[Aus dem hygienischen Institut in Marburg.]

Versuche über das Verhalten der Cholera- und Typhusbakterien im Torfmull.

Von

Prof. Dr. Carl Fränkel und Dr. Ernst Klipstein.

Die Frage nach dem besten und zweckmässigsten Verfahren zur Beseitigung der menschlichen Abfallstoffe ist zur Zeit noch keineswegs entschieden, und die bisher üblichen Methoden sind der Vervollkommnung vielfach sogar sehr dringend bedürftig. Der Grund für diese wenig erfreuliche Lage der Dinge ist zum Theil gewiss in der Thatsache zu suchen, dass hier so zahlreiche, häufig unmittelbar widerstreitende Interessen Berücksichtigung verlangen und es deshalb schwer, wenn nicht unmöglich ist, allen Ansprüchen gleichmässig gerecht zu werden. Die Gesundheitspflege fordert eine rasche Entfernung der lästigen Materie aus unserer Umgebung und eine sichere Vernichtung der etwa in ihr enthaltenen Krankheitsstoffe. Die Aesthetik wünscht, dass dies in möglichst unauffälliger, der finanzielle Standpunkt, dass es in möglichst billiger Weise geschehe. Die Landwirthschaft endlich legt Gewicht darauf, dass die in den menschlichen Abfällen enthaltenen Pflanzennährstoffe, insbesondere der Stickstoff und die Phosphorsäure, nicht verloren gehen und dem grossen Haushalte der Natur nutzbar gemacht werden.

Für den Arzt, den Hygieniker kann es nicht zweifelhaft sein, welchen dieser verschiedenen Gesichtspunkte er einzunehmen habe. Mit Genugthuung aber darf hervorgehoben werden, dass auch Angehörige anderer Berufe, dass namentlich die Vertreter der Landwirthschaft sich neuerdings mehr und mehr der „sanitären“ Auffassung der ganzen Frage zuwenden

und das landwirthschaftliche Interesse nur dann betonen wollen, wenn zuvor der gesundheitliche Standpunkt genügend gewahrt ist.¹

Die Hygiene verlangt nun, wie eben bereits angedeutet, vor allen Dingen eine zuverlässige Vernichtung derjenigen Bestandtheile der Abfallstoffe, durch welche letztere gesundheitsschädliche Eigenschaften und Fähigkeiten gewinnen können, und sie sucht deshalb sowohl die Entstehung umfangreicherer Fäulnisvorgänge wie auch die Uebertragung von Infectionsorganismen durch die Abfallstoffe zu verhindern. Diese Aufgabe kann aber nur erfüllt werden, wenn in der That alle Abfallstoffe unterschiedslos dieselbe Behandlung erfahren, d. h. ausser den eigentlichen Dejecten, den Fäkalien und dem Urin, auch die ganze Gruppe der sogenannten Abwässer, die Haus- und Reinigungs-, die Bade-, Wasch- und Spülwässer u. s. f. Zweifellos sind diese letzteren sogar erheblich gefährlicher als die verhältnissmässig harmlosen Darmentleerungen und der Harn, da sowohl die absolute Menge der Abwässer, wie auch ihr Gehalt an fäulnisfähigen, zersetzbaren Substanzen und an Infectionstoffen unvergleichlich viel grösser zu sein pflegt. Im Hinblick auf diese Thatsache vertritt deshalb die neuere Gesundheitspflege einstimmig und mit aller Entschiedenheit den Satz, dass die Abwässer keineswegs als eine quantité négligable anzusehen seien, ihre Beseitigung vielmehr mindestens mit der nämlichen Sorgfalt und in der gleichen Weise zu geschehen habe, wie die der Dejectionen im engeren Sinne.

Diesem Verlangen entspricht unter den bisher gebräuchlichen Verfahren in vollem Umfange nur das der Schwemmeanalisation, das deshalb unter allen Umständen als das vollkommenste bezeichnet werden muss. Es soll damit keineswegs gesagt sein, dass dasselbe in sanitärer Hinsicht überhaupt nichts zu wünschen übrig lasse. Die Einrichtung der Nothauslässe, die bei stärkerer Füllung der Canäle in Folge heftiger Niederschläge einen Theil ihres Inhalts und damit auch

¹ In der Sitzung des Königl. bayrischen erweiterten Obermedicinalausschusses vom 30. November 1892 hat nach dem officiellen Protokoll (*Münchener medicinische Wochenschrift*, 1892, S. 964) Herr Ministerialrath Haag als Landwirthschaftsreferent u. A. sogar Folgendes ausgeführt: „Nun geht wohl aus diesen Untersuchungen hervor, dass die Latrine in noch höherem Maasse als der Stalldünger Bedeutung hat als Stickstoffdünger, und um diesen zu gewinnen, muss der Landwirth 97 Proc. Wasser aus der Stadt mitschleppen . . . Die Bedeutung des Stadtdüngers für die Landwirthschaft hat dadurch in der letzten Zeit noch mehr abgenommen, dass die neuesten Erfindungen auf dem Gebiete der Agriculturchemie den Landwirth in den Stand setzen, draussen selbst Stickstoff zu bereiten, ihn in reinlicherer und sauberer Weise aus der Luft zu sammeln . . . Ich glaube mich auf diese Worte beschränken zu können, um darzuthun, dass das Interesse der Landwirthschaft an dem Bezuge der Latrine kein so hohes ist, als man in der Regel annimmt . . .“

von Fäulnis- und Infektionsstoffen auf dem kürzesten Wege in die nächstgelegenen Wasserläufe entleeren, stellt vielmehr einen recht bedenklichen Mangel des ganzen Systems dar, über den alle beschönigenden Redensarten von der „gewaltigen Verdünnung“, welche die Jauche in solchen Fällen erfährt, ehe sie in die Flüsse eintritt, nicht hinwegtäuschen können. Auch die endgültige Beseitigung der durch die Schwemmcanaäle abgeführten Abfallstoffe stösst vielfach auf Schwierigkeiten. Die unmittelbare Einleitung in die Flussläufe unterhalb der betreffenden Ortschaften ist häufig aus verschiedenen Gründen unthunlich; die chemischen, sogenannten Klärmethoden leiden noch an sehr erheblichen Fehlern, und auch bei der Rieselwirthschaft ist es, abgesehen von allem anderen, mindestens noch nicht bewiesen, dass die in der Jauche etwa vorhandenen Infektionskeime auf den Rieselwiesen wirklich eine so unbedingt sichere Vernichtung erfahren, wie dies oft behauptet wird.

Trotz alledem ist aus dem eben angegebenen Grunde die Schwemmcanalisation die beste Methode zur Reinigung der Abfallstoffe, und wo die örtlichen Verhältnisse es irgend zulassen, sollte an erster Stelle von diesem Systeme Gebrauch gemacht werden. Dass das weit häufiger der Fall, als Voreingenommenheit und falsche Sparsamkeitsrücksichten vielfach zugeben wollen, kann nicht bezweifelt werden. Auf der anderen Seite aber wird Niemand bestreiten, dass es Ausnahmen von der Regel giebt, in denen selbst beim besten Willen von der Einführung des Schwemmverfahrens Abstand genommen werden muss, und für alle derartigen Fälle tritt dann die Frage nach dem zweckmässigsten Ersatz in den Vordergrund. Es ist hier nicht der Ort zu einer Kritik der verschiedenen Methoden, welche man da empfohlen und benutzt hat, wo man das tout à l'égout nicht anwenden wollte oder konnte. Theils suchen dieselben Abwässer und Fäkalien getrennt zu behandeln, theils beschränken sie sich überhaupt auf eine Beseitigung der letzteren, und da diese dann meist auf dem Wege der Abfuhr zu geschehen pflegt, so fasst man die sämmtlichen hierher gehörigen Methoden wohl auch unter dem Namen der Abfuhrsysteme zusammen.

Unter denselben hat im Laufe der jüngst verflossenen Jahre namentlich eines vielfach Eingang gefunden, bei welchem die Fäkalien, bzw. der Urin mit gewissen Mengen Torfmull gemischt, in Gruben oder Tonnen gesammelt und endlich abgefahren werden.

