[Aus dem hygienischen Institut der Königl. Universität Turin.]
(Leiter: Prof. L. Pagliani.)

Lebensdauer und Virulenz des Typhusbacillus in Gruben, Tonnen und im Boden.

Von

Dr. O. Galvagno, und Dr. A. Calderini.
Assistent,

Die erhebliche Schwierigkeit der Isolierung der Typhusbazillen einerseits und ihrer genauen diagnostischen Unterscheidung von den diversen typhusähnlichen Bakterien andererseits hatte zur Folge, daß früher, nach der ersten von Gaffky im Jahre 1882 gegebenen Beschreibung seiner biologischen Eigenschaften, von den zahlreichen sich damit beschäftigenden Forschern die einen den Bacillus nur höchst selten vorfanden, die anderen ihn gar zu häufig aus den Wässern, dem Boden und den Gruben- und anderen Abwässern erhalten zu haben glaubten. Dem Wasser wurde bisher eine hervorragende Bedeutung für die Entstehung der Typhusepidemien zugeschrieben, und es werden zahllose Fälle angeführt, wo die klinische Diagnose durch den bakteriologischen Befund in der angeblichen Krankheitsquelle ihre Bestätigung fand, so die Fälle von Pagliani, Abba, Bertarelli, Brouardel, Schild, Chantemesse, Widal, Thoinot, Vincent, Péré, Fodar, Conradi, Harrington.

Das Vorkommen von Infektionen durch das Wasser ist außer durch die erwähnten Beispiele auch durch das Entstehen vieler kleiner Epidemieherde um bestimmte Quellen oder Brunnen herum bewiesen. Aber damit ist noch nicht gesagt, daß das Wasser immer und notwendigerweise die Infektionsquelle zu sein braucht. Für manche freilich ist die Frage schnell erledigt: Typhusepidemie und Wasserverseuchung gehen für sie Hand in

Hand, während nach der Ansicht anderer die genannte Ursache absolut auszuschließen ist (Emmerich). Die Frage ist nun durchaus nicht so einfach und klar: manchmal geht nach Anlage einer guten Wasserleitung in einer Stadt der Typhus stark zurück, in manchen anderen Fällen hingegen ist keinerlei Abnahme zu bemerken, und in einigen Städten, wie z. B. Rom, muß das Wasser als gewöhnlicher Verbreiter dieser Infektion absolut ausgeschlossen werden. So fand auch Pettenkofer für München, daß die Verbreitung der Cholera und des Typhus dortselbst ein von der Wasserversorgung völlig unabhängiges Verhalten zeigte, insofern auch nach Anlage der Wasserleitung die Verbreitungsweise der Krankheiten keine Änderung erfuhr. Daher müssen bei plötzlichem Ausbruch einer Typhusepidemie sorgfältig alle Umstände in Betracht gezogen und vorschnelle Urteile über deren Verbreitung durch das Wasser vermieden werden.

Tatsache ist, daß es bei der großen Zahl der Infektionsquellen und -überträger immer schwer hält, festzustellen, welche und wieviele von diesen Faktoren dabei in Frage kommen; und die Schwierigkeit ist heutzutage noch gewachsen, nachdem neuerliche Forschungen nachgewiesen haben, daß bei der Typhusverbreitung die Fliegen, das Kontagium und sogar die gesunden Individuen eine bedeutende Rolle spielen. Ficker hat in der Tat gezeigt, daß im Hause eines Typhuskranken gefangene Fliegen Typhuskeime trugen und daß die Fliegen, wenn künstlich mit infiziertem Material in Berührung gebracht, noch zwei bis drei Tage später Typhuserreger auf den Gegenständen, auf die sie sich setzten, hinterlassen konnten. Ferner hat Koch in neuester Zeit die Hygieniker darauf aufmerksam gemacht, daß der Typhus besonders auf dem Lande sich häufiger, als bisher angenommen, durch Kontagium und nicht auf hydrischem Wege verbreitet, wie schon vor ihm andere, besonders in Frankreich behauptet haben. Bei vielen Endemien in kleinen Orten sind in der Tat die Typhusfälle zeitlich derart verkettet, daß nur die direkte Übertragung zur Erklärung herangezogen werden kann. Besonders auf dem Lande werden ja die Fäkalien nahe den Wohnungen angehäuft und dann als Dung in die Gärten und auf die Felder gebracht, von wo die in den Abfallstoffen enthaltenen Infektionskeime sehr leicht mit den kot- und schmutzbedeckten Schuhen in die Behausungen selbst getragen werden oder auch durch den Luftstaub dahin gelangen.

Die sogenannten „Bazillenträger“ sind gesunde Personen, die Typhuskeime ausscheiden, ohne je die geringste Spur von Abdominaltyphus gezeigt zu haben. Trotz ihres Wohlbefindens können sie die mit ihnen verkehrenden Leute gefährden und müssen daher überwacht werden. Minelli hat nachgeforscht, ob solche Bazillenträger auch an Orten zu finden seien,

wo seit langer Zeit kein Typhusfall mehr vorgekommen. Zu diesem Zweck hat der Genannte alle Häftlinge eines seit langer Zeit typhusfreien Gefängnisses, im ganzen 250 Personen, systematisch untersucht und bei einem der Gefangenen den spezifischen Bacillus aus den Dejektionen zu isolieren vermocht. Zur Zeit des ersten Nachweises des Keimes in den Fäces befand sich der Sträfling ganz wohl und war schon seit 8 Wochen in Haft. Die Untersuchung wurde dann 20 Tage lang immer mit positivem Ergebnis fortgesetzt. Die Tatsache des Vorkommens von Typhusbazillen im Darm Gesunder war übrigens schon von Remlinger und seinem Mitarbeiter G. Schneider, sowie von Cler und Ferrazzi hervorgehoben worden. Von der Annahme ausgehend, daß die Dejektionen die Hauptinfektionsquelle darstellen, haben natürlich die Hygieniker ihr Hauptaugenmerk auf Schutz gegen die darin liegenden Gefahren gerichtet: Behandlung der Exkremente und des Harns der Kranken mit geeignetem Desinfektionsmaterial vor ihrer Fortschaffung aus dem Krankenzimmer, Desinfektion der Kleidungsstücke und des Bettzeuges, die eventuell durch Dejektionen verschmutzt waren oder von Typhuskranken stammten. Jedoch werden diese besonderen Maßregeln schwerlich immer mit der wünschenswerten Strenge, zur rechten Zeit und auch für die notwendige Zeitdauer durchgeführt; andererseits ist das Problem der Typhusepidemien eng verknüpft mit dem Problem der Fortschaffung der Abfallstoffe aus der Nähe der Behausungen, über das noch Uneinigkeit herrscht.

Hierbei kommen drei Faktoren in Betracht: der Ekel gegen derartige Stoffe, also ein rein ästhetisches Moment, das Interesse der Landwirtschaft, die ihre Ansprüche auf einen Teil dieser Stoffe geltend macht, welche ein wertvolles und unentbehrliches Düngemittel darstellen, und endlich das Interesse des Hygienikers, der es bedenklich finden muß, daß diese verwesenden Abgänge die Disposition zu Infektionskrankheiten erhöhen und Krankheitskeime enthalten können. Lassen sich nun auch leicht die Forderungen der Hygiene mit denen der Ästhetik vereinigen, so gestaltet sich die Sache erheblich schwieriger bezüglich des landwirtschaftlichen Faktors; denn der Boden benötigt den Dünger nur zu bestimmten Zeitabschnitten, so daß die Aufbewahrung der Abgänge bis zu geeignetem Zeitpunkt Schwierigkeiten schafft, sowohl wegen der sich ansammelnden Masse, als auch wegen der Zersetzungsprozesse und der Infektionsgefahr.

Es ist daher von größtem Interesse, die Dauer der Lebensfähigkeit und der Virulenz der Keime zu kennen, um die Forderungen der Hygiene mit den Interessen der Landwirtschaft in Einklang bringen zu können.

Das Leben der Bakterien hängt in allen seinen Phasen innig mit der Wirkung besonderer Verhältnisse zusammen, so des Lichtes, der Temperatur, der Feuchtigkeit, der Reaktion des Nährmittels, der Menge der darin vorhandenen organischen Substanzen.

Wir haben alle diese Faktoren berücksichtigt, weil sie eine praktische Bedeutung haben konnten; dagegen haben wir andere physikalische Momente, die die Lebenskraft der Bakterien beeinflussen können, wie Druck, Elektrizität, außer Acht gelassen, da sie unseres Erachtens nach keinerlei praktisches Interesse bieten konnten. Die Luftdruckveränderungen üben ja tatsächlich nur, wenn sie einen hohen Grad erreichen, einen merklichen Einfluß auf das Leben und die Entwicklung der Mikroorganismen aus und auch dann nur in unvollkommener Weise; ein Eingehen auf die Wirkung der Elektrizität aber lag nicht in der Natur der vorliegenden Arbeit.

