

[Aus dem hygienischen Institut zu Berlin.]

Untersuchungen über das Vorkommen von Mikroorganismen in verschiedenen Bodenschichten.

Von

Dr. med. Carl Fränkel,
Assistenten am hygienischen Institut in Berlin.

In demselben Maasse, wie sich in immer weiteren Kreisen der Naturforschung die Erkenntniss Bahn gebrochen hat, dass ein grosser Theil der krankhaften Zustände des menschlichen Körpers durch die Einwirkung kleinster Organismen, durch den Einfluss einer von aussen kommenden Infection veranlasst werde, hat man sich auch bemüht, der ersten Quelle der Ansteckung, der Herkunft und Wohnstätte dieser Krankheitserreger nachzuspüren und dieselbe für die unmittelbare Untersuchung freizulegen. Vor allen Dingen waren es die drei Hauptstücke unserer natürlichen Umgebung, welche hier als besonders verdächtig erschienen. Vermittelst der Athmung sollte die Luft, mit der Nahrung das Wasser die schädlichen Keime auf den Menschen übertragen, namentlich aber der Boden, auf dem wir leben und wohnen, der wahre Brutherd der „giftigen Pilze“ sein, diese in seinem Innern üppigst wuchern und gedeihen.

Und diese Anschauung vermochte sich auf starke Füsse zu stellen, als es gelang, zwischen dem Auftreten, dem Anwachsen und dem Verschwinden zweier so bedeutender Infectionskrankheiten, wie Typhus abdominalis und Cholera asiatica einerseits und dem veränderlichen Stande der Bodenfeuchtigkeit, den Grundwasserschwankungen andererseits einen ausserordentlich innigen und beständigen Zusammenhang aufzufinden. Nun war man bereit, dem Boden die wichtigste Rolle oder sogar die alleinige Verantwortung für das Aufkommen von Seuchen der verschiedensten Art zuzuweisen, und die „örtliche und zeitliche Disposition des

Bodens“ konnten in der Epidemiologie lange Zeit unbestritten die erste Stelle einnehmen.

Dann kamen die grossen Fortschritte der untersuchenden Forschung, welche es uns gestatteten, jenen bis dahin in Wahrheit mehr vermutheten als nachgewiesenen Krankheitserregern näher zu treten, über ihre Art und Lebenseigenschaften eingehenden Aufschluss einzuholen und damit die erste Vorbedingung für eine genauere Kenntniss von dem Wesen der Krankheitsvorgänge als solchen zu erfüllen.

Es lag nahe, an der Hand dieses neugewonnenen Wissens nun auch die bisherigen Anschauungen über die erste Herkunft der pathogenen Mikroorganismen nochmals zu prüfen und festzustellen, ob die Luft, das Wasser, der Boden in der That die willkommene Herberge und vornehmliche Wohnstätte der schädlichen Keime seien und wie sich die Verhältnisse ihrer Vertheilung im Einzelnen gestalteten. So bildeten sich für die Untersuchung des Wassers und der Luft bald eigene Methoden aus, welche mit Hülfe der festen Nährböden den Bacteriengehalt dieser Gebiete mit Sicherheit zu ermitteln im Stande waren. Der Boden dagegen blieb fast unberührt von derartigen Versuchen. Nur wenige bemühten sich, in seine Tiefen vorzudringen und das Verhalten der Mikroorganismen in jener vielbesprochenen Region des Grundwassers unmittelbar zu beobachten; meist begnügte man sich mit Feststellung der Thatsache, dass wenigstens auf der Oberfläche des Bodens reiche Mengen von Bacterien und niedersten pflanzlichen Organismen anderer Art hausten und erlaubte sich, dann hieraus auch weitergehende Schlüsse zu ziehen. Veranlasst wurde dies ohne Zweifel hauptsächlich durch das Fehlen einer einigermaassen geeigneten Methode für die bacteriologische Prüfung des Bodens; setzt derselbe doch der Anwendung der festen Nährmittel Schwierigkeiten entgegen, welche nicht ohne Weiteres zu überwinden sind und das Zustandekommen brauchbarer Ergebnisse leicht in Frage stellen.

Wollen wir die Grundsätze, welche sich bei der bacteriologischen Luft- und Wasseruntersuchung als maassgebend und zweckentsprechend erwiesen haben, in gleicher oder doch ähnlicher Weise auch für den Boden zur Geltung bringen, so müssen wir von einer anwendbaren Methode vor allen Dingen verlangen, dass dieselbe uns in jedem einzelnen Falle mit Sicherheit über Zahl und Art der in dem Untersuchungsmaterial befindlichen Keime Aufschluss gebe. Dies setzt voraus, dass möglichst sämtliche Keime Gelegenheit finden, sich auf dem festen Nährboden nicht nur zu entwickeln, sondern auch zur Erzeugung gesonderter Colonieen zu schreiten, welche sich der Zählung und weiteren Beobachtung unmittelbar zugänglich erweisen. Gleiche Mengen des gleichen Materials müssen dann auch zu gleichen Resultaten führen, gleiche Mengen

verschiedenen Materials verschiedene, aber ohne Weiteres vergleichbare Ergebnisse liefern. Wird diese erste Bedingung nicht erfüllt, wird nicht allen Keimen — soweit sie überhaupt auf unseren Nährböden zu gedeihen im Stande sind — die Möglichkeit ungestörter Entwicklung geboten, so mangelt den Resultaten von vornherein die Zuverlässigkeit und sind dieselben nur mit Vorsicht weiter zu verwerthen.

Ausserdem soll eine brauchbare Methode nicht allzu umständlich in der Anwendungsweise und noch für den ungeübteren ausführbar sein.

Die bisher benutzten Verfahren zur bacteriologischen Bodenuntersuchung nun vermögen diesen Anforderungen nur theilweise zu genügen.

Koch¹ selbst hatte sich anfänglich darauf beschränkt, die zu untersuchende Bodenprobe mittelst eines sterilisirten Scalpells über die Oberfläche einer mit erstarrender Nährgelatine beschickten Platte auszustreuen und aus Zahl und Art der später hier entstehenden Bacteriencolonieen einen Rückschluss auf die ursprünglich vorhandenen Mikroorganismen zu thun. Doch gelangen bei diesem Verfahren keineswegs alle in der Aussaat enthaltenen Keime zur freien Entwicklung oder gar zur Erzeugung selbstständiger Colonieen. Die Erdbröckchen legen sich stets nur oberflächlich und locker auf die Gelatineschicht; fast regelmässig — besonders wenn es sich um etwas feuchten Boden handelt — ballen sich ferner die kleinen Erdpartikelchen zu ziemlich festen Klümpchen zusammen, welche zäh aneinander haften und in ihrem Innern zahlreiche Keime umschliessen, welche nicht in Berührung mit dem Nährmaterial kommen, also auch nicht zur weiteren Entwicklung gelangen können und so der Berücksichtigung völlig entgehen.

In der That zeigten mir schon meine ersten Versuche, dass es auf diesem Wege kaum möglich sein würde, sichere, namentlich auch vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Gleiche Mengen derselben Erdprobe wurden in der eben beschriebenen Weise auf zehn Platten über die noch halb flüssige Gelatine vertheilt und später die Zahl der entstehenden Colonieen festgestellt. Das Material stammte von der Oberfläche eines stark verunreinigten Bodens, der voraussichtlich einen reichen Gehalt an entwicklungsfähigen Keimen besass. Schon am ersten Tage nach der Aussaat konnte man unter dem Mikroskop mit schwacher Vergrösserung das Auftreten kleinster Colonieen wahrnehmen; nach 48 Stunden — es wurden diese Versuche in der wärmeren Jahreszeit (September 1885) angestellt — war die Platte mit zahlreichen,

¹ *Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt.* Bd. I. S. 34—35.

auch für das blosse Auge zum Theil schon sichtbaren Colonieen bedeckt, von denen eine grosse Anzahl verflüssigenden Arten angehörte. Mit Hülfe einer Zählscheibe, wie sie für die Untersuchung der Wasserplatten in allgemeinem Gebrauch ist, wurde dann ermittelt, wie viele Colonieen sich auf den einzelnen Platten befanden. Es ergaben sich hierbei recht wenig übereinstimmende Zahlen; denn während sich auf der einen Platte beispielsweise 2300 Colonieen entwickelt hatten, enthielt eine andere deren 11300, und die dazwischen liegenden Werthe waren: 2900, 3900, 4000, 4150, 5000, 7000, 8200 und 9800. Es versteht sich, dass ich mich mit diesem einen und ersten Versuche nicht begnügte, sondern demselben noch mehrere andere in der gleichen Weise folgen liess; es ist unnöthig, die Resultate derselben hier im Einzelnen mitzutheilen; genug, dass sie alle mit nicht miszuverstehender Deutlichkeit die Thatsache bestätigten, dass man auf diesem Wege vielleicht einen ungefähren und oberflächlichen Aufschluss über den Bacteriengehalt einer Bodenprobe erlangen kann, dass jedoch eine Sicherheit für eine auch nur annähernde Richtigkeit des Ergebnisses nicht besteht und nach Lage der Dinge auch nicht erwartet werden darf.

Man hat diese Mängel auch bald in ihrer Bedeutung erkannt und sich bemüht, in allen den Fällen, wo es sich um genaue, zuverlässige Resultate handeln musste, eine innigere und namentlich gleichmässiger Vermischung des Untersuchungsmaterials mit dem Nährmittel zu veranlassen.

Man versetzt die Erdprobe mit einer nicht zu geringen, genau abgemessenen Menge sterilisirten, destillirten Wassers, in welchem sie durch wiederholtes, kräftiges Schütteln nach Möglichkeit vertheilt wird. Hierbei sollen die kleinsten Erdbröckchen aufgelöst und erweicht, die denselben anhaftenden Keime freigelegt und losgespült werden. Nach einer bis zwei Stunden ist dieser Vorgang der Auswaschung zu Ende, und wenn man nun eine bestimmte Menge, eine oder zwei oder drei Oesen oder Tropfen oder auch $\frac{1}{2}$ bis 1 ^{cem} von der Aufschwemmung nimmt und in Nährgelatine überträgt, so soll die Zahl der später auf der Platte entstehenden Colonieen uns Aufschluss geben über die ursprünglich vorhandenen Keime.

Die Erfahrung, der Versuch haben nun gezeigt, dass auch diese Methode keineswegs zu genauen und zuverlässigen Ergebnissen führt. Wir wollen ganz davon absehen, dass durch die Einfügung eines derartigen Zwischenstückes, wie es das destillirte Wasser hier ist, die Sicherheit des Verfahrens nicht gerade gewinnt. Auch das rein Mechanische, die unmittellbare Handhabung der Untersuchung wird in sehr erheblicher Weise erschwert und die Prüfung einer grösseren Anzahl von Bodenproben nach

diesem Verfahren zu einem recht zeitraubenden und umständlichen Geschäft. Die vorsichtige Uebertragung gleicher Erdmengen in sicher keimfreie Gefässe, das Abmessen des sterilisirten Wassers mittelst steriler Pipetten oder Messcylinder, das häufig wiederholte Schütteln der Aufschwemmungen, die Entnahme einer ganz bestimmten Quantität wieder der letzteren behufs Einbringung in die Nährgelatine sind im Einzelnen alles ganz einfache und bequeme Handgriffe; müssen sie aber im Zusammenhang und vielleicht einige zwanzig Male hintereinander ausgeführt werden, um die eigentliche Untersuchung nur vorzubereiten, so wird das ganze Verfahren hierdurch entschieden schwerfälliger, als erwünscht sein kann.

Ein erheblich wesentlicherer Mangel der Methode besteht jedoch darin, dass sie, auch noch so sorgfältig angewendet, doch ihren Zweck, uns genaueren Aufschluss über den Bacteriengehalt des Bodens zu geben, nur recht unvollkommen erreicht. Selbst durch das intensivste Vermischen der Erde mit dem Wasser werden durchaus nicht alle Keime von den kleinen Bodenpartikelchen abgewaschen und losgelöst, die grössere Menge bleibt vielmehr an denselben haften. Und auf der anderen Seite ist es fast unmöglich, eine ganz genaue und gleichmässige Vertheilung dieser Erdtheilchen in der Aufschwemmung zu erreichen. Die Hauptmasse sinkt ohne Weiteres zu Grunde, erhebt sich auch beim kräftigsten Schütteln nur für wenige Augenblicke vom Boden und verhindert es so, dass im Moment der Entnahme der Probe für die Uebertragung auf Gelatine eine gleichmässige Mischung besteht, die allein zu sicheren Ergebnissen führen könnte.

Wie bedeutend diese Ungenauigkeiten unter Umständen sein können, mögen die Resultate eines Versuches beweisen, der auf die angegebene Weise angestellt wurde. Gleiche Mengen (1 g^{m}) desselben Bodens wurden mit einem sterilisirten Metalllöffel in zehn keimfreie Glasfläschchen übertragen, mit je 100 ccm sterilen, destillirten Wassers übergossen und hier zwei Stunden unter oft wiederholtem, kräftigem Schütteln gehalten; ein grosser Theil der Erdbröckchen ging hierbei in eine schmutzige, graubraune Lösung über. Je 1 ccm dieser Mischung wurde dann mit sterilisirter Pipette abgehoben und unmittelbar in die flüssige Gelatine eines Reagensröhrchens übertragen.

Auf den darauf angefertigten Platten waren nach 3×24 Stunden die Colonieen zu ansehnlicher Grösse ausgewachsen und die mit Hülfe der gewöhnlichen quadrierten Scheibe angestellte Zählung ergab dann folgende Resultate.

In jedem der sechs ausgezählten Quadrate waren enthalten Colonieen:

Platte		Im Durch- schnitt	Grösse der Gelatinefläche Quadrate	Zahl der Colonieen
1	60. 45. 50. 40. 36. 40.	$\frac{270}{6} = 45$	90	4000
2	26. 30. 40. 40. 30. 35.	$\frac{200}{6} = 33$	70	2200
3	12. 12. 12. 18. 22. 10.	$\frac{86}{6} = 14$	80	1120
4	80. 75. 80. 60. 80. 80.	$\frac{450}{6} = 75$	70	5200
5	60. 70. 60. 85. 96. 70.	$\frac{440}{6} = 73$	80	5800
6	62. 90. 130. 120. 120. 110.	$\frac{630}{6} = 105$	80	8400
7	12. 18. 36. 18. 14. 16.	$\frac{114}{6} = 19$	70	1330
8	12. 14. 12. 14. 26. 22.	$\frac{100}{6} = 17$	80	1360
9	20. 26. 24. 36. 32. 36.	$\frac{174}{6} = 29$	90	2600
10	58. 44. 42. 46. 72. 66.	$\frac{320}{6} = 53$	80	4240

Ebenso bemerkenswerthe Unregelmässigkeiten der Ergebnisse, wie sie in dieser Reihe zu Tage treten, stellen sich auch dann ein, wenn man aus derselben Erdaufschwemmung, aus demselben Gläschen, hintereinander eine Anzahl gleicher Proben entnimmt und auf die Platte bringt. Auf vier in dieser Weise mit je 1^{cem} angefertigten Platten fanden sich:

Platte		Im Durch- schnitt	Grösse der Gelatinefläche Quadrate	Zahl der Colonieen
1	36. 24. 26. 22. 34. 38.	$\frac{180}{6} = 30$	70	2100
2	14. 18. 17. 17. 19. 22.	$\frac{107}{6} = 18$	70	1260
3	48. 52. 66. 54. 55. 62.	$\frac{330}{6} = 55$	80	4400
4	34. 22. 22. 28. 30. 42.	$\frac{176}{6} = 29$	80	2300

Schon aus den mitgetheilten Beispielen, welche aus einer nicht geringen Zahl ähnlicher Ergebnisse und keineswegs als die auffallendsten herausgegriffen sind, wird man wohl erkennen, dass diese Methode der Bodenuntersuchung viel zu wünschen übrig lässt und nicht zu sicheren Resultaten führt.

Ich habe mich deshalb dieses Verfahrens nur vorübergehend bedient und demselben ein anderes vorgezogen, welches freilich auch nicht ganz fehlerlos ist. Man bringt die Bodenprobe ohne Weiteres in die flüssige Gelatine des Reagensröhrchens ein und sucht sie hier mit Hülfe eines starken Platindrahtes möglichst zu zerkleinern und zu zerdrücken. Durch wiederholtes Auf- und Abneigen des Glases wird die Erde dann gleichmässig vertheilt und endlich der Inhalt der Röhrchen auf die Platte ausgeschüttet.

Es lässt sich hierbei gar nicht vermeiden, dass ein Theil der Erde an den Wandungen des Glases haften und im Reagensröhrchen zurückbleibt, also der Berücksichtigung entgeht. Zweifellos ist das ein sehr wesentlicher Mangel und wohl auch die Veranlassung, dass man sich überhaupt bemüht hat, diese an und für sich einfachste und nächstliegende Methode der bacteriologischen Bodenuntersuchung durch andere zu ersetzen. Doch ist der Fehler keineswegs so gross, als man zunächst annehmen sollte. Neigt man das Gläschen, bevor man den Inhalt ausgiesst, vorsichtig so lange auf und nieder, bis die Erdbröckchen sich dicht vor dem Wattepfropfen angesammelt haben, schüttet man die Gelatine dann möglichst schnell auf die Platte und benutzt den vorher sterilisirten Rand des Reagensröhrchens noch, um den Nährboden gleichmässig zu vertheilen, so bleibt keine allzu bedeutende Menge des Materials im Glase zurück. Bewahrt man das ausgeleerte Gläschen dann weiter auf, so kommt es in demselben, in den geringen Resten der Nährgelatine nachträglich zur Entwicklung von Colonieen aus den zurückgelassenen Erdtheilchen, und man hat also Gelegenheit, auch diese noch der Beurtheilung zu unterziehen. Aber selbst wenn man hierauf verzichtet, so liefert das Verfahren doch, wie die praktischen Versuche zeigen, ziemlich fehlerlose Resultate, die wohl so zu Stande kommen, dass in fast allen Fällen eben etwa gleiche Mengen des Untersuchungsmaterials im Glase zurückbleiben und sich die Abweichungen im Einzelnen nicht allzu bedeutend gestalten.

Gleiche Mengen derselben Erbprobe wurden in zehn Gläschen mit flüssiger Gelatine eingebracht, mit einem sterilen, starken Platindraht in derselben gründlich zerkleinert und vertheilt und der Inhalt der Röhrchen endlich auf Platten ausgegossen. Nach 2×24 Stunden trugen die einzelnen Platten 3500, 3700, 3700, 3900, 3500, 3300, 4000, 3600, 3600, 3200 Colonieen.

Wie man sieht, ist das Resultat ein sehr gleichförmiges und übereinstimmendes, denn die geringfügigen Abweichungen, welche sich geltend machen, halten sich innerhalb jener Fehlergrenzen, auf welche man bei jedem derartigen Versuche gefasst sein muss. Da die eben mitgetheilte Reihe keineswegs durch einen besonders günstigen Zufall veranlasst wurde,

sondern nur ein Beispiel aus einer grösseren Zahl ähnlicher Ergebnisse ist, so habe ich, wie schon bemerkt, kein Bedenken getragen, mich längere Zeit hindurch dieser Methode zu bedienen und sie den anderen, bisher mitgetheilten, vorzuziehen.

Noch um vieles brauchbarer für die Zwecke der bacteriologischen Bodenuntersuchung ist freilich ein Verfahren, welches aus der Benutzung der von E. Esmarch¹ beschriebenen Abänderung des Koch'schen Plattenverfahrens hervorgeht. Das Material wird wie gewöhnlich in die flüssige Gelatine des Reagensglases eingetragen und gründlich in derselben vertheilt, dann der Inhalt des Röhrchens aber nicht auf die Platte ausgegossen, sondern an den Wandungen des Glases selbst in gleichmässiger Schicht ausgebreitet und so zum Erstarren gebracht. Es gelingt dies am besten, wenn man den Wattepfropfen des Röhrchens mit einer kleinen Gummikappe überzieht, das Gläschen dann wagerecht in eine Schüssel mit Eiswasser legt und hier in drehende Bewegung um seine Längsaxe versetzt. In wenigen Augenblicken ist die Gelatine erstarrt und überzieht dann die Innenfläche des Reagensröhrchens als ebene, völlig glashelle Schicht.

Doch sind einige Vorsichtsmaassregeln bei der Ausführung dieses Verfahrens nicht ausser Acht zu lassen. Ragt der Wattepfropf erheblich über die Mündung des Reagensrohres heraus, so ist die Gummikappe nicht im Stande, denselben gegen die Berührung mit dem Wasser völlig zu schützen und die Flüssigkeit dringt dann leicht auch in das Innere des Gläschens vor. Es ist deshalb anzurathen, den Wattebausch mit der Schere so weit abzutragen, als er aus der Oeffnung des Reagensgefässes herauschaut und die Gummikappe dann möglichst straff überzuziehen. Legt man das Glas auf das Eiswasser, lässt es auf demselben frei schwimmen und dreht es nun um seine Axe, so fliesst ein grosser Theil der Gelatine, der Schwere folgend, nach der einen oder der anderen Seite hin und es kommt nun zu Ungleichheiten in der Vertheilung des Nährbodens. Man muss deshalb den Hals des Reagensglases, während man es mit der rechten Hand rotirt, mit der linken Hand leicht fixiren, bis die Gelatine erstarrt und nun ihre Lage nicht weiter verändern kann. Man erkennt diesen Zeitpunkt bei unseren Versuchen sehr deutlich an dem Verhalten der in der Gelatine befindlichen Erdbröckchen und Sandkörner. Beginnen diese den drehenden Bewegungen des Glases zu folgen, so wird damit angezeigt, dass der Nährboden nun in die feste Form übergegangen ist.