Die Vorzüge, welche dem Torfmull eine so rasche Verbreitung verschafft, treten bei der Verwendung desselben alsbald zu Tage und sind wesentlich dadurch bedingt, dass die Fäkalien in Berührung mit dem Torfmull einmal nahezu vollständig geruchlos gemacht und ferner in eine ausserordentlich leicht transportable, für die weitere landwirthschaftliche

Benutzung sehr geeignete Form gebracht werden. Das Torfmull theilt diese Eigenschaft mit einer ganzen Anzahl anderer feinporöser Substanzen, wie Asche, trockener Erde, gepulverter Holzkohle, und hier wie dort hat man die desodorisirende, fäulniswidrige Fähigkeit zunächst namentlich auf die Aufsaugung von Feuchtigkeit und die Bindung von Gasen durch Oberflächenwirkung zurückgeführt. Die erstere sollte die Entstehung der Fäulnis überhaupt verhindern, die letztere etwa doch gebildete übelriechende Zersetzungsproducte beseitigen, und das Torfmull erwies sich seinen sämmtlichen ebengenannten Concurrenten nur insofern überlegen, als schon sehr viel kleinere Quantitäten desselben zum vollen Erfolge genügten. Für die Praxis war das von grosser Bedeutung; einmal wurde das Verfahren durch den sparsamen Verbrauch von Material im Betriebe billiger, dann und namentlich aber liess sich die entstandene Mischung erheblich leichter handhaben und beispielsweise auch mit geringeren Kosten verfrachten, als das früher der Fall gewesen war.

In Anbetracht so mannigfacher Vorzüge würde die Hygiene der Verwendung des Torfmulls für die Abfuhrverfahren gewiss schon lebhafter das Wort geredet haben, wenn sich nicht in sachverständigen Kreisen vielfach der Verdacht geltend gemacht hätte, dass sein Gebrauch eine etwa vorhandene Infectionsgefahr der Fäkalien bzw. der Abfallstoffe erhöhe. So sagt z. B. Flügge:¹ „Infectionserreger halten sich in dem porösen Material, ähnlich wie im natürlichen Boden, eher besser lebensfähig, als in der unvermischten Jauche, und durch die Möglichkeit der leichteren Austrocknung und des Verstäubens wird die Infectionsgefahr noch weiter erhöht“, eine Bemerkung, die er in der zweiten Auflage desselben Werkes, Leipzig 1891, S. 412 allerdings dahin einschränkt, dass er betont: „Wohl zu beachten ist, dass eine Beeinträchtigung der Bakterien durch die feinporösen Substanzen nicht stattfindet. Manche Saprophyten kommen in den mit Erde oder Torf imprägnirten Fäkalien zu lebhafter Wucherung; Infectionserreger werden mindestens gut conservirt. Durch die Möglichkeit des leichteren Austrocknens und Verstäubens wird die Verbreitung der letzteren begünstigt.“

Von vornherein, so lange man in dem Torfmull nur eine indifferente, fein vertheilte, austrocknend wirkende Substanz sieht, ist dieser Standpunkt auch zweifellos allein gerechtfertigt. Dass die Dinge aber hier doch wesentlich anders liegen, machte sich schon bei dem ersten Versuche, dieser Frage experimentell näher zu treten, bemerklich.

Unter der Leitung von Rubner hat Karl Schröder 1891 im hygienischen Institut zu Marburg die „desinfectirende und fäulniswidrige

¹ *Grundriss der Hygiene*. Leipzig 1889. 1. Aufl. S. 414.

Wirkung des Torfmulls“ eingehender geprüft¹ und dabei gefunden, dass das Torfmull ausser seinen fäulnisshemmenden Eigenschaften auch die Fähigkeit besitzt, Infectionsorganismen in ihrer Entwicklung zu stören, ja sogar unmittelbar zu vernichten. So ging der Choleraerreger schon nach verhältnissmässig kurzer Berührung mit dem Torfmull zu Grunde, während sich der Typhusbacillus und der Staphylococcus pyogenes aureus als widerstandsfähiger erwiesen. Gleichzeitiger Zusatz von Fäkalien und Harn verlängerte in jedem Falle die Lebensdauer der Keime.

Zweifellos lieferten diese Versuche schon eine Reihe wichtiger Anhaltspunkte, ohne indessen auf absolute Gültigkeit Anspruch erheben zu können. Namentlich müssen die Vermengung des Torfmulls mit Bouillonculturen der zu prüfenden Bakterien und ferner die Anlage von Gelatinestichculturen zur Feststellung der noch vorhandenen oder erloschenen Lebensfähigkeit als Momente angesehen werden, welche begründete Zweifel in die unbedingte Zuverlässigkeit der gewonnenen Ergebnisse rechtfertigten, und eine Wiederholung der betreffenden Experimente konnte bei der praktischen Wichtigkeit der ganzen Frage wohl als wünschenswerth erscheinen.

Es ist das Verdienst der „Deutschen Landwirthschafts-Gesellschaft“, eine experimentelle Bearbeitung der Angelegenheit in weiterem Umfange in die Wege geleitet zu haben, indem sie eine Anzahl hygienischer Institute beauftragte, „festzustellen, ob die Zwischenstreu von Torfmull im Stande ist, die Abtödtung der in Fäkalien enthaltenen Keime ansteckender Krankheiten, speciell der Cholera und des Typhus, sicher zu bewirken. Unterscheidet sich das Torfmull diesbezüglich je nach seiner Herkunft und Beschaffenheit? Wird die Sicherheit der Abtödtung dieser Krankheitskeime vermehrt, oder wird die Abtödtung beschleunigt durch einen Zusatz von Stoffen zum Torfmull, welche dem Wachsthum der Culturpflanzen mindestens nicht schädlich, wenn möglich, sogar nützlich sind?“

Die Versuchsanordnung war damit gleichfalls schon vorgezeichnet, und die Aufgabe konnte alsbald in Angriff genommen werden. Einige orientirende Experimente zeigten zunächst, dass die Anzahl der im Torfmull selbst vorkommenden Mikroorganismen eine auffällig geringfügige war. Mehrere gehäufte Messerspitzen Torf mit 10^{cem} gewöhnlicher Gelatine gemischt und in Schalen ausgegossen, liessen kaum mehr als 20 oder 30 Colonieen, meist von Schimmelpilzen, zur Entwicklung kommen, und dieses Resultat blieb auch das principiell gleiche, als später der stark bakterienwidrige Einfluss des Torfmulls bekannt geworden war und in Rücksicht auf denselben grössere Quantitäten des Nährbodens mit geringeren Mengen Torf versetzt wurden.

¹ *Inaugural-Dissertation*. Marburg 1891.

Die Bakterienarmuth des aus den oberflächlichen Lagen des Torfmoors gewonnenen Mulls steht in bemerkenswerthem Gegensatz zu den sonst gerade in den höheren Schichten des Erdbodens gefundenen Massen von Mikroorganismen, gleichgültig, ob es sich dabei um frisch entnommenes oder längere Zeit aufbewahrtes und getrocknetes Material handelt.

Für die weitere Ausführung unserer Versuche war dieses Ergebniss insofern von Bedeutung, als es uns die Möglichkeit eröffnete, die Cholera-bakterien fast regelmässig, die Typhusbacillen wenigstens zuweilen unmittelbar mit nicht sterilisirtem Torf zu mischen, ohne im weiteren Verlauf der Dinge und namentlich bei der Beurtheilung der angelegten Platten durch das Dazwischentreten und das Wachsthum allzu zahlreicher anderweitiger Keime gestört zu werden. Da sich auch sonst, wie gleich hier bemerkt sein mag, irgendwelche Unterschiede im Verhalten des künstlich — im Dampftopf — sterilisirten und des unveränderten, ohne Weiteres benutzten Torfmulls nicht feststellen liessen, so können unsere Ergebnisse für beide Kategorien in jedem Falle die gleiche Gültigkeit beanspruchen.

Zu den Versuchen wurden zwei verschiedene Arten Torfmull, ein stärker saures (I) und ein schwächer saures (II) benutzt, von denen enthielt:

	I	II
Trockensubstanz	74.42 Procent	66.00 Procent
Asche	1.55 „	1.97 „
Stickstoff	0.52 „	0.59 „
100 ^{ccm} verbrauchten zur Neutralisation der Säure:		
	19.6 ^{ccm} 1/10 n. Alk.	12.2 ^{ccm} 1/10 n. Alk.