Was den Einfluß der Bewegung auf die Entwicklung und das Leben der Bakterien anlangt (die bisher hierüber angestellten Untersuchungen sind zwar nicht sehr zahlreich, aber recht interessant), so glaubten wir nicht uns damit befassen zu sollen, da es uns hauptsächlich daran lag, die Frage nach der Lebensdauer der Typhusbazillen in den Gruben, Tonnen und dann im Boden zu lösen, wo also nahezu vollständiger Mangel an Bewegung besteht; hingegen hätte die Sache wirkliches Interesse geboten, wenn es sich um Abzugskanäle gehandelt hätte.

Die uns interessierenden Verhältnisse waren demnach: Licht, Temperatur, Feuchtigkeit, Reaktion des Nährmittels, Menge der organischen Substanzen. Es ist tatsächlich nachgewiesen, daß dem Licht eine große hygienische Bedeutung zukommt, insofern es entweder hindernd auf die Entwicklung der Keime oder zerstörend auf ihre Lebenskraft oder endlich abschwächend auf die Virulenz der pathogenen Keime wirkt, je nachdem es seine Wirksamkeit vollkommen oder unvollkommen entfalten kann. Die Intensität des Lichtes ist von großer Bedeutung, denn während das diffuse Tageslicht wenig aktiv ist, entfaltet das direkte Sonnenlicht eine mehr oder minder rasche keimtötende Wirkung, je nach seiner von der Tageszeit, der Himmelsbeschaffenheit und der Jahreszeit abhängigen Intensität.

Die Temperatur spielt ebenfalls bei der Entwicklung und der Lebenskraft der Mikroorganismen eine große Rolle. Man kann sagen, daß eine höhere Temperatur ihre Entwicklung befördert, eine niedrige sie hemmt; im allgemeinen jedoch vertragen sie viel besser die Kälte als die Hitze.

Auch die Feuchtigkeit hat bedeutenden Anteil, insofern für die Vegetation der Bakterien ein Feuchtigkeitsminimum nötig ist. Die Austrocknung bewirkt das Absterben, da sie, wenn vollkommen, von keiner vegetativen Bakterienart vertragen wird.

Bemerkenswert ist endlich auch der Einfluß der organischen Substanzen: neuere Forschungen tun nämlich dar, daß die Typhuskeime die desinfizierende Wirkung des Sonnenlichtes um so besser aushalten, je reicher an organischen Substanzen das Material ist, wo sie sich befinden.

Ferner haben wir noch zwei andere Faktoren berücksichtigt, den Daseinskampf und die Bodenstruktur und ihren möglichen Einfluß auf die Lebensdauer des Typhusbacillus. Es ist ja bekannt, daß in Nährböden, wo mehrere Bakterienarten leben, das Fortkommen einer jeden von ihnen im höchsten Grade durch den Kampf ums Dasein gefährdet ist, indem diejenigen Arten, die die geeigneten Lebensbedingungen vorfinden und gegen die durch die Lebensäußerungen der darin lebenden Bakterien bedingten Veränderungen des Substrates am wenigsten empfindlich sind, üppig gedeihen, während die weniger widerstandsfähigen und anspruchsvolleren Arten unterliegen. Je reicher nun die Bakterienflora, desto lebhafter wird der Kampf zwischen den Saprophyten und den pathogenen Bakterien sein, und die ersteren werden mehr Siegesaussichten haben, insofern ihre Zahl größer, die Erzeugung von für die Konkurrenten schädlichen Substanzen ihrerseits stärker und die Menge der den letzteren entzogenen Nährsubstanz erheblicher sein wird.

Die dem Fortkommen der im Boden saprophytisch lebenden Mikroorganismen günstigsten Bedingungen sind gegeben durch das mehr oder minder vollständige Zusammentreffen aller der Verhältnisse, die den Lebenskreislauf in den Böden beschleunigen. In Böden, wo allzugroße Kompaktheit oder Feuchtigkeit oder auch Mangel an Wärme den oxydierenden Mikroorganismen den nötigen Sauerstoff und die zu ihrer Betätigung unentbehrliche Energie entziehen, tritt eine nur spärliche und kümmerliche mineralisierende Wirkung auf die abgestorbenen organischen Stoffe ein, mit einer Art lauernden Stillstandes, der den höheren Lebewesen schädliche Stoffe erzeugt. In Bodenschichten hingegen, wo der unbehinderte Luftzutritt reichliche Sauerstoffzufuhr bewirkt, wo die nicht zu stark konzentrierten organischen Stoffe, durch ausreichende Feuchtigkeit begünstigt, sich auf weitere Flächen verteilen können und solchermaßen dem Angriffe der Mikroorganismen zugänglicher werden, wo endlich auch entsprechende Bodentemperatur zu Hilfe kommt, da wickelt sich der Lebenskreislauf kräftig ab und nur schlecht kommen darin diejenigen Keime fort, die nur zufällig mit den Abgängen der höheren sie beherbergenden Lebewesen dahin gelangt sind. Diese letzteren Mikroorganismen werden bald von den zahlreicheren und lebensstüchtigeren Saprophyten überwältigt und verschwinden in kurzem ganz, da sie so aus der für ihre Verbreitung günstigsten Umgebung beseitigt werden.

Die rasche Selbstreinigung des Bodens, die unter günstigen Umständen dank der Tätigkeit der Mikroorganismen zustande kommt, ist der beste Schutz gegen die Verbreitung der parasitären infektiösen Keime, die auf dem Wege durch den Boden sich verbreiten könnten. Je länger derartige Keime unzerstört im Boden bleiben, desto wahrscheinlicher wird ihre Forttragung, sei es durch die Luft oder durch das Wasser oder durch die Eigenbewegung der Kleinlebewesen selbst.

Der Kampf ums Dasein, den die nur gelegentlich beherbergten Krankheitskeime mit den zahllosen übrigen Mikroorganismen, die als ständige Gäste längst akklimatisiert und die eigentlichen Herren des für sie ein wirkliches Nährmittel abgebenden Milieus sind, zu bestehen haben, ist aus der nachstehenden Zusammenstellung von Krauß ersichtlich, der nach Einsaat einer Typhusbazillenkultur in Münchener Wasser die folgenden Ergebnisse erhielt:

	Gewöhnliche Keime	Typhusbazillen
Zu Beginn	0	57 000
Nach 5 Tagen	80	9 000
„ 7 „	288 000	0
„ 20 „	970 000	0
„ 150 „	1 080	0

Auch zahlreiche andere Autoren haben sich mit diesem Faktor befaßt:

Frost hat einen wahren Antagonismus zwischen den verschiedenen Bakterien des Wassers und des Bodens und dem Eberth'schen Bacillus beobachtet, welcher letzterer zuweilen im Kampfe unterlag. Dieser Antagonismus ist nach dem genannten Autor vor allem die Folge der intensiven Entwicklung von dem Typhusbacillus fremden Keimen, und diese Ergebnisse stehen in Einklang mit den von Horrocks mit dem *Bac. fluorescens* erzielten; zudem scheint dieser Antagonismus durch die Erzeugung von hindernden, dialysierbaren und eine Typhuskeimentwicklung hemmenden Substanzen gefördert zu werden.

Jedoch ist eine sehr hohe Temperatur erforderlich, damit die genannten Substanzen, die thermostabil sind und bis 120° vertragen, ihre Wirkung ausüben können.

Den ausgesprochensten Antagonismus hat man zwischen *Bac. vulgatus*, *Bac. vulgaris*, *pseudomonas*, *ps. putrida*, *fluorescens* und drei verschiedenen Typhusbazillusrassen gefunden.

Nach Flügge haben die Typhusbazillen verhältnismäßig größere Fortkommensmöglichkeiten (obgleich sie keine Sporenform besitzen), wenn sie sich in einem Substrat befinden, das sie gegen die Konkurrenz anderer schneller wachsender und weniger anspruchsvoller Bakterien schützt.

Wolffhügel und Riedel haben den Typhuserreger noch nach 32 Tagen in Leitungswasser nachgewiesen, während Strauß und Dubarry seine Isolierung in sterilisiertem Wasser bis zum 81. Tage gelang.

Emmerich und nach ihm Korschun fanden, daß die Flagellaten zweifellos zerstörend auf Mikroorganismen, darunter auch den Typhusbacillus in Wässern einwirken; vielfach jedoch kann die Zahl der Flagellaten zu klein sein und der Bacillus dann 8 bis 14 Tage und noch länger fortleben.

Mit oft sich widersprechenden Ergebnissen haben ferner noch Soyka, Babes, Freudenreich, Sirotin, Garré diesem Kampf ums Dasein nachgeforscht.