War die Gelatine in dem Augenblicke, wo das Reagensrohr auf das Eiswasser gelegt wurde, noch zu warm, so treten aus der Watte in das

¹ *Diese Zeitschrift.* Bd. I. Hft. 2.

sich energisch abkühlende Innere des Gläschens so viele Luftblasen ein, dass die Gelatine von denselben durchsetzt und die spätere Untersuchung hierdurch erheblich erschwert wird. Es empfiehlt sich daher, die Röhren jedesmal schon, bevor sie in das Eiswasser kommen, ungefähr bis zum Zähwerden der Gelatine erkalten zu lassen.

Zu wiederholten Malen ist es mir ferner begegnet, dass in einzelnen derartigen Röhren zunächst jede Entwicklung von Colonieen auffallender Weise ausblieb. Es zeigte sich dann, dass die Gelatine beim Erstarren die untere Fläche des Wattepfropfens mit einer undurchdringlichen, dicken Lage überzogen und so der Luft den Zutritt zu dem Innern des Gläschens völlig verlegt hatte. Die in der Aussaat enthaltenen aëroben Bakterien hatten sich deshalb nicht zu entwickeln vermocht. Doch genügt es, die Watte herauszuziehen und die schliessende Haut mit einem sterilen Platindraht zu durchstossen, um noch nachträglich das Auswachsen der Colonieen zu veranlassen. Man thut deshalb gut, sich sogleich nach Anfertigung der Röhren davon zu überzeugen, ob der Wattepfropf auch noch locker genug aufsitzt, um der Luft den Durchgang zu gestatten.

Beobachtet man alle diese kleinen Vorsichtsmaassregeln, so lässt das Verfahren aber in der That nur wenig zu wünschen übrig. In derselben Zeit, wie sonst auf der Platte, kommt es auch hier zur Entstehung der Colonieen, und die Zahl derselben kann nun in der von Esmarch angegebenen Weise mit Hülfe eines besonderen Zählapparates schnell und sicher festgestellt werden.

Bei dieser Art der Untersuchung kann kein Theil des für die Aussaat verwandten Materials der Berücksichtigung entgehen, und die Menge der Erdprobe, aus welcher sich später die Colonieen entwickeln, ist in jedem Falle auf das genaueste zu bestimmen. Es wird deshalb auch nicht auffallen, wenn die Resultate sich durch ein hohes Maass von Zuverlässigkeit und Gleichförmigkeit auszeichnen und in dieser Hinsicht selbst hinter den Ergebnissen der bacteriologischen Wasseruntersuchungen kaum zurückbleiben.

Die Erdbrockchen weichen in der flüssigen Gelatine so weit auf und geben die ihnen anhaftenden Keime so vollständig an die Nährlösung ab, dass es meist zu einer ganz ebenmässigen Vertheilung derselben in der letzteren kommt und die später entstehenden Colonieen sich gleichmässig über die verschiedenen Abschnitte des Röhrens verbreiten. Kleine Abweichungen im einzelnen sind freilich auch hier nicht ausgeschlossen. Denn auch die Untersuchung des Bodens nach dem Esmarch'schen Verfahren vermag über einen sehr wesentlichen Uebelstand nicht hinweg zu helfen, welcher jede bacterioskopische Prüfung des Bodens störend beeinflussen wird. Es ist dies die Thatsache, dass man jedesmal nur kleine

Mengen der Erde der Untersuchung unterwerfen kann, dass man deshalb stets nur Bruchwerthe vor sich hat und dass man beispielsweise in einer Probe aus 2 m Tiefe 150 Keime finden kann, während eine dicht neben dieser entnommene unter Umständen eine erheblich grössere oder geringere Anzahl von Bakterien enthält. Ebensowenig wie es im Boden unter natürlichen Verhältnissen zu jener schnellen und gleichmässigen Vermengung der einzelnen Theile kommt, wie dies beispielsweise im Wasser Statt zu haben pflegt, ebensowenig sind wir später im Versuche im Stande, dies zu veranlassen und damit unseren Ergebnissen in jedem Falle eine weitergehende Gültigkeit zu verschaffen. Auf der anderen Seite aber sind doch auch im Boden die Unterschiede im Keimgehalte mehrerer dem gleichen Herkunftsorte angehöriger Erdmengen keineswegs so gross, als man wohl a priori anzunehmen geneigt wäre, und da, wo bei der Verarbeitung desselben Materials sich erhebliche Abweichungen in den Ergebnissen geltend machen, handelt es sich meist um Fehler bei der Ausführung des Verfahrens.

Die Genauigkeit der Methode und ihre Brauchbarkeit namentlich für vergleichende Untersuchungen wird wohl am besten durch einige Zahlen erwiesen, welche auf diese Weise erhalten wurden.

Gleiche Mengen derselben Erdprobe gaben nach 2×24 Stunden Colonieen in den Röhren:

Platte		Im Durch- schnitt	Grösse der Gelatinefläche Quadrate	Zahl der Colonieen
1	14. 14. 30. 24. 30. 30.	$\frac{142}{6} = 24$	80	1920
2	20. 20. 20. 22. 25. 40.	$\frac{147}{6} = 24$	80	1920
3	14. 26. 30. 28. 24. 16.	$\frac{138}{6} = 23$	80	1840
4	16. 26. 26. 26. 34. 50.	$\frac{178}{6} = 29$	70	2000
5	24. 24. 20. 18. 20. 16.	$\frac{122}{6} = 20$	90	1800
6	14. 20. 30. 26. 20. 16.	$\frac{126}{6} = 21$	80	1700
7	14. 20. 28. 34. 16. 30.	$\frac{142}{6} = 23$	80	1840
8	24. 22. 16. 16. 24. 30.	$\frac{132}{6} = 22$	80	1760
9	30. 25. 28. 26. 24. 14.	$\frac{147}{6} = 24$	80	1920
10	30. 22. 28. 26. 20. 50.	$\frac{176}{6} = 29$	70	2000

Es ist leicht begreiflich, dass die Zahl der Colonieen im Allgemeinen in diesen Röhren eine grössere sein wird, als wenn man dasselbe Material mit dem gewöhnlichen Plattenverfahren untersucht, bei welchem, wie wir gesehen haben, ein Theil der Erde immer im Reagensglase haften bleibt. So ergaben die gleichen Mengen derselben Erde, welche die eben mitgetheilten Zahlen von Colonieen geliefert hatte, auf gleichzeitig angefertigten Platten 1640, 1780, 1820, 1740, 1580, 1480, 1700, 1640, 1580, 1600 Colonieen.

Ebenso wichtig wie die Genauigkeit und Gleichmässigkeit der Resultate ist ein anderer Vorzug dieser Röhrenmethode, auf welchen Esmarch schon aufmerksam gemacht hatte. Es giebt eine gewisse Anzahl von Bakterienkeimen, welche nicht in derselben Zeit, nicht mit der gleichen Schnelligkeit wie die grosse Mehrzahl der übrigen zum weiteren Wachsthum und zur Entwicklung kommen, sondern erst viele Tage nach der Aussaat daran gehen, sich zu vermehren und sichtbare Colonieen zu bilden. Die gewöhnlichen Gelatineplatten aber lassen sich nur sehr schwer über längere Zeit aufbewahren; Verunreinigungen, welche aus der Luft oder sonst irgend woher kommen, siedeln sich auf ihnen an und stören die spätere Untersuchung in hohem Maasse. So kommt es, dass man überhaupt erst seit der Einführung der Esmarch'schen Methode auf diese langsam wachsenden Bakterien aufmerksam geworden ist und Gelegenheit gefunden hat, sie näher kennen zu lernen. Gerade im Boden aber scheinen dieselben nicht eben selten aufzutreten, und ich habe in einer ganzen Anzahl von Fällen noch Wochen nach der Aussaat in den Röhren Colonieen erscheinen sehen, welche von solchen Nachzüglern herstammten.

Auch die Untersuchung auf anaërobe Organismen, die im Boden eine besonders hervorragende Rolle spielen sollen, lässt sich nach dem Esmarch'schen Verfahren leicht bewerkstelligen. Hat man die Gelatine mit den Erdbröckchen an den Wänden des Reagensglases vertheilt und zum Erstarren gebracht, so füllt man nachträglich den leeren Innenraum des Röhrens gleichfalls mit Gelatine aus und sperrt so den Luftzutritt zu den ausgesäeten Keimen ab. Ist die Gelatine, welche man eingiesst, nicht wesentlich wärmer als etwa 26—28°, also eben flüssig, und bringt man sie durch Eintauchen des Gläschens in Eiswasser möglichst rasch zur Gerinnung, so weicht die schon feste Mantelschicht nicht wieder auf, und hier werden also die Colonieen der anaëroben Bakterien später zur Entwicklung kommen.

Da das Esmarch'sche Verfahren demnach nicht bloss den Vorzug der Sicherheit und Zuverlässigkeit bietet, sondern seine Handhabung auch eine ausserordentlich einfache und wenig umständliche ist, so glaube ich,

dasselbe für die Zwecke der bacteriologischen Bodenuntersuchung an erster Stelle empfehlen zu dürfen.

Der einzige Mangel, welcher ihm anhaftet, ist, dass die Röhrechen einer grösseren Anzahl von verflüssigenden Colonieen gegenüber nicht lange Stand halten. Hat man es, wie häufig in den Proben von der Oberfläche des Erdbodens mit reichen Mengen von solchen zu thun, so ist die Gelatineschicht, auch wenn man die Röhrechen wagerecht aufbewahrt, häufig schon am zweiten Tage völlig aufgelöst und von den Wänden des Glases heruntergelaufen. Eine Zählung oder anderweitige Untersuchung ist dann nicht mehr möglich, und muss man in diesen Fällen von vorneherein mit ganz besonderer Sorgfalt den geeigneten Zeitpunkt zu erfassen wissen, wo die Colonieen zwar schon eine gewisse Grösse erreicht haben, die Verflüssigung aber doch die ersten Anfänge noch nicht überschritten hat. Manche langsamer wachsende Colonieen werden hierbei freilich übersehen werden aber andererseits sind doch nur die oberflächlichen Schichten des Bodens so reich an verflüssigenden Arten, dass man wesentlich mit diesem Factor zu rechnen genöthigt wäre.

Untersucht man ein Esmarch'sches Röhrechen, welches mit keimhaltiger Erde beschickt ist, 24 Stunden nach der Aussaat mikroskopisch in der für diese Zwecke gebräuchlichen Weise, — mit schwachem Objectiv, starkem Ocular und engster Blende — so kann man bereits das beginnende Wachsthum der Colonieen beobachten. Ein Theil derselben, vielleicht die grössere Hälfte, liegt frei in der Gelatine; sie stammen von Keimen ab, welche von den Erdbröckchen abgewaschen und losgelöst worden sind. Andere Colonieen aber nehmen ihren Ursprung unmittelbar von den kleinsten Bodenpartikelchen, welche sich unter dem Mikroskop ohne Weiteres als solche erkennen lassen und entweder als krystallinisch glänzende, weisslichgelbe, mehr oder minder durchscheinende, vielkantige Körnchen auffallen, oder das Aussehen amorpher, unregelmässiger, undurchsichtiger, verschieden dunkel gefärbter Klümpchen besitzen. Die entstehenden Colonieen nun lugen als gelbliche, scharf umrandete Häufchen unter den kleinen Erdtheilchen hervor oder sie erstrecken sich von einer hervortretenden Ecke eines solchen Körnchens schon weit in die Gelatine hinein oder sie umschliessen dasselbe von allen Seiten, und häufig sieht man endlich auch eine ganze Anzahl von Colonieen um ein grösseres Erdbröckchen als Ausgangsstätte versammelt. Nach nochmals 24 Stunden ist das Bild dann ein wesentlich verändertes; die Entwicklung der Colonieen ist weiter vorgeschritten, viele sind schon mit blossen Auge zu erkennen und die Zählung kann nun erfolgen. Mit Hülfe des Esmarch'schen Apparates gelingt dies sicher und schnell; nur der Anfänger wird vielleicht einige Schwierigkeit haben, die kleinen Colonieen unter der Loupe

von den in der Gelatine befindlichen Erdbröckchen zu unterscheiden. In der Regel kennzeichnen sich die letzteren ohne Weiteres durch ihre unregelmässige Gestalt, ihr körperliches Hervortreten, ihren Glanz und ihre Farbe.

Will man die eine oder andere der Colonieen einer näheren Untersuchung unterwerfen, so entfernt man den Watteverschluss des Röhrchens, dringt mit der Platinnadel von der Seite in das Innere desselben ein und entnimmt nun unter fortwährender Controle des Mikroskops etwas von der betreffenden Colonie.

Wir haben bereits gesehen, dass diese Art der Bodenuntersuchung mittelst des Esmarch'schen Verfahrens zu recht vollkommenen Resultaten führt und jener Anforderung zu entsprechen vermag, welche wir von Anfang an an eine brauchbare Methode der bacteriologischen Bodenuntersuchung stellen zu müssen glaubten, nämlich bei der wiederholten Prüfung gleicher Mengen des gleichen Materials auch gleiche, und bei der Prüfung gleicher Mengen verschiedenen Materials demnach unbedingt vergleichbare Ergebnisse zu liefern.

Es setzt das voraus, dass man im Stande ist, auch unter allen Umständen genau gleiche Quantitäten Erde mit der flüssigen Gelatine in innige Berührung zu bringen und es fragt sich nun, wie man dieser Vorbedingung am ehesten gerecht werden soll. Gleiche Mengen eines Materials, wie es der Boden bietet, lassen sich auf zwei verschiedenen Wegen gewinnen: sie können entweder abgewogen oder abgemessen werden. Das erstgenannte Verfahren ist jedoch nicht frei von mancherlei Unzuträglichkeiten. Vor allen Dingen ist das Gewicht einer bestimmten, vielleicht sogar derselben Erdmenge eine von Fall zu Fall ausserordentlich veränderliche Grösse, deren Feststellung von sehr beträchtlichen Unregelmässigkeiten begleitet sein kann. Diese Ungleichheiten sind weniger durch das im Allgemeinen ziemlich constante und nur geringen Schwankungen unterworfenen specifische Gewicht verschiedener Erdproben als vielmehr durch den unter Umständen sehr variablen Wassergehalt der betreffenden Bodenschichten bedingt. 1 ^{gramm} Boden kann demnach bald diese bald jene Grösse darstellen, und die Sicherheit der Resultate wird durch diese Verhältnisse unbedingt beeinflusst.

Ausserdem ist die Bestimmung einer Erdmenge nach dem Gewicht auch das ganz erheblich umständlichere Verfahren. Bei der sehr grossen Anzahl von Keimen, die in vielen Erdproben enthalten sind, handelt es sich häufig genug darum, verhältnissmässig kleine Mengen des Materials zu untersuchen. Eventuell nun 20 oder 30 Mal nach einander auf jedesmal gewechselter keimfreier Unterlage, die zuvor auch noch tarirt werden muss, genau 3 oder 4 ^{centigramm} Erde abzuwägen, ist ein in der That ebenso mühsames als zeitraubendes Geschäft.

Ich habe es deshalb vorgezogen, das Untersuchungsmaterial in jedem Falle abzumessen. Als Messgefäss diente mir eine kleine Nummer des chirurgischen scharfen Löffels, nach dessen Modell ich mir später das Instrument aus Platin habe anfertigen lassen, um es vor und nach dem jedesmaligen Gebrauche schnell und sicher sterilisiren zu können. Wird ein derartiger Platinlöffel mit Erdboden gefüllt, bis er gestrichen voll ist, so enthält er, wie zahlreiche Versuche ergeben haben, im Mittel $\frac{1}{50}$ cem. Dass dieses Verfahren es erlaubt, ausserordentlich gleichmässige, übereinstimmend grosse Quantitäten Erde abzumessen, geht wohl schon aus den oben mitgetheilten Resultaten der auf diese Weise angestellten Versuche hervor.

Haben wir demnach eine brauchbare, wenn auch keineswegs vollkommene Methode kennen gelernt, den Erdboden auf seinen Bacteriengehalt zu prüfen, so werden wir uns nun damit beschäftigen müssen, in welcher Weise das Material für die Untersuchungen am zweckmässigsten zu gewinnen sei. Handelt es sich nur um die oberflächlichen Schichten des Bodens, so genügt es selbstverständlich, kleine Mengen derselben in keimfreie, mit Wattepfropfen versehene Glasfläschchen aufzunehmen und so dem Orte der Untersuchung zuzuführen. Will man aber aus den tieferen Theilen Proben gewinnen, welche denselben auch mit Sicherheit entstammen, so stösst man auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Nur selten wird es möglich sein, durch Abgraben, durch fortgesetztes Abtragen der höheren Lagen in die Tiefe vorzudringen, gewöhnlich wird man vielmehr auf die Ergebnisse von Bohrungen angewiesen sein, welche mehr oder minder schnell zum Ziele führen. Nun ist aber keine der im Gebrauche befindlichen Arten von Erdbohrern im Stande, Proben an die Oberfläche zu fördern, deren Herkunftsort sich mit genügender Genauigkeit bestimmen liesse. Selbst wenn die Bohrung mit grosser Sorgfalt ausgeführt, nur die inneren, dem Bohrer selbst zunächst liegenden Theile der heraufgebrachten Erdmengen weiter berücksichtigt werden und irgend eine Vermengung der verschiedenen Proben unter einander unter keinen Umständen stattfindet, so ist die Sicherheit doch keine vollkommene, dass z. B. die aus 2^m Tiefe erhaltene Erde auch in der That dieser Tiefe entstammt. Sowohl beim Einsenken wie beim Herausheben des Bohrers kommt derselbe und das eventuell auf ihm befindliche Material in ununterbrochene Berührung mit den verschiedenen Wandschichten des Bohrloches, von denen sich Theile ablösen und auf ihn übergehen, namentlich aber kann es gar nicht vermieden werden, dass bei der wiederholten Benutzung desselben Bohrloches jedesmal Stücke aus den höher gelegenen Parteen nachstürzen und dann in der Tiefe wieder vom Bohrer aufgenommen werden. Habe ich beispielsweise die Bohrung

bis zu 3 m Tiefe fortgeführt und hebe den Bohrer nun heraus, um das gewonnene Material heraufzubringen, so bröckeln schon bei dieser Gelegenheit Theile der Wandungen des Bohrloches ab und gleiten in die Tiefe. In noch stärkerem Maasse ist dies aber der Fall, wenn ich nun, um die Bohrung fortzusetzen, den Bohrer wieder einsenke. Auch von der Oberfläche fallen dann grössere oder kleinere Mengen herunter, die gleich beim nächsten Male vom Bohrer wieder erfasst und mit dem Material, das wirklich aus $3\frac{1}{4}$ oder $3\frac{1}{2}$ m stammt, von neuem heraufgebracht werden. So geringfügig und bedeutungslos eine derartige „Verunreinigung“ auch erscheinen mag, so nimmt sie den Ergebnissen doch die durchaus erforderliche vollständige Sicherheit; erhält man bei Untersuchung einer Probe aus 3 m noch etwa 1000 Colonieen in der gewöhnlich verwendeten Menge Erde, so bleibt es fraglich, ob uns ein misslicher Zufall nicht vielleicht gerade jene nachgerutschten Theile aus viel höher gelegenen Schichten in die Hände gespielt und so das Resultat gefälscht hat.

Ich habe mir deshalb ein besonderes Bohrinstrument bei Dr. Muencke hier herstellen lassen, welches die Erdproben für die bacteriologische Untersuchung aus den tieferen Schichten mit der vollkommensten Genauigkeit, unter Garantie der Sicherheit zu gewinnen vermag.

Wenige Centimeter oberhalb des eigentlichen möglichst einfach gestalteten Bohrgewindes befindet sich in der $3\frac{1}{2}$ cm dicken Bohrstange ein 12 cm langer, 2 cm tiefer löffelförmiger Ausschnitt, der für die Aufnahme der Erde bestimmt und dessen hinterer — von vorne gesehen — Rand angeschärft ist, um auch in festere, härtere Bodenschichten einzudringen



Fig. 1a

in offenem Zustande.

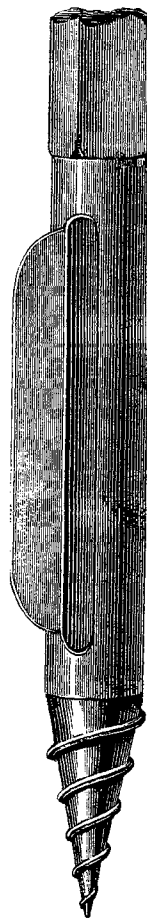


Fig. 1b

 in geschlossenem
Zustande.

und hier die genügende Menge von Material zu erhalten. Dieser Ausschnitt kann nun durch eine bewegliche Hülse, deren rechter Rand etwa 15^{mm} hoch nach aussen umgebogen ist, völlig verschlossen werden. Bewegt man die Hülse von dem Ausschnitt fort, so dass der letztere frei geöffnet ist, so stösst der linke, hintere Rand der Hülse oben an einen niedrigen Längsvorsprung, eine kurze Leiste, welche es verhindert, dass die Hülse sich von der anderen Seite her wieder über den Ausschnitt fortschiebt.

Führe ich den Bohrer nun mit verschlossenem Ausschnitt in den Boden ein, so bleibt die Hülse so lange fest über dem Ausschnitt liegen, als der Bohrer nur von links nach rechts gedreht und der vordere Rand der Hülse mit aller Gewalt gegen jene oben erwähnte Nase angedrückt wird. Eine einmalige Drehung in umgekehrter Richtung, von rechts nach links, genügt aber, um dies zu verändern. Der umgebogene Rand der Hülse findet Widerstand an den umgebenden Bodenschichten und die Hülse schiebt sich von dem Ausschnitt zurück, bis ihr hinterer Rand gegen die Leiste stösst. Habe ich in der Tiefe, welcher ich die Erdprobe entnehmen will, den Löffel in dieser Weise geöffnet, so reichen einige weitere Drehungen von rechts nach links hin, um den Ausschnitt völlig mit Erde zu füllen. Wird jetzt in der ursprünglichen Richtung von links nach rechts gedreht, so verschliesst die Hülse den Ausschnitt augenblicklich und sichert seinen Inhalt gegen jede Berührung mit den höheren Schichten. Kommt der Bohrer zu Tage, so schiebt man die Hülse zurück, hebt mit Hülfe eines keimfreien Glaslöffels die heraufgebrachte Erde in kleine, sterile, mit Wattepfropfen versehene Flächchen, reinigt den Ausschnitt mit sterilisirtem Fliesspapier und kann dann die Bohrung weiter fortsetzen. Benutzt man dasselbe Bohrloch wieder, so wird das Herabfallen höher gelegener Theile das Resultat doch in keiner Weise gefährden, da dieselben von dem geschlossen eingeführten Bohrer nicht aufgenommen werden können.

