal und in den 18 Stunden, während welcher der Ventilator in Betrieb war, die Luft des Zimmers ca. 54 mal durch sich hindurchsaugte. Trotz dieser doch recht energischen Luftbewegung (? M. u. W.) in dem Zimmer war das Resultat nicht verändert. Der Formaldehyd drang nicht weiter in die Röhren ein wie in früheren Versuchen.◀

Öhmichen¹⁾ hatte schon vorher folgenden Versuchsapparat konstruiert: »Ein Metallcylinder von ungefähr $\frac{1}{3}$ cbm Inhalt wurde oben und unten bis auf eine kreisförmige Öffnung von ungefähr 10 cm Durchmesser geschlossen. Diese beiden Öffnungen wurden durch knieförmig gebogene Rohre von gleichem Kaliber, die an der Außenseite des Cylinders entlang liefen, verbunden. Am Boden des Cylinders wurde ein Flügelrad, dessen Durchmesser nur wenig kleiner als der des Cylinders war, angebracht und durch einen kleinen Wassermotor in Bewegung gesetzt. Unterhalb desselben auf einem Roste war Filtrierpapier ausgebreitet, das mit Formalin übergossen werden konnte. Über dem Flügelrad befand sich gleichfalls ein Rost für die Aufnahme der Testobjekte. Durch eine seitlich angebrachte, dicht schließende Thüre konnten die Objekte, ohne dafs zu viel Formalindämpfe entwichen, entnommen und das Filtrierpapier wieder angefeuchtet werden. Wurde der Apparat in Gang gesetzt, so entwickelte sich ein ständiger Luftkreislauf, so dafs die Formalindämpfe immer wieder in Aktion treten konnten.◀

In einer neueren Patentschrift empfiehlt Bengué²⁾, zwecks besserer Verteilung der Formaldehyddämpfe über dem Entwicklungsgefäfs ein Flügelrädchen anzubringen, welches, durch die aufsteigenden heißen Dämpfe in Rotation versetzt, eine bessere seitliche Verteilung besorge.

1) Öhmichen, Beiträge zur Desinfektionslehre. Arbeiten aus dem Kais. Gesundheitsamt, Bd. 11, S. 275, 1895.

2) Bengué, Verteilungsrad für Trioxymethylenvergaser u. dergl. Patentschrift Nr. 108 103.

Wie man sieht, setzt sich keines dieser Verfahren zum Ziel, die unteren Teile des Zimmers einem thatsächlichen künstlichen Luftanprall auszusetzen. Bei der Einrichtung des Gehrkeschen Apparats wurde nicht die Luft des ganzen Zimmers hindurchgesaugt, sondern nur die Luft in der Mitte des Zimmers trat in Cirkulation, jedenfalls erfolgte keine energische Luftbewegung auf die Wände selbst und vielleicht auch nicht auf einen Teil der Wände, da der Ventilator sehr schwach war. Immerhin ist zuzugeben, daß bis zu einem gewissen Grade eine bessere Luftmischung erreicht wurde ähnlich, wenn auch weniger stark als mit unserer Einrichtung ohne Rotation, womit wir ja ebenfalls keine bessere Wirkung erzielten. Die Laboratoriumsversuche von Öhmichen lassen sich nicht unmittelbar auf Ausführung der Desinfektion in Wohnräumen übertragen, auch gewinnen wir aus seinen Versuchsergebnissen nicht die Überzeugung, daß durch die Luftbewegung eine verstärkte Wirkung eingetreten sei. Versuche mit Bengués Einrichtung sind uns nicht bekannt; wir möchten dieselbe nicht ernst nehmen.

Wenn wir mit dem selbstrotierenden Ventilator auch bessere Resultate als bei der üblichen Desinfektionsausführung erzielten bzw. bei Erreichung des gleichen Resultats wesentliche Mengen an Formalin sparen konnten und somit die Anwendung des rotierenden Ventilators durchaus empfehlenswert finden, so werden doch äußere Schwierigkeiten in der Praxis häufig, wenn nicht meistens, dazu führen, auf diesen Vorteil verzichten zu müssen. Wie wir gesehen haben, erreicht man aber eine ähnliche Aufbesserung der Desinfektionswirkung durch Erhöhung der Konzentration der Formaldehyddämpfe und Anwärmen des Raumes. Aber in manchen Fällen, wo, wie in zahlreichen Krankenhäusern, Motor und Kraft zur Verfügung stehen und viel darauf ankommt, den Raum bald wieder zu belegen, wird man gerne mit möglichst kleinen Formalinmengen auszukommen suchen und dann den Apparat (Fig. 2) mit besonderem Vorteil benutzen. Vor allem empfiehlt sich ein Ventilator, wenn auch ohne rotierende Unterlage (Fig. 1), auch zur raschen und energischen Vertreibung der Formalindämpfe nach Abschluß der Desinfektion; man stellt dann den Ventilator

in zweckmässigster Weise nicht etwa in das Fenster, welches Vorgehen vielleicht am nächsten liegen könnte, sondern in die Nähe der dem Fenster gegenüberliegenden Wand, etwa auf einen Tisch auf und läßt ihn gegen das geöffnete Fenster nach aussen blasen; die Thür wird währenddessen zweckmässig geschlossen gehalten.

In gewissen besonderen Fällen wird die Anwendung des rotierenden Ventilators so zu sagen unentbehrlich sein, nämlich in den Fällen, wo es sich um die Desinfektion aufsergewöhnlich hoher Räume handelt; als solche können beispielsweise in Betracht kommen die in Berlin wenigstens sehr hohen Schlafstellen der städtischen Asyle für Obdachlose oder Turnhallen, Exerzierhäuser etc., die im Falle der Not eventuell als Seuchenlazarette benutzt werden. Noch mehr als bei gewöhnlichen Wohnräumen ist in solchen Fällen die Desinfektion der Decken und des oberen Raumteils von äußerst geringem Belang, um so mehr aber jene im untersten Abschnitt des Raumes, vom Fußboden an bis etwa zur Kopfhöhe. Mit Hilfe des selbstrotierenden Ventilators wird es möglich sein, diesen Teil des Raumes allseitig von den Formaldehyddämpfen erreichen zu lassen, welche andernfalls nur die Decke und den obersten Raumteil treffen und alsbald zum großen Teil durch Undichtigkeiten in Firsten etc. entweichen.

Tabelle I. Generaltabelle.

Vorbemerkungen.

Die Desinfektionsdauer betrug stets $3\frac{1}{2}$ Stunden, wo nichts anderes bemerkt. Der Raum hatte 109 cbm Inhalt (4,75 m Höhe, 2,32 m Breite, 6,90 m Tiefe). Die Testobjekte wurden an folgenden Stellen des Zimmers exponiert (+ = positives Wachstum, 0 = kein Wachstum, ? = Wachstum fraglich, — = Objekt nicht ausgelegt):

- Platz 1 = Fußboden dicht am Fenster (unter dem Fensterbrett)
- 1 = unbedecktes Objekt
 - 1' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
 - 2 = Fenster-Vorhang, Innenseite, in Kopfhöhe
 - 2 = unbedecktes Objekt
 - 2' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
 - 3 = Fenster-Vorhang, Außenseite (in Kopfhöhe)
 - 3 = unbedecktes Objekt
 - 3' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
 - 4 = Fußboden in der Nähe der Thür
 - 4 = unbedecktes Objekt
 - 4' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)

- Platz 5 = Innenwand in Kopfhöhe
5 = unbedecktes Objekt
5' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
- 6 = Innenwand nahe der Decke
6 = unbedecktes Objekt
6' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
 - 7 = Fußboden inmitten des Zimmers, ca. $3\frac{1}{2}$ m vom Fenster
7 = unbedecktes Objekt
7' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
 - 8 = Fußboden in der Nähe des Fensters, ca. $1\frac{1}{2}$ m davon entfernt
8 = unbedecktes Objekt
8' = bedecktes Objekt (in Filtrierpapier)
 - 9 = Fußboden unter Bett, Kopfende, gegen Zimmer zu (unbedeckt wie ff.)
 - 10 = Fußboden unter Nachttisch
 - 11 = Auf Bett, Kopfende
 - 12 = Im Schubladenfach des Nachttisches (die Schublade selbst ist entfernt)
 - 13 = Mitte der Tischschublade, von welcher $\frac{1}{3}$ ausgezogen ist; Platz also von der Tischplatte überdeckt
 - 14 = Auf dem unteren Brett einer zweiteiligen, über dem Tisch angebrachten Wandkonsole
 - 15 = Auf der Vorderkante eines Kleiderschranks
 - 16 = Fußboden unter Bett, Kopfende, gegen die Wand zu
 - 17 = Fußboden unter der Mitte des Betts
 - 18 = Fußboden unter dem Fußende des Betts, Innenseite
 - 19 = Fußboden unter dem Fußende des Betts, Außenseite
 - 20 = Nachttisch, Aufsenfläche, Platte unterhalb des Schubladenfachs
 - 21 = Nachttisch Innenfläche, oberes Brett (Thür offen)
 - 22 = Nachttisch Innenfläche, Boden (Thür offen)
 - 23 = Hinten in der Tischschublade, von der $\frac{1}{3}$ ausgezogen ist; Platz also von der Tischplatte überdeckt
 - 24 = Mitten unter dem Tisch
 - 25 = Mitten unter dem Kleiderschrank
 - 26 = Innen im Kleiderschrank, unten (Thür offen)
 - 27 = Innen im Kleiderschrank, oben (Thür offen)
 - 28 = Im nächsten Umkreis des Ofens (auf dem Fußboden)
 - 29 = Im nächsten Umkreis des Ofens (auf dem Fußboden)
 - 30 = Im nächsten Umkreis des Ofens (auf einem Stuhl)
 - 31 = Im nächsten Umkreis des Ofens (auf einem Stuhl).

In einzelnen Fällen setzten wir gleichzeitig in Drahtgaze-Behältern, die mitten im Zimmer auf einen Stuhl gestellt wurden, der Formaldehyd-wirkung auch aus: Mäuse (Hausmäuse), Fliegen, Schmetterlinge, Flöhe, Wanzen u. dergl. Durch ein Guckfensterchen in der Thür (eingekittetes Uhr-glas) konnten Zimmer und Zimmerinhalt, Flammen u. s. w., in einem Teil der Versuche auch ein Thermometer und Hygrometer beobachtet werden.

Tabelle I. Generaltabelle.
Trockene Sommerversuche.

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalin- menge	Wasser- menge	Milzbrand nach Tagen:	Fuß-			
						Am Fenster		Unweit Fensters	
						frei (1)	be- deckt (1')	frei (8)	be- deckt (8')
1	19. Juni (Dienstag)	Ohne Wind	330 Pastillen (à 1 g)	0	Nach 1 Tag	+	+	+	+
2	20. Juni (Mittwoch)	Ohne Wind	330 Pastillen (à 1 g)	0	Nach 1 Tag	+	+	+	+
3	22. Juni (Freitag)	Ohne Wind	330 Pastillen (à 1 g)	0	Nach 1 Tag	+	+	+	+

Da in den Versuchen 1—3 unter den gewählten Versuchsbedingungen (3 Pastillen pro cbm Raum) in keinem Fall eine auch nur schwache Desinfektionswirkung erfolgte, eine Steigerung der aufzuwendenden Formalinpastillen aber in Anbetracht der großen Zahl von Versuchen zu hohe Kosten verursacht und das Verdampfen von Wasser wohl doch nicht hätte ersparen lassen, so wurden die Versuche von Nr. 4 ab sämtlich mit Verdampfung von Formalinlösung und Wasser angestellt. Ein besonderes Gewicht mußte auf die Vertreibung des dem Zimmer nach dem Versuch anhaftenden Formalingeruchs gelegt werden, damit der folgende Versuch nicht beeinflusst wurde; in den Fällen, wo am nächsten Tag noch ein deutlicher Formalingeruch wahrzunehmen war, wurde der etwa geplante Versuch in der Regel verschoben, bezw. ein »blinder Versuch« eingeschaltet (vgl. Nr. 20).

Tabelle I. Abteilung II.
Feuchte Sommerversuche. Große

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	For- malin- menge	Wasser- menge	Milzbrand nach Tagen:	Fuß-			
						Am Fenster		Unweit Fensters	
						frei (1)	be- deckt (1')	frei (8)	be- deckt (8')
4	26. Juni (Dienstag)	Ohne Wind	1500 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0
			Formalin	Wasser	nach 3 Tagen	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0
5	27. Juni (Mittwoch)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	750 ccm	1500 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0
			Formalin	Wasser	nach 3 Tagen	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0
6	28. Juni (Donnerstag)	Mit Wind, nach einer Richtung	1000 ccm	1000 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0
			Formalin	Wasser	nach 3 Tagen	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0
7	29. Juni (Freitag)	Ohne Wind	1000 ccm	1000 ccm	Nach 1 Tag	0	0	0	0
			Formalin	Wasser	nach 3 Tagen	0	0	0	0
					» 6 »	0	0	0	0

Abteilung I. Versuche Nr. 1—3.

Testobjekte: Milzbrand.

boden				Kopfhöhe						Decke		Bemerkungen
Mitte Zimmers		An der Thür		Hinter Vorhang		Vor dem Vorhang		An der Thür		An der Decke		
frei (7)	be- deckt (7')	frei (4)	be- deckt (4')	frei (3)	be- deckt (3')	frei (2)	be- deckt (2')	frei (5)	be- deckt (5')	frei (6)	be- deckt (6')	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Desinfektion wirksam in keinem Fall.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Desinfektion wirksam in keinem Fall.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Desinfektion wirksam in keinem Fall.

Vertreibung des Formalingeruchs nach beendeter Desinfektion, in Versuch Nr. 1—3 und 8—17: 1 Stunde mit Ventilator gelüftet, kein NH₃ entwickelt. Nr. 4—7: Nach Versuch Testobjekte eingesammelt, 1/4 Stunde mit Ventilator gelüftet, 3/4 Stunde die entsprechende Menge NH₃ aus Lösung entwickelt und einwirken gelassen, 1/4 Stunde nochmals mit Ventilator gelüftet. Nr. 18 ff.: Nach Versuch Testobjekte eingesammelt, 1/2 Stunde mit Ventilator gelüftet, 1/4 Stunde unter Zugabe von 10 g Lavendelöl aus Ammoniumcarbonat Ammoniak im Übermaß entwickelt und alsdann 1/4 Stunde mit rotierendem, bezw. rotierendem Ventilator allseitig verteilt, hierauf Thür und Fenster geöffnet und über Nacht offen belassen, um den nächsten Versuch auch nicht durch Ammoniak zu schädigen. (Selbstrotierender Ventilator von Nr. 47 ab in Benutzung.)

Versuche Nr. 4—7.

Formalinmengen. Testobjekte: Milzbrand.

boden				Kopfhöhe						Decke		Bemerkungen
Mitte Zimmers		An der Thür		Hinter Vorhang		Vor dem Vorhang		An der Thür		An der Decke		
frei (7)	be- deckt (7')	frei (4)	be- deckt (4')	frei (3)	be- deckt (3')	frei (2)	be- deckt (2')	frei (5)	be- deckt (5')	frei (6)	be- deckt (6')	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Desinfektion wirksam in allen Fällen. Eingesetzte Maus (I) bleibt am Leben, doch ihre Atmung ist mehrere Tage gestört. Fenster beschlagen.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Desinfektion wirksam in allen Fällen. Eingesetzte Maus (II) bleibt am Leben und ist völlig mobil.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Desinfektion wirksam in allen Fällen. Eingesetzte Maus (III) bleibt völlig mobil; große Fliege (=Brummer-) ist tot; Nachschmetterling lebt, aber Motilität gestört.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Desinfektion wirksam in allen Fällen.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

In den Versuchen 4—5 wurden getrennt, je in einem Topf, 1500 ccm Formalin und 1500 ccm Wasser, in 6—7 je 1000 Formalin und 1000 Wasser verdampft. Die Desinfektion war in allen Fällen eine vollkommene. Daher wurde, von Versuch 8 an, zu kleineren Formalinmengen übergegangen.

Bemerkenswert ist in Nr. 4—6 (wie unten in Nr. 14, 15, 16, 17, 18, 21, 31, 36) die geringe Schädigung von Tieren durch den Formaldehyd.

Der elektrische Ventilator, inmitten des Zimmers aufgestellt, war zunächst auf einer, von Hand mittels Schnüren durch das Schlüsselloch hindurch drehbaren runden Scheibe montiert und wurde in den entsprechenden Versuchen (Nr. 5, 6, 10, 11, 12, 14, 15 u. s. w.) eine Stunde nach Beginn, d. h. alsbald nach Erlöschen der gewöhnlich ca 45—50 Minuten brennenden Flammen, eingeschaltet und bis zum Schluss, d. i. 2 1/2 Stunden in Betrieb belassen. Wo der Ventilator abwechselnd nach verschiedenen Richtungen wirken sollte, wie in Nr. 5, 12, 14 u. s. w., wurde ihm viertelstündlich durch Ziehen an den Schnüren eine andere Richtung gegeben, so daß der künstliche Wind thunlichst gleichmäÙig im vollen Umkreis unmittelbar durch Anprall wirkte. Sollte der Wind nur

Tabelle I. Abteilung III.
Feuchte Sommerversuche. Kleine

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalin- menge	Wasser- menge	Milzbrand nach Tagen	Fuß-					
						Am Fenster		Unweit Fen- sters		Mitte Zim- mers	
						1	1'	8	8'	7	7'
8	2. Juli (Montag)	Ohne Wind	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	+	+	—	—	—	—
					nach 2 Tagen	+	+	—	—	—	—
					„ 3 „	+	+	—	—	—	—
					„ 5 „	+	+	—	—	—	—
9	3. Juli (Dienstag)	Ohne Wind	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	+	0	?	0	0	0
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
					„ 3 „	+	+	+	+	+	+
					„ 5 „	+	+	+	+	+	+
10	4. Juli (Mittwoch)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	400 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
					„ 3 „	0	0	0	0	0	0
					„ 5 „	0	0	0	0	0	0
11	5. Juli (Donnerstag)	Mit Wind, nach einer Richtung	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	?	0	0
					„ 3 „	0	0	0	+	0	0
					„ 5 „	0	0	0	+	0	0
12	6. Juli (Freitag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
					„ 3 „	0	0	0	0	0	0
					„ 5 „	0	0	0	0	0	0

nach einer Richtung hin blasen, wie in Nr. 6, 10, 11, 15 u. s. w., wo nämlich nur eine bessere Verteilung ohne die Anprallwirkung bezweckt war, wurde er so gerichtet, daß er auf Testobjekte nicht unmittelbar auftraf. Die Drehvorrichtung mittels Schnüren erwies sich, wie vorausgesehen war, als mangelhaft; sie versagte zuweilen ganz, wie im Verlaufe von Nr. 43 u. 45, wo die Windrichtung infolge Festhakens oder Verschlingens der Schnur mit einem Male nicht mehr gewechselt werden konnte; sie wurde auch nur anfänglich, der geringen Kosten halber, gewählt und von Nr. 47 ab durch einen vollkommenen Mechanismus, wie er von Anbeginn im Programm lag, ersetzt: Der Ventilator wurde auf einer mittels Uhrwerks in Rotation versetzten Unterlage montiert, welche sich selbstthätig alle 3 Minuten einmal umdrehte; er stand in Nr. 1—18 auf einem Tisch und wurde in 19—46 zweckmäßig tiefer, auf einen Stuhl gestellt; von Nr. 47 ab stand das Uhrwerk, welches den Ventilator alsdann trug, unmittelbar auf dem Fußboden. Als Windgeschwindigkeit wurde stets, wo nichts Anderes angegeben, die maximal mit dem betr. Ventilator erreichbare, etwa 7(—8) m in der Sekunde gewählt; der Flügeldurchmesser des Ventilators betrug 40 cm.

Versuche Nr. 8—34.

Formallmengen. Testobjekte: Milzbrand.

boden		Kopfhöhe				Decke		Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen						
An der Thür		Hinter Vorhang		Vordem Vorhang		An der Thür		An der Decke			Anfang				Ende			Maximum		
4	4'	3	3'	2	2'	5	5'	6	6'	Anfang	Ende	Maximum	Anfang		Ende	Maximum				
0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 4 von 12 Fällen (33/100).				
+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 10 von 16 Fällen (62/100).				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 16 von 16 Fällen (100/100).				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 15 von 16 Fällen (94/100).				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 16 von 16 Fällen (100/100).				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—					

boden		Kopfhöhe						Decke		Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
An der Thür		Hinter Vorhang		Vordem Vorhang		An der Thür		An der Decke		Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
4	4'	3	3'	2	2'	5	5'	6	6'							
0	?	0	+	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 8 von 16 Fällen (50/100). Von 11 Fliegen bleiben 6 am Leben; 1 Motte tot.
+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 15 von 16 Fällen (94/100). Von 17 Fliegen blieben 5 am Leben (leben auch nächsten Morgen noch); 4 Wanzen bleiben am Leben (leben auch nächsten Morgen noch).
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 8 von 16 Fällen (50/100). Von 2 Fliegen, andere als gestern, bleibt eine am Leben; 4 Wanzen, dieselben wie gestern, bleiben am Leben.
0	0	+	0	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	+	0	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	+	0	+	+	+	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 11 von 16 Fällen (69/100). Von 8 Fliegen bleibt keine am Leben; 4 Wanzen, dieselben wie vorher, bleiben am Leben, 3 neue Wanzen bleiben ebenfalls am Leben.
0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 12 von 16 Fällen (75/100). Die 7 bisherigen Wanzen bleiben am Leben.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 15 von 16 Fällen (94/100). Die 7 bisherigen Wanzen bleiben am Leben. Zwei Schmetterlinge, Kohlweissling u. Mauerfuchs, fliegen am Schluss des Versuchs haushoch zum Fenster hinaus.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	Desinfektion wirksam in 16 von 16 Fällen (100/100). Desodorierung, wie schon in Versuch 18, mit 200 g Ammoniumkarbonat: es riecht jedoch am Mittwoch Vormittag noch etwas nach Formalin.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—	
+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	25.5	26.0	26.0	45	44	45	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Blinder Versuch zur Kontrolle.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.7	27.2	30.0	45	66	79	Desinfektion wirksam in 13 von 16 Fällen (81/100). 1 Floh u. 1 Käfer bleiben am Leben, doch Motilität gestört. Desodorierung wirksam mit 300 g Ammon. carbonic.
0	0	0	?	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							

190 Über die Verstärkung der Desinfektionswirkung des Formaldehyds etc.

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalin- menge	Wasser- menge	Milzbrand nach Tagen	Fuß-					
						Am Fenster		Unweit Fen- sters		Mitte Zim- mers	
						1	1'	8	8'	7	7'
22	20. Juli (Freitag)	Ohne Wind	200 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	+	+	+
					„ 3 „	0	0	0	+	+	+
					„ 5 „	0	0	0	+	+	+
23	23. Juli (Montag)	Ohne Wind	100 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	+	+	+	0	+	?
					„ 3 „	+	+	+	0	+	+
					„ 5 „	+	+	+	0	+	+
24	24. Juli (Dienstag)	Ohne Wind	50 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	+	+	+	+	+	+
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
25	25. Juli (Mittwoch)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	50 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	+	+	+	+	+	+
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
26	26. Juli (Donnerstag)	Ohne Wind	50 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
					„ 3 „	+	+	+	+	+	+
27	27. Juli (Freitag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	50 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
					„ 3 „	+	+	+	+	+	+
28	30. Juli (Montag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	300 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
					„ 3 „	0	0	0	0	0	0
					„ 5 „	0	0	0	0	0	0
29	31. Juli (Dienstag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	200 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	0	0
					„ 3 „	0	0	0	0	0	0
					„ 5 „	0	0	0	0	0	0
30	1. August (Mittwoch)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	100 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
					„ 3 „	+	+	+	+	+	+
31	2. August (Donnerstag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	200 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	+
					„ 3 „	+	+	+	+	+	+
					„ 5 „	+	+	+	+	+	+

boden		Kopfhöhe					Decke		Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen	
An der Thür		Hinter Vorhang		Vordem Vorhang		An der Thür		An der Decke	Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum		
4	4'	3	3'	2	2'	5	5'	6	6'							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,8	28,3	31,9	45	66	79	Desinfektion wirksam in 11 von 16 Fällen (69/100). Desodorierung wie gestern mit 300 g Ammon. carbonic. (4×75 Ammon. carbonic., 4×2,5 Ol. Lavand.; Spiritusverbrauch 4×100.)
0	0	+	0	+	0	0	0	0	0							
0	0	+	0	+	0	0	0	0	0							
0	0	+	0	+	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,8	27,4	31,2	58	74	77	Desinfektion wirksam in 9 von 16 Fällen (56/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic., wie zuvor. Am nächsten Morgen ist ein schwacher, nicht unangenehmer Lavendelgeruch bemerkbar.
+	0	0	0	0	0	0	0	0	+							
+	0	0	0	0	0	0	0	0	+							
+	0	0	0	0	0	0	0	0	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	25,9	26,9	30,2	60	73	78	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.; nächsten Morgen kein Geruch nach F., auch nicht nach NH ₃ , nur schwach nach Lavendelöl.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	26,0	28,0	30,9	51	76	79	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	27,8	28,8	30,9	60	74	80	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	26,1	30,0	31,7	52	70	76	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26,0	27,7	30,9	53	71	79	Desinfektion wirksam in 16 von 16 Fällen (100/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,5	26,3	30,1	50	64	76	Desinfektion wirksam in 14 von 16 Fällen (88/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	0	0	+	+	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	+	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	+	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,0	26,7	30,0	46	66	74	Desinfektion wirksam in 0 von 16 Fällen (0/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	0	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,8	24,9	26,6	54	72	81	Desinfektion wirksam in 5 von 16 Fällen (31/100). 1 Floh ist tot; 2 Schmetterlinge, Pfauenauge und Nachtfalter, sind munter. Desodorierung wie zuvor.
+	+	+	+	0	0	0	+	0	0							
+	+	+	+	0	0	0	+	0	0							
+	+	+	+	0	0	0	+	0	0							

192 Über die Verstärkung der Desinfektionswirkung des Formaldehyds etc.

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalin- menge	Wasser- menge	Milzbrand nach Tagen	Fufs.					
						Am Fenster		Unweit Fen- sters		Mitte Zim- mers	
						1	1'	8	8'	7	7'
32	3. August (Freitag)	Ohne Wind	200 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	+	+
					„ 3 „	0	0	0	0	+	+
					„ 5 „	0	0	0	0	+	+
33	4. August (Sonnabend)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	200 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	0
					nach 2 Tagen	+	+	+	+	+	0
					„ 3 „	+	+	+	+	+	+
					„ 5 „	+	+	+	+	+	+
34	6. August (Montag)	Ohne Wind	300 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tag	0	0	0	0	0	?
					nach 2 Tagen	0	0	0	0	+	+
					„ 3 „	0	0	0	0	+	+
					„ 5 „	0	0	0	0	+	+

In den Versuchen 8—34 wurden kleinere Formalinmengen, nämlich 50 bis 500 ccm des 40 proz. Formalins, das sind 20 bis 200 g Formaldehyd auf die rund 110 cbm Luft-raum probiert; das macht pro cbm 0,45 bis 4,5 ccm Formalin oder 0,18 bis 1,8 g Formaldehyd. Nr. 20 ist als blinder Versuch eingeschoben und zeigt, daß die vom vorhergehenden Versuch zurückgebliebenen Spuren von Formaldehyd zu geringfügig waren, um eine desinfektorische Wirkung auszuüben, obgleich ein deutlicher Formalingeruch vorhanden war.

In den Versuchen von Nr. 8 ab erfolgte die Verdampfung der Flüssigkeit, auf 4 Portionen verteilt, in 4 (Emaill-) Töpfen mittels untergestellter 4 Spiritus-Vergasungs-brenner. Die Spiritusmenge wurde so bemessen, daß die Flamme schliesslich noch kurze Zeit unter dem leeren Topf brannte; hierzu waren im allgemeinen 180 ccm auf höchstens je 625 ccm der zu verdampfenden Flüssigkeit erforderlich. In Nr. 8 kamen z. B. 4×180 ccm Spiritus auf 4×375 Wasser und 4×125 Formalin. Stets wurde erst das Wasser zum Kochen gebracht, dann das Formalin zugegeben, und die Anfangszeit des Versuchs von da ab gerechnet, nachdem die Formalinlösung unter Schäumen zu kochen begonnen hatte, und nächst dem die Thür geschlossen und verklebt wurde; nach 32, bzw. 38, 39, 42 Minuten war in Versuch 8 alle Flüssigkeit verdampft und die Flammen erloschen nach 44, 49, 51, 57 Minuten, ähnlich in den übrigen Versuchen. Zur Desodorierung wurde von Nr. 16 ab in denselben Töpfen am Schlufs der Desinfektion mittels derselben Brenner Ammoniumcarbonat in NH_3 und CO_2 zerlegt; meistens kamen unter Zugabe von 4×2 bis 4×5 g Lavendelöl $4 \times 75 = 300$ g Ammoniumcarbonat mittels 4×100 ccm Spiritus zur Verdampfung.

Von Nr. 20 ab wurden Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft in Kopfhöhe durch das Guckfensterchen beobachtet, in der Regel während der ersten Hälfte des Versuchs alle fünf Minuten und nachher viertelstündlich. Stets veränderten

boden		Kopfhöhe				Decke		Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen		
An der Thür		Hinter Vorhang		Vordem Vorhang		An der Thür		An der Decke		Anfang	Ende	Maximum	Anfang		Ende	Maximum
4	4'	3	3'	2	2'	5	5'	6	6'							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23,9	28,0	28,6	53		53	80
+	+	0	0	0	0	0	0	0	0							
+	+	0	0	0	0	0	0	0	0							
+	+	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	+	+	+	0	0	0	0	24,0	28,3	28,3	58	50	77	Desinfektion wirksam in 5 von 16 Fällen (31/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
+	+	0	+	+	+	0	0	0	0							
+	+	0	+	+	+	0	0	0	0							
+	+	0	+	+	+	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,1	23,2	27,2	51	73	80	Desinfektion wirksam in 11 von 16 Fällen (61/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	+	?	0	0	0	0	0	0	0							
0	+	+	0	0	+	0	0	0	0							
0	+	+	0	0	+	0	0	0	0							

sich Temperatur und relative Feuchtigkeit unter dem Einfluss der Verdampfung typisch in folgender Weise: 1. Versuche ohne Wind. a) Temperatur. Innerhalb 40—45 Minuten rascher Anstieg zum Maximum (Nr. 21, in 45 Minuten von 25.7 auf 30.0°; Nr. 22, in 40 Minuten von 26.8 auf 31.9° u. s. w.), dann langsamer stetiger Abfall bis Schlufs (Nr. 21 am Schlufs 27.2°, Nr. 22 am Schlufs 28.3°). b) Relative Feuchtigkeit. Innerhalb 25—30 Minuten sehr rascher Anstieg zu einem Maximum (Nr. 21 in 30 Minuten von 45 auf 79%; Nr. 22 in 25 Minuten von 45 auf 79%), innerhalb weiterer 25—30 Minuten stetiger Abfall (Nr. 21 nach 55 Minuten 70%, Nr. 22 nach 55 Minuten 68%), alsdann innerhalb weiterer 50 Minuten wieder allmählicher Anstieg zu einem zweiten, jedoch weniger hohen Maximum (Nr. 21 nach 105 Minuten 74%, Nr. 22 nach 105 Minuten 72%), und im weiteren Verlauf wieder langsamer Abfall (Nr. 21 am Schlufs 66%, Nr. 22 am Schlufs 66% u. s. w.). 2. Versuche mit Wind, der 1 Stunde nach Beginn eingeschaltet wird. a) Temperatur. Mit Einsetzen des Windes verläuft die Temperaturkurve concav nach unten, und bereits von 30 bzw. 90 Minuten ab annähernd als gerade Linie weiter bis zum Schlufs des Versuchs (Nr. 25 Anfang 26.0°, nach 45 Minuten 30.9° als Maximum, nach 60 Minuten 29.6°, nach 65 Minuten 28.8°, nach 75 Minuten 28.2°, nach 90 Minuten 28.0°, Schlufs 28.0°). b) Relative Feuchtigkeit. Innerhalb der zweiten Stunde Anstieg zu einem zweiten, noch höheren Maximum, sonst wie ohne Wind, vgl. 1 b (Nr. 25 Anfang 51%, nach 25 Minuten 79% erstes Maximum, nach 45 Minuten 75%, nach 105 Minuten 83% zweites Maximum, Schlufs d. i. nach 210 Minuten 76%; genau analog auch sonst, z. B. Versuch 27, 28, 29 u. s. w.).

In mehreren Versuchen wurden ausserdem Temperatur und relative Feuchtigkeit, mittels selbstregistrierender Instrumente an der Decke und auf dem Fussboden aufgeschrieben; an Decke in Nr. 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41; auf dem Fussboden in Nr. 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51 (gleichzeitige Aufzeichnungen oben und unten konnten nicht gemacht werden, da die

194 Über die Verstärkung der Desinfektionswirkung des Formaldehyds etc.

Instrumente nur in je einem Exemplar vorhanden waren). Aus den so gewonnenen Kurven ist folgendes ersichtlich: Die Decken-Temperatur fällt nach Einsetzen des Windes rascher ab als bei ausbleibendem Wind, und die relative Luftfeuchtigkeit an der Decke steigt gleichzeitig wesentlich höher an. Die Temperatur der Fußbodenluft dagegen erreicht rascher nach Einsetzen des Windes als bei ausbleibendem Wind ein höheres Maximum, die höhere Temperatur hält etwa eine Stunde an. Die Feuchtigkeitskurve des windfreien Versuchs auf dem Fußboden verläuft zunächst in den ersten 60 Minuten, infolge der Verdampfung, konvex nach oben, flacht sich dann vorübergehend ab (60ste bis 90ste Minute fast horizontal!), steigt wiederum bis zum Schluss konvex an, wobei die Prozentzunahmen in der Zeiteinheit immer kleiner werden; auf den ersten Blick bietet sie das Bild einer regelmäßigen konvexen Linie, bei näherem Zusehen erkennt man in der Mitte eine kleine Abflachung. Die entsprechende Fußbodenkurve für die relative Feuchtigkeit im Windversuch dagegen steigt ganz im Gegenteil sofort

Tabelle I. Abteilung IV.
Feuchte Sommerversuche. Kleine Formalin-

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Wachstum nach Tagen	Platz 1, Fußboden am Fenster				Platz 7, Fußboden in Mitte Zimmers				Platz 8, Fußboden unweit Fensters				Platz 9, Fußboden unter Bett			
						Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Staph.
35	11. Aug. (Sonnabend)	Ohne Wind	300 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
					› 3 ›	0	+	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
					› 6 ›	0	+	0	0	+	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
36	13. Aug. (Montag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	300 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
					› 3 ›	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
					› 6 ›	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0
37	15. Aug. (Mittwoch)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-
					› 3 ›	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-
					› 6 ›	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-
38	16. Aug. (Donnerstag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-
					› 3 ›	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-
					› 6 ›	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-

Von Versuch 35 ab (11. August 1900) ist das bisher unmöblierte Zimmer reichlich möbliert. Im Versuch 35 und 36 wurden neben Milzbrand auch Typhus, Diphtherie und Staphylococcus ausgelegt. 300 ccm Formalin auf 110 cbm Luftraum genügten bei mäßig hoher, sommerlicher Lufttemperatur zur Abtötung von Typh., Diphth. und Staph. an allen, oder vielmehr so gut wie allen Plätzen; Anthrax dagegen wurde fast nirgends, an keinem einzigen Platz in der unteren Zimmer.

bei Einsetzen des Windes fast senkrecht an und erreicht schon nach fünf Minuten ihre maximale Höhe, verläuft dann horizontal bis zum Schluss der Desinfektion.

Hinsichtlich des selbstrotierenden Ventilators (Fig. 2, S. 176) sei hier nachgetragen: Der untere Teil von Fig. 2, ein verstellbarer Tisch, hat bei der photographischen Aufnahme als Ständer gedient und ist versenktlich mit auf die Abbildung gekommen. Wesentlich sind: Das auf einem Brett montierte Uhrwerk, welches Uhrwerk den auf die runde Scheibe aufgeschraubten Ventilator trägt; links neben dem Uhrwerk ist ein Schleifkontakt zu sehen. Der für die Versuche verwendete, in dem kugelförmigen Gehäuse geborgene elektrische Motor war für 100 Volt, die Spannung der Berliner Hausleitung, gewickelt. Für die Zwecke der Desinfektions-Praxis eignen sich im allgemeinen mehr solche Apparate, welche für Accumulatoren-Betrieb bestimmt, also etwa für 10—12 Volt gewickelt sind und ebenfalls Vorzügliches leisten, wie sich der Eine von uns in zahlreichen Versuchen überzeugt hat. (A. a. O. S. 104 u. 588 ff.)

Versuche Nr. 35—38.

mengen. Verschiedene Infektionserreger.

Platz 10, Fußboden unter Nachtisch			Platz 11, Auf dem Bett			Platz 12, In Schub- ladenfach des Nacht- tisches			Platz 13, In Schub- lade des Tisches			Platz 14, Auf einer Wand- konsole			Platz 15, Auf einem Schrank			Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
Typhus	Milzbr.	Diphth.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Typhus	Milzbr.	Diphth.	Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	20,7	21,3	24,4	66	80	89	
0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	20,2	21,3	24,2	63	83	89	Desinfektion wirk- sam in 33 von 40 Fällen (83/100). 1 Schmetterling, Pflaumenauge, bleibt leben. De- sodorierung wie zuvor.
0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0							
-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0	19,4	20,8	-	72	93	-	Desinfektion wirk- sam in allen Fällen (100/100). Desodorierung mit 300g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0							
-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0							
-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0	20,8	22,0	23,0	72	93	94	Desinfektion wirk- sam in allen Fällen (100/100). Desodorierung mit 300g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0							
-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0							

hälfte abgetötet. Eine sichere Abtötung des letzteren, in ausnahmslos allen Fällen, wurde in Nr. 37 und 38 durch 1000 ccm Formalin erreicht; selbstverständlich wären dabei auch jene ersteren Infektionserreger ausnahmslos abgetötet worden, ihre Auslage erschien entbehrlich.

Die Wirksamkeit der Desinfektion, nur auf Milzbrand bezogen, wie in den vorausgehenden und folgenden Versuchen, betrug 20/100 in Nr. 35 (ohne Wind), und 30/100 in Nr. 36 (mit Wind).

Tabelle I. Abteilung V.
Feuchte Winterversuche. Ungeheiztes Zimmer.

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalin- menge	Wasser- menge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster	Mitte des Fußbodens	Fußbod. unweit Fenst.	Unter Bett	Unter Nachttisch	Auf Bett	In Nachttisch-Schubl.	In Tischschublade	Auf Wandkonsole	Auf Kleiderschrank	Unter Bett	Unter Bett
						1	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
						39	16. Okt. (Dienstag)	Ohne Wind	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	0 0 0	0 0 0	+	+	+	+
40	17. Okt. (Mittwoch)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	0 0 0	0 0 0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	0
41	18. Okt. (Donnerstag)	Ohne Wind	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	0
42	19. Okt. (Freitag)	Ohne Wind	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	+
43	20. Okt. (Sonntag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	0	+	+	+	+	0	0	+	0	0	0	+
44	1. Novbr. (Donnerstag)	Ohne Wind	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	+
45	3. Novbr. (Sonntag)	Mit Wind, nach vier Richtungen abwechselnd	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	0	0	0	+	+	0	+	0	+	0	+	0
46	9. Novbr. (Freitag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+
47	10. Nov. (Sonntag)	Mit Wind nach allen Richtungen	750 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 6 >	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
48	13. Nov. (Dienstag)	Mit Wind nach allen Richtungen	500 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg. > 3 > > 7 >	0	0	0	0	0	-	0	+	+	+	+	+

Versuche Nr. 39—63.

Wechselnde Formalmengen. Testobjekte: Milzbrand.

										Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
Unter Bett	Unter Bett	Auf Nachttisch	Im Nachttisch, oben	Im Nachttisch, unten	In Tischschubl., hinten	Unter dem Tisch	Unter dem Schrank	Im Schrank, unten	Im Schrank, oben	Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27							
										13,3	14,0	17,9	65	90	94	Desinfektion wirksam in 6 von 10 Fällen (60/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
										12,8	14,2	17,0	71	94	100	Desinfektion wirksam in 9 von 10 Fällen (90/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Nachdem die Formalinverdampfung fast zu Ende (15 Min.), tritt Nebel auf, der etwa 20 Minuten anhält.
										12,7	13,2	16,1	70	93	99	Desinfektion wirksam in 3 von 10 Fällen (30/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Heute kein Nebel.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	11,8	12,8	14,0	73	94	100	Desinfektion wirksam in 4 von 22 Fällen (18/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+	11,3	12,7	14,2	65	96	100	Desinfektion wirksam in 7 von 22 Fällen (32/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Drehvorrichtung versagt, infolge Festhakens der Schnur, mitten im Versuch (vgl. Bemerk. zu Tab. I, Abt. II).
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	10,4	11,8	13,8	76	96	99	Desinfektion wirksam in 2 von 22 Fällen (9/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	0	0	+	+	9,0	11,0	—	70	82	—	Desinfektion wirksam in 4 von 22 Fällen (18/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Drehvorrichtung versagt nochmals, wie in Nr. 45; daher von Nr. 47 ab durch einen vollkommenen Mechanismus ersetzt (vgl. Bemerk. zu Tab. I, Abt. II).
+	0	+	+	+	+	0	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	0	+	+	+							
0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	8,0	11,2	11,5	72	83	100	Desinfektion wirksam in 12 von 22 Fällen (55/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Nach 35 Minuten Nebel, der über 1/2 Stunde anhält.
0	0	0	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,0	11,2	12,8	79	98	99	Desinfektion wirksam in 20 von 22 Fällen (91/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand. Kein Nebel. Erstmals selbstrotierender Ventilator benutzt.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	+	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	9,0	10,2	10,8	77	96	96	Desinfektion wirksam in 5 von 21 Fällen (24/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. u. 10 g Ol. Lavand.
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
0	+	+	+	+	+	+	+	+	+							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster	Mitte des Fußbodens	Fußbod. unweit Fenst.	Unter Bett	Unter Nachttisch	Auf Bett	In Nachttisch-Schubl.	In Tischschublade	Auf Wandkonsole	Auf Kleiderschrank	Unter Bett	Unter Bett		
						1	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
49	15. Nov. (Donnerstag)	Ohne Wind	750 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg.	+	+	+	+	+	0	+	0	0	0	0	+		
					, 3 ,	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	+	+	
					, 6 ,	+	+	+	+	+	0	+	+	0	0	0	+	+	
50	16. Nov. (Freitag)	Ohne Wind	750 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg.	0	+	+	0	+	0	+	0	0	0	0	+		
					, 3 ,	+	+	+	+	+	0	+	0	0	0	0	+	+	
					, 6 ,	+	+	+	+	+	0	+	0	0	0	0	+	+	
51	17. Nov. (Sonntag)	Mit Wind nach allen Richtungen	900 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
					, 3 ,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					, 7 ,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	19. Nov. (Montag)	Mit Wind nach allen Richtungen	900 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg.	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
					, 3 ,	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
					, 5 ,	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	, 8 ,	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
53	20. Nov. (Dienstag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
					, 3 ,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					, 6 ,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	22. Nov. (Donnerstag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2Tg.	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0		
					, 3 ,	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					, 6 ,	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	26. Nov. (Montag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1Tg.	0	+	+	+	+	0	+	+	+	0	+	+		
					, 2 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	
					, 4 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
	, 5 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+				
56	28. Nov. (Mittwoch)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
					, 2 ,	0	0	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	
					, 4 ,	0	0	+	+	+	0	+	0	0	0	0	0	0	
	, 5 ,																		
57	29. Nov. (Donnerstag)	Ohne Wind	1500 ccm Formalin	2250 ccm Wasser	Nach 1Tg.	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	+		
					, 2 ,	0	+	0	0	0	0	+	0	+	0	+	0	+	+
					, 4 ,	0	+	0	+	0	0	+	0	+	0	+	0	+	+
	, 5 ,	0	+	0	+	0	0	+	0	+	0	+	0	+	+				

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
										Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
++	+	0	+	+	+	+	+	+	0	8,5	9,2	—	88	100	100	Desinfektion wirksam in 5 von 22 Fällen (23/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
++	+	0	+	+	+	+	+	+	0							
++	+	0	+	+	+	+	+	+	0							
++	+	0	+	+	+	+	+	+	+	8,3	9,8	—	94	100	100	Desinfektion wirksam in 6 von 22 Fällen (27/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
++	+	0	+	+	+	+	+	+								
++	+	0	+	+	+	+	+	+								
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	8,3	10,0	14,4	89	100	100	Desinfektion wirksam in 21 von 22 Fällen (95/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand. Nach 15 Minuten 1/2 Stunde lang Nebel; 30 Minuten nach Beginn des Versuchs undurchdringlicher Nebel.
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,7	—	—	94	—	—	Desinfektion wirksam in 20 von 22 Fällen (91/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,7	10,2	17,0	96	100	100	Desinfektion wirksam in 21 von 22 Fällen (95/100). Desodorierung mit 300 g Ammon. carbonic. und 60 g -Coniferenduft. (Flasche 3 Mk.) jedoch am nächsten Morgen Geruch nach Formalin bemerkbar
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	+	0	0							
+	0	0	+	+	0	+	+	+	0	9,2	10,2	15,0	100	100	100	Desinfektion wirksam in 13 von 22 Fällen (59/100). Desodorierung mit 600 g Ammon. carbonic. und 100 g -Coniferenduft- erweist sich als unvollkommen, am nächsten Morgen so starker Formalingeruch, daß kein Versuch begonnen wird.
+	0	0	+	+	0	+	+	+	0							
+	0	0	+	+	0	+	+	+	0							
++	+	0	+	+	+	+	+	+	+	8,4	9,0	11,5	100	100	100	Desinfektion wirksam in 2 von 22 Fällen (9/100). Kein Geruch nach Formalin zu Beginn des Versuchs. Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt, Desinfektion: 1000 Formalin + 1500 Wasser; 600 Spiritus. Desodorierung: 750 cem 25 proz. NH ₃ -Lösung; 75 Spiritus. Im Desinfektionsapparat blieben 95 cem flüssiger Rückstand; Flamme nach 41 Minuten erloschen.
++	+	0	+	+	+	+	+	+	+							
++	+	0	+	+	+	+	+	+	+							
++	+	0	+	+	+	+	+	+	+							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,0	—	12,8	95	—	100	Desinfektion wirksam in 12 von 22 Fällen (55/100). Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt, Desinfektion: 1000 Formalin + 1500 Wasser; 700 Spiritus. Kein Rückstand. Wirksame Desodorierung mit 600 Ammon. carbonic. und 10 g Ol. Lavand. Ende der Formalindampfung nach 50 Minuten, Erlöschen der Flamme nach 51 Minuten.
+	0	0	+	+	+	+	0	+	0							
+	0	0	+	+	+	+	0	+	0							
++	+	0	+	0	+	+	+	+	0	7,7	8,6	12,3	95	100	100	Desinfektion wirksam in 9 von 22 Fällen (41/100). Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt; 1500 Formalin + 2250 Wasser; 1050 Spiritus. Desodorierung mit 1000 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand. Das Formalin fängt gegen Schluss der Verdampfung Feuer, und der ganze Apparat steht einige Minuten hoch in Flammen.
++	+	0	+	0	+	+	+	+	0							
++	+	0	+	0	+	+	+	+	0							
++	+	0	+	0	+	+	+	+	0							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster	Mitte des Fußbodens	Fußbod. unweit Fenst.	Unter Bett	Unter Nachttisch	Auf Bett	In Nachttisch-Schubl.	In Tischschublade	Auf Wandkonsole	Auf Kleiderbank	Unter Bett	Unter Bett
						1	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
58	30. Nov. (Freitag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1500 ccm Formalin	2250 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					, 2 ,	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0
					, 3 ,	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0
59	1. Dezbr. (Sonntag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1500 ccm Formalin	2250 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					, 2 ,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					, 7 ,	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	3. Dezbr. (Montag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	?	0	0	0	0	
					, 5 ,	0	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0	
					, 7 ,	0	+	0	0	0	+	+	+	0	0	0	
61	4. Dezbr. (Dienstag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 3 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					, 5 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					, 7 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
62	8. Dezbr. (Sonntag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					, 3 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					, 5 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
63	10. Dezbr. (Montag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+
					, 2 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					, 5 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Der Flüggesche Apparat wurde benutzt in den Versuchen Nr. 55 (ohne Wind), 56 (mit Wind), 57 (ohne Wind), 58 (mit Wind), 59 (mit Wind), 60 (mit Wind), 70 (ohne Wind), 74 (ohne Wind). Dabei geriet er am Schluß der Formaldehydentwicklung gewöhnlich in Flammen, und zwar fast regelmäßig dann, wenn die Spiritusmenge so reichlich bemessen wurde, daß sämtliches Formalin hätte ohne Rückstand verdampft werden können. In Nr. 55 z. B. wurden nach Flügges Vorschrift 600 ccm Spiritus in den Brenner eingefüllt, aber nach dem Erlöschen der Flamme verblieben 95 ccm Formalinlösung im Kessel; die Flüggesche Vorschrift rechnet offenbar mit einer höheren Anfangstemperatur der Formalin-Wasser-Mischung als ca. 8° wie in Nr. 55; auf eine etwaige minderwertige Qualität des verwendeten Spiritus ist der Rückstand sicherlich nicht zurückzuführen, da stets 96 proz., nicht denaturierter Alkohol verwendet wurde, während Flüge in seinen Tabellen (Schrift 1900, S. 14 und 15) nur 86 proz. Spiritus vorschreibt.

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
										Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,0	—	14,6	94	—	100	Desinfektion wirksam in 19 von 22 Fällen (86/100). Flüßges Apparat, innerhalb aufgestellt; 1500 Formalin + 2250 Wasser; 1050 Spiritus. Desodorierung wie gestern, Spiritusverbrauch 4 × 100. Auch heute steht gegen das Ende der Verdampfung (nach 70 Minuten, gestern nach 75) der ganze Apparat in Flammen.
0	0	0	0	+	0	0	0	+	0							
0	0	0	0	+	0	0	0	+	0							
0	0	0	0	+	0	0	0	+	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,0	8,5	10,6	95	100	100	Desinfektion wirksam in 22 von 22 Fällen (100/100). Flüßges Apparat, außerhalb aufgestellt. Formalin, Wasser und Spiritus wie gestern. Desodorierung wie gestern, mit 1000 g Amm. carb. und 20 Ol. Lav. Nach 68 Minuten wird der Apparat in Flammen stehend vorgefunden.
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,1	7,8	8,7	—	70	99	Desinfektion wirksam in 11 von 22 Fällen (50/100). Flüßges Apparat, außerhalb aufgestellt. 1000 Formalin + 1500 Wasser, 700 Spiritus, wie in Nr. 56. Desodorierung mit 800 Amm. carb. und 15 Ol. Lav. Nach 49 Minuten gerät der Apparat hoch in Flammen (in Nr. 56, vergleichbarem Versuch, war die Verdampfung regulär nach 50 Minuten beendet).
0	0	+	0	+	+	+	+	+	+							
0	0	+	0	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0	7,8	—	13,2	80	—	90?	Desinfektion wirksam in 3 von 22 Fällen (14/100). Desodorierung wirksam mit 800 g Ammon. carbonic. (4 × 200 Ammon. carbonic., 4 × 5 Ol. Lavand.; Spiritusverbrauch 4 × 100.) Nach 30 Minuten starker Nebel, nach weiteren 15 Minuten keine Spur mehr von Nebel.
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	0							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	6,1	—	12,0	90	—	95?	Desinfektion wirksam in 1 von 22 Fällen (5/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. u. 20 g Ol. Lavand., wie zuvor, sicher ausreichend; am nächsten Morgen keine Spur von Formalingeruch. Schon nach 15 Min. Nebel.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	0	0	6,0	—	11,5	85	—	95?	Desinfektion wirksam in 1 von 22 Fällen (5/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. u. 20 g Ol. Lavand. Nebel zu Anfang, wie sonst.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	0							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	0							

In dem darauffolgenden Versuch Nr. 56 (mit Wind) wurde durch 700 ccm Spiritus eine völlige Verdampfung der gleichen Formalin-Wasser-Menge wie zuvor unter im übrigen gleichen Umständen erreicht. In Nr. 60 (mit Wind) kamen ebenfalls 700 ccm Spiritus zur Verbrennung, doch fing der Apparat gegen Schluss der Verdampfung Feuer. (Der künstliche Wind ist belanglos für das Feuerfangen, weil er stets erst nach Erlöschen der Flamme eingeschaltet wurde, überdies war in Nr. 60 der Apparat außen aufgestellt.) Für Nr. 57, 1500 + 2250 zu verdampfende Flüssigkeit, schreibt die Flüßgesche Tabelle vor, 950 ccm Spiritus einzufüllen; die vorhergehenden Erfahrungen ließen dabei einen Rückstand nicht ausgeschlossen erscheinen, es wurden daher 1050 statt 950 Spiritus eingefüllt, jedoch mit dem Erfolg, daß der Apparat am Schluss der Verdampfung in Flammen geriet, wie auch in Nr. 58, 59, 60, vielleicht auch in Nr. 70 und 74, wo wir vermutlich (Notizen hierüber fehlen) dem Feuerfangen des Apparats als einem gewohnten Umstand

keine solche Beachtung mehr schenkten, daß wir ein Abpassen der kritischen Minute, zumal bei einer Lufttemperatur von mehreren Graden unter Null, für weiterhin erforderlich hielten (leider fehlt für Nr. 70 und 74 auch eine Notiz über einen ev. Rückstand). Für den Ausfall der Desinfektion dürfte es jedoch in allen diesen Versuchen gänzlich

Tabelle I. Abteilung VI.
Feuchte Winterversuche. Zimmer zumeist geheizt.

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster	Mitte des Fußbodens	Fußbod. unweit Fenst.	Unter Bett	Unter Nachttisch	Auf Bett	In Nachttisch-Schubl.	In Tischschublade	Auf Wandkonsole	Auf Kleiderschrank	Unter Bett	Unter Bett
						1	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
64	11. Dezbr. (Dienstag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
					› 2 ›	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	0	0
					› 3 ›	0	+	+	0	0	0	0	0	+	+	0	0
					› 5 ›												
65	12. Dezbr. (Mittwoch)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	+	+	0	0	0	0	0	?	+	0	0
					› 2 ›	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	0	0
					› 3 ›	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	0	0
					› 5 ›	+	+	+	0	0	+	+	+	+	+	0	0
66	13. Dezbr. (Donnerstag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	0	?	0	0	0	+	+
					› 2 ›	+	+	+	+	+	0	+	+	+	0	+	+
					› 4 ›	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
					› 5 ›	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+
67	14. Dezbr. (Freitag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	+	+
					› 3 ›	0	?	?	+	0	0	+	0	+	0	+	+
					› 4 ›	0	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
					› 8 ›	0	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
68	17. Dezbr. (Montag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+
					› 3 ›	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	0	+
					› 5 ›	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+
69	18. Dezbr. (Dienstag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	0	0	0	0	+	+	+	+	?
					› 2 ›	+	+	+	0	0	+	0	+	+	+	+	+
					› 4 ›	+	+	+	0	0	+	0	+	+	+	+	+
					› 5 ›	+	+	+	0	0	+	0	+	+	+	+	+
70	19. Dezbr. (Mittwoch)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	+	+
					› 3 ›	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

bedeutungslos gewesen sein, ob nun ein geringer Rückstand blieb, wie ca. 100 ccm in Nr. 55, oder kein Rückstand blieb, wie in Nr. 56, oder auch, wie in Nr. 57 ff., wohl kaum mehr als etwa 100 ccm durch Verbrennung unwirksam wurden.

Versuche Nr. 64—74.

Wechselnde Formallinmengen. Testobjekte: Milzbrand.