Es fehlte aber auch nicht an Stimmen, die diesem Faktor keinerlei Bedeutung beigemessen wissen wollten; so versuchte Hoffmann nachzuweisen, daß, entgegen der Ansicht der meisten Bakteriologen, der Typhusbacillus lange Zeit in unreinem Wasser leben kann, und daß besonders die Anwesenheit von Mastigophoren seine Lebensfähigkeit nicht beeinträchtigt. Auch Forschungen Granchers, Dechamps und De Blasis sollen eine gewisse Widerstandskraft des Typhusbacillus im Kampf mit anderen dargetan haben. Conradi hat behauptet, daß ins Wasser gelangende, pathogene Keime (Rauschbrand-, Typhusbazillen, Staphylococcus) die gewöhnlich darin lebenden Mikrobien töten und lange ihre Lebensfähigkeit und Virulenz erhalten, was nach Ansicht des genannten Autors den Widerausbruch gewisser Epidemien nach ziemlich langer Ruhepause erklären würde. Aber trotz der gegenteiligen Anschauung der letztgenannten Autoren können wir doch annehmen, daß der Daseinskampf einer der hauptsächlichsten natürlichen Feinde des Typhuserregers in der äußeren Umgebung ist.

All das war bisher so gut wie vollständig außer Acht gelassen worden; bei allen Experimenten, die, zur Erleichterung der Arbeit, auf sterilem Nährboden vorgenommen wurden, fehlte demnach einer der Hauptfaktoren, der die Lebensdauer des Typhusbacillus beeinflussen konnte. Was die Wirkung betrifft, die jede einzelne dieser Bedingungen, für sich betrachtet, auf den Typhuserreger ausübt, so wissen wir, daß derselbe in den Kulturen abstirbt, wenn er 10 bis 20 Minuten lang einer Temperatur von 60° ausgesetzt wird; daß er sehr niedrige Temperaturen verträgt (Prudden hat ihn in einem 3 Monate lang auf einer Temperatur von — 1° bis — 11° gehaltenen Eiskeller lebend gefunden), aber abwechselndem Gefrieren und Auftauen schnell erliegt; daß er unter der Einwirkung des Lichtes (Gaillard-Janowski) leicht abstirbt. Im Mai der Sonne ausgesetzte Kulturen wurden 4 bis 8 Stunden später steril befunden, auf Leinwand ausgebreitet und getrocknet und den Sonnenstrahlen 9 bis 26 Stunden

ausgesetzt, wurden sie sterilisiert (Vincent); der Keim wächst nur kümmerlich bei 10°, üppig bei 20°, das Optimum jedoch liegt bei 33° bis 37°. Er kommt in sauer, alkalisch und neutral reagierenden Bodenschichten fort, zieht aber eine leicht alkalische Reaktion vor, obwohl er auch ziemliche Säuregrade verträgt; er lebt lange in Wasser, namentlich in saprophytenarmem; er widersteht 1 bis 2 Monate der Austrocknung und kann sich wochenlang in diesem Zustande erhalten (Uffelmann).

Wir wollen kurz die hauptsächlichsten Arbeiten über die Frage der Vitalität des Typhuskeimes in den Fäces, in den Abortgruben und im Boden zusammenfassen.

In einer Arbeit Uffelmanns wird über verschiedene teils in kleinen Endemien, teils isoliert auftretende Typhusinfektionen berichtet, welche Personen betrafen, die mit der Räumung von Abtrittgruben oder Wegschaffung von Misthaufen, die 1 Jahr, $\frac{3}{4}$ Jahr oder mehrere Wochen vorher durch typhöse Dejektionen infiziert waren, und zwar an Orten, wo keine weiteren Fälle beobachtet worden waren; solche Daten würden die große Lebenskraft des Bacillus in den faulenden Fäkalien beweisen. Bei hierüber angestellten Versuchen unter künstlichen Laboratoriumsbedingungen fand ihn der gleiche Autor in dem genannten Substrat 4 Monate lang lebenskräftig, ohne daß er jedoch dies für die Maximalgrenze erachtet; er kommt zur Erkenntnis, daß diese Lebensfähigkeit sehr veränderlich ist, und eine Temperatur von 17° dünkt ihm weit förderlicher als eine solche von 10°, sowie auch eine alkalische Reaktion der Erhaltung des Keimes günstiger zu sein scheint.

Gärtner bediente sich bei seinen Versuchen einer Mischung von Kuh- und Pferdemist und fand eine raschere Zerstörung der untersuchten Bakterien, darunter auch des Typhuskeimes, bei hoher Temperatur als bei niedriger. Er hält dafür, daß die niedrigen Temperaturen die Bakterien in einer Art Letargie erhalten, während die Wärme ein promptes Wachstum gestattet, wodurch es zu einer raschen Aufbrauchung des Nährstoffes und zu ausgiebiger Erzeugung von schädigenden sauren oder alkalischen Substanzen kommt, die zur Tötung der Art zusammenwirken. Er fand den Typhusbacillus 7 Tage lang im Mist und den Fäkalien lebend. Giehl fand, daß er im Mist 5 bis 9 Monate lebe, Chantemesse und Vidal in sterilisierten Abgängen 15 Tage, Karlinski in den Abortgruben nur 2 bis 3 Tage, in den Fäces dagegen 2 bis 3 Monate. Letzterer glaubt auch, daß das Vorhandensein zahlreicher Saprophyten, besonders von gelatine-lösenden, sein Leben bis auf nur 10 Tage abkürzen könne. Die ersten, die die Frage der Lebensfähigkeit des Typhuskeimes im Boden

experimentell zu lösen suchten, waren Grancher und Dechamps; bei Anwendung sterilisierter Erde fanden sie, daß derselbe in einer Tiefe von 20 bis 25 cm $5\frac{1}{2}$ Monate standgehalten hatte. Karlinski stellte als Maximallebensdauer des Eberth'schen Bacillus 3 Monate auf; aber wenn er, statt auf Reinkulturen ausgesät, mit Fäkalien auf den Boden geschüttet wurde, war die Lebensdauer viel kürzer, was der genannte Autor aus dem mit den anderen Fäkalbakterien zu bestehenden Kampf ums Dasein erklärt. Auf der Bodenoberfläche gehalten starben die Typhuskeime infolge des Lichtes und der Nässe schnell ab; in einer gewissen Tiefe in den Boden eingelagert hielten sie hingegen den verschiedenen Einflüssen der Feuchtigkeit, der Temperatur und der vitalen Konkurrenz länger stand. In den Organen begrabener und schon stark verwester Typhusleichen fand er sie nach 3 Monaten lebend.

Schiller berichtet, daß in einer auf mehr als 16° gehaltenen Fäcesmischung die gewöhnlichen Fäkalbakterien in der ersten Woche die Oberhand gewinnen, während bei niedrigerer Temperatur die Typhusbazillen länger widerstehen, ja bis zur 4. Woche, wenn die Temperatur unter 12° gehalten wird.

Sidney Martin hat sich eingehend mit der eventuellen Verbreitung des Typhuskeimes von der Aussaatstelle gegen die Peripherie hin und mit seiner Lebensfähigkeit im Boden beschäftigt. In sterilisierten und stets feucht gehaltenen Erdproben verschiedener Herkunft waren die Bazillen noch nach 465 Tagen am Leben, und in zwei Erdproben hatten sie sich innerhalb 16 Tagen gegen die Peripherie des Experimentiergefäßes hin verbreitet, bei einer anderen Erdprobe dagegen war das erst in 36 Tagen der Fall. Unter Benutzung der gleichen Bodenarten, aber ohne Sterilisation derselben, konnten die ausgesäten Keime höchstens bis zu 50 Tagen gefunden werden. Bei Gebrauch jungfräulichen, sandigen oder torfigen Bodens ging die Vernichtung der Bazillen in einem Zeitraume von 14 bis 23 Tagen vor sich, was der Autor der speziellen chemischen Zusammensetzung der Bodenarten zuschreibt.

Robertson fand die Bazillen in damit infizierten Ackererdeproben einmal nach 3 bis 4 Monaten, ein anderes Mal nach 11 Monaten noch vor.