Die Bohrstange ist 1½^m lang und kann durch Ansatzstücke bis auf 5^m verlängert werden. Für grössere Tiefen ist das Instrument freilich nicht ohne Weiteres brauchbar, da die Handhabung des langen Gestänges dann zu schwierig und sogar unmöglich wird. Man muss in diesen Fällen vermittelst eines der sonst gebräuchlichen Bohrwerkzeuge vorbohren und sich so einen Weg bahnen. Der Apparat functionirt im Uebrigen ausserordentlich sicher und seine Anwendungsweise ist eine ebenso einfache wie bequeme.

Als zweckmässigste und sicherste Art einer bacteriologischen Bodenuntersuchung glaube ich demnach empfehlen zu

können, nach sorgfältiger Entnahme der Proben mittelst eines geeigneten Bohrinstruments abgemessene Mengen der betreffenden Erde in flüssige Nährgelatine einzubringen, nach dem von E. Esmarch angegebenen Verfahren an den Wandungen des Reagensglases zu vertheilen und aus der Zahl und Art der später hier zur Entwicklung kommenden Colonieen den ursprünglichen Keimgehalt zu ermitteln.

Doch sind auch hiermit alle Vorbedingungen zur Erlangung einwandfreier Ergebnisse noch keineswegs erfüllt. Es ist allgemein bekannt, dass bei der bacteriologischen Wasseruntersuchung ganz besonderer Werth darauf gelegt werden muss, dass die einzelnen Proben unmittelbar oder doch möglichst bald nach der Entnahme geprüft werden, da sonst regelmässig eine unaufhaltsame und sehr umfangreiche Vermehrung der Keime in denselben eintritt. Im Laufe meiner Beobachtungen stellte sich nun bald mit genügender Deutlichkeit heraus, dass ganz die gleichen Verhältnisse auch für die Untersuchung des Erdbodens von maassgebender Wichtigkeit sind. Denn in allen denjenigen Fällen, wo bei der Untersuchung der Erdschichten wenige Stunden nach der Entnahme nur ausserordentlich geringe Mengen von Keimen gefunden werden konnten, zeigte sich fast ausnahmslos schon nach 24 Stunden der Beginn einer intensiven Vermehrung derselben, die sich dann im Laufe der folgenden Tage immer ausgesprochener entwickelte und von dem ursprünglichen Befunde schliesslich nichts mehr übrig liess.

Einige Beispiele mögen diese Thatsache zunächst des Genaueren beweisen.

Bei der Umlegung des Pflasters eines Berliner Strassendamms wird aus 1.30 m Tiefe lehmiger, nasser, stark nach Leuchtgas riechender Boden entnommen und sofort in der bekannten Weise untersucht. Die Entnahme geschah am 1./IV. 86, die Zählung der Platten am 4./IV., also nach 72 Stunden. 3 Platten ergaben 3900, 3900, 4000 Colonieen. Dieselbe Erde nach eintägigem Aufbewahren (in kleinen mit Watteverschluss versehenen Glasfläschchen) 2./IV. bis 5./IV. 5850, 6000, 6200 Keime; nach 11tägigem Aufbewahren 12./IV. bis 15./IV. 75 600, 78 000, 79 800 Keime.

Auf dem Terrain eines Neubaues an der Ecke von Wilhelm- und Leipzigerstrasse werden 4 Erdproben aus 10 cm, 50 cm, 1 m, 1½ m Tiefe genommen.

Erste Untersuchung 20./VII.—23./VII. 1885.	Nach 7tägigem Aufbewahren 27./VII.—29./VII.	Nach 11 tägig. Aufbewahren 1./VIII.—3./VIII.
10 cm = 164	10 cm = 310	10 cm = 3700
50 cm = 134	50 cm = 10800	50 cm = 12600
1 m = 900	1 m = 25200	1 m = 22000
1½ m = 70	1½ m = 3700	1½ m = 13800

Bei Anlegung einer neuen Strasse in Berlin wird der Boden bis zu 3^m Tiefe aufgerissen. Bis zu 50^{cm} sehr stark verunreinigte, schwarze Erde, in 2^m Tiefe der gewachsene weisse Sandboden.

	Erste Unter- suchung 7./VIII. bis 9./VIII. 1885.	Nach 7 Tagen	Nach 11 Tagen	Nach 3 Monaten (11./XI.)
Oberfläche	2000	2800	900 (Abnahme)	
50 ^{cm}	800	2300	120 „	
1 ^m	200	1850	2000	
2 ^m	120	130	160	
3 ^m	12	7000	7200	3600 (Abnahme)

Auf dem neueröffneten Theile eines Kirchhofes im Norden Berlins werden am 13./VI. 1886 Proben entnommen aus:

	13./VI. bis 15./VI.	Nach 6 Tagen	Nach 8 Tagen	Nach 2 Monaten (2./VIII.)
Oberfläche	5600	10900	4500 (Abnahme)	700
20 ^{cm}	3200	2700	1200 „	540
50 ^{cm}	90	240	50 „	70
1 ^m	70	18000	3000 „	140
1½ ^m	65	2000	1200 „	21600 (erneute Zunahme)
2 ^m	14	15000	7000 „	900

Auf dem Hofe des hygienischen Institutes werden am 1./XI. 1885 Proben entnommen:

	1./XI.—3./XI.	2./XI. (1 Tag)	Nach 3 Tagen
1 ^m	20	300	
1½ ^m	42	9000	
2 ^m	70	9000	
2½ ^m	6	13500	
3 ^m	26	1480	
3½ ^m	15	7500	63000

Aus einem aus reinem weissen Sande bestehenden Boden in der Umgebung Potsdams, der seit langen Jahren ohne jede Benutzung liegt, werden am 1./V. 1886 entnommen:

	1./V.—3./V.	2./V. (nach 1 Tage!)	Nach 7 Tagen (8./V.)
Oberfläche	3200	2840	2800 (Abnahme)
½ ^m	2600	36000	1920 „
1 ^m	16	31200	12600 „
1½ ^m	12	32600	15000 „

ÜBER MIKROORGANISMEN IN VERSCHIEDENEN BODENSCHICHTEN. 539

	1./V.—3./V.	2./V. (nach 1 Tage!)	Nach 7 Tagen (8./V.)
2 ^m	6	3000	8400 (Abnahme)
2 ¹ / ₂ ^m	20	12	0 „
3 ^m	120	130	0 „
3 ¹ / ₂ ^m	12	40800	21000 „

Von demselben Orte am 27./V. 1886:

	27/V.—29/V.	Nach 2 Tagen 29./V.	Nach 5 Tagen 1./VI.
Oberfläche	3150	4900	unzählige
¹ / ₂ ^m	4000	3000	unzählige
1 ^m	40	20000	50000
1 ¹ / ₂ ^m	320	310	unzählige
2 ^m	40	20	20
2 ¹ / ₂ ^m	10	12000	7000
3 ^m	60	16800	6400
3 ¹ / ₂ ^m	0	0	0
4 ^m	0	0	0
4 ¹ / ₂ ^m	2	0	0
5 ^m	12	10	0

Von demselben Orte am 16./II. 1887:

	16./II.	18./II.	22./II.
Oberfläche	1680	2100	1750
¹ / ₂ ^m	1750	1280	verflüssigt
1 ^m	60	520	170
1 ¹ / ₂ ^m	6	300	30
2 ^m	4	15000	10400
2 ¹ / ₂ ^m	3	5500	10
3 ^m	2	30000	45000
3 ¹ / ₂ ^m	14	17000	40000
4 ^m	0	0	0
4 ¹ / ₂ ^m	3	18000	20000

Von demselben Orte am 12./VI. 1886.

	12./VI.	13./VI.	14./VI.	15./VI.	16./VI.	17./VI.	20./VII.	5./X. (4Mon.)
Oberfläche	2200	2300	2800	2200	2000	2100	1650	1320
¹ / ₂ ^m	1630	1420	1830	1620	1600	1100	1100	530
1 ^m	40	180	160	3200	14000	10200	1300	580
1 ¹ / ₂ ^m	40	11600	63000	24000	190	170	150	120
2 ^m	12	3400	3200	1640	1680	1600	1200	12
2 ¹ / ₂ ^m	14	14	24	320	180	24	0	0
3 ^m	2	0	0	4	0	23	0	0
3 ¹ / ₂ ^m	16	380	40000	12000	320	0	0	0
4 ^m	3	120	23000	25000	18000	1640	380	0
4 ¹ / ₂ ^m	4	2200	1630	28000	12000	2900	1320	13

Boden aus dem Grunewald westlich von Berlin:

	12./III.	15./III.
Oberfläche	1320	1900
$\frac{1}{2}$ m	1560	2300
1 m	820	750
$1\frac{1}{2}$ m	12	13000
2 m	10	24000
$2\frac{1}{2}$ m	14	320
3 m	0	0
$3\frac{1}{2}$ m	4	12000
4 m	3	0
$4\frac{1}{2}$ m	0	0

Boden aus dem Grunewald westlich von Berlin:

	9./VIII.	13./VIII.
Oberfläche	1950	1820
$\frac{1}{2}$ m	1320	1200
1 m	560	750
$1\frac{1}{2}$ m	10	190
2 m	28	unzählige
$2\frac{1}{2}$ m	13	1250
3 m	12	14000
$3\frac{1}{2}$ m	0	0
4 m	0	0
$4\frac{1}{2}$ m	4	1200

Diese Beispiele, welche sich leicht noch erheblich vervollständigen lassen würden, genügen doch wohl schon, um alles wesentliche mit ausreichender Deutlichkeit zum Ausdruck zu bringen. Es zeigt sich danach, dass so gut wie ausnahmslos in allen Erdproben mehr oder minder bald nach der Entnahme eine Vermehrung der Keime eintritt, die von Fall zu Fall freilich eine verschieden umfangreiche sein kann.

Bald genügen 24 Stunden, um die Zahl der bei der ersten Untersuchung nachgewiesenen Keime auf das mehr wie tausendfache zu erhöhen, bald dauert es mehrere Tage, ehe eine deutliche Zunahme derselben zu bemerken ist. Meist hält die Vermehrung über die ersten 3—4 Tage in fortschreitendem Maasse an und sinkt dann von dem erreichten Höhepunkt ziemlich rasch wieder herab, d. h. es findet ein Absterben der neuentwickelten Keime statt. Doch kann die Vermehrung dann aufs neue einsetzen, und selbst viele Monate nach der Entnahme pflegt die Zahl der Keime noch eine erheblich gesteigerte zu sein. In anderen, selteneren Fällen freilich tritt das gerade Gegentheil ein: auf ein rasches Anwachsen des Bacteriengehaltes folgt ein so vollkommener Abfall, dass selbst die ursprünglich vorhandene Menge unterschritten und die Erde keimfreier wird, als bei der Entnahme. Irgend eine Regelmässigkeit, ein Befolgen erkennbarer Gesetze lässt sich hierbei nicht wahrnehmen, und nur die Thatsache der Vermehrung als solche ist eine unter allen Umständen wiederkehrende, durchgängige, die dann nach Maass und Zeit verschieden energisch auftreten kann.

Am lebhaftesten geht dieselbe in denjenigen Proben vor sich, welche aus tieferen Erdschichten stammen, und hier findet sich dann jenes enorme Anwachsen der Keimzahl — von 12 auf 40800, von 3 auf 18000 u. s. f. In den Proben aus höheren Theilen des Bodens ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$

und $\frac{3}{4}$ m) ist die Vermehrung gewöhnlich eine viel geringfügigere, obwohl Ausnahmen auch hier vorkommen. Zuweilen bleibt sie sogar völlig aus, und dies pflegt die Regel zu sein bei den Proben von der Oberfläche. Hier ist die Vermehrung der Keime entweder nur eine beschränkte oder sie kommt überhaupt nicht zur Beobachtung, ja es kann sogar von vorneherein eine Abnahme der Keimzahl sich constatiren lassen. Hat die erste Untersuchung das völlige Fehlen von Bakterien in der betreffenden Bodentiefe festzustellen vermocht, so treten — wie dies nicht anders zu erwarten ist — in diesen Proben auch nachträglich keine Keime mehr auf.

An der wenig umfangreichen Vermehrung, wie sie in den Proben aus den höheren Bodenschichten gewöhnlich Statt hat, scheint sich die grössere Menge der ursprünglich in denselben enthaltenen Bakterienkeime gleichmässig zu betheiligen. Ueberall da aber, wo jenes rapide und massenhafte Anwachsen der Keimzahl hervortritt, wie es in den Proben aus den tieferen Erdschichten in der Regel geschieht, drängt sich fast stets sehr bald die eine oder die andere Bakterienart in den Vordergrund, welche die weitere Vermehrung dann fast ausschliesslich veranlasst. Besonders häufig ist dies ein kleiner, unbeweglicher Bacillus, oft zu langen Ketten auswachsend, meist aber zu zweien liegend, dessen Colonieen die Gelatine nicht verflüssigen und sich unter dem Mikroskop als gelblichbraune, rundlich oder oval geformte, glattrandige, fein granulirte Scheiben darstellen. In der Sticheultur wächst er im ganzen Impfstich und bildet auf der Oberfläche eine dicke, weisslich glänzende, knopfartige Auflagerung. Auch da wo einmal andere Bakterienarten bei dem Vorgang der Keimvermehrung eine hervorragende Rolle spielen, handelt es sich fast ausnahmslos um solche, welche die Gelatine nicht verflüssigen und deshalb eine genaue und sorgfältige, durch nichts behinderte Zählung der Colonieen zulassen. Es geht aus dieser Thatsache übrigens auch unmittelbar hervor, dass durch die Vermehrung nicht nur die Zahl der Keime sehr erheblich verändert wird, sondern dass auch das gegenseitige Verhältniss der ursprünglich vorhandenen Arten eine so wesentliche Verschiebung erfährt, dass nachträglich ausgeführten Untersuchungen jeder Werth abgesprochen werden muss und von denselben nicht einmal annähernd richtige Ergebnisse zu erwarten sind.

Durch welche Umstände und unter welchen Bedingungen wird diese Keimvermehrung nun veranlasst. Zwei Möglichkeiten sind es, an die man hierbei in erster Linie zu denken hat, einmal der Einfluss der höheren Temperatur, in welche die Erdproben nach der Entnahme, in unseren Untersuchungsräumen, meist gelangen und dann die Veränderung in der Zusammensetzung der umgebenden Luft.

Die besondere Bedeutung des ersten dieser verschiedenen Factoren habe ich dadurch näher festzustellen versucht, dass ich die entnommenen Erdproben zu wiederholten Malen Wochen lang im Eisschrank hielt, also der Einwirkung der erhöhten Wärme möglichst entzog und weiter beobachtete, wie sich der Vorgang der Vermehrung jetzt gestaltete. Eingelegte Thermometer zeigten nun freilich, dass auch im Inneren der Eisschränke die Temperatur nicht selten auf 10—12° stieg und namentlich während des Sommers in den Nachmittagsstunden fast stets diese Höhe erreichte; trotzdem ist es als eine immerhin auffallende Thatsache zu bezeichnen, dass sich irgend ein wesentlicher und durchgreifender Unterschied hinsichtlich der Schnelligkeit und des Umfangs der Vermehrung zwischen den im Eisschrank gehaltenen und den unter gewöhnlicher Temperatur befindlichen Erdproben derselben Herkunft nicht hat nachweisen lassen. Die Vermehrung war vielleicht eine nicht ganz so schleunige, aber schliesslich machte sie sich hier doch in derselben Weise geltend wie dort.

Am 30./V. 86 Sandboden aus der Nähe von Potsdam:

	Zimmertemperatur: Mittags 12 Uhr 20—22°				Eisschranktemperatur		
	30./V.	31./V.	2./VI.	5./VI.	31./V.	2./VI.	5./VI.
Oberfläche	3200	3000	2800	2600	3000	2500	2500
$\frac{1}{2}$ m	3600	3700	3500	3200	3500	2500	2200
1 m	190	280	1250	1850	750	320	380
$1\frac{1}{2}$ m	120	460	320	230	320	270	560
2 m	30	12300	28000	11500	580	18500	11000
$2\frac{1}{2}$ m	0	0	0	0	0	0	0
3 m	0	0	0	0	0	0	0
$3\frac{1}{2}$ m	12	24000	10200	22000	18500	3200	650
4 m	6	unzählige	8200	6400	unzählige	3800	unzählige
$4\frac{1}{2}$ m	12	180	11300	unzählige	12300	24000	9000

Entnommen am 2./X. 1886:

	Zimmertemperatur: Mittags 12 Uhr 18°				Eisschranktemperatur		
	2./X.	3./X.	6./X.	8./X.	3./X.	6./X.	8./X.
Oberfläche	2600	2800	2200	2000	2500	2600	2500
$\frac{1}{2}$ m	2100	2000	2100	2200	2250	2000	2000
1 m	830	720	650	750	860	900	830
$1\frac{1}{2}$ m	12	1950	1400	280	26	1380	1400
2 m	14	36	8500	12500	190	13000	10000
$2\frac{1}{2}$ m	30	4000	3200	3800	580	3500	3000
3 m	0	0	0	0	0	0	0
$3\frac{1}{2}$ m	28	36000	32000	1450	1800	16000	14500
4 m	12	40000	12000	18000	22000	14500	1850
$4\frac{1}{2}$ m	0	0	0	0	0	0	0

Entnommen am 5./XI. 1886:

	Zimmertemperatur: Mittags 12 Uhr 16 ^o				Eisschranktemperatur		
	5./XI.	6./XI.	10./XI.	14./XI.	6./XI.	10./XI.	14./XI.
Oberfläche	1860	1900	1750	1750	1800	1750	1700
$\frac{1}{2}$ m	2300	2300	2450	2450	2200	2300	2200
1 m	780	820	850	630	680	640	680
$1\frac{1}{2}$ m	24	14000	18000	280	12000	830	70
2 m	13	280	160	144	540	28	26
$2\frac{1}{2}$ m	0	0	0	0	0	0	0
3 m	26	350	8400	960	76	14500	120
$3\frac{1}{2}$ m	4	14	38	12	168	0	0
4 m	2	4000	4200	5600	2400	9500	1350
$4\frac{1}{2}$ m	0	0	0	0	0	0	0

An und für sich spricht gegen die Möglichkeit einer allzu weitgehenden Bedeutung der Temperaturverhältnisse freilich auch die Tatsache, dass doch selbst in den tieferen Lagen des Bodens die Temperatur verschiedene Monate hindurch bei uns eine nicht unbeträchtliche Höhe erreicht, ohne dass in Folge dessen eine erkennbare Zunahme der Bakterienkeime in diesen Schichten eintritt. In 3 m Tiefe z. B. steigt die Bodentemperatur in Berlin im Monat August auf 13 bis 14^o,¹ im September auf 13,5 bis 14^o, im October auf 12 bis 13^o, also auf Höhen, wie sie häufig genug auch von der mittleren Temperatur unserer Untersuchungsräume nicht wesentlich überschritten werden. Während in den letzteren aber hierbei eine eben so schnelle wie umfangreiche Vermehrung der Keime Statt hat, sind die in den eben genannten Monaten aus 3 m Tiefe gewonnenen Erdproben unmittelbar nach der Entnahme keineswegs reicher an Bakterien als zu anderer Zeit und kann deshalb eine Erhöhung der Temperatur für sich allein wohl kaum als das veranlassende Moment der Keimvermehrung angesehen werden.

Zu berücksichtigen ist dann ferner hier die Veränderung in der Zusammensetzung der Luft, welche die Proben nach der Entnahme erfahren. Die Grundluft unterscheidet sich von der atmosphärischen hauptsächlich durch ihren hohen Kohlensäuregehalt und durch ihre wesentliche, relative Verarmung an O.² Fleck sah z. B. den Sauerstoffgehalt der Bodenluft mit Zunahme der Tiefe und des Kohlensäuregehaltes auf 15% (in 6 m) sich herabmindern, Fodor in 4 m Tiefe auf 17,3%. Um den Einfluss dieser Verhältnisse nun etwas genauer festzustellen, wurden folgende Versuche ausgeführt.

¹ Festschrift der Stadt Berlin zur 49. Naturforscherversammlung.

² Soyka, *Der Boden*. S. 69.

Im Hofe des hygienischen Institutes hier sind Bleiröhren bis zu 3^m Tiefe eingelassen, welche aufwärts in die Untersuchungsräume gezogen sind und durch welche man vermittelst irgend einer Aspirationsvorrichtung die Bodenluft aus der betreffenden Schicht mit Leichtigkeit ansaugen kann. Ich habe nun mehrere Male die Erdproben möglichst bald nach der Entnahme unter einen Strom dieser Bodenluft zu bringen versucht. Es geschah das in der Weise, dass ich die Erde in sterile Erlenmeyer'sche Kölbchen schüttete, diese mit einem doppelt durchbohrten, sterilisirten Gummipfropfen versah, der zwei kurze gebogene Glasröhren trug, eine Reihe der Kölbchen dann vermittelst dünner Gummischläuche miteinander verband und an das letzte derselben einen Aspirator hängte, der aus zwei in der geeigneten Weise hergerichteten 5^l Flaschen bestand. Setzte man das Saugwerk in Thätigkeit, so wurde Luft aus der Bodenröhre angesogen und durch die ganze Folge von Glaskölbchen hindurchgeleitet. Vor dem ersten Kolben wurde dann noch eine leere Waschflasche, welche zwei sterilisirte Wattepfropfen trug, eingefügt, um alle Keime abzufangen, welche sich etwa in der heraufgeführten Bodenluft befanden. Der Strom derselben blieb dann jedesmal 6 Stunden lang ununterbrochen im Gange und wurden in dieser Zeit etwa 60^l Luft durchgeleitet. Darauf wurde die erste und die letzte Gummischlauchverbindung abgeklemmt, um den Inhalt der Kölbchen dauernd unter der eingebrachten Luft zu erhalten.