Unter Heft	Unter Bett	Auf Nachttisch	Im Nachttisch, oben	Im Nachttisch, unten	In Tischschubl., hinten	Unter dem Tisch	Unter dem Schrank	Im Schrank, unten	Im Schrank, oben	Fußboden beim Ofen	Fußboden beim Ofen	Auf Stuhl beim Ofen	Auf Stuhl beim Ofen	Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
														Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31							
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	26,0	29,8	35,5	45	46	46	Desinfektion wirksam in 17 von 26 Fällen (65/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand. Niemals Nebel, doch Guckfensterchen während der ersten Stunde beschlagen.
0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	+	+							
0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	+	+	+							
+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	+	+	28,0	—	35,5	43	—	45	Desinfektion wirksam in 5 von 26 Fällen (19/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	?	+	+	+	?	?	+	+	?	10,0	—	15,2	88	—	97	Desinfektion wirksam in 1 von 26 Fällen (4/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	9,2	10,0	12,8	90	95	95	Desinfektion wirksam in 6 von 26 Fällen (23/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	+	0	+	+	0	+	?	?	0	+	+	?	0							
+	+	0	+	+	+	+	?	0	+	+	+	0	0							
+	+	0	+	+	+	+	+	0	+	+	+	0	0							
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	17,5	—	21,7	48	—	71	Desinfektion wirksam in 3 von 26 Fällen (12/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	0	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	18,0	16,1	21,0	57	77	77	Desinfektion wirksam in 4 von 26 Fällen (15/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	16,5	—	19,0	54	—	69	Desinfektion wirksam in 0 von 26 Fällen (0/100). Flügges Apparat, innerhalb aufgestellt. 1000 Formalin + 1500 Wasser eingefüllt; 700 Spiritus. Desodorierung wie zuvor, mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand. Kein Feuerfängen der Formaldehyddämpfe notiert.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+							

Nr.	Datum 1900	Künstl. Wind?	Formalinmenge	Wassermenge	Milzbrand nach Tagen:	Fußboden am Fenster	Mitte des Fußbodens	Fußbod. unweit Feinst.	Unter Bett	Unter Nachttisch	Auf Bett	In Nachtlisch-Schubl.	In Tischschublade	Auf Wandkonsole	Auf Kleiderhaken	Unter Bett	Unter Bett
						1	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
71	20. Dezbr. (Donnerstag)	Mit Wind nach allen Richtungen	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 2 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
					, 3 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
					, 5 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
72	21. Dezbr. (Freitag)	Ohne Wind	1000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					, 5 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
73	4. Jan. 01 (Freitag)	Ohne Wind	3000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					, 5 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
74	7. Jan. 01 (Montag)	Ohne Wind	3000 ccm Formalin	1500 ccm Wasser	Nach 1 Tg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
					, 5 ,	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabelle II. Summarische Zusammenfassung.

(Die Versuche in zeitlicher Folge.)

Abteilung I.

Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm. Sämtlich Sommerversuche.

Nr.	Datum 1900	Formalinmenge	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
					Einsseitig bewegt	Allseitig bewegt
4	26. Juni	1500	—	100/100	—	—
5	27. „	750	—	—	—	100/100
6	28. „	1000	—	—	100/100	—
7	29. „	1000	—	100/100	—	—
8	2. Juli	500	—	33/100	—	—
9	3. „	500	—	62/100	—	—
10	4. „	400	—	—	—	100/100
11	5. „	500	—	—	94/100	—
12	6. „	500	—	—	—	100/100
13	9. „	400	—	50/100	—	—

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Temperatur			Rel. Feucht.			Bemerkungen
														Anfang	Ende	Maximum	Anfang	Ende	Maximum	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	19,1	—	21,1	60	—	73	Desinfektion wirksam in 1 von 26 Fällen (4/100). Desodorierung mit 800 g Ammon. carbonic. und 20 g Ol. Lavand.
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	15,0	—	—	51	—	77	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-6,5	-2	-0,3	66	100	100	
+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-5,0	-2	-1,0	76	100	100	

Nr.	Datum 1900	Formalin- menge	Mittl. Temp	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
				Einseitig bewegt	Allseitig bewegt	
14	10. Juli	400	—	—	—	94/100
15	11. „	400	—	—	50/100	—
16	12. „	400	—	—	69/100	—
17	13. „	400	—	75/100	—	—
18	16. „	400	—	94/100	—	—
19	17. „	400	—	—	—	100/100
20	18. „	0	26°	—	—	—
21	19. „	300	27°	81/100	—	—
22	20. „	200	28°	69/100	—	—
23	23. „	100	27°	56/100	—	—
24	24. „	50	27°	0/100	—	—
25	25. „	50	28°	—	—	0/100
26	26. „	50	29°	0/100	—	—

Nr.	Datum 1900	Formalin- menge	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
					Einseitig bewegt	Allseitig bewegt
27	27. Juli	50	30°	—	—	0/100
28	30. „	300	28°	—	—	100/100
29	31. „	200	26°	—	—	88/100
30	1. August	100	27°	—	—	0/100
31	2. „	200	25°	—	—	31/100
32	3. „	200	28°	75/100	—	—
33	4. „	200	28°	—	—	31/100
34	6. „	300	23°	61/100	—	—

Der Versuchsraum hatte strenge genommen nicht, wie oben angegeben, 110 cbm Inhalt, sondern nur 109 (Höhe 4,75 m, Breite 3,32 m, Tiefe 6,90 m).

Tabelle II. Abteilung II.

Möbliertes Zimmer von 110 cbm. Größtenteils Winterversuche.

Nr.	Datum 1900	Formalin- Menge	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
					Einseitig bewegt	Allseitig bewegt
35	11. August	300	21°	20/100	—	—
36	13. „	300	21°	—	—	30/100
37	15. „	1000	21°	100/100	—	—
38	16. „	1000	22°	—	—	100/100
39	16. Oktober	500	14°	60/100	—	—
40	17. „	500	14°	—	—	90/100
41	18. „	500	13°	30/100	—	—
42	19. „	500	13°	18/100	—	—
43	20. „	500	13°	—	—	32/100
44	1. Novbr.	500	12°	9/100	—	—
45	3. „	500	11°	—	—	18/100
46	9. „	1000	11°	55/100	—	—
47	10. „	750	11°	—	—	91/100
48	13. „	500	10°	—	—	24/100
49	15. „	750	9°	23/100	—	—
50	16. „	750	10°	27/100	—	—
51	17. „	900	10°	—	—	95/100
52	19. „	900	10°	—	—	91/100
53	20. „	1000	10°	—	—	95/100
54	22. „	1000	10°	59/100	—	—
F 55	26. „	1000	9°	9/100	—	—
F 56	28. „	1000	9°	—	—	55/100

Nr.	Datum 1900	Formalin- menge	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Bewegte Luft	
					Einseltig bewegt	Allseitig bewegt
F 57	29. Novbr.	1500	9°	41/100	—	—
F 58	30. „	1500	9°	—	—	86/100
F 59	1. Dezbr.	1500	8°	—	—	100/100
F 60	3. „	1000	8°	—	—	50/100
61	4. „	1000	9°	14/100	—	—
62	8. „	1000	8°	5/100	—	—
63	10. „	1000	8°	—	—	5/100
64	11. „	1000	30°	—	—	65/100
65	12. „	1000	30°	19/100	—	—
66	13. „	1000	12°	4/100	—	—
67	14. „	1000	10°	—	—	23/100
68	17. „	1000	20°	12/100	—	—
69	18. „	1000	19°	—	—	15/100
F 70	19. „	1000	18°	0/100	—	—
71	20. „	1000	20°	—	—	4/100
72	21. „	1000	15°	0/100	—	—
73	4. Januar 01	3000	-3°	0/100	—	—
F 74	7. „	3000	-3°	0/100	—	—

Die Versuche mit Flüggés Apparat sind durch ein vor die Nummer des betreffenden Versuchs gesetztes »F« bezeichnet (ebenso in allen nachstehenden Tabellen).

Tabelle III.

Einfluss bewegter Luft auf die Wirksamkeit der Desinfektion.

(Die Versuche geordnet nach steigenden Formalinmengen.)

Abteilung I.

Einseltig bewegte Luft verglichen mit ruhender Luft. (Unmüblertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin- Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %	
				Ruhende Luft	Einseltig bewegte Luft
21	300	19. Juni	27°	81/100	—
34	300	6. August	23°	—	61/100
13	400	9. Juli	—	50/100	} Mittel 73/100
17	400	13. „	—	75/100	
18	400	16. „	—	94/100	
15	400	11. „	—	—	50/100
16	400	12. „	—	—	69/100
7	1000	29. Juni	—	100/100	} Mittel 100/100
4	1500	26. „	—	100/100	
6	1000	28. „	—	—	100/100

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
300	34 gegen 21	Einseitig bewegte Luft: ruhender Luft = 61 : 81 = 100 : 134
400	12, 16 gegen 13, 17, 18	60 : 73 = 100 : 122
1000	6 gegen 7, 4	100 : 100 = 100 : 100

Tabelle III. Abteilung II.
Allseitig bewegte Luft verglichen mit ruhender Luft.
a) Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm.

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %			
				Ruhende Luft	Allseitig bewegte Luft		
24	50	24. Juni	27°	0/100	} Mittel	} I	
26	50	26. „	29°	0/100			
25	50	25. „	28°	—	0/100		
27	50	27. „	30°	—	0/100		
23	100	23. Juni	27°	56/100	—	} II	
30	100	1. August	27°	—	0/100		
22	200	20. Juli	28°	69/100	} Mittel		
32	200	3. August	28°	75/100			72/100
29	200	31. Juli	26°	—	88/100		} Mittel
31	200	2. August	25°	—	31/100		
33	200	4. „	28°	—	31/100		
21	300	19. Juli	27°	81/100	—	} III	
28	300	30. „	28°	—	100/100		
13	400	9. Juli	—	50/100	} Mittel		
17	400	13. „	—	75/100			
18	400	16. „	—	94/100			73/100
10	400	4. „	—	—	100/100		} Mittel
14	400	10. „	—	—	94/100		
19	400	17. „	—	—	100/100		
8	500	2. Juli	—	33/100	} Mittel		
9	500	3. „	—	62/100			48/100
11	500	5. „	—	—	94/100		} Mittel
12	500	6. „	—	—	100/100		
7	1000	29. Juni	—	100/100	} Mittel		
4	1500	26. „	—	100/100			100/100
5	750	27. „	—	—	100/100		

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
		Allseitig bewegte Luft :
		ruhender Luft =
50	25, 27 gegen 24, 26	0 : 0 = 100 : 100
100	30 gegen 23	0 : 56 = 0 : 100
200	29, 31, 33 gegen 22, 32	50 : 72 = 100 : 144
300	28 gegen 21	100 : 81 = 100 : 81
400	10, 14, 19 gegen 13, 17, 18	98 : 73 = 100 : 74
500	11, 12 gegen 8, 9	97 : 48 = 100 : 49
750 : 1250	5 gegen 4, 7	100 : 100 = 100 : 100

Tabelle III. Abteilung II.
b) Möbliertes Zimmer von 110 cbm.

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %	
				Ruhende Luft	Allseitig bewegte Luft
35	300	11. August	21°	20/100	—
36	300	13. „	21°	—	30/100
39	500	16. Oktober	14°	60/100	—
41	500	18. „	13°	30/100	—
42	500	19. „	13°	18/100	—
44	500	1. Novbr.	12°	9/100	—
40	500	17. Oktober	14°	—	90/100
43	500	20. „	13°	—	32/100
45	500	3. Novbr.	11°	—	18/100
48	500	13. „	10°	—	24/100
46	1000	9. Novbr.	11°	55/100	—
54	1000	22. „	10°	59/100	—
F 55	1000	26. „	9°	9/100	—
61	1000	4. Dezbr.	9°	14/100	—
62	1000	8. „	8°	5/100	—
65	1000	12. „	30°	19/100	—
66	1000	13. „	12°	4/100	—
68	1000	17. „	20°	12/100	—
F 70	1000	19. „	18°	0/100	—
72	1000	21. „	15°	0/100	—
51	900	17. Novbr.	10°	—	95/100
52	900	19. „	10°	—	91/100
53	1000	20. „	10°	—	95/100
F 56	1000	28. „	9°	—	55/100
F 60	1000	3. Dezbr.	8°	—	50/100

1) Hierzu gehören auch die 5 nächsten umstehenden Versuche.

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %	
				Ruhende Luft	Allseitig bewegte Luft
63	1000	10. Dezbr.	8°	—	5/100
64	1000	11. „	30°	—	65/100
67	1000	14. „	10°	—	23/100
69	1000	18. „	19°	—	15/100
71	1000	20. „	20°	—	4/100
F 57	1500	29. Novbr.	9°	41/100	—
F 58	1500	30. „	9°	—	86/100
F 59	1500	1. Dezbr.	8°	—	100/100

Mittel 1)
50/100

Mittel
93/100

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
300	36 gegen 35	Allseitig bewegte Luft : ruhender Luft = 30 : 20 = 100 : 67
500	40, 43, 45, 48 gegen 39, 41, 42, 44	41 : 29 = 100 : 71
1000	51, 52, 53, 56, 60, 63, 64, 67, 69, 71 geg. 46, 54, 55, 61, 62, 65, 66, 68, 70, 72	50 : 18 = 100 : 36
1500	58, 59 gegen 57	93 : 41 = 100 : 44

Tabelle III. Abteilung III.

Allseitig bewegte Luft verglichen mit einseitig bewegter Luft.
(Unmößliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %	
				Einseitig bewegte Luft	Allseitig bewegte Luft
34	300	6. August	23°	61/100	—
28	300	30. Juli	28°	—	100/100
15	400	11. Juli	—	50/100	—
16	400	12. „	—	69/100	—
10	400	4. „	—	—	100/100
14	400	10. „	—	—	94/100
19	400	17. „	—	—	100/100
6	1000	28. Juni	—	100/100	—
5	750	27. „	—	—	100/100

Mittel
98/100

1) Diese 5 Versuche bilden mit den vorseitig letzt aufgeführten 5 Versuchen eine gemeinsame Gruppe mit dem Mittelwert 50/100.

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
300	28 gegen 34	Allseitig bewegte Luft : einseitig bewegter = 100 : 61 = 100 : 61
400	10, 14, 19 gegen 15, 16	98 : 60 = 100 : 61
750 : 1000	5 gegen 6	100 : 100 = 100 : 100

Tabelle III. Abteilung IV.

Vergleich von ruhender, einseitig und allseitig bewegter Luft.
(Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Mengen	Datum 1900	Wirksamkeit %		
			Ruhende Luft	Einseitig bewegte Luft	Allseitig bewegte Luft
22	200	20. Juli	69/100	Mittel	—
32	200	3. August	75/100	72/100	—
29	200	31. Juli	—	—	88/100
31	200	2. August	—	—	31/100
33	200	4. August	—	—	31/100
21	300	19. Juli	81/100	—	—
34	300	6. August	—	61/100	—
28	300	30. Juli	—	—	100/100
13	400	9. Juli	50/100	Mittel	—
17	400	13. „	75/100	73/100	—
18	400	16. „	94/100	—	—
15	400	11. „	—	50/100	Mittel
16	400	12. „	—	69/100	60/100
10	400	4. „	—	—	100/100
14	400	10. „	—	—	94/100
19	400	17. „	—	—	100/100
8	500	2. Juli	33/100	Mittel	—
9	500	3. „	62/100	48/100	—
11	500	5. „	—	—	94/100
12	500	6. „	—	—	100/100
7	1000	29. Juni	100/100	Mittel	—
4	1500	26. „	100/100	100/100	—
6	1000	28. „	—	100/100	—
5	750	27. „	—	—	100/100

Zusammenfassung der Mittel.

Formalin-Mengen	Verglichene Nummern	Wirksamkeit %
300	28 : 34 : 21	Allseitig bewegte Luft : einseitig bewegter : ruhender Luft = 100 : 61 : 81 = 100 : 61 : 81
400	100, 14, 19 : 15, 16 : 13, 17, 18	98 : 60 : 73 = 100 : 61 : 74
750 : 1000 : 1250	5 : 6 : 7,4	100 : 100 : 100 = 100 : 100 : 100

Tabelle IV.

Einfluss der Resistenz der Testobjekte auf die Desinfektionswirkung.

Abteilung I.

Milzbrand-Seidenfäden von 1—2 Minuten Dampfresistenz (100°).
(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %	
				Ruhende Luft	Allseitig bewegte Luft
46	1000	9. Novbr.	11°	55/100	} Mittel 28/100
54	1000	22. „	10°	59/100	
F 55	1000	26. „	9°	9/100	
61	1000	4. Dezbr.	9°	14/100	
62	1000	8. „	8°	5/100	
51	900	17. Novbr.	10°	—	95/100
52	900	19. „	10°	—	91/100
53	1000	20. „	10°	—	95/100
F 56	1000	28. „	9°	—	55/100
F 60	1000	3. Dezbr.	8°	—	50/100

77 : 28 = 100 : 36; genau so oben,
50 : 18 = 100 : 36 (Tab. III, Abt. II b).

Tabelle IV. Abteilung II.

Milzbrand-Seidenfäden von 3—4 und mehr Minuten Dampfresistenz (100°).
(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Formalin-Menge	Datum 1900	Mittl. Temp.	Wirksamkeit %	
				Ruhende Luft	Allseitig bewegte Luft
65	1000	12. Dezbr.	30°	19/100	} Mittel 7/100
66	1000	13. „	12°	4/100	
68	1000	17. „	20°	12/100	
F 70	1000	19. „	18°	0/100	
72	1000	21. „	15°	0/100	
63	1000	10. Dezbr.	8°	—	5/100
64	1000	11. „	30°	—	65/100
67	1000	14. „	10°	—	23/100
69	1000	18. „	19°	—	15/100
71	1000	20. „	20°	—	4/100

Hierin verhalten sich

22 : 7 = 100 : 32; ähnlich ist oben,
50 : 18 = 100 : 36 (Tab. III, Abt. II b).

Vergleicht man die entsprechenden Versuche der beiden Abteilungen in ruhender und in bewegter Luft unter sich, Versuche, in denen jedenfalls die verschiedene Resistenz der Milzbrandsporen das gewichtigste, die Desinfektionswirkung beeinflussende Moment war, so kommt man zu folgenden Verhältniszahlen:

a) Wirksamkeit der Desinfektion in ruhender Luft.

Milzbrandsporen von 1—2, mit solchen von 3—4 und mehr Minuten Dampfresistenz verglichen:

$$28 : 7 = 100 : 24 = 4 : 1.$$

b) Wirksamkeit der Desinfektion in allseitig bewegter Luft.

Milzbrandsporen von 1—2, mit solchen von 3—4 und mehr Minuten Dampfresistenz verglichen:

$$77 : 22 = 100 : 29 = 3\frac{1}{2} : 1.$$

Tabelle V.

Einfluß der Lufttemperatur auf die Wirksamkeit der Desinfektion.

(Die Versuche geordnet nach steigenden Lufttemperaturen.)

Abteilung I.

Milzbrandsporen von 1—2 Minuten Dampfresistenz (100°).

(Müblirtes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Mittl. Temp.	Datum 1900	Formalin-Menge	Wirksamkeit %	
				Ruhende Luft	Allseitig bewegte Luft
62	8°	8. Dezbr.	1000	5/100	Mittel 28/100
F 55	9°	26. Novbr.	1000	9/100	
61	9°	4. Dezbr.	1000	14/100	
54	10°	22. Novbr.	1000	59/100	
46	11°	9. „	1000	55/100	
F 60	8°	3. Dezbr.	1000	—	50/100
F 56	9°	28. Novbr.	1000	—	55/100
52	10°	19. „	900	—	91/100
51	10°	17. „	900	—	95/100
53	10°	20. „	1000	—	95/100
44	12°	1. Novbr.	500	9/100	Mittel 29/100
42	13°	19. Oktober	500	18/100	
41	13°	18. „	500	30/100	
39	14°	16. „	500	60/100	
48	10°	13. Novbr.	500	—	24/100
45	11°	3. „	500	—	18/100
43	13°	20. Oktober	500	—	32/100
40	14°	17. „	500	—	90/100

Hierin verhalten sich (vgl. Tab. III, Abt. II b, u. Tab. IV, Abt. I)

$$77 : 28 = 100 : 36; \text{ ferner (vgl. Tab. III, Abt. II b)}$$

$$41 : 29 = 100 : 71.$$

Tabelle V. Abteilung II.

Milzbrandsporen von 3–4 und mehr Minuten Dampfesistenz (100°).
(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Mittl. Temp.	Datum	Formalin-Menge	Wirksamkeit %		
				Ruhende Luft	Allseitig bewegte Luft	
73	— 3°	4. Januar 01	3000	0/100	—	
F 74 ¹⁾	— 3°	7. „ 01	3000	0/100	—	
66	12°	Mittel 19°	1000	4/100	Mittel 7/100	
72	15°		21. „ 00	1000		0/100
F 70	18°		19. „ 00	1000		0/100
68	20°		17. „ 00	1000		12/100
65	30°		12. „ 00	1000		19/100
63	8°	10. Dezbr. 00	1000	—	5/100	
67	10°	14. „ 00	1000	—	23/100	
69	19°	Mittel 17°	1000	—	15/100	
71	20°		20. „ 00	1000	—	4/100
64	30°		11. „ 00	1000	—	65/100
						Mittel 22/100

Hierin verhalten sich (vgl. Tab. IV, Abt. II)
22 : 7 = 100 : 32.

Tabelle VI.

Einfluss der Art des Testobjekts auf die Desinfektionswirkung.

Abteilung I.

Die Wirkung auf Milzbrandsporen im Vergleich zur Wirkung auf Typhus, Diphtherie, Staph.

(Möbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Ohne oder mit Wind?	Formalin-Menge	Testobjekte abgetötet				Bemerk.
			I. Milzbrand	II. Typhus	III. Diphth.	IV. Staph.	
35	O. W.	300	2 von 10 Obj. abgetötet	9 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	—
36	M. W.	300	2 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	10 von 10 Obj. abgetötet	1 Schmetterling bleibt leben

1) Vorgesetztes »F« bedeutet, wie erwähnt, Versuch mit Flüggés Apparat.

Tabelle VI. Abteilung II.

Die Wirkung auf Milzbrandsporen im Vergleich zur Wirkung auf Mäuse (Hausmäuse) und Insekten (Flöhe, Wanzen, Käfer, Fliegen, Motten, Schmetterlinge).

(Unmöbliertes Zimmer von 110 cbm.)

Nr.	Ohne oder mit Wind?	Formalin-Menge	Versuchsobjekte getötet		
			I. Milzbrand	II. Hausmäuse	III. Verschiedene Insekten
4	O. W.	1500	16 von 16 Obj. abgetötet	1 Maus bleibt leben	—
5	M. W.	750	16 von 16 Obj. abgetötet	1 Maus bleibt leben	—
6	M. W.	1000	16 von 16 Obj. abgetötet	1 Maus bleibt leben	1 Fliege bleibt leben; 1 Schmetterling bleibt leben
13	O. W.	400	8 von 16 Obj. abgetötet	—	5 von 11 Fliegen getötet; 1 Motte getötet
14	M. W.	400	15 von 16 Obj. abgetötet	—	12 von 17 Fliegen getötet; 0 von 4 Wanzen getötet
15	M. W.	400	8 von 16 Obj. abgetötet	—	1 von 2 Fliegen getötet; 0 von 4 Wanzen getötet
16	M. W.	400	11 von 16 Obj. abgetötet	—	8 von 8 Fliegen getötet; 0 von 7 Wanzen getötet
17	O. W.	400	12 von 16 Obj. abgetötet	—	0 von 7 Wanzen getötet
18	O. W.	400	15 von 16 Obj. abgetötet	—	0 von 7 Wanzen getötet; 0 von 2 Schmett. getötet
21	O. W.	300	13 von 16 Obj. abgetötet	—	1 Floh bleibt leben; 1 Käfer bleibt leben
31	M. W.	200	5 von 16 Obj. abgetötet	—	1 Floh getötet; 0 von 2 Schmett. getötet

Nach unseren Versuchen ist der Formaldehyd als Ungeziefer-Vertilgungsmittel von solch geringer und fragwürdiger Wirkung, daß er hierfür nicht empfohlen werden darf. Wir betonen diesen Umstand. Denn Springfeld hat inzwischen die, soweit ersichtlich, experimentell nicht gestützte Behauptung aufgestellt: »Vielleicht hilft die Thatsache, daß die Formaldehyd-Desinfektion auch das Ungeziefer angreift, der (Formaldehyd-)Desinfektion die Wege ebnet« (Zeitschr. f. Amts- u. Gemeindevorsteher, 3. Jahrg. 1891, Nr. 6).

Tabelle VII.

Temperatur und Feuchtigkeitsverhältnisse in den einzelnen Versuchen (Mittelwerte).

Abteilung I. Versuch Nr. 1—20.

Temperatur und Feuchtigkeit der Luft im Freien.

Nr.	Datum 1900	Ohne oder mit Wind?	Verdampfung (Wasser und Formalin)	Temp.	Absol. Feucht. mg/L	Sätt.-Defiz. mg/L	Rel. Feucht. %
1	19. Juni	O. W.	330 g Paraform (330 Pastillen).	18,0	7,7	7,6	50
2	20. „	O. W.	330 g Paraform (330 Pastillen).	20,0	9,5	7,7	55
3	22. „	O. W.	330 g Paraform (330 Pastillen).	19,5	9,2	7,5	55
4	26. „	O. W.	1500 Wasser + 1500 Formalin.	15,0	9,0	3,8	70
5	27. „	M. W.	1500 Wasser + 1500 Formalin.	14,0	10,8	1,2	90
6	28. „	M. W.	1000 Wasser + 1000 Formalin.	15,5	9,2	4,0	70
7	29. „	O. W.	1000 Wasser + 1000 Formalin.	17,0	8,9	5,9	60
8	2. Juli	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin.	19,5	10,9	5,8	65
9	3. „	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin.	22,5	15,0	5,0	75
10	4. „	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	16,0	9,8	3,8	72
11	5. „	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin.	15,0	7,0	5,8	55
12	6. „	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin.	19,0	10,5	5,7	65
13	9. „	O. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	12,5	9,4	1,6	85
14	10. „	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	14,5	7,4	5,0	60
15	11. „	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	17,5	7,4	7,4	50
16	12. „	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	19,5	7,5	9,2	45
17	13. „	O. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	21,5	9,4	9,4	50
18	16. „	O. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	27,0	12,8	12,8	50
19	17. „	M. W.	1500 Wasser + 400 Formalin.	24,5	13,3	8,9	60
20	18. „	M. W.	Keine Verdampfung. (Blinder Versuch.)	19,0	10,5	5,7	65

Tabelle VII. Abteilung II. Versuche Nr. 21—74.

Temperatur und Feuchtigkeit der Luft im Zimmer und im Freien.

Nr. u. Datum (1900)	Ohne oder mit Wind?	Verdampfung (Wasser und Formalin)	Temperatur		Absol. Feucht.		Sätt. Defiz.		Rel. Feucht.	
			Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.
			Grad	Grad	mg/L	mg/l.	mg/L	mg/L	%	%
Nr. 21, 19. Juli	O. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	27,0 23,0	+ 4,0	17,9 10,2	+ 7,7	7,7 10,2	- 2,5	70 50	+ 20
Nr. 22, 20. Juli	O. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	28,5 27,5	+ 1,0	19,5 13,2	+ 6,3	8,3 13,1	- 4,8	70 50	+ 20
Nr. 23, 23. Juli	O. W.	1500 Wasser + 100 Formalin	27,5 19,0	+ 8,5	19,7 13,8	+ 5,9	6,6 2,4	+ 4,2	75 55	- 10
Nr. 24, 24. Juli	O. W.	1500 Wasser + 50 Formalin	27,0 19,5	+ 7,5	18,7 11,7	+ 7,0	6,9 5,0	+ 1,9	73 70	+ 3
Nr. 25, 25. Juli	M. W.	1500 Wasser + 50 Formalin	28,0 24,5	+ 3,5	20,2 14,5	+ 5,7	6,8 7,8	- 1,0	75 65	+ 10
Nr. 26, 26. Juli	O. W.	1500 Wasser + 50 Formalin	29,0 29,0	± 0	21,4 15,7	+ 5,7	7,1 12,8	- 5,7	75 55	+ 20
Nr. 27, 27. Juli	M. W.	1500 Wasser + 50 Formalin	30,0 20,0	+ 10,0	21,1 11,2	+ 9,9	10,0 6,0	+ 4,0	70 65	+ 5
Nr. 28, 30. Juli	M. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	27,5 22,0	+ 5,5	18,4 11,6	+ 6,8	7,9 7,7	+ 0,2	70 60	+ 10
Nr. 29, 31. Juli	M. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	26,5 17,5	+ 9,0	17,4 11,1	+ 6,3	7,5 3,7	+ 3,8	70 75	- 5
Nr. 30, 1. Aug.	M. W.	1500 Wasser + 100 Formalin	26,5 18,5	+ 8,0	17,4 8,6	+ 8,8	7,5 7,1	+ 0,4	70 55	+ 15
Nr. 31, 2. Aug.	M. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	25,0 17,5	+ 7,5	16,5 11,1	+ 5,4	6,4 3,7	+ 2,7	72 75	- 3
Nr. 32, 3. Aug.	O. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	28,0 19,0	+ 9,0	20,4 9,7	+ 10,7	6,6 6,5	+ 0,1	72 60	+ 12
Nr. 33, 4. Aug.	M. W.	1500 Wasser + 200 Formalin	28,5 19,0	+ 9,5	20,0 11,3	+ 8,7	7,8 4,9	+ 2,9	72 70	+ 2
Nr. 34, 6. Aug.	O. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	23,0 18,0	+ 5,0	15,3 8,4	+ 6,9	5,1 6,9	- 1,8	75 55	+ 20
Nr. 35, 11. Aug.	O. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	21,5 14,0	+ 7,5	15,0 10,8	+ 4,2	3,8 1,2	+ 2,6	80 90	- 10
Nr. 36, 13. Aug.	M. W.	1500 Wasser + 300 Formalin	21,5 16,5	+ 5,0	16,0 10,5	+ 5,5	2,8 3,5	- 0,7	85 75	+ 10
Nr. 37, 15. Aug.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	21,0 17,0	+ 4,0	17,3 10,8	+ 6,5	0,9 3,6	- 2,7	95 75	+ 20
Nr. 38, 16. Aug.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	22,0 22,5	- 0,5	18,3 11,9	+ 6,4	1,0 8,0	- 7,0	95 60	+ 35
Nr. 39, 16. Okt.	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	14,0 8,0	+ 6,0	10,8 7,1	+ 3,7	1,2 1,2	± 0,0	90 85	+ 5
Nr. 40, 17. Okt.	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	14,0 7,5	+ 6,5	11,4 6,0	+ 5,4	0,6 2,0	- 1,4	95 75	+ 20
Nr. 41, 18. Okt.	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	13,0 7,0	+ 6,0	10,7 7,0	+ 3,7	0,6 0,8	- 0,2	95 90	+ 5

Nr. u. Datum (1900)	Ohne oder mit Wind?	Verdampfung (Wasser und Formalin)	Temperatur		Absol. Feucht.		Sätt.-Defiz.		Rel. Feucht.	
			Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.
			Grad	Grad	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	%	%
Nr. 42, 19. Okt.	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	13,0 6,0	+ 7,0	10,7 5,8	+ 4,9	0,6 1,5	- 0,9	95 80	+ 15
Nr. 43, 20. Okt.	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	12,5 4,5	+ 8,0	10,5 5,0	+ 5,5	0,5 1,6	- 1,1	95 75	+ 20
Nr. 44, 1. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	12,0 7,5	+ 4,5	10,1 6,4	+ 3,7	0,5 1,6	- 1,1	95 80	+ 15
Nr. 45, 3. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	11,0 5,0	+ 6,0	8,5 4,8	+ 3,7	1,5 2,0	- 0,5	85 70	+ 15
Nr. 46, 9. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	11,0 7,0	+ 4,0	8,5 6,2	+ 2,3	1,5 1,6	- 0,1	85 80	+ 5
Nr. 47, 10. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 750 Formalin	11,0 8,5	+ 2,5	9,5 6,0	+ 3,5	0,5 2,5	- 2,0	95 70	+ 25
Nr. 48, 13. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 500 Formalin	10,0 1,5	+ 8,5	8,9 5,1	+ 3,8	0,5 0,3	+ 0,2	95 95	+ 0
Nr. 49, 15. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 750 Formalin	9,0 6,0	+ 3,0	8,4 6,9	+ 1,5	0,4 0,4	+ 0,0	95 95	+ 0
Nr. 50, 16. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 750 Formalin	10,0 6,5	+ 3,5	9,4 6,4	+ 3,0	0,0 1,1	- 1,1	100 85	+ 15
Nr. 51, 17. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 900 Formalin	10,0 4,0	+ 6,0	8,9 6,1	+ 2,8	0,5 0,3	+ 0,2	95 95	+ 0
Nr. 52, 19. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 900 Formalin	10,0 5,0	+ 5,0	9,4 6,1	+ 3,3	0,0 0,7	- 0,7	100 90	+ 10
Nr. 53, 20. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	10,0 5,0	+ 5,0	9,4 6,1	+ 3,3	0,0 0,7	- 0,7	100 90	+ 10
Nr. 54, 22. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	10,0 9,0	+ 1,0	9,4 7,5	+ 1,9	0,0 1,3	- 1,3	100 85	+ 15
Nr. 55, 26. Nov.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	9,0 5,5	+ 3,5	8,8 6,3	+ 2,5	0,0 0,7	- 0,7	100 90	+ 10
Nr. 56, 28. Nov.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	9,0 5,5	+ 3,5	8,8 5,6	+ 3,2	0,0 1,4	- 1,4	100 80	+ 20
Nr. 57, 29. Nov.	O. W.	2250 Wasser + 1500 Formalin	9,0 1,5	+ 7,5	8,8 4,9	+ 3,9	0,0 0,5	- 0,5	100 90	+ 10
Nr. 58, 30. Nov.	M. W.	2250 Wasser + 1500 Formalin	9,0 2,5	+ 6,5	8,8 5,2	+ 3,6	0,0 0,6	- 0,6	100 90	+ 10
Nr. 59, 1. Dez.	M. W.	2250 Wasser + 1500 Formalin	8,0 2,0	+ 6,0	8,3 5,0	+ 3,3	0,0 0,6	- 0,6	100 90	+ 10
Nr. 60, 3. Dez.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	8,0 - 1,0	+ 7,0	7,1 3,4	+ 3,7	1,2 1,1	+ 0,1	85 75	+ 10
Nr. 61, 4. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	9,0 + 3,0	+ 6,0	7,5 4,8	+ 2,7	1,3 1,2	+ 0,1	85 80	+ 5
Nr. 62, 8. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	8,0 - 0,5	+ 8,5	8,4 3,5	+ 4,9	0,4 1,2	- 0,8	95 75	+ 20
Nr. 63, 10. Dez.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	8,0 4,0	+ 4,0	7,9 6,1	+ 1,8	0,4 0,3	+ 0,1	95 95	+ 0

Nr. u. Datum (1900)	Ohne oder mit Wind?	Verdampfung (Wasser und Formalin)	Temperatur		Absol. Feucht.		Sätt.-Defiz.		Rel. Feucht.	
			Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.	Innen Aus-sen	Diff.
Nr. 64, 11. Dez.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	30,0 2,5	+ 27,5	13,5 5,2	+ 8,3	16,6 0,6	+ 16,0	45 90	- 45
Nr. 65, 12. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	30,0 5,5	+ 24,5	13,5 6,3	+ 7,2	16,6 0,7	+ 15,9	45 90	- 45
Nr. 66, 13. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	12,0 8,0	+ 4,0	10,1 7,1	+ 3,0	0,5 1,2	- 0,7	95 85	+ 10
Nr. 67, 14. Dez.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	10,0 7,0	+ 3,0	8,9 6,2	+ 2,7	0,5 1,6	- 1,1	95 80	+ 15
Nr. 68, 17. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	20,0 7,0	+ 13,0	17,2 6,6	+ 10,6	6,9 1,2	+ 5,7	60 85	- 15
Nr. 69, 18. Dez.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	19,0 5,0	+ 14,0	11,3 4,8	+ 6,5	4,9 2,0	+ 2,9	70 70	+ 0
Nr. 70, 19. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	18,0 1,5	+ 16,5	9,2 4,6	+ 4,6	6,1 0,8	+ 5,3	60 85	- 25
Nr. 71, 20. Dez.	M. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	20,0 3,5	+ 16,5	11,2 5,3	+ 5,9	6,0 0,9	+ 5,1	65 85	- 20
Nr. 72, 21. Dez.	O. W.	1500 Wasser + 1000 Formalin	15,0 5,0	+ 10,0	8,3 5,3	+ 3,0	4,5 1,7	+ 2,8	65 75	- 10
Nr. 73, 4. Jan.	O. W.	1500 Wasser + 3000 Formalin	- 3,0 - 12	+ 9,0	3,9 1,3	+ 2,6	0,0 0,6	- 0,6	100 70	+ 30
Nr. 74, 7. Jan.	O. W.	1500 Wasser + 3000 Formalin	- 3,0 - 10	+ 7,0	3,9 2,0	+ 1,9	0,0 0,3	- 0,3	100 85	+ 15

Tabelle VIII.

**Witterung (Windstärke und Himmelsbedeckung)
während der einzelnen Versuche.**

(Nach Beobachtungen von Professor Börnstein auf der landwirtschaftlichen Hochschule, NW., Invalidenstr. 42.)

Nr.	Datum (1900)	Windstärke 0 bis 12	Be-deckung 0 bis 10*)	Nr.	Datum (1900)	Windstärke 0 bis 12	Be-deckung 0 bis 10*)
1	19. Juni	1 ¹⁾ bis 2 ²⁾	0 ¹⁾ bis 4 ²⁾	6	28. Juni	1 bis 1	10 bis 7
2	20. „	1 „ 3	5 „ 8	7	29. „	1 „ 1	8 „ 7
3	22. „	1 „ 4	9 „ 10	8	2. Juli	1 „ 1	7 „ 10
4	26. „	1 „ 1	10 „ 9	9	3. „	1 „ 2	6 „ 9
5	27. „	1 „ 1	10 „ 10	10	4. „	1 „ 1	10 „ 10

*) Himmelsbedeckung von 0 ganz heiter, bis 10 ganz bedeckt.

1) Zu Beginn des Versuches. — 2) Am Schlufs des Versuches.

Nr.	Datum (1900)	Wind- stärke 0 bis 12	Be- deckung 0 bis 10 ^{*)}	Nr.	Datum (1900)	Wind- stärke 0 bis 12	Be- deckung 0 bis 10 ^{*)}
11	5 Juli	1 ¹⁾ bis 1 ²⁾	2 ¹⁾ bis 7 ²⁾	43	20. Okt.	1 bis 1	2 bis 8
12	6. „	1 „ 1	10 „ 10	44	1. Nov.	3 „ 3	10 „ 5
13	9. „	2 „ 1	10 „ 10	45	3. „	2 „ 2	3 „ 4
14	10. „	1 „ 4	6 „ 4	46	9. „	2 „ 4	10 „ 4
15	11. „	1 „ 1	3 „ 3	47	10. „	1 „ 3	10 „ 10
16	12. „	1 „ 1	0 „ 1	48	18. „	2 „ 2	10 „ 10
17	13. „	1 „ 1	0 „ 0	49	15. „	1 „ 1	10 „ 10
18	16. „	1 „ 1	0 „ 6	50	16. „	1 „ 1	10 „ 10
19	17. „	0 „ 2	8 „ 9	51	17. „	1 „ 3	10 „ 10
20	18. „	1 „ 1	10 „ 6	52	19. „	1 „ 2	10 „ 10
21	19. „	1 „ 1	0 „ 0	53	20. „	1 „ 2	10 „ 10
22	20. „	1 „ 1	2 „ 0	54	22. „	1 „ 2	10 „ 10
23	23. „	1 „ 1	10 „ 10	55	26. „	1 „ 1	10 „ 10
24	24. „	1 „ 1	7 „ 8	56	28. „	1 „ 1	6 „ 7
25	25. „	1 „ 1	3 „ 4	57	29. „	1 „ 1	10 „ 8
26	26. „	1 „ 2	0 „ 4	58	30. „	1 „ 2	0 „ 10
27	27. „	1 „ 1	10 „ 4	59	1. Dez.	1 „ 1	10 „ 10
28	30. „	1 „ 2	10 „ 8	60	3. „	1 „ 1	9 „ 7
29	31. „	1 „ 2	10 „ 7	61	4. „	4 „ 2	10 „ 10
30	1. Aug.	1 „ 1	6 „ 7	62	8. „	1 „ 2	0 „ 2
31	2. „	1 „ 1	10 „ 10	63	10. „	1 „ 1	10 „ 10
32	3. „	2 „ 2	7 „ 6	64	11. „	1 „ 2	10 „ 10
33	4. „	1 „ 4	7 „ 10	65	12. „	2 „ 2	10 „ 10
34	6. „	1 „ 4	9 „ 5	66	13. „	1 „ 2	10 „ 9
35	11. „	1 „ 2	10 „ 10	67	14. „	2 „ 3	11 „ 10
36	13. „	1 „ 1	0 „ 10	68	17. „	2 „ 3	10 „ 10
37	15. „	1 „ 1	6 „ 9	69	18. „	1 „ 2	0 „ 4
38	16. Aug.	1 „ 4	0 „ 5	70	19. „	1 „ 2	7 „ 8
39	16. Okt.	5 „ 4	10 „ 10	71	20. „	1 „ 6	8 „ 6
40	17. „	2 „ 3	2 „ 4	72	21. „	3 „ 2	4 „ 10
41	18. „	1 „ 2	10 „ 10	73	4. Jan.	1 „ 1	6 „ 3
42	19. „	1 „ 3	10 „ 8	74	7. „	4 „ 3	10 „ 10

*) Himmelsbedeckung von 0 ganz heiter, bis 10 ganz bedeckt.

1) Zu Beginn des Versuchs. — 2) Am Schluß des Versuchs.

Über den Einfluss der Lufttemperatur auf die Desinfektionswirkung des Formaldehyds.

Von

Dr. Eugen Mayer und **Dr. Heinrich Wolpert**

Stabsarzt.

Privatdozent.

früher Assistent am Institut.

Oberassistent am Institut.

(Aus dem hygienischen Institut der Universität Berlin.)

Zu den Bedingungen, welche bei praktischen Versuchen die häufigsten und größten Schwankungen zeigen, gehört gewiss der Temperaturgrad der zu desinficierenden Wohnräume. Die natürlichen Schwankungen der Lufttemperatur sind im Laufe des Jahres große, und man hat es bald mit geheizten, bald mit ungeheizten Räumen zu thun.

Den günstigen Einfluss der Wärme auf die Wirkung auch der gasförmigen Desinfektionsmittel hat zuerst, schon vor 20 Jahren, Robert Koch erkannt. Speziell hat er diesen Umstand auch für Karboldämpfe und Schwefelkohlenstoffdämpfe betont und hieran anknüpfend die wichtige, in gegenwärtiger Zeit wieder aktuell gewordene Bemerkung gemacht¹⁾: »Immerhin ist es wahrscheinlich, dass sich manche unter gewöhnlichen Verhältnissen unzulängliche Desinfektionsmittel durch Kombination mit einer gesteigerten Temperatur zu einer ausreichenden Wirksamkeit bringen lassen; möglicherweise sind auch solche Substanzen, denen bei 20° C. jede desinficierende Wirkung fehlt, wie das Beispiel vom

1) Koch, Mitteil. a. d. Kais. Ges.-Amt, 1881, Bd. 1.

Schwefelkohlenstoff lehrt, bei etwas höherer Temperatur als vortreffliche Desinfektionsmittel zu gebrauchen. Es eröffnet sich in dieser Richtung ein sehr lohnendes Feld«

Speziell für den Formaldehyd hat schon vor sieben Jahren Pottevin¹⁾ und zwei Jahre später auch Trillat²⁾ nachgewiesen, daß durch Temperaturerhöhung eine beträchtliche Verstärkung der baktericiden Kraft des Formaldehydgases eintritt. Allerdings hat Trillat³⁾ wie auch später Abba und Rondelli⁴⁾ den gleichzeitigen Einfluss der Luftfeuchtigkeit nicht richtig erkannt.

Daß Temperaturschwankungen, wenn sie zu Feuchtigkeitschwankungen führen, von Einfluss sind, haben wir oben erörtert; es bleibt aber noch zu erwägen, ob nicht ceteris paribus der Temperaturgrad eines Zimmers doch auch einen für praktische Verhältnisse bemerkbaren Einfluss zeigt. Die Angabe von Trillat, von Abba und Rondelli (1898), welche eine günstige Wirkung sehr hoher Temperaturen sahen, kann zweifellos für die vorliegende Frage um so weniger in Betracht kommen, als bei diesen Experimenten die Luftfeuchtigkeit nicht in richtiger Weise berücksichtigt worden ist, und diese Autoren sogar der Ansicht waren, daß die Wirkung der Desinfektion mit dem Grade der Lufttrockenheit steige. Weiter liegt das Hauptinteresse nicht darin, daß die Stubentemperatur gelegentlich sich über die Norm

1) Pottevin, 1894, Recherches sur le pouvoir antiseptique de l'aldéhyde formique, in Ann. de l'Inst. Pasteur, p. 807: »Les expériences, que je viens de rapporter, prouvent que l'élévation de la température augmente considérablement le pouvoir bactéricide de l'aldéhyde formique. . . . Les germes humides sont plus rapidement atteints que les germes secs. . . . Dès que la température dépasse 35°, les vapeurs du formol, même sèches, sont douées d'une énergie, qui les rend précieuses pour la pratique de la désinfection«.

2) Essais de désinfection par les vapeurs de formaldéhyde. Par MM. G. Roux et A. Trillat. Ann. de l'Inst. Pasteur, 1896, p. 294.

3) Trillat, Propriétés antiseptiques des vapeurs de formol (ou aldéhyde formique), in Compt. rend. 1894, T. 119, p. 564: »La présence de l'eau ralentit (verlangsamt!) l'action antiseptique du formol proportionnellement au degré de l'humidité«.

4) Abba und Rondelli, Das Formaldehyd und die öffentliche Desinfektion. Zeitschr. f. Hyg., 1898, Bd. 27, S. 49.

erhebt, als vielmehr in der Richtung der nach dem Nullpunkt zu abfallenden Temperaturen. Nach dieser Richtung geben auch die Versuche von Fairbanks¹⁾ keinen Aufschluss. Derselbe teilt a. a. O. lediglich zwei Versuche mit, die beide durch Vergasung von 2 g Formaldehyd pro Kubikmeter Luftraum, ohne Wasserverdampfung, mit Scherings »Aeskulap« ausgeführt wurden. Der erste Versuch, bei 22° C. (welche Temperatur im Freien?), wurde auf 12 Stunden und der zweite, bei 20° C. (wieviel im Freien?) auf 8 Stunden normiert. In beiden Versuchen waren die »auf einem Tisch« exponierten Testbakterien (Diphtherie u. s. w.) abgetötet worden. In einer früheren Arbeit hatte Fairbanks, ohne auf die Temperatur zu sehen, analoge Versuche in einem andern Zimmer vorgenommen, die er 24 und mehr (nicht weniger!) Stunden lang ausdehnte. Angenommen, Fairbanks habe durch die beiden Heizversuche die Schlüsse der früheren Beobachter erweitert. Dann blieb immer noch zu untersuchen, ob bei einer beliebigen winterlichen Aufsentemperatur die Selbstlüftung des Raumes, wenn irgendwie, z. B. durch die gewöhnlichen Windöfen auf 20—22° geheizt wird, so geringfügig ist, daß der Verlust an Formaldehyd nicht in Betracht kommt, oder aber: ob die durch starke Temperaturerhöhung gesteigerte Desinfektionswirkung den Materialverlust aus einer damit Hand in Hand gehenden beträchtlichen Selbstlüftung überkompensiert. Mit andern Worten: Ist die Desinfektion in dem auf 20—22° geheizten Zimmer bei beliebigen Aufsentemperaturen gleich erfolgreich? Diese Frage können nur Versuche entscheiden. Wir haben solche Versuche angestellt, da unseres Erachtens die Fairbanksschen Versuche nichts weiter beweisen, als daß bei 20—22° eine Desinfektionsdauer von 8—12 Stunden unter bestimmten Voraussetzungen buereicht.

Aus unseren Versuchen Nr. 73 und 74 (s. Generaltabelle, Abt. VI, sowie Tabelle V, Abt. II) ist zunächst ersichtlich, daß bei sehr tiefen Lufttemperaturen die Desinfektionswirkung so

1) Fairbanks, Centralbl. f. Bakteriologie u. Parasitenk., 1898, Bd. 23, Nr. 16. Zwei Versuche in einem durch Centralheizung (wohl Niederdruck-Dampfeheizung) im Winter erwärmten Zimmer.

gründlich ausbleiben kann, das selbst eine ins Ungemessene gehende Steigerung der anzuwendenden Formalinmengen kaum einen Erfolg versprechen dürfte. In diesen Versuchen betrug die mittlere Raumtemperatur nur 3° unter Null. Wir verdampften in dem 110 cbm großen Raum jedesmal 3 l Formalin, d. i. 3 bis 6 Mal soviel als in den meisten andern Versuchen, und erhielten gleichwohl nach Ablauf der von uns stets als Versuchsdauer gewählten $3\frac{1}{2}$ Stunden auch nicht bei einer einzigen der ausgelegten 26 Testproben (Milzbrandsporen-Seidenfäden) eine Abtötung; nicht einmal eine Verzögerung des Wachstums war zu bemerken. Allerdings handelte es sich in diesen Versuchen, wie aber schon von Nr. 63 an, um ein sehr resistentes Sporenmateriale, das 3—4 Minuten und länger dem strömenden Dampf von 100° Widerstand leistete.

Am sichersten muß der Einfluss der Temperatur auf die Desinfektionswirkung aus solchen Versuchen ergründbar sein, bei welchen im übrigen alle Verhältnisse möglichst gleichartig waren und besonders auch die Testobjekte womöglich vom gleichen Vorrat entnommen waren. Dieses ist der Fall in Abt. I und II von Tabelle V, worin die aufgeführten Versuche sämtlich zwischen Nr. 35—62 (Abt. I) bzw. 63—74 (Abt. II) liegen, teilweise freilich unter der Einwirkung eines künstlichen Innenwindes stehen, was jedoch ohne Belang ist, wenn, wie daselbst geschehen, nur Versuche in ruhender Luft für sich und ebenso in bewegter Luft für sich zusammengestellt werden. Die letzteren Versuche sind dann ebenfalls unter sich auf den Einfluss des Windes vergleichbar. Unter diesen Voraussetzungen soll Tabelle V einer näheren Betrachtung unterworfen werden und es ergibt sich dabei zunächst für gewöhnliche, ruhende Zimmerluft im wesentlichen folgendes:

Um 10° herum, bis gegen 15° aufwärts (und höher, wie aus Abt. II hervorgeht), ist ein Temperaturplus von

1) Im ganzen wurde viermal ein neuer Vorrat von Fäden zubereitet: für Versuch 1—16, 17—34, 35—62 (alle diese mit ca. 1—2 Minuten Dampfresistenz), und für Versuch 63—74 (diese zufällig mit einer wesentlich größeren, mindestens 3—4 Minuten betragenden Dampfresistenz).

jedem Grad von erkennbarem Nutzen; jeder Grad mehr bedeutet eine Verstärkung der Desinfektionswirkung. Zum Beispiel:

Wurden 1000 Formalin verdampft, so betrug die Wirksamkeit der Desinfektion auf Milzbrandsproren-Seidenfäden in Prozenten:

Ruhende Luft, **1000** Formalin.¹⁾

$$\text{Mittel } 9^{\circ} \left\{ \begin{array}{l} 8^{\circ} = 5/100 \\ 9^{\circ} = 9/100 \\ 9^{\circ} = 14/100 \\ 10^{\circ} = 59/100 \\ 11^{\circ} = 55/100 \end{array} \right\} \text{Mittel } 28/100 \text{ Wirksamkeit.}$$

Die Wirkung war also zwar durchweg eine unzureichende, absolut genommen, aber unverkennbar prägt sich doch der Einfluß der Temperatur in dem allmählichen Anstieg von 5/100 auf 55/100 aus. Und genau das Gleiche gilt für die Verdampfung von 500 Formalin, also der halben Menge gegen vor; die Gesetzmäßigkeit der Wirkung findet hier womöglich einen noch besseren Ausdruck:

Ruhende Luft, **500** Formalin.¹⁾

$$\text{Mittel } 13^{\circ} \left\{ \begin{array}{l} 12^{\circ} = 9/100 \\ 13^{\circ} = 18/100 \\ 13^{\circ} = 30/100 \\ 14^{\circ} = 60/100 \end{array} \right\} \text{Mittel } 29/100 \text{ Wirksamkeit.}$$

In den Versuchen für ruhende Luft hatte also durchschnittlich eine Erhöhung der Lufttemperatur von 9° auf 13° die Wirkung bereits auf das Doppelte gesteigert; wenigstens war der Desinfektionserfolg bei 13° mit 500 Formalin der gleiche wie bei 9° mit 1000 Formalin, und eine künstliche Erhöhung der Temperatur um 4° stellt daher in solchen Fällen als Äquivalent eine Ersparnis von 50% an Formalin in Aussicht.

¹⁾ Raumgröße 110 cbm, Desinfektionsdauer 3½ Stunden.

Konform ergab sich des ferneren der Temperatureinfluss in bewegter Luft auf Milzbrandsporen-Seidenfäden:

Bewegte Luft, 1000 Formalin.¹⁾

$$\text{Mittel } 10^{\circ} \left\{ \begin{array}{l} 8^{\circ} = 50/100 \\ 9^{\circ} = 55/100 \\ 10^{\circ} = 91/100 \\ 10^{\circ} = 95/100 \\ 10^{\circ} = 95/100 \end{array} \right\} \text{Mittel } 77/100 \text{ Wirksamkeit.}$$

Bewegte Luft, 500 Formalin.¹⁾

$$\text{Mittel } 12^{\circ} \left\{ \begin{array}{l} 10^{\circ} = 24/100 \\ 11^{\circ} = 18/100 \\ 13^{\circ} = 32/100 \\ 14^{\circ} = 90/100 \end{array} \right\} \text{Mittel } 41/100 \text{ Wirksamkeit.}$$

Ferner zeigt sich, dass auch bei sog. »forciertem« Heizen (30° gegen 20°, vgl. Nr. 65 und 68, 64 und 71) die Desinfektionswirkung ganz erheblich zunahm, obwohl zweifellos infolge der gesteigerten natürlichen Ventilation nicht unbedeutliche Mengen von Formaldehyd unwirksam wurden. Hohe Lufttemperatur kann bei der Formalindesinfektion eine so bedeutende Wirkung entfalten, dass sogar auch der Nachteil einer trockenen Luft überkompensiert wird. Es genügten z. B. in Versuch Nr. 64, bei einer mittleren Lufttemperatur von 30°, schon 45% r. F. bei Verwendung von 1000 ccm Formalin zu einer vollkommenen Desinfektionswirkung auf 17 von 22 Testobjekten, während im unmittelbar vorausgegangenen Versuch (Nr. 63) ceteris paribus bei etwa 10°, ungeachtet einer Luftfeuchtigkeit von mindestens 90%, nur eines von 22 Objekten eine Abtötung erlitten hatte, eine Erscheinung, die sich genau in gleicher Weise auch im nächstfolgenden Versuch bei ungefähr 10° (Nr. 66) wiederholte. Um 0° herum vollends blieb die Desinfektionswirkung ausnahmslos aus, wie oben erwähnt (Versuche Nr. 73 und 74), wenngleich die relative Feuchtigkeit 100% betrug und sogar 3000 ccm Formalin verdampft wurden.

¹⁾ Raumgröße 110 ccm, Desinfektionsdauer 3½, Stunden.

Die Lufttemperatur spielt also unter Umständen eine größere Rolle bei der Formalindesinfektion als die Luftfeuchtigkeit. Auch bei 30° mittlerer Lufttemperatur blieb aber die Wirkung aus, wo die Luftfeuchtigkeit, wie im nächsten Umkreis des heißen Ofens gar zu gering war (Platz 28—31 in Versuch Nr. 68, 65, 71, 64), obwohl an diesen Stellen die Temperatur der festen Objekte unter dem Einfluß der Strahlung weit über 30° betrug; denn diese Stellen fühlten sich heiß an. Wir empfehlen daher, das Zimmer schon am Tage vor der auszuführenden Desinfektion möglichst stark durchzuwärmen und unmittelbar vor Beginn der Desinfektion den Ofen nicht nochmals zu beschicken, immerhin aber bis dahin das Feuer, wenn thunlich, nicht ganz erlöschen zu lassen.

Durch das starke Heizen wird zwar die Temperaturdifferenz gegenüber dem Freien erhöht und es tritt ein Verlust an Formaldehyd ein; zweifellos wirkt daher eine spontane hohe Lufttemperatur, wie sie im Hochsommer gegeben ist, günstiger als eine künstliche Temperatursteigerung im Winter auf die Desinfektion ein. Ohne Versuche angestellt zu haben, könnte man sogar glauben, daß die natürliche Ventilation des stark geheizten Zimmers durch den Materialverlust mehr schade als durch die Temperaturerhöhung nütze. Flüggé¹⁾ schreibt wohl aus diesem Grunde in seiner Instruktion vor: »Dem Meldenden ist mitzuteilen, daß das Zimmer bis zum Eintreffen der Desinfektionskolonne nicht geheizt werden darf.« Auch Peerenboom²⁾ hat theoretische Bedenken gegen eine Heizung des Zimmers, einmal weil dadurch die Ventilation erhöht werde, somit ein Materialverlust eintrete, sodann, weil bei höherer Temperatur, wie das schon im ungeheizten hochtemperierten Zimmer der Fall sein könne, zu viel Formaldehyd in der Luft zurückbleibe, ohne mit den Objekten in Berührung zu kommen; auch er sagt daher: »Die Zimmer bleiben am besten ungeheizt.« Unsere direkten

1) S. 19 a. a. O.