Mässig grosse Mengen dieser beiden Torfmullarten wurden nun in sterile Reagensröhrchen oder Erlenmeyer'sche Kölbchen geschüttet und hier mit einer Aufschwemmung von Cholera-vibrien in destillirtem Wasser so übergossen, dass der Torf vollständig durchfeuchtet erschien. Sties die gleichmässige Aufsaugung der Flüssigkeit, wie dies häufig beobachtet wurde, auf Schwierigkeiten, so konnte die Mischung mit Hülfe eines starken Platindrahtes doch bei einiger Mühe jedesmal in ganz vollständigem Maasse bewirkt werden. Von Zeit zu Zeit entnahmen wir dann kleine Proben und übertrugen dieselben theils in flüssige Nährgelatine zur Anfertigung Petri'scher Schalen, theils in Reagensgläsern, die eine 1 proc. Peptonlösung enthielten und in den Brutschrank eingestellt wurden, um die Entwicklungsfähigkeit der verimpften Keime auch bei höherer Temperatur zu prüfen. Die Peptonlösungen wurden dann im hängenden Tropfen und im gefärbten Präparat untersucht, ausserdem regelmässig Gelatineplatten gegossen und dadurch das Vorhandensein oder Fehlen der specifischen Keime in der Peptoncultur ermittelt. Die Cholera-vibrien stammten

von 24 Stunden alten Agarröhrchen. Der auf der schrägen Oberfläche derselben bei 37° gediehene Rasen wurde abgekratzt und in sterilem Wasser aufgeschwemmt. Die Cultur selbst rührte aus der vorjährigen Epidemie und von einem in Duisburg constatirten Falle her.

Das Ergebniss der ersten Versuche war nun bei beiden Torfarten folgendes:

Versuch I.

	Sofort	1 Tag	2 Tage	3 Tage
Steriler Torf und Cholera	+	—	—	—
Nicht steriler Torf u. Chol.	+	—	—	—

Die eingebrachten Keime waren also nach eintägigem Aufenthalt in dem Torfmull abgestorben. Eine irgendwie nennenswerthe oder constante Differenz in der Wirkungsweise der beiden Torfarten trat hier, und wie gleich bemerkt sein mag, auch später niemals hervor, so dass wir weiterhin die Ergebnisse häufig nur einfach, als für beide Proben gültig, anführen werden.

Versuch II.

	Sofort	2 1/2 St.	4 1/2 St.	6 1/2 St.	8 1/2 St.
	P. ¹ G. ²	P. G.	P. G.	P. G.	P. G.
Torf I steril und Cholera	+ +	— —	— —	— —	— —
Torf II steril und Cholera	+ +	— —	— —	— —	— —
Torf I unsteril und Cholera	+ +	— —	— —	— —	— —
Torf II unsteril und Cholera	+ +	— —	— —	— —	— —
Aufschwemmung d. Cholera-vibron. in Wasser	+ +	+ +	+ +	+ +	+ +

Auch die Zeit von 2 1/2 Stunden erwies sich also schon als ausreichend zur Vernichtung der Vibrionen, und es musste ein dritter Versuch zur Ausführung gelangen, um die untere Grenze des abtödtenden Einflusses der Torfstreu festzustellen.

Versuch III.

	1/2 Std.	1 Std.	1 1/2 St.	2 1/2 St.
	P. G.	P. G.	P. G.	P. G.
Torf I steril und Cholera	+ —	+ —	+ —	— —
Torf II steril und Cholera	+ +	+ +	+ +	+ +
Torf I nicht steril und Cholera	+ +	+ —	+ —	— —
Torf II nicht steril und Cholera	+ +	+ +	— —	— —
Controle	+ +	+ +	+ +	+ +

¹ Peptoncultur.

² Gelatineplatte.

Bei späteren Wiederholungen dieses grundlegenden Versuches wurden im Allgemeinen gleiche Ergebnisse erhalten, doch machten sich hin und wieder auch Abweichungen bemerklich, insofern, als in der Peptonlösung unter Umständen noch nach 3 Stunden, dagegen nicht mehr nach 5 Stunden, eine Entwicklung der Keime zu beobachten war.

Man kann also nach durchschnittlich $2\frac{1}{2}$, höchstens 4 bis 5 Stunden schon eine sichere Abtödtung, nach $\frac{1}{2}$ oder ein-stündiger Einwirkung des Torfmulls eine erhebliche Schwächung und Schädigung der Kommabacillen, wie sie in dem Ausbleiben des Wachstums auf der Gelatineplatte zum Ausdruck gelangt, regelmässig feststellen.

Unter natürlichen Verhältnissen kommen die Choleravibrionen nun nicht ohne Weiteres, sondern stets gemischt mit Urin und Fäkalien in Berührung mit dem Torf, und es war deshalb jetzt zu ermitteln, welchen Einfluss eine entsprechende Veränderung der Versuchsbedingungen zu erkennen geben werde. Frisch gelassener, schwach alkalisch reagierender Urin, der rothes Lakmuspapier in eben bemerkbarer Weise bläute, wurde auf sterilisiertes und nicht sterilisiertes Torfmull gegossen und dann von einer Aufschwemmung der Cholerabakterien in sterilisiertem Wasser zugefügt, bis das Torfmull gleichmässig durchfeuchtet erschien. Zur Controle wurden die Kommabacillen gleichzeitig mit dem benutzten Wasser und mit dem benutzten Urin allein vermengt und auch von diesen Proben in entsprechenden Zwischenräumen Abimpfungen vorgenommen.

Versuch IV.

	Wachsthum in Peptonlösung nach						
	6 Tg.	7 Tg.	8 Tg.	9 Tg.	10 Tg.	13 Tg.	15 Tg.
Steriler Torf + Urin + Cholera	+	+	+	+	—	—	—
Nicht steril. T. + Urin + Chol.	+	+	+	—	—	—	—
Urin und Cholera	+	+	+	+	+	+	+
Steriles Wasser und Cholera . .	+	+	+	+	+	+	+

Die Choleravibrionen hielten sich also in Torfmull, dem alkalisch reagierender Urin zugesetzt war, 8 bis 9 Tage lebensfähig. Immerhin trat aber eine schädigende Einwirkung des Torfs auf die Mikroorganismen auch hier ganz deutlich hervor, insofern, als die Keime in dem betreffenden Harn allein noch nach 15 Tagen ihr volles Wachstumsvermögen besaßen.

Weitere Experimente in der gleichen Richtung zeigten dann, dass die Reaction des verwendeten Harns von ganz erheblichem Einfluss auf den Ausfall der Versuche war. Zwei verschiedene, frisch entleerte Urine, von denen der eine ungewöhnlich stark sauer, der andere leicht alkalisch war, wurden in der Weise verwendet, dass, abweichend von dem erst befolgten Verfahren, die Choleravibrionen unmittelbar mit dem Harn gemischt, in demselben aufgeschwemmt und dann so lange auf den Torf aufgeschüttet wurden, als letzterer noch Flüssigkeit aufzusaugen im Stande war.

Versuch V.

	Die Choleravibrionen wuchsen	
	noch nach	nicht mehr nach
Torf + alkalischer Urin + Cholera	4 Tagen	7 Tagen
Alkalischer Urin und Cholera	22 „	42 „
Torf + saurer Urin + Cholera	½ Stunde	1 Tag
Saurer Urin und Cholera	2 Tagen	3 Tagen
Torf und Cholera	½ Stunde	1 Tag
Wasser und Cholera	42 Tagen	
Torf und saurer Urin, dem nach eintägigem Stehen Cholera zugefügt wurde		1 Tag

Der stark saure Urin zeigte sich dem alkalischen weit überlegen: im ersteren gingen die Keime nach höchstens 3, im letzteren erst nach 22 bis 42 Tagen zu Grunde. Die Zugabe des Torfmulls setzte die eine Frist auf 1, die andere auf 7 Tage herab.

Begreiflicherweise geben die im Vorstehenden mitgetheilten Resultate aber keineswegs unbedingt gültige Zahlen, sondern nur gewisse Mittelwerthe, von denen Abweichungen nach oben oder unten häufig genug zu verzeichnen waren. So fanden wir einmal die Kommabacillen, in saurem Urin aufgeschwemmt und mit Torf vermischt, noch nach 14 Tagen lebensfähig, nach 20 Tagen abgestorben; dagegen in einem anderen Falle bei Benutzung neutralen Harns unter sonst ganz gleichen Verhältnissen nach einem Tage, in einem dritten Versuche nach 3 Tagen sichere Vernichtung der Keime. Im neutralen Urin allein hielten sich die Mikroorganismen bald nur 20., bald 45. Tage entwicklungsfähig u. s. w.

Abgesehen von der Reaction des Urins scheinen also auch noch seine sonstige Beschaffenheit und Zusammensetzung, sein Gehalt an gewissen Nährstoffen, sein Bakterienreichthum, die früher oder später eintretende ammoniakalische Gährung und andere Momente mehr hier von Bedeutung und von günstigem oder ungünstigem Einfluss auf die mit ihm in Berührung kommenden Choleravibrionen zu sein.