Das Ergebniss dieser Versuche war, dass auch hierbei die Vermehrung der Keime jedesmal in ausgiebigster Weise erfolgte.

	gewöhnliche Luft				Bodenluft		
	2./X.	3./X.	6./X.	8./X.	3./X.	6./X.	8./X.
Oberfläche	2600	2800	2200	2000	2400	2500	2200
1/2 ^m	2100	2000	2100	2200	2400	2000	2000
1 ^m	830	720	650	750	680	780	780
1 1/2 ^m	12	1950	1400	280	2100	2350	130
2 ^m	14	36	8500	12500	280	3400	2100
2 1/2 ^m	30	4000	3200	3800	3800	3800	3000
3 ^m	0	0	0	0	0	2	0
3 1/2 ^m	28	36000	32000	1450	32000	24000	6300
4 ^m	12	40000	12000	18000	1800	4300	2800
4 1/2 ^m	0	0	0	0	0	0	0

	gewöhnliche Luft				Bodenluft		
	5./XI.	6./XI.	10./XI.	14./XI.	6./XI.	10./XI.	14./XI.
Oberfläche	1860	1900	1750	1750	1950	1900	1800
1/2 ^m	2300	2300	2450	2400	2200	2200	2250
1 ^m	780	820	450	630	650	850	730
1 1/2 ^m	24	14000	18000	280	12500	12000	1580

	gewöhnliche Luft				Bodenluft		
	5./XI.	6./XI.	10./XI.	14. XI.	6./XI.	10./XI.	14./XI.
2 ^m	13	280	160	144	1320	180	160
2 ^{1/2} ^m	0	0	0	0	0	0	0
3 ^m	26	350	8400	960	1580	6300	1230
3 ^{1/2} ^m	4	14	38	12	28	120	12
4 ^m	2	4000	4200	5600	360	1650	1420
4 ^{1/2} ^m	0	0	0	0	0	0	0

Endlich wurde auch noch der Einfluss der Feuchtigkeit auf die Vermehrung der Keime im Boden untersucht. Wir wissen, dass für die gedeihliche Entwicklung vieler Mikroorganismen im Grossen und Ganzen ein mittlere Menge von Feuchtigkeit erforderlich ist, die weder nach der einen noch nach der anderen Seite hin allzu erheblich überschritten werden darf. Nun ist die Bodenluft in der Regel mit Wasserdampf gesättigt, und es wäre denkbar, dass die grössere Trockenheit, in welche die Erdproben nach der Entnahme bei dem Uebergange in unsere atmosphärische Luft gelangen, von besonders günstigem Einfluss auf die Wachstumsbedingungen der Bakterienkeime wäre. Als besonders wahrscheinlich war ein derartiges Verhältniss freilich von vorneherein nicht anzusehen, denn von einem wirklichen Uebermaass von Feuchtigkeit kann selbst bei vollständig mit Wasserdampf geladener Luft nicht die Rede sein. Die Grenze, jenseits welcher den Bakterien nicht mehr die Möglichkeit des Gedeihens gegeben ist, liegt hier erheblich höher, und in der That haben auch die Versuche in dieser Hinsicht nur ein negatives Resultat ergeben. Ich habe die Fläschchen mit den Erdproben nach der Entnahme theils in möglichst feuchte — feuchte Kammern — theils in möglichst trockene — Exsiccator — Umgebung gebracht, und in beiden Fällen das Eintreten der Keimvermehrung ebenso beobachten können, wie in den zum Vergleich unter gewöhnlichen Verhältnissen aufbewahrten Proben. Bald war hier, bald dort die Vermehrung am ausgiebigsten erfolgt, so dass irgend ein nachweisbarer Einfluss des einen oder des anderen Verfahrens nicht zu erkennen war. Nur in einem Falle, wo die Erde in ganz dünner Schicht im Exsiccator gehalten wurde, war eine Vermehrung bis auf eine Probe vollständig ausgeblieben.

Untersuchung am 5./XI. 1886.

	gewöhnliche Luft				feuchte Kammer			Exsiccator		
	6./XI.	10./XI.	14./XI.	14./XI.	6./XI.	10./XI.	14./XI.	6./XI.	10./XI.	14./XI.
Oberfläche	1860	1900	1750	1750	1830	2320	1950	1840	1780	1760
1/2 ^m	2300	2300	2450	2400	2100	1700	1820	2000	1900	2200
1 ^m	780	820	850	630	1450	1400	930	630	420	400
1 1/2 ^m	24	14000	18000	280	290	1300	4200	11000	12500	8400

	gewöhnliche Luft				feuchte Kammer			Exsiccator		
	6./XI.	10./XI.	14./XI.		6./XI.	10./XI.	14./XI.	6./XI.	10./XI.	14./XI.
2 ^m	13	280	160	144	12000	11500	850	3200	2700	840
2½ ^m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 ^m	26	350	8400	960	1240	7200	9500	830	1280	3200
3½ ^m	4	14	38	12	124	1380	4200	230	680	540
4 ^m	2	4000	4200	5600	18	50	86	1900	2400	3200
4½ ^m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Untersuchung am 9./XI. 1886.

	gewöhnliche Luft				feuchte Kammer			Exsiccator		
	9./XI.	10./XI.	12./XI.	16./XI.	10./XI.	12./XI.	16./XI.	10./XI.	12./XI.	16./XI.
Oberfläche	1820	1780	1920	2230	1920	2400	1600	1820	verflüss.	1420
½ ^m	1430	1780	1520	1480	1680	1820	1800	1680	1820	1620
1 ^m	26	8400	11200	340	9200	1200	420	128	44	280
1½ ^m	14	680	910	140	340	12000	280	580	16000	4800
2 ^m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2½ ^m	38	4200	30000	42000	4200	18000	520	680	4200	7200
3 ^m	12	136	14000	25	2800	13000	1420	138	12000	78
3½ ^m	19	4	38	12	2600	280	1340	280	230	230
4 ^m	3	18000	18000	2100	620	42	0	5400	21000	45
4½ ^m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 ^m	6	13	2800	24	2800	1340	35	1400	2300	2800

Untersuchung am 2./X. 1886.

	gewöhnliche Luft				feuchte Kammer			Exsiccator		
	2./X.	3./X.	6./X.	8./X.	3./X.	6./X.	8./X.	3./X.	6./X.	8./X.
Oberfläche	2600	2800	2200	2000	2800	verflüssigt	2800	1920	verflüss.	2200
½ ^m	2100	2000	2100	2300	1850	verflüssigt	2000	1920	1650	2100
1 ^m	830	720	650	750	750	850	950	920	830	750
1½ ^m	12	1950	1400	280	230	6400	7200	—	—	—
2 ^m	14	36	8500	12500	1820	3200	3200	—	—	—
2½ ^m	30	4000	3200	3800	450	3000	4800	5200	13200	32
3 ^m	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—
3½ ^m	24	36000	32000	1450	12000	950	1630	14	12	—
4 ^m	12	40000	12000	18000	14000	32000	unzählige	16	—	14
4½ ^m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Es haben diese Versuche mir also leider keinen Aufschluss darüber zu geben vermocht, welche Factoren den Vorgang der Keimvermehrung in den Erdproben nach der Entnahme wesentlich veranlassen und beeinflussen.

So wünschenswerth es aber auch wäre, durch weitere Beobachtungen hierüber ins Klare zu kommen, und so sicher dies ohne allzu grosse

Schwierigkeiten möglich sein wird, so interessirte mich doch hauptsächlich die Thatsache der Vermehrung als solche, weil die Ausführung und das Ergebniss der Untersuchungen in erheblichster, man kann sagen, Ausschlag gebender Weise von einer sorgsamten Berücksichtigung dieses Factums abhängig gemacht werden müssen.

Wir sahen vorhin freilich, dass in den oberflächlicheren Erdschichten die Vermehrung nach der Entnahme keine so rapide und umfangreiche zu sein pflegt, als in den Proben aus grösserer Tiefe. Augenscheinlich sind die ersteren unter natürlichen Verhältnissen fast regelmässig gewissermaassen „ausgefault“, d. h. der gesammte Vorrath an organischer Substanz, an Nährmasse für die Mikroorganismen befindet sich in Folge der fortwährenden und anhaltenden Lebensthätigkeit der Bakterien hier in einem Zustande der Erschöpfung. Jede Spur neu hinzutretenden Materials fällt sogleich der Zerstörung durch die Bakterien anheim, denen hier die günstigsten Lebensbedingungen, Sauerstoff, Wärme und mässige Feuchtigkeit in reichstem Maasse zur Verfügung stehen. Entnimmt man Erde aus diesen oberflächlicheren Schichten, und bringt dieselbe in unsere Untersuchungsräume, so bleibt die Vermehrung der Keime aus oder hält sich in bescheidenen Grenzen, weil der Boden fehlt, auf dem sie sich entwickeln könnte, weil das Nährmaterial hier so weit aufgebraucht ist, dass es nur einer gewissen Anzahl von Bakterien noch ausreichenden Unterhalt gewährt und die Erde mit Mikroorganismen so zu sagen gesättigt ist. Daher wird unter Umständen hier sogar eine Verminderung der Keime eintreten können, wenn der Boden bei der Entnahme unmittelbar vor der Erschöpfung stand und unter natürlichen Verhältnissen nur durch die Zufuhr neuen Ersatzmaterials hätte in die Lage gebracht werden können, seine Bakterien zu erhalten. In vielen Fällen bleibt die Zahl der Keime nach der Entnahme eine gewisse Zeit hindurch etwa auf der gleichen Höhe, um erst nach längerer Dauer allmählich abzusinken; meist aber findet doch auch hier eine geringe Zunahme der Keime statt, ein deutliches Zeichen, dass überschüssiges Nährmaterial vorhanden ist, welches ein etwas üppigeres Bakterienwachsthum zulässt. Handelt es sich um Proben, welche unmittelbar von der eigentlichen Oberfläche stammen, so hält sich die Vermehrung unter allen Umständen in bescheidenen Grenzen, weil die Bakterien hier nach der Entnahme keineswegs unter wesentlich andere Bedingungen kommen als vorher. Zusammensetzung der Luft, Feuchtigkeit und Wärme bleiben fast die gleichen und es fehlt also der letzte Anstoss, die Veranlassung zu gesteigerter Lebensthätigkeit für die Mikroorganismen.

Je weiter man nun in die Tiefe vordringt, um so ausgesprochener verändern sich diese Verhältnisse und führen so allmählich zu der be-

merkenwerthen Erscheinung über, welche wir an den Proben aus diesen Schichten fast regelmässig beobachten konnten, jener ausserordentlich energischen Vermehrung der Keime nach der Entnahme. Wir erfahren durch dieselbe vor allen Dingen die auffallende Thatsache, dass hier in der Tiefe des Bodens noch ein Vorrath von unverbrauchtem, unzersetztem Nährmaterial aufgestapelt liegt, welcher nur darauf wartet, den Bakterien anheim zu fallen und seine Bestimmung bei der ersten sich bietenden Gelegenheit auch erfüllt. Dass dies in der Tiefe des Bodens selbst nicht geschieht, muss uns der beste Beweis dafür sein, dass den Mikroorganismen hier nicht die Bedingungen zur Verfügung stehen, welche ihnen eine freie und ungehinderte Entwicklung ermöglichen, dass sich dieselben hier keineswegs in den besten Verhältnissen befinden, keineswegs hier eine Stätte regen Bakterienlebens zu suchen ist, dass die Mikroorganismen vielmehr mit Freuden den Augenblick begrüßen, wo sie aus ihrer Verbannung in die ungünstige Tiefe erlöst und damit zu neuer Thätigkeit heraufgebracht werden.

Die hier mitgetheilten Thatsachen gebieten uns mit zwingender Nothwendigkeit die Untersuchung von Erdproben aus etwas grösserer Tiefe stets unmittelbar, oder wenigstens möglichst bald nach der Entnahme vorzunehmen, um einwandfreie und einigermaassen sichere Ergebnisse zu erhalten. Aber auch da, wo es sich um die oberflächlicheren Schichten handelt, in denen die Vermehrung keine so ausgiebige zu sein pflegt, muss das gleiche Verfahren zum mindesten sehr empfehlenswerth erscheinen, da man niemals im Voraus zu bestimmen vermag, wieviel überschüssiges Nährmaterial sich im einzelnen Falle vorfindet und wie der Vorgang der Vermehrung sich also gestalten wird. Zudem mag hier nochmals darauf aufmerksam gemacht werden, dass bei der Keimvermehrung nicht nur die Zahl der Bakterien im Ganzen, sondern namentlich auch das Verhältniss der ursprünglich in dem betreffenden Boden enthaltenen Arten zu einander wesentlich verändert wird und also die Resultate nachträglich gemachter Untersuchungen jedenfalls durch die mannigfachsten Fehlerquellen beeinflusst werden.

Noch eine andere praktische Konsequenz muss übrigens aus diesen Experimenten über den Vorgang der Keimvermehrung abgeleitet werden. Wir haben gesehen, dass auch der Aufenthalt der Erdproben nach der Entnahme im Eisschrank nicht im Stande ist, das Anwachsen des Keimgehalts zu verhindern. Wir werden hierdurch auf die Thatsache hingewiesen, dass eine Verschickung von Erdproben selbst in Eisverpackung nicht die genügende Sicherheit für ihre unveränderte Beschaffenheit zu geben vermag und dass deshalb eine Untersuchung derartigen Materials stets nur mit einer gewissen Reserve ausgeführt werden kann.

Endlich ist hier auch noch ein weiterer Punkt, der gleichfalls von Bedeutung für die Sicherheit der Versuche ist, zu erwähnen. Bringen wir Erde aus tieferen Schichten an die Oberfläche, so tritt eine sehr erhebliche Vermehrung der darin befindlichen Keime ein, und zwar wird diese Erscheinung, wie wir bemerkt haben, vielleicht veranlasst durch die Veränderung der Temperatur, der Luftzusammensetzung u. s. f. Ganz dasselbe aber ist der Fall, und die Vermehrung tritt in dem gleichen Maasse auf, wenn wir die tieferen Bodenschichten durch Abtragen der höheren so zu sagen in Bodenoberfläche verwandeln. Graben wir an beliebiger Stelle beispielsweise 2^m Erde ab und bringen die blossgelegte Schicht damit unter den Einfluss der Oberflächenluft und -Temperatur, so beginnt schon nach kurzer Zeit daselbst die Keimvermehrung, und Proben, welche man nun entnimmt, geben kaum noch einen Anhalt für die ursprünglichen und natürlichen Verhältnisse. Bei Gelegenheit der Anlegung einer neuen Strasse in Berlin wurde der Boden am 7./VIII. 1885 von 2 auf 3^m Tiefe aufgeworfen. Unmittelbar darauf entnommene Proben von der freigelegten seitlichen Wandung dieses Terrains zeigten in 2^m 120, in 3^m 12 Keime. Am nächsten Tage, 8./VIII., gaben gleiche Mengen von demselben Orte, die selbstverständlich mit aller Vorsicht und von vorher nicht berührten Theilen der Seitenwand des Baugrundes genommen wurden, in 2^m 830, in 3^m 12,000; am 9./VIII. in 2^m 1900, in 3^m 18,000 u. s. f. Es macht uns diese Thatsache mit genügender Deutlichkeit darauf aufmerksam, dass man deshalb auch in allen jenen Fällen, wo sich derartige Gelegenheiten zur bequemen Gewinnung von Erdproben zu bieten scheinen, das leicht zugängliche Material doch nur mit Vorsicht benutzen darf.

Wir müssen nach alledem bei der Ausführung bacteriologischer Bodenuntersuchungen für das Zustandekommen zuverlässiger Resultate die Erfüllung folgender Bedingungen als durchaus erforderlich bezeichnen:

Die Bodenprobe muss vermitteltst eines geeigneten Instruments, eines verschliessbaren Bohrers, so aus der entsprechenden Tiefe entnommen werden, dass eine Vermengung mit Theilen anderer Bodenschichten nicht stattfinden kann. Die gewonnene Erde muss unmittelbar oder doch möglichst bald nach der Entnahme weiter verarbeitet werden; es geschieht dies am zweckmässigsten so, dass abgemessene, kleine Mengen in flüssige Nährgelatine gebracht und mit dieser an den Wandungen des Reagensglases vertheilt werden. Aus Zahl und Art der später hier entstehenden Colonieen kann dann unmittelbar auf Zahl und Art der ursprünglich vorhandenen Keime zurückgeschlossen werden.

Mittheilungen über Bodenuntersuchungen, welche mit Berücksichtigung aller dieser Momente angestellt wären, liegen zur Zeit noch nicht vor, wie denn die Zahl der bisherigen unmittelbaren Beobachtungen über das Verhalten der Bacterien im Boden überhaupt nur eine geringe ist. Im Jahre 1881 führte Koch,¹ um über die Verwendbarkeit seiner festen (Gelatine) Nährböden auch für diese Fragen Aufschluss zu erhalten, einige Untersuchungen verschiedener Bodenschichten aus, welche ihm die auffallende Thatsache zeigten, dass nur die oberflächlichen Lagen des Erdreiches grosse Mengen von Keimen enthielten, während schon in einer Tiefe von 1^m die Zahl derselben im nicht umgewühlten Boden eine ausserordentlich geringfügige wurde. Koch hatte die Beobachtungen nur zum Zwecke erster Orientirung angestellt und spricht denselben schon in Rücksicht auf ihre geringe Zahl keine Allgemeingiltigkeit zu. Aber er hatte die gewonnenen Erdproben immerhin unmittelbar nach der Entnahme untersucht und damit von vorneherein einen Fehler zu vermeiden gewusst, welcher den Resultaten anderer Forscher die unbedingte Zuverlässigkeit nimmt. Die Mehrzahl derselben beschäftigt sich freilich ausschliesslich mit den Verhältnissen der oberflächlichsten Bodenschichten. So Miquel², der im Park von Montsouris in 20^{cm} Tiefe 700,000 Schizophyten im Gramm Erde, in dem seit 10 Jahren mit Pariser Abwässern bespülten Boden von Genneville 10 bis 12^{cm} tief 870,000 Keime und in einem gedüngten, sonst nicht veränderten Ackerboden 900,000 Keime fand. So Adametz³, der in 1stm Erde ermittelte:

Sandboden, Oberfläche	380,000
Lehmboden „	500,000
Sandboden, in 20 bis 25 ^{cm} Tiefe	400,000
Lehmboden „	460,000

Aehnliche Beobachtungen sind in der neueren und neuesten Literatur noch mehrfach verzeichnet, doch haben alle diese Angaben über den Bacteriengehalt der Bodenoberfläche für uns weniger Interesse, als diejenigen Befunde, welche uns Aufschluss über die tieferen Schichten geben wollen und sich vornehmlich auf diese beziehen. Derartige Mittheilungen sind gemacht worden von Beumer⁴ und von Maggiora⁵.

¹ *Mittheilungen aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte.* Bd. I. S. 35.

² P. Miquel. *Ann. de l'observat. de Montsouris.* 1879.

³ *Centralblatt für Bacteriologie* Bd. I. S. 1.

⁴ Beumer, Zur Bacteriologie des Bodens. *Deutsche medicinische Wochenschrift.* 1886. Nr. 27.

⁵ Maggiora, Ricerche quantit. sui micr. etc. *Giorn. d. R. Acad. di medic.* 1887. Nr. 3.

Beide bedienten sich bei ihren Untersuchungen des oben besprochenen Verfahrens, die Erdproben — 1 grm — mit destillirtem, sterilisirtem Wasser — 100 grm — zu versetzen, dann von der Aufschwemmung bestimmte, abgemessene Quantitäten in flüssige Nährgelatine zu bringen und diese endlich auf Platten auszugiessen. Beumer entnimmt dem Aufguss jedesmal zwei Proben, die eine von $\frac{1}{2}$ cem , welche die 200fache Verdünnung des ursprünglichen Materials darstellt, die andere von 1 Tropfen, welche einer 2000fachen Verdünnung entspricht. Er kommt auf diesem Wege zu folgenden Resultaten: in einer Bodenprobe aus 3^m Tiefe, welche aus „sandigem Humus mit Vivianit“ bestand, fanden sich etwa 44 bis 45 Millionen Keime in 1 cem , in 4^m Tiefe derselben Stelle — Geschiebemergel — Anzahl der Keime etwa 10 Millionen in 1 cem ; in 5^m Tiefe 8 Millionen, in 6^m Tiefe 5 Millionen. Eine andere Stelle lieferte ähnliche Resultate: in 4^m Tiefe — sehr sandiger Geschiebemergel — $1\frac{1}{2}$ Millionen, in 5^m $1\frac{1}{2}$ Millionen, in 6^m gleichfalls $1\frac{1}{2}$ Millionen; an einer dritten Stelle endlich waren in 4^m Tiefe $\frac{3}{4}$ Millionen, in 5^m 384,000 und in 6^m Tiefe 210,000 Keime enthalten. Alle diese Proben entstammten Bohrlöchern, welche in der Umgebung des Greifswalder Krankenhauses in die Tiefe getrieben waren, um etwas Näheres über die Beschaffenheit des in vieler Hinsicht verdächtigen Untergrundes dieser Anstalt zu ermitteln. Wir haben nun vorhin erwähnt, wie gerade bei der Anlegung derartiger Bohrlöcher durch das Nachstürzen von Erde aus höheren Schichten leicht Veranlassung zu Irrthümern und Verwechselungen gegeben werden kann; da Beumer ferner hier nirgendwo ausdrücklich darauf hinweist, dass er die Untersuchung der Proben der Entnahme möglichst unmittelbar habe folgen lassen, — wie er dies bei späterer Gelegenheit thut — so ist die Vermuthung doch nicht ganz von der Hand zu weisen, dass bei dem Zustandekommen der hier mitgetheilten Resultate irgend welche Fehlerquellen mitgewirkt haben und die von Beumer selbst in grösseren Tiefen aufgefundenen enormen Mengen von Keimen nicht der Ausdruck für die unveränderten, natürlichen Verhältnisse sind.