Rullmann arbeitete mit sterilisierten Erdproben bei Zimmertemperatur und diffusem Licht und fand den Keim in einigen Fällen nach 9 Monaten, einmal nach 13 und einmal nach 16 Monaten noch am Leben. Er stellte auch fest, daß bei Benutzung kleiner Erdmengen zur Aussaat in Bouillon zuweilen schon nach 5 Monaten die Nachforschungen negativ waren, während ihm bei Verwendung von 25 bis 30 cm^3 die Isolierung noch nach 9 bis 11 Monaten gelang. Bei nicht sterilisierten Proben war die Vitalität weit geringer, doch konnte in zwei Fällen der Bacillus noch nach

100 Tagen isoliert werden. Der Autor hält dafür, daß dieser Unterschied größtenteils von der verschiedenen chemischen Zusammensetzung der Erdarten herrühre. Indem er gleichzeitig die periphere Verbreitung des Typhusbacillus untersuchte, beobachtete er, daß derselbe sich über den ganzen Behälter verbreitet hatte, obgleich letzterer den von Martin benutzten übertraf. Bei einer weiteren Arbeit, wo er Proben von gewaschenem Sand, Humus und Mörtelschutt verwandte, fand er ihn noch 18 Monate nach der Aussaat lebend, und von biologischen Veränderungen beobachtete er nur eine Verminderung der Reaktion auf Agglutinine. Der Autor glaubt an einen wirklich bestehenden Einfluß der chemischen Zusammensetzung des Terrains auf die Lebensfähigkeit des Typhusbacillus, und seine Untersuchungen könnten das als tatsächlich wahr erscheinen lassen, indem der Bacillus bei Aussaat in den Sand, der, an sich schon arm an organischen Substanzen, durch wiederholte Auswaschungen noch weiter verarmt war, schneller zugrunde ging als im Humus und im Mörtelschutt. Pfuhl stellte fest, daß die Typhuskeime sich 3 Monate lang unter der Oberfläche einer Gartenerdeprobe erhielten, die feucht, in diffusem Licht und auf einer Temperatur zwischen 1° und 21° gehalten wurde. Die Haltbarkeit betrug nur 21 Tage im trockenen, nicht eingestampften Sand.

Wurtz und Mosny beobachteten, daß der Typhusbacillus nicht über 50 bis 60 cm tief eindringt und in vegetabilischem Boden in weniger als 3 Tagen abstirbt, wenn er in Berührung mit der Wasserschicht kommt.

Uffelmann traf ihn trotz der Austrocknung nach 21 Tagen in Gartenerde, nach 82 im Sand, nach 96 im Straßenstaub und nach 30 im Kehrlicht noch lebend an.

Bobston fand ihn in der Erde noch nach 11 Monaten lebensfähig.

Um die gleichmäßige Verbreitungsweise des Typhus in Rom zu erklären, griff Santori zum Luftstaub, und aus seinen Untersuchungen geht hervor, daß die spezifischen Keime im Straßenstaub bis zu 28 Tagen am Leben und virulent bleiben, wenn sie vor den Sonnenstrahlen geschützt sind, was in den Fugen zwischen den Pflastersteinen leicht möglich ist; direkt der Sonnenbestrahlung ausgesetzt sollen sie nur 14 Stunden standhalten.

Savage hat jüngst Versuche über die Vitalität des *B. coli* und des *B. typhi* im Meersand angestellt und ist zu dem Ergebnis gekommen, daß letzterer in nicht steriler Umgebung wenigstens 2 Wochen überleben kann, daß aber dann seine Zahl stark abnimmt, obwohl er, wahrscheinlich unter besonders günstigen Bedingungen noch länger, sogar bis zu 5 Wochen leben kann. Weiter hat der Autor gefunden, daß der im Meersand neben dem Typhusbacillus gezüchtete *B. coli* nach 3 bis

4 Wochen schädigend auf den Typhuskeim einwirkt, so daß dieser an Zahl abnimmt bis zu völligem Verschwinden.

Die Schlußfolgerungen, die sich aus all den erwähnten Versuchen ableiten lassen, sind auf die Verhältnisse des gewöhnlichen Lebens nicht anwendbar, auch abgesehen davon, daß viele dieser Experimente zu einer Zeit vorgenommen sind, wo die diagnostische Unterscheidung zwischen Typhus- und anderen Keimen auf gewissen, später als irrtümlich erkannten Kriterien fußte.

Einen einzigen Fall nur konnten wir in der Literatur ausfindig machen, der den Verhältnissen des praktischen Lebens entsprach.

Levy und Kayser berichten nämlich von einem Individuum, das typhuskrank von einer Reise zurückgekommen war und nach mehrtägigem Aufenthalt in seinem eigenen Hause in ein Spital gebracht wurde. Während dieses Zeitraumes werden seine Abgänge 5 Tage hindurch ohne vorherige Desinfektion in eine Abortgrube entleert. Die Grube wird 5 Monate später geräumt und der Inhalt in einem Garten ausgeschüttet. Nach 14 Tagen werden Erdproben daraus entnommen und die Autoren können noch das Vorhandensein des Typhusbacillus nachweisen.

Im Hinblick auf die wesentlich praktische Bedeutung des Gegenstandes haben wir bei seiner Behandlung eine möglichst weitgehende Anpassung an die Verhältnisse des täglichen Lebens angestrebt. Wir verzichteten daher auf alle die Untersuchung erleichternden Hilfsmittel, wie Verwendung von Kulturen, von sterilisierter Erde usw., sondern benutzten die Abgänge verschiedener bakteriologisch einwandfrei diagnostizierter Typhuskranker; die Abgänge wurden mehrere Tage hindurch in eine Abortgrube und in eine im Keller stehende Tonne entleert. Für die Grube ließ sich vorherige spezifische Verseuchung mit Sicherheit ausschließen, weil sie neu angelegt war; sie war vollkommen ausbetoniert und maß in der Tiefe 6 m, im Durchmesser 2 m. In die Grube sowohl wie in die Tonne gelangten auch normale Dejektionen. Die Temperatur des Inhaltes wurde täglich gemessen, und sei gleich hier bemerkt, daß die täglichen Temperaturschwankungen besonders in der Grube minimal waren. Die Untersuchung der Fäkalienproben fand alle 5 Tage statt.

Zur Auffindung der Keime bedienten wir uns des v. Drigalski-Conradischen Nährbodens und der Anreicherungs-methode von Hoffmann-Ficker; identifiziert wurden sie zuerst mittels der Agglutinationsprobe, bei positivem Ergebnis der letzteren wurde die Diagnose durch einige der wichtigsten Züchtungs- und biologischen Merkmale gesichert. Zur Agglutinierung wurde ein Kaninchenserum vom Titer 1:1000 benutzt,

das mit einer Typhuskultur des Laboratoriums erhalten war. Die Ergebnisse sind in den Tabellen A und B zusammengestellt.

Tabelle A.
Lebensdauer des Typhusbacillus in der Abtrittgrube.

Tag der Aussaat der Fäces	Tag der Unter- suchung	Unter- suchungs- ergebnis	Lebensdauer in Tagen	Mittlere Temperatur jedes Zeitabschnittes von 5 Tagen			
				Max.	Min.	Max.	Min.
1. Versuch 15. Februar	21. Februar	positiv	20	5.8	1.1	7.5	7.3
	25. "	"		6.7	1.5	7.4	7.2
	2. März	"		7.7	1.2	7.6	7.5
	7. "	"		6.1	0.8	7.7	7.6
	12. "	negativ		12.0	3.9	8.0	7.8
2. Versuch 15. März	20. März	positiv	30	13.2	1.3	8.6	8.4
	25. "	"		15.1	5.2	8.4	8.0
	30. "	"		13.5	1.0	8.6	8.5
	4. April	"		15.5	4.5	8.7	8.6
	9. "	"		14.3	5.4	8.7	8.7
	14. "	"		13.0	4.0	8.6	8.6
	19. "	negativ		15.4	5.3	8.9	8.8
3. Versuch 22. April	27. April	positiv	15	23.0	6.9	9.6	9.4
	2. Mai	"		15.3	4.9	9.5	9.5
	7. "	"		17.7	8.3	9.8	9.7
	12. "	negativ		21.5	10.6	10.0	9.8
4. Versuch 14. Mai	19. Mai	positiv	20	19.8	10.4	10.7	10.5
	24. "	"		15.2	8.5	10.7	10.7
	29. "	"		25.3	13.3	10.9	10.8
	3. Juni	"		26.4	12.9	10.8	10.8
	8. "	negativ		26.0	13.4	11.0	10.9

Aus denselben ergibt sich eine mittlere Lebensdauer von 20 Tagen, sowohl für die aus der Grube stammenden wie für die Tonnenbazillen, mit einem Minimum von 15 und einem Maximum von 30 Tagen. Die Differenz von wenigen Tagen zugunsten der Grube gestattet uns nicht, irgend welche Schlußfolgerung zu ziehen, und ermächtigt uns nicht einmal, dem einzigen bekannten Faktor, der Temperatur, irgend eine Wirkung zuzuschreiben. Das hätte ja auch keine große Bedeutung, da die bei einem Versuche gefundene Lebensdauer nicht absolut als für alle Fälle gültig erachtet werden kann. Vielerlei Umstände tragen dazu bei, die chemische Zusammensetzung eines Grubeninhaltes in verschiedenen Örtlichkeiten oder bei verschiedenen Experimenten an demselben Orte zu modifizieren: Verschiedenheiten in der Verdünnung je nach der größeren oder geringeren Wasserzufuhr, Unterschiede in der Art und Menge der Küchen- und Bad-abwässer usw., lauter Ursachen, die, sei es durch direkten Einfluß auf den

Krankheitserreger, sei es indirekt durch Umgestaltung der solchen Flüssigkeiten eigenen Bakterienflora, sicher seine Lebensdauer erhöhen oder verringern.