2) Peerenboom, Zum Verhalten des Formaldehyds im geschlossenen Raum und zu seiner Desinfektionswirkung. Hygienische Rundschau, 1898, Nr. 16, S. 775.

Versuche haben ergeben, dass zwar die Zimmer zweckmäßiger vorgeheizt als erst während des Desinfektionsaktes angeheizt werden sollen; immerhin haben wir aber den Einfluss der Wärme als einen so eminent förderlichen Faktor erkannt, dass wir bei Desinfektionsausführungen zur Winterszeit in solchen Fällen, wo das Vorheizen versäumt wurde, unter keinen Umständen auf ein Heizen während des Desinfektionsaktes verzichten möchten. In der Desinfektionspraxis werden Fälle, in denen die Sanitätskolonne aus Versehen, Indolenz oder Sparsamkeit nicht vorgeheizte Räume vorfinden wird, auch wenn an den Meldenden das gegenteilige Verlangen gestellt werde, etwas ganz Alltägliches sein.

Wir haben schon eingangs erwähnt, dass es eine alte Erfahrungsthatfache ist, dass viele Desinfektionsmittel mit zunehmender Temperatur eine zunehmende Wirkung entfalten.

Für diesen Vorgang hat man bis jetzt eine experimentell begründete Theorie nicht geben können.

Unseres Erachtens kommen hierbei drei Möglichkeiten in Betracht.

Entweder hat die Temperatur einen Einfluss, indem hier, wie so häufig bei chemischen Vorgängen, die desinficierende Substanz durch die Wärmebewegung aktiv gemacht wird, so dass also auch der Formaldehyd mit steigender Temperatur leichter in jene Reaktion mit dem Bakterienmaterial eintritt, den wir als Vorgang der Tötung auffassen müssen; oder die Substanz der Bakterien erleidet selbst, obwohl sich letztere in lufttrockenem Zustand und bei latentem Leben befinden, solche Änderungen, welche sie geeigneter machen, mit dem Formaldehyd in Reaktion zu treten; oder endlich, was am wahrscheinlichsten ist, es treten sowohl bei dem Formaldehyd wie bei dem Bakterienprotoplasma mit steigender Temperatur die Bedingungen zu besserer gegenseitiger Reaktion ein.

In welchem Masse dann die relative Feuchtigkeit der Luft an diesen Vorgängen beteiligt ist, lässt sich vorerst nur im allgemeinen angeben. Wenn auch bei jeder Temperatur ein gewisser Feuchtigkeitsgrad den Grenzwert der Desinfektionswirkung

darstellt, so braucht doch dessen absolute Gröfse nicht bei allen Temperaturen die gleiche zu sein. Eine Kondensation von Wasserdampf zu tropfenförmigem Wasser ist jedoch schädlich, einmal, weil hierdurch der Luft und somit auch den andern Objekten des Zimmers zu viel Formaldehyd entzogen wird zu gunsten einer beschränkten Stelle, und sodann gleichwohl die Concentration der durch die folgende Absorption des Formaldehyds sich bildenden Formalinlösung für eine wirksame Desinfektion dieser beschränkten Stelle noch nicht auszureichen braucht.

Wir müssen aber noch auf eine andere Rückwirkung der Temperatur hinweisen, die ziemlich sicher ebenfalls an den Versuchsergebnissen beteiligt ist. Durch eine niedrige Lufttemperatur scheint nämlich eine frühzeitige Bildung von Paraldehyd befördert zu werden. Wir beobachteten, wenigstens bei den tiefgradigen Versuchen, die auffällige Thatsache, dafs sich dicke Nebel bildeten, dafs nach Abschluss der Versuche der Formalingeruch ein minimaler war und dafs sich auf sämtlichen Gegenständen kleinste grauweiße Pünktchen vorfanden. Die dicken Nebel waren offenbar durch Paraform bedingt, und die weißen Pünktchen sind hierauf zurückzuführen; die wirkliche Formaldehydabsorption durch den Wasserdampf war infolgedessen so gering, dafs der auftretende schwache Formalingeruch nicht einmal am Betreten des Raumes hinderte, was bei den hochgradigen Versuchen ausgeschlossen war. Bei den Versuchen unter 0° bemerkten wir ferner, dafs die gefrorenen Fensterscheiben auftauten bezw. überhaupt nicht zufroren, gleichwohl aber von Kondensflüssigkeit beschlagen waren. Das war darauf zurückzuführen, dafs auch das Eis wie flüssiges Wasser den Formaldehyd absorbiert und die entstehende Formalinlösung einen niedrigeren Gefrierpunkt als das Wasser hat. Von der Richtigkeit dieser Annahme überzeugten wir uns auch noch durch folgenden Versuch: wir stellten zwei Glasgefäße, in welche etwas Wasser eingefüllt wurde, in das eine dazu ein Schälchen mit etwas Formalinlösung, bei tief unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegenden Außentemperaturen ins Freie; während in dem Wassergefäfs sich auf der ganzen Innenfläche Kondenseis (Eisblumen) bildete, beschlugen sich

wohl auch die Wandungen des andern Gefäßes, aber zu einem Gefrieren dieser Kondensflüssigkeit kam es nicht. — Der Eine von uns, welcher die vorliegenden Untersuchungen angeregt hatte (W.), wird diese Fragen noch weiterhin experimentell verfolgen und behält sich vor, über die Mengen des bei verschiedener Temperatur in der Luft vorhandenen Formaldehyds und Paraldehyds zu gelegener Jahreszeit besondere Versuche anzustellen.

Es dürfte daher ratsam sein, die Wohnungsdesinfektion mittels Formaldehyds bei möglichst hoher, eventuell künstlich gesteigerter Raumtemperatur vorzunehmen und nicht ungemessene große Wassermengen bis zur Kondensation an den Wänden und Gegenständen zu verdampfen, sondern nur so viel, daß der Feuchtigkeitsgehalt der Luft von dem Sättigungspunkt noch erheblich entfernt bleibt (nicht wesentlich weniger als 40 und nicht über 80% r. F. bei etwa 30°, bei niedrigeren Temperaturen am besten gegen 80% r. F.). Hierdurch wird erreicht, daß keine Kondensation eintritt und folglich weder Möbel, Bronzegegenstände u. dergl. beschädigt werden, noch durch Übergang des Formaldehyds in Lösung eine Minderung der Desinfektionswirkung zu befürchten ist.

In besonderen Fällen kann es vorkommen, daß im Winter entweder eine bestehende Heizeinrichtung dem Desinfektionszweck nicht genügt oder der zu desinfizierende Raum, etwa ein Schlafzimmer, überhaupt keine Heizeinrichtung besitzt. Ersteres kann beispielsweise der Fall sein in großen Kasernenstuben oder in Barackenräumen auf Übungsplätzen, die ja mitunter, gerade bei Epidemien, auch in der kälteren Jahreszeit belegt werden müssen, und wo die vorhandenen Öfen bei weitem nicht ausreichen können, um wenigstens alle Teile des Raumes auf die gewünschte hohe Temperatur (mindestens 20°) zu bringen. In solchen Fällen werden Koaxskörbe oder Holzkohlenbecken oder -Pfannen sehr gute Dienste leisten, da man dieselben in beliebiger Anzahl und über den Raum verteilt aufstellen kann. Was wir oben über die gewöhnliche Ofenheizung gesagt haben, gilt auch hier, am vorteilhaftesten wird der Raum nicht während der Desinfektionsausführung geheizt, sondern schon vorher. Es mag noch bemerkt

werden, daß die Größe der Wärmeentwicklung, die sich mittels Kohlenbecken erreichen läßt, wie neuere Forschungen ergeben haben¹⁾, bisher ebenso sehr unterschätzt wurde als man geneigt war, die Gefahr einer hierdurch bedingten Kohlenoxydvergiftung zu überschätzen; Krell fand, daß bei sachgemäßer Behandlung der Kohlenbecken, wie sie in Rußland auch vielfach üblich sei, kein Kohlenoxyd auftrat oder doch nur in so geringen Spuren, die quantitativ nicht falsbar waren.

1) Otto Krell, Antike Heizungen. München, Oldenbourg, 1901.

Studien zur relativen Photometrie.

Vom

Dozenten Dr. **Stanislav Růžička**,

Assistenten am Institut.

(Aus dem hygienischen Institute des Prof. Dr. G. Kabrhel in Prag.)

Zur Bestimmung der Verteilung des Lichtes in einem beleuchteten Raume ist aufer der ziemlich mühsamen und in vielen Fällen wegen Lichtschwankungen praktisch kaum durchführbaren Methode der Feststellung der absoluten Belichtungsintensität einer Anzahl von Plätzen des betreffenden Raumes mittels eines exakten Photometers (z. B. des Weberschen Milchglasphotometers) nur für das Tageslicht noch die Methode der Raumwinkelmessung (nach Weber) vorhanden.

Bei der Benutzung des Photometers zum obigen Zwecke ergibt sich nämlich die Schwierigkeit, daß die für alle Plätze gleichzeitige Ablesung nur dann möglich wäre, wenn für jeden Platz ein besonderer Photometer und ein mit seiner Handhabung vertrauter Beobachter vorhanden wäre. Sonst kann — wenn man nur mit einem Photometer arbeitet — während des Überganges von einem Platze zum anderen eine Lichtschwankung eintreten, so daß dann das resultierende Verhältnis verschoben ist. Je größer die Lichtschwankungen sind, desto fehlerhafter ist dann das Resultat. Dieser Fall tritt besonders beim Taglicht in hohem Mafse ein, aber auch von der künstlichen Beleuchtung gilt — wenn auch in geringerem Mafse — dasselbe (Gasdruckschwankungen, Schwankungen des elektrischen Stromes).

Der Methode der Raumwinkelmessung aber haftet der Mangel an, daß sie als Lichtquelle für die Beleuchtung der Plätze eines Raumes nur die direkt von der leuchtenden Himmelsfläche auf dieselben treffenden Strahlen berücksichtigt, das von gegenüberliegenden Häusern, Wandflächen, der Zimmerdecke und von mannigfaltigen anderen Gegenständen reflektierte Licht dagegen unberücksichtigt läßt. Ganz abgesehen von der nicht geringen Schwierigkeit ihrer Ausführung, besonders bei mehrfenstrigen Räumen.

Der Cohnsche Lichtprüfer orientiert nur darüber, ob der betreffende Platz »vorzüglich« oder »gut« oder »schlecht« ist (beruht auf Herabsetzung der Lesbarkeit beigefügter Zahlentabellen durch Vorschaltung von [3 oder 2 oder 1] Rauchgläsern vor das Auge).

Außer diesen physikalischen Methoden ist es schon seit langem von einer großen Reihe von Forschern angestrebt worden, die chemischen Wirkungen der Lichtstrahlen als einen Maßstab für die Lichtintensität zu benutzen.

Die ersten waren Bunsen und Roscoe, welche das Chlorknallgasphotometer schon vor einem halben Jahrhunderte zu diesem Zwecke konstruierten. Da aber die Manipulation mit Gasen zu diesem Zwecke sehr umständlich ist, gingen diese Forscher bald zu einer festen Chlorverbindung über, welche ebenfalls durch Lichtstrahlen zerlegt wird, nämlich Chlorsilber in Form eines damit imprägnierten »lichtempfindlichen« Papiers.

Der zweite Grundstein zur Ausbildung dieser chemischen Lichtmessungsmethoden war das innerhalb weiter Grenzen gültige — wieder von Bunsen und Roscoe festgestellte — Gesetz, daß gleichen Produkten aus Beleuchtungsdauer (t_1 , t_2) und chemischer Lichtintensität (J_1 , J_2) gleiche Schwärzungen des lichtempfindlichen Papiers entsprechen:

$$J_1 t_1 = J_2 t_2$$

(bei gleicher Schwärzung des lichtempfindlichen Papiers!)

Zur praktischen Ausführung von Lichtmessungen auf Grund dieser Prinzipien haben sich nun die beiden Autoren erstens

einen »Normalton«, resp. »Normalschwärze« (feines inniges Gemenge von 1000 Gewichtsteilen reinen Zinkoxyds und einem Gewichtsteil reinsten Rufskohle) und zweitens ein Normalpapier (Chlorsilberpapier)¹⁾ hergestellt. Als Maßeinheit wählten sie jene Lichtstärke, welche am Normalpapier innerhalb einer Sekunde den Normalton hervorbringt.

Weiterhin konstruierte Bunsen zum Zwecke der Exposition des Normalpapiers dem zu bestimmenden Lichte ein »Pendelphotometer«, welcher Apparat einen Streifen des Normalpapiers binnen kurzer genau meßbarer Zeit derart zu exponieren erlaubt, daß verschiedene Teile verschieden lange aber bestimmte Zeit exponiert werden, wodurch eine abfallende Schwärzung auf demselben entsteht. Mittels des Teiles, auf welchem der Normalton entstanden ist, wird nun auf Grund der betreffenden Expositionszeit die Lichtintensität berechnet. — Die Ausführung der Methode ist recht schwierig und umständlich, sie wurde deshalb von Roscoe selbst später noch mehrfach abgeändert und vereinfacht, so daß der Pendelapparat nicht mehr zur Bestimmung der Expositionszeit der einzelnen Teile des Normalpapierstreifens — welche Bestimmung besonders schwierig war —, sondern nur zur Herstellung eines Normalpapierstreifens von abfallender Schwärze²⁾ diene. Seine Calibrierung geschah aber empirisch: Roscoe liefs auf mehrere Normalpapierstückchen durch dieselbe Zeit bestimmte verschiedene Lichtintensitäten einwirken und suchte dann auf dem Papierstreifen mit abfallender Schwärze die entsprechenden Schwärzegrade auf, wodurch eine Skala erhalten wurde, welche eventuell durch Interpolation auch auf weitere Lichtintensitätsgrade schliesen liefs. Nach der oben angeführten

1) Tränkung des Papiers mit 3 proz. Kochsalzlösung, Trocknen, 5 Minuten im Finstern auf 12 proz. Silbernitratlösung schwimmen lassen, Trocknen im Finstern.

2) Bedeutend einfacher läfst sich ein solcher Papierstreifen mit abfallender Schwärze herstellen durch derartige Exposition eines Streifens gegenüber einer künstlichen Lichtquelle in der Dunkelkammer, daß das eine Ende des Streifens mehr vom Lichte entfernt ist als das andere, welches den dem Lichte nächsten Teil des Streifens bildet (siehe weiter meine Methode der Skalenherstellung).

Gleichung $J_1 t_1 = J_2 t_2$ können nun mit Hilfe dieses kalibrierten Streifens Bestimmungen unbekannter Lichtintensitäten vorgenommen werden.

Bedeutend vereinfacht wurde die Methode weiterhin von Stelling, welcher sich ebenfalls einen Normalpapierstreifen mit abfallender Schwärze mittels des Pendelphotometers herstellte, aber zum Zwecke der Graduierung kleine Streifen derselben Lichtintensität unter Variierung des anderen Faktors — der Expositionsdauer — exponierte.

In neuerer Zeit ist es Wiesner¹⁾ gelungen, eine noch größere Vereinfachung zu erzielen. Er bedient sich eines etwa 8×10 cm großen Brettchens, welches mit schwarzem undurchsichtigem Papier überzogen ist, aus welchem Überzug aber längs einer ganzen Seite des Brettchens — etwa 1 cm vom Rande entfernt — ein 4—6 mm breiter Streifen ausgeschnitten ist. Von der Seite können unter das schwarze Papier Papierstreifen derart eingeschoben werden, daß sie im erwähnten Ausschnitt frei zu Tage liegen. Zum Zwecke der Lichtintensitätsbestimmung wird nun in den Ausschnitt der oben beschriebene Normalton als Vergleichston und ein zweiter Streifen unveränderten Normalpapiers eingeführt, so daß die beiden Streifen genau nebeneinander liegen und ihre Töne leicht verglichen werden können. Dann wird das Ganze dem zu messenden Lichte so lange exponiert, als das Normalpapier sich zum Normalton schwärzt. Setzen wir die dazu nötige Zeit als t an, so ist die Intensität des zu messenden Lichtes $\frac{1}{t}$.

Bei zu großen Lichtintensitäten würde natürlich t gar zu klein ausfallen, wodurch große Ablesungsfehler unvermeidlich werden würden. Deshalb hat Wiesner eine indirekte Bestimmung ausgebildet: Es wird zuerst bestimmt, in welcher Zeit eine beliebige schwache Lichtintensität 1. den Normalton und 2. einen

1) Denkschriften der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. LXIV, 1896. Separat-Abdruck: Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java).

dunkleren Ton, welcher durch das zu messende Licht in einer ziemlich langen, also gut ablesbaren Zeit am Normalpapier hervorgerufen wird, hervorbringt. Aus dieser Beziehung ist dann die fragliche Lichtintensität leicht zu berechnen. Zweitens hat Wiesner zu Messungen großer Lichtintensitäten auch seine einfachere direkte Methode brauchbar gemacht, indem er Mehrfachnormaltöne mittels beständiger Aquarellfarben herstellte und sie kalibrierte.

Alle diese erwähnten chemischen Lichtmessungsmethoden beziehen sich aber nicht auf den leuchtenden Teil der Lichtstrahlen, da dieser auf die empfindliche Silberverbindung nur sehr schwach einwirkt; die maximale Wirkung liegt in dem blauvioletten Teile des Spektrums, und es können diese Methoden also korrekt nur auf diese sog. »chemischen« Strahlen angewendet werden.

Nur dann wären diese Methoden zur Messung des eigentlichen »Lichtes« brauchbar, wenn 1. das Verhältnis zwischen den »chemischen« und leuchtenden Strahlen in allen Lichtarten dasselbe wäre oder 2. wenn wir eine empfindliche Substanz hätten, welche auf die verschiedenen Teile des Spektrums ebenso reagieren würde wie die Netzhaut unseres Auges, welche das Maximum der Empfindlichkeit im gelben Teile des Spektrums besitzt.

Die erste Bedingung trifft bei weitem nicht zu: Die Zusammensetzung des Lichtes ist in dieser Beziehung sehr verschieden bei verschiedenen Lichtquellen.

Allerdings kann sie bei einer bestimmten Lichtart ziemlich konstant sein, wobei dann eine Lichtmessung der betreffenden Lichtart nach Kalibrierung des empfindlichen Papiers auf diese Lichtart auch in Bezug auf die leuchtenden Strahlen möglich wäre.

Diesen Weg hat Crzellitzer¹⁾ in Bezug auf das Auerlicht eingeschlagen und sich zu diesem Zwecke ein im wesentlichen dem Vogelschen Aktinometer entsprechendes Instrumentchen konstruiert, bei welchem Stückchen des empfindlichen Papiers

1) Archiv f. Hygiene, XXXVIII, 317 (1900).

1. direkt, 2. mit einer Lage Seidenpapier bedeckt, 3. mit zwei Lagen Seidenpapier bedeckt, 4. mit drei Lagen Seidenpapier bedeckt u. s. w. 45 Minuten exponiert werden. Ist selbst auf dem ganz unbedeckten Teile keine Reaktion zu erkennen, so bedeutet das bei dem von Czsellitzer benutzten Papier weniger als 13 Meterkerzen, Reaktion auf dem unbedeckten und eine schwächere auf dem mit einer Lage Seidenpapier bedeckten Teile bedeutet mindestens 24 Meterkerzen u. s. w.

Die im Deutschen Reiche patentierte Methode von Baurat Wingen basiert darauf, daß die auf den zu untersuchenden Plätzen exponierten Papierstückchen mit einem solchen verglichen werden, auf welches eine Lichtintensität von 50 Meterkerzen durch dieselbe Zeit eingewirkt hat: die »blasseren Plätze« gelten als ungenügend beleuchtet. — Jedenfalls müßte bei dieser Methode das 50 Meterkerzenpapier immer mittels derselben Lichtart hergestellt werden, was beim Taglicht praktisch kaum möglich sein dürfte¹⁾, bei anderen Lichtarten aber außerdem ein nicht geringes Instrumentarium (darunter ein exaktes Photometer) und nicht geringe Arbeit erfordern würde. Die Forderung von wenigstens 50 Meterkerzen dürfte als entschieden zu hoch ge-griffen bezeichnet werden müssen. Ganz ähnliche Wege haben übrigens zur hygienischen Taxierung der Beleuchtung einzelner Plätze z. B. eines Schullokals auch Andere vor Wingen einzuschlagen versucht (z. B. Wolpert in Berlin), und das Grundprinzip — Kopierpapierstückchen auf verschiedenen Plätzen zu exponieren und aus der Verdunkelung auf die Belichtungsintensität zu schliessen, — welches unbegreiflicher Weise im Patentanspruch enthalten ist, dürfte als allgemein bekannt bezeichnet werden.

1) In der Anleitung zum Gebrauch des Instrumentchens heißt es, das beigefügte Normaltonvergleichspapier sei bei 50 Meterkerzen Taglicht bei hellem Tag, 11—12 Uhr, wechselnder Bewölkung (April), hergestellt worden. Wie das möglich wäre, durch eine ganze Stunde und zwar noch bei wechselnder Bewölkung am Expositionsplatze ständig genau 50 Meterkerzen (und zwar noch derselben Art Taglicht) zu haben, ist mir unbegreiflich. Es werden darüber auch leider keine Angaben gemacht. (Das Instrumentchen ist bei F. Tiessen, Breslau I, Schmiedebrücke 30 erhältlich.)

Im Weiteren werde ich übrigens bei Auseinandersetzung meiner Versuche Gelegenheit haben zu erwähnen, daß möglicherweise auch in einem und demselben Raume, welcher von einer (primären) Lichtquelle beleuchtet wird, das Licht nicht überall in Bezug auf das Verhältnis der chemischen zu den leuchtenden Strahlen genügend gleich zusammengesetzt ist.

Die zweite Bedingung ist durch das Andresensche Papier wenn nicht erfüllt, so sicher wenigstens der Erfüllung bedeutend nähergebracht worden¹⁾.

Andresen ist es nämlich gelungen, das Bromsilberpapier mittels des Rhodamins *B* derart zu sensibilisieren, daß es außer dem alten Empfindlichkeitsmaximum in Violett noch ein starkes zweites im Gelben besitzt. Um nun nur die leuchtenden Strahlen auf das Papier einwirken zu lassen, filtriert Andresen den violetten Teil durch Auflegen einer mit Auramin gefärbten Glasplatte²⁾ auf sein empfindliches Papier ab.

Dadurch, daß das Papier außer dem für uns brauchbaren Empfindlichkeitsmaximum auch noch das alte hat, wird die Handhabung des Papiers für die Praxis allerdings — wie mir Andresen selbst mitgeteilt hat — bedeutend erschwert.

Mir ist es nun gelungen, das Papier so herzustellen, daß es ohne Vorschaltung eines blauviolette Strahlen absorbierenden Filters ganz an und für sich schon nur das eine Maximum im Gelben besitzt.

Ich erzielte dies dadurch, daß ich dem Andresenschen Papier einfach das Filter einverleibt habe.

Die Herstellung ist einfach und dürfte nach dem Urteil eines Fachmannes kaum höher als diejenige der gewöhnlichen Kopierpapiere kommen:

Das photographische Rohpapier wird 5 Minuten lang in einer Auflösung von 61 g Bromkalium in 1000 g Wasser gebadet und vertikal aufgehängt und an der Luft getrocknet. Dann bei

1) Photographische Korrespondenz, 1898. (Zur Aktinometrie des Sonnenlichtes.)

2) Eigentlich ist nur eine auf der Glasplatte befindliche feine Gelatineschicht gefärbt; siehe weiter unten.

rubinrotem Lichte in der Dunkelkammer mit einer 12proz. Silbernitratlösung während 2 Minuten behandelt und sogleich viermal je 2 Minuten in immer erneuertem Wasser ausgewässert und dann 5 Minuten in einer Lösung aus

200 ccm Wasser,

6 g Natriumnitrit,

5 ccm einer alkoholischen Lösung von Rhodamin *B* 1 : 200 gebadet und, ohne auszuwässern im Dunkeln wieder vertikal aufgehängt, getrocknet.

Bisher ist es das Andresensche Papier, welches zwei Empfindlichkeitsmaxima hat: erstens das alte im Violett und dann ein zweites im Gelb.

Ich füge nun dem Papier unmittelbar das blauviolette, Strahlen absorbierende Filter an, indem ich die empfindliche Fläche mit einer Schicht von Collodium oder Celloidin überziehe, in welchem vorher Auramin aufgelöst worden ist.

Fernerhin will ich versuchen, für besondere Zwecke Papier von höherer Empfindlichkeit und starken Kontrasten durch stärkere (z. B. doppelte) Beladung mit Bromsilber herzustellen, indem ich nach der Auswässerung das Papier im Dunkeln trocknen und dann von neuem mit Bromkali¹⁾ und Silbernitrat behandeln will, worauf dann die ganze Prozedur auf die beschriebene Art weiter fortgesetzt wird.

Mein Papier ist auf der empfindlichen Fläche leuchtend orange-gelb und wird durch Lichteinwirkung bräunlich bis schwarzbraun; bei stärkerer Beladung mit Bromsilber werden wohl endlich fast ganz schwarze Töne noch hinzukommen.

Außer den technischen Vorteilen meines Papiers vor dem Andresenschen — welche in Einfachheit der Handhabung (infolge des Wegfalls eines besonderen Lichtfilters) und Billigkeit²⁾

1) Diesemal natürlich schon auch im Dunkeln.

2) Andresen stellt das Auraminfilter folgender Art her (nach mündlicher Mitteilung): Ungebrauchte Bromsilber-Gelatineplatten werden in der Dunkelkammer ausfixiert, gründlich ausgewässert, getrocknet. Dann 10 Minuten unter fortwährender Bewegung der Schale in wässriger Auraminlösung 1 : 60 gebadet und hierauf während 1 Minute in viel Wasser abgospült, dann getrocknet.

(aus demselben Grunde) bestehen —, sind zwei sachliche hervorzuheben:

Die Lichtabsorption durch die Glasplatte des Andresen'schen Auraminfilters kommt in Wegfall, so daß das Licht weniger geschwächt (nur durch die äußerst feine Collodiumschicht) zur Wirkung gelangt, wodurch also die Methode empfindlicher wird, was besonders bei schwächeren Lichtintensitäten sehr notwendig ist.

Zweitens ist der Kontrast der Töne (leuchtend orange-gelb, braun, schwarzbraun) meines Papiers nach Urteil unter Anderen des Herrn Dr. Andresen¹⁾ selbst schärfer als bei seinem Papier (bläulichrot, violett, rötlichgrau-dunkelblau), was für die Ablesung natürlich von Vorteil ist.

Nun aber ist noch ein weiterer Umstand zu erwähnen. Unsere Netzhaut hat, wie schon erwähnt, ihr Empfindlichkeitsmaximum im gelben Teile des Spektrums, und vom Gelben klingt nach beiden Seiten die Empfindlichkeit ab (unsere Netzhaut empfindet einerseits das Orange, Rot, andererseits das Grün, Blau, Violett, aber die ultraroten und die ultravioletten Strahlen nicht mehr). Es ließe sich sicher eine Kurve konstruieren, welche dieses Abklingen graphisch darstellen würde. Es fragt sich nun, ob auch für das Andresen'sche und das meinige Papier die Empfindlichkeitskurve für das »Gelbmaximum« genau dieselbe wäre, denn nur dann wäre dieses Papier ein ganz genau adäquates Maß für die Empfindungen der Netzhaut.

A priori kann man sagen, daß es ein besonders günstiger Zufall wäre, wenn dies zutreffen würde. Eine genaue Beantwortung der Frage wird aber sehr viel experimentelle Arbeit erfordern, welche ich noch nicht Gelegenheit hatte auszuführen.

Trifft dies nicht zu, so haben wir in diesem Papier zwar sicher ein bei Weitem unvergleichlich besseres Maß für Licht-

1) Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dr. Andresen auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen für die außerordentliche Bereitwilligkeit, mit welcher er mir sein Laboratorium in der photographischen Abteilung der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin, dessen Leiter er ist, zur Verfügung stellte. Derselbe Dank meinerseits gebührt der Fabrikdirektion.

bestimmungen als im violett empfindlichen, aber ein ganz genaues doch noch nicht.

Es ergibt sich somit aus dem ganzen bisher Mitgeteilten, daß wir eigentlich keine genügend korrekte und doch praktisch brauchbare Methode zur Bestimmung der Lichtverteilung ausgearbeitet haben, und doch wäre eine solche leicht ausführbare Methode sehr erwünscht, da noch sehr viele Fragen der Hygiene der Beleuchtung geschlossener Räume ihrer Lösung — welche eben nur an der Hand von Lichtverteilungsbestimmungen möglich ist — harren. Zum Beispiel die Frage des Einflusses der Anordnung und Ausführung der Lichtöffnungen (Fenster), der Straßensbreite und Häuserhöhe, der Art des Wandanstriches, der Tageszeiten auf die Lichtverteilung im Raume.

Um nun auch mit einem nicht ganz adäquaten empfindlichen Papier Bestimmungen der Lichtverteilung vornehmen zu können, habe ich einen Weg eingeschlagen, welchen ich im folgenden beschreiben will.

Ich bin nämlich auf den Gedanken gekommen, eine Art relativer Lichtmessung mit Hilfe des lichtempfindlichen Papiers auszuarbeiten, mit deren Hilfe es möglich wäre, die Belichtungsintensitäten aller gewählten Plätze eines Raumes im Verhältnis zu einem beliebig gewählten von ihnen — z. B. zu dem dunkelsten, zu dem lichtesten, oder zur Lichtintensität vor dem Fenster im Freien — für einen und denselben Zeitabschnitt zu bestimmen.

Dadurch eliminiert man nämlich — wie ich anfangs der Anschauung war, vollständig — die Verschiedenartigkeit (in Bezug auf das Verhältnis der chemischen¹⁾ und der optischen Strahlen) der je verglichenen zwei Lichtintensitäten. Man hat kurz gesagt **in jedem Falle** — wie ich meinte — **das exakt adäquate Vergleichsobjekt, Licht desselben Ursprungs.**

1) Bei meinem Papier ist natürlich das chemische Maximum im Gelben, bei den gewöhnlichen Papieren im Violetten, beim Andresenschen Papier ist fast das ganze Spektrum »chemisch wirkend«.

(Die Art der Eruierung des Verhältnisses der beiden je verglichenen gleichartigen Lichtintensitäten aus den beiden exponierten Papierstückchen wird weiter unten geschildert werden.)

(Genauere Auseinandersetzung der Brauchbarkeit dieser meiner relativen Photometrie zu hygienischen Zwecken will ich am Ende dieser Arbeit anfügen.)

Allerdings hat sich mir aber das gewöhnliche photographische Kopierpapier zu genauen Messungen auch mit dieser Methode als ungeeignet erwiesen, und ich bin zur Überzeugung gekommen, daß bei der weiteren Ausarbeitung dieser Methode ein Papier anzuwenden ist, welches auf denselben Teil des Spektrums empfindlich wie die menschliche Netzhaut, möglichst »netzhautäquivalent« im vorher besprochenen Sinne ist. Da es nun gelungen ist, solches oder wenigstens dem sehr nahes Papier herzustellen, dürfte diese Methode auch zu genauen Messungen anwendbar werden.

Mit dem gewöhnlichen Celloidinpapier habe ich zuweilen recht genaue, in anderen Fällen aber ziemlich abweichende Werte (sogar um 20 bis 30 %) bekommen.

Ich will nun im folgenden meine mit dem gewöhnlichen Celloidinpapier Pensée gemachten Erfahrungen kurz beschreiben, da ich wegen mehrmonatlicher Abwesenheit die Experimente unterbrechen mußte.

Nachher will ich diese Studien mit meinem netzhautartig empfindlichen Kopierpapier fortsetzen.

Das Prinzip der Methode beruht darauf, daß, wenn ein Stück photographisches Kopierpapier einer Beleuchtungskraft 1, ein zweites Stück desselben Papiers einer Beleuchtungskraft desselben Lichtes, aber von der Intensität 2 während desselben Zeitabschnitts ausgesetzt wird, die beiden Papiere je einen bestimmten dunkleren Ton bekommen. Das Verhältnis der Dunkelheit beider Papiere entspricht in einer bestimmten Art dem Verhältnis der Beleuchtungsintensitäten.

Die Beziehung dieser beiden Verhältnisse ist aber keineswegs so einfach wie sie erwartet werden könnte: Es entspricht nämlich einer doppelten Beleuchtungsintensität nicht eine doppelte Dunkel-

heit (an der Lichtabsorption durch die dunkel gewordene Substanz unter Ausschluss der Absorption durch das Papier selbst gemessen), sondern eine geringere; es entsprach z. B. nach meinen Messungen einer vierfachen Beleuchtungsintensität eine nur 2,2fache Dunkelheit.

Da also eine einfache mathematische Beziehung zwischen der Beleuchtungskraft und der durch dieselbe hervorgerufenen Verdunkelung des Papiers nicht besteht, so mußte ich mir einen empirischen Maßstab dieser Beziehung verschaffen.

Dies wurde dadurch erreicht, daß ein Stück photographisches Kopierpapier z. B. in 12 gleiche kleine Stücke zerschnitten wurde (je $2 \times 4,5$ cm), von welchen jedes längs der kürzeren Seiten mittels gummierten Papierstreifchens auf ein in der Mikroskopie gebräuchliches Objektträgerglas aufgeklebt (die empfindliche Seite vom Glase abgewendet). Diese, mit dem Kopierpapier armierten Objektträger wurden dann in einer innen mattschwarz angestrichenen Holzkiste mittels in den Boden derselben in entsprechenden Entfernungen eingestochener Stecknadeln so aufgestellt, daß sie von einer Lichtquelle, z. B. 15, 17, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 34, 37, 40, 43 cm entfernt waren und die Lichtstrahlen senkrecht auf ihre dem Lichte zugewendete empfindliche Fläche auffielen.

Die auf die Richtung der Lichtstrahlen genau senkrechte Einstellung der Papierblättchen ist leicht dadurch zu erreichen, daß man diejenige Lage des betreffenden Objektträgers aufsucht, bei welcher das Kopierpapier dem durch die Flamme der Lichtquelle dasselbe betrachtenden Auge glänzend erscheint, ein Beweis, daß die auffallenden Lichtstrahlen auf demselben Wege, auf welchem sie zum Papier gekommen sind, wieder reflektiert werden, was eben nur bei senkrechter Einfallrichtung geschieht.

Alle diese Arbeiten — höchstens die genaue senkrechte Einstellung der Papierblättchen auf die Strahlrichtung kann bei schwachem Licht eine Ausnahme bilden — werden in der Dunkelkammer bei rotem Licht vorgenommen, um eine vorzeitige Lichtwirkung auf das Papier zu vermeiden.

Hierauf läßt man das Licht auf die Papiere so lange einwirken, bis das demselben nächste Papier intensiv braun erscheint;

die anderen sind begreiflicherweise — da die Intensität des Lichtes im quadratischen Verhältnisse der Entfernung abnimmt — je weiter vom Lichte desto blasser. Diese Einwirkung wird zum Beispiel bei Benutzung des gewöhnlichen Celloidinpapiers und einer gewöhnlichen Gasschnittflamme in einigen 12 Stunden erreicht. — Die eventuellen Schwankungen des Lichtes, mögen sie auch sehr groß sein, haben auf die Richtigkeit des Resultates keinen Einfluß, da sie für alle Papiere in derselben Weise zustande kommen; das Entscheidende dabei ist nur das Verhältnis der Entfernungen von der Lichtquelle.

Auf diese einfache Art bekommt man eine Skala, deren jede Stufe mit der die Entfernung des betreffenden Papierstückes vom Lichte (resp. Lichtcentrum) in Centimetern¹⁾ möglichst genau bezeichnenden Zahl versehen wird.

Wollen wir nun mittels dieser Skala das Verhältnis der Beleuchtungsintensität zweier Plätze bestimmen, welche von einer und derselben Lichtart beleuchtet werden, so hat man auf diesen

1) Man verfährt am besten so, daß man die Entfernungen der einzelnen Papierstücke im voraus nur ungefähr bestimmt wählt und erst nach genauer Einstellung (senkrecht auf die Richtung der Lichtstrahlen) mittels des Centimetermaßes sie genau ermittelt. Bei der Gasschnittflamme und Acetylenflamme empfiehlt sich folgendes einfaches Verfahren zur genauen Bestimmung der einzelnen Entfernungen: Es wird ein längerer dünner Glasstab mit dem einen Ende bis knapp an das betreffende Papierstückchen so genähert, daß der Glasstab gleichzeitig ungefähr die Mitte der leuchtenden Flächenfläche passiert. In dieser Position wird das Glasstäbchen einige Augenblicke gehalten, so daß die Flamme auf demselben ruft absetzt. Die Entfernung des Rufsringes vom Ende ist dann die gesuchte Distanz, welche dann mittels des Centimetermaßes abgelesen wird. Am meisten zu empfehlen ist aber, sich auf ein wagerechtes, ebenes Brettchen, welches am Rande einen halbkreisförmigen Ausschnitt von etwa 1 cm Durchmesser besitzt, in welchen die (am besten kurz kegelförmige) Flamme (das Ende des Rohres des leuchtenden Bunsenbrenners) immer eingestellt wird, im Bogen eine Anzahl von der Lichtquelle (dem Ausschnitt) verschieden entfernter vierkantiger Holzpföckchen — mit einer Fläche genau senkrecht auf den betreffenden vom Ausschnitt ausgehenden Radius — aufzukleben. Jedes Pföckchen wird mit zwei Drahtreifehen — einem nahe dem oberen, einem nahe dem unteren Ende des Pföckchens — versehen, unter welche bei Anfertigung der Skala das Kopierpapierstückchen eingeschoben wird. Das Brettchen wird samt den Pföckchen mattschwarz gestrichen und die Entfernung jedes Pföckchens vom Mittelpunkte des Ausschnittes ein für allemal festgestellt.

Plätzen je einen kleinen Streifen desselben Kopierpapiers, aus welchem die Skala hergestellt ist, so lange gleichzeitig zu exponieren, bis eine ziemlich intensive Bräunung des stärker belichteten und eine nicht zu blasse Verfärbung des schwächer belichteten Papiers erfolgt ist. Diese Töne müssen innerhalb der Tonintensitäten der Skala bleiben; gut ist es, sich eine dunklere (längere Exposition) und eine zweite hellere Skala (kürzere Exposition) zu bereiten. Es ist aber leicht begreiflich, daß die gar zu dunklen (schwarzbraunen), sowie auch die gar zu blassen (rosa) Töne zu vermeiden sind, da dann die Unterschiede weniger scharf erkannt werden können.

Hat man nun die beiden zu vergleichenden Papierstücke in den passenden Intensitäten, so verfährt man nun folgender Art weiter: Die Papierstücke werden, ihrer Bräunung entsprechend, in die Skala eingereiht und die auf dieselben entfallenden Zahlen notiert.

Es hat sich mir am besten das folgende Verfahren bei der Eioreihung in die Skala bewährt: Die einzelnen Papierstückchen der Skala werden mit ihren Enden in entsprechend angeordnete Schlitze eines festeren Papierblattes eingesteckt, so daß die Enden an der Hinterseite des Papiers hervorragen, der mittlere Hauptteil aber auf der Vorderseite zu Tage liegt. Über jedem Papierstückchen wird die Zahl aufgeschrieben, welche seine Entfernung in Centimetern vom Lichte bei der Anfertigung der Skala ausdrückt. — Der einzureihende Papierstreifen wird zuerst grob durch flüchtige Vergleichung mit den einzelnen Skalastufen eingereiht und dann folgender Art fein eingestellt: er wird auf einen der ihm nahestehenden Skalapapiere aufgelegt, so daß das — bedeutend größere — Skalapapier rund herum unter demselben hervorragt. Hat der verglichene Papierstreifen genau denselben Ton wie das Skalapapier, so verfließt er mit dem Tone des letzteren, so daß er für das Auge von dem Skalapapier nicht unterscheidbar ist. Sonst bildet er in dem Felde des Skalapapiers einen mehr oder weniger helleren oder dunkleren Fleck, in welchem Falle man dann dieselbe Vergleichung mit dem benachbarten dunkleren resp. helleren »Skalagrade« vornimmt, bis man entweder findet, daß das Papierstückchen dem

Tone nach mit einem Skalagrade genau übereinstimmt, oder daß sein Ton zwischen zwei Skalagraden liegt. Zur scharfen Erkennung des richtigen Verhältnisses ist es nötig, die beiden aufeinander liegenden Papiere dabei durch eine aufgedrückte Glas-
tafel zu betrachten, wodurch eine genauere Abschätzung ermöglicht wird, da die beiden Papiere nur dann genau aneinander aufgedrückt und die eventuellen Unebenheiten der verglichenen Papierstücke, welche Täuschungen hervorrufen könnten, behoben werden können. Am einfachsten bedient man sich dazu eines reinen Objektträrglases auf dessen einem Ende man ein Stückchen Glasstab oder Glasröhre senkrecht auf die Fläche des Objektträgers mittels dicken Canadabalsams aufkittet, wodurch die Glasplatte eine gute Handhabe bekommt, so daß man an den Skalapapieren nicht (beim Heben u. s. w. der Glasplatte) mit den Fingern herumgreifen muß.

Aus naheliegenden Gründen müssen natürlich alle Manipulationen mit den Skalen und den exponierten, zu vergleichenden Papierstreifen in dem chemisch unwirksamen roten Lichte — in der Dunkelkammer oder nachts — vorgenommen werden, um eine nachträgliche Lichtwirkung auszuschließen. Es empfiehlt sich nicht, die Papiere zu vergolden und zu fixieren, um die erreichten Intensitäten zu fixieren, lichtfest zu machen. Es wäre zwar weit einfacher, wenn man bei beliebigem Lichte zu arbeiten vermöchte, aber es gehen bei der Fixierung feinere Nuancen bekanntlich verloren, und es könnten so bei den mannigfaltigen chemischen Eingriffen, welche dabei vor sich gehen, Verschiebungen der ursprünglichen Tonverhältnisse eintreten.

Ich bin aber damit beschäftigt, die Herstellung lichtfester Skalen auszuarbeiten, mit welchen man dann die Ablesungen im schwachen gewöhnlichen Lichte vornehmen könnte.

Hat man nun die beiden Papierstreifen genau in die Skala eingestellt, so erfolgt dann die Berechnung:

Sagen wir, daß wir die Zahlen 23, 39 bekommen haben. In diesem Falle kann man annehmen, daß das auf den dunkleren Platz auffallende Licht im Vergleich mit dem auf den helleren Platz auffallenden in demselben Verhältnis (stärker zerstreut, also:)

schwächer war, wie es bei der Herstellung der Skala das auf den 39 cm von der Lichtquelle entfernten Kopierpapierstreifen auffallende Licht im Verhältnis zu dem auf den blofs 23 cm entfernten Kopierpapierstreifen auffallenden Lichte war.

Diese Annahme dürfte ziemlich klar erscheinen und läfst sich auch aus dem oben erwähnten Bunsen-Roscoeschen Gesetze $J_1 t_1 = J_2 t_2$ herleiten. Ihre Richtigkeit kann aber auch leicht durch das Experiment bewiesen werden. In diesem Experimente können wir die schon oben erwähnten zwei Skalen — die hellere und die dunklere — sehr gut benutzen.

Wählen wir aus der helleren Skala zwei Papiere, deren Töne noch innerhalb des Bereiches der dunkleren Skala liegen, z. B. dasjenige, welches 15 cm und ein anderes, welches 26 cm weit von der Lichtquelle exponiert war, und reihen sie in die dunklere Skala ein, so finden wir, dafs sie hier mit den Entfernungen 23 und 40 übereinstimmen. Fragen wir nun, welches Verhältnis der Beleuchtungsintensitäten diesen Zahlen entspricht, so finden wir, dafs es¹⁾ im ersten Falle das Verhältnis

$$26^2 : 15^2 = 676 : 225 = 3,0 : 1,$$

im zweiten Falle

$$40^2 : 23^2 = 1600 : 529 = 3,0 : 1 \text{ ist.}$$

Ein anderes Beispiel:

Die Papiere 15, 22 der helleren Skala stimmen mit den Entfernungen 23, 34 der dunkleren Skala überein; wir bekommen also die Verhältnisse

$$22^2 : 15^2 = 484 : 225 = 2,2 : 1$$

$$34^2 : 23^2 = 1156 : 529 = 2,2 : 1 \text{ u. s. w.}$$

Was besagen uns diese Zahlen weiter? Um dies zu verstehen, müssen wir uns vergegenwärtigen, wie die beiden Skalen — die hellere und die dunklere — entstanden sind. Beide sind durch Exposition einer Serie von Kopierpapierstückchen der Einwirkung desselben Lichtes in denselben steigenden Entfernungen entstanden, aber der Unterschied lag in der verschiedenen Länge

1) Nach dem Gesetze, dafs die Beleuchtungsintensität mit dem Quadrate der Entfernung von der Lichtquelle umgekehrt proportional ist.

der Expositionszeit. Infolgedessen blieb es bei der kürzer exponierten Skala bei lichteren Tönen, während die länger exponierte aus dunkleren Tönen besteht, und es entsprechen somit die Töne zweier in verschiedenen Entfernungen exponierten Papiere der helleren Skala, den Tönen der der Entfernung vom Lichte nach entsprechenden Papierstückchen der dunkleren Skala der Dunkelheit nach nicht, sondern die ersteren sind heller. Wir müssen also ihnen gleichgetonte in der dunkleren Skala in größeren Entfernungen vom Lichte suchen: Und dabei finden wir, was allerdings bei reifer Überlegung schon a priori zu erwarten war, daß sie solchen Entfernungen in der dunkleren Skala entsprechen, deren Quadrate den zweiten Potenzen der ersteren proportional sind.

Mit anderen Worten gesagt: Wirken auf photographisches Kopierpapier zwei verschieden abgestufte Intensitäten desselben Lichtes eine bestimmte Zeit ein, und im zweiten Falle zwei schwächere, aber zu einander in demselben Verhältnis stehende Intensitäten desselben Lichtes, so stellt sich im zweiten Falle nach einiger (längerer als im ersten Falle) Zeit genau dieselbe Verdunkelung der Kopierpapierstückchen ein. Und wenn wir das Gesagte umkehren, so sind wir zur Grundidee meiner Methode gelangt: Bringen zwei Intensitäten desselben Lichtes auf dem Kopierpapier in einer beliebigen Zeit bei gleichzeitiger Einwirkung dieselbe Verdunkelung hervor, wie zwei andere in **bekanntem** Verhältnis stehende Intensitäten desselben Lichtes im Verlaufe einer beliebigen anderen Zeit, so ist das Verhältnis der ersteren demjenigen der letzteren gleich, und da wir das letztere kennen, also auch bekannt.

Um nun dieses Faktum methodisch zur Messung der Verhältnisse von unbekanntem Beleuchtungsintensitäten benutzen zu können, brauchen wir uns nur eine Sammlung von Stückchen desselben Kopierpapiers herzustellen, welche verschiedenen zu einander in bekanntem Verhältnisse stehenden Intensitäten desselben Lichtes alle dieselbe Zeit exponiert waren. Die Abstufung der auf einzelne Papierstückchen einwirkenden Lichtintensitäten geschieht

einfach durch Exposition der Papierstücke in verschiedenen, aber genau festgestellten Entfernungen von der Lichtquelle (wobei natürlich auch der Einfallswinkel bei allen derselbe sein muß, am einfachsten 90° ; siehe die Methode der Herstellung der Skala).

Nachdem wir somit die gemachte Annahme (Seite 246, letzter Absatz) als richtig erwiesen haben, gehen wir nunmehr zur Fortsetzung der Berechnung, über welche wir unterbrochen haben.

Da wir gefunden haben, daß die exponierten Papierstreifen mit den Zahlen 23 und 39 der Skala übereinstimmen, so können wir unmittelbar nach dem eben Dargelegten sagen, daß die auf die exponierten Papierstreifen einwirkenden Lichtintensitäten in demselben Verhältnis zu einander gestanden sind wie die Lichtintensitäten, welche bei der Herstellung der Skala auf die 23 und 39 cm vom Lichte entfernten Skalapapiere auffielen. Und dieses Verhältnis war somit, dem Gesetze von der der Entfernung von der Lichtquelle umgekehrt proportionalen Abnahme der Lichtintensität gemäß:

$$39^2 : 23^2 = 1521 : 529 = 2,9 : 1$$

oder einfachere Berechnungsweise:

$$39^2 : 23^2 = \left(\frac{39}{23}\right)^2 : 1^2 = 1,7^2 : 1 = 2,9 : 1.$$

Bezüglich der Herstellung der Skala ist noch ein wichtiger Umstand zu erwähnen.

Es bietet sich nämlich die Frage, ob und inwieweit es nötig ist, für Untersuchungen mit verschiedenen Lichtarten die nötige Skala immer mittels desselben Lichtes herzustellen, welches eben studiert wird.

Diese Frage erscheint deshalb berechtigt, weil es z. B. a priori nicht auszuschließen ist, daß die auf die empfindliche Substanz des Kopierpapiers einwirkenden Strahlen bei verschiedenen Lichtarten in folgender für unsere Frage wichtigen Art voneinander abweichen könnten: Es könnten nämlich diese wirksamen Strahlen bei der einen Lichtart durch die gebräunte Substanz des Kopierpapiers stärker, bei der anderen schwächer absorbiert werden, was in dem ersteren Falle ein schneller, im zweiten ein langsamer

fortschreitendes Dunkelwerden bedingen würde. Infolgedessen wäre die Skala der einen Lichtart zur Messung der anderen im Allgemeinen nicht verwendbar.

Man könnte zwar darauf im Allgemeinen antworten: es kann also einfach immer die Skala mittels des eben zu untersuchenden Lichtes hergestellt werden. Aber diese Frage ist — abgesehen von dem theoretischen Interesse — auch in der Beziehung von praktischer Wichtigkeit, daß es nicht bei allen Lichtarten gleich leicht und einfach ist, die Skala herzustellen. Besonders bei der Anfertigung der Sonnenlichtskala besteht in der Hinsicht Schwierigkeit — im Vergleich zu der großen Einfachheit bei den künstlichen Lichtquellen — daß die Sonnenstrahlen — die direkten — praktisch parallel sind, also unter unseren irdischen Verhältnissen das Gesetz von der Abnahme der Lichtintensität mit der Entfernung von der Lichtquelle uns in diesem Falle nichts hilft. Hier muß ein leuchtender Punkt, von welchem divergierende Sonnenstrahlen ausgehen, erst geschaffen werden, was durch Sammlung der Strahlen durch eine Kollektivlinse zu bewirken ist, deren Brennpunkt dann den leuchtenden Punkt darstellt. In den Strahlenkegel hinter dem Brennpunkt werden dann die Kopierpapierstückchen senkrecht auf die Richtung der auffallenden Strahlen in bestimmten Entfernungen vom Brennpunkte aufgestellt. Ziemlich einfach läßt sich ein Apparat zu diesem Zwecke aus einer Schachtel, in deren eine Wand man den Tubus eines Mikroskopokulars mit der unteren Linse einläßt, herstellen. Auf dem Boden der Schachtel zeichnet man sich die seitliche Projektion des von der Linse gebildeten Strahlenkegels auf und steckt die Kopierpapierstreifen in ausgespannte Doppelfäden, in welche ihre beiden Enden eingeklemmt werden, in entsprechenden Lagen fest. Der Apparat wird dann den direkten Sonnenstrahlen (nicht dem diffusen Tageslicht) so exponiert, daß die Richtung der Sonnenstrahlen derjenigen der optischen Achse der Linse eine parallele ist. Außerdem wird durch kurzes Öffnen des Apparates von der Seite zeitweise kontrolliert, ob die Papierstreifen von dem Strahlenkegel richtig getroffen werden. Eine zweite Schwierigkeit bei der Anfertigung der Sonnenlichtskala

besteht darin, daß sich die Richtung der Strahlen wegen der Bewegung der Sonne am Himmelsgewölbe langsam verändert, bei genauer Arbeit müßte der oben beschriebene Apparat zur Anfertigung der Sonnenskala an einer Vorrichtung befestigt werden, welche der Veränderung der Richtung der Sonnenstrahlen genau folgen würde (Heliostatt). Bei Benutzung eines empfindlichen Kopierpapiere und ungedämpftem Licht kommt diese Schwierigkeit allerdings nur sehr wenig in Betracht, da eine Exposition von einer Minute oder sogar von Bruchteilen derselben bei starker Insolation (im Sommer) hinreichen kann. Bei längerer notwendiger Expositionszeit kann man sich auch dadurch helfen, daß man in kurzen Intervallen mittels eigener Hand den Apparat je nach der veränderten Richtung der Sonnenstrahlen verstellt.

Es zeigte sich nun bei meinem daraufhin gerichteten Untersuchungen, daß in der That in der erwähnten Richtung fühlbare Unterschiede zwischen den einzelnen mittels verschiedener Lichtarten hergestellten Skalen bestehen: so z. B. zwischen der Gaslicht- und Auergaslichtskala. Es entsprachen Entfernungen der beiden Skalen einander wie folgt:

Auerlichtskala	Gaslichtskala
21	16
22,5	17
26	20
27,5	21
31	23,5
33	24,5
35,5	26
37,5	27,5
41	30
42,5	31.

Greifen wir daraus einige Verhältnisse heraus:

Auerlichtskala	entsprechendes Verhältnis der Gaslichtskala
$21^2 : 33^2 = 441 : 1089 = 1 : 2,5$	$16^2 : 24,5^2 = 256 : 600 = 1 : 2,4$
$26^2 : 41^2 = 676 : 1681 = 1 : 2,5$	$20^2 : 30^2 = 400 : 900 = 1 : 2,3$
$21^2 : 41^2 = 441 : 1681 = 1 : 3,8$	$16^2 : 30^2 = 256 : 900 = 1 : 3,5$

u. s. w.

Die identischen Belichtungsverhältnisse dieser beiden Skalen entsprechen also einander nicht genau, sondern beim Auerlicht sind die Quotienten etwas größer.

(Dadurch will ich allerdings nicht sagen, daß diese Beziehung zwischen diesen zwei Lichtarten in derselben Art in jedem Falle besteht. Im Gegenteil, ich habe gesehen, daß sogar die veränderte Form der Flamme — Schmetterlingflamme, einfache kegelförmige leuchtende Gasflamme — den Charakter der Skala beeinflusst (wahrscheinlich wegen veränderter Verbrennungsverhältnisse — Ähnliches gilt auch für andere Lichtarten).

Ebenso zeigte die Sonnenlichtskala bedeutende Abweichung von der Kohlengaslichtskala:

Es wurden drei Kopierpapierstreifen in den Entfernungen 24, 36,4, 48,0 vom Brennpunkte der Linse in dem oben beschriebenen Apparate dem direkten Sonnenlicht exponiert.

Die Belichtungsintensitäten der einzelnen Papierstreifen waren somit nach dem mehrmals citierten Gesetze in folgenden Verhältnissen:

$$\begin{aligned} \text{Platz III : Pl. II} &= 36,4^2 : 48,0^2 = 9,1^2 : 12,0^2 = 82,8 : 144 = 1 : 1,74 \\ \text{» II : » I} &= 24^2 : 36,4^2 = 6^2 : 9,1^2 = 360 : 828 = 1 : 2,30 \\ \text{» III : » I} &= 24^2 : 48^2 = 1^2 : 2^2 = 1 : 4,00 \end{aligned}$$

In die Kohlengaslichtskala eingereiht, ergaben die Papierstreifen folgende Werte:

$$I = 20,5, \text{ II} = 30, \text{ III} = 39,5.$$

Daraus bekommen wir nachfolgende Verhältnisse:

$$\begin{aligned} \text{III : II} &= 30^2 : 39,5^2 = 90 : 156 = 1 : 1,73 \\ \text{II : I} &= 20,5^2 : 30^2 = 42 : 90 = 1 : 2,14 \\ \text{III : I} &= 20,5^2 : 39,5^2 = 42 : 156 = 1 : 3,71. \end{aligned}$$

Der Vergleich mit den oberen Verhältniszahlen zeigt, daß auch die Sonnenskalagrade in ähnlicher Weise von den Gaslichtskalagraden abwichen, wie diejenigen der Auerlichtskala: Die Quotienten sind größer.