Allerdings erhält Beumer auch da, wo die Aufgüsse sofort nach der Entnahme in der oben angegebenen Weise angefertigt und eine Stunde darauf die 200 bis 2000fache Verdünnung mit Gelatine vermischt auf Platten ausgegossen wurde, noch sehr erhebliche Mengen von Bacterien auch in 5 bis 6' (2^m) Tiefe. So von einem theilweise noch im Gebrauch befindlichen Kirchhof aus 4' Tiefe 1,152,000 und ein anderes Mal 1,278,000, in 5' Tiefe 672,000 und 1,344,000, in 6' Tiefe 438,000 und 260,000 Keime. Nur der jeder Vegetation auch an der Oberfläche entbehrende Dünenand der Meeresküste erwies sich in 3 bis 4 bis 5' Tiefe als fast keimfrei, oder wenigstens als sehr keimarm und enthielt in 1 cem höchstens 1 bis 2000 Keime.

Maggiora giebt zunächst eine sehr grosse Anzahl einzelner Untersuchungen über die Bacterienmengen, welche sich in den oberflächlichen Bodentheilen vorfinden. Er kann in 1^{cm} der verschiedenen Erdproben bald — sandige, vegetationsarme Hügel in der Nähe von Turin — nur 1600, bald aber auch — Ackerboden — 11 Millionen oder sogar — Strassendamm aus Turin — 78 Millionen Keime nachweisen und erörtert eingehend die wahrscheinliche Veranlassung dieser Unterschiede. Weiter aber theilt er auch einige Resultate mit, welche aus grösserer Tiefe erhalten sind und vornehmlich von verschiedenen Punkten des Baugrundes in Turin selbst herkommen. So fanden sich beispielsweise an der Oberfläche in 1^{cm} 69 Mill., in 1^m 51 Mill., in 2^m 42 Mill., in 3^m 20 Mill., in 4^m 17 Mill. oder in den gleichen Tiefen an anderer Stelle 78 Mill., 30 Mill., 32 Mill. und in 4^m 29 Mill.; eine sehr deutliche Abnahme nach der Tiefe giebt ein weiteres Beispiel: Oberfläche 32 Mill., 1^m 80,000, 2^m 20,000, 3^m 18,000; auf dem Turiner Kirchhofe zeigte die Oberfläche 6 Mill., 1^{1/2}^m 18,000 u. s. f.

Abgesehen nun davon, dass Maggiora nirgendwo mittheilt, in welcher Weise er sich die Erdproben verschafft hat und deshalb ein Urtheil über die grössere oder geringere Brauchbarkeit der hierbei angewendeten Methode nicht gefällt werden kann, dürfen die Ergebnisse dieser Untersuchungen schon deshalb auf Zuverlässigkeit keinen Anspruch erheben, weil Maggiora, wie aus den beigegeführten genauen Daten hervorgeht, die bacteriologische Prüfung seiner Erdproben fast niemals der Entnahme sogleich hat folgen lassen, sondern meist erst nach Tagen, zuweilen selbst erst nach Wochen ausgeführt hat.

Was mich ferner veranlasst, die Angaben Beumer's wie die Maggiora's nur mit Reserve aufzunehmen, ist die Thatsache, dass beide zu Resultaten kommen, welche theilweise in recht erheblichem Widerspruch zu denjenigen stehen, welche sich bei meinen Untersuchungen ergeben haben. Es ist freilich wahr, dass die Zahl meiner Beobachtungen keineswegs gross genug ist, um eine Verallgemeinerung ohne Weiteres zuzulassen, und es liegt mir fern, ihre unbedingte Giltigkeit etwa in der Weise zu betonen, dass ich alle entgegenstehenden Angaben a priori zurückweisen wollte. Es ist im Gegentheil mehr wie wahrscheinlich, dass die Verhältnisse im Boden keine gleichförmigen sind, dass von Fall zu Fall recht bedeutende Unterschiede Statt haben können und man sich deshalb besonders davor zu hüten hat, aus einzelnen Beobachtungen allzu weitgehende Schlüsse zu ziehen.

Dass die Beschaffung brauchbaren Materials für eine bacteriologische Bodenuntersuchung nicht ohne Schwierigkeiten ist, geht aus den oben mitgetheilten Bemerkungen über diesen Punkt wohl ohne Weiteres hervor.

Auch schon durch äussere Umstände war ich in der Auswahl der Erdproben etwas beschränkt, denn die Gelegenheit, unter Beobachtung aller Vorsichtsmaassregeln eine Bohrung bis zu 3 oder 4^m Tiefe ausführen zu können, bietet sich nicht allzuhäufig dar. Da es mir darauf ankam, zuerst einmal die natürlichen Verhältnisse des Bodens näher zu studiren, so suchte ich vor allen Dingen solche Stellen auf, welche mir ein von Menschenhand wenig verändertes, unberührtes „jungfräuliches“ Terrain zur Verfügung stellten. In hygienischer Hinsicht wäre freilich gerade umgekehrt eine genaue Erforschung derjenigen Erdpartien besonders erwünscht und interessant, welche den Untergrund unserer Häuser bilden und unserer unmittelbaren Umgebung angehören, auf der wir leben und wohnen; aber ich befürchtete, hierbei von vorneherein auf so verwickelte und complicirte Bedingungen zu stossen und namentlich in einer grossen Stadt, wo der Mensch seit Jahrhunderten den Boden nach allen Richtungen hin umzuwühlen und aus seiner natürlichen Beschaffenheit zu bringen bestrebt ist, so wenig einwandfreie Ergebnisse zu erhalten, dass ich mich zunächst auf einfachere Verhältnisse zu beschränken vorzog.

Meine bacteriologischen Bodenuntersuchungen erstrecken sich deshalb zum grösseren Theil auf unbewohnte und unbebaute Stellen, die sich zum Theil sogar ausser landwirthschaftlicher Cultur befanden und seit langen Jahren völlig unberührt geblieben waren. Die Mehrzahl meiner Proben (16 einzelne Untersuchungen) stammt von dem Terrain des kgl. Pfingstberges bei Potsdam, welches mir durch die freundliche Vermittelung des Herrn Dr. Nietner zugänglich geworden war. Es handelt sich hier um einen Boden, der fast vollständig aus diluvialen Sande besteht und nur bis zur Tiefe von etwa $\frac{3}{4}$ ^m mehr oder minder starke humöse Beimengungen zeigt. Der Boden ist niemals mit Baulichkeiten etc. besetzt oder sonst erheblich verändert worden; bis vor etwa 30 Jahren diente er den Zwecken der Obstcultur und ist auch heute noch mit zahlreichen Obstbäumen bestanden; die Oberfläche ist mit einer mässig dichten Grasnarbe bedeckt. Das Gebiet, auf welchem die Bohrungen ausgeführt wurden, erstreckte sich etwa von der halben Höhe des Pfingstberges nach abwärts bis zum Niveau der hier vorübergehenden Strasse.

Die oberflächlichen Schichten bis zur Tiefe von 75^{cm} bestanden, wie schon erwähnt, in der Regel aus einem Gemisch mittelfeinkörnigen Sandes und mässig reichlicher Mengen von Humus. Gewöhnlich von trockener Beschaffenheit zeigte sich doch in einigen Fällen in den oberflächlichen Theilen bis zur Tiefe von etwa 15^{cm} eine erheblich stärkere Durchfeuchtung als Folge unmittelbar vorhergegangener atmosphärischer Niederschläge. Die mittleren Schichten wurden ausnahmslos durch einen fein-

körnigen, gelbweissen, trockenen Sand ohne jede weitere Beimengung gebildet. Dieses Verhalten änderte sich auch in den Proben aus grösserer Tiefe, aus 4 und $4\frac{1}{2}$ m nicht, wenn dieselben von den höher gelegenen Theilen des Pfingstberges entnommen waren; handelte es sich dagegen um jene Partien des Untersuchungsterrains, welche nach der Strasse hin, im Niveau der weiteren Umgebung lagen, so gelangte man mit $3\frac{1}{2}$ bis 4 m Tiefe schon in die von Hofmann so benannte „Zone des capillaren Grundwasserstandes“, welche sich im Zustande der vollen oder grössten Wassercapazität befindet und zu drei verschiedenen Malen — in den Monaten April und Mai — war mit $4\frac{1}{2}$ m schon das Grundwasser selbst erreicht, d. h. die gewonnenen Proben kamen völlig nass zu Tage.

Die Bohrungen wurden gewöhnlich so ausgeführt, das von $\frac{1}{2}$ zu $\frac{1}{2}$ m Proben ausgehoben und in die sterilen Glasgefässe übertragen wurden. Nur in den oberflächlichen Schichten, bis zu $1\frac{1}{2}$ m, wo die stufenweisen Unterschiede des Keimgehalts sich als grössere herausstellten, wurde zuweilen schon von 25 zu 25 cm entnommen und somit bis zu einer Tiefe von $4\frac{1}{2}$ m dann jedesmal 13 einzelne Proben erhalten.

Ganz in der gleichen Weise wurden dann auch 3 Bohrungen im Grunewald nahe dem Halensee, 4 nördlich von Berlin, in der Nähe der Jungfernhaide und 2 auf einem ebenfalls im Norden der Stadt gelegenen, zum Theil noch unbenutzten Kirchhof angestellt. Die ersteren 7 gingen bis zu 4 m, die letzteren beiden nur bis zu 2 m und zu $2\frac{1}{2}$ m Tiefe. Auch hier handelte es sich durchgehends um einen jungfräulichen Boden, mittelfeinen Sandboden, der oberflächliche humöse Beimengungen zeigte; die Zone des capillaren Grundwasserstandes wurde zweimal, der Grundwasserspiegel selbst nicht erreicht.

Möglichst unmittelbar nach der Entnahme, höchstens $2\frac{1}{2}$ Stunden nach derselben (bei den Proben aus Potsdam) wurde dann im Laboratorium die Untersuchung angeschlossen und zwar natürlich ganz in der oben ausführlich angegebenen Weise.

Meist begnügte ich mich nicht damit, allein den Keimgehalt der verschiedenen Erdschichten zu ermitteln; um vielmehr auch einen wenigstens annähernden Aufschluss über die Art und den Entwicklungszustand der Mikroorganismen zu gewinnen, wie sie sich im Boden vorfinden, erhitzte ich jedesmal eine Reihe von Gelatineröhrchen, welche die zu untersuchende Erdprobe bereits enthielten, im Wasserbade eine Stunde lang auf 80°. Es ist dann mit Sicherheit anzunehmen, dass nur noch die Dauerformen der Stäbchenbakterien oder die Sporen der Schimmelpilze lebend und entwicklungsfähig geblieben sind, und die Anzahl der später hier entstehenden Colonieen im Vergleich mit denjenigen in den nicht erhitzten Röhren gibt uns einen oberflächlichen Ueberblick über das

gegenseitige Verhältniss der in Sporenform und der nicht in Sporenform im Boden vorhandenen Keime. Ausserdem wurde häufig, besonders in den Proben aus grösserer Tiefe, nach der oben (S. 531) angegebenen Methode eine Untersuchung auf die Menge der vorhandenen Anaëroben ausgeführt und die hierbei erhaltenen Resultate gleichfalls berücksichtigt.

Die so ermittelten Ergebnisse mögen nun zunächst hier im Zusammenhange folgen:

Boden aus der Umgebung von Potsdam (Pfungstberg).

1. vom 24. April 1886:

2. vom 1. Mai 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1 ^{ccm} etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben	Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1 ^{ccm} etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	verflüssigt	—	620	Oberfläche	3200	160000	1200
25 cm	verflüssigt	—	940	1/2 m	2600	130000	1080
1/2 m	1380	70000	860	1 m	16	800	20
75 cm	480	25000	230	1 1/2 m	12	600	10
1 m	20	1000	6	2 m	6	300	2
1 1/2 m	4	200	0	2 1/2 m	20	1000	10
2 m	0	—	0	3 m	120	6000	60
2 1/2 m	5	250	0	3 1/2 m	12	600	0
3 m	0	—	0				
3 1/2 m	0	—	0				
4 m	0	—	0				
4 1/2 m	2	100	0				
5 m (Grundwasser!)	0	—	0				

3. vom 27. Mai 1886:

4. vom 30. Mai 1886:

Oberfläche	3150 (Regen)	150000	Oberfläche	3200	160000	1120
1/2 m	4000	200000	1/2 m	3600	180000	900
1 m	40	2000	1 m	190	9500	120
1 1/2 m	320	15000	1 1/2 m	120	6000	96
2 m	40	2000	2 m	30	1500	20
2 1/2 m	10	500	2 1/2 m	0	—	0
3 m	60	3000	3 m	0	—	0
3 1/2 m	0	—	3 1/2 m	12	600	0
4 m	0	—	4 m	16	800	3
4 1/2 m (Grundwasser!)	2	100	4 1/2 m	12	600	0
5 m (Grundwasser!)	12	600				

5. vom 12. Juni 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1 ^{cem} etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	2200	110000	1200
$\frac{1}{2}$ m	1630	90000	1200
1 m	40	2000	22
$1\frac{1}{2}$ m	40	2000	3
2 m	12	600	0
$2\frac{1}{2}$ m	14	700	0
3 m	2	100	1
$3\frac{1}{2}$ m	16	800	9
4 m	3	150	0
$4\frac{1}{2}$ m	4	200	2

6. vom 15. Juni 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1 ^{cem} etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	2800	140000	123
$\frac{1}{2}$ m	verflüssigt	—	620
1 m	2900	145000	verflüss.
$1\frac{1}{2}$ m	1900	95000	1380
2 m	20	1000	14
$2\frac{1}{2}$ m	10	500	20
3 m	0	—	0
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	0
4 m	14	700	3
$4\frac{1}{2}$ m	0	—	0
5 m	3	150	0
	2	100	0
	0	—	0

7. vom 9. Juli 1886:

Oberfläche	verflüssigt	—	1170
$\frac{1}{2}$ m	verflüssigt	—	260
1 m	86	4300	6
$1\frac{1}{2}$ m	8	400	0
2 m	6	300	0
$2\frac{1}{2}$ m	0	—	0
3 m	0	—	0
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	0
4 m	6	300	0

8. vom 14. August 1886:

Oberfläche	6000	300000	260
(Regen)			
$\frac{1}{2}$ m	4800	240000	420
1 m	840	42000	300
$1\frac{1}{2}$ m	1600	80000	800
2 m	10	500	0
$2\frac{1}{2}$ m	8	400	2
3 m	2	100	0
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	0
4 m	0	—	0
$4\frac{1}{2}$ m	8	400	0

9. vom 16. August 1886:

Oberfläche	5300	150000	verflüss.
25 cm	2100	100000	1320
50 cm	verflüssigt	—	verflüss.
75 cm	4900	145000	2000
1 m	30	1500	12
$1\frac{1}{4}$ m	14	700	12
$1\frac{1}{2}$ m	26	1300	16
2 m	4	200	2
$2\frac{1}{2}$ m	0	—	0
3 m	0	—	0
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	0
4 m	0	—	0
$4\frac{1}{2}$ m	2	100	0
5 m	0	—	—

10. 4. September 1886:

Oberfläche	1980	95000	620
25 cm	2400	120000	480
50 cm	1320	65000	920
75 cm	60	3000	14
1 m	12	600	12
$1\frac{1}{4}$ m	0	—	0
$1\frac{1}{2}$ m	14	700	8
2 m	0	—	0
$2\frac{1}{2}$ m	0	—	0
3 m	3	150	0
$3\frac{1}{2}$ m	2	100	0
4 m	0	—	0
$4\frac{1}{2}$ m	0	—	0

ÜBER MIKROORGANISMEN IN VERSCHIEDENEN BODENSCHICHTEN. 557

11. vom 16. September 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	900	45000	840
25 cm	700	35000	500
50 cm	900	45000	230
75 cm	560	28000	186
1 m	4	200	2
1 1/4 m	16	800	0
1 1/2 m	0	—	0
2 m	0	—	0
2 1/2 m	3	150	0
3 m	0	—	0
3 1/2 m	0	—	0
4 m	0	—	0
4 1/2 m	0	—	0

12. vom 2. October 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche (Regen)	2600	130000	
1/2 m	2100	100000	
1 m	830	40000	
1 1/2 m	12	600	
2 m	14	700	
2 1/2 m	30	150	
3 m	0	—	
3 1/2 m	28	1400	
4 m	12	600	
4 1/2 m	0	—	

13. vom 3. November 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	1120	55000	60
25 cm	640	32000	30
50 cm	1540	75000	zerbrochen
75 cm	160	8000	12
1 m	140	7000	60
1 1/4 m	60	3000	0
1 1/2 m	4	200	0
2 m	2	100	0
2 1/2 m	0	—	0
3 m	30	1500	0
3 1/2 m	1	50	0
4 m	0	—	0
4 1/2 m	0	—	0

14. vom 5. November 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	1860	90000	
1/2 m	2100	65000	
1 m	780	39000	
1 1/2 m	24	1200	
2 m	13	650	
2 1/2 m	0	—	
3 m	26	1300	
3 1/2 m	4	200	
4 m	2	100	
4 1/2 m	0	—	

15. vom 9. November 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	1820	90000	
1/2 m	1430	70000	
1 m	26	1300	
1 1/2 m	14	700	
2 m	0	—	
2 1/2 m	38	1900	
3 m	12	600	
3 1/2 m	19	950	
4 m	3	150	
4 1/2 m	0	—	
5 m	6	300	

16. vom 16. März 1887:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	1680	80000	160
1/2 m	1750	85000	1260
1 m	60	3000	2
1 1/2 m	6	300	0
2 m	4	200	0
2 1/2 m	3	150	0
3 m	2	100	0
3 1/2 m	14	700	0
4 m	0	—	0
4 1/2 m	3	150	0
5 m (Grundwasser!)	0	—	0

Boden aus dem Grunewald westlich von Berlin.

1. vom 12. April 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	1320	65000	630
$\frac{1}{2}$ m	1560	75000	verfl.
1 m	820	40000	720
$1\frac{1}{2}$ m	12	600	6
2 m	10	500	4
$2\frac{1}{2}$ m	14	700	12
3 m	0	—	0
$3\frac{1}{2}$ m	4	200	0
4 m	3	150	1
$4\frac{1}{2}$ m	0	—	0

2. vom 14. Mai 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	verflüssigt	115000	680
$\frac{1}{2}$ m	2300	—	420
1 m	60	3000	10
$1\frac{1}{2}$ m	0	—	0
2 m	0	—	0
$2\frac{1}{2}$ m	22	1000	0
3 m	0	—	0
$3\frac{1}{2}$ m	4	200	0
4 m	3	150	0
$4\frac{1}{2}$ m	0	—	0

3. vom 19. August 1886:

Oberfläche	1950	100000	980
$\frac{1}{2}$ m	verflüssigt	—	900
1 m	560	28000	280
$1\frac{1}{2}$ m	10	500	5
2 m	28	1400	14
$2\frac{1}{2}$ m	13	650	6
3 m	12	600	5
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	0
4 m	0	—	0
$4\frac{1}{2}$ m	4	200	0

Boden vom Philipp-Apostel-Kirchhof.

1. vom 13. Juni 1886:

Oberfläche	5600	280000
25 cm	3200	160000
50 cm	90	4500
1 m	70	3500
$1\frac{1}{2}$ m	65	1800
2 m	14	700

Boden vom Philipp-Apostel-Kirchhof. Boden aus dem Grunewald nördlich von Berlin.

2. vom 18. Juni 1886:

Oberfläche	7200	350000
25 cm	9200	450000
50 cm	40	2000
1 m	0	—
$1\frac{1}{2}$ m	14	700
2 m	10	500
$2\frac{1}{2}$ m	4	200

1. vom 18. Juli 1886:

Oberfläche	4200	200000	2400
(Regen)			
$\frac{1}{2}$ m	4500	220000	verfl.
1 m	60	3000	0
$1\frac{1}{2}$ m	12	600	4
2 m	0	—	0
$2\frac{1}{2}$ m	0	—	0
3 m	4	200	0
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	0
4 m	6	300	0

Boden aus dem Grunewald nördlich von Berlin.