Immerhin lässt sich das Ergebniss der bisherigen Experimente etwa dahin zusammenfassen, dass die Choleravibrionen sich in einem Gemenge von Torfmull und Urin bis zu 14 Tagen lebensfähig erhalten können, in der Regel jedoch nach höchstens einer Woche und unter besonderen Verhältnissen (stark saurer Urin) sogar schon nach einem Tage zu Grunde gehen.

Zu ganz ähnlichen Resultaten führten dann weitere Versuche, bei denen an die Stelle des Urins frisch entleerte Fäkalien traten.

Dünnflüssiger Stuhl von stark saurer Reaction wurde mit so viel Torfmull gemengt, dass die Flüssigkeit vollständig aufgesogen wurde; derselbe Stuhl wurde ferner mit dem gleichen Volumen stark sauren Urins versetzt und so dem Torf zugefügt, endlich auch der Urin allein mit Torfmull und mit Fäkalien zusammengebracht und schliesslich zu jeder dieser Proben eine Aufschwemmung der Choleravibrionen in sterilisirtem Wasser gegossen.

Versuch VI.

	1 Std.	1 Tag	4 Tage	8 Tage	14 Tg.	20 Tg.	27 Tg.	30 Tg.
Torf + Fäces + Urin + Ch.	+	—	—	—	—	—	—	—
Torf + Fäces + Cholera	+	—	—	—	—	—	—	—
Torf + Urin + Cholera	+	+	+	+	—	—	—	—
Fäces + Urin + Cholera	+	+	+	+	+	+	—	—

Hier hielten sich die Kommabacillen also in Mischungen mit Torfmull und Fäces allein oder Fäces und Urin nicht einmal 24 Stunden lebensfähig, während sie in Berührung mit Fäkalien und Urin ohne Zusatz von Torfmull noch nach 20 Tagen nicht vernichtet waren — gewiss ein ungemein schlagendes Beispiel für den keimtödtenden Einfluss des Torfes.

Wurde anstatt eines sauren aber ein alkalisch reagirender Stuhl benutzt, so änderten sich die Verhältnisse alsbald in sehr beträchtlichem Maasse: die Bakterien zeigten jetzt im Verein mit Torfmull, Fäces und Urin nach 11 Tagen noch eine, wenn auch geschwächte, Entwicklung. Das Gesammturtheil kann also nur dahin lauten, dass sich die Kommabacillen, gemengt mit Urin und Fäces, im Torfmull eine verschieden lange Reihe von Tagen, je nach der wechselnden Reaction und sonstigen Beschaffenheit der Zwischenträger lebend zu erhalten vermögen. In bewusstem und beabsichtigtem Gegensatz zu den Eingangs erwähnten Versuchen von Schröder hatten wir bei unseren Feststellungen weder den Harn noch den Stuhl vor ihrer

Berührung mit dem Torf einer Sterilisation unterworfen, um so die natürlichen Verhältnisse thunlichst nachzuahmen und den Urin- und Fäcesbakterien Gelegenheit zu geben, in Concurrenz mit den empfindlicheren pathogenen Mikroorganismen zu treten.

Die uns zur Bearbeitung vorgelegte Frage wünschte nun auch Auskunft darüber zu erhalten, ob die etwa vorhandene keimtödtende Kraft der Torfstreu „noch durch den Zusatz von Stoffen erhöht werden könnte, welche dem Wachsthum der Culturpflanzen mindestens nicht schädlich, wenn möglich sogar nützlich sind“, und als derartige Substanzen waren uns von Seiten der deutschen Landwirthschaftsgesellschaft selbst zunächst namentlich das Kainit und das sogenannte Superphosphat genannt und zur Prüfung empfohlen worden.

Das Kainit ist ein bei Stassfurt gewonnenes kalihaltiges Salzgemenge, welches als künstliches Düngemittel in weitem Umfange Verwendung findet. Bei dem Superphosphat kommen mehrere Präparate in Betracht, die sich durch die Menge der zur Aufschliessung der sogenannten Mineralphosphate (dreibasisch phosphorsaurer Kalk) benutzten Schwefelsäure von einander unterscheiden und danach im Handel meist als „einfaches Superphosphat“ und als „Superphosphatgyps“ bezeichnet werden.

Die von uns verwendeten Präparate enthielten:

1. das Kainit:

11.32	Procent	Kali (K_2O),
13.25	„	Natron (Na_2O),
10.98	„	Magnesia (MgO),
30.34	„	Chlor (Cl).

2. der Superphosphatgyps:

15.35	Procent	Gesamtposphorsäure,
12.06	„	wasserlösliche Phosphorsäure,
8.51	„	alkohollösliche „
56.58	„	Gyps ($CaSO_4 + 2 H_2O$).

Um zunächst den unmittelbaren Einfluss dieser Salze auf die Cholerabakterien festzustellen, fertigten wir $\frac{1}{2}$, 1, 2, 5 und 10 procentige Lösungen (Gewichtsverhältnisse) derselben an und brachten dieselben in Berührung mit den Kommabacillen.

Es ergab sich Folgendes:

Versuch VII.

Dauer des Aufenthaltes in:	Kainit					Superphosphatgyps					Superphosphat	
	1/2 ‰	1 ‰	2 ‰	5 ‰	10 ‰	1/2 ‰	1 ‰	2 ‰	5 ‰	10 ‰	1 ‰	5 ‰
5 Minuten	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
10 „	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
15 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
20 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
30 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
45 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
1 Stunde	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
2 Stunden	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
3 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
5 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
8 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
10 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
1 Tag	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
2 Tage	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
3 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
4 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
5 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
6 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
7 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
8 „	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—

Es liess danach das Kainit überhaupt gar keinen Einfluss auf die Lebensfähigkeit der Cholera Bakterien erkennen, während sich das Superphosphat in beiden Formen als sehr wirksam erwies und die Mikroorganismen schon in 1/2 bzw. 1procentiger Lösung binnen wenigen Minuten abtödtete. Diesem Ergebniss entsprachen auch durchaus die weiteren Versuche, bei denen die eben genannten Salze mit Torfstreu gemischt und dann in ihrem Verhalten gegen die Cholera vibrionen geprüft wurden. In der Regel wurden dabei zwei Theile Torf mit einem Theile des betreffenden Salzes gemengt.

Versuch VIII.

	Lebensfähigkeit nach			
	1/2 Stunde	1 Tag	2 Tagen	3 Tagen
Torf + Superphosphat + Cholera .	—	—	—	—
Torf + Kainit + Cholera	+	—	—	—
Torf + Superph. + Urin + Cholera	—	—	—	—
Torf + Kainit + Urin + Cholera .	+	—	—	—

Bei einem fernerem Experiment wurden auch menschliche, nicht sterilisirte Fäces einbegriffen; 50^{cem} dünnflüssigen, alkalisch reagirenden Stuhles wurden mit grossen Quantitäten einer frischen Aufschwemmung der Choleravibrionen versetzt und so entweder allein oder mit gleichen Theilen sauren Urins auf den mit den Salzen imprägnirten Torf bis zur Sättigung des letzteren aufgegossen.

Versuch IX.

	Wachsthumsfähigkeit nach							
	½ St.	12 St.	24 St.	3 Tg.	4 Tg.	5 Tg.	11 Tg.	17 Tg.
T. + Superph. + Cholerastuhl	+	—	—	—	—	—	—	—
T. + Kainit + Cholerastuhl	+	+	+	+	+	+	—	—
T. + Superphosphat + Urin + Cholerastuhl	+	+	+	+	+	—	—	—
T. + Kainit + Urin + Cholerastuhl	+	+	+	+	+	+	+	—
T. + Urin + Cholerastuhl	+	+	+	+	+	+	+	—

Durch den Zusatz des Superphosphats wurde die desinficirende, keimtödtende Kraft des Torfmulls also sehr wesentlich verstärkt: während der künstliche Cholerastuhl mit Urin und Torfstreu noch nach 11 Tagen lebende Kommabacillen enthielt, waren die letzteren in dem gleichzeitig mit Superphosphat imprägnirten Gemenge schon nach fünf Tagen verschwunden.