Eine auffallend genaue Übereinstimmung zeigten die mittels des (Kohlen-)Gaslichtes und des Acetylenlichtes hergestellten Skalen

Acetylenlichtskala	Gaslichtskala
60	60
50	50
40	40
30	30
20	21.

(Hier stimmen auch die absoluten Zahlen zufällig überein — da zufällig die Töne gleich intensiv geworden sind — es ist somit nicht mehr nötig, noch die Verhältnisse besonders zu berechnen: sie sind kurz für beide identisch, bis auf die kleine Abweichung 21).

Im allgemeinen ist es also nötig, um genau arbeiten zu können, zur Arbeit mit einer bestimmten Lichtart sich die Skalen eigens mittels desselben Lichtes — und selbstverständlich auf demselben Kopierpapier, welches auch für die weiteren Versuche verwendet wird, herzustellen, oder sich eine Skala in Bezug auf die einzelnen zu untersuchenden Lichtarten — für jede Lichtart besonders zu graduieren. Denn der Farbencharakter der Skalen ist bei allen vier von mir untersuchten Lichtarten (gewöhnl. Kohlengaslicht eines Schnittbrenners, Kohlengasauerlicht, Acetylengaslicht, Sonnenlicht), wenigstens in dem roten, chemisch unwirksamen Lichte, in welchem eben die Einreihung in die Skalen erfolgt, absolut identisch; es bestehen nur Unterschiede in Bezug auf die Intensität der Verdunkelung.

Aus dem bisher Angeführten folgt, daß diese Methode einen sehr einfachen und guten Behelf zur Messung der Lichtverteilung in einem Raume bieten würde, welcher überall von einem Lichte derselben Zusammensetzung und nur verschiedener Intensität beleuchtet wäre. Nun hat es sich aber gezeigt, wie schon oben erwähnt, daß die mit dem gewöhnlichen Kopierpapier erhaltenen Resultate nicht — wenigstens nicht immer — mit den Ergebnissen der Untersuchung mit dem Weberschen Milchglasphotometer stimmen.

Die Ursache kann darin liegen, daß eben an die verschiedenen Plätze Licht verschiedener Zusammensetzung auffällt, welche Verschiedenheit durch die Reflexion und Absorption verschiedener Teile des Spektrums an verschiedenfarbigen Flächen herbeigeführt werden kann.

Eine andere Möglichkeit wäre außerdem eine nicht genügende Gleichmäßigkeit (in Qualität oder Dicke) der empfindlichen Schichte des photographischen Kopierpapiers.

Durch weitere Studien will ich diese Sachen klazulegen versuchen. Nur um die Methodik etwas zu veranschaulichen, will ich hier einige mit dem gewöhnlichen, blauviolett empfindlichen Kopierpapier ausgeführte vergleichende Bestimmungen — mittels meiner Methode und mittels des Weberschen Milchglasphotometers — anführen, bei welchen die mittels beider Methoden erhaltenen Resultate stimmten:

1. Ich habe eine Feststellung der Verhältnisse der Lichtverteilung einer Acetylenlampe 1. mit dem Weberschen Photometer und 2. mittels meiner Methode vorgenommen: Die Acetylenlampe wurde in der Dunkelkammer ($2 \times 2,5 \times 5$ m) auf einem Tisch bei der Wand aufgestellt. Auf dem Tisch wurden drei quadratische Stücke desselben weißen Papiers (1 dm, 2 dm, 3 dm von der Lampe entfernt) gelegt und in der Mitte jeden Papierstückes ein kleiner Kopierpapierstreifen placiert und mit je einer aus demselben Stücke geschnittenen Glasplatte bedeckt, um es platt zu drücken. Gleich daneben wurde das Webersche Photometer (auf seinem hellgelb gestrichenen Holzkasten montiert) mit seinen glänzenden Metallteilen und verschiedene andere Sachen (auf einer Seite eine rote Schachtel) aufgestellt, um möglichst viele Reflexionen des Lichtes zu bewirken.¹⁾ Außerdem war in unmittelbarer Nähe die gelbbraun gestrichene Fensterlade, eine weiß gestrichene Wand und übrigens alle Wände und Gegenstände waren in der Kammer wegen ihrer geringen Aus-

1) Das Webersche Photometer wurde gleich anfangs schon ganz in der zur photometrischen Messung nötigen Lage aufgestellt, um dann bei der Ausführung der photometrischen Bestimmung nicht neue, vorher nicht vorhanden gewesene Reflexionsverhältnisse einzuführen.

dehnung nicht weit vom Tische, so daß da so viele und mannigfaltige Reflexionsgelegenheiten vorhanden waren, wie sie in der Praxis nur selten in reicherm Maße vorkommen dürften.

Nachdem die Kopierpapiere genügend gebräunt waren, wurde nach meiner Methode die Bestimmung des Verhältnisses der Belichtungsintensitäten der drei Kopierpapiere ausgeführt. Es ergab sich das Verhältnis

$$\text{Kopierpapier I : Kop. II} = 2,4 : 1$$

$$\text{Kop. II : Kop. III} = 2,3 : 1$$

$$\text{Kop. I : Kop. III} = 5,3 : 1.$$

Hiernach wurde die Beleuchtungsintensität in der Mitte jener quadratischen Papierstücke, wo die Kopierpapierstreifen gelegen waren, mittels des Weberschen Photometers bestimmt. Es ergaben sich für

Platz I 146 Meterkerzen

» II 65 »

» III 28 »

woraus sich folgende Verhältnisse ergeben:

$$\text{Platz I : Platz II} = 2,3 : 1$$

$$\text{Platz II : Platz III} = 2,3 : 1$$

$$\text{Platz I : Platz III} = 5,2 : 1.$$

2. Ein zweites Beispiel, mit gewöhnlicher Gaslichtbeleuchtung:

In einem kleineren Laboratorium ($7 \times 5 \times 5$ m) wurden am 17. Dezember 1901 um $5\frac{1}{2}$ Uhr abends nach eingetretener Finsternis fünf Gasflammen (Schnittbrenner) angezündet, die Vorhänge in den zwei Fenstern herabgelassen und an einem in der Mitte des Raumes stehenden Tische auf dieselbe Art wie bei dem vorigen Versuche vier Kopierpapierstückchen auf vier verschiedenen Plätzen (I, II, III, IV) während der ganzen Nacht exponiert. Knapp vor Anfang der Exposition wurden die Belichtungsintensitäten der vier Plätze mittels des Weberschen Milchglasphotometers festgestellt und daraus die Proportionen der Belichtungsintensitäten berechnet. Am 18. früh wurden dann nach beendigter Exposition die Belichtungsintensitätsverhältnisse nach meiner Methode an der Hand der exponierten Papierstückchen berechnet.

Die Bestimmung mittels des Weberschen Photometers ergab folgende Resultate:

Belichtungsintensitäten der einzelnen Plätze in Meterkerzen:

$$\begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} \text{I} = 9,3 \\ \text{II} = 13,3 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{III} = 13,3 \\ \text{IV} = 8,0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{I} = 9,0 \\ \text{IV} = 7,9 \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{II} = 13,3 \\ \text{III} = 13,3 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{I} = 9,3 \\ \text{III} = 12,5 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{II} = 12,1 \\ \text{IV} = 7,7 \end{array} \right. \end{array}$$

(Es muß hier bemerkt werden, daß es zu solchen Zwecken nicht genügt, einfach die Belichtungsintensitäten der betreffenden Plätze hintereinander festzustellen und die erhaltenen Zahlen dann in Proportionen zusammenzustellen, da dabei zwischen der Bestimmung I und IV eine bedeutend längere Zeit verfließt als zwischen I und II, und infolgedessen bei den immer vorhandenen, für das Photometer ganz deutlich fühlbaren Lichtschwankungen im ersten Falle eine Möglichkeit größerer Fehler, als im zweiten Falle vorhanden ist. Um genauer vorzugehen, muß man für alle Paarcombinationen der zu vergleichenden Plätze die Bestimmungen eigens vornehmen, wie es die eben angeführte Tafel zeigt. Sie zeigt zugleich, daß diese Vorsichtsmaßregel ganz berechtigt ist; Obwohl alle diese zwölf Bestimmungen binnen etwa einer Viertelstunde ausgeführt worden sind, zeigen sich doch nicht unbedeutende Schwankungen:

I zeigt die Werte	9,3	9,3	9,0
II » » »	13,3	13,3	12,1
III » » »	13,3	13,3	12,5
IV » » »	8,0	7,9	7,7.)

Stellen wir aus diesen Zahlen jetzt die Proportionen zusammen, so erhalten wir folgende Werte:

$$\begin{array}{l} \text{I} : \text{II} = 9,3 : 13,3 = 1 : 1,43 \\ \text{II} : \text{III} = 13,3 : 13,3 = 1 : 1,00 \\ \text{III} : \text{IV} = 13,3 : 8,0 = 1 : 0,60 \\ \text{I} : \text{III} = 9,3 : 12,5 = 1 : 1,34 \\ \text{I} : \text{IV} = 9,0 : 7,9 = 1 : 0,88 \\ \text{II} : \text{IV} = 12,1 : 7,7 = 1 : 0,64 \end{array}$$

Die Bestimmung mittels meiner Methode ergab nun Folgendes:

$$\begin{aligned} \text{I} &= 37 \text{ cm (Skalagrad)} \\ \text{II} &= 31 \text{ „ „} \\ \text{III} &= 31 \text{ „ „} \\ \text{IV} &= 40 \text{ „ „} \end{aligned}$$

Daraus bekommen wir die Proportionen:

$$\begin{aligned} \text{I} : \text{II} &= 31^2 : 37^2 = 961 : 1369 = 1 : 1,43 \\ \text{II} : \text{III} &= 31^2 : 31^2 = 961 : 961 = 1 : 1,00 \\ \text{III} : \text{IV} &= 40^2 : 31^2 = 1600 : 961 = 1 : 0,60 \\ \text{I} : \text{III} &= 31^2 : 37^2 = 961 : 1369 = 1 : 1,43 \\ \text{I} : \text{IV} &= 40^2 : 37^2 = 1600 : 1369 = 1 : 0,86 \\ \text{II} : \text{IV} &= 40^2 : 31^2 = 1600 : 961 = 1 : 0,60. \end{aligned}$$

3. Ein drittes Experiment habe ich mit dem Auerlicht gemacht: In der kleinen Dunkelkammer ($2 \times 2,5 \times 5$ m), welche von zwei Auergaslampen hell beleuchtet war, wurden an einem Tische 3 Kopierpapierstreifen auf die vorher beschriebene Art exponiert und außerdem die Belichtungsintensität der drei Expositionsplätze mittels des Weberschen Milchglasphotometers festgestellt (alles genau so ausgeführt wie bei dem vorigen Versuche mit gewöhnlicher Gasbeleuchtung).

Die Bestimmung mittels des Weberschen Photometers ergab folgende Resultate:

Belichtungsintensitäten der einzelnen Plätze in Meterkerzen

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{I} = 74 \\ \text{II} = 43 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{II} = 43 \\ \text{III} = 23 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{I} = 62 \\ \text{III} = 22. \end{array} \right.$$

Daraus resultieren folgende Verhältnisse:

$$\begin{aligned} \text{I} : \text{II} &= 74 : 43 = 1 : 0,58 \\ \text{II} : \text{III} &= 43 : 23 = 1 : 0,53 \\ \text{I} : \text{III} &= 62 : 22 = 1 : 0,35. \end{aligned}$$

Die Bestimmung mittels meiner Methode ergab nun Folgendes:

$$\begin{aligned} \text{I} : \text{II} &= 810 : 484 = 1 : 0,59 \\ \text{II} : \text{III} &= 1480 : 810 = 1 : 0,55 \\ \text{I} : \text{III} &= 1480 : 484 = 1 : 0,33. \end{aligned}$$

4. Ferner sei hier ein viertes Experiment mit dem Tageslicht angeführt.

An einem sehr stark nebligen Tage (20. Dezember 1901, $+ 2^{\circ}$ C.) wurden an drei Plätzen im Laboratorium Kopierpapierstreifen wie bei den vorigen Experimenten von $9\frac{1}{2}$ bis $11\frac{3}{4}$ Uhr exponiert. Um 11 Uhr wurde die Belichtungsintensität der Plätze mittels des Weberschen Milchglasphotometers festgestellt.

Dann wurden die Verhältnisse der Belichtungsintensitäten einerseits nach der Weberschen, andererseits nach meiner (an der Hand der exponierten Kopierpapierstreifen) Methode berechnet:

	Webersche Methode	meine Methode
Platz III : II	1 : 1,40	1 : 1,40
› II : I	1 : 1,86	1 : 1,84
› III : I	1 : 2,59	1 : 2,58

5. An einem mittelklaren Tage (20. Januar 1902) — gegen Mittag erschien zeitweise auch direktes Sonnenlicht — wurden von 7 Uhr 45 Minuten früh an zwei Plätzen eines Laboratoriums jede halbe Stunde bis 12 Uhr 20 Minuten die Belichtungsintensitäten mittels des Weber'schen Milchglasphotometers bestimmt und außerdem das rote Licht des II. Platzes ununterbrochen im Photometer beobachtet und die Schwankungen notiert. Die berechneten Werte (für die durch die halbstündigen Intervalle voneinander getrennten Momente) wurden in ein Diagramm eingetragen (Beobachtungszeit als Abscisse, Belichtungsintensität als Ordinate) und durch die Punkte Kurven¹⁾ geführt, deren Verlauf noch zwischen den einzelnen genau festgestellten Punkten nach den für das rote Licht des II. Platzes ununterbrochen abgelesenen Werten dirigiert wurde.

Hierauf wurde erstens die Fläche berechnet, welche zwischen der I. Kurve und der Abscissenlinie und zweitens die Fläche, welche zwischen der II. Kurve und der Abscissenlinie eingeschlossen war. Das Verhältnis der beiden Flächen bedeutet gleichzeitig das Verhältnis der Belichtungsintensitäten der beiden

1) Selbstverständlich zwei Kurven, die eine für den I. Platz, die andere für den II. Platz.

Plätze während der Versuchsdauer (7 Uhr 45 Minuten bis 12 Uhr 20 Minuten). Es ergab sich

$$2773 : 1425 = 1,95 : 1.$$

Gleichzeitig wurde nun das Verhältnis der Belichtungsintensitäten dieser zwei Plätze nach meiner Methode für dieselbe Zeitperiode bestimmt. Es ergab sich

Platz I	22
„ II	32,5;

also das Verhältnis der Belichtungsintensitäten:

$$\text{Platz I} : \text{Platz II} = 32,5^2 : 22^2 = 1056 : 484 = 2,18 : 1.$$

Es zeigte sich also zwischen den Resultaten meiner Methode und der Ermittlung mittels des Photometers eine Differenz, welche einige, 10—15% ausmacht.

Ein Teil dieser Differenz kommt sicher auf Rechnung der eben besprochenen Ungenauigkeiten der Messung mit dem gewöhnlichen Kopierpapier; es kann hier aber auch die ungenügend genaue Verfolgung der Lichtschwankungen mittels des Photometers Schuld tragen. Es ist — kurz gesagt — mit beiden Methoden eine Ungenauigkeit bei solchen Bestimmungen verbunden, und es ist mir nicht möglich abzuschätzen, bei welchem Verfahren sie größer ist. Nur der sichere Unterschied besteht da, daß die nur einigermaßen genaue Berechnung mittels des Photometers — besonders für mehrere Plätze — physisch in der Praxis kaum ausführbar, mittels meiner Methode aber mit sehr geringer Arbeit verbunden ist.¹⁾

Die Anwendung eines auf die leuchtenden Strahlen netzhautadäquat empfindlichen Kopierpapiers²⁾ anstatt des gewöhnlichen wird diese Ungenauigkeit meiner Methode beseitigen.

1) Zur Ablesung der photometrischen Werte war bei dem eben beschriebenen Versuche der ganze Vormittag und zur Berechnung dann der ganze Nachmittag intensiver Beschäftigung nötig; die Bestimmung mittels meiner Methode — auch die Herstellung der Skala, welche den größeren Teil der Arbeit bildet, und für weitere Untersuchungen bleibt, eingerechnet — erheischte höchstens 2—3 Stunden Arbeit (die Bestimmung selbst aber — Exponieren der Papierstücke, Einreihen in die Skala und Berechnung — höchstens $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Stunde).

2) Genaueres siehe auch noch weiter unten.

Was die Anwendung der eben beschriebenen Methode anbelangt, so würde sie bei Verwendung eines »netzhautadäquat empfindlichen Kopierpapiers« eine ganz genaue Methode zur Bestimmung der Lichtverteilung auf einzelne Arbeitsplätze in Schulzimmern, Zeichensälen u. s. w. sein, wobei sie aufser der bedeutenden Zeit- und Arbeitersparnis noch den recht bedeutenden sachlichen Vorteil bieten würde, dafs der schädigende Einflufs der zeitlichen Intensitätsschwankungen des Lichtes ausgeschlossen wird, da die Verhältniszahlen alle für genau dieselbe Periode gewonnen werden, und dafs sie ferner unmittelbar Durchschnittswerte für beliebige Zeitperioden bieten.

Die das Taglicht betreffenden Fragen (Einflufs der Fensteranordnung u. s. w., der Strafsenbreite, Stockwerkshöhe, der Höhe gegenüberliegender Häuser, des Wandanstrichs, der Stellung der Sonne u. s. w. auf die Lichtverteilung) könnten aufserdem mittels dieser Methode auch ganz genau an Zimmer, Häusermodellen studiert werden.

Dafs mittels des genau netzhautadäquat empfindlichen Papiers Skalen hergestellt werden können, welche absoluten Lichtintensitäten entsprechen und mit denselben absolute Lichtintensitäten gemessen werden können, ist klar. Es wären dann auf den fraglichen Plätzen Stückchen des Kopierpapiers solange zu exponieren, wie es die Skalapapiere waren.

Der Umstand, dafs die gewonnenen Verhältniszahlen immer für einen längeren Zeitintervall gelten — da das Licht in den meisten Fällen wenigstens einige Minuten einwirken mufs, um genügende Reaktion des Kopierpapiers hervorzurufen — und nicht für einen Augenblick, also immer Durchschnittswerte bedeuten, dürfte keinen Mangel dieser Methode bedingen, da solche Durchschnittswerte für Stunden, Tage für die Hygiene wichtiger sind, als momentane Werte.

Durch Anwendung besonders empfindlicher Papiere kann man übrigens die nötige Expositionszeit bedeutend abkürzen.

Photographische Platten haben sich mir zu diesem Zwecke nicht bewährt, da man kein Mittel hat, die Entwicklung der Platte so zu regulieren, dafs das Verhältnis der Töne richtig fixiert wird.

Bei Anwendung des netzhautartig empfindlichen Papiers wird die Methode auch zur Feststellung des Verhältnisses der (z. B. durchschnittlichen täglichen) Belichtungsintensitäten verschiedener Punkte der Erdoberfläche gute Dienste leisten. Zu diesem Zwecke würde es hinreichen, Stückchen desselben Kopierpapiers z. B. den ganzen Tag über auf den zu untersuchenden Punkten der Erdoberfläche zu exponieren (wobei das Licht auf eine einfache, allen Belichtungsintensitäten Rechnung tragende Art abgedämpft würde) und die denselben entsprechenden Verhältniszahlen nach einer Skala zu berechnen. Ebenso könnten natürlich mittels dieser Methode die auf einzelne aufeinander folgende Zeitperioden (z. B. Tage) am selben Punkte der Erdoberfläche entfallenden Belichtungsintensitäten verglichen werden.¹⁾

Will man das durchschnittliche Belichtungsverhältnis zweier Plätze für eine längere Zeitperiode bestimmen, so empfiehlt es sich, die Kopierpapierstreifen durch eine einfache Vorrichtung bei stufenweise abgedämpftem Lichte zu exponieren, da bei einer gewissen Intensität des Lichtes am stärker belichteten Platze schon vor Beendigung der Exposition die maximale Bräunung eintreten könnte, so daß die Töne der beiden Papiere nicht das richtige Verhältnis angeben würden. Die Abdämpfungsvorrichtung besteht aus einem Streifen so zusammengelegten Pauspapieres, daß ein Teil eine einfache, ein zweiter eine zweifache, ein dritter z. B. eine vierfache, ein vierter eine sechsfache, ein fünfter eine zehnfache u. s. w. Schicht des Pauspapieres darstellt. Dieses auf die beschriebene Art zusammengelegte Pauspapierstück wird auf das Kopierpapierstückchen so aufgedrückt, daß an einem Ende des Kopierpapierstreifens ein Stück desselben unbedeckt bleibt, der folgende Teil ist mit einer Schicht des Pauspapiers bedeckt, der dritte mit zwei Schichten u. s. w. Auf die einzelnen Teile der Abdämpfungsvorrichtung schreibt man vorher dick die Zahl, welche die Anzahl der den betreffenden

1) H. v. Schrötter gibt in der Monatsschrift für Gesundheitspflege, 1902, S. 94, auch Anregung zu Messungen von Lichtintensitäten zu meteorologischen Zwecken mittels empfindlichen Papiers. Mit den violett empfindlichen Papieren wird da aber nichts Genaueres zu erreichen sein.

Teil bildenden Pauspapierschichten ausdrückt, so daß das einwirkende Licht auf den betreffenden Teil des Kopierpapierstreifens die Anzahl der auf demselben befindlichen Pauspapierschichten selbst aufschreibt. Ist nun das »ungedämpfte« Kopierpapierstück gar zu stark gebräunt, so ist wenigstens einer von den abgedämpften Teilen des Kopierpapierstreifens auf beiden verglichenen Plätzen mäßig gebräunt, und es können z. B. die mit 1 bezeichneten Teile beider Kopierpapierstücke (von den beiden Plätzen) zum Vergleich verwendet werden; wenn diese noch zu dunkel sind, so übergeht man zu 2 u. s. w. Immer müssen aber natürlich gleich abgedämpfte Stücke verglichen werden.

Daß eine gleiche Abdämpfung an beiden Plätzen an der Richtigkeit der Berechnung und ihres Resultates nicht viel ändert, ist schon zwar a priori zu erwarten. Ich habe mich aber auch davon durch Experimente mit Kohlengasflamme und Taglicht überzeugt: Nimmt man zur Berechnung des Belichtungsverhältnisses Kopierpapierteile, welche gar nicht »abgedämpft« waren, so ist das Resultat dasselbe, wie wenn man durch 1, 2, 4, 6 u. s. w. Schichten Pauspapieres »abgedämpfte« Teile dazu benutzt. Nur bei Vergleich bedeutend abweichender Lichtarten wären bedeutendere Abweichungen zu erwarten.

Betreffs der Bedeutung der oben erörterten relativ photometrischen Untersuchungen, ihrer Vorteile und Nachteile, will ich Folgendes hervorheben.

Ich wurde bei der Ausarbeitung meiner relativ photometrischen Methode von der Idee geleitet, die Verschiedenartigkeit der Vergleichseinheit und des zu messenden Lichtes in Bezug auf die Zusammensetzung aus verschiedenen Arten von Lichtstrahlen auszuschalten.

Ich stellte mir vor, daß in einem Raume, welcher von derselben Lichtquelle oder von mehreren Lichtquellen derselben Art beleuchtet wird, überall die gleiche Qualität des Lichtes im oben erwähnten Sinne herrscht, und daß somit auch dem ganz unadäquaten, violett empfindlichen, gewöhnlichen Kopierpapier ein Intensitätsverhältnis zweier Plätze genau gleich wie der Netzhaut »erscheinen« wird.

Es scheint nun, wie schon oben erwähnt wurde, daß die obige Vorstellung nicht dem wahren Sachverhalt entspricht, wobei dann ein Lichtreagens je weniger adäquat desto grössere Abweichungen bedingen muß.

Immerhin wird aber der Vergleich mit einem von derselben Lichtquelle sein Licht beziehenden Platze — relative Photometrie — im Allgemeinen wohl kleinere Fehler bedingen als ein Vergleich mit einer im Allgemeinen differenten Lichtart, wie er bei der absoluten Photometrie mittels empfindlicher Papiere in der Praxis kaum zu umgehen ist.

Je näher natürlich das verwendete Papier der genau netzhautadäquaten Empfindlichkeit ist, desto vollkommener wird die bei der relativen Photometrie zustande kommende teilweise Ausschaltung des durch die verschiedenartige Zusammensetzung der beiden verglichenen Lichtintensitäten bedingten Fehlers.

Eine zweite Idee, welche mich zur relativen Photometrie geführt hat, war die, daß die hygienische Beurteilung der Taglichtbeleuchtung von Wohn-, Schul-, Arbeitsräumen in der Praxis wegen der sehr großen Schwankungen der Intensität des Taglichtes überaus große Schwierigkeiten macht, und, selbst bei Vorhandensein einer praktisch brauchbaren Methode, zur Bestimmung der absoluten Lichtverteilung machen würde.

Wenn man die Bestimmung heute vornimmt, so bekommt man ganz andere Werte als morgen u. s. w. Auch der Rat, sich an düstere Tage zu halten, ist sehr wenig fruchtbringend, da können noch sehr große Unterschiede vorkommen, denn ein Tag kann sehr düster, der andere weniger düster sein. Außerdem ist es nicht immer sehr leicht möglich, vielleicht mehrere Wochen oder sogar Monate, einen passenden Tag abzuwarten.

Es wäre unbedingt erwünscht, hier einen festeren Maßstab zu bekommen.

Ich baue nun auf folgenden Gedankengang:

Die Belichtungsintensität jedes Platzes wird durch zwei Faktoren bedingt: 1. Durch die Intensität der Lichtquelle und 2. durch die räumlichen Verhältnisse des Platzes selbst, welche in Bezug auf das Licht die verschiedenen Lichtabblendungs- und

Reflexionsgegenstände (Mauern, Fensterrahmen, Möbel u. s. w.) darstellen.

Es ist nicht undenkbar, — mir erscheint es sogar wahrscheinlich —, daß bei diffusem Licht im Freien (bei gleichmäßig bedecktem Himmel) die ein für allemal gegebenen Abblendungs- und Reflexionsverhältnisse es bedingen, daß von der Intensität des Lichtes im Freien immer derselbe bestimmte Teil auf den betreffenden Platz auffällt, so daß möglicherweise bei diffusem Licht im Freien¹⁾ die Belichtung eines jeden Platzes durch einen Bruch charakterisiert werden kann, welcher anzeigt, der wievielte Teil der im Freien herrschenden Lichtintensität auf den betreffenden Platz auffällt. Bei dieser Methode würde man, wie ich glaube, — Experimente müssen dies natürlich entscheiden — von dem Grade der Düsterheit des Tages unabhängig werden.

Eine weitere Frage ist aber: Was haben wir für die hygienische Beurteilung gewonnen, wenn wir z. B. wissen, daß auf diesen Platz unter oben beschriebenen Bedingungen $\frac{1}{10}$ von der Lichtintensität im Freien auffällt. Wir müssen ja danach streben, zu erfahren wieviel Meterkerzen absoluter Lichtintensität der Platz unter den ungünstigsten in Betracht kommenden Verhältnissen erhält.

Die relative Angabe soll nun eben das Mittel dazu sein.

Es ist nämlich leicht, ein für allemal zu ermitteln, wieviel Meterkerzen etwa unter den ungünstigsten in Betracht kommenden Verhältnissen in dem betreffenden Lande u. s. w. das Taglicht im Freien hat, und auf diese Zahl müssen dann die oben besprochenen relativen Angaben bezogen werden, um die maßgebende absolute Zahl heraus zu bekommen.

Oder wir können die Sache auch ein wenig verkehren, was an einem bestimmten Beispiel am besten gezeigt werden kann:

Nehmen wir die absolute Mindestforderung für einen Arbeitsplatz (Schreiben, Lesen) 20 Meterkerzen Gesamtintensität an und

1) Um die Fälle, wo direktes Sonnenlicht herrscht, brauchen wir uns bei der hygienischen Beurteilung nicht so viel zu kümmern, die sind die günstigsten.

fernerhin die ermittelte geringste noch in Betracht kommende¹⁾ Intensität des Lichtes im Freien als 300 Meterkerzen, so ergibt sich die Formel: ein Platz muß bei diffusem Licht im Freien wenigstens $\frac{1}{15}$ der Intensität des Lichtes im Freien besitzen.

Aber wenn sich auch meine relative Lichtmessung an sich selbst als für die Praxis unbrauchbar oder unnötig erweisen sollte, so dürfte sie doch als Mittel zur Ermittlung der absoluten Werte sehr gute Dienste leisten.

Denn — wie schon erwähnt wurde — haben wir bisher eigentlich gar kein für die Praxis genügend geeignetes Mittel, um an vielen Plätzen gleichzeitig Lichtbestimmungen vorzunehmen.

Auch das Andresensche Papier dürfte dazu mit vollständiger Genauigkeit nicht sicher geeignet sein, da man z. B. bei Untersuchung von 50 Plätzen auch 50 genau gleich gearbeitete blauviolett ultraviolettes Licht absorbierende Filter haben müßte, und außerdem ist das Papier auch bei Vorschaltung des Filters nicht genau netzhautadäquat empfindlich, da es das blauviolette Ende des Spektrums nicht »sieht«, welches für die Netzhaut sichtbar ist. Dieser letzte Grund gilt ebenso natürlich auch für mein Papier.

Durch Kombination aber einer Bestimmung der relativen Lichtverteilung in einem Raume mittels meines Papiers, mit einer Bestimmung des absoluten Wertes mittels eines Photometers an einem Platze (natürlich als Mittel aus mehreren Ablesungen während der ganzen Expositionszeit) kann man dann die absoluten, der ganzen Expositionszeit entsprechenden Durchschnittswerte für alle Plätze durch einfache Berechnung herausbekommen.

Aber selbst dann, wenn sich die relative Lichtbestimmung aus dem Grunde theoretisch als unnötig erweisen sollte, daß mein Papier als praktisch genügend netzhautadäquat empfindlich

1) Nämlich in der Arbeitszeit (in welcher bei Taglicht gearbeitet wird) vorkommende geringste Intensität; seltene Ausnahmen besonders großer Dunkelheit, wie bei Gewittern u. s. w., können da natürlich nicht in Betracht kommen.

sich bewähren würde oder in diesem Sinne noch verbessert werden würde¹⁾, so glaube ich, daß bei genaueren Messungen in der Praxis doch immer der oben erwähnten Kombination der relativen Lichtbestimmung mit einer absoluten an einem Platze der Vorzug gegeben werden dürfte.

Denn bei der absoluten Lichtmessung mittels empfindlicher Papiere wird es wohl sehr viel auf die sehr feine und genaue Arbeit bei der Herstellung des Papiers ankommen; eine geringe Abweichung kann schon in Bezug auf Lichtempfindlichkeit, also in Bezug auf die photometrische Wertigkeit der Verdunkelung des Papiers nicht unbedeutende Unterschiede und folglich Fehler bedingen. Man müßte eigentlich bei jeder genaueren Messung jeden Bogen des Papiers erst aichen, respektive sich von der Genauigkeit der Fabriksaichung überzeugen.²⁾

Dieser Umstand wird wieder bei der relativen Photometrie in sehr bedeutendem Maße unschädlich gemacht, da man auf alle verglichenen Plätze Stückchen desselben Bogens Papier legt, und wenn da eine Abweichung im oben erwähnten Sinne vorhanden ist, so kommt sie an allen verglichenen Plätzen in demselben Maße in Betracht. Und die Skala ist wieder auch mittels Stückchen eines Bogens gleichartigen Papiers hergestellt. Die relativen Werte dürften also auch bei solchen Abweichungen dem Richtigen im allgemeinen immer näher als die absoluten sein.

1) Der Weg dazu ist theoretisch ganz klar und sicher gegeben: das Filter so herzustellen, daß es noch das blauviolette Ende — welches allerdings aber nur einen ganz geringen Anteil an der Leuchtkraft der üblichen Lichtarten hat — »sehe«. Eventuell auch noch durch andere Sensibilisation die Form der Empfindlichkeitskurve des Papiers für verschiedene Lichtstrahlarten derjenigen der Netzhaut näher zu bringen. Es ist allerdings aber nicht unmöglich, daß sich diese minutiös feinen Korrekturen praktisch als unnötig erweisen könnten.

2) Außerdem kann sich die Lichtempfindlichkeit des Papiers im Verlaufe der Zeit nach seiner Herstellung ändern. Betreffs meines Papiers, welches erst Ende Mai 1902 hergestellt worden ist, verfügte ich über keine genügende Erfahrung. Das Papier von Andresen aber, welches dem meinigen zu grunde liegt, ist Jahre lang unverändert haltbar.

Zur Physiologie der Sporenbildung der Bacillen, nebst Bemerkungen zum Wachstum einiger Anaëroben.

Von

Dr. med. et phil. **Teisi Matzuschita**
aus Nippon.

(Aus dem botanischen Institut der Universität Halle a/S.)

(Mit Tafel I und II.)

Einleitung.

Die gewöhnliche Vermehrung der Bakterien besteht in der Zweiteilung der Zellen und der darauf folgenden Spaltung. Außerdem ist vielen Spaltpilzen, vornehmlich den Stäbchenbakterien, auch eine Fortpflanzung durch Sporenbildung eigen.

Die Sporen sind morphologisch bestimmte charakterisierte Dauerzustände, die von Perty¹⁾ zuerst gesehen, von Pasteur²⁾ und Billroth³⁾ in ihrer Bedeutung gewürdigt und von F. Cohn⁴⁾ in ihren Haupteigenschaften beschrieben worden sind. Cohn schreibt über die Sporenbildung beim *Bacillus subtilis*: »In ihrem homogenen Inhalt treten stark lichtbrechende Körperchen auf; aus jedem dieser Körperchen entsteht eine oblonge oder kurz cylindrische, starke, lichtbrechende, dunkel kontourierte Spore; in den Fäden findet man daher die Sporen in einfachen Reihen geordnet. Die Sporen sind jedoch fähig, in frischen Nährlösungen zur vegetativen Wuchsform wieder auszukeimen.«

1) Perty, Zur Kenntnis kleinster Lebensformen, 1852, S. 181.

2) Pasteur, S. Huppe, Formen der Bakterien, 1886, S. 113.

3) Billroth, Vegetationsformen von Kokkobacteria Septica, Berlin 1874.

4) Cohn, Beitrag zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, S. 263. 1876

Die Bildung der Sporen erfolgt immer endogen, d. h. im Leibe der Bakterienzelle, aber in verschiedener Weise: der gewöhnliche Modus ist der, daß an einem Punkte des Stäbchens ein glänzendes Körnchen auftritt, das sich allmählich vergrößert und schliesslich zur Gröfse der Spore heranwächst. Oder es treten mehrere Körnchen auf, die zuletzt zu der Sporenanlage verschmelzen oder endlich bildet sich in der Zelle ein Körper, der die Gröfse der künftigen Spore hat, aber zuerst blaß ist und erst allmählich den Glanz derselben erreicht.

Nach der Ausbildung der Spore hört gewöhnlich die Mutterzelle zu leben auf; sie ist nur noch ein leerer Schlauch, der zerfällt und die Spore frei läßt. Kam die Sporenbildung an der Oberfläche von Flüssigkeiten in einer Haut zu stande, so sinken die Sporen als weißes Pulver zu Boden (Brefeld¹). Klein²) hat dagegen beobachtet, daß die Mutterzelle nach Bildung der fertigen Spore noch eine Zeitlang ihre Lebenskraft behält.

Durch sehr beträchtliche Widerstandsfähigkeit gegen Schädlichkeiten (Hitze, Trockenheit, Chemikalien) ausgezeichnet, stellen die Sporen so eine Dauerform dar, welche der Erhaltung der Art dient.

Die Bedingungen, unter denen die Sporen entstehen, sind bisher nur bei einigen aëroben Bakterien von verschiedenen Forschern untersucht worden.

In der folgenden Arbeit handelt es sich um die endogene Sporenbildung der Bakterien, besonders der Anaëroben.

Mein eigentliches Thema wird in folgenden Abschnitten behandelt:

- I. Die Methode der Untersuchung.
- II. Das Wachstum einiger Anaëroben auf Schrägagar und Plattenkultur.
- III. Die entscheidende Veranlassung der Sporenbildung.
- IV. Die allgemeinen Bedingungen der Sporenbildung.
- V. Zusammenfassung.

1) Brefeld, *Bacillus subtilis*, Untersuchungen über Schimmelpilze, IV, 1881.

2) Klein, *Centralblatt f. Bakteriologie etc.*, Bd. VII, S. 440.

I. Die Methode der Untersuchung.

Ich gliedere den Inhalt des Abschnittes in folgende Kapitel:

- A. Die Züchtung der Anaëroben.
- B. Die Bestimmung der Sauerstoffmenge.
- C. Der Nachweis der Sporen.
- D. Die Zubereitung der Nährböden.

A. Die Züchtung der Anaëroben.

Pasteur gebührt das Verdienst, die anaëroben Mikroorganismen entdeckt zu haben. Im Jahre 1861 machte er bekannt, daß bei der Milchfermentation die Buttersäure durch Einwirkung des Butterferments entstehe, eines lebenden Wesens, das sich bewege und sich auf die gleiche Weise wie die Vibrionen fortpflanze. Die Eigenschaften, ohne freien Sauerstoff leben zu können und als Ferment zu wirken, zeichnen nach Pasteur den Vibrio der Buttersäuregärung vor allen anderen niederen Wesen des Pflanzen- und Tierreiches aus. Die anaëroben Mikroorganismen sind darin den aëroben ganz ähnlich, daß sie der gleichen Elemente für den Aufbau ihrer Zellen bedürfen; aber sie unterscheiden sich von ihnen dadurch, daß sie im allgemeinen nicht des freien Sauerstoffes für ihr Leben bedürfen; soweit er für die Ernährung notwendig ist, beziehen sie ihn aus sauerstoffhaltigen Verbindungen.

Bei seinen Kulturen anaërober Mikroorganismen in flüssigen Nährböden, aus denen er mit Hilfe einer Quecksilberpumpe die Luft entfernte, konnte er die verschiedenen Species weder isolieren, noch ihren Charakter studieren.

Reine Kulturen von Anaëroben konnte man erst erzielen, nachdem Koch in die bakteriologische Technik Kulturmethoden mit Hilfe solider und durchsichtiger Nährböden eingeführt hatte. Liborius¹⁾ war der Erste, welcher beim Studium der Anaëroben die von Koch eingeführten Kulturmethoden angewendet hat. Er schreibt: »Die Isolierung erfolgte durch Züchtung in festen

1) Liborius, Beiträge zur Kenntnis des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, Bd. I, S. 115.

Nährsubstraten, die in hohe und breite Schälchen eingegossen waren, und durch nachfolgende Zerlegung der massiven Klötze von Nährgelatine oder Nähragar, oder durch Kultivierung in niedrigen, aber in mit Wasserstoff erfüllten Apparaten aufbewahrten Schälchen.

Ogleich später Gruber¹⁾, Fraenkel²⁾, Lüderitz³⁾ etc. über die anaëroben Mikroorganismen Arbeiten veröffentlicht haben, ist ein weiterer Fortschritt erst durch die Arbeiten Kitasatos⁴⁾, welcher den Tetanusbacillus und Rauschbrandbacillus rein kultiviert hat, zu verzeichnen.

Viele Methoden sind für die Untersuchung der Anaëroben erdacht worden, aber die bisher angestellten Kulturversuche erstreckten sich meist auf die Herstellung von Gelatine-, Agar-, Bouillonhöenschicht- und Plattenkulturen, und so konnten lange Zeit auf Kartoffeln oder schrägem Agar Kulturversuche nicht gemacht werden.

Nachdem Penzo⁵⁾ zuerst den Bacillus des malignen Ödems auf schräg erstarrtem Agar in Wasserstoffatmosphäre gezüchtet hatte, beobachtete W. Voteller⁶⁾ das Wachstum des Bacillus des malignen Ödems, des Rauschbrandbacillus, des Bacillus Tetanus und Bacillus pseudotetanus Tavel auf schräg erstarrtem Agar und schlofs daraus, dafs die Kultur der pathogenen obligaten Anaëroben auf Schrägagar absolut sicher nur in vollständig sauerstofffreiem Medium gelingt.

1) Gruber, Eine Methode der Kultur anaërobischer Bakterien, nebst Bemerkungen zur Morphologie der Buttersäuregärung. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. I, S. 367.

2) Fraenkel, Über die Kultur anaërober Mikroorganismen. Centralblatt f. Bakteriologie etc., Bd. III, S. 735—763.

3) Lüderitz, Zur Kenntnis der anaëroben Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, Bd. V, S. 141.

4) Kitasato, Über den Tetanusbacillus. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VII, S. 223.

5) Penzo, Beitrag zum Studium der biologischen Verhältnisse der Bacillen des malignen Ödems. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. X, S. 822.

6) Votteler, Über die Differentialdiagnose der pathogenen Anaëroben durch die Kultur auf Schrägagar und durch ihre Geißeln. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XXVII, S. 480.

Für die Anaërobenkultur wurden im Laufe der Zeit zahlreiche, mehr oder weniger komplizierte Verfahren bekannt gegeben, die mit geringen Ausnahmen alle auf der Herstellung eines sauerstofffreien Mediums beruhen, was man durch die verschiedenartigsten Manipulationen zu erreichen gesucht hat und zwar:

1. Durch Hemmung des Luftzutrittes.
2. Durch Zusatz von reduzierenden Substanzen zu den Nährböden.
3. Durch Absorption des Sauerstoffes durch alkalische Pyrogallollösung.
4. Durch Auspumpen der Luft.
5. Durch Verdrängen der Luft durch Gase.
6. Durch Mischkultur mit Aëroben (Anwesenheit von Luft).

1. Hemmung des Luftzutrittes.

Diese Methode beruht darauf, den Zutritt des Luftsauerstoffes zum Nährboden auszuschließen oder wenigstens in hohem Grade zu erschweren. Dieser Zweck läßt sich auf die folgenden Weisen erreichen:

a) Durch die sog. Höhenschichtung.

Die Höhenschichtkultur des Agars wurde von Hesse¹⁾ eingeführt und von Liborius²⁾ später noch vervollkommenet. Diese Kulturmethode ist wohl die heutzutage am meisten gebräuchliche und einfachste und wird mit gutem Erfolg angewandt.

Außerdem wandte man Bouillonhöhenschichtkultur (von Kitt³⁾), Kartoffelstichkultur (von Gaffky⁴⁾) und Eierkultur (von Hueppe) an, um Anaëroben zu züchten.

1) Hesse, Über Züchtung der Bacillen des malignen Ödems. Deutsche Med. Wochenschrift, Bd. XI, Nr. 14, S. 214, 1885.

2) Liborius, Beiträge zur Kenntnis des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. I, S. 115.

3) Kitt, Die Züchtung des Rauschbrandbacillus bei Luftzutritt. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. XVII, S. 168.

4) Gaffky, Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. I.

b) Durch Aufschichtung von Substanzen, die Sauerstoff schwer durchlassen.

Schon 1861 verfiel Pasteur darauf, den Kulturboden mit einer Ölschicht zu bedecken, und diese Methode wurde später von Liborius u. a. angewandt. Später benutzten verschiedene Forscher zum Bedecken der Agarhöhenschichtkultur statt der Ölschicht noch eine weitere Schicht von Gelatine oder Agar (Jensen und Sand¹⁾ oder Paraffin (Babes und Puscarin²⁾, Kasperecke³⁾ u. a.)

Die Anwendung von Glimmerplättchen für Gelatineplatten wurde von Koch 1884 vorgeschlagen, allein Liborius wies nach, daß dies bei obligaten anaëroben Bakterien wenig oder gar nicht vorteilhaft sei. Statt der Glimmerplättchen verwandte später Sanfelice⁴⁾ sterilisierte Glasplatten, Liborius⁵⁾ eine 1,5 cm tiefe Extraschicht von Agar. Letzterer erreichte auf diese Weise die Züchtung von Bacillen des malignen Ödems, was ihm vorher bei Benutzung von Wasserstoff nicht gelungen war.

Die Rollkulturmethode wurde zur Erlangung von Kolonien anaërober Bakterien von Esmarch empfohlen. Zu diesem Zwecke werden Gelatine oder Agar eingimpft und die Verdünnung wie gewöhnlich bewerkstelligt. Der Nährboden wird dann auf der Innenseite der Röhre in einer dünnen Schicht zum Erstarren gebracht, und nach Erkaltung wird die Röhre mit flüssiger Gelatine oder Agar gefüllt.

Roux⁶⁾ verwandte ausgezogene Glasröhren, welche mit Gelatine gefüllt wurden. Nach der Impfung werden sie an den Enden zugeschmolzen.

1) Jensen und Sand, Über malignes Ödem beim Pferde. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. I, S. 265.

2) Babes und Puscarin, Versuche über Tetanus. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. VIII, S. 74.

3) Kasperecke, Ein einfacher Luftabschluss flüssiger Nährböden beim Kultivieren anaërober Bakterien. Centralbl. f. Bakteriologie, Bd. XX, S. 536.

4) Sanfelice, Untersuchungen über anaërobe Mikroorganismen. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XIV, S. 339.

5) Liborius, Beiträge zur Frage von dem Wachstum der anaëroben Bakterien in festen Substraten. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. V S. 713.

6) Roux, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. II, S. 327.

2. Zusatz von reduzierenden Substanzen zum Nährboden.

Liborius ¹⁾ entdeckte den fördernden Einfluss des Zuckers auf das Wachstum der Anaëroben. Auch Smith ²⁾ und Babes und Puscarin ³⁾ wiesen nach, daß ein Zuckerzusatz zum Nährboden von Vorteil, in manchen Fällen sogar unbedingt notwendig ist. Novy ⁴⁾ und Braatz ⁵⁾ sahen im Thermostaten in flüssiger 10proz. Gelatine und 2proz. Traubenzucker die Anaëroben in tiefer und mittlerer Schicht stets und in 2 proz. Gelatinebouillon mit gleichem Traubenzuckerzusatz wenigstens den Bacillus des malignen Ödems und den Rauschbrandbacillus meist wachsen.

Nach Kitasato und Weyl ⁶⁾ ist es die reduzierende Wirkung des Zuckers, welche die Anaëroben befähigt, sich zu vermehren, obwohl beide Autoren in einer Anmerkung zugeben, daß der Zucker vielleicht auch als Nährsubstanz dienen kann. Von ersterem Gesichtspunkte ausgehend, prüften sie das Wachstum der Anaëroben bei Zusatz von reduzierenden Substanzen zum Nährboden und fanden, daß gewisse Substanzen, wie salzsaures Hydroxylamin, salzsaures Phenylhydrazin u. s. w. entwicklungshemmend einwirken, andere dagegen, wie Resorcin, Hydrochinon, Pyrogallol, ameisensaures Natron, indigo-schwefelsaures Natron u. s. w. wachstumsfördernd.

Nakagawa schreibt in seinen »Vorlesungen über das Studium der Infektionskrankheiten« (Japanisch: Densenbyo kenkyu kōgi) Bd. I, daß bei gewöhnlichen Nährböden die Zugabe von 1—2% Traubenzucker, 4—5% Glycerin, 0,1% Pyrogallussäure, 0,1% Hydrochinon und 0,1% Eikonogen sehr begün-

1) Liborius, Beiträge zur Kenntnis des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene etc., Bd. I, S. 115.

2) Smith, Über die Bedeutung des Zuckers in Kulturmedien bei Bakterien. Centralblatt f. Bakteriologie etc., Bd. 18, S. 1.

3) Babes und Puscarin, s. o.

4) Novy, Die Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. 14, S. 597.

5) Braatz, Einiges über die Anaërobiose. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XVII, S. 737.

6) Kitasato und Weyl, Zur Kenntnis der Anaëroben. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, S. 41.

stigend auf das Wachstum der Anaëroben, besonders des Tetanusbacillus gewirkt haben soll.

Ferner fand Novy¹⁾ einen Zusatz von Lackmus, wie er zuerst von Buchner²⁾ empfohlen wurde, zum Nährboden für Anaëroben als geeignet.

3. Absorption des Sauerstoffes durch alkalisches Pyrogallol.

Alle auf diesem Prinzip basierten Verfahren gehen von der Thatsache aus, daß eine alkalische Pyrogallollösung begierig Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Diese Methode wurde zum ersten Male von Nencki³⁾ zum Beweise der Existenz anaërober Organismen verwendet. Eine praktische Anwendung wurde jedoch erst von Buchner gemacht. Er brachte die Kulturröhre in eine gröfsere, oben mit einem Kautschukpfropfen verschlossene Glasröhre, auf deren Boden sich eine gröfsere Menge alkalischer Pyrogallollösung befand zur Absorption des vorhandenen Sauerstoffes. Auf ähnliche Weise wenden Liborius⁴⁾, Babes und Puscariu, Novy⁵⁾, Zettnow⁶⁾, Lubinski⁷⁾ u. a. ebenfalls die Buchnersche Methode an.

Niciforoff⁸⁾ und Braatz⁹⁾ nutzten diese Eigenschaft des Pyrogallols für die Kultur der Anaëroben im hängenden Tropfen aus.

1) Novy, Die Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. XIV, S. 581.

2) Buchner, Eine neue Methode zur Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. IV, S. 149.

3) Nencki, Die Anaërobiosefrage. Archiv für gesamte Physiologie, Bd. XXXIII, S. 1.

4) Liborius, Centralblatt f. Bakteriologie etc., Bd. V, S. 718.

5) Novy, Die Plattenkultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XVI, S. 566.

6) Zettnow, Ein Apparat zur Kultur anaërober Bacillen. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XV, S. 538.

7) Lubinski, Zur Methodik der Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XVI, S. 20.

8) Niciforoff, Ein Beitrag zu den Kulturmethoden der Anaëroben. Zeitschrift f. Hygiene, Bd. VIII, S. 489.

9) Braatz, Eine neue Vorrichtung zur Kultur von Anaëroben in hängenden Tropfen. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. VIII, S. 520.

Zur Gewinnung von Plattenkulturen konstruierten Trambusti¹⁾ und Arens²⁾ einen besonderen Apparat, indem sie den Boden eines Exsiccators mit Quarzsand und Pyrogallussäure bestreuten und sodann 10 proz. Kalilauge daraufgossen.

4. Auspumpen der Luft.

Seit Pasteur, Joubert und Chamberland das Prinzip der Vacuumkultur angewandt hatten, empfahl Gruber³⁾ folgendes Verfahren. Man verwendet große Reagenzgläser mit verengten Hälsen. Nach der Impfung wird die Röhre mit einer Luftpumpe oder einem Aspirator verbunden und schliesslich in der Flamme eines Bunsenbrenners oder einer Gebläslampe zugeschmolzen. Sodann breitet man die Gelatine nach Esmarch aus.

Tizzoni, Cattani und Baquis⁴⁾ nehmen die Züchtung von Tetanusbacillus auf Gelatine-, Agar- und Blutserumplattenkulturen unter einer Glocke im Vacuum vor.

Penzo⁵⁾ benutzt bei der Kultur des Bacillus oedematis maligni ausser dem Vacuum noch Wasserstoff. Das Vacuum wird überhaupt häufig neben Wasserstoff und auch neben Pyrogallol angewendet.

5. Verdrängen der Luft durch Gase.

Trotzdem einige Forscher zur Verdrängung der Luft aus dem Kulturgefäß Kohlensäure, Leuchtgas (von Würtz und Foureur) u. a. empfohlen haben, wird bei sämtlichen heute gebräuchlichen Methoden als Verdrängungsmittel Wasserstoff angewendet. Den ersten Versuch, sich der gewöhnlichen Röhrenkultur zu nähern,

1) Trambusti, Über einen Apparat zur Kultur der anaeroben Mikroorganismen auf festem durchsichtigen Nährmittel. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XI, S. 623.

2) Arens, Eine Methode zur Plattenkultur von Anaeroben. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. XV., S. 15.

3) Gruber, Eine Methode zur Kultur anaerober Bakterien, nebst Bemerkungen zur Morphologie der Buttersäuregärung. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. I, S. 367.

4) Tizzoni, Cattani und Baquis, Bakteriologische Untersuchungen über den Tetanus. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. VIII, S. 49.

5) Penzo, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. X, S. 822.

machte Hauser ¹⁾, indem er Reagenzgläser mit zwei seitlichen Ansatzröhren benutzte, durch welche er das Gas dem flüssigen Nährboden zuleitete, und dann die Röhren abschmolz. Diese Röhren wurden von Liborius ²⁾ verbessert.

Fraenkel ³⁾ verwendete gewöhnliche, ziemlich weite Reagenzgläser und verschloß sie mit einem doppelt perforierten Kautschukpfropfen, durch welche zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren führen. Eine dieser Röhren geht bis auf den Boden des Tubus, die andere nur bis unter den Pfropfen. Nachdem durch den noch flüssigen Nährboden Wasserstoff durchgeleitet ist, schmilzt man die Zuleitungsröhren ab und paraffiniert den Kautschukpfropfen.

Ogata ⁴⁾ verwendete ein mit Nährgelatine oder Nähragar gefülltes, mit einem Wattepfropf verschlossenes sterilisiertes Reagenzrohr, das am Halse dicht unter dem Wattepfropf durch eine Gebläslampenflamme enger und länger ausgezogen ist als das Rohr von Liborius. Durch den Baumwollpfropf wird eine sterile Kapillarröhre bis zum Boden des Reagenzröhrchens eingefügt und durch diese dann das Gas durch den flüssigen Nährboden geleitet, hierauf wird das Reagenzrohr zugeschmolzen.

Kitasato verwandte bei seinem Studium des Tetanusbacillus für Plattenzwecke einen Apparat, welcher flaschenförmig und mit dem ziemlich weiten Halse nach oben gekehrt ist. Auf der oberen Fläche, nahe dem weiteren Ende, befindet sich eine enge Glasröhre, welche zur Verbindung mit der nächsten Schale dient. Diese Schalen werden sterilisiert, dann giefst man die zuvor eingimpfte Gelatine bzw. Agar ein und läßt dieselben am Boden in der gleichen Weise wie in einem Petrischälchen fest werden. Sodann werden sie verbunden und es wird Wasserstoff hindurchgeleitet. Nach Verdrängung der gesamten Luft werden die Enden

1) Hauser, Über Fäulnisbakterien. Leipzig 1885.

2) Liborius, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. V, S. 713.

3) Fraenkel, Über die Kultur anaërober Mikroorganismen. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. III, S. 763.

4) Ogata, Einfache Bakterienkultur mit verschiedenen Gasen. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. XI. S. 621.

jeder Flasche sicher verklammert, mit Paraffin versiegelt und die Flaschen zur Entwicklung weggesetzt.

Außerdem verwendete Sternberg, Roux, Brieger, Fuchs¹⁾, Roth²⁾, Blücher³⁾, Hesse⁴⁾, Botkin⁵⁾, van Senus⁶⁾, Kamen⁷⁾, Novy⁸⁾, Votteler⁹⁾, Migula¹⁰⁾ u. a. verschiedene Apparate für Plattenkultur und Röhrenkultur. Der von Botkin empfohlene Apparat, welcher heutzutage am meisten gebräuchlich ist, besteht aus einer Glasglocke und einer Glasschale, welche mit flüssigem Paraffinöl aus gefüllt wird, durch das die beim Einleiten von Wasserstoff verdrängte Luft entweicht.

Der wegen der Unhandlichkeit des Botkinschen Apparates von mir¹¹⁾ empfohlene Apparat besteht aus einer auf einer Glasplatte stehenden Glasglocke, auf der sich oben ein Ansatzrohr mit Hahn befindet. Die Glasplatte ruht auf einem Dreifuß und hat in ihrer Mitte die Abströmungsöffnung, an welche ein durch einen Hahn verschließbares Glasrohr angesetzt ist. Um die Entweichung des aufgenommenen Wasserstoffes zu verhindern, werden

1) Fuchs, Ein anaërober Eiterungserreger. Centralblatt f. Bakteriologie, Bd. VIII, S. 11.

2) Roth, Über ein einfaches Verfahren der Anaërobenzüchtung. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. VIII, S. 223.

3) Blücher, Eine Methode zur Plattenkultur anaërober Bakterien, Centralblatt für Bakteriologie, etc., Bd. IX, S. 292.

4) Hesse, Ein neues Verfahren zur Züchtung anaërober Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XI, S. 237; Züchtung der Anaëroben bei Luftabschlufs. Baumgartens Jahresberichte, Bd. VII, S. 594.

5) Botkin, Über neuen Bacillus butyricus. Zeitschrift für Hygiene, Bd. 11, S. 421.

6) van Senus, Zur Kenntnis der Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XII, S. 144.

7) Kamen, Eine einfache Kulturschale für Anaëroben. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. 12, S. 296.

8) Novy, Die Kultur anaërober Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. XIV, S. 591.

9) Votteler, Über die Differentialdiagnose der pathogenen Anaëroben etc., Zeitschrift für Hygiene, Bd. XXVII, S. 490.