Tabelle B.
Lebensdauer des Typhusbacillus in der Tonne.

Tag der Aussaat der Fäces	Tag der Unter- suchung	Unter- suchungs- ergebnis	Lebensdauer des Bacillus in Tagen	Mittlere Temperatur für jeden Zeitraum von 5 Tagen			
				Max.	Min.	Max.	Min.
1. Versuch 17. Februar	22. Februar	positiv	20	5.1	0.9	7.9	7.7
	27. "	"		7.2	2.0	8.2	8.0
	4. März	"		8.7	0.9	8.6	8.5
	9. "	"		6.4	1.2	8.6	8.3
	14. "	negativ		12.0	3.0	9.2	9.0
2. Versuch 16. März	21. März	positiv	25	15.1	1.9	9.8	9.7
	26. "	"		15.2	2.8	10.0	9.9
	31. "	"		11.4	1.6	9.7	9.6
	5. April	"		11.1	5.1	9.6	9.7
	10. "	"		15.1	4.8	9.9	9.7
	15. "	negativ		13.4	4.9	9.6	9.5
3. Versuch 17. April	22. April	positiv	15	16.1	6.0	10.1	9.8
	27. "	"		23.4	8.8	10.8	10.8
	2. Mai	"		11.9	4.9	10.6	10.4
	7. "	negativ		17.2	8.3	10.8	10.6
4. Versuch 10. Mai	15. Mai	positiv	20	23.0	12.1	11.8	11.7
	20. "	"		17.1	9.0	11.5	11.5
	25. "	"		13.4	9.1	11.3	11.2
	30. "	"		25.3	14.0	11.9	11.8
	4. Juni	negativ		26.1	13.9	12.5	12.4

Diatropoff beobachtete, daß der Cholera bacillus in Abwässern von Odessa 2 bis 8 Tage am Leben blieb, während Stutzer den gleichen Keim in den Potsdamer und Berliner Wässern schon in $\frac{1}{4}$ Stunde absterben sah. Letzterer glaubt, daß dies von dem Vorhandensein gewisser Saprophyten und aus den Exkrementen stammenden Ammoniumkarbonats herrühre, und schließt daraus, daß, je größer die Verunreinigung von Abwasser mit Fäkalien ist, desto geringer die Wahrscheinlichkeit einer weiten Forttragung des Cholera keimes werde.

Nicht weniger wichtig für die Erklärung der gefundenen Zeitunterschiede ist die Verschiedenheit der Lebenskraft der einzelnen Stämme, wodurch auch die wechselnde Lebensdauer der jeweils getrennt für die Tonne und die Grube verwandten Stämme erklärt wird, nachdem selbst in diesem Falle nicht die Temperatur herangezogen werden kann, die ja zwischen den Fällen des Vitalitätsmaximums und -minimums kaum um 2 bis 3° schwankte.

Da also die Typhusbazillen in der Grube oder Tonne ungefähr 20 Tage lang am Leben bleiben, können sie vor ihrem Absterben mit dem als Dung gebrauchten Latrineneinhalt auf die Felder gebracht und auf schon erwähnte Weise neue Infektionen hervorrufen. Daher haben wir beim Studium ihrer Lebensdauer uns vollständig in den Grenzen der natürlichen Verhältnisse zu halten gesucht. Zu diesem Zwecke haben wir vier Erdproben gewählt; zwei davon waren als Wiese bepflanzt, die zwei anderen kiesig, vegetationslos; sie lagen nach SO und NO. Darauf haben wir typhöse Abgänge ausgesät, die in Zeiträumen von 5, 10 und 15 Tagen bald der Abortgrube, bald der Tonne entnommen wurden. Um die Tabellen nicht unnötig mit Zahlen zu beladen, notieren wir nur den Tag der Aussaat und den Tag des letzten positiven Befundes; zwischen letzterem und der nachfolgenden Untersuchung verstrichen, wie bei der Entnahme aus Grube und Tonne, je 5 Tage. Außer durch die gewaltige Arbeitsmenge sahen wir uns zur Einhaltung solcher Zwischenräume durch die Erwägung veranlaßt, daß eine genaue Bestimmung nur geringe Bedeutung gehabt hätte, nachdem ja die Lebensdauer der verschiedenen Typhusstämmen in verschiedenen Umgebungsverhältnissen bis zu 20 Tagen variieren kann.

Die Resultate sind in Tabelle C verzeichnet.

Tabelle C.
Lebensdauer des Typhusbacillus im Boden.

Beschaffenheit und Lage des Terrains		Lebensdauer der Bazillen in Tagen	Mittlere Temperatur			
			der Luft		des Bodens	
			Max.	Min.	Max.	Min.
1. Versuch. Die Fäces waren 10 Tage in der Grube geblieben.						
Wiese	SO	} vom 25. III. bis zum 9. IV. = 15	16.0	4.5	20.2	5.2
"	NW		14.5	4.0	15.5	4.9
Kiesboden	SO	} vom 25. III. bis zum 14. IV. = 20	16.6	5.2	21.5	6.0
"	NW		15.1	4.6	14.0	4.5
2. Versuch. Die Fäces waren 10 Tage in der Tonne geblieben.						
Wiese	SO	vom 27. IV. bis zum 12. V. = 15	19.0	8.3	24.2	9.9
"	NW	" " " 17. V. = 20	18.1	7.2	19.7	8.7
Kiesboden	SO	" " " 12. V. = 15			25.0	10.0
"	NW	" " " 17. V. = 20			20.2	9.3
3. Versuch. Die Fäces waren 15 Tage in der Grube geblieben.						
Wiese	SO	vom 7. V. bis zum 17. VI. = 10	20.1	11.9	25.0	11.6
"	NW	" " " 22. VI. = 15	19.0	11.2	23.9	11.0
Kiesboden	SO	" " " 17. VI. = 10			26.7	10.9
"	NW	" " " 2. VI. = 15			23.2	9.9

4. Versuch. Die Fäces waren 5 Tage in der Tonne geblieben.

Wiese	SO	vom 15. V. bis zum 25. V.=10	20.9	12.0	27.5	13.0
"	NW	" " " 30. V.=15	16.4	10.1	17.9	12.3
Kiesboden	SO	" " " 25. V.=10			28.4	13.6
"	NW	" " " 30. V.=15			17.0	10.4

Die Lebensdauer der Typhuskeime im Boden schwankte demnach zwischen einem Minimum von 10 und einem Maximum von 20 Tagen; rechnen wir die in der Grube bzw. Tonne zugebrachte Zeit hinzu, so haben wir ein Minimum von 15 und ein Maximum von 30 Tagen.

Die Bazillen, welche in der Grube oder in der Tonne 10 Tage geblieben waren, zeigten die größte Lebensfähigkeit im Erdboden (20 Tage); die 15 Tage in der Grube verbliebenen, von denen man also annehmen möchte, daß sie in geringerer Zahl und mehr geschwächt in den Boden gelangten, haben noch 15 Tage gelebt, also etwas weniger als die erstgenannten; die nur 5 Tage in der Tonne gebliebenen, welche in größerer Zahl und lebensstüchtiger hätten auf den Boden gelangen sollen, haben trotzdem keinerlei Vorteil vor den anderen gehabt, indem auch sie nur 10 bis 15 Tage standhielten.

Man scheint demnach vor einer paradoxen Tatsache zu stehen: Keime, die in ihrem ursprünglichen Milieu belassen nur noch wenige Tage leben würden, können sich, in andere Umgebung verpflanzt, noch weit längere Zeit am Leben erhalten. Nach unserer Meinung rührt das davon her, daß die nach hinlänglich langem Aufenthalt in der Grube und in der Tonne auf die Erde gebrachten Keime die lebensstüchtigsten Formen darstellen, die im Kampf gegen die Saprophyten und die ungünstigen Lebensbedingungen siegreich geblieben sind; wahrscheinlich dank des weniger feindlichen Milieus bringen nun diese Mikroorganismen in der ersten Zeit ihres neuen Aufenthaltes eine höchst lebenskräftige Nachkommenschaft hervor, die ziemlich lange über die Umgebung und die Konkurrenten zu triumphieren vermag. Diese Annahme steht auch mit den von Jourdan, Russel, Zeit erhaltenen Resultaten im Einklang, nach denen mit großer Wahrscheinlichkeit als Folge des heftigen in Flüssen und Seen sich abspielenden Daseinskampfes eine Heranzüchtung von Typhusbazillenrassen angenommen werden kann, die den später vorzufindenden ungünstigen Verhältnissen gegenüber bedeutend widerstandsfähiger sind.