Bevor wir unsere Versuche aber nach dieser Richtung weiter fortführten und auch andere Substanzen in der gleichen Weise zu prüfen unternahmen, traten wir zuerst noch der Frage näher, worauf denn die keimwidrige Fähigkeit des Torfes selbst beruhe, da sich danach voraussichtlich am besten entscheiden liess, wie diese Eigenschaft eine möglichst zweckmässige Erhöhung erfahren könnte. Dass die desinficirende Einwirkung des Torfes nicht als eine physikalische Erscheinung, bedingt durch die Bindung von Gasen, die Absorption von Feuchtigkeit u. s. w. aufzufassen sei, sondern dass hier, wie bei anderen Desinfectionsmitteln chemische Momente die ausschlaggebende Rolle spielten, war nach dem Ausfall der bisherigen Versuche nicht zu bezweifeln, und es lag nahe, in erster Linie die saure Reaction des Torfes, d. h. seinen Gehalt an Säuren, namentlich an Humussäure, in Betracht zu ziehen.

Um ein wässriges Extract des Torfmulls herzustellen, wurden 250^{grm} Torf mit der doppelten Menge Wasser übergossen, die Masse 20 Minuten lang auf dem Wasserbade erhitzt und dann filtrirt. Das braun gefärbte, sauer reagirende Filtrat versetzten wir dann entweder unmittelbar oder

nachdem wir es vorher mit gleichen Theilen sauren Urins vermischt hatten, mit reichlichen Mengen von frisch aufgeschwemmten Cholera-vibrionen und bewahrten die Gefässe bei Zimmertemperatur und im Dunklen auf.

Versuch X.

	8 St.	24 St.	2 Tg.	3 Tg.	4 Tg.	14 Tg.	
Torfeextract + Choleravibr. . .	+	—	—	—	—	—	—
Torfeextract + Urin + Choleravibr.	+	+	+	+	+	+	+

Die Cholera-bakterien waren also im Torfeextract allein schon nach 24 Stunden abgestorben, dagegen noch nach 14 Tagen erhalten in dem gleichen Auszug, dem vorher Urin und zwar in diesem Falle saurer Urin zugefügt worden war. Die Einwirkung des Extractes hatte durch den Harn eine erhebliche Abschwächung erfahren und ging vollständig verloren, wenn die saure Reaction beseitigt und in die alkalische übergeführt wurde, gleichgültig, ob es sich dabei um einen heiss oder kalt hergestellten Auszug handelte. Den letzteren bereiteten wir, indem wir einen Theil Torf mit zwei Theilen Wasser 2×24 Stunden bei Zimmertemperatur stehen liessen und dann filtrirten. (Extract A.) Hier waren zur Neutralisirung von 100 ^{cem} 0.8 ^{cem}, bei dem heiss präparirten (Extract B) 1.3 ^{cem} $\frac{1}{5}$ Normalnatronlauge erforderlich.

Versuch XI.

	15 St.	24 St.	2 Tg.	3 Tg.	4 Tg.	9 Tg.
Extract A sauer	+	—	—	—	—	—
„ B sauer	+	—	—	—	—	—
„ A alkalisch	+	+	+	+	+	+
„ B alkalisch	+	+	+	+	+	+
„ A sauer + Urin	+	+	+	+	+	+
„ B sauer + Urin	+	+	+	+	+	+
„ A alkalisch + Urin	+	+	+	+	+	+
„ B alkalisch + Urin	+	+	+	+	+	+

Der Gehalt an Säure ist also das entscheidende Moment für die bactericide Wirkung des Torfes; wird derselbe erhöht (Zusatz von Superphosphat), so steigt die keimtödtende Kraft, wird er dagegen verringert (Zusatz von Alkali) oder in seinem specifischen Leistungsvermögen durch das Dazwischentreten nährfähiger Stoffe (Urin) beschränkt, so erfährt der desinficirende Einfluss eine entsprechende Einbusse.

Daraus folgt unmittelbar, dass es unser Bestreben sein muss, die saure Beschaffenheit des Torfes, wenn möglich, noch weiter künstlich zu verstärken, dagegen alles zu vermeiden, was dieselbe zu beeinträchtigen im Stande ist. Die Richtigkeit dieses Satzes ergab sich auch alsbald bei der Prüfung einer ganzen Anzahl verschiedener Substanzen, die wir dem Torfmull zufügten, um seine Wirksamkeit zu steigern. Es ist wohl unnöthig, dieselben im Einzelnen hier zu verzeichnen. Erwähnt sei nur, dass beispielsweise der Aetzkalk, auf den wir anfänglich gewisse Hoffnungen gesetzt hatten, sich als ganz unbrauchbar erwies und die natürliche Desinfectionskraft des Torfes sogar verringerte. Säuren dagegen, wie Salzsäure und Schwefelsäure, und saure Salze, wie das vorher schon erwähnte und geprüfte Superphosphat, zeigten sich als ausserordentlich zweckmässige Zusätze. Dass man auf diesem Wege auch eine für die Praxis werthbare Lösung der Frage gefunden, ging unmittelbar aus Versuchen hervor, bei denen wir uns eines mit Schwefelsäure durchtränkten Torfmulls bedienten, welches uns durch die lebenswürdige Vermittelung des Herrn Dr. Vogel, Vorstehers der Abtheilung für Abfallstoffe bei der deutschen Landwirthschaftsgesellschaft von Seiten der Actiengesellschaft für Torfstreufabrikation vorm. Fedor Wolff & Co., Helenaveen in Holland, freundlichst zur Verfügung gestellt worden war. Dieses Präparat enthielt nach den Mittheilungen der Verfertiger auf 100 Theile 2 Theile 60 procentige Schwefelsäure und 10 Theile Wasser. Die landwirthschaftliche Verwendbarkeit erfährt durch diese Zusätze nach keiner Richtung hin eine Schmälerung.

Den Cholera-vibrien gegenüber verhält sich dieses Torfmull nun folgendermassen:

Es wird der Torf zunächst mit Cholera-bakterien allein und dann in einer weiteren Versuchsreihe mit in alkalischem Urin aufgeschwemmten Cholera-bakterien vermischt.

Versuch XII.

	Wachsthumsfähigkeit nach:												
	Minuten						Stunden						
	10	20	30	40	50	60	1½	2	3	5	7	9	13
Torf + Ch.	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Torf + Cholera-vibr. + Urin .	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—

Die vorherige Sterilisation des Torfes — durch mehrstündiges Erhitzen im Dampftopf — übte hier ebensowenig wie bei den beiden für

die früheren Versuche benutzten Proben eine erkennbare Einwirkung auf die Desinfektionskraft aus.

Versuch XIII.

	Wachsthumsfähigkeit nach:											
	Minuten						Stunden					
	10	20	30	40	50	60	2	3	4	5	10	20
Steriler Torf + Chol.	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Steriler Torf + Chol. + Urin .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—

Die etwas längere Lebensdauer der Keime in dem mit Harn versetzten Torf ist zweifellos auf die ungleichartige Beschaffenheit des hier, in dem zweiten Falle, benutzten Urins zurückzuführen.

Es wurden ferner zwei Theile einer Aufschwemmung der Cholera-vibrionen in Wasser, bezw. in neutralem Urin mit einem Theile eines dünnbreiigen alkalisch reagirenden Stuhles in einem Becherglase innig gemengt und dann zu der Mischung soviel Torfmull gefügt, dass einerseits die Flüssigkeit vollständig aufgesogen, andererseits der Torf gänzlich durchfeuchtet war. Zur Controle dienten Mischungen der Kommabacillen mit Fäces, sowie mit Urin und Fäces ohne Torfzusatz.

Versuch XIV.

	Wachsthumsfähigkeit nach:											
	Minuten						Stunden					
	10	20	30	40	50	60	1 1/2	3	4	5	7	10
Torf + Fäces + Chol.	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—
Torf + Fäces + Urin + Chol. . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—
Fäces + Chol.												+
Fäces + Urin + Chol.												+

Die Cholera-vibrionen hielten sich, wie wir oben gesehen haben, in alkalischem Urin allein und in einem Gemisch von Fäces und Urin mehrere Wochen, mindestens 20 Tage lebensfähig; durch den Zusatz des sauren Torfmulls wurde diese Frist auf wenige (1 1/2, höchstens 5) Stunden verringert, und wir können wohl behaupten, dass diese Zahlen einen deutlichen Beweis für die sehr erhebliche keimwidrige Wirksamkeit des Torfmulls liefern.