10) Migula, Über einen neuen Apparat zur Plattenkultur von Anaëroben. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XIX, S. 894.

11) Matzuschita, Untersuchungen über die Mikroorganismen des menschlichen Kotes. Archiv für Hygiene, Bd. 41, Heft 3.

Glockenrand und beide Hähne vor dem Gebrauche mit Mischwachs beschmiert und Glocke und Glasplatte in möglichst enge Berührung gebracht.

Nikiforoff¹⁾ bediente sich des Dampfes von destilliertem Wasser, um die Luft aus den Röhren, welche an einer Seite geschlossen, an der anderen offen waren, zu vertreiben. Nachdem dies geschehen, füllte er sie mit Gelatine und schloß sie über der Flamme. Um die Impfung mit den Anaëroben vorzunehmen, bricht er ein Ende der Röhre ab und schließt sie nach der Impfung wieder.

6. Mischkultur mit Aëroben (Anwesenheit von Luft).

Als notwendige Lebensbedingung für streng anaërobe Bakterien galt bis in die letzte Zeit allgemein die völlige Abwesenheit von Sauerstoff, und das Wachstum von Anaëroben in Gemeinschaft mit Aëroben wurde auch bei ungehindertem Zutritt der atmosphärischen Luft schon von Pasteur so erklärt, daß durch die Aëroben der Sauerstoff in der betreffenden Nährflüssigkeit bis auf das letzte Atom aufgezehrt und damit für die Anaëroben in der That ein von Sauerstoff freies Medium geschaffen würde.

Penzo²⁾ zeigte bei der Züchtung von Bacillen des malignen Ödems, daß dieselben bei gleichzeitiger Impfung mit dem Bacillus prodigiosus und Proteus vulgaris, auch bei Anwesenheit von Sauerstoff wuchsen. Auf demselben Prinzip des Sauerstoffverbrauches durch einen Aëroben beruht der Versuch von Roux³⁾ mit Bacillus subtilis.

Ähnlich dem Versuche von Penzo ist der von Kedrowski⁴⁾. Seine Versuche, welche diese Behauptung erweisen sollten, waren im wesentlichen folgende. In gewöhnlicher Bouillon und 1 $\frac{1}{2}$ proz.

1) Nikiforoff, Ein Beitrag zu den Kulturmethoden der Anaëroben. Zeitschrift für Hygiene, Bd. VIII, S. 489.

2) Penzo, Beitrag zum Studium der biologischen Verhältnisse des Bacillus des malignen Ödems. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. X, S. 824.

3) Roux, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. II, S. 327.

4) Kedrowski, Über die Bedingungen, unter welchen anaërobe Bakterien auch bei Gegenwart von Sauerstoff existieren können. Zeitschrift für Hygiene etc., Bd. XX, S. 358.

Zuckerbouillon bei Zutritt von Sauerstoff impfte er gleichzeitig aërobe (*Bacillus prodigiosus*, *Bacillus pyocyaneus*, *Sarcina flava*, *Sarcina aurantiaca*, *Mikrococcus agilis*, weisse Hefe etc.) und anaërobe (das von ihm selbst isolierte *Clostridium butyricum* und den *Tetanusbacillus*) Bakterien. Nach bestimmter Zeit hatten sich gleichzeitig beide Bakterien entwickelt. Auf schräg erstarrtem Agar bei Zutritt von Sauerstoff impfte er ebenfalls gleichzeitig aërobe (*Bacillus prodigiosus* etc.) und anaërobe Bakterien und legte die Röhrchen dann im Brütschrank horizontal, so daß die Agarrohrfläche mehr oder weniger mit dem Kondensationswasser bedeckt war. Nach 24—48 Stunden hatten sich an den feuchten Stellen gleichzeitig die Aëroben und Anaëroben entwickelt, während an den trockenen nur die Aëroben zum Wachstum gelangt waren. Kedrowsky schließt daraus, daß allen aëroben Bakterien die Eigenschaft zukommt, durch ihre Gegenwart das Wachstum der Anaëroben auch bei Gegenwart von Sauerstoff zu ermöglichen. Selbst beim Durchleiten von Sauerstoff durch solche Mischkulturen wurde das Wachstum nicht gehemmt. Im Gegensatz zur Lehre Pasteurs erklärt er das Wachstum der Anaëroben bei ungehindertem Luftzutritt, das sich in Mischkulturen mit aëroben Bakterien beobachten läßt, nicht in der Weise, daß die Aufzehrung des Sauerstoffes durch die Aëroben in Bakteriengemischen den Anaëroben die Existenz ermögliche, sondern daß von den Aëroben »Fermente« d. h. noch unbekannte, in Wasser lösliche Stoffwechselprodukte ausgeschieden werden, welche die Anaëroben auch bei Anwesenheit von Sauerstoff gedeihen lassen.

Der zweite Versuch Kedrowskis, in den keimfreien Filtraten von Bouillonkulturen aërober Bakterien Anaëroben bei Luftzutritt zu züchten, schlug fehl, was Kedrowski damit erklären will, daß sein Ferment das Filter offenbar nicht zu passieren vermöge. Wurden jedoch aërobe Agarkulturen vorsichtig getrocknet, durch Chloroformdämpfe abgetötet, dann mit Traubenzuckerbouillon übergossen und endlich mit Anaëroben geimpft, so konnte er nach 2—3 Tagen eine Vermehrung der Anaëroben konstatieren.

E. van Ermengen¹⁾ erwähnt, daß sein streng anaërober Bacillus der Fleischvergiftung zwar in Bouillon mit dem Mikroccoccus tetragenus zusammen üppig gedeihe, in den Filtraten und Stoffwechselprodukten des letzteren aber nicht zur Entwicklung gelange.

W. Scholtz²⁾ beschäftigt sich aus demselben Grunde mit der Frage, ob die Anaëroben (Tetanusbacillus, Bacillus des malignen Ödems, Rauschbrandbacillus und Bacillus der Fleischvergiftung von van Ermengen) in Bouillonkultur bei ungehindertem Luftzutritt nur mit bestimmten Aëroben (Streptokokken, Staphylokokken, 2 Mikrokokken, mehreren Sarcinen und Hefen, 12 Bacillen, 2 Vibrionen, 1 Spirille, Actinomycespilz) zusammen zu gedeihen vermögen. In allen Fällen hat er eine zweifellose Entwicklung jener Anaëroben konstatieren können. Der genannte Forscher schließt daraus folgendes:

In der Regel ist das Wachstum ein sehr ergiebiges und reichlich so schnell wie in reiner Wasserstoffatmosphäre. Dabei geht die Vermehrung der Aëroben voraus, und erst bei einer gewissen Entwicklungsstufe derselben beginnen auch die Anaëroben sich zu vermehren, um dann aber weiterhin im allgemeinen mit den Aëroben Schritt zu halten. In Gemeinschaft mit üppig wachsenden Aëroben, wie z. B. dem Typhusbacillus, dem Bacterium coli und dem Choleravibrio nimmt die Entwicklung der Anaëroben bereits nach 12 bis 15 Stunden ihren Anfang und nach 24 bis 48 Stunden sind Sporen gebildet. Langsamer erfolgt das Wachstum zusammen mit Streptokokken, Diphtheriebacillen, Milzbrandbacillen und anderen aëroben Bakterienarten, die selbst relativ langsam gedeihen und Bodensätze bilden, oder bei denen die Vermehrung bereits nach mäfsiger Entwicklung aufhört. Noch langsamer vollzieht sich das Wachstum in Gemeinschaft mit dem Actinomycespilz und dem Tuberkelbacillus. Es finden in diesen Fällen die Anaëroben offenbar nur in unmittel-

1) E. van Ermengen, Über einen neuen Bacillus der Fleischvergiftung. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XXVI, S. 1.

2) Scholtz, Über das Wachstum anaërober Bakterien bei ungehindertem Luftzutritt. Zeitschrift für Hygiene, Bd. XXVII, S. 132.

barer Nähe der Aëroben die Bedingungen zu ihrer Entwicklung. Das Alter der aëroben Kultur scheint für das Wachstum der Anaëroben ziemlich belanglos zu sein.

Votteler ¹⁾ hat nach den Kedrowskischen Beobachtungen einen Kulturversuch mit malignem Ödem, Rauschbrand, und Tetanus mit Hilfe von Aëroben gemacht, aber seine Versuche blieben immer resultatlos.

7. Die von mir angewandte Versuchsmethode.

Meine Versuche mit verschiedenen Nährböden begann ich zunächst nach den oben beschriebenen, verschiedenen Verfahren. Es wurden mit vielen Methoden wiederholt resultatlos verlaufende Versuche angestellt; nur bei folgenden fünf Verfahren fand ich immer positive Ergebnisse. Zur Untersuchung der Sporenbildung nahm ich aber keine Agarhöenschichtkultur.

- a. Misch-Bouillon oder Agarstrichkultur mit lebenden Aëroben.
- b. Agarhöenschichtkultur.
- c. Plattenkultur in meinem Apparat (unter Wasserstoff).
- d. Die Wasserstoffkultur in der Reagenzröhre.

Ich nahm ebenso wie Fraenkel, ein 1,5 cm breites und 17,0 cm langes Reagenzgläschen und verschloß es mit einem Gummi- oder Korkpfropfen, durch welchen zwei gebogene, kleine, mit engem Hals versehene Glasröhrchen führen. Eine dieser Röhren ging durch das Nährmedium bis auf den Boden des Reagenzgläschens, die andere reichte nur bis unter den Pfropfen. Die Wasserstoffeinleitung spielt freilich eine sehr hervorragende Rolle, so daß auf sie ein besonderes Augenmerk zu richten ist. Wenn man, wie Fraenkel schreibt, nur einmal durch eine lange Röhre den Wasserstoff durchleitet, hiernach die Zuleitungsröhren abschmilzt und schließlic den Pfropfen paraffiniert, findet die Entwicklung der Anaëroben öfters nicht statt. Bei folgenden Verfahren fand ich aber immer üppige Entwicklung der Anaëroben. Nach der Impfung wird mit einer langen Röhre durch den noch flüssigen Nährboden ca. 5 Minuten lang reiner Wasser-

1) Votteler, s. o.

stoff geleitet und dann diese Röhre bis an die Oberfläche des Nährbodens heraufgezogen; dann schließt man ganz dicht mit Paraffin den Pfropfen ab. Mit einer zweiten kurzen Zuleitungsröhre wird nun reiner Wasserstoff so lange (ca. 10 Minuten lang) durchgeleitet, bis durch die andere lange Röhre nur reiner Wasserstoff entweicht. Alsdann schmilzt man mittels Gasflamme die lange Röhre an ihrem engen Halse zu. Nachdem man sich überzeugt hat, daß keine Öffnung mehr vorhanden ist, also kein Wasserstoff mehr entweichen kann, wird auch die kurze Röhre, welche mit dem Kippschen Apparat verbunden ist, an ihrem engen Halse verschlossen.

Bei den Versuchen mit Agar- oder Gelatinestrichkulturen muß man zuerst den Pfropfen paraffinieren und nur mittels kurzer Zuleitungsröhre mindestens 30 Minuten lang den Wasserstoff einleiten. Nach dem Verdrängen aller Luft werden beide Zuleitungsröhren (erst die lange, dann die kurze) zugeschmolzen.

e. Die Vacuumkultur (Auspumpen der Luft).

Hierzu benutzte ich eine Wasserluftpumpe. Mit dem Vacuum war bekanntlich ein absolut luftleerer Raum nicht zu gewinnen, deswegen nahm ich oft nach Penzo außer dem Vacuum noch Wasserstoff oder pumpte oft mit Wasserstoff verdünnte Luft aus. Für diesen Zweck und gleichzeitig um die Sauerstoffmenge zu bestimmen, ist ein Apparat, welcher in dem folgenden Kapitel genau beschrieben wird, von mir gebraucht worden.

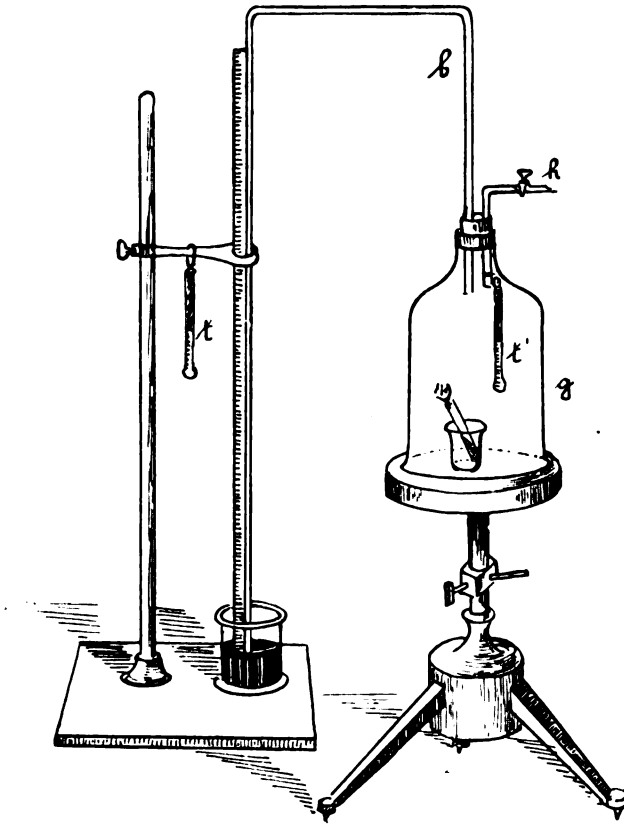
B. Die Bestimmung der Sauerstoffmenge.

A. Wieler¹⁾ hat einen Apparat konstruiert, in dem leicht und bequem der Sauerstoffgehalt vermindert werden kann, und der gestattet, die Pflanzen, welche er enthält, zu beobachten und zu messen. Ich wandte einen ähnlichen, nur einfacheren Apparat an.

Eine durch den Teller einer Wasserstrompumpe einerseits und durch einen doppelt durchbohrten Gummistopfen anderer-

1) Wieler, Die Beeinflussung des Wachsens durch verminderte Partialdruck des Sauerstoffs. Untersuchungen aus dem Botanischen Institut zu Tübingen, Bd. I, 1881—1885, S. 194.

seits verschlossene Glasglocke *g* steht durch die eine Öffnung des doppelt durchbohrten Stopfens direkt mit einem Gefäßbarometer *b* in Verbindung. Durch die andere Öffnung des Stopfens führt das Rohr eines Glashahnes *h*. Dieser ist mit dem Kippischen Wasserstoffentwicklungs-Apparat verbunden. An der Barometer-*röhre b* ist eine Millimeterskala angebracht, um die Niveaudiffe-



renzen des Quecksilbers ablesen zu können. In halber Höhe hängt ein Thermometer *t*; ein zweites *t'* befindet sich in der Glocke.

Um den Apparat möglichst luftdicht zu machen, werden sämtliche Verschlüsse mittelst einer Mischung von 5 Teilen Schweinefett und 1 Teil Wachs befestigt.

Mit der Wasserstrompumpe vermochte ich die Luft bis zu einer Verdünnung von 10—20 mm auszupumpen. Sollte diese

Verdünnung noch weiter getrieben werden, so wurde nach dem Evakuieren der Apparat mit Wasserstoff gefüllt und nach einiger Zeit wieder bis auf 10—20 mm ausgepumpt. Die Luftmenge kann dann durch Wiederholung obiger Operation so weit verringert werden, daß, den Wasserstoff als rein vorausgesetzt, in der Glocke fast gar kein Sauerstoff mehr vorhanden ist.

Die Berechnung ist unter Benutzung der auch von Wieler benutzten Formel folgende: $V_1 = \frac{v \cdot b_1}{b}$. Durch Multiplikation dieses Wertes mit $\frac{20,93}{100}$ erhält man die in diesem Volumen enthaltene Quantität Sauerstoff. Die schließliche Formel für die Quantität des Sauerstoffs lautet also:

$$V_0 = \frac{v \cdot b_1}{b} \times \frac{20,93}{100}$$

V_0 = Sauerstoffvolumen bei b_1 ; Druck.

$v = V_1 - h_1 q$ (q =Querschnitt des Barometerrohres).

V_1 = Rauminhalt des Apparates.

h_1 = Stand des Quecksilbers, auf der Millimeterskala des Gefäßsbarometers abgelesen.

b = Barometerstand der atmosphärischen Luft.

$b_1 = b - h - Wt$.

h = Niveaudifferenz des Quecksilbers im Gefäßsbarometer.

Wt = Wasserdampftension bei $t^\circ \text{C}$.

C. Der Nachweis der Sporen.

Im hängenden Tropfen erscheinen die Sporen als kugelige oder ellipsoide, Oltropfen ähnliche, viel stärker als das Bakterienprotoplasma das Licht brechende Körperchen, die sich ursprünglich im Leibe der sie bildenden Zellen befinden, nachher auch im freien Zustande vorkommen. Viele Autoren wiesen manchmal bloß im hängenden Tropfen die Sporen nach, und es sind infolgedessen schon öfters Fehler vorgekommen, weil manche Bakterien granulierten, körnigen Inhalt besitzen, der Sporen vor-täuschen kann.

Gegen Hitze haben die Sporen eine viel größere Widerstandskraft als die Bakterien selbst. Um Sporen des Milzbrandbacillus nachzuweisen, hat Weil¹⁾ denselben 2 Minuten lang auf 80° C. erhitzt. Diese Methode des Sporennachweises ist aber ebenfalls nicht genügend, weil man in kurzer Zeit das ganze Untersuchungsmaterial nicht überall gleichmäßig erhitzen kann, und noch lebende Bakterien darin bleiben. Ich habe bei der Sterilisierung der lebenden Mäusesepticämiebacillenkultur (bei Untersuchungen über Schutzimpfung) folgenden Fall beobachtet: Eine 30 Stunden alte Bouillonkultur wurde im Wasserbad langsam erwärmt, bis die Temperatur des letzteren 80° C. anzeigte; darauf wurde die Emulsion 2 Minuten im Wasserbad bei dieser Temperatur belassen. Eine mit 0,3 ccm der Emulsion intraperitoneal geimpfte weiße Maus starb nach 5 Tagen an Mäusesepticämie, und die bakteriologische Untersuchung ergab ein positives Resultat.

Durch gewöhnliche Farbstoffe sind die Sporen sehr schwer oder gar nicht färbbar. Ungefärbte Körper sind aber nicht immer Sporen, weil andere, keine Sporen bildende Bacillen, z. B. der Pestbacillus, der Hühnercholerabacillus etc. ziemlich häufig bloße Polfärbung zeigen.

Ein ausserordentlicher Fortschritt wurde durch Hauser (sowie Neiser, Ernst und Bunge) angebahnt, der eine allgemeingültige Methode angab, um die Sporen durch eine Färbung mit nachfolgender Abspülung mit Säurealkohol sichtbar zu machen. Mit Hilfe dieses neuen Verfahrens ist es in allen Fällen gelungen, bei sporentragenden Bakterien solche Organe nachzuweisen, während bei nicht sporentragenden Bakterien (mit wenigen Ausnahmen, z. B. dem Tuberkelbacillus) nichts dergleichen zu finden ist.

Um die Sporen nachzuweisen, benutze ich immer Hausers Sporenfärbungsmethode (Vorfärben mit Ziehlscher Lösung, Abspülen mit saurem Alkohol und Nachfärben mit Methylenblau). Nach dieser Methode machte ich regelmässig 2 bis 4 Präparate von derselben Kultur. In sehr geringer Anzahl vorhandene

1) Weil, Zur Biologie der Milzbrandbacillen, Inaugural-Dissertation, Bern 1899.

Sporen zu finden, ist manchmal wegen der Farbstoffniederschläge ziemlich schwer, in solchen Fällen konnten wir dieselben nicht nur durch die mikroskopische Prüfung der von der Kultur hergestellten Präparate, sondern auch durch Versuche über die Resistenz gegen Einwirkung höherer Temperatur bestätigen. Man erhitzt z. B. eine Kultur, welche sich in einem geschlossenen und luftfreien Glasröhrchen befindet, 5—10 Minuten lang auf 79—81° C. im Wasserbad und impft von dieser Kultur auf den neuen Nährboden. Durch derartige sorgfältige Prüfung stellte ich immer die Sporenbildung fest.

D. Die Zubereitung der Nährböden.

Vor allem ist die Sterilisierung des Nährbodens sehr wichtig, deswegen habe ich immer regelmäsig alle benutzten Nährböden mittels Dampftopf jedesmal 15 bis 30 Minuten lang 3 bis 5 mal (täglich oder alle 2 Tage einmal) sterilisiert und dieselben 2 Tage lang bei einer Temperatur von 35° C. stehen lassen, da allein diese eine Garantie für das Freibleiben von Verunreinigungen bietet.

Bei allen Versuchen wurden Reinzüchtungen in den jedesmal näher bezeichneten Nährmedien, teils in weiten Reagenzröhrchen (mit ca. 15 ccm Flüssigkeit) oder Erlenmeyerschen Kölbchen (mit 30—50 ccm Flüssigkeit), teils auf Agar- oder Kartoffelkulturen mit schiefer Fläche in Reagenzglaschen ausgeführt.

Ich benutzte folgende Nährböden:

1. Fleischextraktwasser. In 1 l Wasser werden 10 g Kochs Fleischpepton¹⁾ gelöst, durch Zugabe von Sodalösung (oder Essigsäure) neutralisiert, filtriert und sterilisiert.

2. Bouillon. 5 g Kochsalz werden in 1 l Fleischextraktwasser gelöst.

1) Als Resultat der Analysen Fleischpepton Kochs durch Bodländer ergab sich, auf die Trockensubstanz berechnet:

Eiweis im Wasser unlöslich	2,11 %
Pepton im Wasser löslich	45,95 %
Extractiv-Stoff des Fleisches	40,66 %
Asche	11,28 %
	<hr/>
	100,00 %.

3. Traubenzuckerbouillon. Bouillon mit Zugabe von verschiedenen Mengen (0,5—50,0 %) Traubenzucker.

4. Kochsalzbouillon. Bouillon mit Zugabe von verschiedenen Mengen (0,2—10 %) Kochsalz.

5. Glycerinzuckerbouillon. Bouillon mit Zugabe von 2 % Traubenzucker und 6 % Glycerin.

6. Sodabouillon. 2proz. Traubenzuckerbouillon mit Zugabe von verschiedenen Mengen Natrium carbonicum.

7. Säurebouillon. 2proz. Traubenzuckerbouillon mit Zugabe von verschiedenen Mengen Acidium hydrochloricum.

8. Pyrogallolbouillon. 2 % Traubenzuckerbouillon mit Zugabe von 5 % Glycerin, 0,1 % Eikonogen, 0,1 % Hydrochinon, 0,1 % Pyrogallussäure.

9. Gummilösung. In 1 l Fleischextraktwasser werden 50—300 g Gummi arabicum, 5 g Kochsalz, 20 g Traubenzucker gelöst und neutralisiert.

10. Tragacanthlösung. Ebenfalls eine Lösung von 1 bis 3 % Gummi-Tragacantha, 0,5 % Kochsalz, 2% Traubenzucker in Fleischextraktwasser.

11. Konbudekokt. Das Konbu ist eine der Laminaria ähnlichen japanischen Meeralg. 100 g getrocknetes, fein geschnittenes Konbu wird mit 1 Liter gewöhnlichen Wassers 24 Stunden an einem kalten Ort stehen gelassen und dann 1 Stunde im Dampfkochtopfe gekocht und filtriert; hierauf fügt man 10 g Kochs Fleischpepton, 20 g Traubenzucker zu, kocht auf und neutralisiert.

12. Wassergelatine. Zu 1 Liter Wasser werden 100 g Gelatine zugesetzt, umgeschüttelt und vorsichtig im Wasserbad bis zum Schmelzen der Gelatine erwärmt. Hierauf Neutralisation, Kochen im Dampfkochtopf und Filtrieren.

13. Fleischpeptongelatine. In 1 Liter Wasser werden 100 g Gelatine und 10 g Kochs Fleischpepton gekocht, neutralisiert und filtriert.

14. Gewöhnliche Nährgelatine. Fleischpeptongelatine mit Zugabe von 0,5 % Kochsalz.

15. Traubenzuckergelatine. Gewöhnliche Nährgelatine mit Zugabe von 2% Traubenzucker.

16. Bouillongelatine. Bouillon mit Zugabe von 2% Traubenzucker und 1–30% Gelatine.

17. Kochsalzgelatine. Fleischpeptongelatine mit Zugabe von 0,2–10,0% Kochsalz.

18. Traubenzuckerfleischpeptongelatine. Fleischpeptongelatine mit Zugabe von 0,5–60% Traubenzucker.

19. Glyceringelatine. Fleischpeptongelatine mit Zugabe von 5–15% Glycerin.

20. Sodagelatine. Traubenzuckergelatine mit Zugabe von 0,2–15,0% Natrium carbonicum.

21. Säuregelatine. Traubenzuckergelatine mit Zugabe von 0,1–0,4% Acidum-hydrochloricum.

22. Gewöhnlicher Nähragar. Zu 1 Liter Wasser werden 10 g Kochs Fleischpepton, 5 g Kochsalz und 20 g Agar-Agar im Dampfkochtopf gekocht, neutralisiert und filtriert.

23. Traubenzuckeragar. Gewöhnlicher Nähragar mit Zugabe von 2% Traubenzucker.

24. Fleischpeptonagar. In 1 Liter Wasser werden 10 g Kochs Fleischpepton, 5 g Kochsalz, 2% Traubenzucker und 0,1–0,5% Agar-Agar gekocht, hernach neutralisiert und filtriert.

25. Kartoffel. Aus geschälten Kartoffeln werden cylindrische Stücke geschnitten und zur Ermöglichung einer großen Oberfläche diese Cylinder schief abgeschnitten. Sterilisation in den Reagenzgläsern im Dampfkochtopf.

26. Glycerinkartoffel. Die Herstellung dieses Nährbodens ist dieselbe wie bei 25, nur kommt ein Zusatz von Glycerin hinzu.

II. Das Wachstum einiger Anaëroben auf Schrägagar und Plattenkultur.

Da die Kulturen anaërober Bakterien auf schräg erstarrter Agarfläche andern Forschern nicht gelungen sind, während sich bei meiner Untersuchung stets positive Resultate ergaben, will ich die Beschaffenheit der Kulturen bei den verschiedenen geprüften Arten kurz beschreiben.

1. *Clostridium butyricum*.

Auf 2proz. Traubenzuckergelatineplatten entwickeln sich die Kolonien unter Wasserstoff nach 3—4 Tagen als 1—3 mm große, dünne, grauweiße, rundliche, unregelmäßig zackige oder gelappte, weintraubenblattförmige, trockene, mattglänzende Auflagerungen; im luftleeren Raum sind die Kolonien rein weiß und dicker als unter Wasserstoff. Bei schwacher Vergrößerung sind sie, wie auf Tafel I Figur 1 ersichtlich, dunkelgelb gefärbt, nicht durchscheinend; ihr Rand ist gelappt. In den ungefärbten Randpartien zeigen sich zahlreiche, ziemlich lange Fäden. Ein paar lange Haare ragen sogar vom Rand der Kolonie weiter in die Gelatine hinaus. Die Gelatine verflüssigt sich niemals.

Auf gewöhnlichen Nährgelatineplatten bilden sie nach 3 Tagen makroskopisch 1,5—2 mm große, dünne, trockene, Coli-ähnliche Kolonien.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstrichkultur bildet *Clostridium butyricum* einen grauweißlichen, nicht dicken, glänzenden Belag mit bald fast glattem, bald mit kurzen Härchen versehenem Rande. Kondensationswasser ist ziemlich klar mit schmutzig-weißem Bodensatz (vgl. Tafel I, Figur 2 und 3).

Auf gewöhnlichen Kartoffeln bilden sie dünne, weiße, trockene Häutchen, auf Glycerinkartoffeln dagegen saftige weiße Auflagerungen. Beide Kartoffelkulturen riechen nach Essig. Gasbildung ist in beiden Kartoffelkulturen ebenfalls nachweisbar.

2. *Bacillus oedematis maligni*.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarplattenkultur besteht die Kolonie aus einem weißlichgrauen, dünnen, langen, deutlichen Härchenkranz. Bei schwacher Vergrößerung werden gelbe, mehr oder weniger gewundene, miteinander innig verschlungene Fäden sichtbar, ganz ähnlich wie bei den Kolonien des *Bacillus mycoides*.

Auf 2% Traubenzuckeragarstrichkultur Bildung eines grauweißen Belages mit langen oder kurzen, zarten Härchen. Bei einzelnen Kolonien sind die fadenartigen Gebilde viel deutlicher als bei den zusammenfließenden Kolonien. Kondenswasser ist

erst etwas getrübt, später klärt es sich jedoch wieder auf unter Bildung von Bodensatz. (Vgl. Tafel II, Figur 8 und 9.)

Auf gewöhnlichen Kartoffeln und Glycerinkartoffeln bemerkt man makroskopisch kein Wachstum, während sich mikroskopisch bisweilen zahlreiche Bazillen erkennen lassen.

3. *Bacillus anthracis symptomatici* (*Bacillus des Rauschbrandes*).

Die Kolonien auf Agarplatten sind denen des *Bacillus* des malignen Ödems sehr ähnlich.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstrichkultur entwickeln sie sich als lange, breite, bald ineinander zusammenfließende, baumartig gezweigte oder als gelappte, blattähnliche Gebilde. (Vgl. Tafel II, Figur 6 und 7.)

Auf gewöhnlichen Kartoffeln bildet sich bei 34° C. nach 22 Stunden ein über die ganze Oberfläche verbreitetes, trockenes, weißliches Häutchen und Gasblasen, nach 16 Tagen hat sich eine über die ganze Oberfläche verbreitete, dünne, schmutziggraue, sehr unangenehm stinkende Auflagerung entwickelt.

Auf Glycerinkartoffeln ist makroskopisch kein Wachstum nachweisbar, während sich mikroskopisch ein paar Bacillen vorfinden.

4. *Bacillus sporogenes*.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstrichkultur wächst er in Form einer saftig glänzenden, ziemlich dicken Auflagerung. Die Fadenbildung ist nicht so deutlich wie beim *Bacillus* des malignen Ödems. (Vgl. Tafel I, Figur 4.)

Auf gewöhnlichen Kartoffeln bilden sich bei 34° C. nach 16 Tagen kaum sichtbare, sehr dünne, weißlichgraue Auflagerungen und stinkende Gase. Die Kartoffel färbt sich grau-bräunlich.

Auf Glycerinkartoffeln bald kein, bald kümmerliches Wachstum unter Entwicklung von Gasblasen.

5. *Bacillus botulinus* van Ermengen.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstichkultur bildet sich eine ziemlich dicke, saftig glänzende, weißliche Auflagerung mit deutlichem Stichkanal.

Auf 2proz. Traubenzuckeragarstrichkultur erscheint ebenfalls eine nicht charakteristische, saftig glänzende, weißliche Auflagerung.

Die Kartoffeln haben einen schwach ranzigen Geruch, der aber durchaus nicht widerlich ist, wie bei anderen Anaëroben.

Anhang. Bacillus X.

Derselbe ist ein unter dem Namen Tetanusbacillus von Král uns übersandter Bacillus, welcher mit dem Tetanusbacillus nicht übereinstimmt. Die Kultur war wahrscheinlich unrein, denn ich habe immer von derselben Kultur einen fakultativ anaëroben Bacillus, niemals Tetanusbacillen gezüchtet. Dieser fakultative anaërobe Bacillus hat folgende Eigenschaften:

Im hängenden Tropfen stellt er ein lebhaft bewegliches, langes, großes Stäbchen mit abgerundeten Enden dar; oft vereinzelt gelagert oder aus zwei bis mehreren Gliedern bestehende Fäden bildend. In der Mitte des Stäbchens bildet sich eine länglich-runde Spore, fakultativ anaërob, entwickelt er sich unter Wasserstoff viel üppiger als bei Luftzutritt.

Mit gewöhnlichen Farbstoffen färben die Stäbchen sich sehr gut. Er wächst bei Zimmer- und Bruttemperatur auf gewöhnlichem Nährboden sehr gut, jedoch bei 35° C. viel schneller als bei Zimmertemperatur.

Auf Plattenkulturen, welche mit 10proz Fleischpepton-gelatine hergestellt worden sind und die bei Zimmertemperatur gehalten werden, entwickelt sich der Bacillus wie folgt:

Kleine, weiße Kolonien, welche schnell die Gelatine verflüssigen. Nach 1—2 Tagen ca. 5 mm große, runde, verflüssigende, in der Mitte eine weiße und schleimige Bakterienmasse enthaltende Kolonien. Bei schwacher Vergrößerung erscheinen die noch nicht verflüssigten Kolonien als gelbe, aus unregelmässig zusammenliegenden Fäden bestehende Scheiben. Die verflüssigten Kolonien zeigen in der Mitte ein unregelmässiges, ziemlich großes, dunkelgelbes Centrum; die nächste Schicht besteht aus unregelmässig liegenden Körnchen oder aus einem fädenartigen, lockeren Gewebe; um dieses herum liegt ein

dunkelgelber, ziemlich breiter Ring; dann folgt eine helle, breite Zone, an welcher der mit runden, kurzen Härchen versehene Rand angrenzt. (Vgl. Tafel II, Figur 5.)

In der Gelatinestichkultur wächst diese Art längs des Stichkanals in Form weisslicher Fäden. Die Gelatine verflüssigt sich sehr schnell tellerförmig.

Auf schrägem Agar bildet sich erst eine grauweiße, saftig glänzende Auflagerung, welche nach 5 Tagen trocknet und sich etwas faltet.

Bouillon trübt sich gleichmäÙig, bildet weissen Bodensatz und enthält in der Mitte der Oberfläche eine weiÙe Bakterienmasse.

In Traubenzuckerbouillon keine Gasbildung.

Indolbildung ist in gewöhnlicher Bouillon oder dem Peptonwasser in Spuren nachweisbar.

III. Die entscheidende Veranlassung der Sporenbildung.

Lehmann¹⁾ sagt, dafs eine gewisse Erschöpfung des Nährbodens bedingend oder wenigstens begünstigend für die Sporenbildung des Milzbrandbacillus sei.

Büchner²⁾ schreibt, dafs Bacillus anthracis in guten Nährlösungen sich nur vegetativ vermehrt und erst bei eintretendem Mangel an Ernährungsmaterial zur Sporenbildung übergeht. Diesen Satz stützte Buchner durch drei Versuche. Erstens stellte er fest, dafs die Sporenbildung ausblieb, wenn man in einem Schälchen mit 2 cem Inhalt die Bouillon um die üppig wachsenden Bacillen häufig erneuerte, dafs sie aber bald eintrat, wenn man die gleichen Bacillen in einem Tropfen Bouillon züchtete. Zweitens zeigte er, dafs in sterilisiertes Wasser gebrachte Milzbrandfäden weiter Sporen bildeten, während sie es in angefaulter Fleischflüssigkeit nicht thaten, und drittens, dafs

1) Lehmann, Über einige Bedingungen der Sporenbildung beim Milzbrand. Sitzungsbericht der phys. und med. Gesellschaft zu Würzburg 1890.

2) Büchner, Über die Ursache der Sporenbildung beim Milzbrandbacillus. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. VIII, S. 3.

in verdünnten Fleischextraktlösungen rascher Sporenbildung eintrat. Schreiber¹⁾ stimmt Buchner bei, indem er angibt, daß dauerndes lebhaftes Wachstum unter den günstigsten Bedingungen niemals Sporenbildung hervorruft, daß ungenügende Ernährung und ungünstige äußere Bedingungen die Sporenbildung sehr in Frage stellen, bezw. sie ganz aufheben, daß plötzliche Hemmung des Wachstums nach vorausgegangener guter Ernährung zu jeder Zeit sofort schnell und vollständig Sporenbildung veranlaßt. Gegen die Richtigkeit der Folgerung hat Migula²⁾ das Resultat des folgenden Versuches angewendet: Er setzte einer Bouillonkultur mit Milzbrandbacillen, die »kurz vor der Sporenbildung« stand, trockenes Pepton mit Fleischextrakt zu, d. h. also sehr gute Nährstoffe. Trotzdem kam es nicht zu einer entsprechenden Vermehrung, sondern die Hauptmasse der Zelle fuhr fort, sich auf die Sporenbildung vorzubereiten. Erst bei Verdünnung der Bouillon mit Wasser trat lebhaftere Vermehrung ein, und die Sporenbildung unterblieb. Daraus folgert Migula, daß die Anhäufung von Stoffwechselprodukten die Veranlassung zu Sporenbildung abgibt. Klebs³⁾ sagt, daß die Stoffwechselprodukte zweifellos nicht notwendig für die Sporenbildung sind, wie die Versuche mit reinem Wasser darlegen, wenn auch die Möglichkeit einer solchen Wirkung zuzugeben ist. Aus den Versuchen von Klebs mit verschiedenartigen Pilzen geht deutlich hervor, daß überhaupt eine Änderung der Ernährung oder der Eintritt von Nahrungsmangel für die Bildung der Fortpflanzungsorgane von entscheidender Bedeutung ist.

Um die Frage, ob die Veranlassung zur Sporenbildung im Nahrungsmangel oder in Stoffwechselprodukten liegt, zu beurteilen, habe ich mit Anaëroben Experimente angestellt. Für die Versuche ist es sehr wichtig, ein ganz bestimmtes Substrat anzuwenden,

1) Schreiber, Über die physiologischen Bedingungen der endogenen Sporenbildung bei *Bacillus anthracis*, *subtilis* und *tumescens*. Centralblatt für Bakteriologie, Bd. XX, S. 431.

2) Migula, Ref. aus Arbeit von Klebs.

3) Klebs, Zur Physiologie der Fortpflanzung einiger Pilze. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXXV, S. 17.

um genau vergleichbare Resultate zu erlangen. Denn der gleiche Bacillus kann bei der Kultur auf verschiedenartigen Substraten doch etwas verschiedenartige Eigenschaften zeigen. Wo es möglich ist, eignet sich am besten die Kultur in Flüssigkeiten, weil der Bacillus darin sehr gleichmäßig ernährt wird. Für das Folgende ist stets vorausgesetzt, daß alle anderen äußeren Bedingungen in günstigem Sinne einwirken.

Wie ich im folgenden Abschnitt darlegen werde, bilden die Anaeroben in 2proz. Traubenzuckerbouillon ziemlich langsam Sporen. Es wurde deshalb zur Lösung der vorliegenden Frage 2proz. Traubenzuckerbouillon von mir benutzt. Zuerst mußte ich darüber klar zu werden suchen, ob sich die Bakterien im Filtrat einer Anaerobenbouillonkultur, in welcher schon einmal die Sporenbildung erfolgte, vermehren, d. h. ob in demselben noch Nährstoffe enthalten sind; dann stellte ich mir die Frage, ob im Filtrat von Aerobenbouillonkultur die Anaeroben sich noch entwickeln und noch Sporen bilden können. Drittens mußte man noch die Frage beantworten, ob nach dem Zusatz von Nährstoffen in solchen Filtraten von Anaeroben- oder Aerobenbouillonkultur sofort die Anaeroben Sporen bilden. Endlich mußte man sich die Frage stellen, ob die Sporenbildung ausbleibt, wenn man die Nährböden häufig erneuerte. Die von mir benutzten Filtrate reagierten infolge spontaner Säurebildung sauer und wurden direkt als Medium benutzt.

I. Untersuchung mit dem Filtrat von Anaerobenbouillonkultur.

Bacillus sporogenes wächst im Filtrat einer 2 Tage alten, bei 34° C. aufbewahrten, 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur, in welcher Bacillus sporogenes sich üppig entwickelt und Gas, aber noch keine Sporen gebildet hatte, unter Wasserstoff makroskopisch ziemlich gut und bildet nach 20 Stunden noch keine, nach 42 Stunden nicht sicher nachweisbare, nach 72 Stunden nur wenige, nach 96 Stunden zahlreiche Sporen; also tritt die Sporenbildung in diesem Filtrat 1—2 Tage früher als in gewöhnlicher 2proz. Traubenzuckerbouillon ein. In einem Filtrate von 4 und 6 Tagen alter 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur, in welcher

üppiges Wachstum und geringe Sporenbildung nachweisbar war, entwickelt sich *Bacillus sporogenes* nur sehr spärlich, und die Flüssigkeit bleibt makroskopisch immer klar, während sich mikroskopisch nach 1 Tage schon ziemlich viele Stäbchen und vereinzelte Sporen, nach 2—4 Tagen mäfsig viele bis zahlreiche Sporen nachweisen. In diesem Filtrat bildet *Bacillus sporogenes* also in kurzer Zeit Sporen; während sie sich in gewöhnlicher 2proz. Traubenzuckerbouillon erst nach 4 Tagen bilden.

Clostridium butyricum wächst im Filtrate von 2 und 6 Tage alten 2proz. Traubenzuckerbouillonkulturen, in welchen es sich üppig entwickelt hatte (in der 6 Tage alten Kultur hatten sich schon Sporen gebildet), ziemlich gut unter Gasbildung; die Sporenbildung tritt nach 2—3 Tagen ein, also 1—2 Tage früher als in gewöhnlicher 2proz. Traubenzuckerbouillon.

Bacillus anthracis symptomatici entwickelt sich in Filtraten von 9 und 11 Tage alter 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur, in welcher üppige Entwicklung und Sporenbildung von *Bacillus anthracis symptomatici* nachweisbar waren, unter Wasserstoff makroskopisch nicht, und die Flüssigkeiten bleiben immer klar, während mikroskopisch die Entwicklung deutlich nachweisbar ist. Die Sporenbildung findet nach 3—4 Tagen statt, also 4 bis 5 Tage früher als in 2proz. Traubenzuckerbouillon.

2. Untersuchung mit dem Filtrat von Aërobenbouillonkultur.

Wir werden später sehen, dafs die Anaëroben in Mischbouillonkultur zugleich mit Aëroben bei Luftzutritt sich entwickeln, während sie im Filtrat von Aërobenbouillonkultur bei Luftzutritt nicht wachsen (siehe folgenden Abschnitt). Ich suchte daher noch darüber Klarheit zu bekommen, ob die Anaëroben im Filtrat von Aërobenbouillonkultur sich unter Wasserstoff entwickeln können. Hierzu benutzte ich die Filtrate der 2proz. Traubenzuckerbouillonkulturen des *Bacillus coli communis*, *Bacillus prodigiosus*, *Bacillus pyocyaneus* und *Vibrio cholerae*, welche 2 Tage lang bis 34° C. aufbewahrt wurden und sehr üppiges Wachstum zeigten.

Im Filtrat der *Bacillus prodigiosus*-Kultur bilden unter Wasserstoff *Bacillus oedematis maligni* und *Clostridium butyricum* nach 24 Stunden, *Bacillus botulinus* und *Bacillus anthracis symptomatici* nach 36 Stunden, *Bacillus sporogenes* nach 48 Stunden eine geringe Menge von Sporen. *Clostridium butyricum*, *Bacillus anthracis symptomatici* und *Bacillus sporogenes* wachsen in diesem Filtrat makroskopisch nicht, sondern nur mikroskopisch, während *Bacillus botulinus* und *Bacillus oedematis maligni* etwas Gas bilden.

Im Filtrat von Coli-Kultur bilden unter Wasserstoff *Bacillus sporogenes*, *Bacillus oedematis maligni* und *Clostridium butyricum* nach 24 Stunden, *Bacillus botulinus* und *Bacillus anthracis symptomatici* nach 72 Stunden Sporen; alle Kulturen bleiben makroskopisch klar, wobei sich ein Bodensatz bildet; mikroskopisch sind jedoch zahlreiche Stäbchen nachweisbar.

Im Filtrat von *Pyocyanus*-Kultur entwickeln sich *Bacillus sporogenes* und *Bacillus oedematis maligni* ebenfalls sehr schwach, und es ist ihre Entwicklung nur mikroskopisch nachweisbar. Die Sporenbildung tritt erst nach 3 Tagen ein.

Im Filtrat von Cholera-Kultur tritt die Sporenbildung bei *Bacillus sporogenes* und *Clostridium butyricum* nach einem Tage, beim *Bacillus botulinus* nach zwei Tagen, beim *Bacillus oedematis maligni* und *Bacillus anthracis symptomatici* nach drei Tagen ein. *Bacillus botulinus* und *Bacillus oedematis maligni* wachsen ziemlich gut unter Gasbildung, während die übrigen Anaëroben sich nur mikroskopisch entwickeln.

Aus diesen Beobachtungen ersehen wir, daß im Filtrat von 2—11 Tage alter Bouillonkulturen mikroskopische und makroskopische Entwicklung von Anaëroben möglich ist, und daß bei Anaëroben die Sporenbildung in kürzerer Zeit als in gewöhnlicher Bouillon eintritt.

3. Untersuchung mit dem Filtrat von Anaërobenbouillonkultur nach dem Zusatz von Nährstoffen.

In dem Filtrat der 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des *Clostridium butyricum*, welche neun Tage lang bei 34° C. auf-

bewahrt wurde und sehr üppiges Wachstum und viele Sporen zeigte, bildet *Clostridium butyricum* nach 20 Stunden noch keine, nach 23 Stunden eine geringe Menge von Sporen, während in demselben Filtrat bei Zusatz der 2 proz. Traubenzuckerbouillon von gleicher Quantität (es enthält dieses ganze Filtrat also 0,5% Fleischpepton, 1% Traubenzucker und 0,25% Kochsalz) erst nach 40 Stunden Sporenbildung nachweisbar ist. In demselben Filtrat bei Zusatz von einer Flüssigkeit, welche 2% Fleischpepton, 4% Traubenzucker, 1% Kochsalz und Wasser enthält, von gleicher Menge (es enthält dieses ganze Filtrat also 1% Fleischpepton, 2% Traubenzucker und 0,5% Kochsalz) tritt die Sporenbildung des *Clostridium butyricum* erst nach drei Tagen, manchmal nach fünf Tagen ein.

In dem Filtrat von vier Tage alter 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des *Bacillus sporogenes* mit oder ohne Zusatz von 2 proz. Traubenzuckerbouillon ist spärliche Entwicklung und Sporenbildung des *Bacillus sporogenes* nach 24 Stunden nachweisbar. In demselben Filtrat ist bei Zusatz der gleichen Menge 2 proz. Traubenzuckergelatine (das Medium enthält also im ganzen 0,5% Fleischpepton, 1% Traubenzucker, 0,25% Kochsalz und 5% Gelatine) die Sporenbildung des *Bacillus sporogenes* nach 24 Stunden noch etwas lebhafter als im *Sporogenes*-Filtrat mit oder ohne Zusatz von 2 proz. Traubenzuckerbouillon.

4. Untersuchung mit dem Filtrat von Aërobenbouillonkultur nach dem Zusatz von Nährstoffen.

Bacillus oedematis maligni bildet im Filtrat von zwei Tage alter 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des *Bacillus prodigiosus* nach 24 Stunden, in demselben Filtrat bei Zusatz der 2 proz. Traubenzuckerbouillon von gleicher Quantität (es enthält dieses ganze Filtrat also 0,5% Fleischpepton, 1% Traubenzucker und 0,25% Kochsalz) nach 36 Stunden Sporen.

Im Filtrat der zwei Tage alten 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur des *Bacillus pyocyaneus* mit oder ohne Zusatz der 2 proz. Traubenzuckerbouillon in gleicher Menge bilden *Bacillus oedematis maligni* und *Bacillus sporogenes* nach zwei Tagen un-

reife, nach drei Tagen spärliche reife, nach vier Tagen viele Sporen. In diesem Filtrat, welchem 2proz. Traubenzuckerbouillon zugesetzt wurde, entwickeln sich beide Bacillen deutlich etwas reichlicher als im reinen Filtrat.

5. Untersuchung der Hemmung der Sporenbildung durch fortwährende Erneuerung der das Wachstum befördernden Nährstoffe.

Auf ähnliche Weise wie Buchner, habe ich bei fünf Anaëroben in 2proz. Traubenzuckerbouillon 20 mal regelmäÙsig nach je fünf Tagen die Nährlösung erneuert, ohne dafs jemals Sporenbildung eingetreten wäre; die Kulturen befanden sich bei Zimmertemperatur immer unter Wasserstoff. Die Bakterien zeigten bis zum letzten Male keine Sporenbildung, jedoch bildeten sie in kurzer Zeit wieder Sporen, wenn man sie in 2proz. Traubenzuckergelatine überimpfte und bei 34° C. kultivierte.

Ich habe die Versuche nicht weiter fortgesetzt, weil nach allen Erfahrungen ein anderes Resultat nicht zu erwarten war. Auf Grund seiner ausgedehnten Studien über diese Frage spricht Klebs folgenden Satz aus: So lange für das Wachstum der niederen Organismen charakteristische äufsere Bedingungen vorhanden sind, tritt Fortpflanzung nicht ein. Die für diesen Prozefs günstigen Bedingungen sind stets für das Wachstum mehr oder weniger ungünstig. Dieser Satz gilt für die aëroben und anaëroben Bakterien.

Wir haben nun gesehen, dafs die anaëroben Bakterien im Filtrat von Anaëroben- oder Aëroben-Bakterienbouillonkultur schnell, in demselben Filtrat mit Zusatz von Nährstoffen langsam die Sporen bilden. Z. B. *Bacillus sporogenes* bildet im Filtrat von vier Tage alter 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur von demselben Bacillus nach einem Tag vereinzelte reife Sporen, während sich in gewöhnlicher 2proz. Traubenzuckerbouillon erst nach vier Tagen Sporen bilden. In dem Filtrat von neun Tage alter 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur des *Clostridium butyricum* bildet *Clostridium butyricum* nach 23 Stunden geringe Mengen von Sporen, während in demselben Filtrat mit Zusatz von Nähr-

stoffen erst nach drei, manchmal fünf Tagen die Sporenbildung eintritt.

Aus allen diesen Beobachtungen geht deutlich hervor, daß, so lange der Nährboden viele Nahrung enthält, keine Sporenbildung eintritt, daß die Stoffwechselprodukte auf die Sporenbildung einen sehr zweifelhaften Einfluß ausüben und, daß die Veranlassung der Sporenbildung im Mangel an Ernährungsmaterial liegt.

IV. Die allgemeinen Bedingungen der Sporenbildung.

Die Untersuchungen wurden nach folgenden Richtungen hin ausgeführt:

1. Der Einfluß der Ernährung.
2. Der Einfluß des Sauerstoffes.
3. Der Einfluß der Temperatur.
4. Der Einfluß des Lichtes.

I. Der Einfluß der Ernährung.

Die Bakterien entwickeln sich auf den mannigfachsten Substraten, und die Ernährungsverhältnisse üben auf die Sporenbildung einen verschiedenen Einfluß aus. Um diesen Einfluß zu untersuchen, will ich hier nur folgende Gesichtspunkte behandeln:

- A. Der Einfluß der Qualität der Nährstoffe.
- B. Der Einfluß der Quantität der Nährstoffe.
- C. Der Einfluß von chemischen Substanzen.

A. Der Einfluß der Qualität der Nährstoffe.

Osborne¹⁾ hat betreffs der Sporenbildung des Milzbrandbacillus bewiesen,

1. daß die absolute Größe der Sporenernte bei gleicher Aussaat auf Nährböden von geringem Fleischextraktgehalt geringer ist als auf solchen von normalem Gehalt;

1) Osborne, Die Sporenbildung des Milzbrandbacillus auf Nährboden von verschiedenem Gehalt an Nährstoffen. Archiv für Hygiene, Bd. XI, S. 51.

2. dafs auf erschöpften Nährböden die absolute Sporenernte ebenfalls geringer ist als auf guten;

3. dafs — hierüber sind allerdings nur einige gelegentliche Beobachtungen und keine Zahlen mitgeteilt — in den spärlich gewachsenen Fäden der schlechten Nährböden die Sporen weniger dicht liegen als in den üppig gewachsenen Fäden der guten Nährböden — und, dafs also von einer Begünstigung der Sporenbildung durch Nährböden, deren Erschöpfung früher eintritt, keine Rede sein kann.

Stephanidis¹⁾ schlofs aus seinem Versuch: Die Dichtigkeit oder Intensität der Sporenbildung ist auf guten Nährböden eine gröfsere als auf schlechten. Sehr beträchtlich ist die Differenz nicht; immerhin liefern, wie zu erwarten, die kräftigen Fäden, die auf dem reichen Nährboden gewachsen sind, die reichere Ernte.

Im Nachfolgenden werde ich in Kürze meine Befunde angeben; die genaueren Resultate stellte ich der Übersichtlichkeit halber in Tabelle I zusammen.

a) 2 proz. Traubenzuckerbouillonkultur (bei 34° C.).

1. *Clostridium butyricum* entwickelt sich makroskopisch nach einem Tag sehr üppig unter Gasbildung. Die Flüssigkeit trübt sich schwach bis stark mit Bodensatz, aber spätestens nach acht Tagen (manchmal nach drei Tagen) klärt sie sich wieder auf. Während sich die Flüssigkeit trübt, tritt fast niemals die Sporenbildung ein. Dieselbe zeigt sich frühestens nach vier Tagen, doch können bis zu ihrem Eintritt sieben Tage vergehen.

2. *Bacillus oedematis maligni* entwickelt sich ebenfalls ziemlich schnell unter Bildung von Gas und schleimigen Flocken; später trübt sich die Flüssigkeit schwach. Die Sporenbildung ist nach drei Tagen nachweisbar. Über 40 Tage alte Bouillonkultur ist klar mit Bodensatz; mikroskopisch findet man in ihr verschiedene Involutionsformen, manchmal fehlen Sporen.

1) Stephanidis, Archiv für Hygiene, Bd. 35, S. 1.

3. *Bacillus sporogenes* gedeiht schnell und üppig; die Flüssigkeit trübt sich sehr stark unter Gasbildung. Die Sporenbildung tritt aber erst nach vier Tagen ein.

4. *Bacillus anthracis symptomatici* wächst auch in 2 proz. Traubenzuckerbouillon sehr gut. Die Flüssigkeit trübt sich nach 1—2 Tagen stark, klärt sich jedoch wieder auf. Die Sporenbildung ist nach acht Tagen sichtbar.

5. *Bacillus botulinus* entwickelt sich sehr schnell und üppig; die Flüssigkeit trübt sich sehr stark unter Gasbildung, klärt sich jedoch nach 18 Tagen wieder auf. Die Sporenbildung ist erst nach 20 Tagen und dann noch selten nachweisbar.

b) Gewöhnliche und Glycerinkartoffelkultur (bei 34° C.).

1. *Clostridium butyricum* wächst auf beiden Kartoffeln ziemlich gut unter Gasbildung; die Sporenbildung tritt nach zwei Tagen ein.

2. *Bacillus oedematis maligni* entwickelt sich makroskopisch nicht und bildet unter Wasserstoff nach vier Tagen keine, nach 16 Tagen dagegen sehr zahlreiche Sporen.

3. *Bacillus sporogenes* bildet auf Kartoffeln eine kaum sichtbare, dünne, grauweiße Auflagerung mit Gasblasen. Nach 16 Tagen bildet er unter Wasserstoff noch keine sichtbaren Sporen.

4. *Bacillus anthracis symptomatici* wächst auf gewöhnlichen Kartoffeln gut, nach 16 Tagen ist Sporenbildung nachweisbar. Dagegen entwickelt er sich auf Glycerinkartoffeln nicht sichtbar und läßt mikroskopisch nur geringe Stäbchen ohne Sporen (nach 4—16 Tagen) erkennen.

c) 2 proz. Traubenzuckeragarstrichkultur (bei 34° C.).

Clostridium butyricum bildet auf 2 proz. Traubenzuckeragarstrichkultur schon nach einem Tage Sporen, während beim *Bacillus oedematis maligni* nach 60 Stunden, beim *Bacillus anthracis symptomatici* nach mehr als vier Tagen, beim *Bacillus sporogenes* und *Bacillus botulinus* erst nach fünf Tagen die Sporenbildung nachweisbar ist.

d) Gewöhnliche Gelatinekultur (bei 34° C.).

Clostridium butyricum und *Bacillus oedematis maligni* entwickeln sich nach einem Tag sehr üppig unter Gasbildung. Die Sporenbildung tritt jedoch erst nach zwei Tagen ein.

Bacillus sporogenes ist nach einem Tag makroskopisch nicht sichtbar, während mikroskopisch sehr zahlreiche, nicht sporentragende Stäbchen nachweisbar sind. Nach zwei Tagen bildet er viel Gas und Sporen.

Bacillus anthracis symptomatici ist nach einem Tag makroskopisch nicht sichtbar, während mikroskopisch zahlreiche Stäbchen und auch Sporen in geringer Menge nachweisbar sind. Nach zwei Tagen bildet er reichlich Gasblasen und Sporen.

Bacillus botulinus entwickelt sich schon nach einem Tag ziemlich üppig und bildet vereinzelt Sporen.

e) 2 proz. Traubenzuckergelatinekultur (bei 34° C.).