2. vom 26. Juli 1886:

3. vom 14. August 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben	Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	verflüssigt	—	930	Oberfläche	3200	150000	
$\frac{1}{2}$ m	1890	90000	verfl.	$\frac{1}{2}$ m	verflüssigt	—	
1 m	930	45000	280	1 m	42	2000	
$1\frac{1}{2}$ m	40	2000	20	$1\frac{1}{2}$ m	16	800	
2 m	0	—	0	2 m	4	200	
$2\frac{1}{2}$ m	22	1000	0	$2\frac{1}{2}$ m	3	150	
3 m	0	—	0	3 m	1	50	
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	0	$3\frac{1}{2}$ m	0	—	
4 m	16	8000	2	4 m	2	100	
$4\frac{1}{2}$ m	0	—	0	$4\frac{1}{2}$ m	6	300	

4. vom 23. September 1886:

Tiefe	Zahl der gefundenen Colonieen	Menge der in 1ccm etwa vorhandenen Keime	Col. i. d. auf 80° erhitzten Proben
Oberfläche	1680	80000	1200
$\frac{1}{2}$ m	3200	150000	830
1 m	190	9500	42
$1\frac{1}{2}$ m	60	3000	14
2 m	2	100	0
$2\frac{1}{2}$ m	4	200	0
3 m	0	—	0
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	0
4 m	2	100	0
$4\frac{1}{2}$ m	0	—	0

Einer genaueren Betrachtung dieser Versuchsergebnisse möge die nochmalige Bemerkung vorangehen, dass die hier gefundenen Resultate zunächst keinen Anspruch auf allgemeinere Giltigkeit erheben. Einmal handelt es sich durchgehends nur um eine ganz bestimmte Art von Boden, um möglichst unverändertes, von Menschenhand unberührtes, jungfräuliches Erdreich, und abweichende Verhältnisse sind in keiner Weise berücksichtigt. Aber auch abgesehen hiervon sind die mitgetheilten Ergebnisse durchaus nicht zahlreich genug, um von vorneherein die Vermuthung zu widerlegen, dass doch selbst auf diesem beschränkteren Gebiete von Fall zu Fall noch sehr wesentliche Verschiedenheiten Statt haben könnten. Die folgenden Erörterungen beziehen sich deshalb zunächst nur

auf die vorliegenden Thatsachen und es muss Sache weiterer Versuche sein, die Grenzen ihrer Bedeutung festzustellen.

Zwei Punkte sind es, welche aus der Reihe der angeführten Zahlen mit grosser Deutlichkeit hervortreten. Erstens der Reichthum der oberflächlichen Theile auch dieses unbedüngten, nicht mit Abwässern oder überhaupt mit den Abfallstoffen menschlichen oder thierischen Lebens in unmittelbare Berührung gekommenen Bodens an Mikroorganismen, und zweitens die rapide Abnahme des Bacteriengehaltes in den tieferen Erdschichten, die sich als keimarm, stellenweise sogar als völlig keimfrei erweisen.

Man darf die oberflächlicheren Schichten des hier untersuchten Bodens gewiss als bacterienreich bezeichnen. Die Menge der Erde, welche in jedem einzelnen Falle verwendet wurde, betrug, wie schon oben bemerkt, etwa $\frac{1}{50}$ ^{ccm}; es ergibt sich danach, dass die oberflächlichen Lagen des untersuchten Bodens bis zu 350,000 Keime im Cubikcentimeter enthielten, gewöhnlich deren etwa 100,000 aufwiesen und unter 50,000 überhaupt nur einmal herabsanken. Es sind dies Zahlen, welche ein beliebiges Wasser schon als sehr stark verunreinigt erscheinen lassen würden. Bemerkenswerth ist die Thatsache, dass sich die Hauptmenge der Mikroorganismen gewöhnlich nicht unmittelbar auf der Oberfläche selbst fand, sondern meist in $\frac{1}{4}$ m, häufig auch erst in $\frac{1}{2}$ m Tiefe angetroffen wurde. Was den Einfluss der Jahreszeit oder der wechselnden Witterung innerhalb kürzerer Fristen angeht, so zeigten die im Laufe fast eines Jahres ziemlich regelmässig auf einem Terrain entnommenen Proben, dessen einzelne Theile unter gleichen atmosphärischen und meteorologischen Bedingungen stehen (Pfungstberg), im Sommer deutlich grössere Mengen von Keimen als im Winter und gaben die höchsten Zahlen im Juli und August, auch schienen sie nach stärkeren Niederschlägen bacterienreicher zu sein als in Zeiten vollkommener Trockenheit.

Die Art der oberflächlichen Bedeckung des Bodens ist wohl ohne erheblichere Bedeutung: wenigstens enthielt der mit Gras bekleidete Boden des Pfingstberges etwa ebenso viele Mikroorganismen wie der mit Unterholz bestandene Boden aus dem Grunewald oder der fast vegetationslose Boden vom Philipp-Apostel-Kirchhofe.

Sehr wechselnd gestaltete sich das Verhältniss der in den oberflächlichen Schichten vorhandenen Bacteriensporen zu den nicht in Dauerform vorkommenden Mikroorganismen. Bald machten die ersteren mehr als die Hälfte aller überhaupt nachgewiesenen Keime aus, bald befanden sie sich in verschwindender Minderheit.

Die Untersuchung auf Anaëroben führte zu wenig brauchbaren Resultaten. Meist liess sich in den ersten 2 bis 3 mal 24 Stunden ein

deutliches Wachsthum von Colonieen in den tieferen Theilen der Gelatine überhaupt nicht wahrnehmen, nach etwa 5 bis 6 Tagen aber machte sich von den an der Oberfläche des Nährbodens zur Entwicklung gekommenen aëroben Colonieen eine so umfangreiche Verflüssigung der Gelatine geltend, dass die weitere Beobachtung unmöglich wurde.

Das Auftreten solcher, die Gelatine verflüssigender Arten war in diesen den höheren Bodenschichten entnommenen Proben fast regelmässig ein sehr reichliches. Die Zählung der Colonieen in den Röhrchen musste deshalb stets nach 2 mal 24 Stunden Statt finden, und zuweilen war selbst innerhalb dieser kurzen Zeit der Nährboden schon vollständig erweicht.

Besondere Aufmerksamkeit wurde in jedem Falle auf eine Isolirung und Reinzüchtung der verschiedenen hier auftretenden Arten von Mikroorganismen verwendet. Dieselben wurden mit Hülfe der gebräuchlichen Untersuchungsmethoden des eingehenderen studirt und namentlich auch durch das Thierexperiment ihre eventuellen pathogenen Eigenschaften festgestellt. Es ergab sich hierbei, dass die weitaus grössere Mehrzahl der in den oberflächlichen Bodenschichten hausenden Mikroorganismen zu den Bacterien gehört, dass daneben aber auch Schimmelpilze nicht selten und Sprosspilze in Ausnahmefällen anzutreffen sind. Unter den Bacterien finden sich einige Arten fast regelmässig vor, so der Heubacillus, der wurzelförmige Bacillus und eine wegen des eigenthümlichen Aussehens ihrer Colonieen auf der Platte von uns als Hirnbacillus bezeichnete Art. Bacillen sind weitaus zahlreicher als Mikrokokken, Spirillen wurden überhaupt nicht beobachtet. Wenn ich im Uebrigen auf eine genauere Beschreibung der etwa 40 so isolirten Bacterien nicht eingehe, so geschieht dies schon deshalb, weil sich unter denselben trotz wiederholter, mannigfach variirter Versuche pathogene Arten nicht haben nachweisen lassen und selbst die sonst so häufig im oberflächlichen Erdreich vorkommenden Bacillen des malignen Oedems jedesmal zu fehlen schienen.

Sind dies im Wesentlichen die Verhältnisse, welche bei der bacteriologischen Untersuchung der oberflächlicheren Schichten hervortreten, so werden wir vor völlig andere Thatsachen gestellt, sobald wir uns den tieferen Theilen desselben Bodens zuwenden. Die eben noch so reiche Menge von Mikroorganismen verschwindet bis zum völligen Fehlen, und diese Abnahme ist in der Regel keine allmähliche, von Stufe zu Stufe weiter fortschreitende, sondern eine geradezu plötzliche und fast unvermittelte. In wechselnder Tiefe, meist in etwa $1\frac{1}{4}$ m, häufig auch schon in 1 m, seltener in $\frac{3}{4}$ m oder erst in $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ m wird der Bacterien gehalt des Bodens mit einem Schlage um das Hundertfache oder mehr noch verringert; Sprünge von 4000 in $\frac{1}{2}$ auf 40 in 1 m, von 5600 in $\frac{3}{4}$ m

auf 4 in 1^m d. h. also im Cubikcentimeter von 200,000 auf 2000, von 250,000 auf 200 u. s. f. gehören nicht zu den Ausnahmen und schon in 1½^m Tiefe kann sich der Boden als völlig keimfrei erweisen.

Dieses letztere Verhältniss, das absolute Fehlen von Keimen, bestand, worauf ich besonders aufmerksam machen möchte, auch in den Proben aus dem eigentlichen Grundwassergebiet (aus 4½^m und 5^m Tiefe) und auch in den darüber befindlichen Schichten aus der Zone des capillaren Grundwasserstandes waren nur einige wenige Mikroorganismen vorhanden.

Meist freilich enthalten auch die tieferen Schichten noch geringfügige Mengen von Mikroorganismen: in 3^m können sich noch 60 Keime (3000 in 1^{ccm}), ein anderes Mal selbst in 4^m noch 12 Keime (600 in 1^{ccm}) vorfinden. Aber abgesehen davon, dass diese Zahlen doch mehr wie erheblich hinter den Resultaten aus den höheren Schichten zurückstehen, wurden sie gewöhnlich auch auf etwas andere Weise ermittelt als jene. Wir sahen vorhin, dass bei der Untersuchung der Proben von der Oberfläche hauptsächlich jene die Gelatine rasch und umfangreich verflüssigenden Arten hervortraten, welche eine möglichst schleunige Zählung der Colonieen und Beurtheilung der Platten nöthig machten. Langsamer wachsende Arten, deren Keime vielleicht auch in dem Aussaatmaterial mit enthalten waren, fanden keine Zeit und Gelegenheit, sich zu entwickeln und gingen deshalb für die Beobachtung verloren. Anders bei den Röhrchen aus den tieferen Bodenpartien. Hier war nach den ersten 2 mal 24 Stunden gewöhnlich nur die eine oder andere Colonie schon zum Wachsthum gelangt, und meist vergingen viele Tage, selbst Wochen, ehe sich die ganze Zahl der oben in den Tabellen angeführten Colonieen ausgebildet hatte.

Es ist uns das Vorkommen derartiger spät entstehender Colonieen überhaupt erst seit der Anwendung des Esmarch'schen Verfahrens bekannt geworden, welches die Aufbewahrung der „Rollplatten“ über lange Zeit gestattet. Bisher kam man namentlich da in die Lage, solche Nachzügler zu beobachten, wo irgend ein Desinfectionsmittel die in der zu desinficirenden Masse enthaltenen Keime nicht sämmtlich vernichtet, vielmehr einige noch am Leben gelassen hatte. Doch waren auch diese Keime dann unter dem Einflusse des Desinfectiens in ihrer Lebens- und Wachstumsenergie wohl so weit geschwächt worden, dass sie nicht mit dem sonstigen Eifer an ihre Fortpflanzung gehen konnten und deshalb auch zur Erzeugung von Colonieen unverhältnissmässig lange Zeit gebrauchen mussten. Die Annahme ist erlaubt, dass es sich hier um etwas ähnliches handelt, und wir können uns bei dieser Gelegenheit daran erinnern, dass auch der vorhin ausführlich untersuchte Vorgang der nachträglichen

Keimvermehrung in den Proben aus grösserer Tiefe die Vermuthung nahe legte, dass die Keime in eben diesen tieferen Schichten zuvor nicht in den besten Verhältnissen gelebt haben.

Wie dem auch sein möge, sicherlich geht aus den mitgetheilten Angaben die Thatsache mit genügender Deutlichkeit hervor, dass die oberflächlichen Bodenschichten durch eine Grenzlinie, welche in wechselnder Höhe, zwischen $\frac{3}{4}$ und $1\frac{1}{2}$ m liegt, scharf geschieden werden von den tieferen Theilen; dass während die ersteren sich regelmässig durch einen grossen Gehalt an Mikroorganismen auszeichnen, die letzteren fast mit einem Schlage so arm an Keimen werden, dass von einer weiteren allmählichen Abnahme gar nicht mehr die Rede sein kann. Auch ein abermaliges Anwachsen der Keime nach dem Gebiete des Grundwassers hin, wie man es vielleicht vermuthen könnte, hat sich nicht nachweisen lassen, vielmehr haben sich diese Regionen gleichfalls als keimarm oder selbst als völlig keimfrei herausgestellt.

Irgendwelcher Einfluss der Jahreszeit, der verschiedenen Bedeckung der Bodenoberfläche u. s. f. auf den Gehalt der tieferen Schichten an Mikroorganismen war nicht zu erkennen, dieselben zeigten sich unter allen Umständen gleichmässig bacterienarm. Es ist dies einigermassen auffallend im Hinblick auf die wechselnde Höhe der Bodentemperatur.¹ Dieselbe schwankt beispielsweise in $1\frac{1}{2}$ m zwischen etwa 3.5° im März und 14° im August und September oder in 3 m Tiefe zwischen 8° im März und April und 12 bis 13° im September und October; trotzdem aber haben die während dieser Monate aus den oben angegebenen Tiefen entnommenen Proben nachweisbare Unterschiede ihres Bacteriengehaltes nicht erkennen lassen. Sehr ungleich gestaltete sich auch in diesen tieferen Bodenschichten das Verhältniss der darin enthaltenen Bacteriensporen zu den nicht in Dauerform vorhandenen Mikroorganismen; gewöhnlich allerdings wurde durch das Erhitzen die ganze Anzahl der überhaupt vorhandenen Keime vernichtet.

Besonders bemerkenswerth ist es, dass die Untersuchung auf anaërobe Arten so gut wie gar keine Resultate gab; meist blieben die hierbei verwendeten Röhrchen völlig steril; die wenigen in dem Aussaatmaterial enthaltenen aëroben Keime konnten sich unter der luftabschliessenden Gelatinedecke nicht entwickeln und anaërobe Keime waren in den tieferen Schichten augenscheinlich überhaupt nicht vorhanden — eine Thatsache, die mit vielen bisherigen Anschauungen im Widerspruche steht.²

¹ *Festschrift der Stadt Berlin*. S. 39.

² Duclaux, *Ann. de l'institut Pasteur*. No. IV.

Was die Art der gewöhnlich gediehenen Mikroorganismen angeht, so zeigten sich vielfach selbst in einer Tiefe von 4 und $4\frac{1}{2}$ m noch vereinzelte Vertreter jener drei in den oberflächlichen Schichten besonders zahlreich vorkommenden Bacillenspecies, des Heubacillus, des wurzelf. Bacillus, besonders auch des Hirnbacillus. Auch andere Stäbchenbakterien, im ganzen 11 rein gezüchtete Arten, liessen sich nachweisen, Mikrokokken wurden nur 4 mal gefunden, Spirillen fehlten auch hier gänzlich. In reichlicherer Menge aber als alle diese verschiedenen Bakterienarten zusammen traten Schimmelpilze auf und unter diesen wieder mit ganz besonderer Regelmässigkeit und Häufigkeit ein Fadenpilz, der schon vor Jahren von Hesse bei Gelegenheit seiner Luftuntersuchungen gefunden worden ist und seit dieser Zeit in unserem Laboratorium unter dem Namen „brauner Schimmelpilz. Hesse“ in Reincultur fortgeführt wird. Derselbe kam in mehr als 75% aller derjenigen Fälle zur Entwicklung, in welchen aus diesen Proben tieferer Bodenschichten irgendwelche Colonieen von Mikroorganismen gediehen und liess sich sowohl in der Erde aus der Umgebung von Potsdam, wie aus dem Grunewald etc. nachweisen. Regelmässig etwa 5 bis 6 Tage nach der Aussaat begannen die intensiv braun gefärbten, den Nährboden langsam verflüssigenden Colonieen dieses Pilzes sich geltend zu machen und nicht eben selten gelangten überhaupt keine anderen Colonieen zum Wachsthum. Pathogene Arten haben sich auch in den tieferen Schichten nicht nachweisen lassen.

Fassen wir die Resultate, welche sich aus den vorliegenden Untersuchungen ergeben haben, noch einmal kurz zusammen, so hat sich also feststellen lassen, dass die oberen Schichten auch eines jungfräulichen, unberührten Erdbodens bis zu einer wechselnden, meist zwischen $\frac{3}{4}$ und $1\frac{1}{2}$ m liegenden Tiefe durchsetzt von Mikroorganismen der verschiedensten Art sind, dass aber an der genannten Grenze eine ebenso plötzliche als umfangreiche Abnahme des Bacteriengehaltes eintritt und die tieferen Bodentheile, selbst die dem Grundwassergebiete angehörenden Schichten keimarm oder sogar keimfrei erscheinen, weder aërobe noch anaërobe Bakterien beherbergen.

Es ist von vornherein nicht zu erwarten, dass ebenso einfache und eindeutige Ergebnisse auch bei der Untersuchung solcher Stellen zu Tage treten werden, welche nicht einem jungfräulichen Gebiete angehören, sondern in mehr oder minder unmittelbaren Beziehungen zu den Aeusserungen der menschlichen Thätigkeit stehen und sich im Bereiche des bebauten und bewohnten Bodens befinden. Die Veränderung der natürlichen und ursprünglichen Verhältnisse wird hier fast allerorten eine so umfangreiche und eingreifende sein, dass auch die Resultate dem

entsprechend andere werden und häufig sogar das Gegentheil des normalen Befundes ergeben können. Wir haben gesehen, dass die oberflächlichen Theile des Bodens unter allen Umständen wechselnde Mengen von Dauerformen der Bacterien enthalten, und wenn eben diese Schichten einmal in die Tiefe verlagert werden, wenn durch die Hand des Menschen in Wahrheit das oberste zu unterste gekehrt wird, so liegt kein Grund gegen die Annahme vor, dass die Sporen eine derartige Veränderung nicht selbst längere Zeit überstehen sollten.

Wenn die folgenden Untersuchungen bewohnten Terrains trotzdem zu Ergebnissen geführt haben, welche im Wesentlichen durchaus mit denjenigen vom jungfräulichen Boden übereinstimmen, so ist dies gewiss als eine besonders wichtige und bedeutungsvolle gegenseitige Bestätigung dieser Befunde anzusehen. Indessen möchte ich doch auch hier wieder eine vorzeitige Verallgemeinerung der aus diesen Resultaten hervorgehenden Folgerungen vermeiden. Gerade beim bewohnten Boden werden nach Lage der Dinge von Ort zu Ort, von Stelle zu Stelle sehr wesentliche Unterschiede Statt haben können und nur eine sorgfältige Berücksichtigung aller localen Momente im Verein mit einer unmittelbaren Untersuchung ganz einwandfreie Ergebnisse liefern. Besteht zudem in der Tiefe selbst eine Quelle der Verunreinigung, handelt es sich um undichte Senkgruben und Auslässe, um mangelhaft verschlossene Wasserläufe, Brunnen u. s. f., so wird man unter Umständen von dicht neben einander gelegenen Stellen völlig abweichende und widersprechende Resultate erhalten. Wie das Wasser, so wird sich auch der Boden von Fall zu Fall als bacteriologisch sehr verschiedenartig erweisen, zumal da der Boden nicht wie das Wasser ein leicht bewegliches Medium ist, welches sich durch schnellste Vermischung seiner Theile eine möglichst gleichförmige Zusammensetzung zu erhalten sucht, sondern gerade in Hinsicht auf die Mikroorganismen eher mit einem „festen Nährboden“ verglichen werden kann, der eine Ortsveränderung der Keime wenn nicht völlig unmöglich macht, so doch sehr erschwert.

Nur eine grosse Reihe einzelner Untersuchungen wäre deshalb im Stande, diesen oder jenen Punkt als allgemein gültig und regelmässig wiederkehrend zu erweisen, eine Forderung, welcher im Folgenden leider nicht entsprochen wird, da die Zahl meiner Beobachtungen nur eine verhältnissmässig geringfügige ist. Veranlasst wird dieser Mangel hauptsächlich durch die sehr bedeutenden Schwierigkeiten, welche gerade hier der Erlangung brauchbaren Materials im Wege stehen. Nur zum Zwecke der Untersuchung Bohrungen u. s. w. anzustellen, verbietet sich auf bebautem und bewohnten Boden wohl in der Regel ganz von selbst; man ist also darauf angewiesen, sich solche Fälle zu Nutzen zu machen, wo

bei Gelegenheit eines Baues, einer Strassenanlage u. s. f. das Terrain zu anderen Zwecken freigelegt und der Entnahme zugänglich wird. Wir haben aber vorhin gesehen, dass eben hierbei besondere Rücksicht auf die Thatsache der eventuellen Keimvermehrung in den aufgedeckten Erdlagen genommen werden muss und hieraus eine abermalige Beschränkung in der Auswahl des verwendbaren Materials hervorgeht. Derartige Ausschachtungen erreichen ferner in der Regel eine Tiefe von 4^m nicht mehr und überschreiten dieselbe nur in sehr seltenen Fällen, und die Untersuchung der tieferen Schichten muss also unterbleiben. Da man endlich beim Ausheben von Fundamenten u. s. w. meist nicht mit der einem Bacteriologen eigenthümlichen Sorgfalt vorgeht, so ist es häufig durchaus nicht ganz leicht, von einem unter der Hand der Arbeiter befindlichen Terrain zur selben Zeit die Proben in der gehörigen Weise, d. h. so zu entnehmen, dass auch die Vermengung mit anderen Theilen sicher ausgeschlossen ist.

Was die Art und Beschaffenheit der einzelnen untersuchten Bodenproben angeht, so lässt sich eine allgemeine Beschreibung derselben hier nicht geben, dieselbe muss vielmehr jedesmal im einzelnen erfolgen. Das Grundwasser wurde hier nirgendwo erreicht, doch haben verschiedene Ausgrabungen bis in die unmittelbar über dem Grundwasser befindlichen Schichten geführt.

Die Untersuchung fand ganz in der oben beschriebenen Weise Statt, auch die Ermittlung des Sporengehalts der Proben und der Anaërobenmenge geschah mittelst des gleichen Verfahrens.