Bei der Wichtigkeit dieses Versuches erschien es uns aber angebracht, denselben noch einige Male unter etwas veränderten Bedingungen zu wiederholen. Die bisherigen Experimente hatten bereits, wie wir dies mehrfach hervorgehoben, erkennen lassen, von wie erheblicher Bedeutung

für den Ausfall der Ergebnisse die wechselnde Reaction der verwendeten Materialien war. Wir haben demnach im Folgenden möglichst verschiedene, bald stark saure, bald stark alkalische Fäkalien bezw. Urin auf ihr Verhalten geprüft und dabei in der That recht bemerkenswerthe Unterschiede feststellen können.

Versuch XV.¹

	Stunden								Tage		
	1	2	4	5	7	8	12	24	2	6	9
Saurer Torf + saurer Urin + Choleravibr.	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Saurer T. + stark alk. Fäces + schwach saurer Urin + Choleravibr.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saurer Torf + schwach alkal. Fäces + Choleravibr.	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Alkalische Fäces + Choleravibr. . . .								+	+	+	—
Fäces + saurer Urin + Choleravibr. .								—	—	—	—

In Berührung mit dem sauren Torf, saurem Urin bezw. schwach alkalischen Fäkalien waren die Choleravibrionen also in 4 bezw. 7 Stunden abgestorben; die betreffenden Röhren zeigten eine ziemlich stark saure Reaction. Dagegen blieben die Bakterien in einem Gemenge von Torf, schwach saurem Urin und stark alkalischen Fäces 9 Tage lang (und wohl noch darüber hinaus) lebensfähig; der Torf reagirte in diesem Falle nach 4 Tagen nur noch ganz schwach sauer, nach 6 Tagen alkalisch, eine Folge der Fäulniss- und Umsetzungsvorgänge, welche sich hier in den nicht sterilisirten Substanzen abspielten.

Versuch XVI.

	2 Std.	5 Std.	10 Std.	24 Std.	5 Tg.
Torf + alkal. Stuhl + Ch.	+	—	—	—	—
Torf + alkal. Stuhl + neutr. U. + Ch.	+	+	—	—	—
Alkal. Stuhl + Ch.	+	+	+	+	+
Alkal. Stuhl + neutr. Urin + Ch. . .	+	+	+	+	—

Die Vernichtung der Mikroorganismen war also in dem mit alkalischen Fäkalien allein vermengten Torf schon nach weniger als 5 Stunden, in dem mit alkalischen Fäkalen und neutralem Urin versetzten nach weniger als 10 Stunden erfolgt. In den Fäkalien allein blieben die Vibrionen länger als 5 Tage lebensfähig, in einem Gemisch der Fäkalien mit dem

¹ Die Prüfung auf das Vorhandensein lebender Choleravibrionen geschah hier wie stets mit Hilfe der Peptoncultur.

sauren Urin aber waren sie in derselben Frist abgetödtet, ein Ergebniss, das auf den ersten Blick etwas auffallend erscheint, seine Erklärung jedoch in der Thatsache findet, dass hier die Reaction schon in der genannten Zeit eine besonders stark alkalische geworden war.

Versuch XVII.

	Stunden					
	3	5	7	9	20	48
Torf + alkalischer Stuhl + Chol.	—	—	—	—	—	—
Torf + alkal. Stuhl + saurer Urin + Ch. . . .	—	—	—	—	—	—

Die Reaction des Gemisches von Stuhl allein, oder von Stuhl und Urin mit Torf, war von vorneherein eine ziemlich stark saure; die Cholera-bakterien gingen demzufolge auch sehr rasch, in weniger als 3 Stunden, zu Grunde.

Versuch XVIII.

	Stunden						Tage	
	2	4	6	8	10	22	2	3
Torf + Fäces + Chol. .	+	+	+	+	+	+	+	+
Torf + Fäces + Urin + Ch.	—	—	—	—	—	—	—	—
Fäces + Chol.	+	+	+	+	+	—	—	—
Fäces + Urin + Chol. .	+	+	+	+	+	+	—	—

Dieser Versuch ist nach mehreren Richtungen hin beachtenswerth. Die verwendeten Fäkalien waren vorher 24 Stunden lang bei etwa 10° aufbewahrt worden und reagirten stark alkalisch. Der benutzte Urin zeigte saure, das Gemenge von Fäces und Urin (zu gleichen Theilen) eine leicht alkalische Reaction.

Die letztere wurde durch den Zusatz des Torfes in eine saure verwandelt (die Mischung reagirte in der That sowohl sofort nach ihrer Herstellung wie auch am fünften Tage noch stark sauer) und die zugefügten Cholera-bakterien daher in weniger als 2 Stunden vernichtet. Auch das Gemenge von Fäkalien allein und Torfmull reagirte zunächst deutlich sauer, zeigte aber schon nach 22 Stunden eine neutrale, nach 5 Tagen eine stark alkalische Reaction: die Säure des Torfes hatte also die Alkaliscenz der Fäkalien nicht soweit abzustumpfen und aufzuheben vermocht, um weitere Zersetzungs Vorgänge, die mit der Bildung von Alkali einhergingen, und damit die allmähliche Ueberführung der sauren Reaction des Gemenges in die alkalische zu verhindern. Die anfänglich noch überwiegende Säure hatte aber des weiteren auch nicht genügt, um eine rasche Abtödtung der Cholera-vibrionen zu bewerkstelligen; bei dem alsbald ein-

tretenden Umschlag der Reaction war das baktericide Moment vollends ausgeschaltet worden, und in Folge dessen hielten sich die Mikroorganismen hier drei Tage und länger lebensfähig. Es war dies das zweite Mal, wo innerhalb unserer Versuche eine schnelle Vernichtung der Vibrionen unter dem Einfluss des sauren Torfmulls vermisst wurde (vergl. Versuch XV), und man wird hier sogar von einer die Erhaltung der eingebrachten Infectionsorganismen befördernden Einwirkung des Torfes sprechen müssen, da die Bakterien in den Fäkalien allein sehr viel eher zu Grunde gingen, als nach dem Zusatz von Torfmull. Ohne Zweifel ist in diesem Falle die Ursache des Absterbens in der immer mehr zunehmenden Alkalescenz des Gemenges zu suchen, da wir aus den Arbeiten von Kitasato¹ wissen, dass die Vibrionen auch gegen ein Uebermaass von Alkali empfindlich sind. Konnte sich die keimschädigende Bedeutung dieses Faktors bei den in faulige Gährung übergehenden Fäkalien (allein oder in Berührung mit Urin) zur vollen Höhe ausbilden, so war das nach der Zufügung des sauren Torfmulls nicht mehr oder doch nur noch in beschränktem Maasse möglich und also das Ausbleiben einer baktericiden Wirkung wohl verständlich.

Dieser Auffassung entspricht auch durchaus das Ergebniss einiger weiterer Versuche, bei denen zunächst ein Gemisch von Fäkalien und Torf nach viertägigem Stehen mit einem alkalisch reagirenden künstlichen Cholerastuhl inficirt wurde. Das so bereitete Gemenge reagierte schwach sauer bzw. neutral und liess die Choleravibrionen längere Zeit (2, 5, 7 Tage und darüber hinaus) am Leben. Wurde nun aber von neuem Torf und zwar in solcher Quantität zugefügt, dass alle Flüssigkeit aufgesogen wurde und die Mischung deutlich saure Reaction annahm, so gingen die pathogenen Keime alsbald zu Grunde (nach 5 Stunden in zwei Versuchen).

Aus den im Vorstehenden mitgetheilten Experimenten ergibt sich wohl mit genügender Deutlichkeit, dass die desinficirende Fähigkeit des Torfmulls gegenüber den Choleravibrionen im Gemenge mit Fäkalien oder Urin oder Fäkalien und Urin ausschliesslich eine Frage der Reaction des entstandenen Gemisches ist. In der Regel vernichtet der mit 2 proc. Schwefelsäure imprägnirte Torfmull die in Fäkalien enthaltenen Choleravibrionen in etwa 2 bis höchstens 7 Stunden; diese Wirkung ist aber keine unbedingt sichere, kann vielmehr unter besonderen Verhältnissen, wenn nämlich der Einfluss der Säure durch den Zusatz oder die Bildung von Alkali aufgehoben wird, ausnahmsweise vermisst werden. In der Praxis

¹ Kitasato, Ueber das Verhalten der Typhus- und Cholerabacillen zu säure- oder alkalihaltigen Nährböden. *Diese Zeitschrift*. Bd. III. S. 414.

wird ein derartiger Fall allerdings kaum häufiger zu befürchten sein, namentlich wenn man die Vorsicht beobachtet, die mit Torfmull vermengten Fäkalien nicht in grossen Gruben, welche die Entwicklung der zur Alkalibildung führenden Fäulnisvorgänge begünstigen, aufzusammeln, sondern sie in kleinen, mit kurzen Zwischenräumen zu wechselnden Behältern (Tonnen) aufzunehmen und abzufahren.