Clostridium butyricum bildet nach 18 Stunden schon geringe Sporen, während man makroskopische Entwicklung erst nach 24 Stunden bemerkt.

Bacillus oedematis maligni entwickelt sich schon nach 14 Stunden makroskopisch ganz deutlich und bildet ganz vereinzelt Sporen.

Bacillus sporogenes bildet nach 22 Stunden Sporen, während makroskopische Entwicklung erst nach 24 Stunden bemerkbar ist.

Bacillus anthracis symptomatici wächst ebenso schnell wie der *Bacillus oedematis maligni*; in einem Präparat waren 5 bis 8 Sporen und ziemlich viele Bacillen nachweisbar.

Bacillus botulinus ist mikroskopisch schon nach 14 Stunden nachweisbar, die Sporenbildung tritt aber erst nach 21 Stunden ein.

Aus diesen Versuchen ergibt sich die auffallende Thatsache, daß die Anaeroben in 2 proz. Traubenzuckergelatine viel schneller Sporen bilden als in 2 proz. Traubenzuckerbouillon. Warum erfolgt nun die Sporenbildung der Anaeroben in der Nährgelatine viel rascher als in Nährbouillon? Um diese Frage zu lösen, machte ich Versuche mit 2 proz. Traubenzuckerbouillon +

1—30 proz. Gelatine (sogen. 1—30 proz. Bouillongelatine), 0,2—2 proz. Agar (0,2—2 proz. Fleischpeptonagar), 10—30 proz. Gummiarabicum (10—30 proz. Gummilösung), 1—3 proz. Gummitragacantha (1—3 proz. Tragacanth-Lösung) oder 10 proz. Konbu (Konbudekokt). Ich stelle in der II. Tabelle die angeführten Resultate zusammen.

Bacillus oedematis maligni bildet in 5 proz. und 30 proz. Bouillongelatine, sowie 0,4 proz. Fleischpeptonagar ebenso schnell wie in 10 proz. Bouillongelatine, dagegen in 30 proz. Gummilösung viel langsamer als in 2 proz. Traubenzuckerbouillon Sporen. In 0,2 proz. und 2 proz. Fleischpeptonagar, 10 proz. Gummilösung und 1 proz. Traganthlösung tritt die Sporenbildung etwas rascher als in Bouillon ein, während in 10 proz. Konbudekokt der Prozents ebenso rasch, und zwar nach etwa drei Tagen erfolgt.

Bacillus anthracis symptomatici und *Bacillus botulinus* bilden in allen versuchten Nährböden die Sporen schneller als in 2 proz. Traubenzuckerbouillon. In der Wassergelatine entwickelt *Bacillus anthracis symptomatici* sich nicht. In 5 proz. Bouillongelatine und 0,4 proz. Fleischpeptonagar tritt die Sporenbildung von beiden Bacillen ebenso schnell wie in 10 proz. Bouillongelatine oder 2 proz. Traubenzuckergelatine ein.

Die Sporenbildung des *Bacillus sporogenes* erfolgt in Konbudekokt, 0,4 proz. Fleischpeptonagar, 5 proz. und 10 proz. Bouillongelatine nahezu gleichzeitig und zwar nach einem Tag, während in 30 proz. Gummilösung und Wassergelatine die Sporenbildung ziemlich spät nachweisbar ist. Die übrigen Nährböden sind auch für die Sporenbildung des *Bacillus sporogenes* günstiger als 2 proz. Traubenzuckerbouillon.

Clostridium butyricum bildet in 1 proz. Bouillongelatine gerade so langsam Sporen wie in Bouillon, während die Sporenbildung in 5 proz. Bouillongelatine und 10 proz. Gummilösung ziemlich schnell, in 10 proz. Bouillongelatine und 0,4 proz. Fleischpeptonagar sehr schnell eintritt. In Wassergelatine, 30 proz. Bouillongelatine und 30 proz. Gummilösung tritt dagegen die Sporenbildung von *Clostridium butyricum* sehr langsam ein.

Aus den oben geschilderten Beobachtungen entnehmen wir die wichtige Thatsache, dafs die Anaëroben in dünnen und sehr dicken Nährflüssigkeiten sich sehr langsam entwickeln und langsam Sporen bilden, während in mäfsig dicken Nährflüssigkeiten die Sporenbildung sehr schnell erfolgt.

Man mufs nun die Frage beantworten, warum die Anaëroben in dünnflüssigen Nährmedien später Sporen bilden als in dickflüssigen, gallertartigen, obwohl die Qualität und Quantität des Nährstoffes anscheinend gleich sind. Es ergibt sich das aus dem bereits von Klebs für die Hefe hervorgehobenen Grunde. In einem dicken Medium häufen sich die Bakterien an einzelnen Stellen massenhaft an, verbrauchen hier rasch die Nahrung und gehen zur Sporenbildung über. In dünnflüssigen Medien, wo die Bakterien sich gleichmäfsig ausbreiten können und die Nährstoffe ungehindert diffundieren können, befinden sich die Bakterien viel länger in einer nahrungsreichen Umgebung und bilden daher sehr viel später Sporen. Benutzt man zwei Röhrchen, eines mit 0,2 proz. Fleischpeptonagar, in welchem einzelne, kleine, isolierte, geringe Agarflocken in klarer, dünner, wäfsriger Flüssigkeit suspendiert sind, und ein anderes mit 0,4 proz. Fleischpeptonagar, welches mit zahlreichen, kleinen oder grofsen Agarflocken in wäfsriger Bouillon angefüllt ist, so bilden die Bakterien in 0,4 proz. Fleischpeptonagar etwas schneller Sporen als in 0,2 proz. Fleischpeptonagar.

B. Der Einflufs der Quantität der Nährstoffe.

Nach Behring¹⁾ tritt bei dem Bacillus anthracis in unverdünntem Blutserum die Sporenbildung nicht ein, während in dem Blutserum von Rindern durch weitgehende Verdünnung mit sterilisiertem Wasser (1 T. Blutserum zu 40 T. aq. dest.) sehr reichlich und schnell Sporen gebildet werden; für den Harn ist Ähnliches gefunden worden.

Buchner²⁾ sah, dafs der Milzbrandbacillus in 1 proz. Fleischextraktlösung nach 18 Stunden bei 36,5° C. noch keine Sporen

1) Behring, Beiträge zur Ätiologie des Milzbrandes, Zeitschrift für Hygiene etc., Bd. VI, S. 125.

2) Buchner, Centralblatt für Bakteriologie etc., Bd. VIII.

bildet, während in 0,2 proz. Lösung Sporenbildung eingetreten war. Er schloß aus diesen Versuchen, daß in verdünnten Lösungen rascher Sporenbildung eintrete.

Schreiber schreibt über den Einfluß verschiedener Konzentration des Liebig'schen Fleischextrakts, des Traubenzuckers und Glycerins auf die Sporenbildung des *Bacillus anthracis*, *subtilis* und *tumescens* und gab folgende Zeitdauer für die Entwicklung der Sporen an:

Nährstoffe	Procent	<i>Bacillus anthracis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus tumescens</i>
Liebig's Fleischextrakt	0,5	78 Stunden	70 Stunden	70 Stunden
	5,0	58 ,	60 ,	68 ,
	8,0	56 ,	56 ,	63 ,
	12,0	80 ,	56 ,	55 ,
	16,0	—	54 ,	54 ,
	23,0	—	50 ,	70—84 ,
	25,0	—	50 ,	—
	40,0	—	68 ,	—
	45,0	—	96 ,	—
Trauben-zucker	1,0	62 Stunden	62 ,	58 Stunden
	5,0	60 ,	68 ,	65 ,
	10,0	70 ,	74 ,	70 ,
	15,0	74 ,	65 ,	68 ,
Glycerin	1,0	56 ,	58 ,	54 ,
	5,0	64 ,	60 ,	58 ,
	10,0	—	62 ,	60 ,
	12,0	—	62 ,	—

Stephanidis beobachtete die Bildung der Milzbrandsporen auf Wasseragar mit 1 bis $\frac{1}{50}$ % Fleischextrakt. Aus seinen Versuchen schloß er folgendes: Je konzentrierter der Nährboden war, um so rascher trat *ceteris paribus* die Sporenbildung ein. Bei $\frac{1}{50}$ % und $\frac{1}{10}$ % waren die Sporen nach 14 Stunden reif (früher wurde nicht untersucht), auf $\frac{1}{5}$ % wurden nach 15 Stunden mehrfach reife Sporen beobachtet, auf $\frac{1}{2}$ % nie nach 16 Stunden, nicht vor 20 Stunden. Das Wachstum auf schlechten Nährböden ist kümmerlich.

Wie verhält sich nun die Raschheit und Dichtigkeit (Intensität) der Sporenbildung bei wechselnden Mengen gleicher Nähr-

flüssigkeit, sowie auf Nährböden von verschiedener Konzentration an Nährstoffen?

Es soll die Bildung der Sporen beobachtet werden auf Nährböden mit wechselndem Gehalt an Nährsubstanz; ich benutzte dazu 10 proz. Wassergelatine oder Fleischpeptongelatine (teilweise Bouillon) von verschiedenem Gehalt an Fleischpepton, Traubenzucker und Glycerin.

Die Untersuchungen wurden nach folgenden Richtungen hin ausgeführt:

- a. Der Einfluss der Menge gleicher Nährflüssigkeit.
- b. Der Einfluss des Fleischpeptons.
- c. Der Einfluss des Traubenzuckers.
- d. Der Einfluss des Glycerins.

a) Der Einfluss der Menge gleicher Nährflüssigkeit.

Clostridium butyricum bildet in einem Röhrchen mit 2 proz. Traubenzuckergelatine von 30 ccm bei 34° C. nach 18 Stunden Sporen, während in 100 ccm Gelatine (2 proz. Traubenzuckergelatine) erst nach vier Tagen geringe, in 250 ccm nach fünf Tagen noch keine, nach zehn Tagen geringe und nach 14 Tagen viele, in 900 ccm nach 23 Tagen sich noch keine Sporen bilden. Bei Zimmertemperatur bildet *Clostridium butyricum* in fester 2 proz. Traubenzuckergelatine von 30 ccm, 800 ccm und 900 ccm ohne grossen Unterschied nach 16 Tagen reichliche Sporen.

Bacillus sporogenes bildet ebenfalls in 2 proz. Traubenzuckergelatine von 30 ccm bei 34° C. nach einem Tag Sporen, während in 250 ccm Gelatine erst nach 12 Tagen sehr langsam geringe Sporenbildung erfolgt.

Die Sporenbildung des *Bacillus anthracis symptomatici* erfolgt bei 34° C. in 30 ccm Gelatine nach 14 Stunden, in 100 ccm erst nach 3—4 Tagen, in 250 ccm nach 14 Tagen in sehr spärlicher Weise.

Aus dieser Beobachtung können wir folgendes schliessen: Je gröfser die Menge der Nährflüssigkeit, desto langsamer die Sporenbildung.

b) Der Einfluss des Fleischpeptons.

Hierzu benutzte ich Wassergelatine mit verschiedenen Konzentrationen von Kochs Fleischpepton. Die gesamten Kulturen standen bei einer Temperatur von 34° C.

Aus der Tabelle III ersehen wir, dass in Wassergelatine die Anaeroben sich langsam entwickeln und langsam Sporen bilden. *Bacillus anthracis symptomatici* wächst in Wassergelatine überhaupt nicht. In Wassergelatine mit geringerer Konzentration bis zu gewissen aufsteigenden Konzentrationen des Fleischpeptons entwickeln sich die Anaeroben allmählich üppiger, während die Sporenbildung allmählich später eintritt, weil in einer Gelatine, welche Fleischpepton in geringer Konzentration enthält, rascher der Mangel des Nährstoffes eintritt, als bei stärkerer Konzentration. In Gelatine mit sehr starkem Fleischpeptongehalt (ca. über 20% Fleischpepton) entwickeln sich die Anaeroben wieder langsam, weil überhaupt das Wachstum der Bakterien durch die höhere Konzentration verlangsamt wird.

c) Der Einfluss des Traubenzuckers.

Als Nährmedium habe ich hierzu Bouillon und Fleischpeptongelatine benutzt und eine bestimmte Quantität von Traubenzucker diesen beiden Urnährböden zugesetzt. Die Kulturen wurden ebenfalls im Brütschrank (34° C.) aufbewahrt.

Aus der Tabelle IV ersehen wir, dass das Traubenzucker-optimum beim *Bacillus botulinus*, sporogenes und oedematis maligni bei 10%, dem *Bacillus anthracis symptomatici* und *Clostridium butyricum* bei 8% liegt, hier tritt bei gleichmäßiger Entwicklung die Sporenbildung sehr frühzeitig und intensiv auf. Bei über 55% Traubenzucker findet beim *Bacillus botulinus*, sporogenes und oedematis maligni kein Wachstum mehr statt, die Sporenbildung hört indessen schon bei 50% (beim *Bacillus botulinus* ca. 40%) auf. Für *Clostridium butyricum* liegt das Maximum des Wachstums bei 60%, das der Sporenbildung bei 55%. Der *Bacillus anthracis symptomatici* zeigt in 65% noch

ein sehr geringes Wachstum, nie habe ich aber über 60% Sporenbildung beobachten können. Die Sporenbildungen erfolgen in optimaler Konzentration bei 34° C. nach ca. 16 Stunden.

d) Der Einfluss des Glycerins.

Glycerin hat auf die Sporenbildung der Anaeroben sehr geringen Einfluss.

Der *Bacillus oedematis maligni* wächst in 5—10 proz. Glyceringelatine ziemlich langsam, und es findet eine makroskopische Entwicklung und Gasbildung erst nach 2—3 Tagen (bei 34° C.) statt. Die Sporenbildung erfolgt in 5 proz. Glyceringelatine nach 30 Stunden, in 10 proz. Glyceringelatine nach 48 Stunden.

Der *Bacillus sporogenes* entwickelt sich in 5—10 proz. Glyceringelatine nach 1—3 Tagen makroskopisch nicht, während mikroskopisch schon nach 16 Stunden spärliche Stäbchen, sogar in 10 proz. Glyceringelatine nach 24 Stunden einige Sporen und in 5 proz. Glyceringelatine erst nach 48—60 Stunden spärliche Sporen nachweisbar sind.

¶ Der *Bacillus anthracis symptomatici* bildet in 5 proz. Glyceringelatine nach 16—24 Stunden schon Gas. Die Sporenbildung tritt aber erst nach 48—60 Stunden ein, während in 10 proz. Glyceringelatine sich nach einem Tage schon ein paar Sporen bilden.

Das Wachstum des *Bacillus botulinus* in 5—10 proz. Glyceringelatine ist schon nach 16 Stunden makroskopisch nachweisbar. Die Sporenbildung erfolgt in 10 proz. Glyceringelatine nach einem Tag, in 5 proz. Glyceringelatine nach 3—5 Tagen.

Clostridium butyricum entwickelt sich in 10 proz. Glyceringelatine viel üppiger als in 5 proz. Glyceringelatine und zwar findet in 10 proz. Glyceringelatine nach einem Tag ziemlich üppige Gas- und Sporenbildung statt. In 5 proz. Glyceringelatine entwickelt er sich sehr langsam und die Sporenbildung erfolgt erst nach 4—5 Tagen.

C. Der Einfluss von chemischen, nicht nährenden Substanzen.

Gewisse Substanzen wirken durch ihre chemischen Eigenschaften auf das Leben der Bakterien ein. Im allgemeinen wachsen die Bakterien am besten auf Substraten, die neutral oder

schwach alkalisch reagieren, trotzdem die Bakterien selbst infolge ihrer Lebensthätigkeit Säure oder Alkali bilden.

Nach Behring¹⁾ wird der Milzbrandbacillus in Bouillon, welche bei schwach saurer Reaktion die Sporenbildung gestattet, durch Zusatz von Säuren bis zu einem Gehalt = 1,25 ccm Normal-säure in 100 ccm und von Alkalien bis zu 3 ccm Normallauge in 100 ccm die Sporenbildung nicht beeinträchtigt, durch einige Mittel sogar gefördert. Bei Salzsäurezusatz bleibt sie aus bei einem Gehalt von 0,054% = 1 : 1666 = ca. 1,5 ccm Normal-salzsäure in 100 ccm, bei Natronlauge bei einem Gehalt von 0,12% = 1 : 830 = ca. 3,0 ccm Normallauge in 100 ccm, bei Ammoniak 0,098% = ca. 1 : 1000.

Schreiber²⁾ beobachtete, daß eine geringe alkalische Reaktion das Wachstum der Bakterien befördert und die Sporenbildung eher eintreten läßt. Das Optimum von Natrium carbonicum liegt für den Bacillus anthracis bei 0,5—1,0%, für den Bacillus subtilis und tumescens aber um etwas höher, bei 2,0%; das Maximum dagegen bei ersterem Spaltpilz bei 3,0%, bei den letzten beiden bei 5,0%. Bacillus anthracis kann 0,3%, der Bacillus subtilis und tumescens bis zu 1,0% Weinsäure vertragen. — Die Wirkungen, welche ein Zusatz von Natrium chloratum zur Nährflüssigkeit, bezüglich des Wachstums und der Sporenbildung hervorruft, sind hauptsächlich verzögernde, außerdem kommen noch bei Konzentration über 4 proz. Plasmolyse und bei dem Bacillus subtilis und tumescens Aufhören des Schwärmstadiums und der Hautbildung hinzu. Die höchsten Konzentrationen, welche von den Bakterien vertragen werden, sind für den Bacillus anthracis 4%, für den Bacillus subtilis und tumescens 7%, doch treten dabei überall verkümmerte Stäbchen und Involutionsformen auf.

Buchner beobachtete, daß ein gewisser Gehalt an Kochsalz in der schwach alkalischen Lösung von 0,2 proz. Fleisch-extrakt und 0,2 proz. Pepton entschieden die Entwicklung der Sporen des Milzbrandbacillus beschleunigt. Bei einem Zusatz von

1) Behring, Zeitschrift für Hygiene, Bd. VI, S. 127.

2) Schreiber, Centralblatt für Bakteriologie etc. Bd. 20, S. 431.

2% Kochsalz war die Vermehrung geringer, nach 24 Stunden aber die Sporenbildung vollendet, während bei keinem Zusatz von Kochsalz starke Vermehrung, jedoch erst nach 30 Stunden die Sporenbildung nachweisbar ist. Bei einem Zusatz von 4% Kochsalz bildet er nach 48 Stunden Sporen. Bei 6% Kochsalz bleibt ihre Bildung aus.

Da verschiedene Eigenschaften der chemischen Stoffe in Betracht kommen, will ich folgende zwei Fragen untersuchen:

- a) Den Einfluss von Säure und Alkali.
- b) Den Einfluss des Kochsalzes.

a) Der Einfluss von Säure und Alkali.

Alle meine Untersuchungen wurden bei neutraler Reaktion des Nährbodens ausgeführt. Im Folgenden soll nun geprüft werden, inwieweit die alkalische oder saure Reaktion das Wachstum und die Sporenbildung beeinflussen.

Um die alkalische und saure Reaktion in verschiedener Stärke zu erhalten, habe ich einer neutralen 2 proz. Traubenzucker-gelatine Natrium carbonicum oder Acidum hydrochloricum in Konzentration von 0,1—1,5% zugesetzt (s. Zubereitung der Nährböden). Alle Kulturen wurden bei 34° C. aufbewahrt. Der Versuch zeigte, dass eine geringe alkalische oder saure Reaktion das Wachstum befördert und die Sporenbildung eher eintreten lässt.

Vermehrt man nun aber den Zusatz eben derselben Mittel, so tritt die Sporenbildung zuerst langsamer und unregelmäßiger ein, schliesslich bleibt sie vollständig aus und zwar bei einem Zusatz, der die Schnelligkeit und Reichlichkeit des Wachstums noch nicht erheblich beeinträchtigt.

Bei Salzsäurezusatz bleibt die Sporenbildung des *Bacillus oedematis maligni*, *Bacillus anthracis symptomatici*, *Bacillus botulinus* und *Clostridium butyricum* aus bei einem Gehalt von 0,25%, während bei einem Gehalt von 0,1—0,15% makroskopisch deutliche Entwicklung und Gasbildung, von 0,2—0,25% mikroskopische Entwicklung nachweisbar ist. Das Wachstum hört bei über 0,3% auf. *Bacillus sporogenes* bildet bei einem Gehalt von

0,1—0,15 % ziemlich zahlreiche Gasblasen und Sporen. Bei über 0,15 % bildet *Bacillus sporogenes* keine Sporen, während bei einem Zusatze bis zu 0,25 % dieselben sich nur vereinzelt noch entwickeln.

Bei Zusatz von Natrium carbonicum liegt das Optimum und Maximum noch höher als bei Salzsäurezusatz. Die genaueren Resultate sind in Tabelle V zusammengestellt.

Bei Sodazusatz hört das Wachstum von *Clostridium butyricum* bei einem Gehalt von 17 % vollständig auf, bei 15 % erfolgt noch mikroskopisches Auswachsen, aber keine Sporenbildung, während dieselbe bei 10 % noch nicht beeinträchtigt ist. Das Wachstum des *Bacillus sporogenes* hört bei 17 % auf, bei 12—15 % sieht man mikroskopische Entwicklung; die Sporenbildung blieb aber bei 10—15 % gänzlich aus. Das Wachstum des *Bacillus anthracis symptomatici* und *Bacillus oedematis maligni* hört bei 20 % auf, bei über 15 % war keine Spur von Sporenbildung mehr vorhanden. Die Sporenbildung des *Bacillus botulinus* hört bei 17 % auf, während bei 20 % die Entwicklung noch nachweisbar ist.

Endlich wurde noch der Einfluss von Eikonogen, Hydrochinon und Pyrogallussäure auf die Vegetation der Bakterien untersucht.

Wie bereits erwähnt, schreibt Nakagawa, daß bei gewöhnlichen Nährböden die Zugabe von 1—2 % Traubenzucker, 4 bis 5 % Glycerin, 0,1 % Pyrogallussäure, 0,1 % Hydrochinon und 0,1 % Eikonogen sehr begünstigend auf das Wachstum der Anaëroben, besonders des *Tetanusbacillus* eingewirkt haben soll. Ich habe auch mit Pyrogallolbouillon (s. Zubereitung der Nährböden) Untersuchungen angestellt, fand aber keinen Unterschied von gewöhnlicher Bouillonkultur. Alle 5 Anaëroben entwickeln sich in Pyrogallolbouillon bei 34 ° C sehr langsam und nicht üppig; die Sporenbildung erfolgt für *Bacillus oedematis maligni*, *Bacillus anthracis symptomatici*, *Bacillus sporogenes* und *Clostridium butyricum* erst nach 8 Tagen, für *Bacillus botulinus* erst nach 9 Tagen.

Aber nicht bloß bei Säuren und Alkalien läßt sich die Aufhebung der Sporenbildung durch den Zusatz solcher Mengen nachweisen, welche die Entwicklung noch nicht merklich hemmen;

das Gleiche habe ich auch für eine Reihe anderer Substanzen, z. B. Traubenzucker, Kochsalz u. a. konstatieren können.

Den Einfluss des Traubenzuckers und anderer Substanzen auf das Wachstum und die Sporenbildung habe ich schon im vorhergehenden Kapitel erwähnt; ich will daher hier nur über den Einfluss des Kochsalzes einiges bemerken.

b) Der Einfluss des Kochsalzes.

Meine Untersuchungen wurden mit Fleischextraktwasser oder Fleischpepton-gelatine unter Zusatz von 0—10 % Kochsalz angestellt. Die Kulturen werden immer bei 34 ° C. aufbewahrt.

Aus der Tabelle VI ersehen wir, dass das Optimum der Sporenbildung für *Bacillus sporogenes*, *Bacillus oedematis maligni* und *Clostridium butyricum* bei 0,25 %, für *Bacillus botulinus* bei 0,25—0,5 %, für *Bacillus anthracis symptomatici* bei 0,25 oder 0,75 % liegt. Das Maximum lässt sich nicht genau bestimmen, weil trotz der sorgfältigsten Behandlung die Resultate in den verschiedenen Versuchen stets ungleich ausfielen. Das Maximum liegt ungefähr für *Bacillus oedematis maligni* bei 7 %, für *Bacillus anthracis symptomatici* bei 6,5 %, für *Bacillus sporogenes* bei 5 %, für *Bacillus botulinus* bei 2 %, oder 5 %, bei 5 % ist die Sporenbildung des *Bacillus botulinus* aber unregelmäßig, für *Clostridium butyricum* bei 2 % oder 4 %, wenn auch unregelmäßig. Das Wachstums-Maximum liegt für *Clostridium butyricum* bei 6,5 %, für *Bacillus botulinus*, *Bacillus sporogenes* und *Bacillus anthracis symptomatici* bei 7 %, für *Bacillus oedematis maligni* bei 7,5 %.

Diese 5 Anaeroben bilden in kochsalzhaltigen Nährböden sehr spärliche Involutionsformen, doch sind bei *Clostridium butyricum* ziemlich häufig verschiedene veränderte Formen nachweisbar.

2. Der Einfluss des Sauerstoffes.

Nach ihrem Verhalten zum Sauerstoff pflegt man die Bakterien in 3 Klassen zu bringen: Obligate Aeroben, obligate Anaeroben und fakultative Anaeroben.

Für die Aeroben ist der Sauerstoff ein unentbehrliches Lebens-element und muss als solches unter allen Umständen auch

für die Fortpflanzung Bedeutung haben. Bei obligaten Anaëroben findet nur bei vollkommenem Sauerstoffabschlufs das Wachstum statt; doch hat Kitt den *Bacillus oedematis maligni* bei Luftzutritt kultiviert.

Nach Koch¹⁾ vermehren sich die Milzbrandbacillen im Blut und in den Gewebesäften des lebenden Tieres durch Verlängerung der einzelnen Stäbchen und darauf folgende Querteilung; jedoch findet man im lebenden Körper immer nur ganz kurze Fäden, die nur aus einigen wenigen Gliedern bestehen. Im Blute des toten Tieres oder in geeigneten Nährflüssigkeiten wachsen die Bacillen meist zu langen Fäden aus, unter Bildung zahlreicher Sporen. Diese Sporenbildung soll aber nur bei Luftzutritt und innerhalb gewisser Temperaturgrenzen vor sich gehen.

Nach Buchner²⁾ hat der Sauerstoff keine besondere Bedeutung für diesen Prozeß bei *Bacillus anthracis*, und das ist insoweit richtig, als der Sauerstoff nicht die Rolle des auslösenden Reizes versieht, wie der Nahrungsmangel. Andererseits ist für die Sporenbildung nach den Angaben von Schreiber mehr Sauerstoff nötig als für das Wachstum. In Reagenzröhrchen von 150 mm Höhe und 15 mm Durchmesser, die mit Watte verschlossen sind, entscheidet die Höhe der angewandten Flüssigkeitssäule darüber, ob Sporen ausgebildet werden oder nicht. Bei einer Höhe der Nährlösung von ca. 3,7 cm, 7,5 cm und 11 cm geht bei einer Temperatur von 30° C. die Auskeimung der Sporen von *Bacillus anthracis* und die Entwicklung der Milzbrandwolke gleichmäÙig vor sich. Aber, während sich in den Fäden des Gläschens, welches eine Höhe der Nährflüssigkeit von ca. 3,7 cm hat, nach 54 Stunden Sporen gebildet haben, zeigen die der anderen GefäÙe nichts davon. Erst nach 3 Tagen sind in den oberflächlichen Fäden aus der 1,5 cm hohen Flüssigkeitssäule einzelne Sporen nachzuweisen, eine vollständige Sporenbildung

1) Koch, Die Aetiologie der Milzbrandkrankheit, begründet auf die Entwicklungsgeschichte des *Bacillus anthracis*. Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, S. 227, 1877.

2) Buchner, Centralblatt für Bakteriologie Bd. VIII, S. 5, 1890.

tritt jedoch nicht ein. Bei einer Höhe der Nährflüssigkeit von ca. 11 cm findet die Sporenbildung bei *Bacillus anthracis* niemals statt, sondern es zerfallen die Fäden nach 5 Tagen körnig und sterben ab. Gleiche Resultate erhielt Schreiber bei der Untersuchung des *Bacillus subtilis* und *tumescens*. Wenn man anstatt des Watterverschlusses einen solchen mit Kork und Paraffin verwendet, müssen zum Ablauf der normalen Entwicklung für den *Bacillus subtilis* mindestens 3 ccm Luft über der Flüssigkeitssäule sich befinden, für den *Bacillus tumescens* sind sogar 5 ccm nötig. Von Cohn¹⁾ u. a. ist es für *Bacillus subtilis* beobachtet worden, daß die anfangs in der Flüssigkeit umher schwärmenden Zellen zur Zeit der Sporenbildung sich an der Oberfläche der Kultur ansammeln. Sie suchen hier den höheren Sauerstoffdruck auf, der für die Sporenbildung besonders günstig ist.

Weil beobachtete Sporenbildung beim *Bacillus anthracis* bei Luftabschluß (unter Wasserstoff), wenn gewisse Substrate, wie festes Schafblutserum mit 25% Traubenzuckerbouillon, 10% Weizenauszug, 5% Quitten- und Eibischschleim, ferner Kartoffelscheiben angewandt wurden, während in Kulturen mit Bouillon, Gelatine, Agar etc. immer nur Wachstum eintrat.

In einer neuen Untersuchung hat auch Klett²⁾ den Einfluß des Sauerstoffes besprochen. Er sagt, daß erstens die Sporenbildung des Milzbrandbacillus nicht an das Vorhandensein von Sauerstoff gebunden ist, da die Milzbrandbacillen in einer Stickstoffatmosphäre sowie in Büchnerschen Röhren reichlich Sporen bilden, daß zweitens die Sporenbildung der Milzbrandbacillen bei ihrer Züchtung im Wasserstoff unterbleibt, weil letzterer einen schädigenden Einfluß auf ihre Entwicklung ausübt.

Im Gegensatz zu einer Ansicht von Klett schreibt Jacobitz³⁾, daß der Milzbrandbacillus in reiner Stickstoffatmosphäre bei Beobachtung strenger Anaërobie keine Dauerformen bildet,

1) Cohn, Ref. System der Bakterien von Migula Bd. I, S. 175.

2) Klett, Die Sporenbildung des Milzbrandes bei Anaërobie. Zeitschrift für Hygiene Bd. XXXV, S. 420.

3) Jacobitz, Die Sporenbildung des Milzbrandes bei Anaërobie. Centralblatt für Bakteriologie Bd. XXX, S. 232.

wenigstens nicht bei Anwendung des Agar-Agars als Nährboden, und daß auf diesem nur bei Anwesenheit von Sauerstoff Sporen entstehen. Der Stickstoff verhält sich also nicht anders als der Wasserstoff, und es liegt kein Grund vor, letzteren im Gegensatz zu dem ersteren als ein differentes, einen schädigenden Einfluß auf die Entwicklung des *Bacillus anthracis* ausübendes Gas hinzustellen.

Migula schreibt in seinem »System der Bakterien« Bd. I., S. 175, daß die Tetanusbacillen in den Wunden immer in Sporenbildung begriffen sind, was auf einen Einfluß der Luft auf den Prozeß hindeutet. Auch die fakultativ anaeroben Bakterien scheinen ihre Sporen nur bei Luftzutritt ausbilden zu können. Pfeffer¹⁾ vermutet auch, daß die Anaeroben durch Sauerstoffzutritt zur Sporenbildung veranlaßt werden.

Bezüglich der Einwirkung des Sauerstoffdruckes auf das Wachstum einiger Pflanzen haben Wieler²⁾ (*Phanerogamen*), Klebs³⁾ (*Algen und Pilze*) und andere nachgewiesen, mit wie geringen Sauerstoffmengen noch Wachstum möglich ist. Klebs schließt, daß das Minimum des Sauerstoffdruckes für die Fortpflanzung höher als für das vegetative Wachstum liegt.

Bisher fehlen genaue Untersuchungen über den Einfluß des Sauerstoffdruckes auf das Wachstum und die Sporenbildung der Bakterien.

Um diese interessante Frage nach dem Maximum des Sauerstoffdruckes für die Sporenbildung zu lösen, machte ich nun mit obligaten Aëroben, fakultativen Anaeroben und obligaten Anaeroben Versuche unter Wasserstoff und im Vacuum.

A. Das Wachstum und die Sporenbildung der Bakterien unter Wasserstoff.

a) Obligate Aëroben.

Wie einige Autoren angeben, kann die Sporenbildung bei manchen Bakterien auf einem passenden Nährboden eintreten,

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. 2, II. Auflage, S. 135, Leipzig 1901.

2) Wieler, Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen Bd. I, S. 194.

3) Klebs, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.

während eine solche auf den gewöhnlichen gebräuchlichen Nährmedien nicht erfolgt. Der Bacillus der blauen Milch bildet z. B. nach Migula auf zähem Althalschleim und Quittenschleim sehr schöne Sporen, während solche weder auf Nähragar noch in Nährgelatine erhalten werden konnten. Ich habe infolgedessen, um das Wachstum und die Sporenbildung der Bakterien unter Wasserstoff zu untersuchen, sehr verschiedenes pflanzliches und tierisches Nährmaterial in Reagenzgläsern nach der bereits oben beschriebenen Methode, ein anderes Mal auch in Petrischen Schalen, die offen in der Glocke auf dem Teller der Wasserstromluftpumpe standen, benutzt. Die Resultate waren aber immer negativ; es zeigten nämlich der Bacillus anthracis, subtilis, mycoides, implexus, vulgatus, vulgatus ruber und pseudo-butyriscus in sämtlichen Nährböden makroskopisch absolut keine Entwicklung, mikroskopisch waren nach 1—4 Tagen von der Originalkultur übertragene, sehr geringe Stäbchen in normaler Form oder im Involutionsstadium (besonders auf Kartoffeln bilden sie rasch Involutionsform) aufzufinden; später zerfielen die Stäbchen körnig und starben ab; es hatten sogar von der Originalkultur übertragene Stäbchen in allen Nährböden unter Wasserstoff niemals Sporen gebildet. Bei fortgesetzter Züchtung in Wasserstoff, auch bei einem reichlich sporenhaltigen Ausgangsmaterial, verliert die Kultur, je nach Wahl des Nährbodens, bald früher, bald später ihre Sporen aus nicht näher bekannten Gründen.

Nach meinem Befunde muß Wasserstoff für das Wachstum und die Sporenbildung der Aëroben nicht geeignet sein, weil oben genannte sieben Aëroben unter Wasserstoff weder Wachstum noch Sporenbildung zeigten.

b) Fakultative Anaëroben.

Bei meinen Versuchen bildeten der Bacillus brevis (Bacillus lactis Nr. I Flügge) und Bacillus X unter Wasserstoff ebenfalls Sporen, während Migula die Sporenbildung von anderen fakultativen Anaëroben nur bei Luftzutritt beobachtet hat. Die fakultativen Anaëroben bilden unter Wasserstoff viel langsamer Sporen

als bei Luftzutritt; ich fand nämlich bei Luftzutritt in 2 proz. Traubenzuckergelatine bei 34° C. nach 1—2 Tagen zahlreiche Sporen, während unter Wasserstoff nach ca. 9—10 Tagen nur geringe Sporenbildung erfolgte. In 2 proz. Traubenzuckerbouillon-Kultur von beiden Bacillen fand ich unter Wasserstoff üppige Entwicklung, aber keine Sporenbildung (nach 16 Tagen). Bei Zusatz von irgendwie das Wachstum hemmenden Substanzen tritt die Sporenbildung sehr schnell ein. In der 0,15 proz. Säuregelatine bilden z. B. beide Bacillen unter Wasserstoff bei 34° C. schon nach 24 Stunden vereinzelte Sporen. Die Resultate meiner Untersuchung sind in Tabelle VII enthalten.

c) Obligate Anaëroben.

Aus Tabelle I—VI u. a. ersehen wir, daß fünf obligate Anaëroben nicht nur unter Wasserstoff, sondern auch bei Luftzutritt Sporen bilden. Bei Luftzutritt erfolgt die Sporenbildung sehr rasch, z. B. in 2 proz. Traubenzuckerbouillon unter Wasserstoff beim *Bacillus oedematis maligni* nach 3 Tagen, beim *Bacillus sporogenes* und *Clostridium butyricum* nach 4 Tagen, beim *Bacillus anthracis symptomatici* nach 8 Tagen, beim *Bacillus botulinus* nach 20 Tagen, während bei Luftzutritt erstere 4 Bakterien nach 1 Tage, letztere nach 2—3 Tagen Sporen bilden. Die Raschheit der Sporenbildung von Anaëroben zeigt bei Luftzutritt auf verschiedenen Nährmedien einen sehr geringen oder fast keinen Unterschied; dagegen hängt die Intensität der Sporenbildung von der Stärke ihres Wachstums ab, d. h. in üppig gewachsener Kultur findet reichlichere Sporenbildung statt, als in einer geringer entwickelten, weil eine üppig gewachsene Kultur eine größere Anzahl von Bakterien enthält als eine weniger entwickelte. Es scheint, daß der Nährstoffmangel in der Umgebung daher hier mit der Veranlassung der Sporenbildung fast nichts zu thun hat, sondern der maßgebende Faktor unter diesen Umständen der Sauerstoff ist. Nun muß man die Frage aufwerfen, warum Sauerstoff bei der Sporenbildung der Anaëroben eine große Rolle spielt, d. h. warum die Anaëroben bei Luft-

zutritt schnell Sporen bilden, obgleich der Nährboden viel Nahrung enthält. Es liegt nahe, für das Verständnis folgende Umstände in Betracht zu ziehen:

1. Die Anaeroben vermehren sich bei Luftzutritt nicht, weil sie wahrscheinlich keinen Nährstoff aufnehmen können. Deshalb tritt hier der Nährstoffmangel sofort ein, obgleich die Nährböden an Nahrung reich sind.

2. Neben der Hemmung der Nährstoffaufnahme (oder Nährstoffmangel) reizt möglicherweise der Sauerstoff direkt zur Sporenbildung.

3. Nach den beobachteten Thatsachen wirkt der Sauerstoff auf die Fähigkeit der Sporenbildung nicht schädlich ein, während er für die Vermehrung der Stäbchen (Anaeroben) schädlich ist.

B. Das Wachstum und die Sporenbildung der Bakterien im Vacuum.

Wie Tabelle VIII zeigt, hört die Sporenbildung des *Bacillus anthracis* und *mycoides* bei einem Drucke von 32,1 mm, also bei einem Sauerstoffgehalt von ca. 26,2 ccm in 2950 ccm Glockenrauminhalt gänzlich auf, während sie bei einem Drucke von 49 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 36,5 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) noch wahrgenommen werden konnte. Bei dem *Bacillus subtilis* liegt die Grenze noch höher: bei einem Drucke von 49 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 36,5 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) bildet er keine Sporen.

Die Grenze für das Wachstum des *Bacillus anthracis*, *mycoides* und *subtilis* liegt äußerst niedrig, und es erscheint sehr wahrscheinlich, daß im luftleeren Raum bei einem Drucke von 0,0 mm noch spärliche Entwicklung vorhanden ist.

Diese drei Aeroben entwickeln sich bei einem Drucke von 60 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 43 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) nach 2 Tagen bei Zimmertemperatur sehr üppig; wenn man danach in die Glocke 2413 ccm reinen Wasserstoffs einleitet, tritt die Sporenbildung beim *Bacillus anthracis* nicht mehr

ein, während *Bacillus mycoides* und *subtilis* noch zahlreiche Sporen bilden (s. Versuch Nr. 910, 930 und 990).

Fakultative Anaeroben (*Bacillus brevis* und X) lassen bei verschiedenem Sauerstoffgehalt keine besondere Einwirkung erkennen.

Fünf Anaeroben entwickeln sich bei einem Luftdruck von 12,4 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 9,02 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) nicht, und die Vermehrung ist erst bei einem wahrscheinlichen Sauerstoffgehalt von unter ca. 0,008 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt nachweisbar. Wie ich oben öfters erwähnt habe, tritt die Sporenbildung der Anaeroben bei normalem Luftdruck schnell ein; dagegen erfolgt die Sporenbildung der Anaeroben bei niederem Luftdruck, sowie in Wasserstoff sehr langsam. Bringt man z. B. eine bei 34° C. gewachsene, 4 Tage alte 2proz. Traubenzuckerbouillonkultur von Anaeroben in das Vacuum bei einem Drucke von 167 mm (Sauerstoffgehalt von ca. 98 ccm in 2620 ccm Glockenrauminhalt) und bei Zimmertemperatur, so tritt die Sporenbildung bei *Bacillus sporogenes* und *oedematis maligni* erst nach 9 Tagen, beim *Clostridium butyricum* nach 12 Tagen, beim *Bacillus botulinus* und *Bacillus anthracis symptomatici* nach 13 Tagen ein, während bei normalem Luftdruck nach ca. 2 Tagen, unter Wasserstoff nach ca. 28 Tagen die Sporenbildung nachweisbar ist (vgl. Tabelle XI).

In der Tabelle VIII zeige ich nur die wichtigsten Resultate. Die mit *Bacillus botulinus*, *sporogenes*, *oedematis maligni* und *anthracis symptomatici* erzielten Resultate stimmen mit dem *Clostridium butyricum* fast überein.

Aus diesen Beobachtungen ersehen wir, daß im luftleeren Raume die Aeroben keine, die fakultativen und obligaten Anaeroben üppige Sporen bilden, und daß bei normalem Luftdrucke die Sporenbildung der Bakterien schneller erfolgt als bei geringem Luftdrucke.

Anhang.

Kulturversuch von Anaëroben mit Hilfe von Aëroben bei Gegenwart von Sauerstoff.

Wie bereits erwähnt, sahen Kedrowski, Scholtz u. a. bei Luftzutritt die Entwicklung von einigen Anaëroben in Mischkultur mit Aëroben. Von demselben Prinzip ausgehend, versuchte ich die Kultur der Anaëroben auch in gewöhnlicher Weise bei Luftzutritt. Als Aërobe verwandte ich hierzu den *Bacillus typhosus*, *Bacillus coli communis*, *Bacillus acidi lactici*, *Bacillus proteus vulgaris*, *Bacillus proteus Zopfii*, *Bacillus prodigiosus*, *Bacillus pyocyaneus*, *Bacillus fluorescens liquefaciens*, den theebraunfarbenen *Bacillus*, *Bacillus rubefaciens pyogenes*, *Bacillus pituitosus*, *Bacillus odoratus*, *Bacillus aerophilo similis*, *Bacillus lactis innocuus*, *Bacillus lateritium*, *Bacillus coli non fervoris*, *Bacillus annulatus aureus*, *Bacillus* aus Eiter, *Vibrio cholerae asiatica*, *Vibrio Metschnikowii*, *Mikrococcus tetragenus*.

A. In 2proz. Traubenzuckerbouillon (bei 34° C.).

Von drei verschiedenen Probierröhrchen wird in das eine — *a* — das aërobe Bakterium gesät, in das andere — *b* — gleichzeitig das aërobe und anaërobe zusammen. Es wurde noch ein drittes Gläschen — *c* — benutzt und nur mit der anaëroben Art infiziert, sodann in gewöhnlicher Weise dem Luftzutritt ausgesetzt; aber niemals fanden sich im Probierröhrchen *c* irgendwelche Spuren einer Entwicklung.

Es ist eine bekannte Thatsache, dafs das Wachstum der Bakterien in Bouillon sich verschieden äufsert, indem dieselbe klar bleibt, oder spurweise, schwach, mäfsig stark oder stark getrübt wird und sich auf ihr Häutchen entwickeln kann.

Wie Kedrowski habe ich auch im Probierröhrchen *b*, welches mit den Aëroben und Anaëroben zusammen infiziert wurde, immer eine Entwicklung und Sporenbildung der Anaëroben und gleichzeitig die Entwicklung der Aëroben gesehen. Die Raschheit und Dichtigkeit (Intensität) der Sporenbildung und Entwicklung der Anaëroben zeigen bei einer Mischbouillonkultur mit verschiedenen Aëroben, welche in Bouillon verschieden wachsen, nicht so grofse

Unterschiede, doch wachsen sie im allgemeinen schneller und stärker in stark getrübtter als in klar bleibender Bouillon von Aëroben; ich fand sogar bei klar bleibender Bouillon ziemlich oft Sporenbildung und Entwicklung von Anaëroben nicht in der Flüssigkeit, sondern nur im Bodensatz. Wenn einmal stark oder mäfsig getrübt Bouillonkultur sich in den nächsten Tagen, während die Anaëroben sich noch nicht entwickeln, aufklärt, so findet die Entwicklung der Anaëroben nicht in der Flüssigkeit, sondern nur im Bodensatz statt.

In der Regel findet in Mischkulturen von Aëroben und Anaëroben zuerst die Entwicklung der Aëroben statt; bei der mikroskopischen Untersuchung sind die Anaëroben immer in geringerer Anzahl vorhanden als die Aëroben.

Ferner entwickeln sich die Anaëroben bei Anwendung dieser Mischkultur viel mehr in tieferen Schichten, besonders in Niederschlag, als an der Oberfläche.

Die genaueren Resultate stellte ich übersichtlich in der Tabelle IX zusammen.

B. Auf Schräg-Traubenzuckeragar (bei 34° C.).

Die Versuche wurden genau in der gleichen Weise wie von Kedrowski ausgeführt: Ich legte die Röhrchen im Brutschrank horizontal, so dafs das Kondenswasser teilweise über die Agaroberfläche hinwegflofs. Wie Kedrowski beobachtet hat, erfolgt eine üppige Entwicklung der Anaëroben an den nassen Stellen, während an den trockenen nur die Aëroben zur Vermehrung gelangen. In der Regel entwickeln sich die Anaëroben in Mischkultur mit den, einen dicken Belag bildenden und schnell wachsenden Aëroben schneller und üppiger als mit solchen, die nur einen dünnen Belag bilden und langsam wachsen (siehe Tabelle X).

C. In abgetöteter Aërobenkultur und dem Filtrat der Aërobenbouillonkultur.

In ähnlicher Weise wie Kedrowski u. a. habe ich auch die Agarkultur von verschiedenen Aëroben nach der Verdunstung des Kondensationswassers durch Chloroformdämpfe vollständig

abgetötet, hierauf 2proz. Traubenzuckerbouillon zugegossen und endlich mit fünf anaëroben Arten geimpft; hernach wurden sie bei Luftzutritt in den Brütöfen gestellt. Sämtliche Kulturen waren steril. Eine nochmalige Wiederholung des Versuches verlief gleichfalls resultatlos. Jedoch habe ich in einzelnen Fällen mikroskopisch spärliche, gefärbte Sporen von Anaëroben gefunden, trotzdem keine Stäbchen mehr vorhanden waren. Derartige Sporen stammen wahrscheinlich von der Originalkultur her, oder es haben die Stäbchen der Originalkultur wegen des Luftzutrittes Sporen gebildet.

Weitere Versuche machte ich sodann, indem ich die Bouillon als Nährboden verwandte. 2—6 Tage alte Aëroentraubenzuckerbouillonkultur wurde durch Kochen im Dampftopf sterilisiert. Nach der Impfung mit Anaëroben wurden sie in den Brütöfen gestellt. Die Kulturen ergaben ebenfalls immer ein negatives Resultat.

Einige letzte Versuche mit Filtration von 2—6 Tage alter Aëroentraubenzuckerbouillonkultur ergaben bei Luftzutritt auch immer negative Resultate, während ich unter Wasserstoff ein positives Resultat erzielte (siehe oben).

Nach den Beobachtungen muß ich mich teilweise in Gegensatz zu Kedrowski stellen, weil die Anaëroben sich in abgetöteter Aërobenkultur und dem Filtrat der Aërobenbouillonkultur bei Luftzutritt nicht entwickeln, während sie sich in Mischkultur mit lebenden Aëroben ziemlich gut vermehren. Es wird nicht, wie Kedrowski meint, von den Aëroben ein Ferment gebildet, welches die Anaëroben auch bei Anwesenheit von Sauerstoff gedeihen läßt, sondern nur die Aufzehrung des Sauerstoffes durch die Aëroben macht den Bakterienmischen der Anaëroben die Existenz möglich.

3. Der Einfluß der Temperatur.

Im Jahre 1876 beobachtete Cohn¹⁾ schon den Einfluß der Temperatur auf die Sporenbildung beim *Bacillus subtilis*:

1) Cohn, Beitrag zur Biologie der Pflanzen, Bd. II, Heft 2 S. 271.

1. Bei einer Temperatur von 47—50° C. vermehren sich die Bacillen noch lebhaft und gelangen in normaler Weise zur Haut- und Sporenbildung.

2. Bei einer Temperatur zwischen 50 und 55° C. hört die Vermehrung und Entwicklung der Bacillen auf, sie bilden bei dieser Temperatur weder Häute noch Sporen, die schwärmenden und die wachsenden Fäden werden getötet, die Sporen dagegen behalten längere Zeit (mindestens 17 Stunden) ihre Keimfähigkeit.

Nach Schreiber beträgt das Temperaturmaximum für die Sporenbildung des *Bacillus anthracis* und *Bacillus tumescens* auf 1% Liebig'sche Fleischextraktlösung mit 1% Pepton 42° C., während dasselbe beim *Bacillus subtilis* 47° C. beträgt. Nach demselben liegt das Temperaturminimum der Sporenbildung beim *Bacillus anthracis* bei 14° C., beim *Bacillus tumescens* bei 12° C., beim *Bacillus subtilis* bei 10° C.

Für die Sporenbildung des *Bacillus anthracis* hält Baumgarten¹⁾ 30° C. für die günstigste Temperatur; bei Temperaturen von 34° C. bleibt nach demselben Autor dieselbe sogar unter den günstigsten Bedingungen aus. Behring²⁾ fand dagegen, daß in einer mit Pepton und Kochsalz versetzten, schwach alkalisch gemachten Bouillon noch bei 36° C. nach 16stündigem Stehen im Brutschrank sehr reichliche Sporenbildung stattfindet. Weil fand bei *Bacillus anthracis* Sporenbildung in Bouillon, Agar, Gelatine, Blutserum, Kartoffel, Weizenschleim, 2proz. Kochsalzwasser, destilliertem Wasser etc. Dieselbe erfolgte:

bei 12—13° C. nach 72—108 Stunden oder keine Sporenbildung.

»	18°	»	»	48—50	»
»	24°	»	»	36	»
»	31°	»	»	15—16	»
»	35°	»	»	14—16	»
»	37°	»	»	15—16	»
»	38—39°	»	»	18	»
»	42°	»	»	36	» oder keine Sporenbildung.

1) Baumgarten, Lehrbuch der pathologischen Mykologie 1890.

2) Behring, Beiträge zur Ätiologie des Milzbrandes Zeitschrift für Hygiene Bd. VI, S. 126 und Bd. VII, S. 171.

Schreiber fand beim *Bacillus subtilis* in einer Nährlösung von 1proz. Liebig'schen Fleischextrakt mit 1^o/₁₀ Pepton die Sporenbildung:

bei 10 ^o C. nach 14 Tagen,		
» 12 ^o »	»	14 »
» 14 ^o »	»	12 »
» 15 ^o »	»	8 »
» 20 ^o »	»	96 Stunden,
» 25 ^o »	»	80 »
» 30 ^o »	»	55 »
» 34 ^o »	»	45 »
» 37 ^o »	»	36—40 »
» 40 ^o »	»	36 »
» 42 ^o »	»	34 »
» 45 ^o »	»	30—34 »
» 47 ^o »	»	36 »
» 50 ^o »	keine Sporenbildung.	

Über das Verhältnis der Optima für das Wachstum und die Sporenbildung läßt sich wenig aussagen. Es scheint, daß bei manchen Bakterien die Optima für Wachstum und Sporenbildung fast zusammenfallen (Flügge, Kitasato, Schreiber, Weil).

Alle Erfahrungen berücksichtigend, die ich im Laufe der Arbeit gemacht habe, stellte ich nun in Tabelle XI und XII eine ganze Reihe Versuche über den Eintritt der Sporenbildung bei verschiedener Temperatur zusammen.

Der Einfluß der Temperatur auf das Zustandekommen der Sporenbildung ist nur sehr gering anzuschlagen.

Vor allem hat die Ernährung einen merkbaren Einfluß, wie Tabelle XI zeigt. Für die Sporenbildung von *Clostridium butyricum* z. B. liegt das Minimum auf Bouillon bei 22^o C. (bei 18^o C. keine Sporenbildung), auf 2proz. Traubenzuckergelatine bei 17^o C.

Das Temperaturoptimum liegt beim *Bacillus sporogenes*, *botulinus* und *Clostridium butyricum* bei 38^o C., beim *Bacillus oedematis maligni* und *anthracis symptomatici* bei 34—41,5^o C., hier tritt bei gleichmäßiger Entwicklung die Sporenbildung sehr

zeitig auf. Unter 12° C. finden beim *Bacillus botulinus* und *anthracis symptomatici* kein Wachstum mehr statt, die Sporenbildung hört noch früher (beim *Bacillus anthracis symptomatici* bei 14° C., beim *Bacillus botulinus* bei 16° C.) auf. Für den *Bacillus sporogenes* und *oedematis maligni* liegt das Minimum des Wachstums bei 14° C., das der Sporenbildung bei 16° C. *Clostridium butyricum* zeigt bei 16° C. noch geringes Wachstum, aber bei weniger als 17° C. keine Sporenbildung mehr. Das Temperaturmaximum der Sporenbildung liegt beim *Bacillus sporogenes* und *oedematis maligni* bei 47° C., beim *Bacillus botulinus*, *anthracis symptomatici* und *Clostridium butyricum* bei 45,5° C. Bei optimaler Temperatur erfolgt nach 14 Stunden in der ganzen Kultur des *Bacillus sporogenes*, *oedematis maligni* und *Clostridium butyricum* die Sporenbildung. Noch schneller als *Bacillus sporogenes* u. a. bilden *Bacillus botulinus* und *anthracis symptomatici* (nach 12½ Stunden) die Sporen.

Bei steigender Temperatur tritt die Sporenbildung allmählich schneller ein, doch bilden die Anaeroben in der Nähe des Temperaturmaximums etwas später die Sporen als bei Temperaturoptimum. Bei niederen Temperaturen verhält sich z. B. *Bacillus sporogenes* sehr ungleichartig; einige Individuen erzeugen Sporen nach 5 Tagen, andere noch nicht nach 13 oder 23 Tagen. Diese Ursache liegt wahrscheinlich darin, daß das Wachstum unregelmäßig ist; die einen entwickeln sich schnell und üppig, die anderen sehr langsam.

Nach Klebs ist es eine allgemeine Regel, daß für die Fortpflanzungsorgane das Temperatur-Minimum höher, das Maximum niedriger liegt als für das Wachstum der gleichen Art. Meine Beobachtungen zeigen in der That, daß bei den untersuchten Anaeroben die Regel für das Temperatur-Minimum stimmt. Dagegen konnte ich keine deutlichen Unterschiede für das Temperatur-Maximum zwischen Sporenbildung und Wachstum feststellen; für das Vorhandensein eines kleinen Unterschiedes spricht nur die Thatsache, daß in der Nähe des Maximums ganz vereinzelt Sporen zwischen zahlreichen Bakterien nachweisbar sind.

4. Der Einfluss des Lichtes.

Das Licht hat einen grossen Einfluss auf das Wachstum der Bakterien. Direkte Sonnenstrahlen hemmen die Entwicklung der Bakterien, die Sporen verlieren sogar ihre Keimfähigkeit; setzt man die Sporen des *Bacillus anthracis* und *Bacillus tumescens*, worauf schon Schreiber aufmerksam gemacht hat, 2 Stunden den Sonnenstrahlen aus, so keimen die Sporen nicht mehr aus, während die Sporen des *Bacillus subtilis* drei Stunden lang die direkten Sonnenstrahlen ertragen, ehe sie ihre Keimfähigkeit verlieren; sie sind gegen Sonnenstrahlen bedeutend weniger empfindlich. Nach Schreiber bildet der *Bacillus anthracis* nach 15 Minuten, *Bacillus tumescens* nach 40 Minuten, *Bacillus subtilis* nach über 1 Stunde langer Einwirkung keine Sporen mehr, sondern sie sterben ab.

Ich habe meine Versuche derartig angestellt, dass die Versuchsröhrchen mit sporentragenden Bakterien bei ca. 25° C. direkt den Strahlen der Wintersonne ausgesetzt wurden, hierbei wurde jene Beobachtung bestätigt, nach zehnstündiger Einwirkung fand die Entwicklung und Sporenbildung von *Bacillus anthracis*, *subtilis*, *mycoides*, *vulgarus*, *lactis* Nr. 1 Flügge, *botulinus*, *sporogenes*, *oedematis maligni*, *anthracis symptomatici* und *Clostridium butyricum* nicht mehr statt, obgleich diese Versuchsröhrchen wieder in den Brütöfen gestellt wurden. Es waren demnach alle Bakterien bereits abgestorben.