Die so festgestellten Ergebnisse gestalten sich nun folgendermaassen:

1. Auf dem Terrain eines Neubaus an der Ecke von Wilhelms- und Leipzigerstrasse werden vier Erdproben von der seitlichen Abböschung eines frisch aufgeworfenen Baugrundes aus der Tiefe von 10^{cm}, 50^{cm}, 1^m, 1½^m entnommen. Bis zu 1^m besteht der Boden aus grauer, ziemlich stark verunreinigter Erde, die mit reichen Mengen alten Mörtelwerks und Bauschutt, Resten früher hier befindlicher Baulichkeiten, untermischt ist; in 1^m wird der Boden deutlich sandiger und zeigt sich in 1½^m vorwiegend aus mittelfeinem, grauweissen Kiessand zusammengesetzt. Die betreffende Stelle war seit etwa 120 Jahren von Wohnungegebäuden eingenommen worden.

20./VII. 1885.

Tiefe	Colonieen	In 1 ^{cem}
10 ^{cem}	164	8000
50 ^{cem}	134	6500
1 ^m	900	45000
1½ ^m	70	3500

2. am 26./VII. 85. wurden aus einer bei Gelegenheit des im hygienischen Institutsgebäude stattfindenden Umbaues angelegten Ausschachtung fünf verschiedene Proben entnommen aus den Tiefen von 12, 20, 50 cm, 1 und 2 m. Der Boden ist vor etwa 20 Jahren bei einem früheren Umbau eingetragen worden und besteht fast nur aus Bauschutt und feinem Kiessand.

26./VII. 1885.

Tiefe	Colonieen	In 1 cem
10 cm	7000	350000
20 cm	6300	300000
50 cm	1000	50000
1 m	16	800
2 m	15	750

3. Bei Anlegung einer neuen Strasse im Centrum der Stadt wird der Boden bis zu 3 m Tiefe aufgewühlt. Bis zu 50 cm sehr stark verunreinigte feuchte, schwarze Erde, bis 1½ m grauer, mit Bauschutt durchsetzter Mischboden, in 2 m der gewachsene, weisse, feinkörnige Sand. Die Stelle liegt in dem ältesten Theile der Stadt und gehört seit mehr als 250 Jahren zu dem bewohnten und bebauten Gebiete.

7./VIII. 1885.

Tiefe	Colonieen	In 1 cem
Oberfläche	2000	160000
50 cm	800	40000
1 m	200	10000
2 m	120	6000
3 m	12	600

4. Von einem anderen Theile desselben Baugrundes und zwar von der seitlichen Abböschung nach einem Strassenzuge hin am 8./VIII. andere Proben entnommen (in 2 m auch hier der gewachsene, weisse Sandboden)

Tiefe	Colonieen	In 1 cem
1 m	730	35000
1½ m	1100	50000
2 m	320	15000
2½ m	420	20000
3 m	11	500
3½ m	3	150

5. Im Hofe des hygienischen Instituts (Klosterstr.) wird behufs Einbringung von Bodenthermometern eine Bohrung in die Tiefe von 3½ m geführt; dieselbe bringt zunächst Gartenerde — bis zu ½ m — unreinen Sandboden — bis zu 1½ m — reichlich mit Bauschutt und altem Mauer-

werk untermischtes Material — bis zu $2\frac{1}{2}$ m — und von $2\frac{1}{2}$ m — $3\frac{1}{2}$ m den reinen, weissen Diluvialsand zu Tage.

1./XI. 1885.

Tiefe	Colonieen	In 1 cem
Oberfläche	6000	300000
1 m	20	1000
$1\frac{1}{2}$ m	42	2000
2 m	70	3500
$2\frac{1}{2}$ m	6	300
3 m	26	1000
$3\frac{1}{2}$ m	15	750

6. Neubau Ecke Charlotten- und Jägerstrasse. Bis zu $1\frac{3}{4}$ m alter Bauschutt, von $1\frac{3}{4}$ — $2\frac{1}{2}$ m grauer Sand, in $2\frac{1}{2}$ m reiner, weisser Sandboden.

6./IV. 1886.

Tiefe	Colonieen	In 1 cem	Erhitzt
1 m	2100	100000	1320
$1\frac{1}{2}$ m	2900	180000	verfl.
2 m	1320	65000	620
$2\frac{1}{2}$ m	9400	470000	2980
3 m	680	34000	340
$3\frac{1}{2}$ m	0	—	—

7. Neubau Werderscher Markt. Von der Seitenwand des aufgeworfenen Baugrundes, der hier wegen der schlechten Beschaffenheit des Bodens bis zu 4 m und bis dicht über den Grundwasserstand ausgenommen wurde.

11./XI. 1886.

Tiefe	Colonieen	In 1 cem	Erhitzt
1 m	1630	80000	320
$1\frac{1}{2}$ m	420	20000	12
2 m	980	49000	630
$2\frac{1}{2}$ m	13	650	—
3 m	12	600	4
$3\frac{1}{2}$ m	63	3000	26
4 m	14	900	—

8. Neubau Potsdamerstr. Die Proben stammen von zwei verschiedenen Stellen; ein Theil des hier freigelegten Baugrundes war bisher nicht mit Gebäuden besetzt gewesen, vielmehr als Gartenland benutzt worden. Auf dem anderen Theil befand sich seit etwa 30 Jahren ein zweistöckiges Wohnhaus.

1. Garten.

Tiefe	Colonieen	In 1 ccm	Erhitzt
Oberfläche	9200	450000	1600
$\frac{1}{2}$ m	6200	300000	820
1 m	3200	150000	2700
$1\frac{1}{2}$ m	1630	80000	320
2 m	4200	200000	14
$2\frac{1}{2}$ m	14	700	2
3 m	2	100	0

2. Im Vorderhaus (Wohnhaus).

Tiefe	Colonieen	In 1 ccm	Erhitzt
1 m	620	30000	
$1\frac{1}{2}$ m	14	700	
2 m	1580	75000	
$2\frac{1}{2}$ m	3800	190000	
3 m	162	8000	

Die hier mitgetheilten Beobachtungen entbehren sicherlich der Vollständigkeit und können schon ihrer geringen Anzahl wegen nicht ohne Weiteres Anspruch darauf erheben, allgemeinere Gültigkeit zu erhalten. Trotzdem möchte ich noch mit einigen kurzen Worten auch diese Resultate einer Betrachtung unterwerfen und die Folgerungen erörtern, welche aus denselben unter Umständen entnommen werden können.

Es zeigt sich zunächst, dass wie in den Proben von jungfräulichem Gebiete auch hier ein ausserordentlicher Reichthum der oberflächlichen Bodenschichten an Keimen niederer Organismen besteht. Die Menge der Baeterien ist hier sogar zweifellos eine erheblich grössere als dort und es würde dieses Verhältniss vielleicht noch deutlicher hervortreten, wenn es möglich gewesen wäre, an allen Stellen unmittelbar von der Oberfläche Proben zu erhalten. Ueberall da, wo es sich um Terrain handelt, welches schon früher Baulichkeiten getragen hat, wird dies aber nur ausnahmsweise möglich sein und müssen wir deshalb auf eine genauere Feststellung dieser Thatsache vorläufig verzichten. An und für sich ist es eine Erscheinung, welche kaum der Erklärung bedarf, dass die oberflächlichen Theile eines inmitten des menschlichen Verkehrs gelegenen Bodens hervorragend bacterienreich sind. Mag auch die Fürsorge städtischer Verwaltungen sich bemühen, die grössere Menge der Abfallstoffe u. s. f. möglichst entfernt von dem betreffenden Gemeinwesen zu deponiren und dieselben damit nach Kräften unschädlich zu machen, so bleibt doch noch Material genug zur Verfügung, welches an Ort und Stelle in den Boden einzudringen und diesem einen unendlichen Vorrath von Keimen zuzuführen im Stande ist. In unmittelbarem Zusammenhang hiermit steht es auch, dass man bei dem bebauten Boden ein weiteres Vordringen der Baeterien in die tieferen Schichten wahrzunehmen vermag als beim jungfräulichen Boden und dass entsprechend der reichlicheren Anhäufung des Materials in den oberen Partien die Abnahme der Keime hier keine so entschiedene ist wie dort.

Aber die Hauptsache ist doch, dass eben diese Abnahme trotz alledem auch hier mit voller Deutlichkeit zu Tage tritt. Während die Proben aus den oberen Lagen Millionen von Keimen beherbergen, geht einige Male schon von 1 m, häufig freilich auch erst von 1½ m oder 2 m Tiefe an, diese Menge in grossen Sprüngen zurück und es kann schliesslich sogar zum vollständigen Verschwinden der Mikroorganismen kommen.

Da wo Ausnahmen von dieser Regel Statt zu haben scheinen, mag nochmals daran erinnert werden, wie wenig zuverlässig nach Lage der Dinge in vielen der angeführten Fälle das Verfahren sein musste, welches uns in den Besitz der Proben brachte. Bald lag der Baugrund doch schon etwas längere Zeit dem Zutritt der atmosphärischen Luft offen, bald war es gar nicht zu vermeiden, dass bei der Entnahme auch Theile benachbarter Schichten mit in das Untersuchungsmaterial gelangten. Um so bemerkenswerther ist es, dass trotz dieser Mängel sich die Thatsache der Keimabnahme mit aller Sicherheit hat feststellen lassen; auch in dem Falle, welchem die Proben aus den Schichten dicht oberhalb des Grundwassers entstammen, war dieser entschiedene Rückgang des Bacteriengehaltes nachzuweisen, und im Wesentlichen stimmen deshalb die Ergebnisse der Untersuchungen am bebauten oder bewohnten Boden mit denen vom jungfräulichen Erdreich vollständig überein; auch hier Reichthum der oberflächlicheren Schichten an Mikroorganismen verschiedener Art, deutliche Abnahme der Bakterien nach der Tiefe (einschliesslich des Grundwassergebiets) bis zum völligen Verschwinden der Keime.

Was die Art der gefundenen Mikroorganismen angeht, so wurden in den höheren Lagen ausserordentlich viel verflüssigende Bakterien (meist Bacillen) angetroffen, ausserdem eine nicht unbeträchtliche Menge von Schimmelpilzen und vereinzelte Hefen. Die Anaërobenuntersuchung stiess hier auf dieselben Schwierigkeiten, auf welche wir oben aufmerksam gemacht haben, dagegen war durch den Thierversuch die Anwesenheit der Keime des malignen Oedems festzustellen. In den tieferen Schichten überwogen die Bacillen gleichfalls, verflüssigende Arten traten mehr zurück, doch zeigten sich auch hier Heu-, Wurzel- und Hirnbacillus; namentlich war aber der braune Schimmelpilz ein häufiger Gast. Anaëroben fanden sich fast gar nicht vor und auch das maligne Oedem konnte hier nicht mehr nachgewiesen werden. Pathogene Arten wurden nicht gefunden.

Obwohl diese Untersuchungen nun gewiss nach vielen Richtungen hin als mangelhaft zu bezeichnen sind, so darf doch eine Thatsache aus denselben mit Bestimmtheit abgeleitet werden: auch in einem Erdboden, welcher seit Jahrhunderten im Bereiche menschlicher Thätigkeit liegt, auf welchem lange Reihen von verschiedenen Generationen gelebt und ge-

wohnt haben, der während dieser Zeit alle Abfallstoffe eben dieser Bewohner aufzunehmen genöthigt war, lässt sich eine deutliche Abnahme des Bacteriengehalts nach der Tiefe zu feststellen, ja die Mikroorganismen können unter Umständen sogar völlig verschwinden und steigen auch in den dem Grundwassergebiete angehörenden Schichten nicht wieder zu grösserer Menge an.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass ein derartiger Befund wenig im Einklang steht mit zum Theil sehr verbreiteten Anschauungen, welche gerade in der „Verunreinigung“ der tieferen Bodenschichten eine der wesentlichsten, wenn nicht die wesentlichste Veranlassung für die Entstehung und Ausbreitung der wichtigsten Infectionskrankheiten sehen. Die Zahl der Thatsachen, welche man dieser Annahme unmittelbar hätte entgegenstellen können, war bisher freilich keine allzu grosse. Nur Koch¹ selbst war schon 1881 bei Gelegenheit seiner wenigen damals ausgeführten Bodenuntersuchungen auf die „sehr auffallende Thatsache“ aufmerksam geworden, „dass der Reichthum an Mikroorganismen im Erdboden nach der Tiefe zu sehr schnell abnimmt und dass kaum 1^m tief der nicht umgewühlte Erdboden fast frei von Bacterien ist. Selbst inmitten von Berlin habe ich in Erdproben, die frisch aufgeworfenem Baugrund entnommen waren, in Tiefe von 1^m keine Bacillen und nur ganz vereinzelte Colonieen von sehr kleinen Mikrokokken nach der Aussaat auf Nährgelatine erhalten. In einem Falle stammte die Erde von einem unmittelbar neben der Panke in der Philippstrasse aufgeführten Neubau aus 2^m Tiefe, im Niveau des Pankewassers und kaum 2^m von demselben entfernt, und auch diese Probe zeigte sich ganz ausserordentlich arm an Mikroorganismen. Meine Untersuchungen sind allerdings, was wohl zu berücksichtigen ist, nur im Winter gemacht. Im Sommer können die Verhältnisse möglicher Weise anders liegen. Doch mussten, wenn nach der jetzt überall giltigen Annahme im Grundwasser und den diesem benachbarten Bodenschichten ein reges Leben von Mikroorganismen und wenn auch nur im Sommer stattfindet, die Dauerformen dieser Organismen daselbst zurückbleiben und sich, ebenso wie sie in den oberen Schichten leicht nachzuweisen sind, auch in den unteren selbst im Winter auffinden lassen. Da das aber nicht der Fall ist, so scheint es mir überhaupt fraglich, ob in den tieferen Bodenschichten viele Mikroorganismen existiren.“

Beumer und Maggiora², welche sich als die einzigen nach Koch mit der unmittelbaren Untersuchung tieferer Bodenschichten beschäftigten, konnten beide die Thatsache der Keimabnahme nach der Tiefe gleichfalls feststellen, freilich nicht in dem deutlichen, augenfälligen Maasse wie jener.

¹ A. a. O. ² A. a. O.

Beumer fand beispielsweise in 3^m noch 45 Millionen Keime in 1^{cm}, in 4^m 10 Millionen, in 5^m 8 Millionen, in 6^m 5 Millionen und diesen gewaltigen Zahlen gegenüber tritt die Verminderung der Keimmenge doch entschieden in den Hintergrund. Maggiora traf in 2^m noch 42 Mill., in 3^m 20, in 4^m 17 Mill. Bakterien an, doch konnte er ein anderes Mal, wo die Oberfläche 32 Millionen enthielt, in 1^m nur 80,000, in 2^m 20,000 und in 3^m 18,000 Mikroorganismen nachweisen, also eine sehr erhebliche Abnahme feststellen.

Immerhin stehen diese Resultate der beiden Forscher wenig im Einklang mit der von Koch gefundenen und hier bestätigten Thatsache der fast völligen Keimfreiheit tieferer Bodenschichten, und wir haben schon oben gesehen, dass diese Differenz wohl auf gewisse Mängel des Untersuchungsverfahrens zurückgeführt werden darf, vermitteltst dessen jene Ergebnisse gewonnen wurden.

Von vorneherein, vom Standpunkte rein theoretischer Erwägungen aus, müssen gerade die Verhältnisse, wie wir sie gefunden haben, das Verschwinden der Mikroorganismen in den tieferen Schichten des Bodens, als die natürlichsten und begreiflichsten erscheinen.

Wie die Keime auf die Bodenoberfläche gelangen, ist leicht einzusehen. Da, wo es sich um Erdreich handelt, welches sich im Bereiche menschlicher Thätigkeit befindet, werden mit den Abfallstoffen derselben nicht nur ungezählte Mengen von Bakterien, sondern auch das für diese nöthige Nährmaterial, Reste organischer Substanz u. s. f. dem Boden überliefert. Unberührtem, jungfräulichem Boden werden die Keime zunächst durch die Luft zugeführt und entweder unmittelbar oder mit Hülfe der atmosphärischen Niederschläge abgelagert. Sobald es hier dann zur Entwicklung pflanzlicher Vegetation irgendwelcher Art kommt, ist den Mikroorganismen reiche Gelegenheit zu weiterem Gedeihen geboten, und so lange der Vorrath todter, aber zersetzbarer, also nährfähiger organischer Masse nicht erschöpft ist, wird sich in den oberen Schichten des Bodens ein überaus reiches Bakterienleben entfalten, als dessen Ausdruck die vorhin mitgetheilten hohen Keimzahlen eben dieser Bodenpartien anzusehen sind.

Geht das Nährmaterial auf die Neige, oder ändern sich die im Allgemeinen einem ungestörten Bakterienwachsthum günstigen Temperatur- u. s. w. Verhältnisse an der Bodenoberfläche, so stirbt ein Theil der Mikroorganismen ab; andere aber verwandeln sich in ihre Dauerformen, um so auf bessere Zeiten zu warten, und es ist hiernach leicht begreiflich, dass die Menge der als Sporen auftretenden Bakterien von Fall zu Fall eine sehr wechselnde sein kann.

Dabei ist hier vielleicht an eine Thatsache zu erinnern, welche durch Versuche von Soyka¹ festgestellt worden ist, dass nämlich der Boden als solcher zweifellos einen begünstigenden Einfluss auf den Vorgang der Sporenbildung auszuüben vermag. Auch die nicht unbedeutende Höhe der Temperatur, welcher manche Mikroorganismen benöthigen, um zur Erzeugung von Sporen schreiten zu können, wird an der Bodenoberfläche in ausreichendem Maasse geboten, und es ist bekannt, dass die oberen Erdschichten gewöhnlich sogar erheblich höhere Wärmegrade besitzen, als zur gleichen Zeit in der angrenzenden Luft vorhanden sind.

Es erklären sich hiernach alle die Verhältnisse, welche wir bei der Untersuchung der oberflächlichen Bodenschichten gefunden haben: die Keimmenge an und für sich, der grössere Keimgehalt im Sommer, nach Niederschlägen, die häufige Wiederkehr derselben Arten.

Wollen die Mikroorganismen nun von der Bodenoberfläche nach der Tiefe vordringen, so stehen denselben für diesen Abstieg verschiedene Mittel und Wege zu Gebote. Es kann hier zunächst einmal der Einfluss der im Boden herrschenden Luftströmungen in Frage kommen; doch wird derselbe unter allen Umständen nur eine sehr nebensächliche Bedeutung beanspruchen dürfen, da es eine durch viele Versuche sicher begründete Thatsache ist, dass trockener und mehr noch feuchter Boden schon in sehr dünnen Schichten filtrirend auf bacterienhaltige Luft wirkt.

Zu berücksichtigen ist dann ferner, dass viele Mikroorganismen über die Fähigkeit der Eigenbewegung verfügen und mittelst derselben wohl im Stande sind, kleinere Strecken zurückzulegen. Endlich wird auch durch das Wachsthum, durch die Vermehrung der Mikroorganismen als solche eine Ortsveränderung und ein langsames Vorschieben derselben veranlasst, welches sich hier und da geltend machen kann.

Doch treten alle diese Möglichkeiten an Wichtigkeit weit hinter demjenigen Factor zurück, welcher das Eindringen der Bacterien in die Tiefe gewöhnlich vermittelt, nämlich der Bewegung von Flüssigkeiten, dem Wassertransport, verursacht durch die atmosphärischen Niederschläge. Diese sind es vornehmlich, welche beim Einsickern in den Boden die demselben auflagernden Mikroorganismen mitnehmen und weiterführen, um sie mit Hülfe des immer wieder nachströmenden Zuflusses von oben in die Tiefe zu bringen. Freilich geschieht dies unter gewöhnlichen Verhältnissen nur äusserst langsam, und es ist eine erhebliche Frist nothwendig, ehe der Weg von der Oberfläche bis zu 2 oder 3^m zurückgelegt ist.

¹ *Fortschritte der Medicin.* 1886. Bd. IV.

Es liegen gerade über diesen Punkt Untersuchungen von Hofmann¹ vor, welche sich mit der Frage beschäftigen, wie lange Zeit irgendwelche Verunreinigungen gebrauchen, um in eine bestimmte Bodentiefe zu gelangen. Hofmann experimentirte hierbei nur mit gelösten Stoffen, welche sehr viel schneller eindringen als in Wasser suspendirte, unlösliche Theile, und er bediente sich ferner eines verhältnissmässig sehr durchlässigen Bodens von bestimmter Zusammensetzung, richtete also seine Versuchsbedingungen in jeder Weise günstig für die Abwärtsbewegung der betreffenden Substanzen ein. Trotzdem fand er, dass grosse Mengen von niederfallendem Wasser und eine nicht unbedeutliche Zeitdauer nöthig seien, um gelösten Körpern (in seinem Falle Kochsalz) das Eindringen in grössere Tiefe zu ermöglichen. Uebertrug er die Ergebnisse seiner Versuche auf die natürlichen Verhältnisse des Leipziger Bodens, dessen physikalische Zusammensetzung, Porosität und Durchlässigkeit sowie Wassergehalt ihm genau bekannt waren und nahm er ferner die durchschnittliche Jahreshöhe der atmosphärischen Niederschläge in Leipzig (576 mm) als Maass für die Wassermenge an, welche unter natürlichen Bedingungen für den Transport der Verunreinigungen zur Verfügung steht, so konnte er feststellen, dass „würde selbst von dem niederfallenden Regen keine Spur verdampfen,“ doch etwa 4 Monate darüber vergehen würden, ehe solche Stoffe, welche so leicht und ohne Hinderniss durch die Poren wandern, wie eine klare Kochsalzlösung in eine Tiefe von 1 m vorgedrungen sind, 1½ bis 2 Jahre aber, ehe die Tiefe von 3 m erreicht ist. In Wirklichkeit freilich würde sich die Frist noch erheblich dadurch verlängern, dass im Jahresmittel mindestens 33% der Niederschläge, statt in den Boden einzudringen, abfliessen und verdunsten, und so erhöht sich damit die Zeit, in welcher verunreinigende Stoffe in 3 m Tiefe gelangen werden, auf 2 bis 2¾ Jahre (letzteres für einen feinsporösen, wasserreichen Boden).