Diese Thatsachen zeigen uns auch unmittelbar, auf welche Weise es gelingen wird, die keimtödtende Kraft des Torfes weiter zu verstärken. Es kann das einmal geschehen durch Erhöhung des Schwefelsäuregehaltes, der sich noch erheblich steigern lässt, ohne dass die landwirthschaftliche Verwendbarkeit des Präparates dadurch Schaden litte. Mit Versuchen nach dieser Richtung sind wir zur Zeit beschäftigt. Es können aber ferner auch andere, die Säurewirkung unterstützende Zusätze zu Hülfe genommen werden, namentlich die sauren Salze, welche uns schon bei früheren Experimenten so günstige Resultate geliefert hatten und sich auch jetzt bei einigen entsprechenden Ermittlungen wieder auf das beste bewährten.

Versuch XIX.

	Stunden						
	1	2	3	4	6	8	10
Torf + Superphosphat (5 : 1) + Chol. + Urin	+	+	—	—	—	—	—
Torf + Superphosphat (5 : 1) + Fäces + Chol.	+	—	—	—	—	—	—
Torf + Superphosphat (5 : 1) + F. + U. + Ch.	—	—	—	—	—	—	—
Torf + Superphosphat (2 : 1) + Urin + Chol.	—	—	—	—	—	—	—
Torf + Superphosphat (2 : 1) + Fäces + Chol.	+	+	—	—	—	—	—
Torf + Superphosphat (2 : 1) + F. + U. + Ch.	+	—	—	—	—	—	—
Fäces + Chol.							+
Fäces + Urin + Chol.							+

Die benutzten Fäces reagierten stark alkalisch, der Urin leicht sauer. Die pathogenen Keime starben in dem mit saurem Torfmull und Superphosphat (im Verhältniss von 5 : 1 oder 2 : 1) vermischten künstlichen Cholerastuhl nach ganz kurzer Zeit, in 1 bis höchstens 3 Stunden ab. Von einiger Wichtigkeit ist aber, dass, als wir die betreffenden Röhrchen vier bis acht Tage später von Neuem mit einem Gemenge der Choleravibrionen in Fäkalien versetzten, aber ohne dass wieder Torfmull zugefügt wurde, die Keime alsbald abgetödtet wurden, und zwar dreimal bereits nach 2 Stunden, in den drei übrigen Fällen nach 4 Stunden vernichtet waren.

Die Quantität des Phosphatzusatzes dürfte sich für praktische Verhältnisse freilich als eine zu erhebliche erweisen. Wir haben dieselbe aber absichtlich so hoch gewählt, um deutlicher erkennbare Unterschiede im

Ausfall der Versuche zu gewinnen und zweifeln nicht, dass auch bei Verwendung geringerer Gaben schon eine mehr oder weniger beträchtliche Steigerung der Desinfectionswirkung des Torfmulls zu verzeichnen sein wird.

Immerhin wird man sich auch bei vorsichtiger Beurtheilung der Sachlage der Anschauung nicht verschliessen können, dass schon die bisherigen Ergebnisse recht beachtenswerthe sind und dem Torfmull in Zukunft eine nicht unwichtige Rolle bei der Beseitigung der menschlichen Abfallstoffe sichern werden. Für die Verwendbarkeit desselben musste freilich ausser dem Verhalten der Cholera-vibrien namentlich auch das der Typhusbacillen noch wesentlich in Betracht kommen.

Dass diese letzteren bei ihrer geringeren Empfindlichkeit gegen äussere Angriffe, namentlich auch gegen die Einwirkung der Säuren¹ dem Einfluss des Torfmulls nicht so rasch erliegen würden, wie die Kommabacillen der Cholera asiatica, war von vornherein anzunehmen und trat auch bei unseren Experimenten sehr deutlich hervor. Die Versuchsanordnung entsprach im Uebrigen durchaus der bei den Cholera-bakterien eingeschlagenen, und können wir deshalb die erhaltenen Resultate hier ohne ausführlichere Erklärungen folgen lassen. Bemerkt sei nur, dass bei der Schwierigkeit, die Typhusbacillen in ihren Culturen von anderen ähnlichen Mikroorganismen zu unterscheiden, hier fast ausschliesslich mit vorher sterilisirten Materialien (Torf, Urin, Fäces) gearbeitet werden musste. Die Lebensfähigkeit der Bacillen stellten wir jedesmal durch Uebertragung einer oder einiger Oesen aus den inficirten Proben in Nährbouillon fest, die dann in den Brutschrank kam und nach einem bzw. mehreren Tagen, je nach der früher oder später eintretenden Trübung im hängenden Tropfen und mittels des Plattenverfahrens untersucht wurde. Erst wenn die Röhrchen nach 4 Tagen noch völlig steril waren, verzeichneten wir ein negatives Resultat.

Versuch XX.

	Std.		Tage															
	3	8	1	2	3	4	7	8	9	10	11	12	13	15	22	56		
Torf + Typhus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—
Torf + saurer Urin + Typhus . . .	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Torf + Superphosphat + Typhus . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Torf + Kainit + Typhus	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Torf + saurer Urin + Superph. + Typh.	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Torf + saurer Urin + Kainit + Typh.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Steriles Wasser + Typhus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Steriler saurer Urin + Typhus . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

¹ Kitasato, a. a. O.

Alle sterilen Proben wurden ausserdem, wie dies auch bei den entsprechenden Choleraversuchen regelmässig geschehen ist, später mit den betreffenden Mikroorganismen absichtlich inficirt, um das unbehinderte Wachsthum derselben festzustellen und eine etwa durch das mit übertragene Torfmull bezw. Phosphat bedingte Entwicklungsbehinderung der Keime auszuschliessen.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass die desinficirende Wirkung des Torfmulls auf die Typhusbacillen zwar erkennbar, aber doch verhältnissmässig nur geringfügig ist. Während sich die Keime in saurem Urin und in Wasser allein länger als 56 Tage lebensfähig hielten, gingen sie in Berührung mit dem Torfmull nach 7 bis 10 Tagen zu Grunde. Ausserordentlich erhöht wurde der Einfluss des letzteren durch den Zusatz von Superphosphat (2 Theile Torfmull, 1 Theil Superphosphatgyps): die Abtödtung erfolgte jetzt schon nach drei Stunden, bezw. bei gleichzeitigem Vorhandensein von Urin nach einem Tag. Kainit dagegen erwies sich als völlig indifferent.

Diesem Resultate entsprachen auch einige unmittelbare Experimente mit den beiden oben genannten Salzen. Superphosphat vernichtete die Typhusbacillen: in $\frac{1}{2}$ procentiger Lösung nach 3 Tagen, in 1procentiger nach 5 Stunden, in 2procentiger nach 30 Minuten, in 5procentiger nach 10 Minuten, in 10procentiger nach 5 Minuten, Kainit dagegen hatte noch in 10procentiger Lösung nach 8 Stunden eine schädigende Wirkung nicht entfaltet.

Um das entsprechende Verhalten menschlicher Fäkalien zu prüfen, gelangte ein alkalisch reagirender dünnflüssiger Stuhl sowohl für sich allein, als auch gemischt mit Torf, mit saurem Urin, mit Torf und Urin, mit Torf und Superphosphatgyps (4 Theile Torf, 1 Theil Superphosphat) und mit Torf, Urin und Superphosphat zur Verwendung.

Das Ergebniss war:

Versuch XXI.

	Die Bacillen wuchsen	
	noch nach	nicht mehr nach
Fäces allein	24 Stunden	48 Stunden
Fäces + Torf	48 „	4 × 24 Std.
Fäces + Urin + Torf	30 Tagen	—
Fäces + Torf + Superphosphat . .	15 Minuten	30 Minuten
Fäces + Urin + Torf + Superphosph.	4 Tagen	8 Tagen

Der Zusatz von Torf zum Koth veranlasste also kein rascheres Absterben der eingebrachten Keime, wohl aber — und zwar sogar in sehr erheblichem Maasse — der gleichzeitige Zusatz von Superphosphat. Andererseits erwies sich als ein die Lebensfähigkeit der Bacillen in hohem Maasse begünstigendes Moment die Anwesenheit von Urin: Torf mit Stuhl allein vernichtete die Mikroorganismen in 4 Tagen, Torf mit Stuhl und Urin aber noch nicht nach 30 Tagen, Torf mit Stuhl und Superphosphat brachte sie in 30 Minuten, Torf mit Stuhl, Superphosphat und Urin erst in 4 bis 8 Tagen zum Absterben.