Im hellen (nicht direkten Sonnenstrahl) und dunklen Zimmer (bei Temperatur zwischen 19 und 22° C.) fand ich sehr geringe Unterschiede in der Schnelligkeit der Sporenbildung, während der Einfluss auf das Wachstum sehr deutlich sichtbar war.

Bacillus oedematis maligni entwickelt sich nach 6 Tagen im dunklen Zimmer sehr üppig unter Bildung von Gasblasen, im hellen Zimmer ziemlich schwach. Die Sporenbildung ist aber erst nach 12—13 Tagen nachweisbar. Die Anzahl der Sporen ist im dunklen Zimmer etwas reichlicher als im hellen Raume.

Die Sporenbildung des *Bacillus botulinus* erfolgt im hellen Zimmer nach 25 Tagen, im dunklen Zimmer nach 23 Tagen.

Bei *Bacillus anthracis symptomatici* tritt die Sporenbildung in beiden Räumen nach 24 Tagen ziemlich reichlich ein.

Bacillus sporogenes bildet in beiden Räumen nach 5 Tagen Sporen in ganz gleicher Weise.

Dasselbe ist bei Clostridium butyricum in 13 Tagen der Fall.

Alle Anaëroben entwickeln sich im dunklen Zimmer viel üppiger als im hellen Zimmer. Die gebildete Gasmenge ist ebenfalls im dunklen Raume viel reichlicher als im hellen Raume.

V. Zusammenfassung.

Die Resultate der Untersuchungen sind kurz folgende:

1. Die Anaëroben entwickeln sich üppig auf Schrägagar und der Oberfläche der Plattenkultur unter Wasserstoff oder im sauerstofffreien Raum.

2. Bei Gegenwart von Sauerstoff entwickeln sich die Anaëroben in Mischkulturen mit Aëroben, vermehren sich dagegen nicht in abgetöteter Aërobenkultur oder im Filtrat von Aërobenbouillonkultur.

3. Für das Wachstum der obligaten Anaëroben beträgt der maximale Gehalt an Sauerstoff ungefähr $0,0031\text{‰}$ (d. h. ca. 0,008 ccm Sauerstoffgehalt in 2620 ccm Glockenrauminhalt). Das Minimum von Luftdruck für das Wachstum der obligaten Aëroben erscheint außerordentlich niedrig, sodass sich dasselbe als luftleer annahm; hier ist nur spurliches makroskopisches Wachstum wahrnehmbar.

4. Im Nährboden vermehren sich zuerst die Bakterien, dann verschlechtert sich der Nährboden und schliesslich tritt die Sporenbildung ein. Dauerndes, lebhaftes Wachstum unter den günstigsten Bedingungen ruft niemals Sporenbildung hervor. Nährstoffmangel ist die nächste Veranlassung der Sporenbildung (vergl. folgenden Satz).

5. Aufser dem Nährstoffmangel spielt der Sauerstoff bei der Sporenbildung der Bakterien eine grosse Rolle. Fakultative Anaëroben und obligate Anaëroben bilden bei Sauerstoffzutritt sehr rasch Sporen. Die Sporenbildung der Anaëroben erfolgt bei Luftzutritt und unter sonstigen günstigen Bedingungen schnell,

trotzdem der Nährboden noch sehr viel Nahrung enthält.

6. Aëroben bilden unter Wasserstoff und bei einem Luftdruck von weniger als 30 mm nie Sporen.

7. Die Sporenbildung tritt bei bester Ernährung, d. h. bei der für die Species optimaler chemischer Zusammensetzung mit großer Intensität ein, z. B. in 2% Traubenzuckergelatine bilden die Bakterien sehr schnell und zahlreiche Sporen, während sie in Bouillon sehr langsam und weniger zahlreich gebildet werden.

8. In den für das Wachstum ungünstigeren Nährmedien tritt die Sporenbildung schneller ein als in günstigen Nährböden.

9. Für die Sporenbildung der Anaëroben beträgt der optimale Gehalt an Kochsalz 0,25—0,5%, an Traubenzucker 5—10%. Das Temperaturoptimum für die Sporenbildung der Anaëroben scheint eine Temperatur von 34—38° C. zu sein.

10. Die Anaëroben haben viel geringere Widerstandskraft gegen Säure als gegen Alkali. Z. B. 5 Anaëroben entwickeln sich nicht mehr in 0,15—0,25% salzsäurehaltiger Nährgelatine, während in Sodagelatine erst bei 10—15% Gehalt ihre Entwicklung aufhört.

11. Im dunklen Zimmer erfolgt die Entwicklung und Sporenbildung der Bakterien etwas schneller und üppiger als im hellen Zimmer (bei indirektem Sonnenstrahl). Direktes Sonnenlicht ist für sporenfreie Bacillen sehr schädlich.

12. Gegenüber dem Zusatz irgendwie nachteilig wirkender Substanzen, gegenüber Konzentrationen von Nährsubstanz, gegenüber Temperatur und Luftdruck ist im allgemeinen das Wachstum weniger empfindlich als die Sporenbildung. Übersichtlich stelle ich die Hauptresultate in folgender Tabelle zusammen:

Arten der Bakterien	Einfluss von	Wachstum			Sporenbildung		
		Min.	Optima	Max.	Min.	Optima	Max.
Clostridium butyricum	Trauben- zucker (%)	—	5	60	—	8	55
B. botulinus		—	2—10	55	—	10	40
B. sporogenes		—	2—5	55	—	10	50
B. oedematis maligni		—	0,5—5	55	—	10	50
B. anthracis symptomatici		—	2—5	65	—	8	60
Clostridium butyricum	Kochsalz (%)	—	0,5	6,5	—	0,25	4
B. botulinus		—	0,5	7	—	0,25—0,5	5
B. sporogenes		—	0,25	7,5	—	0,25—0,5	5
B. oedematis maligni		—	0,5	7,5	—	0,25	7
B. anthracis symptom.		—	0,25	7	—	0,25 od. 0,75	6,5
Clostridium butyricum	Soda (%)	—	—	15	—	—	10
B. botulinus		—	—	20	—	—	17
B. sporogenes		—	—	15	—	—	10—15
B. oedematis maligni		—	—	17	—	—	15
B. anthracis symptom.		—	—	17	—	—	15
Clostridium butyricum	Salzsäure (%)	—	—	0,25	—	—	0,2
B. botulinus		—	—	0,25	—	—	0,2
B. sporogenes		—	—	0,25	—	—	0,15
B. oedematis maligni		—	—	0,25	—	—	0,2
B. anthracis symptom.		—	—	0,25	—	—	0,2
Clostridium butyricum	Temperatur (C)	ca. 16°	ca. 34—38°	ca. 45,5°	ca. 17°	ca. 38°	ca. 45,5°
B. botulinus		ca. 12°	ca. 34—38°	ca. 45,5°	ca. 16°	ca. 38°	ca. 45,5°
B. sporogenes		ca. 14°	ca. 34—38°	ca. 47°	ca. 16°	ca. 38°	ca. 47°
B. oedematis maligni		ca. 14°	ca. 34—38°	ca. 47°	ca. 16°	ca. 34—41,5°	ca. 47°
B. anthracis symptom.		ca. 12°	ca. 34—38°	ca. 45,5°	ca. 14°	ca. 34—41,5°	ca. 45,5°
Clostridium butyricum	Sauerstoffgehalt in einer Glocke, welche 20ccm Raum- inhalt hat (ccm)	0	0	0,008	0	Normal Luftdruck?	—
B. botulinus		0	0	0,008	0		—
B. sporogenes		0	0	0,008	0		—
B. oedematis maligni		0	0	0,008	0		—
B. anthracis symptom.		0	0	0,008	0		—
Bac. lactis Nr. I. Flüge	Luftdruck (mm)	0	Normal Luftdruck	—	0	Normal Luftdruck	—
Bacillus X		0		—	0		—
Bacillus anthracis		0 ?		—	49 mm		—
Bacillus mycoides		0 ?		—	49 mm		—
Bacillus subtilis		0 ?		—	60 mm		—

Zum Schlusse möge es mir noch gestattet sein, Herrn Prof. Dr. Klebs für die Stellung des Themas und für die wertvollen Ratschläge bei der Ausführung der Arbeit meinen tiefsten Dank auszusprechen.

Tabelle I.
a. *Clostridium butyricum* (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum			
			sofort	1	2	3	4		5		
45	2% Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	IV	V	V	V	V	Starke Trübung der Flüssigkeit, üppige Gasbildung Die Flüssigkeit bleibt fast klar mit weißem Bodensatz		
57		2 „	0	III	V	V	V	V			
705		3 „	0	II	III	V	V	V			
267		4 „	I	II	—	—	—	—		Schwach getrübt	
707		4 „	I	II	—	—	—	—		Klar mit Bodensatz	
268		5 „	0	X	X	I	II	II		Starke Trübung u. Gasbildung	
708		5 „	0	II	—	—	—	—		Klar mit Bodensatz	
703		6 „	IV	V	V	V	V	V			
709		6 „	II	III	—	—	—	—			
46		2% Traubenzuckerbouillon	7 „	0	II	—	—	—		—	Mäßige Trübung u. Gasbild.
48			7 „	III	—	—	—	—		—	Schwache Trüb. u. Bodensatz
557	8 „		III	—	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz		
544	11 „		I	II	II	—	—	—			
260	40 „		I	II	—	—	—	—			
266	45 „	IV	V	V	V	—	—				
213	Gewönl. Kartoffel	2 „	III	IV	—	—	—	—	Gasbild. u. Geruch nach Essig Trockene, weißfä. häutchenartige u. nach Essig riechende Auflagerung		
56	16 „	V	V	V	V	V	V				
53	Glyc. Kartoffel	22 Std.	0	II	III	—	—	—	Gasbildung		
55	16 Tage	II	IV	—	—	—	—	—	Feuchte, geruchlose Aufg.		
1415	2% T.-Zucker-Agar	1 „	IV	V	—	—	—	—	Üppiges Wachst. u. Gasbild. Kaum sichtbare Auflagerung Üppiges Wachstum		
1416		2 1/4 „	II	III	—	—	—	—			
1452		4 „	0	V	V	V	V	V			
1453		4 „	V	V	V	—	—	—			
548	Gewönl. Gelatine	1 „	0	II	—	—	—	—	Üppiges Wachst. u. Gasbild. Schwachwachstum		
43		2 „	IV	—	—	—	—	—			
214		2 „	III	IV	—	—	—	—			
1623	2% Traubenzuckergelatine	14 Std.	0	I	—	—	—	—	Nur mikrosk. sichtb. Wachst. Schwache Entwicklung Starke Trübung u. Gasbildung Schwache Trübung Reichliches Wachstum		
1572		18 „	II	—	—	—	—	—			
1624		22 „	II	—	—	—	—	—			
219		24 „	III	IV	—	—	—	—			
1573		24 „	I	III	—	—	—	—			
49		5 Tage	III	IV	V	V	V	V			

Erklärung der Zeichen der Tabelle:

O = Keine Sporenbildung.
 X = Unreife Sporenbildung
 I = Sehr geringe Sporenbildung (in einem Präparat 1—4 Sporen).
 II = Geringe Sporenbildung (in einem Präparat 5—20 Sporen).

III = Mittelmäßige Sporenbildung.
 IV = Reichliche Sporenbildung (in einem Gesichtsfeld 5—10 Sporen).
 V = Sehr reichliche Sporenbildung (in einem Gesichtsfeld zahlreiche Sporen).

b. Bacillus botulinus (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum		
			sofort	1	2	3	4		5	
730	2% Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	0	0	I	—	—	Sehr schwache Entwicklung	
731		2 „	0	0	I	—	—	—	Schwache Entwicklung	
741		3 „	0	0	I	III	—	—	} Starke Trübung und Gasbildung	
743		4 „	0	—	—	—	—	—		
568		5 „	0	X	I	I	I	II		
332		5 „	?	IV	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung	
738		7 „	0	0	I	I	—	—	} Starke Entwicklung	
140		8 „	0	II	II	III	—	—		
575		9 „	0	0	—	—	—	—	Schwaches Wachstum	
745		10 „	0	0	I	—	—	—	} Starke Entwicklung	
754		12 „	0	III	—	—	—	—		
759		14 „	X	I	II	—	—	—		
1048		18 „	?	II	—	—	—	—	} Klar mit Bodensatz	
1067		20 „	?	III	—	—	—	—		
1743		20 „	I	III	—	—	—	—		
1458		2% Tr.-Zuckeragar	1 „	?	0	IV	—	—	—	} Kleine weißliche Kolonien
1459			2 „	0	0	IV	—	—	—	
135	3 „		0	III	IV	—	—	—	} Üppiges Wachstum	
1478	5 „		0	—	—	—	—	—		
1479	5 „		I	—	—	—	—	—		
577	Gewöhnl. Gelatine	1 „	III	—	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung	
578		2 „	IV	—	—	—	—	—		
1646	2% Traubenzuckergelatine	14 Std.	0	—	—	—	—	—	Makroskopisch kein Wachstum	
1652		21 „	0	I	—	—	—	—	} Schwache Entwicklung	
1651		23 „	I	III	—	—	—	—		
1653		48 „	IV	V	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung	
1654		72 „	IV	V	—	—	—	—		

c. *Bacillus sporogenes* (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum		
			sofort	1	2	3	4		5	
760	2% Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	I	III	—	—	—	Schwache Trübung und Gasbildung	
761		2 Tage	0	II	III	—	—	—	Mäßige Trübung u. Gasbildg.	
770		3 „	0	II	IV	III	III	IV	} Starke Trübung und Gasbildung	
248		4 „	0	I	IV	—	—	—		
773		4 „	0	I	—	—	—	—		
249		5 „	0	III	IV	IV	IV	V		
598		5 „	0	I	I	III	—	—		—
774		5 „	0	III	—	—	—	—		—
766		6 „	III	—	—	—	—	—	} Klar mit Bodensatz	
610		7 „	I	—	—	—	—	—		
602	8 „	IV	—	—	—	—	—	Starke Entwicklung		
126	9 „	IV	V	—	—	—	—	Schwache Trübung		
111	17 „	?	IV	—	—	—	—	Starke Entwicklung		
240	40 „	0	0	0	—	—	—	} Klar mit Bodensatz		
127	45 „	0	0	—	—	—	—			
124	2 „	0	I	—	—	—	—	Makroskopisch undeutliches Wachstum		
116	16 „	?	I	—	—	—	—	Weißlichgraue, dünne, kaum sichtbare Aufl.		
122	2 „	0	I	—	—	—	—	Gasbildung und Involutionsformen		
115	16 „	?	?	II	IV	—	—	Undeutliches Wachstum		
1486	1 „	0	X	IV	—	—	—	Kleine, zahlreiche Kolonien und Gasbildung		
1487	2 „	X	IV	—	—	—	—	} Üppiges Wachstum und Gasbildung		
110	3 „	0	IV	—	—	—	—			
1669	5 „	IV	—	—	—	—	—			
1670	5 „	IV	—	—	—	—	—			
609	1 „	IV	—	—	—	—	—	Makroskop. kein Wachstum		
119	2 „	IV	—	—	—	—	—	} Starke Entwicklung und Gasbildung		
120	3 „	IV	—	—	—	—	—			
1680	14 Std.	0	—	—	—	—	—	} Makroskopisch keine Entwicklung		
1681	22 „	I	—	—	—	—	—			
1672	24 „	III	—	—	—	—	—		Schwache Trübung	

d. *Bacillus oedematis maligni* (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum	
			sofort	1	2	3	4		5
80	2% Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	II	—	—	—	} Schleimige Flocken und Gasbildung	
82		2 >	0	?	II	II	II		
806		3 >	IV	IV	V	—	—		
291		4 >	I	II	—	—	—		} Starke Trübung und Gasbildung
809		4 >	I	—	—	—	—		
292		5 >	0	III	—	—	—		} Schwache Trübung
629		5 >	0	I	—	—	—		
801		6 >	II	—	—	—	—		
811		6 >	0	II	II	III	—		
640		7 >	II	—	—	—	—		Starke Trübung und Gasbildung
633	2% Traubenzuckerbouillon	9 >	I	—	—	—	—	Mäßige Trübung	
81		11 >	I	I	I	II	—	Schwache Entwicklung	
278		40 >	0	X	X	0	I	} Klar mit Bodensatz. Involutionsformen	
290		45 >	III	III	—	—	—		
154		Gewöhnl. Kartoff.	4 >	?	?	I	II	—	} Unsichtbares Wachstum
100	16 >		IV	V	—	—	—		
153	Glycer-Kartoff.	4 >	?	?	I	II	—	} Unsichtbares Wachstum	
99		16 >	0	I	II	IV	—		
1532	2% Tr.-Zucker-Agar	1 >	0	X	IV	—	—	} Üppige Entwicklung	
1533		2 1/2 >	IV	V	—	—	—		
639	Gewöhnl. Gelatine	1 >	0	IV	—	—	—	Schwaches Wachstum	
88		2 >	III	—	—	—	—	} Sehr üppige Entwicklung und Gasbildung	
85		3 >	V	V	—	—	—		
149		4 >	V	V	—	—	—		
1688	2% Traubenzuckergelatine	10 Std.	0	I	—	—	—	Makrosk. keine Entwickl.	
1699		14 >	I	—	—	—	—	Schwache Entwicklung	
1690		18 >	II	—	—	—	—	Starke Entwicklung	
1689		24 >	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung	
194		24 >	I	III	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung	
195	24 >	0	I	II	—	—	Mäßige Entwicklung		

e. *Bacillus anthracis* symptomaticus (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum	
			sofort	1	2	3	4		5
59	2% Traubenzuckerbouillon	1 Tag	0	0	I	—	—	—	Makroskopisch klar
61		2 „	0	0	I	II	—	—	Schwache Trübung
831		3 „	0	0	II	—	—	—	
834		4 „	0	I	II	—	—	—	Klar; mikroskopisch Bacillen nachweisbar
65		5 „	X	I	II	—	—	—	Starke Trübung
307		5 „	0	IV	IV	—	—	—	
827		6 „	0	0	II	II	III	—	Klar; mikroskopisch zahlreiche Stäbchen
660		7 „	0	I	II	—	—	—	Schwache Trübung mit Bodensatz
680		8 „	III	—	—	—	—	—	
661		9 „	I	III	—	—	—	—	
301	40 „	II	—	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz	
196	Gewöhnl. Kartoffl.	22 Std.	?	IV	—	—	—	Üppige Entwicklung, Gasbildung, widerlicher Geruch	
75	Glycer. Kartoffl.	16 Tage	I	IV	V	—	—	—	Dünne, üb. d. ganze Oberfläche verbreit. schmutziggraue Aufl.
197		4 „	?	?	?	II	—	—	Undeutliche Entwicklung
74	16 „	?	?	II	II	—	—		
1573	Traubenzucker-Agar	1 „	X	I	IV	—	—	—	Kleine Kolonien
1574		2 1/2 „	?	III	—	—	—	—	Sehr üppiges Wachstum und Gasbildung
69		3 „	0	IV	—	—	—	—	
1597	2% Traubenzucker	4 „	0	I	—	—	—	—	Makroskopisch kein Wachst.
68		8 „	I	II	IV	—	—	—	
668	Gewöhnliche Gelatine	1 „	II	—	—	—	—	—	Starke Trübung und Gasbildung
76		2 „	IV	V	—	—	—	—	
79		3 „	III	V	—	—	—	—	Schwache Trübung
63		4 „	0	I	—	—	—	—	
62	5 „	IV	V	V	—	—	—	Üppige Entwickl. u. Gasbild.	
1734	2% Tr.-Zuck.-Gel.	14 Std.	I	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1741	23 „	I	III	—	—	—	—	—	

f. Dauer bis zur Sporenbildung der Anaeroben
(Zusammenstellung aus Tabelle Ia bis e).

Nährsubstrat	<i>Clostr. butyricum</i>	<i>B. botulinus</i>	<i>B. sporogenes</i>	<i>B. oedematis mal.</i>	<i>B. anthracis symp.</i>
2% Tr.-Zuckerbouillon	4 Tage	20 Tage	4 Tage	3 Tage	8 Tage
2% Tr.-Zuckeragar . .	1 „	5 „	5 „	2 1/2 „	8 „
Gewöhnliche Gelatine	2 „	1 „	1 „	2 „	1 „
2% Tr.-Zuckergelatine	18 Std.	23 Std.	22 Std.	14 Std.	14 Std.

Tabelle II.

a. *Clostridium butyricum*. (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H-entwicken	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	6	
534	Konbudekokt . . .	24 Std.	0	0	I	—	—	Klar
370	„ „ „	48 „	II	—	—	—	—	Gasbildung
385	1% Tragacanthlös. .	30 „	0	II	—	—	—	Klar
1760	„ „ „	12 „	1	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
373	3% „	24 „	0	I	—	—	—	} Starke Entwicklung und Gasbildung
379	„ „ „	72 „	0	II	—	—	—	
360	10% Gummilösung.	36 „	II	III	—	—	—	
361	„ „ „	72 „	IV	—	—	—	—	
362	30% „	84 „	0	I	III	V	V	
363	„ „ „	6 Tage	IV	—	—	—	—	
1761	0,2% Fleischpeptonagar	24 Std.	I	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
383	0,2% Fleischpeptonagar	30 „	II	—	—	—	—	} Üppiges Wachstum und Gasbildung
375	0,4% Fleischpeptonagar	24 „	III	—	—	—	—	
382	0,4% Fleischpeptonagar	48 „	III	—	—	—	—	
1415	2% Fleischpeptonagar	24 „	IV	V	—	—	—	
1416	2% Fleischpeptonagar	48 „	II	III	—	—	—	
217	Wassergelatine . . .	9 Tage	0	0	0	0	—	} Schwaches Wachstum
254	„ „ „	14 „	I	—	—	—	—	
255	„ „ „	15 „	I	—	—	—	—	
363	1% Bouillongelatin.	1 1/2 „	0	?	II	—	—	} Üppige Entwicklung und Gabildung
369	„ „ „	5 „	X	II	—	—	—	
1762	„ „ „	6 „	I	III	—	—	—	
367	5% „	1 „	X	III	—	—	—	
368	„ „ „	2 „	II	III	—	—	—	
219	10% „	1 „	III	IV	—	—	—	} Undeutliches Wachstum
224	30% „	11 „	0	0	—	—	—	
705	2% Traubenzuckerbouillon	3 „	0	III	V	V	V	Klar mit Bodensatz
267	2% Traubenzuckerbouillon	4 „	I	II	—	—	—	Schwache Trübung

b. *Bacillus botulinus* (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H. entw. entwickeln.	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt.					Wachstum
			sofort	1	2	3	6	
567	Konbudekokt . . .	24 Std.	0	0	0	0	I	Klar
466	»	48 »	II	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
1758	1% Tragacanthlös.	24 »	0	I	—	—	—	} Makroskopisch klar
479	» »	30 »	0	II	—	—	—	
1747	» »	96 »	I	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
468	3 »	24 »	0	II	—	—	—	} Mäßige Entwicklung
475	» »	72 »	III	—	—	—	—	
1746	10 » Gummilösung	24 »	I	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
456	» »	36 »	IV	V	—	—	—	Starke Entwicklung
329	30 »	84 »	IV	V	V	V	V	Undeutliches Wachstum
1744	0,2 » Fleischpeptonagar	24 »	X	III	—	—	—	} Schwache Entwicklung
478	» » Fleischpeptonagar	30 »	IV	—	—	—	—	
469	0,4 » Fleischpeptonagar	24 »	III	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
477	» » Fleischpeptonagar	48 »	II	—	—	—	—	
135	2 » Fleischpeptonagar	72 »	0	III	IV	—	—	
1479	» » Fleischpeptonagar	5 Tage	I	—	—	—	—	} Mäßige Entwicklung und Gasbildung
457	1 » Bouillongelat.	1 1/2 »	0	II	—	—	—	
1745	» »	3 »	?	III	—	—	—	
460	» »	5 »	II	—	—	—	—	
458	5 »	1 »	V	—	—	—	—	
459	» »	2 »	V	—	—	—	—	} Schwache Entwicklung
1651	10 »	1 »	I	III	—	—	—	
1749	Wassergelatine . . .	1 »	0	0	IV	—	—	Klar
136	»	3 »	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
137	»	4 »	II	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung
1048	2% Traubenzuckerbouillon	18 »	?	II	—	—	—	} Klar mit Bodensatz
1743	» » Traubenzuckerbouillon	20 »	I	III	—	—	—	

c. Bacillus sporogenes (bei 34° C.).

Versuchsnummern	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	6	
593	Konbudekokt.	24 Std.	III	—	—	—	—	} Reichliche Entwickl.
510	„	48 „	IV	—	—	—	—	
528	1% Tragacanthlösung	30 „	II	—	—	—	—	
513	3% „	24 „	0	IV	—	—	—	} Ziemlich reichliche Entwicklung und Gasbildung
523	„	72 „	II	—	—	—	—	
1759	10% Gummi-lösung	24 „	III	—	—	—	—	
500	„	36 „	IV	V	—	—	—	
243	30% „	84 „	0	0	0	IV	—	
245	„	8 Tage	IV	—	—	—	—	} Makroskopisch klar
1758	0,2% Fleisch-peptonagar	24 Std.	0	II	—	—	—	
526	„	30 „	I	—	—	—	—	Schwache Entwickl.
515	0,4% „	24 „	IV	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
525	„	48 „	III	—	—	—	—	
110	2% „	72 „	0	IV	—	—	—	
1669	„	5 Tage	IV	—	—	—	—	
129	Wassergelat.	9 „	0	X	X	X	III	Sehr schwache Entw.
238	„	14 „	IV	—	—	—	—	} Schwache Entwickl.
1757	1% Bouillon-gelatine	1 „	I	—	—	—	—	
505	„	2 „	IV	IV	—	—	—	} Üppige Entwickl. und Gasbildung
508	„	5 „	V	—	—	—	—	
506	5% „	1 „	II	V	—	—	—	
507	„	2 „	V	—	—	—	—	
1680	10% „	14 Std.	0	—	—	—	—	} Klar
1681	„	22 „	I	—	—	—	—	
770	2% T.-Zucker-Bouillon	72 „	0	II	III	III	IV	
248	„	96 „	I	IV	—	—	—	

d. *Bacillus oedematis maligni* (bei 34° C).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H-Kultur entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum	
			so-fort	1	2	3		6
623	Konbudekokt	24 Std.	0	IV	—	—	—	Üppiges Wachstum.
425	„	48 „	?	II	—	—	—	Schwaches Wachstum
624	„	72 „	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung u. Gasbildung
1850	1% Tragacanthlös.	24 „	X	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
440	„	30 „	II	—	—	—	—	Reichliches Wachstum
430	3% „	24 „	0	IV	—	—	—	
441	„	48 „	X	IV	—	—	—	
435	„	72 „	I	—	—	—	—	
1846	10% Gummilösung	24 „	I	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
415	„	36 „	III	IV	—	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung und Gasbildung
416	„	72 „	IV	—	—	—	—	
1847	30% „	24 „	0	X	II	—	—	Schwache Entwicklung.
1848	„	48 „	0	I	II	—	—	
1849	„	72 „	0	I	I	II	—	Mäßige Entwicklung
285	„	96 „	0	?	III	IV	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung.
289	„	6 Tage	I	IV	V	—	—	
190	Wassergelatine	3 „	I	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
191	„	4 „	IV	—	—	—	—	
442	0,2% Fleischpept-agar	24 Std.	X	—	—	—	—	Üppige Entwickl. mit Gasblasen
438	„	30 „	I	—	—	—	—	
431	0,4% „	24 „	III	—	—	—	—	
437	„	48 „	III	—	—	—	—	
1532	2% „	24 „	0	X	IV	—	—	Schwache Trüb.
1533	„	60 „	IV	V	—	—	—	
421	1% Bouillongelat.	40 „	X	I	II	—	—	Üppige Entwickl. und Gasbildung
443	„	72 „	X	I	II	—	—	
424	„	5 Tage	II	—	—	—	—	
422	5% „	1 „	II	III	—	—	—	
423	„	2 „	II	—	—	—	—	30% Gelatine, verflüssigt sich ziemlich stark
1689	10% „	1 „	III	—	—	—	—	
150	30% „	1 „	IV	—	—	—	—	
98	„	8 „	V	V	—	—	—	
82	2% Traubenzuckerbouill.	2 „	0	?	II	II	II	
806	„	3 „	IV	IV	V	—	—	

e. *Bacillus anthracis* symptomaticeis (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			so- fort	1	2	3	6	
653	Konbudekokt.	24 Std.	0	0	III	—	—	} Makroskopisch klar Üppige Entwickl.
399	„	48 „	II	—	—	—	—	
1756	1% Tragacanthlös.	24 „	X	I	—	—	—	} Makroskopisch klar Üppiges Wach- stum mit Gas- blasen
409	„	30 „	I	—	—	—	—	
400	3% „	24 „	0	I	—	—	—	
1755	„	48 „	X	II	—	—	—	
405	„	72 „	I	—	—	—	—	
387	10% Gummilös.	36 „	0	IV	—	—	—	
388	„	72 „	III	V	—	—	—	
305	30% „	84 „	X	X	II	IV	V	
1753	0,2% Fleisch- peptonagar	24 „	I	III	—	—	—	
407	„	30 „	III	—	—	—	—	
401	0,4% „	24 „	III	—	—	—	—	
406	„	48 „	II	—	—	—	—	
1597	2% „	96 „	0	I	—	—	—	
68	„	8 Tage	I	II	IV	—	—	
201	Wassergelatine	3 „	0	II	II	—	—	} Makroskopisch klar Mikroskopisch kein Wachstum
202	„	9 „	0	0	0	0	0	
390	1% Bouillongelat.	40 Std.	X	II	—	—	—	} Schwache Entw.
1751	„	72 „	?	III	—	—	—	
1752	„	5 Tage	II	III	—	—	—	} Üppige Entw. u. Gasbildung
392	5% „	1 „	I	III	—	—	—	
393	„	2 „	II	IV	—	—	—	
1741	10% „	1 „	I	III	—	—	—	} Schwache Entw.
1750	30% „	6 „	III	—	—	—	—	
70	„	8 „	V	V	—	—	—	} Üppige Entw. u. Gasbildung
78	„	9 „	V	—	—	—	—	
660	2% Traubenzucker- bonillon	7 „	0	I	II	—	—	} Schwache Trüb.
680	„	8 „	III	—	—	—	—	

Tabelle III.
a. Clostridium butyricum (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Fleischpepton- gehalt (‰)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H ent- wickeln	Intensität d. Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			so- fort	1	2	3	
217	0	9 Tage	0	0	0	0	Klar, Involutionsformen Mäfsiges Wachstum
254	›	14 ›	I	—	—	—	
255	›	15 ›	I	—	—	—	
1627	0,3	13 Stunden	I	—	—	—	Klar
1628	›	21 ›	I	—	—	—	
535	1,0	19 ›	0	0	V	—	
1029	›	36 ›	?	IV	—	—	Ziemlich üppige Ent- wicklung und Gas- bildung
540	›	48 ›	0	I	—	—	
549	›	72 ›	II	—	—	—	
1768	5,0	96 ›	II	—	—	—	Sehr schwache Ent- wicklung
1629	10,0	15 ›	0	—	—	—	
1630	›	20 ›	0	—	—	—	
1776	20,0	73 ›	X	—	—	—	Kein Wachstum?
1778	50,0	10 Tage	?	?	I	—	

b. Bacillus botulinus (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Fleischpepton- gehalt (‰)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H ent- wickeln	Intensität d. Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt.				Wachstum
			so- fort	1	2	3	
1749	0	24 Stunden	0	0	IV	—	Makroskopisch klar Üppige Entwicklung
136	›	72 ›	IV	—	—	—	
137	›	96 ›	II	IV	—	—	Schwache Entwicklung
1647	0,3	13 ›	?	II	—	—	
1648	›	21 ›	X	IV	—	—	
1059	1,0	36 ›	0	0	0	—	Makroskopisch klar
569	›	48 ›	0	IV	—	—	
579	›	72 ›	II	—	—	—	Schwachcs Wachstum
1773	5,0	72 ›	II	—	—	—	
1649	10,0	15 ›	X	II	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1650	›	20 ›	0	II	—	—	
1774	20,0	72 ›	0	I	—	—	
1775	50,0	10 Tage	0	—	—	—	Undeutliche Entwicklung

Versuchsnummer	Fleisch-Peptongehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			sofort	1	2	3	
c. Bacillus sporogenes (bei 34° C.).							
1764	0	5 Tage	0	0	I	—	} Schwache Entwicklung
129	0	9 „	0	X	X	X	
238	0	14 „	IV	—	—	—	
1682	0,3	13 Stund.	I	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1683	0,3	21 „	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
594	1,0	19 „	0	0	III	—	} Makroskopisch klar
1086	1,0	36 „	?	I	IV	—	
599	1,0	48 „	0	I	—	—	
611	1,0	72 „	IV	—	—	—	} Mäßige Entwicklung
1684	10,0	15 „	0	—	—	—	
1780	50,0	10 Tage	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C.).							
1777	0	24 Stund.	0	0	II	—	Makroskopisch klar
190	0	72 „	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
191	0	96 „	IV	—	—	—	Mäßige Entwicklung
1703	0,3	13 „	I	—	—	—	} Schwache Entwicklung
1704	0,3	21 „	I	—	—	—	
1113	1,0	36 „	0	IV	IV	—	
630	1,0	48 „	0	IV	—	—	} Mäßige Entwicklung
641	1,0	72 „	III	—	—	—	
1766	5,0	72 „	III	—	—	—	
1705	10,0	15 „	I	—	—	—	} Makroskopisch klar
1706	10,0	20 „	I	—	—	—	
1765	20,0	72 „	X	III	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1769	50,0	10 Tage	?	—	—	—	Undeutliche Entwicklung
e. Bacillus anthracis symptomaticis (bei 34° C.).							
201	0	3 Tage	0	II	II	—	} Kein Wachstum?
202	0	9 „	0	0	0	0	
1737	0,3	13 Stund.	I	IV	—	—	} Schwache Entwicklung
1738	0,3	21 „	II	IV	—	—	
1138	1,0	36 „	0	0	0	—	} Makroskopisch klar
655	1,0	48 „	0	0	—	—	
670	1,0	72 „	III	—	—	—	} Schwache Entwicklung und Gasbildung
1770	5,0	72 „	III	—	—	—	
1740	10,0	15 „	I	—	—	—	
1739	10,0	20 „	I	—	—	—	
1772	20,0	72 „	I	—	—	—	
1771	50,0	10 Tage	?	?	—	—	Undeutliche Entwicklung

Tabelle IV.

a. *Clostridium butyricum* (bei 84° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Traubenzucker- gehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum	
				so- fort	1	2	3	4		5
1788	Bouillon	0	1 Tag	0	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar
1789		,	2 ,	0	—	—	—	—	—	Sehr schwache Entw.
720		,	4 ,	III	IV	—	—	—	—	} Mäßige Entwicklung
50		,	10 ,	?	?	II	II	II	II	
705		,	2 3 ,	0	II	III	V	V	V	Klar mit Bodensatz
267		,	4 ,	I	II	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
703		,	6 ,	IV	V	V	V	V	V	Klar mit Bodensatz und Gasblasen
1021		,	5 6 ,	X	I	—	—	—	—	} Klar
225		,	11 ,	I	—	—	—	—	—	
1018		,	10 3 ,	0	0	0	0	0	I	Gasbildung und Invo- lutionsformen
1790	,	11 ,	I	—	—	—	—	—	Klar. Involutionsform.	
535	Fleischpeptongelatine	0	19 Std.	0	0	V	—	—	—	Nur mikroskop. Wachst.
540		,	48 ,	0	I	—	—	—	—	Gasbild. (üppig. Wachst.)
549		,	72 ,	II	III	—	—	—	—	} Schwache Entwickl.
550		0,5	24 ,	I	—	—	—	—	—	
551		,	48 ,	II	—	—	—	—	—	} Makroskopisch klar
558		2	16 ,	X	III	—	—	—	—	
700		2	24 ,	II	II	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung u. Gasbildung
701		5	, ,	II	IV	—	—	—	—	
1042		8	, ,	III	III	—	—	—	—	} Makroskopisch klar
702		10	, ,	II	II	IV	—	—	—	
706	15	30 ,	0	0	I	II	—	—	} Üppige Entwicklung u. Gasbildung	
1791	,	7 Tage	II	—	—	—	—	—		
711	20	5 ,	0	0	IV	—	—	—	} Schwache Entw. und sehr geringe Gasbild.	
1792	,	7 ,	II	—	—	—	—	—		
1417	30	10 ,	IV	—	—	—	—	—	} Makroskopisch klar	
1430	40	7 ,	I	II	—	—	—	—		
1431	50	7 ,	I	I	—	—	—	—		
1793	55	20 ,	I	—	—	—	—	—		
1794	60	, ,	0	—	—	—	—	—		
1795	65	, ,	0	—	—	—	—	—	Kein Wachstum	

b. Bacillus botulinus (bei 34 C).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Traubenzucker- gehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporen- bildung Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kul- tur und bei Luftzutritt					Wachstum	
				so- fort	1	2	3	4		5
1807	Bouillon	0	1 Tag	0	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1053		0	3 ,	V	—	—	—	—	—	
141		0	8 ,	III	IV	—	—	—	—	
759		2	14 ,	X	I	II	—	—	—	Üppige Entwicklung
1048		2	18 ,	?	II	—	—	—	—	
1743		2	20 ,	I	III	—	—	—	—	
1047		5	6 ,	0	II	—	—	—	—	
147		5	9 ,	0	I	—	—	—	—	
1045		10	3 ,	0	0	—	—	—	—	Nur mikroskopische Ent- wicklung
1809		10	9 ,	0	I	—	—	—	—	
1816	Fleischpepton- gelatine	0	24 Stunden	0	II	—	—	—	—	Sehr schwache Entwickl- g.
569		0	48 ,	0	IV	—	—	—	—	
579		0	72 ,	III	—	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
580		0,5	24 ,	I	III	—	—	—	—	
581		0,5	48 ,	III	—	—	—	—	—	Schwach- es Wachstum
588		2	16 ,	I	V	—	—	—	—	
732		2	24 ,	II	V	—	—	—	—	Üppiges Wachstum
738		5	24 ,	I	V	—	—	—	—	
1065		8	24 ,	II	III	—	—	—	—	Schwaches Wachstum
734		10	24 ,	III	—	—	—	—	—	Üppiges Wachstum
744	20	48 ,	0	0	II	II	—	—	Schwach- es Wachstum	
1817	20	7 Tage	II	III	—	—	—	—		
1462	30	10 ,	0	II	—	—	—	—		
1821	30	20 ,	I	II	—	—	—	—	Mäßiges Wachstum	
1470	40	7 ,	0	0	I	—	—	—		
1818	40	20 ,	I	II	—	—	—	—	Nur mikroskopische Ent- wicklung	
1473	50	7 ,	?	0	—	—	—	—		
1819	55	20 ,	0	0	0	—	—	—	Kein Wachstum	
1820	60	20 ,	0	0	0	—	—	—		

c. *Bacillus sporogenes* (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Traubenzucker-gehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum	
				so- fort	1	2	3	4		5
1082	Bouillon	0	3 Tage	0	III	—	—	—	—	} Ziemlich üppige Ent- wicklung
785		0	4 „	IV	IV	V	—	—	—	
125		0	8 „	II	III	—	—	—	—	
770		2	3 „	0	II	III	III	III	IV	
248		2	4 „	I	IV	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
101		5	2 „	0	II	III	IV	—	—	
1079		5	6 „	X	IV	—	—	—	—	
130		5	9 „	I	IV	—	—	—	—	
1073		10	3 „	0	III	IV	—	—	—	
1781		10	9 „	?	IV	IV	—	—	—	
594	Fleischpepton- gelatine	0	19 Std.	0	0	III	—	—	—	} Mikroskopische Ent- wicklung
1086		0	36 „	0	I	IV	—	—	—	
599		0	48 „	0	II	—	—	—	—	} Mäfsige Entwicklung
611		0	72 „	IV	—	—	—	—	—	
612		0,5	24 „	II	—	—	—	—	—	} Schwache Entwicklung
613		0,5	48 „	II	IV	—	—	—	—	
619		2,0	16 „	I	—	—	—	—	—	
762		2,0	24 „	III	—	—	—	—	—	
763		5,0	24 „	II	IV	—	—	—	—	} Sehr schwache Ent- wicklung
1100		8,0	24 „	III	III	—	—	—	—	
764	10,0	24 „	V	—	—	—	—	—	} Mäfsige Entwicklung	
771	15,0	30 „	0	0	I	I	I	II		
1782	15,0	5 Tage	I	III	—	—	—	—	} Schwache Entwicklung und manchmal Gas- bildung	
777	20,0	5 „	0	0	0	0	II	—		
1783	20,0	7 „	III	—	—	—	—	—		
1784	30,0	7 „	I	—	—	—	—	—		
1490	30,0	10 „	IV	—	—	—	—	—		
1512	40,0	7 „	II	II	—	—	—	—		
1513	50,0	7 „	0	0	I	—	—	—		
1785	50,0	20 „	I	I	II	—	—	—		
1786	55,0	20 „	0	0	0	0	—	—	} Mikroskop. Entwicklung Kein Wachstum	
1787	60,0	20 „	0	0	0	0	—	—		

d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Traubenzucker- gehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität d. Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. H-Kultur u. bei Luftzutritt					Wachstum	
				so- fort	1	2	3	4		5
1110	Bouillon	0	3 Tage	0	IV	—	—	—	—	Mäßige Entw. und Gasbild.
816		4	4	I	II	—	—	—	—	
80		2	1	0	II	—	—	—	—	Mäßige Entw. und Gasbild.
82		2	2	0	?	II	II	—	—	
806		3	3	IV	IV	V	—	—	—	Üppige Entw. und Gasbild.
291		4	4	I	II	—	—	—	—	
1805		5	2	0	0	I	III	III	III	Üppige Entw. und Gasbild.
7		4	4	0	I	I	II	—	—	
86		6	6	0	I	II	III	—	—	Schwache Entwicklung
1107		6	6	0	?	IV	V	—	—	
192		8	8	I	IV	—	—	—	—	Üppige Entw. und Gasbild.
90		10	10	I	II	IV	IV	—	—	Mäßige Entwicklung
1105		10	3	X	?	?	?	I	I	Makroskopisch klar
1806		10	10	?	?	I	II	—	—	
1113		Fleischpeptongelatine	0	36 Std.	0	IV	IV	—	—	—
630	48		48	0	IV	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
641	72		72	III	—	—	—	—	—	
642	0,5		24	II	V	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
643	48		48	IV	—	—	—	—	—	
798	2		24	I	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entwickl.
799	5		24	I	IV	—	—	—	—	Schwache Entwicklung.
1120	8		24	II	III	—	—	—	—	Undeutliche Entwicklung
800	10		24	III	IV	—	—	—	—	Mäßige Entw. u. Gasbild.
807	15		30	0	0	I	II	—	—	Schwache Entw. u. Gasbild.
1810	72		72	I	III	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung und Gasbildung
810	20		48	0	II	II	—	—	—	
1814	72		72	X	II	—	—	—	—	Schwachwachstum
1815	30		7 Tage	II	II	—	—	—	—	
1536	10		10	IV	—	—	—	—	—	Nur mikroskopische Entw.
1548	40	7	II	II	—	—	—	—		
1549	50	7	X	X	II	—	—	—	Kein Wachstum	
1811	20	20	I	I	—	—	—	—		
1812	55	20	0	0	—	—	—	—		
1813	60	20	0	0	—	—	—	—		

e. *Bacillus anthracis* symptomatice! (bei 34° C).

Versuchs- Nummer	Nährsubstrat	Traubenzucker- gehalt (°/o)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H. entwickeln	Intensität der Sporen- bildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum		
				so- fort	1	2	3	4		5	
1796	Bouillon	0	1 Tag	0	I	III	—	—	—	Fast klar	
1133		,	3 ,	II	—	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung	
844		,	4 ,	I	V	V	—	—	—		
203		,	8 ,	IV	V	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung	
827		2	6 ,	0	0	II	II	III	—	Klar mit Bodensatz	
660		,	7 ,	0	I	II	—	—	—	} Schwache Entwicklung	
680		,	8 ,	III	—	—	—	—	—		
1128		5	6 ,	0	II	—	—	—	—		
204		,	8 ,	III	III	—	—	—	—		
1131		,	8 ,	III	III	—	—	—	—	} Fast klar	
1125		10	3 ,	0	0	0	0	0	II		
1797		,	8 ,	0	I	—	—	—	—		
1803		Fleischpeptongelatine	0	24 Std.	0	II	—	—	—	—	} Makroskopisch klar
655			,	48 ,	0	0	—	—	—	—	
670	,		72 ,	III	—	—	—	—	—	Schwache Trübung	
671	05		24 ,	I	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar	
672	,		48 ,	II	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung	
681	2		16 ,	III	III	—	—	—	—	Makroskopisch klar	
822	,		24 ,	III	—	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbild	
825	5		24 ,	I	II	—	—	—	—		
1147	,		48 ,	IV	V	—	—	—	—		
1152	8		24 ,	IV	V	—	—	—	—	Schwache Entwicklung	
826	10		24 ,	III	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar	
833	15		30 ,	0	0	0	0	0	I	} Üppige Gasbildung	
1798	15		48 ,	0	I	—	—	—	—		
838	20		5 Tage	0	I	II	—	—	—	Makroskopisch klar	
1799	20	7 ,	III	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung		
1577	30	10 ,	II	—	—	—	—	—	Makroskopisch klar		
1590	40	7 ,	III	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung		
1591	50	7 ,	II	II	—	—	—	—	Makroskopisch klar		
1804	55	20 ,	I	—	—	—	—	—	} Nur mikroskopische Entwicklung		
1802	60	20 ,	I	—	—	—	—	—			
1801	65	20 ,	0	—	—	—	—	—	} Kein Wachstum		
1800	70	20 ,	0	—	—	—	—	—			

Tabelle V.

Versuchs- Nummer	Soda- gehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H. entwickeln	Intensität der Sporen- bild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	5	
a. Clostridium butyricum (bei 34° C.).								
219	0	1 Tag	III	IV	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
227	0,5	1 „	II	—	—	—	—	
258	0,5	5 Tage	III	—	—	—	—	
226	1,0	4 „	0	0	I	—	—	
228	1,0	7 „	II	IV	—	—	—	
269	2,0	5 „	II	—	—	—	—	Mäßiges Wachstum
1019	2,0	10 „	IV	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
1796	3,0	5 „	II	—	—	—	—	
1023	3,0	7 „	IV	—	—	—	—	
1043	4,0	5 „	III	—	—	—	—	
1428	5,0	3 „	II	—	—	—	—	
1449	8,0	8 „	I	II	—	—	—	} Sehr schwache Entwicklung
1450	10,0	8 „	0	II	—	—	—	
1799	10,0	12 „	I	II	—	—	—	
1798	12,0	8 „	?	?	—	—	—	
1433	15,0	15 „	0	0	I?	—	—	
1797	17,0	17 „	0	0	0	0	0	Fragliche Entwicklung
b. Bacillus botulinus (bei 34° C.).								
1651	0	1 Tag	I	III	—	—	—	} Mäßige Entwicklung
333	0,2	5 Tage	II	III	—	—	—	
1837	0,5	5 „	III	—	—	—	—	
330	0,5	9 „	III	III	—	—	—	
331	0,5	11 „	IV	—	—	—	—	
1841	1,0	7 „	?	?	?	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
328	1,0	13 „	0	0	0	0	0	
1842	2,0	5 „	III	—	—	—	—	
1646	2,0	10 „	IV	—	—	—	—	
1050	3,0	7 „	IV	—	—	—	—	
1066	4,0	5 „	IV	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
1467	5,0	6 „	X	II	—	—	—	Makroskopisch klar
1838	5,0	8 „	II	III	—	—	—	} Sehr schwache Entwicklung
1476	8,0	8 „	I	I	—	—	—	
1477	10,0	8 „	II	II	—	—	—	
1843	12,0	8 „	I	II	—	—	—	
1474	15,0	8 „	II	II	III	—	—	
1844	17,0	20 „	I	I	II	—	—	} Mikroskopische Entwicklung
1845	20,0	20 „	0	0	0	0	0	

c. *Bacillus sporogenes* (bei 34° C).

Versuchsnummer	Sodagehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	5	
1672	0	1 Tag	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
251	0,2	5 „	II	III	—	—	V	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
247	0,5	11 „	III	IV	—	—	—	
1803	1,0	5 „	III	—	—	—	—	
239	1,0	10 „	IV	—	—	—	—	} Sehr schwache Entwickl.
241	1,0	13 „	0	0	0	III	—	
1806	2,0	5 „	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1074	2,0	10 „	IV	—	—	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung und Gasbildung
1807	3,0	5 „	III	—	—	—	—	} Mäßige Entwicklung u. Gasbildung
1080	3,0	7 „	III	—	—	—	—	
1101	4,0	5 „	V	—	—	—	—	
1491	5,0	4 „	IV	—	—	—	—	} Sehr schwache Entwicklung
1519	8,0	8 „	I	II	—	—	—	
1520	10,0	8 „	III	IV	—	—	—	
1804	12,0	8 „	0	0	0	?	?	
1515	15,0	8 „	0	X	I	—	—	} Mikroskop. schwache Entwickl. u. Involutionsform Kein Wachstum?
1805	17,0	20 „	0	0	0	0	0	

d. *Bacillus oedematis maligni* (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Sodagehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	5	
1689	0	1 Tag	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
295	0,2	5 „	II	IV	IV	V	—	Mäßige Entwicklung u. Gasbildung
280	0,5	6 „	V	—	—	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
1822	1,0	5 „	II	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
288	1,0	13 „	X	II	III	—	—	Sehr schwache Entwickl.
1824	2,0	3 „	0	III	—	—	—	Fast klar
1106	2,0	10 „	IV	—	—	—	—	} Sehr schwache Entwickl. u. manchmal Gasbildung
1825	3,0	5 „	II	—	—	—	—	

Versuchsnummer	Sodagehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild., Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	5	

Fortsetzung von d. *Bacillus oedematis maligni* (bei 34°C.).

1108	3,0	7 Tage	V	—	—	—	—	} Sehr schwache Entwicklung und manchmal Gasbildung
1121	4,0	5 ,	I	III	—	—	—	
1537	5,0	3 ,	II	—	—	—	—	} Mäßige Entwicklung
1560	8,0	8 ,	0	I	—	—	—	
1827	8,0	10 ,	I	I	II	—	—	} Schwache Entwicklung
1561	10,0	8 ,	X	II	—	—	—	
1833	10,0	15 ,	I	II	—	—	—	
1834	12,0	8 ,	?	I	I	—	—	
1520	15,0	8 ,	I	II	II	—	—	} Nur mikroskopische Entwicklung
1835	17,0	20 ,	0	0	0	0	0	
1836	20,0	20 ,	0	0	0	0	0	} Kein Wachstum

e. *Bacillus anthracis symptomatilis* (bei 34° C.).

206	0	1 Tag	0	II	III	—	—	} Starke Entwicklung
308	0,2	5 ,	I	IV	—	—	—	
306	0,5	11 ,	I	II	—	—	—	} Mäßige Entwicklung
1812	1,0	5 ,	?	II	—	—	—	
304	1,0	13 ,	0	0	I	II	—	} Sehr schwache Entwicklung
1813	2,0	5 ,	II	—	—	—	—	
1126	2,0	10 ,	IV	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
1814	3,0	5 ,	II	—	—	—	—	
1130	3,0	7 ,	II	—	—	—	—	} Geringe Entwicklung
1153	4,0	5 ,	II	—	—	—	—	
1816	4,0	6 ,	III	—	—	—	—	} Mäßige Entwicklung
1585	5,0	6 ,	V	—	—	—	—	
1594	8,0	8 ,	X	II	—	—	—	} Geringe Gasbildung
1817	8,0	10 ,	III	—	—	—	—	
1595	10,0	8 ,	II	II	—	—	—	
1815	12,0	10 ,	X	IV	—	—	—	
1592	15,0	8 ,	0	II	II	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
1818	17,0	20 ,	0	0	0	—	—	
								} Sehr schwache Entwicklung
								} Nur mikroskopische Entwicklung

Tabelle VI.

a. *Clostridium butyricum* (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
				so- fort	1	2	3	5	
719	Fleischextraktwasser	0	4 Tage	0	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1026		0	5 »	IV	—	—	—	—	
1024		0,5	3 »	I	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
720		0,5	4 »	III	IV	IV	—	—	
50		0,5	10 »	?	?	?	I	II	Mäßige Entwicklung
1025		1,0	3 »	II	—	—	—	—	Makroskopisch klar
721		1,0	4 »	I	I	II	—	—	
535	Fleischpeptongelatine	0	19 Stunden	0	0	V	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1029		0	36 »	0	IV	—	—	—	
540		0	48 »	0	I	—	—	—	Schwache Entwicklung und Gasbildung
549		0	72 »	II	III	—	—	—	
1039		0,25	24 »	III	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
548		0,5	24 »	0	II	—	—	—	Schwache bis üppige Entwicklung und Gasbildung
43		0,5	48 »	IV	—	—	—	—	
214		0,5	48 »	III	III	—	—	—	
1040		0,75	24 »	0	II	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1920		0,75	48 »	IV	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung
536		1,0	19 »	0	III	—	—	—	Makroskopisch undeutliche Entwicklung
541		1,0	48 »	0	III	—	—	—	
555		1,0	72 »	IV	—	—	—	—	
537		2,0	19 »	0	0	0	0	0	
542		2,0	48 »	0	II	—	—	—	
556	2,0	72 »	III	—	—	—	—		
1800	3,0	5 Tage	?	II	—	—	—		
1030	3,0	11 »	0	X	III	III	—	Nur mikroskopische Entwicklung	
1429	4,0	5 »	X	II	—	—	—		
1031	5,0	12 »	0	0	0	0	0		
1435	6,5	7 »	0	0	0	0	0	Fragliche Entwicklung	
1801	7,0	15 »	0	0	0	0	0		
1802	7,5	15 »	0	0	0	0	0		Keine Entwicklung

b. Bacillus botulinus (bei 34 C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
				sofort	1	2	3	5	
1051	Fleischextraktwass.	0	3 Tage	IV	—	—	—	—	Schwache Trübung
1052		0	4 „	V	—	—	—	—	
1053		0,5	3 „	V	—	—	—	—	Sehr schwache Trübung
141		0,5	8 „	III	III	—	—	—	
1054		1,0	3 „	III	—	—	—	—	Schwache Trübung
752		1,0	4 „	V	—	—	—	—	
1059	Fleischpeptongelatine	0	36 Std.	0	0	0	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
569		0	48 „	0	IV	—	—	—	
579		0	72 „	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1062		0,25	24 „	III	—	—	—	—	
577		0,5	24 „	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
578		0,5	48 „	IV	—	—	—	—	
1063		0,75	24 „	II	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
570		1,0	48 „	0	I	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
583		1,0	72 „	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
571		2,0	48 „	0	IV	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
584		2,0	72 „	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1060		3,0	11 Tage	0	0	0	IV	—	Nur mikroskopische Entwicklung
1475		4,0	10 „	X	?	I	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1061	5,0	12 „	0	0	0	X	IV	Nur mikroskopische Entwicklung	
1466	6,5	6 „	0	0	0	0	0		
1839	7,0	15 „	0	0	0	0	0		
1840	7,5	15 „	0	0	0	0	0		Kein Wachstum

c. *Bacillus sporogenes* (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum	
				so- fort	1	2	3	5		
1081	Fleischextraktwasser	0	3 Tage	V	—	—	—	—	} Mäßige Entwicklung	
784		0	4 „	I	V	—	—	—		
1082		0,5	3 „	0	III	—	—	—		
785		0,5	4 „	IV	IV	V	—	—	} Starke Entwicklung	
125		0,5	8 „	I	III	—	—	—		
126		0,5	9 „	IV	V	—	—	—	} Schwache Entwicklung	
1083		1,0	3 „	IV	—	—	—	—		
594		Fleischpeptongelatine	0	19 Stund.	0	0	IV	—	—	} Undeutliche Entwicklung
1086			0	36 „	0	I	IV	—	—	
599			0	48 „	0	II	—	—	—	
611	0		72 „	IV	V	—	—	—	Mäßige Entwicklung	
1098	0,25		24 „	IV	—	—	—	—	Schwache Entwicklung	
609	0,5		24 „	IV	—	—	—	—	Makroskopisch klar	
119	0,5		48 „	IV	—	—	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung	
120	0,5		72 „	IV	—	—	—	—		
1099	0,75		24 „	I	I	V	—	—	Sehr schwache Entwickl.	
595	1,0		24 „	0	0	IV	—	—	Undeutliches Wachstum	
600	1,0	48 „	0	IV	—	—	—	} Starke Entwicklung und Gasbildung		
615	1,0	72 „	I	IV	—	—	—			
601	2,0	48 „	I	II	—	—	—	} Schwache Entwicklung		
618	2,0	72 „	III	—	—	—	—			
1808	3,0	72 „	0	IV	—	—	—			
1090	3,0	11 Tage	III	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung		
1496	4,0	5 „	X	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung		
1097	5,0	12 „	II	?	?	IV	—	} Nur mikroskopische Ent- wicklung		
1518	6,5	10 „	?	0	0	—	—			
1809	7,0	15 „	0	0	0	—	—			
1810	7,5	15 „	0	0	0	0	0	Kein Wachstum		
1811	8,0	15 „	0	0	0	0	0	„ „		

d. Bacillus oedematis maligni (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, n. Öffnung d. H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
				so- fort	1	2	3	5	
1109	Fleischextraktwasser	0	3 Tage	I	I	I	I	II	Schwache Entwicklung
815		>	4 >	I	IV	—	—	—	
1110		0,5	3 >	0	IV	—	—	—	
816		>	4 >	I	II	—	—	—	Ziemlich üppige Entw., manchmal Gasbild.
1111		1,0	3 >	IV	—	—	—	—	
7		>	4 >	0	0	I	II	—	
817		>	4 >	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
1113	Fleischpeptongelatine	0	36 Std.	0	IV	IV	—	—	Sehr schwache mikroskop. Entwicklung
630		>	48 >	0	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung
641		>	72 >	III	—	—	—	—	
1118		0,25	24 >	V	V	—	—	—	Sehr geringe Entwickl.
639		0,5	24 >	0	IV	—	—	—	Mäßige Entwicklung m. geringen Gasblasen
88		>	48 >	III	—	—	—	—	Üppige Entwicklung m. Gasbildung
85		>	72 >	V	V	—	—	—	
149		>	96 >	V	V	—	—	—	
1119		0,75	24 >	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1823		1,0	24 >	I	—	—	—	—	
631		>	48 >	IV	IV	—	—	—	Ziemlich üppige Entw. und Gasbildung
644		>	72 >	III	—	—	—	—	
632		2,0	48 >	0	II	—	—	—	Sehr schwache Entw.
645		>	72 >	V	—	—	—	—	Üppige Entwicklung u. Gasbildung
1115		3,0	11 Tage	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entw.
1539	4,0	3 >	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung	
1826	5,0	4 >	?	III	—	—	—		
1116	>	12 >	X	X	III	—	—		
1538	6,5	4 >	III	—	—	—	—	Mikroskopische Entw.	
1828	7,0	15 >	I	I	II	II	II		
1829	7,5	15 >	0	0	0	0	0	Fragliche Vermehrung	
1830	8,0	15 >	0	0	0	0	0		
1831	9,0	15 >	0	0	0	0	0		
1832	10,0	15 >	0	0	0	0	0	Kein Wachstum	

e. *Bacillus anthracis* *symptomatice* (bei 34° C).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Kochsalzgehalt (%)	Anzahl der Tage in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum	
				so- fort	1	2	3	5		
1132	Fleischextraktwasser	0	3 Tage	0	0	I	I	I	Schwache Entwicklung	
843		0	4 „	III	III	IV	—	—		
1133		0,5	3 „	II	—	—	—	—		Mäßige Entwicklung
844		0,5	4 „	II	V	V	—	—		
203		0,5	8 „	IV	V	—	—	—		
845		1,0	4 „	0	0	0	—	—		
1134	1,0	5 „	I	?	?	III	—	Schwache Entwicklung		
1138	Fleischpeptongelatine	0	36 Stunden	0	0	0	—	—	Keine Entwicklung?	
655		0	24 „	0	0	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung	
670		0	72 „	III	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung	
1150		0,25	24 „	III	V	—	—	—	Mäßige Entwicklung	
668		0,5	24 „	II	—	—	—	—	Makroskopisch klar	
76		0,5	48 „	IV	V	—	—	—	Üppige Entwickl. u. Gasbildg.	
63		0,5	96 „	0	I	—	—	—	Schwache Entwicklung	
1921		0,5	96 „	IV	—	—	—	—	Mäßige Entwicklung	
62		0,5	5 Tage	IV	V	V	—	—	Üppige Entwickl. u. Gasbildg.	
1151		0,75	1 „	IV	—	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung	
656		1,0	2 „	0	III	—	—	—		
677		1,0	3 „	III	—	—	—	—		
657		2,0	2 „	0	II	—	—	—	Schwache Entwicklung	
678		2,0	3 „	II	—	—	—	—		
1821		3,0	5 „	II	III	—	—	—		
1144	3,0	11 „	0	0	0	0	II	Nur mikroskop. Entwicklung		
1593	4,0	10 „	I	I	—	—	—			
1149	5,0	12 „	0	0	0	0	III			
1578	6,5	4 „	IV	—	—	—	—		Mäßige Entwicklung	
1819	7,0	15 „	0	0	0	0	0	Nur mikroskop. Entwicklung		
1820	7,5	15 „	0	0	0	0	0	Kein Wachstum		

Tabelle VII.

a. *Bacillus brevis* (*Bacillus lactis* Nr. 1) bei 34° C.