Jedoch kann diese Tatsache nicht als konstant angesehen werden, da auch in einer unserer Proben (IV) der Milieuwechsel die Lebensdauer des Keimes gegenüber dem in der Tonne verbliebenen nicht verlängert hat. Hervorgehoben sei noch die aus der ersten Probe hervorgehende, geringere Lebensdauer der auf den Wiesenboden verbrachten Bazillen gegenüber den in Kiesboden gesäten, wobei die verschiedene Lage

der Grundstücke keinerlei Einfluß ausübte. Das Gegenteil war aber bei der vierten Probe der Fall, wo der Einfluß der Lage augenscheinlich zutage trat, indem auf den nach Süden gelegenen Grundstücken eine schnellere Zerstörung der Krankheitskeime eintrat als auf den nach Norden gelegenen. Diese Unterschiede sind leicht erklärlich und rühren hauptsächlich von der unmittelbaren, länger dauernden Einwirkung der Sonnenstrahlen her, die im letzteren Falle zur Entfaltung kam, bevor sich die Bazillen die bedeutendere Porosität des Kiesbodens zunutze machen und sich, tiefer eindringend, vor den Strahlen schützen konnten, während dies hingegen bei der ersten Probe möglich gewesen war, indem damals, zu einer anderen Jahreszeit und während einer Periode von bewölkten Tagen, die Intensität und Dauer der Besonnung weit geringer war, außerdem einige Regentage das Eindringen der Bazillen in die Tiefe noch weiter begünstigten.

Um schließlich noch besonders genau den Einfluß der Sonne zu kennen und unseren Versuch einer in der landwirtschaftlichen Praxis recht häufigen Bedingung anzupassen, haben wir typhöse Fäkalien ungefähr 20 cm tief eingesät und erzielten somit ein Milieu, wo die direkte Sonneneinwirkung gänzlich auszuschließen war und die Temperaturschwankungen nicht mehr mit gleicher Intensität wie an der Oberfläche bemerkbar wurden. In der Tat lebten die Keime an der Oberfläche nur 12 Tage, während die tiefer gesäten 40 Tage lang am Leben blieben. Dieser Umstand war schon von Macé und Karlinski beobachtet worden, die behauptet haben, daß der Typhusbacillus in den tiefen Bodenschichten lange Zeit erhalten bleibt.

In besonderen Versuchen haben wir diejenigen physikalischen und chemischen, die Lebensdauer der Keime beeinflussenden Faktoren berücksichtigt, deren Wirkung bei den vorhergehenden, nur die direkte Wirkung der Sonne betrachtenden Proben nicht mit hinreichender Genauigkeit festgestellt werden konnte. Bei den eben erwähnten Untersuchungen dagegen haben wir den Einfluß der Bodenstruktur, der Feuchtigkeit, der Reaktion und der vorhandenen Menge organischer Stoffe in Betracht gezogen.

Vorausgeschickt sei, daß alle Grundstücke nach SO lagen. Zum ersten Versuch wählten wir drei Sorten: kiesige, sandige und lehmige Erde, d. h. drei die Maximal- und Minimalgrenze der Luft- und Wasserdurchlässigkeit darstellende Erdarten, die also auch voneinander in der Gesamtheit der biochemischen Erscheinungen abwichen, welche letztere ja, wie schon gesagt, größtenteils von der mehr oder minder reichlichen Wasser- und Sauerstoffzufuhr abhängen.

Für die organischen Substanzen benutzten wir zwei Böden, von denen einer mit Fäkalien gedüngt wurde. Die nach Kjeldahl dosierten, stickstoffhaltigen, organischen Stoffe betrugen für den gedüngten Boden 2.913 ^g Promille, für den ungedüngten 0.511 ^g. Zu diesem Versuche wurden wir durch die Erwägung veranlaßt, daß der schädigende Einfluß der Luft, des Lichtes und der Temperatur von dem Substrat, wo sich die Keime befinden, abhängt, indem z. B. Typhusbazillen, die in reinem Wasser der Sonne ausgesetzt werden, in kurzer Zeit absterben, dagegen wenn sie sich in Bouillon oder mit organischen Stoffen verunreinigtem Wasser befinden, am Leben bleiben und sich sogar vermehren können (Vincent, Kruse, Wheeler). Zum Studium der Reaktion wurde ein Boden mit Milchsäure angesäuert, ein anderer mit Natriumkarbonat alkalisch gemacht.

Die angewandte Technik war auch bei diesen Proben die schon beschriebene mit dem einzigen Unterschied, daß nicht direkt die Fäkalien in den Boden eingesät wurden, sondern vorher daraus der Typhusbacillus isoliert wurde, von dem 24stündige Kulturen in Brühe hergestellt und dann ausgesät wurden. Dies geschah, weil bei Aufbringung der Fäkalien auf die Erde eine Variierung der Menge an organischen Stoffen oder des Säuregehaltes unmöglich gewesen wäre, und man den Einfluß der vitalen Konkurrenz enorm erhöht hätte.

Die Resultate sind in Tabelle D angeführt.

Tabelle D.

Lebensdauer des Typhusbacillus in den verschiedenen Bodenarten.

Verbleiben d. Fäkalien in der Grube: Tage	Beschaffenheit des Bodens	Lebensdauer der Bazillen	Tage
10	Sand	vom 25. III. bis zum 14. IV.	20
	Lehm	" " " " 9. IV.	15
	Kies	" " " " 14. IV.	20
20	Sand	vom 4. VI. bis zum 9. VI.	5
	Lehm	" " " " 9. VI.	5
	Kies	" " " " 14. VI.	10
15	ungedüngt	vom 30. III. bis zum 9. IV.	10
	gedüngt	" " " " 19. IV.	20
10	sauer	vom 25. III. bis zum 14. IV.	20
	alkalisch	" " " " "	20
20	trocken	vom 4. VI.	
	feucht	" " bis zum 14. VI.	10

Die mechanische Struktur des Bodens äußerte beim ersten Versuche keine erhebliche Wirkung; beim Sand und beim Kies ergab sich eine Lebensdauer von je 20 Tagen, beim Lehm hingegen von nur 15 Tagen. Beweiskräftiger sind die Ergebnisse der zweiten Probe: im Sand und im Lehm blieb der Bacillus kaum 5 Tage am Leben, etwas länger dagegen im Kies, nämlich 10 Tage. Diese Unterschiede hängen offenbar mit der Bodenstruktur zusammen, indem in den besser luft- und wasserdurchlässigen Böden die Bazillen, sei es durch Eigenbewegung, sei es mit dem Regen, tief eindringen und sich dermaßen der Einwirkung der Sonne besser entziehen können.

Erheblicher war der Einfluß der Menge von organischen Substanzen: der nicht gedüngte Boden ergab einen Zeitraum von 10, der gedüngte hingegen von 20 Tagen. In letzterem befand sich der Bacillus in einem seine Ernährung und demnach seine Widerstandskraft begünstigenden Substrat. Diese Ergebnisse stimmen mit denen Rullmanns u. Martins überein, die nachgewiesen haben, daß feuchter und gedüngter Boden eine sehr gute Unterlage abgibt; denn sie trafen ihn dort noch nach 16 Tagen lebend vor, während er in jungfräulichem Boden viel schneller abstarb.

Kein Unterschied in der Lebensdauer trat aber bei den in saueren bzw. alkalischen Grund eingesäten Bazillen zutage, wie ja auch aus Arbeiten früherer Forscher die große Anpassungsfähigkeit der Typhuskeime an die Reaktionsveränderungen der Nährsubstrate hervorgeht.

In trockenem Boden kam der Bacillus nur ganz kurze Zeit fort, sicherlich weniger als 5 Tage, da er schon bei der ersten Aufsuchung nicht mehr vorgefunden wurde, in feuchtem Terrain dagegen lebte er 10 Tage. Im wesentlichen stimmte das mit den Ergebnissen Firths und Horrocks' überein, nur daß diese eine weit längere Lebensdauer fanden, nämlich 74 Tage.