Entsprechend der geringeren Leistungsfähigkeit des Torfes selbst gegenüber den Typhuserregern zeigte auch das Extract, sowohl das heiss, wie das kalt bereitete, innerhalb der zeitlichen Grenzen unserer Versuche nicht die Fähigkeit, die Mikroorganismen zu vernichten. Dass die Typhusbacillen der einfachen Säurewirkung erheblich grösseren Widerstand zu leisten vermögen als die Choleravibrionen, geht daraus unmittelbar hervor; dass sie derselben aber doch keineswegs unzugänglich sind, lehrten uns die Versuche mit dem aus Holland bezogenen, mit 2procentiger Schwefelsäure imprägnirten Torfmull.

Versuch XXII.

	Stunden						Tage									
	2	4	6	9	12	24	2	3	4	5	6	8	12	16	18	
Torf + Typhus	+	+	+	+	—	—	—	—	—							
Torf + alk. Urin + Typh.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	
T. + schwach saur. U. + T.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	—	—	—	—	—	
Alkalischer Urin + Typh.							+					+			+	
Saurer Urin + Typhus							+					+			+	

Gegenüber dem nicht angesäuerten Präparat zeichnete sich dieses also durch eine ziemlich erhebliche Desinfectionswirkung aus. Im Torf allein gingen die Bacillen schon nach 9 bis 12 Stunden zu Grunde, der Zusatz von Urin erhöhte diese Frist auf 5 bis 12 Tage, je nachdem es sich um einen schwach sauren oder einen deutlich alkalischen Harn handelte.

Eine weitere und zwar recht beträchtliche Steigerung der Desinfectionskraft wurde dann durch den Zusatz von Superphosphat in verschiedenen Mengenverhältnissen herbeigeführt.

Versuch XXIII

	Stunden						Tage				
	2	4	6	8	10	20	2	3	4	5	15
Torf ¹ + Superphosphat (1 : 1) + Typhus	—	—	—	—	—	—	—				
Torf + Superphosphat (2 : 1) + Typhus	—	—	—	—	—	—	—				
Torf + Superphosphat (5 : 1) + Typhus	+	—	—	—	—	—	—				
Torf + Superphosphat (1 : 1) + U. + T.	—	—	—	—	—	—	—				
Torf + Superphosphat (2 : 1) + U. + T.	+	+	—	+	—	+	—	—			
Torf + Superphosphat (5 : 1) + U. + T.	+	+	+	+	+	—	—	—			
Wasser + Typhus											+
Schwach alkalischer Urin + Typhus . .											+

Auch im Gemisch mit (schwach alkalischem) Urin blieben die Typhuskeime hier also nur 10 bis höchstens 20 Stunden entwicklungsfähig, und ein einfacher Vergleich mit den beim Fehlen des Phosphattorfs erhaltenen Zahlen lässt die intensive Wirkung des letzteren deutlich genug erkennen.

Während für die Unschädlichmachung infectiösen Urins damit Werthe gewonnen waren, die auch den praktischen Bedürfnissen im Allgemeinen noch zu genügen vermochten, zeigten sich die Ergebnisse bei den mit Fäkalien ausgeführten Versuchen nicht ganz so günstig.

Versuch XXIV.

	Stunden			Tage			
	6	12	14	2	3	4	6
Torf + saure Fäces + Typhus	+	+	—	—	—	—	
Torf + saure Fäces + saurer Urin + Typhus .	+	+	—	—	—	—	
Saure Fäces + Typhus	+	+	+	+	+	+	
Saure Fäces + saurer Urin + Typhus	+	+	+	+	+	+	
Torf + alkalische Fäces + Typhus	+	+	+	+	+	+	+
Torf + alkalische Fäces + alkal. Urin + Typh.	+	+	+	+	+	+	+
Alkalische Fäces + Typhus	+	+	+				
Alkalische Fäces + alkalischer Urin + Typhus .	+	+	+	+	+	+	+

Von erheblichem Einfluss erwies sich auch hier wieder die Reaction der verwendeten Substanzen: in sauren Fäkalien und saurem Urin Absterben der Bacillen nach höchstens 24 Stunden, in alkalischen Fäces und alkalischen Urin erst nach 6 Tagen. Superphosphatzusatz verringerte diese letztere Frist weiter auf 24 bis 48 Stunden.

¹ Hier und in dem Folgenden ist stets von dem schwefelsauren Torf die Rede.

Versuch XXV.

	Stunden					Tage					
	2	6	9	12	24	2	3	4	5	6	15
Torf + Superph. (5:1) + alk. F. + Ty.	+	+	+	+	+	+	—	—			
T. + S. (5:1) + alk. F. + alk. U. + Ty.	+	+	+	+	+	—	—	—			
Torf + Superph. (2:1) + alk. F. + Ty.	+	+	+	+	+	—	—	—			
T. + S. (2:1) + alk. F. + alk. U. + Ty.	+	+	+	+	—	—	—	—			
Alkalische Fäces + Typhus											+
Alkal. Urin + alkal. Fäces + Typhus .											+

Doch wird man bei der Beurtheilung dieser wie der früheren Ergebnisse nicht ausser Acht lassen dürfen, dass wir hier aus den oben dargelegten Gründen mit sterilisirten Materialien zu arbeiten genöthigt waren und die Frage daher noch nicht entschieden ist, wie sich die Verhältnisse dann gestalten werden, wenn unter dem Einfluss der in den Fäkalien u. s. w. hausenden Fäulnisserreger sich ammoniakalische Gährungsvorgänge entwickeln, deren grosse Bedeutung für das Endresultat wir bei unseren Versuchen mit den Choleravibrionen kennen gelernt haben.

Möglich, dass die Säure des Phosphats im Verein mit der des Torfmulls genügt, um in der Mehrzahl der Fälle die Entstehung der Fäulnisse überhaupt zu verhüten; wahrscheinlich, dass sich dieses Ziel durch eine entsprechende Erhöhung des Schwefelsäurezusatzes noch sicherer erreichen lässt — eine vorsichtige Kritik wird sich zunächst doch immer nur dahin äussern können, dass unter den hier gewählten Versuchsbedingungen saures Torfmull, mit Superphosphat gemischt, eine Abtödtung der in künstlichen Typhusstühlen vorhandenen Infectionsorganismen in etwa 24 bis höchstens 48 Stunden bewirkt habe.

Dass auch dieses Ergebniss immerhin schon sehr beachtenswerth ist, bedarf kaum einer besonderen Begründung. Jedenfalls wird sich die Anschauung von dem conservirenden Einfluss des Torfmulls auf Infectionsstoffe nicht länger aufrecht erhalten lassen und der Erkenntniss weichen müssen, dass dasselbe über eine nicht unerhebliche Desinfectionskraft verfügt, die durch passende Zusätze weiter verstärkt und bis zu recht ansehnlicher Höhe gesteigert werden kann. Für die Praxis bedeutet diese Thatsache einen nicht zu unterschätzenden Gewinn. Wir haben Eingangs zwar hervorgehoben, dass und weshalb das Torfmullverfahren, wie alle Abfuhrsysteme, vom hygienischen Standpunkte aus gegenüber der Schwemmcanalisation principiell als minderwerthig angesehen werden müsse. Aber ebenso haben wir auch bereits darauf hingewiesen, dass factisch häufig

genug Verhältnisse bestehen, unter denen die Einführung des „tout à l'égout“ aus diesem oder jenem Grunde auf unüberwindliche Schwierigkeiten stösst. Für alle derartigen Fälle, unter denen wir besonders namhaft machen wollen einzeln stehende Krankenhäuser, Kasernen, Fabrikanlagen, aber auch kleinere Ortschaften u. s. w., würde nun das Tonnensystem in Verbindung mit der Torfmullstreuung als das zweifellos zweckmässigste Verfahren an erster Stelle zu empfehlen sein, da diese Methode bei geeigneter Anwendung weitgehende Sicherheit gegen eine Uebertragung der wichtigsten hier in Betracht kommenden Infectionskrankheiten gewährt, zugleich aber auch billig, sauber, leicht zu handhaben ist und die landwirthschaftliche Verwerthung der Fäkalien in durchaus befriedigender Weise zulässt.