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildg. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur u. bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	4	
348	2% T. Zuckerbouill. (neutral)	5 Tage	0	II	II	III	IV	Klar m. Bodensatz
689	do.	16 >	0	X	II	—	—	Starke Trübung
349	0,2% Sodabouill. (alkal.)	5 >	0	III	III	—	—	Schwache Trübung
351	do.	16 >	I	IV	—	—	—	
350	0,1% Säurebouillon (sauer)	5 >	X	I	III	IV	IV	Mäßige Trübung
352	do.	10 >	I	III	—	—	—	
353	Konbudekokt	5 >	0	—	—	—	—	
855	do.	17 >	0	—	—	—	—	
690	do.	18 >	0	0	III	—	—	
488	Pyrogallbouillon	5 >	0	—	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
487	do.	9 >	II	—	—	—	—	
489	do.	10 >	II	—	—	—	—	
491	1% Tragacanthlösung	3 >	X	X	III	IV	IV	Üppige Entwicklung
354	do.	10 >	II	IV	—	—	—	
483	10% Gummilösung	1½ >	X	IV	—	—	—	
355	do.	10 >	I	IV	—	—	—	
346	30% Gummilösung	3½ >	I	I	II	IV	—	Makroskopisch undeutliche Entwicklung
356	do.	10 >	II	IV	—	—	—	
490	0,2% Fleischpeptonagar	3 >	0	0	—	—	IV	Üppige Entwicklung
686	Fleischpeptongelatine	2 >	X	II	—	—	—	Mäßige Entwicklung
687	1% Kochsalzgelatine	2 >	X	II	—	—	—	
688	2% Kochsalzgelatine	2 >	X	II	—	—	—	
231	0,15% Säuregelat. (sauer)	1 >	I	II	IV	—	—	Üppige Entwicklung
357	0,5% Sodagelat. (alkalisch)	5 >	0	III	—	—	—	Üppige Entwicklung, Gasbildung u. Involutionenformen
347	do.	9 >	II	III	IV	—	—	
232	1% Sodagelatine (alkalisch)	5 >	0	0	0	II	—	Mäßige Entwicklung
691	do.	9 >	II	IV	V	—	—	
484	2% Traubenzuckergelatine	7 >	0	II	II	—	—	Mäßige Entwicklung
692	do.	9 >	II	V	—	—	—	
485	do.	16 >	IV	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
486	do.	23 >	V	—	—	—	—	Üppige Entwicklung

b. Bacillus X (bei 34° C.).

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Anzahl der Tage, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt					Wachstum
			sofort	1	2	3	4	
320	2% Traubenzuckerbouillon (neutral)	5 Tage	0	II	IV	V	V	Mäßige Trübung
697	do.	16 „	0	0	I	II	—	Mäßige Trübung und Involutionsformen
321	0,2% Sodabouillon (alkalisch) . . .	5 „	0	II	II	III	—	} Mäßige Trübung
323	do.	10 „	0	I	II	—	—	
322	0,1% Säurebouillon (sauer)	5 „	0	0	II	III	IV	Starke Trübung
324	Pyrogallolbouillon .	2 „	0	0	—	—	—	Undeutliche Entwicklung
447	do.	9 „	III	—	—	—	—	Nur mikroskopische Entwicklung
448	1% Tragacanthlös.	3 „	0	0	0	I	I	} Kein Wachstum?
325	do.	4 „	0	0	0	0	0	
444	1,0% Gummilös. .	1½ „	X	IV	—	—	—	Undeutliches Wachstum
326	do.	4 „	0	IV	IV	—	—	} Schwache Entwickl.
318	3,0% Gummilös. .	3½ „	0	I	I	—	—	
694	Fleischpeptongelat.	2 „	?	I	—	—	—	} Nur mikroskopische Entwicklung
695	1% Kochsalzgelat.	2 „	0	II	—	—	—	
696	2% „	2 „	0	II	—	—	—	
229	0,15% Säuregelatine (sauer) . . .	1 „	II	III	—	—	—	} Schwache Entwicklung
312	do.	5 „	IV	IV	V	—	—	
327	0,5% Sodagelatine (alkalisch)	1 „	0	II	—	—	—	
319	do.	11 „	I	IV	—	—	—	
313	1% Sodagelatine (alkalisch)	13 „	0	0	0	II	—	} Mäßige Entwicklung
698	2% Traubenzucker- gelatine	2 „	0	I	II	—	—	
445	do.	7 „	0	0	0	II	—	
699	do.	11 „	II	II	III	—	—	
446	do.	16 „	IV	V	—	—	—	

Tabelle VIII.

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Raumhalt der Glocke ccm	Luftdruck mm	Sauerstoffgehalt in der Glocke ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke ccm	Versuchsdauer. In Tagen	Intensität der Sporenbild. Tageanzahl, nach Öffnung der Glocke und bei normalem Luftdruck			Wachstum
							sofort	1	2	
a. Bacillus anthracis (bei Zimmertemperatur).										
859	Kartoffel	—	Normal	Normal	0	—	—	I	II	} Üppig
865	Agar	—	,	,	0	—	—	0	II	
866	Gelatine	—	,	,	0	—	—	0	II	
885	Kartoffel	2620	250,0	181,92	0	4	0	II	—	} Üppig
886	Agar	2620	250,0	181,92	0	4	I	II	—	
887	Kartoffel	2620	117,0	86,89	0	5	I	II	V	
888	Agar	2620	117,0	86,89	0	5	0	0	V	
990	,	2620	60,0	43,00	2413	9	0	—	—	
988	,	2990	55,0	45,06	0	8	III	—	—	
989	Gelatine	2990	55,0	45,06	0	8	II	—	—	
889	Agar	2620	49,0	36,54	0	6	IV	—	—	
890	Kartoffel	2620	49,0	36,54	0	6	0	X	III	
893	Agar	2950	32,1	26,21	0	5	0	—	II	
891	,	2510	21,3	11,00	0	6	0	—	—	
892	Gelatine	2510	21,3	11,00	0	6	0	—	—	
894	Agar	2620	12,4	9,02	0	11	0	0	—	} Schwach
991	,	2620	4mal nach jedesmal. Zuleiten v. H auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867	16	0	I	II	
992	,	2275	5mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620	12	0	II	—	
b. Bacillus mycolides (bei Zimmertemperatur).										
858	Kartoffel	—	Normal	Normal	0	—	—	X	IV	} Üppig
863	Agar	—	,	,	0	—	—	0	II	
864	Gelatine	—	,	,	0	—	—	0	II	
919	Kartoffel	2620	250,0	181,92	0	4	?	—	—	} Üppig
918	Agar	2620	250,0	181,92	0	4	II	—	—	
921	Kartoffel	2620	117,0	86,89	0	5	X	X	II	
920	Agar	2620	117,0	86,89	0	5	IV	—	—	
930	,	2620	60,0	43,00	2413	9	V	V	V	
923	Kartoffel	2620	49,0	36,54	0	6	?	—	—	} Üppig
922	Agar	2620	49,0	36,54	0	6	IV	—	—	
926	,	2950	32,1	26,21	0	5	0	—	—	} Mäßig
924	,	2510	21,3	11,00	0	6	0	—	—	
925	Gelatine	2510	21,3	11,00	0	6	0	—	—	
927	Agar	2620	12,4	9,02	0	5	0	—	—	} Sehr schwach
928	,	2620	4mal auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867	16	0	—	—	
929	,	2275	5mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620	12	0	—	—	

c. *Bacillus subtilis* (bei Zimmertemperatur).

Versuchs- Nummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke. ccm	Luftdruck. mm	Sauerstoff- gehalt in der Glocke. ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke. ccm	Versuchsdauer. In Tagen	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. Glocke u. bei normalem Luft- druck			Wachstum
							so- fort	1	2	
860	Kartoffel	—	Normal	Normal	0	—	—	0	II	} Üppig
867	Agar	—	,	,	0	—	—	II	IV	
868	Gelatine	—	,	,	0	—	—	II	III	
904	Kartoffel	2620	250,0	181,92	0	4	II	IV	—	} Üppig
903	Agar	2620	250,0	181,92	0	4	IV	—	—	
906	Kartoffel	2620	117,0	86,89	0	5	I	—	—	
905	Agar	2620	117,0	86,89	0	5	0	—	—	} Sehr schwach
910	Agar	2620	60,0	43,00	2413	9	IV	—	—	
908	Kartoffel	2620	49,0	36,59	0	6	0	—	—	Üppig
907	Agar	2620	49,0	36,59	0	6	0	—	—	Spur
909	Gelatine	2510	21,3	11,01	0	6	0	—	—	Üppig
911	Agar	2620	4 mal auf 250 mm aus- gepumpt	0,008	867	16	0	—	—	Undeutlich
912	Agar	2275	5 mal auf 208 mm aus- gepumpt	0,000 000 44	620	12	0	—	—	Mäfsig

d. *Bacillus X* (bei Zimmertemperatur).

Versuchs- Nummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke. ccm	Luftdruck. mm	Sauerstoff- gehalt in der Glocke. ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke. ccm	Versuchsdauer. In Tagen	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. Glocke u. bei normalem Luft- druck			Wachstum
							so- fort	1	2	
881	Agar	—	Normal	Normal	0	—	—	0	II	Üppig
942	—	2620	60,0	43,00	2413	9	III	—	—	} Üppig
940	—	2950	32,1	26,21	0	5	IV	—	—	
941	—	2620	12,4	9,02	0	11	0	—	—	
945	—	2620	4 mal auf 250 mm aus- gepumpt	0,008	867	16	I	—	—	
946	—	2275	5 mal auf 208 mm aus- gepumpt	0,000 000 44	620	12	IV	—	—	
943	—	2620	6 mal auf 257,5 mm aus- gepumpt	0,000 000 000 000 133	914,77	16	II	—	—	
1924	—	—	—	0	rein II.	5	II	—	—	Üppig

e. Bacillus brevis (lactis Nr. 1 Flüge) bei Zimmertemperatur.

Versuchs- Nummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke. ccm	Luftdruck. mm	Sauerstoffgehalt in der Glocke. ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke. ccm	Versuchsdauer. In Tagen	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. Glocke u. bei normalem Luft- druck			Wachstum
							so- fort	1	2	
861	Agar	—	Normal	Normal	0	—	—	0	II	Üppig
862	Gelatine	—	,	,	0	—	—	0	II	
934	Agar	2620	60,0	43,00	2413,00	9	0	—	—	Üppig
932	,	2950	32,1	26,21	0	5	X	—	—	
931	,	2510	21,3	11,01	0	6	0	—	—	
933	,	2620	12,4	9,02	0	11	0	—	—	
937	,	2620	4 mal auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867,00	16	I	—	—	
938	,	2275	5 mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620,00	12	III	—	—	
936	,	2620	6 mal auf 257,5 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 133	914,77	16	0	—	—	
935	,	2950	5 mal auf 60 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 0045	2950,00	14	II	—	—	
1922	,	—	—	0	rein H.	5	I	—	—	Üppig
1923	,	—	—	0	,	6	III	—	—	

f. Clostridium butyricum (bei Zimmertemperatur).

Versuchs- Nummer	Nährsubstrat	Rauminhalt der Glocke. ccm	Luftdruck. mm	Sauerstoffgehalt in der Glocke. ccm	Wasserstoffgehalt in der Glocke. ccm	Versuchsdauer in Tagen	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung d. Glocke u. bei normalem Luft- druck			Wachstum	
							so- fort	1	2		
962	Gelatine	2990	210,0	172,00	0	9	0	—	—	kein Wachstum	
963	,	2990	210,0	172,00	2164	4	0	—	—		
959	Agar	2950	32,1	26,21	0	5	0	—	—	kein Wachstum	
960	,	2620	12,4	9,02	0	11	0	—	—		
967	Gelatine	2620	4 mal auf 250 mm ausgepumpt	0,008	867	16	V	—	—	Zimlich üppig	
968	Agar	2620	,	0,008	867	16	IV	—	—		
969	Gelatine	2275	5 mal auf 208 mm ausgepumpt	0,000 000 44	620	12	III	—	—		
964	,	2620	6 mal auf 257,5 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 133	914,77	16	II	—	—		
965	,	2620	,	0,000 000 000 000 133	914,77	16	IV	—	—		
961	,	2950	5 mal auf 60 mm ausgepumpt	0,000 000 000 000 134,5	2970	14	V	—	—		
42	,	—	—	0	rein H.	10	X	IV	—		Üppig
52	,	—	—	0	,	16	III	V	—		
1925	Agar	—	—	0	,	16	II	IV	—		

Tabelle IX.

Versuchsnummer	Arten der Aeröben	Arten der Anaeröben	Beschaffenheit der Mischbouillonkultur (B)	Sporenbildung der Anaeröben in oberen Schichten der Bouillon; in Tagen				
				1	2	3	4	6
1391	Bacillus typhosus	Clostridium butyricum	Starke Trüb.	X	III	—	—	—
1392		Bacillus botulinus		0	III	—	—	—
1393		Bacillus sporogenes		X	IV	—	—	—
1394		Bacillus oedematis maligni		0	IV	—	—	—
1395		Bac. anthracis symptomatici		0	III	—	—	—
1331	Bacillus coli comm.	Clostridium butyricum	Starke Trüb.	0	0	IV	—	—
1332		Bacillus botulinus		0	0	IV	—	—
1333		Bacillus sporogenes		0	0	III	—	—
1334		Bacillus oedematis maligni		0	II	IV	—	—
1335		Bac. anthracis symptomatici		I	III	—	—	—
1251	Bacillus acidi lactici	Clostridium butyricum	Starke Trübung u. Gasbildung. Nach 6 Tagen klärt sie sich wieder auf	I	I	I	II	0
1252		Bacillus botulinus		III	II	III	III	0
1253		Bacillus sporogenes		0	X	II	III	I
1254		Bacillus oedematis maligni		0	X	I	II	0
1255		Bac. anthracis symptomatici		0	X	II	II	0
1241	Bac. proteus vulgaris I	Clostridium butyricum	Nach 1 Tag mäßige Trüb., nach 6 Tg. klärt sie sich allmähl. wieder auf	0	0	II	I	I
1242		Bacillus botulinus		II	II	II	I	I
1243		Bacillus sporogenes		I	I	II	I	I
1244		Bacillus oedematis maligni		0	0	II	II	0
1245		Bac. anthracis symptomatici		0	0	III	0	0
1411	Bac. proteus vulgaris II	Clostridium butyricum	N. 1 Tg. bl. d. Bouill. noch klar, n. 2 Tagen mäßs. Trb. n. 1 T. m. Tr. wie b. B. botulinus	X	II	—	—	—
1412		Bacillus botulinus		X	II	—	—	—
1413		Bacillus sporogenes		0	0	IV	—	—
1414		Bacillus oedematis maligni		X	IV	—	—	—
1415		Bac. anthracis symptomatici		I	II	—	—	—
1311	Bac. proteus Zopfii	Clostridium butyricum	Spur Trüb.	0	III	?	—	—
1312		Bacillus botulinus		0	IV	III	—	—
1313		Bacillus sporogenes		0	II	IV	—	—
1314		Bacillus oedematis maligni		X	III	III	—	—
1315		Bac. anthracis symptomatici		0	II	0?	—	—

Fortsetzung zu Tabelle IX.

Versuchsnummer	Arten der Aeroben	Arten der Anaeroben	Beschaffenheit der Mischbouillonkultur (B)	Sporenbildung der Anaeroben in oberen Schichten der Bouillon. In Tagen				
				1	2	3	4	6
1201	Bacillus prodigiosus	Clostridium butyricum	Starke Trübung	II	II	—	—	—
1202		Bacillus botulinus		I	II	—	—	—
1203		Bacillus sporogenes		I	V	—	—	—
1204		Bacillus oedematis maligni		I	IV	—	—	—
1205		Bac. anthracis symptomatici		0	0	X	I	I
1211	Bacillus fluorescens liquefaciens	Clostridium butyricum	Starke Trübung und Gasbildung	I	I	IV	—	—
1212		Bacillus botulinus		X	I	I	III	—
1213		Bacillus sporogenes		III	II	II	—	—
1214		Bacillus oedematis maligni		X	I	I	IV	—
1215		Bac. anthracis symptomatici		II	III	—	—	—
1321	Theebraun-farb. Bacill.	Clostridium butyricum	Schwache Trübung	I	III	—	—	—
1322		Bacillus botulinus		?	III	—	—	—
1323		Bacillus sporogenes		III	III	—	—	—
1324		Bacillus oedematis maligni		I	II	—	—	—
1325		Bac. anthracis symptomatici		III	III	—	—	—
1291	Bacillus rubefaciens pyogenes	Clostridium butyricum	Starke Trübung	0	I	II	—	—
1292		Bacillus botulinus		0	III	II	—	—
1293		Bacillus sporogenes		0	II	0	—	—
1294		Bacillus oedematis maligni		I	II	0	—	—
1295		Bac. anthracis symptomatici		0	II	0	—	—
1221	Bacillus pituitosus	Clostridium butyricum	Diffuse starke Trübung	II	II	II	—	—
1222		Bacillus botulinus		I	I	II	—	—
1223		Bacillus sporogenes		II	V	—	—	—
1224		Bacillus oedematis maligni		I	III	III	—	—
1225		Bac. anthracis symptomatici		X	I	II	—	—
1341	Bacillus pyocyaneus	Clostridium butyricum	Starke Trübung	I	III	—	—	—
1342		Bacillus botulinus		I	III	—	—	—
1343		Bacillus sporogenes		I	III	—	—	—
1344		Bacillus oedematis maligni		?	III	—	—	—
1345		Bac. anthracis symptomatici		0	I	III	—	—

Fortsetzung zu Tabelle IX.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Mischbouillon-Kultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben in oberen Schichten der Bouillon in Tagen				
				1	2	3	4	6
1281	Bacillus odoratus	Clostridium butyricum	Starke Trübung und Gasbildung	0	0	0	0	?
1282		Bacillus botulinus		X	II	II	—	—
1283		Bacillus sporogenes		0	IV	II	0	—
1284		Bacillus oedematis maligni		I	IV	III	—	—
1285		Bac. anthracis symptomatici		0	0	I	III	IV
1301	Bacillus aëro-philosimilis	Clostridium butyricum	Schwache Trübung	X	III	III	—	—
1302		Bacillus botulinus		0	I	V	—	—
1303		Bacillus sporogenes		0	IV	V	—	—
1304		Bacillus oedematis maligni		0	IV	III	III	0
1305		Bac. anthracis symptomatici		0	V	III	II	0
1271	Bacillus lactis innocuus	Clostridium butyricum	Schwache Trübung	0	0	0	I	II
1272		Bacillus botulinus		0	I	II	—	—
1273		Bacillus sporogenes		0	II	III	—	—
1274		Bacillus oedematis maligni		0	IV	III	—	—
1275		Bac. anthracis symptomatici		0	III	IV	—	—
1371	Bacillus late-ricium	Clostridium butyricum	Klar bis schwache Trübung	0	II	—	—	—
1372		Bacillus botulinus		X	II	—	—	—
1373		Bacillus sporogenes		II	III	—	—	—
1374		Bacillus oedematis maligni		II	III	—	—	—
1375		Bac. anthracis symptomatici		I	IV	—	—	—
1381	Bacillus coli non fervoris	Clostridium butyricum	Klar	0	II	—	—	—
1382		Bacillus botulinus		0	III	—	—	—
1383		Bacillus sporogenes		0	II	—	—	—
1384		Bacillus oedematis maligni		III	III	—	—	—
1385		Bac. anthracis symptomatici		III	II	—	—	—
1231	Bacillus annula-tus aureus	Clostridium butyricum	Starke Trübung	0	I	I	II	0
1232		Bacillus botulinus		0	X	X	I	0
1233		Bacillus sporogenes		I	I	?	I	I
1234		Bacillus oedematis maligni		I	?	?	0	0
1235		Bac. anthracis symptomatici		I	I	II	I	0

Fortsetzung zu Tabelle IX.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Mischbouillonkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben in oberen Schichten der Bouillon; in Tagen				
				1	2	3	4	6
1261	Bacillus aus Eiter	Clostridium butyricum	Erst starke, nach 5 Tagen schwache Trüb.	0	0	I	II	0
1262		Bacillus botulinus		0	0	IV	0	0
1263		Bacillus sporogenes		I	II	II	?	0
1264		Bacillus oedematis maligni		0	I	I	II	0
1265		Bacillus anthracis symptom.		I	I	I	I	0
1361	Vibrio cholerae asiaticae	Clostridium butyricum	Schwache Trübung	0	I	IV	—	—
1362		Bacillus botulinus		0	0	III	—	—
1363		Bacillus sporogenes		III	IV	—	—	—
1364		Bacillus oedematis maligni		II	III	—	—	—
1365		Bacillus anthracis symptom.		III	—	—	—	—
1401	Vibrio Metschnikowi	Clostridium butyricum	do.	X	III	—	—	—
1402		Bacillus botulinus		X	III	—	—	—
1403		Bacillus sporogenes		I	III	—	—	—
1404		Bacillus oedematis maligni		I	II	—	—	—
1405		Bacillus anthracis symptom.		0	III	—	—	—
1351	Mikrococcus tetragenus	Clostridium butyricum	do.	0	X	II	—	—
1352		Bacillus botulinus		I	I	III	—	—
1353		Bacillus sporogenes		I	I	IV	—	—
1354		Bacillus oedematis maligni		III	—	—	—	—
1355		Bacillus anthracis symptom.		I	I	IV	—	—

Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Misch-Agarstrichkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben. In Tagen				
				1	2	3	4	6
1396	Bacillus typhosus	Clostridium butyricum	Nicht dicke Auflagerung	I	II	II	—	—
1397		Bacillus botulinus		I	II	—	—	—
1898		Bacillus sporogenes		III	—	—	—	—
1399		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1400		Bacillus anthracis symptom.		I	II	—	—	—

Fortsetzung zu Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Misch-Agarstrichkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben In Tagen				
				1	2	3	4	6
1336	Bacillus coli comm.	Clostridium butyricum	} ziemlich dicke Auflagerung u. Gasbildung	I	IV	—	—	—
1337		Bacillus botulinus		0	0	0	IV	—
1338		Bacillus sporogenes		III	III	—	—	—
1339		Bacillus oedematis maligni		I	III	—	—	—
1340		Bacillus anthracis symptomat.		0	0	0	I	II
1256	Bacillus acidilactici	Clostridium butyricum	dünne Aufl.	I	III	—	—	—
1257		Bacillus botulinus	dicke Aufl.	V	—	—	—	—
1258		Bacillus sporogenes	} dünne Auf- lagerg.	0	III	—	—	—
1259		Bacillus oedematis maligni		V	III	—	—	—
1260		Bacillus anthracis symptomat.		X	X	0	III	—
1246	Bacillus proteus vulgaris I	Clostridium butyricum	} dicke Auf- lag.	IV	V	—	—	—
1247		Bacillus botulinus		II	V	—	—	—
1248		Bacillus sporogenes	} dünne Auf- lag.	0	I	II	V	—
1249		Bacillus oedematis maligni		0	0	II	—	—
1250		Bacillus anthracis symptomat.		0	0	0	0	III
1416	Bacillus proteus vulgaris II	Clostridium butyricum	} dünne Auf- lagerg.	0	I	—	—	—
1417		Bacillus botulinus		0	II	—	—	—
1418		Bacillus sporogenes		0	II	—	—	—
1419		Bacillus oedematis maligni		I	III	—	—	—
1420		Bacillus anthracis symptomat.		0	I	—	—	—
1316	Bacillus proteus Zopfii	Clostridium butyricum	dünne Aufl.	0	0	II	—	—
1317		Bacillus botulinus	} dicke Auf- lag.	IV	V	—	—	—
1318		Bacillus sporogens		V	—	—	—	—
1319		Bacillus oedematis malignis		V	—	—	—	—
1320		Bacillus anthracis symptomat.	dünne Anfl.	0	III	—	—	—
1206	Bacillus prodigiosus	Clostridium butyricum	} mäfsig dicke Auf- lag.	I	V	—	—	—
1207		Bacillus botulinus		0	V	—	—	—
1208		Bacillus sporogenes	dünne Aufl.	0	IV	—	—	—
1209		Bacillus oedematis maligni	} mäfsig dicke Auf- lag.	0	V	—	—	—
1210		Bacillus anthracis symptomat.		?	?	X	?	V

Fortsetzung zu Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aeroben	Arten der Anaeroben	Beschaffenheit der Mischstrichagarkultur	Sporenbildung der Anaeroben; in Tagen				
				1	2	3	4	6
1216	Bac. fluorescens liquefac.	Clostridium butyricum	Dicke Auflag.	0	III	—	—	—
1217		Bacillus botulinus		III	—	—	—	—
1218		Bacillus sporogenes		III	—	—	—	—
1219		Bacillus oedematis maligni		IV	—	—	—	—
1220		Bac. anthracis symptomatici		0	III	—	—	—
1326	Theebraunfarb. Bacillus	Clostridium butyricum	Dünne Auf	0	I	—	—	—
1327		Bacillus botulinus		IV	—	—	—	—
1328		Bacillus sporogenes		IV	—	—	—	—
1329		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1330		Bac. anthracis symptomatici		III	—	—	—	—
1296	Bac. rubefac. pyogenes	Clostridium butyricum	Dicke Auf.	0	V	—	—	—
1297		Bacillus botulinus		IV	—	—	—	—
1298		Bacillus sporogenes	Mäßig dick. Auf.	X	III	—	—	—
1299		Bacillus oedematis maligni		X	X	?	II	—
1300		Bac. anthracis symptomatici	Dünne Auf.	0	X	X	III	—
1226	Bacillus pituitosus	Clostridium butyricum	Dicke Auf.	0	X	III	—	—
1227		Bacillus botulinus		X	X	0	V	—
1228		Bacillus sporogenes	Mäßig dick. Auf.	0	X	III	—	—
1229		Bacillus oedematis maligni		X	X	X	II	—
1230		Bac. anthracis symptomatici	Dünne Auf.	0	V	—	—	—
1346	Bacillus pyocyaneus	Clostridium butyricum	Dicke Auf.	II	—	—	—	—
1347		Bacillus botulinus		0	0	0	I	—
1348		Bacillus sporogenes		II	—	—	—	—
1349		Bacillus oedematis maligni		III	—	—	—	—
1350		Bac. anthracis symptomatici		0	0	0	II	—
1286	Bacillus odoratus	Clostridium butyricum	Dicke Auf.	0	II	—	—	—
1287		Bacillus botulinus		0	III	—	—	—
1288		Bacillus sporogenes	Dünne Auf.	II	—	—	—	—
1289		Bacillus oedematis maligni		II	—	—	—	—
1290		Bac. anthracis symptomatici	Dicke Auf.	I	III	—	—	—

Fortsetzung zu Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Misch-Agarstrichkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben. In Tagen				
				1	2	3	4	6
1306	Bacillus aerophilosimilis	Clostridium butyricum	Dicke Aufl.	0	0	0	III	—
1307		Bacillus botulinus		V	V	V	V	—
1308		Bacillus sporogenes		0	X	X	V	—
1309		Bacillus oedematis maligni		0	0	0	V	—
1310		Bac. anthracis symptomatici		V	—	—	—	—
1276	Bacillus lactis innocuus	Clostridium butyricum	Dicke Aufl.	0	IV	—	—	—
1277		Bacillus botulinus		0	III	—	—	—
1278		Bacillus sporogenes		V	—	—	—	—
1279		Bacillus oedematis maligni		0	0	0	V	—
1280		Bac. anthracis symptomatici		Dünn. Aufl.	0	0	0	0
1376	Bacillus lateriticum	Clostridium butyricum	Dünne Aufl.	0	I	—	—	—
1377		Bacillus botulinus		I	I	—	—	—
1378		Bacillus sporogenes		I	I	—	—	—
1379		Bacillus oedematis maligni		I	I	—	—	—
1380		Bac. anthracis symptomatici		0	I	—	—	—
1386	Bacillus coli non fervoris	Clostridium butyricum	Dünne Aufl.	III	III	—	—	—
1387		Bacillus botulinus		0	II	—	—	—
1388		Bacillus sporogenes		II	III	—	—	—
1389		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1390		Bac. anthracis symptomatici		0	I	—	—	—
1236	Bacillus annulatus aureus	Clostridium butyricum	Dicke Aufl.	0	0	III	—	—
1237		Bacillus botulinus		X	IV	—	—	—
1238		Bacillus sporogenes		V	—	—	—	—
1239		Bacillus oedematis maligni		0	III	—	—	—
1240		Bac. anthracis symptomatici		Dünn. Aufl.	0	III	—	—
1266	Bacillus aus Eiter	Clostridium butyricum	Dicke Aufl.	II	II	—	—	—
1267		Bacillus botulinus		V	—	—	—	—
1268		Bacillus sporogenes		0	0	0	II	III
1269		Bacillus oedematis maligni		X	X	X	V	—
1270		Bac. anthracis symptomatici		Dicke Aufl.	V	—	—	—

Fortsetzung von Tabelle X.

Versuchsnummer	Arten der Aëroben	Arten der Anaëroben	Beschaffenheit der Mischagarstrichkultur (B)	Sporenbildung der Anaëroben; in Tagen				
				1	2	3	4	6
1366	Vibrio cholerae asiaticae	Clostridium butyricum	Dünne Auflage	II	II	—	—	—
1367		Bacillus botulinus		0	I	—	—	—
1368		Bacillus sporogenes		X	II	—	—	—
1369		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1370		Bac. anthracis symptomatici		0	I	—	—	—
1406	Vibrio Metschnikowi	Clostridium butyricum	Dünne Auflage	0	0	0	I	II
1407		Bacillus botulinus		0	0	II	—	—
1408		Bacillus sporogenes		V	—	—	—	—
1409		Bacillus oedematis maligni		II	III	—	—	—
1410		Bac. anthracis symptomatici		IV	—	—	—	—
1356	Mikrococcus tetragenus	Clostridium butyricum	Ziemlich dünne Auflage	0	II	II	—	—
1357		Bacillus botulinus		0	II	—	—	—
1358		Bacillus sporogenes		0	II	—	—	—
1359		Bacillus oedematis maligni		V	—	—	—	—
1360		Bac. anthracis symptomatici		IV	—	—	—	—

Tabelle XI.

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Temperatur ° C.	Verweilen in Brütschranke und unter Wasserstoff	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Bemerkung
				so- fort	1	2	3	4	6	
a. Clostridium butyricum.										
18	Bouillon	18	28 Tage	0	0	0	0	—	—	Mikroskopisch Involutionsformen Schwache Trübung Starke Trübung Mäßige Trübung
54		20	28	?	?	?	?	?	?	
1024		34	3	I	III	—	—	—	—	
720		34	4	III	IV	—	—	—	—	
50		34	10	?	I	I	II	II	—	
51	2% T.- Zucker- Bouill.	20	28	0	0	I	?	—	—	Meist Involutionsformen Schwache Trübung
267		34	4	II	II	—	—	—	—	
218	Gewöhnliche Gelatine	22	5	0	0	0	—	—	—	Makroskopisch klar Üppige Entwicklung Sehr üppige Entwicklung und oft Involutionsformen Schwache Entwicklung und Gasbildung Starke Entwicklung und Gasbildung
47		22	15	I	III	—	—	—	—	
40		22	26	IV	IV	—	—	—	—	
548		34	1	0	I	—	—	—	—	
43		34	2	IV	—	—	—	—	—	
358	2% T.-Zucker- Gelatine	21	6	0	0	0	0	II	III	Starke Entwicklung und Gasbildung
357		20	7	0	0	X	X	II	III	
42		22	10	X	IV	—	—	—	—	
52		22	16	III	V	—	—	—	—	
219		34	1	III	IV	—	—	—	—	
b. Bacillus botulinus.										
5	Bouillon	22	5 Tage	0	0	0	0	—	—	Schwache Trübung Trübung mit Bodensatz Mäßig starke Trübung Mikroskopisch nur Involutions- formen Starke Trübung
1460		24	32	X	IV	—	—	—	—	
27		22	38	X	I	I	III	IV	—	
8		22	60	?	?	?	?	?	—	
12		34	5	0	0	0	—	—	—	
141	34	8	III	III	—	—	—	—		
133	Gewönl. Gelatine	22	2	0	I	—	—	—	—	Schwache Entwicklung Verflüssigung und Gasbildung Trübung
132		22	5	I	II	—	—	—	—	
577		34	1	III	—	—	—	—	—	
131	2% T.-Zucker- Gelatine	22	23	0	0	X	X	II	—	Verflüssigung und Gasbildung
461		22	25	IV	—	—	—	—	—	
463		22	27	IV	—	—	—	—	—	
1612		34	21 Std.	0	I	—	—	—	—	
1651	34	23	I	III	—	—	—	—	Schwache Entwicklung	

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Temperatur °C.	Verweilen im Brutschranke und unter Wasserstoff	Intensität der Sporenbildung, Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Bemerkung
				sofort	1	2	3	4	6	

c. Bacillus sporogenes.

9	Bouillon	22	4 Tage	0	0	I	I	—	—	Starke Trübung
104		22	20	0	0	0	0	0	?	Mäßige Trübung
103		22	28	0	0	0	?	?	II	Schwache Trübung
1489		24	32	IV	—	—	—	—	—	
25		22	38	0	0	0	0	0	0	
4		34	4	0	0	II	—	—	—	Starke Trübung
125	34	8	I	II	—	—	—	—		
126	34	9	IV	IV	—	—	—	—		
105	2% T.-Zucker-Bouillon	22	20	0	0	0	—	—	—	Mäßige Trübung
102		22	28	0	?	?	?	?	?	Klar mit Bodensatz
730		34	3	0	I	I	I	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
248		34	4	I	IV	—	—	—	—	
108	Gewöhnl. Gelatine	22	5	0	0	I	I	II	—	Schwache Entwicklung
113		22	20	0	0	0	II	—	—	Verflüssigung und Gasbildung
107		22	23	0	0	I	?	V	—	
609		34	1	IV	V	—	—	—	—	Klar
119		34	2	IV	—	—	—	—	—	Starke Trüb. u. Gasbild.
123	2% Trauben-zucker-gelatine	22	5	I	IV	—	—	—	—	Starke Verflüss.u.Gasbild.
502		20	13	0	0	0	III	—	—	Sehr schwache Entwickl.
503		21	20	II	III	—	—	—	—	Verflüssigung u. Gasbild.
1680		34	14 Std.	0	—	—	—	—	—	Mikroskop. Entwickl.
1681		34	22	I	—	—	—	—	—	

d. Bacillus anthracis symptomatice.

159	Bouillon	22	8 Tage	0	0	II	—	—	—	Mäßige Entwicklung
1546		22	32	III	V	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
203		34	8	IV	V	—	—	—	—	Starke Entwicklung
200	Gewöhnl. Gelatine	22	5	0	0	I	—	—	—	Makrosk. kein Wachstum
60		16	10	0	0	I	III	—	—	Verflüssigung u. Gasbild.
668		34	1	II	—	—	—	—	—	Makrosk. kein Wachstum
76		34	2	IV	—	—	—	—	—	Starke Entwickl. u. Gasb.
398	2% Trauben-zucker-gelatine	21	24	IV	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
396		20	25	IV	—	—	—	—	—	
71		22	26	?	0	II	—	—	—	Verflüssigung der Gelatine
1732		22	28	IV	—	—	—	—	—	
1734	2% Trauben-zucker-gelatine	34	14 Std.	I	—	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
1731		34	23	I	III	—	—	—	—	

Versuchsnummer	Nährsubstrat	Temperatur °C.	Verweilen im Brutschranke und unter Wasserstoff	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt						Bemerkung
				so-fort	1	2	3	4	6	
e. Bacillus oedematis maligni.										
7	Bouillon	22	4 Tage	0	0	0	0	I	I	Ziemlich starke Entwicklung
1		22	6	0	I	—	—	—	—	
2		22	8	0	I	—	—	—	—	Klar mit Bodensatz
15		22	15	X	II	—	—	—	—	
92		22	28	?	?	?	?	—	—	Mäßige Entwicklung
1534		24	32	?	III	III	—	—	—	Klar mit Bodensatz
24		22	38	?	II	II	—	—	—	Schwaches Wachstum
1110		34	3	?	0	IV	—	—	—	Üppige Entwickl. und Gasbildung
3		34	4	?	0	0	I	I	—	
816		34	4	?	I	II	—	—	—	Schwache Trübung mit Bodensatz
79	34	6	?	II	III	—	—	—		
91	2% Traub.-Zucker-Bouillon	22	28	0	0	0	I	I	I	Klar mit Bodensatz
82		34	2	0	—	—	—	—	—	Starke Trübung
806		34	3	III	IV	IV	—	—	—	
148	Gewöhnl. Gelatine	22	2	0	II	III	—	—	—	Schwache Entwicklung
151		22	3	I	III	—	—	—	—	Spurweise Verflüssig. d. Gelat.
158		22	4	III	IV	—	—	—	—	Starke Verflüssigung der Gelatine und Gasbildung
156		22	5	V	—	—	—	—	—	
157		22	6	V	—	—	—	—	—	
28		21	11	V	—	—	—	—	—	
29		21	16	V	—	—	—	—	—	
30		21	20	V	—	—	—	—	—	
31		21	25	V	—	—	—	—	—	
639		34	1	0	IV	—	—	—	—	Schwache Entwicklung
88	34	2	IV	—	—	—	—	—	Starke Entwickl. u. Gasb.	
300	2% Traub.-Zucker-Gelatine	20	6	0	0	0	0	I	III	Verflüssigung der Gelatine und Gasbildung
299		21	6	0	0	0	0	II	III	
419		20	13	II	III	—	—	—	—	
418		21	13	II	III	—	—	—	—	
93		22	23	I	II	II	III	IV	—	
194	34	1	I	III	—	—	—	—	Starke Trüb. u. Gasbildg.	
36	Gewöhnl. Agar	22	20	III	—	—	—	—	—	Üppige Entwicklung
37		22	25	III	—	—	—	—	—	
10		22	30	III	—	—	—	—	—	
16		34	3	II	—	—	—	—	—	

Tabelle XII.

a. *Clostridium butyricum*.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Stunden, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung; Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			sofort	1	2	4	
1862	50° C	48 Stunden	0	0	—	—	Keine Entwicklung
1863	50° C	72 »	0	0	—	—	
1621	ca. 47° C	26 »	0	0	—	—	
1622	ca. 47° C	38 »	0	0	—	—	
1861	ca. 45,5° C	18 »	0	II	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1620	ca. 45,5° C	20 ¹ / ₂ »	I	II	—	—	
1619	ca. 45,5° C	24 »	I	II	—	—	
1860	ca. 41,5° C	12 »	0	II	—	—	
1618	ca. 41,5° C	14 »	II	—	—	—	Schwache Entwicklung
1617	ca. 41,5° C	18 ¹ / ₂ »	I	—	—	—	
1859	ca. 38° C	14 »	II	—	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1603	ca. 38° C	18 »	II	—	—	—	Sehr schwache Entwickl.
1602	ca. 38° C	24 »	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1623	ca. 35° C	14 »	0	—	—	—	Mikroskop. Entwicklung
1572	ca. 35° C	18 »	II	—	—	—	
558	34° C ¹⁾	16 »	X	III	—	—	
1572	34° C	18 »	II	IV	—	—	Schwache Entwicklung
1894	27° C	48 »	0	I	IV	—	
1895	27° C	5 Tage	II	—	—	—	Ziemlich üppige Entwicklung
218	22° C	5 »	0	0	0	—	
42	22° C	10 »	X	IV	—	—	
47	22° C	15 »	II	III	—	—	
52	22° C	16 »	III	V	—	—	
358	21° C	6 »	0	0	0	II	Schwache Entwicklung
19	21° C	24 »	III	—	—	—	
357	20° C	7 »	0	0	X	II	Mikroskop. Entwicklung
1896	17° C	28 »	I	—	—	—	
1874	16° C	30 »	0	0	0	0	Kein Wachstum
1875	14° C	38 »	0	0	0	0	
1876	12° C	60 »	0	0	—	—	Kein Wachstum
1877	ca. 0° C	60 »	0	0	—	—	

¹⁾ 2 proz. Traubenzucker-Fleischpeptonelatine (ohne Kochsalz).

b. *Bacillus botulinus*.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Stunden, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung. Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur u. bei Luftzutritt.				Wachstum
			so- fort	1	2	4	
1867	50° C.	48 Std.	0	0	0	0	Kein Wachstum
1868	» »	72 »	0	0	0	0	
1644	ca. 47° C.	26 »	0	0	0	0	
1645	» »	38 »	0	0	0	0	
1866	» »	72 »	0	0	0	0	
1643	ca. 45,5° C.	18 »	0	II	—	—	Schwachtes Wachstum
1642	» »	21 »	II	—	—	—	
1865	ca. 41,5° C.	8 »	0	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1640	» »	12 ¹ / ₂ »	I	—	—	—	
1641	» »	19 »	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1864	ca. 38° C.	13 »	II	—	—	—	
1639	» »	18 »	IV	—	—	—	
1638	» »	24 »	II	—	—	—	
1646	ca. 35° C.	14 »	0	—	—	—	
1652	» »	21 »	0	I	—	—	
1651	» »	23 »	I	III	—	—	
588	34° C. ¹⁾	16 »	I	V	—	—	Üppige Entwicklung
732	» » ¹⁾	24 »	II	V	—	—	
1897	27° C.	5 Tage	X	IV	—	—	
1898	» »	10 »	II	IV	—	—	Üppige Entwicklung mit Gasblasen
131	22° C.	23 »	0	0	X	II	
461	» »	25 »	IV	—	—	—	
463	» »	27 »	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung und Gasbildung
462	19—20° C.	25 »	IV	—	—	—	
1901	17° C.	38 »	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1902	16° »	38 »	I	—	—	—	
1869	14° »	40 »	0	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1870	12° »	60 »	0	—	—	—	
1871	8° »	60 »	0	—	—	—	Kein Wachstum
1872	ca. 0° »	60 »	0	—	—	—	

1) 2proz. Traubenzucker-Fleischpeptongelatine.

c. Bacillus sporogenes.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Stunden, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung; Tageanzahl, nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			sofort	1	2	4	
1915	50° C	38 Stunden	0	0	0	—	} Kein Wachstum
1916	50° C	72 >	0	0	0	—	
1678	ca. 47° C	26 >	0	0	I	—	} Mikroskop. Entwicklung Sehr schwache Entwickl.
1679	ca. 47° C	38 >	I	II	—	—	
1914	ca. 45,5° C	18 >	0	II	—	—	} Mikroskop. Entwicklung
1677	ca. 45,5° C	20 ^{1/2} >	I	II	—	—	
1676	ca. 45,5° C	24 >	I	III	—	—	
1913	ca. 41,5° C	8 >	0	II	—	—	
1675	ca. 41,5° C	14 >	II	—	—	—	
1674	ca. 41,5° C	18 ^{1/2} >	I	II	—	—	
1912	ca. 38° C	10 >	0	III	—	—	} Schwache Entwicklung
1673	ca. 38° C	18 >	IV	V	—	—	
1672	ca. 38° C	24 >	III	V	—	—	
1680	ca. 35° C	14 >	0	IV	—	—	} Mikroskop. Entwicklung
1681	ca. 35° C	22 >	I	—	—	—	
619	34° C ¹⁾	16 >	I	IV	—	—	Schwache Entwicklung
1908	27° C	4 Tage	X	IV	—	—	} Üppige Entwicklung und Gasbildung
1909	27° C	5 >	II	—	—	—	
123	22° C	5 >	I	IV	—	—	
503	21° C	20 >	II	III	—	—	} Sehr schwache Entwickl.
502	20° C	13 >	0	0	0	III	
1911	20° C	20 >	II	—	—	—	} Schwache Entwicklung
1912	19° C	30 >	I	—	—	—	
1882	17° C	38 >	I	—	—	—	
1883	16° C	38 >	I	—	—	—	
1884	14° C	50 >	0	0	0	0	
1885	12° C	60 >	0	0	0	0	} Kein Wachstum
1886	ca. 0° C	60 >	0	0	0	0	

¹⁾ 2% Traubenzuckerfleischpeptongelatine.

d. *Bacillus oedematis maligni*.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Std. in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität d. Sporenbild. Tageanzahl, n. Öffnung d. H-Kultur und bei Luftzutritt				Wachstum
			sofort	1	2	4	
1919	50° C.	38 Std.	0	0	—	—	} Kein Wachstum
1918	50° C.	72 ,	0	0	—	—	
1695	ca. 47° C.	26 ,	0	0	—	—	
1696	ca. 47° C.	38 ,	I	I	—	—	} Mikroskopische Entwicklung
1698	ca. 45,5° C.	14 ,	0	I	—	—	
1694	ca. 45,5° C.	18 ,	I	—	—	—	
1693	ca. 45,5° C.	21 ,	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1699	ca. 41,5° C.	12 ,	0	I	—	—	} Mikroskopische Entwicklung
1692	ca. 41,5° C.	14 ,	II	—	—	—	
1691	ca. 41,5° C.	18 1/2 ,	I	—	—	—	
1700	ca. 38° C.	14 ,	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1690	ca. 38° C.	18 ,	II	—	—	—	} Ziemlich üppige Entwicklung
1689	ca. 38° C.	24 ,	III	—	—	—	
1701	ca. 35° C.	12 ,	0	II	—	—	
1697	ca. 35° C.	14 ,	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
194	ca. 35° C.	24 ,	I	III	—	—	Starke Entwicklung und Gasbildung
1905	27° C.	24 ,	0	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1906	27° C.	48 ,	0	—	—	—	Schwache Entwicklung
1907	27° C.	60 ,	I	III	—	—	Mäßige Entwicklung
148	22° C.*)	48 ,	0	II	—	—	Schwache Entwicklung
151	22° C.*)	72 ,	I	III	—	—	Mäßige Entwicklung
158	22° C.*)	96 ,	III	IV	—	—	Üppige Entwicklung und Gasbildung
418	21° C.	13 Tage	II	—	—	—	Mäßige Entwicklung
419	20° C.	13 ,	II	—	—	—	Üppige Entwicklung
1910	19° C.	13 ,	II	—	—	—	} Schwache Entwicklung
1888	17° C.	20 ,	I	—	—	—	
1889	16° C.	28 ,	I	—	—	—	
1890	14° C.	35 ,	0	0	0	0	Mikroskopische Entwicklung
1891	12° C.	60 ,	0	0	0	0	} Kein Wachstum
1892	ca. 0° C.	60 ,	0	0	0	0	

*) Gewöhnliche Gelatine.

e. *Bacillus anthracis* symptomaticis.

Versuchsnummer	Temperatur	Anzahl der Stunden, in welchen sie sich unter H entwickeln	Intensität der Sporenbildung.				Wachstum
			Tageanzahl nach Öffnung der H-Kultur und bei Luftzutritt	sofort	1	2	
1851	50° C.	48 Std.	0	0	0	—	Kein Wachstum.
1852	, ,	72	0	0	0	—	
1732	ca. 47° C.	26	0	0	0	—	
1733	, ,	36	0	0	0	—	
1857	, ,	72	0	0	0	—	
1856	ca. 45,5° C.	14	0	I	—	—	Mikroskopisch klar
1731	, ,	19	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1730	, ,	21	I	—	—	—	
1855	ca. 41,5° C.	10	0	—	—	—	Makroskopisch klar
1718	, ,	12½	IV	—	—	—	
1720	, ,	14	I	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1719	, ,	19	III	—	—	—	
1854	ca. 38° C.	14	II	—	—	—	Mikroskopische Entwicklung
1714	, ,	18	III	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1713	, ,	24	IV	—	—	—	Schwache Entwicklung
1858	ca. 35° C.	8	0	II	—	—	Mikroskopisch klar
1734	, ,	14	I	—	—	—	Schwache Entwicklung
1735	, ,	22	I	—	—	—	
1741	, ,	23	I	III	—	—	
681	34° C. 1)	16	III	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
822	34° C. 1)	24	III	—	—	—	
1899	27°	10 Tage	V	—	—	—	Mäßige Entwicklung
1900	22°	24	IV	—	—	—	
398	21°	24	IV	—	—	—	
396	20°	25	IV	—	—	—	
397	19°	25	IV	—	—	—	
1903	17°	38	II	—	—	—	Sehrschwache Entwicklung
60	16°	10	0	0	I	III	Schwache Entwicklung
1904	, ,	38	II	—	—	—	
1873	14°	10	0	—	—	—	Sehr schwache Entwicklung
1879	, ,	38	I	—	—	—	
1880	12°	60	0	0	0	0	Mikroskopische Entwicklung
1881	8°	60	0	0	0	0	Kein Wachstum
1882	ca. 0°	60	0	0	0	0	

1) 2proz. Traubenzucker-Fleischpeptongelatine.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

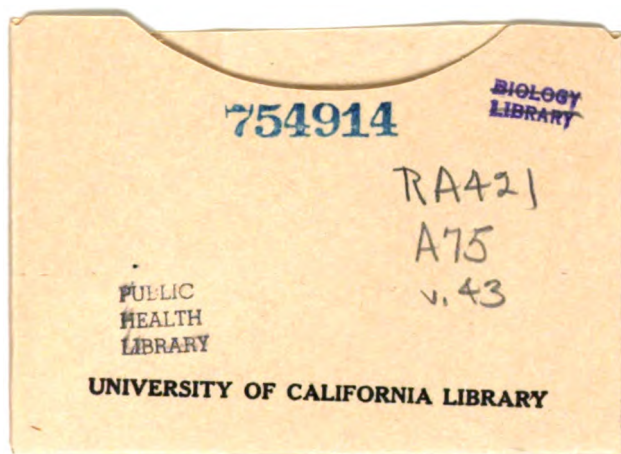
- Fig. 1. *Clostridium butyricum*, 10 Tage alte Kolonie auf Gelatineplatte unter Wasserstoff. Vergrößerung = 50 linear.
- Fig. 2. Dasselbe, 2 $\frac{1}{2}$ Tage alte 2proz. Traubenzucker-Agarstrichkultur bei 34° C. und unter Wasserstoff. Vergrößerung = 0 linear.
- Fig. 3. Dasselbe, 16 Tage alte 2proz. Traubenzucker-Agarstrichkultur bei Zimmertemperatur und im Vacuum bei 0,008 ccm Sauerstoffgehalt in 2620 ccm Glockenrauminhalt (S. Versuch 968 in Tabelle VIII f.). Vergrößerung = 0 linear.
- Fig. 4. *Bacillus sporogenes*, Nährboden u. s. w. wie bei Fig. 3.

Tafel II.

- Fig. 5. *Bacillus X*, 3 Tage alte Kolonie auf Gelatineplatte bei Luftzutritt. Vergrößerung = 50 linear.
 - Fig. 6. *Bacillus anthracis symptomatici*, 2 $\frac{1}{2}$ Tage alte 2proz. Traubenzucker-Agarstrichkultur bei 34° C. und unter Wasserstoff. Vergrößerung = 0 linear.
 - Fig. 7. Derselbe, 12 Tage alte 2proz. Traubenzucker-Agarstrichkultur bei Zimmertemperatur und im Vacuum bei 0,00000044 ccm Sauerstoff- und 620 ccm Wasserstoffgehalt in 2275 ccm Glockenrauminhalt (vgl. Versuch 969 in Tabelle VIII f.). Vergrößerung = 0 linear.
 - Fig. 8. *Bacillus oedematis maligni*, Nährboden u. s. w. wie bei Fig. 6.
 - Fig. 9. Derselbe, Nährboden u. s. w. wie bei Fig. 7.
-

TO THE
LIBRARY

YD 11576



754914

BIOLOGY
LIBRARY

RA421

A75

v. 43

PUBLIC
HEALTH
LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