Unvereinbar mit unseren Resultaten scheinen uns die Aufstellungen Sauglés, Ferrières und Remlingers. Bei ihren Studien über Typhus-epidemien in Nordfrankreich (regenreiche Gegenden) und in Tunis (regenarme Gegenden) kamen sie nämlich zu dem Schluß, daß die Düngung mit Latrineneinhalt auf die niederschlagsreichen Länder beschränkt bleiben solle, weil dort die in die Erde eingebrachten oder einfach auf der Oberfläche abgelagerten Fäkalien schnell bis zu einer gewissen Tiefe hinabgezogen werden, wo dann der Boden seine oxydierende und nitrifizierende Wirkung auf sie ausübt; auf trockenen Ländereien dagegen trockneten die Abfallstoffe auf der Oberfläche oder in geringer Tiefe aus und verwandelten sich in Staub, statt oxydiert und nitrifiziert zu werden. Unserer Meinung nach aber ist in regenreichen Ländern nicht nur die Möglichkeit der Brunnen- und Quellenverunreinigung sehr naheliegend, sondern

es wächst auch die Widerstandskraft der Typhusbazillen, was die Infektionsgefahr erhöht und verlängert. Der Wegfall der Oxydation und Nitrifikation der an der Oberfläche bleibenden Fäces ist hinreichend durch die direkte Einwirkung des Sonnenlichtes und durch die Austrocknung wettgemacht.

Epidemiologisch ist nicht nur die Kenntnis der mehr oder minder großen Vitalität des Typhusbacillus außerhalb des menschlichen Körpers von Bedeutung, sondern auch die seiner stärkeren oder schwächeren Virulenz und deren Verhalten gegenüber den neuen Lebensbedingungen.

Sicher ist, daß das Sonnenlicht innerhalb eines je nach der Keimart variierenden Zeitraumes die Virulenz abzutöten vermag; klar beweisen dies die experimentellen Forschungen von Downes, Blund, Soyka, Duclaux, Arloing, Procaccini, Strauss, Roux, Pansini, Palermo und speziell für den Typhus die Arbeiten von Geisser, Janowski, Buchner, Gaillard, Santori, Sirena, Alessi, die alle in ihren Resultaten übereinstimmen. Nur ein Autor, Wiesner, ist gegenteiliger Ansicht. In einer neuerlichen Untersuchung fand Orsi eine Virulenz-erhöhung in Bouillonkulturen des Typhus, die von anderen, der Sonne ausgesetzt gewesen waren herstammten; die Virulenz-erhöhung blieb auch bei den späteren Verpflanzungen bestehen. Der Autor erklärt dies mit einer in den besonnenen Kulturen stattfindenden Selektion, bei der nur einige zählebigere und giftigere Bazillen am Leben blieben, die dann diese Eigenschaften auf die späteren Generationen vererben.

De-Franceschi hat nachgewiesen, daß Typhusstämmen, die in einen der Luft ausgesetzten und genügend organische Substanzen enthaltenden Boden gelangen, eine stärkere Virulenz erlangen, als sie vorher besaßen.

Wir haben die Virulenz des frisch vom Kranken ausgeschiedenen Bacillus bestimmt und diese dann mit der Giftigkeit, die der Keim nach mehrtägigem Aufenthalt in der Abortgrube und im Boden besaß, verglichen.

Als Versuchstiere dienten 300 g^{mm} schwere Meerschweinchen, denen die 24stündigen Bouillonkulturen unter das Bauchfell injiziert wurden.

Die anfängliche Virulenz der verschiedenen Stämme ist ungleich, und bei gleicher Aufenthaltsdauer in der Grube und im Boden ergeben sich nicht gleichmäßig proportionelle Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Stämmen, ebensowenig wie für ein und denselben Stamm zwischen den verschiedenen Untersuchungsperioden.

Allgemeine Regel ist fortschreitende, doch nicht vollkommene Abnahme der Virulenz mit zunehmender Dauer des Aufenthalts in der äußeren Umgebung, bis schließlich (bei noch erhaltenem Leben) Dosen von 3^{ccm} nicht mehr innerhalb 24 Stunden tödlich wirken, wie es einmal

nach 10 tägigem Aufenthalt in der Grube, ein anderes Mal nach 15 in der Grube und 10 im Boden zugebrachten Tagen der Fall war. Bemerkenswert ist eine geringe Zunahme an Virulenz bei Keimen, die nach 10 tägigem Verweilen in der Grube in den Boden gebracht wurden; doch dauerte diese Erhöhung nur kurze Zeit an, denn schon bei der nächsten Probe blieb die Virulenz hinter der anfänglichen zurück. Der Umstand hat sein Analogon in den Befunden Orsis bei Kulturen, doch glauben wir keine allgemeine Regel daraus ableiten zu dürfen, da eine solche Zunahme ein einziges Mal bei allen unseren Untersuchungen konstatiert werden konnte. Es sei noch festgestellt, daß ausgenommen in den zwei schon erwähnten Fällen der Bacillus seine, wenn auch etwas verminderte Virulenz bis in die letzten Lebenstage behalten hat, was vollständig mit den Anschauungen Wassermanns übereinstimmt, wonach mit einer Wachstumsverminderung keine Virulenzabnahme verbunden ist, wie auch mit der Ansicht Wiesners, welcher fand, daß das Licht, abgesehen von den Fällen, wo es tödlich wirkt, die biologischen Funktionen der Keime und ihre Virulenz nicht in erheblicher Weise beeinträchtigt.

Die neuesten Untersuchungen über die Lebensfähigkeit des Eberth'schen Bacillus außerhalb des menschlichen Körpers gehen alle darauf hinaus, die erhebliche Abkürzung der Lebensdauer zu zeigen. Nach der Ansicht Brouardels und Mosnys müßten die meisten Arbeiten über das Vorkommen des Typhusbacillus im Boden neu gemacht werden, so zahlreich waren und sind heute noch, wenn auch seltener, die Verwechselungen zwischen dem genannten Keim und anderen ihm ähnlichen. „Wir haben, sagen die genannten Autoren, als Typhusbazillen angesprochene, aus Höfen, Gärten usw. isolierte Keime untersucht zu einer Zeit, wo manche Autoren sie überall zu finden glaubten; nun besaßen aber diese Keime nur eines oder das andere der Merkmale des Eberth'schen Bacillus, ohne jedoch mit ihm identisch zu sein. Seither ist seine Isolierung immer seltener geworden, in gleichem Maße wie seine spezifischen Merkmale genauer präzisiert werden.“

Die deutschen Bakteriologen halten dafür, daß die Langlebigkeit des Typhuskeimes außerhalb des menschlichen Körpers nicht die Regel ist. Nach Koch ist der Typhusbacillus kein häufiger Gast des Wassers und sein Fortkommen darin von kurzer Dauer: einen Tag, einige Stunden; denn sonst müßte seine Auffindung leichter sein und bei Epidemien die Sterblichkeitskurve der Lebensdauer des Mikroorganismus im Wasser entsprechen.

Auch Chiappella sagt in einer neuerlichen Arbeit über die Typhus-epidemie in Florenz: „Nach unseren derzeitigen Kenntnissen muß der Eberth'sche Bacillus als obligater Parasit angesprochen werden, der nicht

imstande ist, lange Zeit in anderer Umgebung fortzuleben; einige Monate unter den günstigsten Verhältnissen, meist aber nur wenige Wochen. Sehr empfindlich gegen die Austrocknung, ist er sehr zählebig in den Fäkalien, weil diese schwer austrocknen, und diesem Umstande verdankt er seine Lebensfähigkeit im Boden, wohin er gewöhnlich mit den Dejektionen der Kranken gelangt.“

Fassen wir die Ergebnisse unserer Untersuchungen zusammen, so finden wir: Die größte Lebensdauer betrug 30 Tage in der Abortgrube, 25 Tage in der Tonne, die geringste 15 Tage in beiden. In dem nach 10 tägigem Aufenthalt in der Grube und in der Tonne auf den Erdboden gebrachten Material betrug die höchste Lebensdauer der Bazillen 20 Tage an der Oberfläche und 40 Tage in der Tiefe. Außerdem wurde ein fast konstanter, aber nicht vollständiger Virulenzverlust gefunden; in einem einzigen Fall war der Befund schon beim ersten Examen negativ.

Diese Zählebigkeit des Typhusbacillus in den Abortgruben und Tonnen ist von höchster sanitärer Bedeutung: denn einerseits können die Garten- und Feldfrüchte den Typhus verbreiten, indem auf solchen mit Latrineneinhalt gedüngten Ländereien die Gefahr vorhanden ist, daß, wie Wurtz und Bourges, Clauditz, Biancotti, Bruini gezeigt haben, die Bazillen nicht etwa ins Pflanzeninnere eindringen, sondern vielmehr an deren Außenflächen haften bleiben, andererseits kommen noch weitere Infektionsmöglichkeiten hinzu durch die Fliegen, den Luftstaub, den an den Schuhen haftenden infizierten Schmutz, Krankheitsüberträger, deren epidemiologische Wichtigkeit erst in der neuesten Zeit richtig eingeschätzt worden ist.

Literatur-Verzeichnis.

- L. Pagliani, *Trattato d'igiene e sanità pubblica*.
 De Giara, *Ebenda*.
 Bordoni-Uffreduzzi, *I microparassiti nelle malattie d'infezione*.
 Celli, *Manuale dell' igienista*.
 Brouardel et Mosny, *Traité d'hygiène*.
 Arnould, *Nouveaux éléments d'hygiène*.
 Miquel et Cambier, *Traité de bactériologie*.
 Hueppe, *Manuale d'igiene*.
 Rubner, *Lehrbuch der Hygiene*.
 Flügge, *Die Mikroorganismen*.
 Kolle-Wassermann, *Handbuch der pathogenen Mikroorganismen*.
 Pettenkofer und Ziemssen, *Handbuch der Hygiene*.
 v. Drigalski und Conradi, Über ein Verfahren zum Nachweis der Typhus-bazillen. *Diese Zeitschrift*. 1902. Bd. XXXIX.
 Hoffmann und Ficker, *Hygienische Rundschau*. 1904. Bd. XIV.
 Porcile, Beitrag zur differentialdiagnostischen Unterscheidung der Typhus- u. typhusähnlichen Bakterien mit Hilfe der Agglutination. *Diese Zeitschrift*. 1905. Bd. L.
 Lipschütz, Über die bakteriologische Diagnose des Typhus abdominalis mit Hilfe des v. Drigalski u. Conradischen Nährbodens und Agglutination. *Centralblatt für Bakteriologie*. Orig. Bd. XXXV. S. 798.
 Fülles, Bakteriologische Untersuchungen des Bodens in der Umgebung von Freiburg. *Diese Zeitschrift*. Bd. X.
 Tryde et Salomonsen, *Soc. de méd. de Copenhague*. 1884.
 Grancher et Dechamps, Recherches sur le bacille typhique dans le sol. *Arch. de méd. expériment. et d'anat. pathol.* 1889.
 Sidney, Martin, Preliminary report on the growth of the typhoid bac. in soil. *Twenty-six annual report of the local government board*. 1896—97.
 Robertson, Notes on an experim. investigation into the growth of bacill. typhosus in soil. *British med. Journ.* 1898. Jan. 8 and Aug. 13: Das Eindringen der Bakterien und speziell des Typhusbacillus in die Tiefe. *Arch. de physiol. norm. et path.* 1895.
 Rullmann, Über das Verhalten des im Erdboden eingesäten Typhusbacillus. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1901. Bd. XXX. — Bd. XXXVIII. S. 380.
 De Blasi, *Riforma medica*. Oktober 1889. (Vitalità del b. t. nel terreno.)

Karlinski, Untersuchungen über das Verhalten von Typhusbazillen im Boden. *Archiv für Hygiene*. 1891. Bd. XIII. — *Fortschritte der Medizin*. 1889. — *Archiv für Hygiene*. Bd. VIII. — Untersuchungen über das Verhalten der Typhusbazillen in typhösen Dejektionen. *Centralblatt für Bakteriologie*. 1889. Bd. VI.

Uffelman, Die Dauer der Lebensfähigkeit von Typhus- und Cholera-bazillen in Fäkalmassen. *Centralblatt f. Bakteriologie*. 1889. Bd. V. — 1892. Bd. XV. S. 133.

Schiller, Zum Verhalten der Erreger der Cholera und des Unterleibstypus in dem Inhalt der Abtrittsgruben u. Abwasser. *Arbeiten a. d. Kaiserl. Gesundheitsamte*. 1890. Bd. VI.

Remlinger et Schneider, *Annales de l'Institut Pasteur*. 1897.

Sauglé-Ferrière-Remlinger, *Revue d'Hygiène*. 1892. Nr. 2.

Gärtner, Über das Absterben von Krankheitserregern im Mist und Kompost. *Diese Zeitschrift*. 1898. Bd. XXVIII.

Levy und Kayser, Über die Lebensdauer von Typhusbazillen, die im Stuhle entleert wurden. *Centralblatt für Bakteriologie*. Orig. 1903. Bd. XXXIII. S. 489.

Pfuhl, Vergleichende Untersuchungen über die Haltbarkeit der Ruhrbazillen und der Typhusbazillen außerhalb des menschlichen Körpers. *Diese Zeitschrift*. 1902. Bd. XL.

Geschwind, Fièvre typhoïde attribuée à l'épandage direct sur les légumes. *Arch. de méd. milit.* 1897.

Santori, Influenza delle polveri stradali sulla diffusione del t. addomin. in Roma. *Il Policlinico*. 1903. a. IX—X. Fasc. 57—58.

Daniel Conradi, Über die Lebensdauer der pathogenen Bakterien im Wasser. *Centralblatt f. Bakteriologie*. 1902. Bd. XXXV. S. 568—572. — 1902. Bd. XXXVI.

Emmerich, Über die Bedeutung des Wassers vom bakteriologischen Standpunkte. *Zeitschr. f. Untersuchung der Nahrungs- u. Genußmittel usw.* Bd. VIII. S. 77.

Korschun, Zur Frage der Verbreitung des Abdominaltyphus durch Trinkwasser. *Archiv für Hygiene*. Bd. LXI.

Spartaco Minelli, Über Bazillenträger und ihr Vorkommen unter gesunden Menschen. *Centralblatt für Bakteriologie*. Orig. 1906. Bd. XLI. S. 406—409.

Remlinger, Le bacille d'Eberth dans l'intestin des sujets sains. *Presse médicale*. 1906. Nr. 53. p. 421—423.

C. O. Jourdan, H. Russell, Z. R. Zeit, The longevity of the typhoid bac. in water. *The Journ. of inf. diseases*. Nov. 1901. F. I. p. 461.

Petruschky, *Diese Zeitschrift*. 1892. Bd. XII. S. 261.

Pfeiffer und Kolle, *Ebenda*. 1906. Bd. XXI. S. 203.

Firth-Horrocks, *Jahresversh. der Brit. med. Assoc.* Manchester 1902.

Strauss et Dubarry, *Arch. de méd. exp. et d'anat. path.* 1889.

Wolffhügel u. Riedel, *Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte*. 1886.

Cler e Ferrazzi, *Scritti in onore di Bozzole*. Un-Tip.

Biancotti, Sull'importanza che possono avere gli erbaggi mangiati crudi nella diffusione delle malattie infettive e parassit. *Rivista d'igiene e sanità pubblica*. Torino. a. XII. No. 23.

Bruini, Il tifo e le piante. *Giornale della r. soc. ital. d'ig.* a. XXVII.

Clauditz, Typhus und Pflanzen. *Hygien. Rundschau*. 1904.

Wurtz et Bourges, Sur la présence des microbes pathogènes à la surface des feuilles. *Arch. de méd. expér.* 1900. T. XIII.

Talayrach, La lutte contre la fièvre typhoïde en Allemagne. *Revue d'Hyg.* 1904. Nr. 4.

- Chiappella, La febbre tifoide in Firenze nell' ultimo decennio. *Annali d'ig. speriment.* 1905. Fasc. II.
- Brieger-Kitasato-Wassermann, Über Immunität und Giftfestigung. *Diese Zeitschrift.* Bd. XII.
- Celli, Influenza della temperatura nell' azione microbica della luce. *Ann. istit. igiene speriment.* 1890. Vol. VII.
- Estore De-Franceschi, Influence du sol sur la virulence du bac. typhique. *Revue d'Hygiène.* 1904.
- Orsi, Einfluß des Sonnenlichtes auf die Virulenz des Typhusbacillus und des Choleravibrio. *Centralblatt für Bakteriologie.* 1907.
- Barringer, *Medical record.* 1903. Dec. 19.
- Davidson, *New York med. journal.* July 11.
- Harrington, *The journal of the american med. assoc.* 1903. Dec. 19.
- Savage, Bacteriological examination of tidal mud. *Journal of Hygiene.* 1906. p. 146.
- William-Dodge-Frost, *The Journal of inf. diseases.* Nov. 1904. T. I. p. 599.
- Wheeler-John, M. the vitality of bac. typhosus under various conditions. *Journal of med. research.* Sept. 1905. I. XV. F. 2. p. 269—299.
- Di Vestea, Ricerche ed esperimenti sul bac. del tifo addominale. *Il Morgagni.* 1885.
- Wiesner, *Archiv für Hygiene.* 1907. Bd. LXI.
- Virchow, *Berliner klin. Wochenschrift.* 1893. Nr. 7.
- Hoffmann, *Archiv für Hygiene.* 1905. Bd. LII. S. 208.
- W. S. Harrison and L. W. Harrison, *Journal of the royal army.* Vol. II. p. 721.
- Mori, Über pathogene Bakterien im Kanalwasser. *Diese Zeitschrift.* 1888. Bd. IV.
- v. Drigalski, *Centralblatt für Bakteriologie.* 1900. Bd. XXVII.
- Kruse, *Diese Zeitschrift.* 1895. Bd. XIX.
- Kitasato, *Ebenda.* 1889. Bd. VII. S. 515.
- Wurtz et Mosny, *Congrès international d'Hygiène de Paris.* 1889. p. 447.