Es sind diese Ermittlungen für uns von grossem Werthe, weil sie uns wenigstens einen ungefähren Aufschluss über die Art und Weise des Vordringens gelöster Stoffe in die Tiefe des Bodens zu geben vermögen und man danach wohl auch das Verhalten der Mikroorganismen unter ähnlichen Bedingungen richtig wird beurtheilen können.

Es unterliegt freilich keinem Zweifel, dass die Abwärtsbewegung der Bakterien noch auf ganz andere, erheblich grössere Schwierigkeiten stossen muss, als es unter den eben berücksichtigten Verhältnissen der Fall sein konnte. Denn die Mikroorganismen sind körperliche Elemente, welche die Poren des Bodens keineswegs so glatt passiren wie

¹ *Archiv für Hygiene*. Bd. II. S. 145 ff.

eine einfache Kochsalzlösung, bei ihrem Durchtritt durch die feineren Hohlräume vielmehr in Folge der Adhäsionskraft der einzelnen Bodenelemente etc. mannigfach festgehalten und abgefangen werden.

Sehr lehrreich sind gerade in dieser Beziehung die Erfahrungen, welche man bei der Wasserfiltration durch Sandfilter gemacht hat, da es sich hierbei im Wesentlichen um Dinge handelt, welche die grösste Aehnlichkeit mit den in Frage kommenden, natürlichen Verhältnissen im Boden besitzen. Die Sandfilter sind in der Regel so eingerichtet, dass mehrere Schichten von verschiedener Korngrösse übereinander gelagert sind, und zwar wird hierbei gewöhnlich die Anordnung beobachtet, dass die nächst höhere Schicht stets nur Elemente von einem Umfange enthält, der die Grösse der Poren der nächst niederen Lage übertrifft. Es kann demnach niemals eine Schicht in die darunter befindliche einsinken und die Hohlräume derselben verlegen, eine jede Lage dient vielmehr nur als Stütze der darüber befindlichen. Eine derartige Zusammensetzung ermöglicht begreiflicher Weise den denkbar höchsten Grad von Durchlässigkeit und wenn die oberste, feinste Schicht, wie dies meist der Fall zu sein pflegt, dann noch eine Korngrösse von etwa $0,5 \text{ mm}$ Durchmesser aufweist, so kann es uns nicht Wunder nehmen, wenn die Filtrationsfähigkeit eines solchen Filters, zumal sehr grossen Wassermengen gegenüber, zunächst nur eine geringe ist. In der That verliert ein bacterienhaltiges Wasser bei dem Durchtritt durch die verschiedenen Sandschichten anfänglich nur einen sehr mässigen Theil seiner organisierten Beimengungen, während die grosse Mehrzahl derselben anstandslos mitgeht.

Auf natürliche Verhältnisse lässt sich freilich hieraus keine Nutzanwendung ziehen. Weder wird es sich jemals um annähernd ähnliche Wassermengen handeln — auch in Berlin beträgt die Menge der jährlichen Niederschläge nur 600 mm im Mittel — noch findet sich irgendwo ein in gleicher Weise aufgebauter Boden. Der für die hier mitgetheilten Versuche hauptsächlich maassgebende Boden vom Pfingstberg bei Potsdam zeigte sich beispielsweise von der Oberfläche bis zu 4 m im Wesentlichen gleichartig zusammengesetzt. 100 Theile enthielten im Mittel 0.4% einer Korngrösse von 2 mm und darüber, 1% von 1.25 mm , 1.4% von 1 mm , 87% von 0.5 mm und 10.2% von 0.1 bis 0.5 mm , so dass diese „mechanische Bodenanalyse“¹ einem Porenvolumen von etwa 30% entsprechen würde.

Würde man also schon hiernach die Annahme zurückweisen können, dass die Mikroorganismen den Boden in derselben Weise zu durchdringen

¹ Flüge, *Hygienische Untersuchungen*. S. 67.

im Stande seien, wie dies wohl bei den Sandfiltern der Fall ist, so macht die fortgesetzte Beobachtung gerade dieser letzteren eine derartige Anschauung erst recht hinfällig. Es zeigt sich nämlich, dass, wenn ein solches Sandfilter einige Zeit hindurch in dauerndem Gebrauche bleibt, auch das vorher durchlässigste allmählich bacteriendicht wird.

Eine genauere Untersuchung lehrt uns die Ursache dieses eigenthümlichen Verhaltens kennen. Aus dem unfiltrirten, an Verunreinigungen reichen Wasser setzt sich in den oberflächlichen Schichten des Filtersandes eine ausserordentlich dicht gefügte Lage feinsten organisirter und nicht-organisirter Theilchen, eine Art Schlammdecke ab, welche nun ihrerseits im Stande ist, das Hindurchtreten kleinster körperlicher Elemente nahezu vollständig zu verhindern. Diesen bleibt jetzt für ihr weiteres Vordringen in die Tiefe vielmehr nur noch die Möglichkeit des Durchwachsens durch diese Deckhaut und des späteren Fortwucherns innerhalb des Filterkörpers übrig, und eine nicht geringe Reihe von Erfahrungen, welche bei der künstlichen Wasserfiltration gesammelt worden sind, haben uns gezeigt, dass die Bacterien unter Umständen in der That von diesem Mittel Gebrauch zu machen wissen und so allmählich in tiefere Schichten zu gelangen vermögen.

Im natürlichen Boden nun werden sich die Verhältnisse vielfach den eben geschilderten sehr ähnlich gestalten. Wenn es auch nicht zur Bildung einer solchen völlig schliessenden und räumlich auf eine dichte Lage zusammengedrängten Schlammhaut kommen mag, so häufen sich doch nach und nach gerade in den oberflächlichen Schichten die Hindernisse für eine weitere Abwärtsbewegung der Mikroorganismen in so entschiedener Weise an, verlegen sich auch die kleinsten Porenräume in so vollkommenem Maasse, und findet eine derartige Einschlammung des Bodens durch den Regen statt, dass die Bacterien trotz des von oben immer auf's neue nachrückenden Wassers nicht mehr von der Stelle zu kommen vermögen. Der ursprünglich auch für organisirte Theile durchlässige Boden wird auf die Dauer bacteriendicht und wehrt selbst auf das erfolgreichste eine Verunreinigung seiner tieferen Lagen ab.

Es sind das Verhältnisse, welche es zunächst begreiflich erscheinen lassen, dass die höheren Bodenschichten, namentlich die etwas unterhalb der eigentlichen Bodenoberfläche in $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ m Tiefe gelegenen Theile ganz besonders grosse Mengen von Keimen beherbergen, denn hier ist die Stelle, wo die Mikroorganismen festgehalten und abgefangen, an der Weiterreise verhindert werden. Und andererseits wird sich ebenso ohne Weiteres hieraus die Thatsache ableiten, dass eben nach der Tiefe hin die Zahl der Bacterien abnimmt, bis sie schliesslich so gut wie völlig verschwinden.

Auch der Umstand, dass die Menge der wenigstens im jungfräulichen Boden befindlichen Mikroorganismen, wie wir vorhin gesehen haben, plötzlich, wie mit einem Schlage, ein Ende nimmt und einen ganz unvermittelten Abschluss findet, lässt sich hieraus wohl ohne allzu grosse Schwierigkeit erklären. Es bezeichnet diese Grenzlinie eben diejenige Zone, wo die Filtrationskraft des von oben einsickernden und ablaufenden Wassers von den sich summirenden Widerständen, welche die einzelnen Bodenpartikel und die theilweise verlegten Porenräume zwischen denselben leisten, endgiltig und unbedingt übertroffen wird.

Vielleicht aber ist für das Zustandekommen dieser Erscheinung auch noch ein anderer Factor von Bedeutung. Die Mikroorganismen sind belebte Elemente, deren Verhalten im Boden keineswegs mechanischen Gesetzen und rein physikalischen Bedingungen allein gehorcht, die vielmehr ihre ganz bestimmten und sehr entschiedenen biologischen Eigenthümlichkeiten besitzen und von diesen in jedem Falle abhängig sind. Nun wissen wir, dass in den tieferen Bodenschichten Verhältnisse bestehen, welche sehr wesentlich von den an der Oberfläche herrschenden verschieden sind, und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass die Veränderung in der Zusammensetzung der Bodenluft, die Zunahme der Kohlensäure und der Feuchtigkeit, sowie das abweichende Verhalten der Temperatur unter allen Umständen von schwerwiegendem Einfluss auf die Lebensthätigkeit der Bakterien sein muss. Die Thatsache der nachträglichen Keimvermehrung in den Proben aus grosser Tiefe wies uns darauf hin, dass die Mikroorganismen erst mit der Entfernung aus ihrer natürlichen Umgebung, mit ihrer Heraufbeförderung an die Oberfläche unter Bedingungen gelangen, welche ihnen ein ungehindertes Gedeihen ermöglichen und das nicht selten ebenda beobachtete Vorkommen von solchen Keimen, welche sich auf der Gelatine erst spät und nur zögernd zu weiterem Wachsthum entschliessen konnten, liess gleichfalls die Deutung zu, dass dieses Verhalten der Ausdruck für eine darniederliegende Lebensenergie, das Zeichen eines mehr oder minder ausgesprochenen Schwächezustandes sei.

Es lässt sich in der That durch den Versuch ganz unmittelbar feststellen, dass für eine Reihe von Bakterien und zwar insbesondere gerade für die hervorragendsten der uns bekannten Infectionserreger, die Verhältnisse in grösserer Bodentiefe wenig oder gar nicht geeignet sind. Vor allem ist schon die Temperatur in den Bodenschichten von $1\frac{1}{2}^{\circ}$ an abwärts in unserem Klima nur einen sehr kleinen Theil des Jahres hindurch auf einer Höhe, welche von empfindlicheren Mikroorganismen, wie beispielsweise den Bacillen des Milzbrands und der Cholera unbedingt in Anspruch genommen wird. Unter $12-14^{\circ}$ gedeihen weder die einen noch die anderen mehr, und da diese Wärmegrade bei uns in $2-3^{\text{m}}$ nur

ganz vorübergehend erreicht werden — während der späten Sommermonate — so ergibt sich schon hieraus ein sehr wesentliches Hinderniss für die Fortentwicklung dieser Infectionsträger, vorausgesetzt selbst, dass dieselben einmal auf diesem oder jenem Wege in diese Grundwasserregionen verschleppt sein sollten.

Im Hofe des hygienischen Instituts befindet sich ein gemauerter Kesselbrunnen, dessen Kessel einen Durchmesser von etwa $1\frac{1}{2}$ m besitzt. Der Brunnen ist nach oben durch einen zweischichtigen Bohlenbelag verschlossen. Wird der Zugang zu der oberflächlichen Bretterlage geöffnet, so kann man vermittelt einer kleinen Stiege auf die zweite darunter befindliche Bretterdecke herabsteigen, um dann von hier aus durch eine andere Oeffnung in den Brunnen selbst zu gelangen und auf einer festen Leiter in denselben einzutreten.

In der seitlichen gemauerten Wand des Brunnenkessels sind nun in $1\frac{1}{2}$, 2, 3 und 4 m Tiefe — von der Oberfläche ab gerechnet — wagerechte Stollen von 1 m Länge und etwa 20 cm Durchmesser eingetrieben. Der letzte in 4 m Tiefe wird in Zeiten hohen Grundwasserstandes schon von dem Spiegel desselben erreicht, die übrigen münden frei in das Innere des Kessels. Jeder dieser Stollen enthält eine an beiden Enden offene Thonröhre, welche aber nach aussen — nach dem Brunnenraume hin — durch einen festen, gedrehten Wergballen und darüber durch einen genau aufsitzenden Blechdeckel verschlossen werden kann. Das Innere der Röhre ist dann von dem Verkehr mit der Aussenluft ziemlich vollkommen abgeschnitten, und werden sich hier sehr bald Verhältnisse ausbilden, welche in den wesentlichsten Punkten mit den im Boden in der entsprechenden Tiefe vorhandenen übereinstimmen.

In der That zeigte zunächst die mit dem Hygrometer ausgeführte Feuchtigkeitsbestimmung, dass die Luft in den Röhren mit Wasserdampf gesättigt ist; die nach dem Pettenkofer'schen Verfahren angestellte Beobachtung des CO_2 -Gehalts wies eine deutliche Zunahme dieses Gases nach der Tiefe hin auf: am 12./V. 86 beispielsweise fanden sich in $1\frac{1}{2}$ m 4.02 ‰, in 2 m 4.31 ‰, in 3 m 5 ‰ CO_2 vor; was endlich die Temperatur angeht, so kann man aus den weiter unten folgenden Zahlen ersehen, dass dieselbe sich dauernd erheblich unter der Oberflächentemperatur hielt; freilich sank sie nur selten bis auf jene Werthe herab, welche zur selben Zeit von unseren an anderer Stelle befindlichen Bodenthermometern in der gleichen Tiefe angezeigt wurden, und es beweist dies wohl, dass der Einfluss der Oberflächenluft und Temperatur doch von dem Inhalt der Röhren immerhin nicht völlig ferngehalten werden konnte. In Wahrheit werden sich die Verhältnisse für das Bacterienwachsthum in

der Bodentiefe also sicherlich noch ungünstiger gestalten, als es sich schon in unseren Versuchen feststellen liess.

In das Innere dieser Röhren wurden nämlich zu wiederholten Malen kleine Doppelschälchen mit Nähragar und nach der Esmarch'schen Methode angefertigte Gelatineröhrchen eingebracht, welche vorher mit Bacterien des Typhus abdom. der Cholera und des Milzbrands beschickt worden waren. Diese Versuche ergeben nun Folgendes:

Untersuchung vom 28. April bis 16. Mai 1886.

Typhus in $1\frac{1}{2}$ m = gut gewachsen	Milzbrand in $1\frac{1}{2}$ m = nicht gewachsen
„ in 2 m = nicht gewachsen	„ in 2 m = nicht gewachsen
„ in 3 m = nicht gewachsen	„ in 3 m = nicht gewachsen
Cholera in $1\frac{1}{2}$ m = gut gewachsen	höchste Temperatur, abgelesen auf
„ in 2 m = nicht gewachsen	Maximalthermometern:
„ in 3 m = nicht gewachsen	(in $1\frac{1}{2}$ m = 10^0 , in 2 m = 9^0 , in 3 m = 11^0)

Untersuchung vom 16. Mai bis 16. Juni 1886.

Typhus in $1\frac{1}{2}$ m = gut gewachsen	Milzbrand in $1\frac{1}{2}$ m = nicht gewachsen
„ in 2 m = mässig gewach.	„ in 2 m = nicht gewachsen
„ in 3 m = nicht gewachsen	„ in 3 m = nicht gewachsen
Cholera in $1\frac{1}{2}$ m = gut gewachsen	Maximalthermometer:
„ in 2 m = nicht gewachsen	(in $1\frac{1}{2}$ m = 14^0 , in 2 m = 10^0 , in 3 m = 8^0)
„ in 3 m = nicht gewachsen	

Untersuchung vom 16. Juni bis 26. Juni 1886.

Typhus in $1\frac{1}{2}$ m = gewachsen	Milzbrand in $1\frac{1}{2}$ m = nicht gewachsen
„ in 2 m „	„ in 2 m = nicht gewachsen
„ in 3 m „	„ in 3 m = nicht gewachsen
Cholera in $1\frac{1}{2}$ m = gewachsen	
„ in 2 m = nicht gewachsen	($1\frac{1}{2}$ m = 11^0 2 m = 10^0 3 m = 9^0)
„ in 3 m = nicht gewachsen	

Untersuchung vom 26. Juni bis 3. Juli 1886.

in $1\frac{1}{2}$ m Typhus = gewachsen	Milzbrand = nicht gew.	Cholera = gewachs.
in 2 m „ = „	„ = „	„ = nicht gew.
in 3 m „ = wenig gew.	„ = „	„ = nicht gew.
(in $1\frac{1}{2}$ m = 16^0 , 2 m = 11^0 , 3 m = 13^0)		

vom 13./VII. bis 27./VII.			vom 28./VII. bis 12./VIII.		
Typhus	Milzbrand	Cholera	Typhus	Milzbrand	Cholera
1 $\frac{1}{2}$ gut gew.	wenig gew.	gut gew.	1 $\frac{1}{2}$ gut gew.	wenig gew.	stark gew.
2 „	nicht gew.	„	2 „	„	gut gew.
3 „	„	nicht gew.	3 „	„	„
(1 $\frac{1}{2}$ ^m = 16°, 2 ^m = 12°, 3 ^m = 12°.)			(1 $\frac{1}{2}$ ^m = 16°, 2 ^m = 12°, 3 ^m = 14°.)		

vom 23./VIII. bis 6./IX.			vom 13./IX. bis 22./IX.		
Typhus	Milzbrand	Cholera	Typhus	Milzbrand	Cholera
1 $\frac{1}{2}$ gut gew.	gut gew.	stark gew.	1 $\frac{1}{2}$ gut gew.	gut gew.	gut gew.
2 „	sehr wen. gew.	„	2 „	wenig gew.	„
3 „	nicht gew.	wen. gew.	3 „	nicht gew.	„
(1 $\frac{1}{2}$ = 18°, 2 ^m = 17°, 3 ^m = 17.5°.)			(1 $\frac{1}{2}$ ^m = 16°, 2 ^m = 16°, 3 ^m = 16°.)		

vom 22./IX. bis 26./X.			vom 26./X. bis 8./XI.		
Typhus	Milzbrand	Cholera	Typhus	Milzbrand	Cholera
1 $\frac{1}{2}$ gut gew.	gut gew.	gut gew.	1 $\frac{1}{2}$ gut gew.	wenig gew.	wenig gew.
2 „	wenig gew.	„	2 „	nicht gew.	wenig gew.
3 „	gar nicht gew.	„	3 wenig gew.	„	nicht gew.
(1 $\frac{1}{2}$ ^m = 15°, 2 ^m = 14°, 3 ^m = 14°.)					

Untersuchung vom 8. November bis 4. December 1886.

	Typhus	Milzbrand	Cholera
1 $\frac{1}{2}$ ^m	gew.	nicht gew.	nicht gew.
2 ^m	nicht gew.	„	nicht gew.
3 ^m	„	„	„
(1 $\frac{1}{2}$ ^m = 11°, 2 ^m = 11°, 3 ^m = 12°.)			

Es zeigt sich also, dass der eine der drei untersuchten Infections-
erreger, der Bacillus des Milzbrands nämlich, schon in 2^m Tiefe nur
noch ausnahmsweise zum Wachsthum kommt, in 3^m Tiefe gar nicht
mehr gedeiht und auch in 1 $\frac{1}{2}$ ^m noch in der Entwicklung deutlich
zurückbleibt; die Bacillen der Cholera asiatica sind etwas weniger em-
pfindlich: während der Monate August, September, October waren auch
in 3^m Tiefe noch ziemlich zahlreiche Colonieen auf den Nährsubstraten
entstanden, dagegen versagten sie in den übrigen Monaten und waren
vom April bis zum Juli auch in 2^m Tiefe ausgeblieben, in 1 $\frac{1}{2}$ ^m
fand regelmässiges Wachsthum statt. Typhus endlich hatte nur vom
April bis Juni in 3^m Tiefe versagt, während er in allen übrigen
Monaten eine recht kräftige Entwicklung in den Röhrchen gezeigt hat.

Es geht aus diesen Versuchen also einmal hervor, dass die drei genannten Infectionserreger sich unter den gleichen Bedingungen im Boden keineswegs gleichmässig verhalten, dass hier vielmehr sehr erhebliche Unterschiede an den Tag treten und uns auch an ihrem Theile darauf hinweisen, dass allgemeine Formeln und willkürlich aufgestellte Gesetze in der Epidemiologie zu fehlerhaften Schlüssen führen müssen, dass vielmehr bei jeder Infectionskrankheit die ganz individuelle und bis ins einzelne hinein besondere Art der Entstehung und Verbreitung für sich geprüft und erforscht werden muss.

Wir sehen, dass die Bacterien des Typhus abdom. in diesen Verhältnissen bei weitem unempfindlicher, haltbarer und ausdauernder sind als die der Cholera asiatica und diese wieder unter Bedingungen noch im Boden zu gedeihen vermögen, welche den Bacillen des Milzbrands das Wachsthum nicht mehr gestatten. Wir können beobachten, dass die Typhusbacillen den grössten Theil des Jahres hindurch in 3^m Tiefe zu leben im Stande sind, die Cholerabacillen nur noch ausnahmsweise, die des Milzbrands unbedingt nicht mehr. Auch diese Untersuchungen werden daher in uns nur die Anschauung befestigen können, dass die tieferen Schichten des Bodens für einen bevorzugten Aufenthaltsort der Mikroorganismen, für eine Brut- und Herdstätte desselben keineswegs geeignet sind.

Wenn ich demnach meinen diesbezüglichen unmittelbaren Beobachtungen in Rücksicht auf ihre nicht grosse Zahl und ihre räumliche Beschränktheit zunächst keine allgemeinere Gültigkeit zusprechen wollte, so halte ich es doch aus rein theoretischen Gründen für mindestens sehr wahrscheinlich, dass sich auch an anderen Orten meine Ergebnisse bestätigen werden. Ich glaube, dass man überall da, wo eine bacteriologische Prüfung des Bodens unter Beobachtung der nöthigen Vorsichtsmaassregeln zur Ausführung kommt, gleichfalls nur die oberflächlicheren Schichten reich an Mikroorganismen verschiedener Art, die tieferen Lagen, einschliesslich des Grundwasserbezirks hingegen keimarm oder sogar keimfrei antreffen wird.

Eine Ausnahme hiervon werden natürlich alle diejenigen Fälle machen, in welchen in der Tiefe selbst eine Quelle der Verunreinigung besteht, oder durch die Hand des Menschen die natürlichen Verhältnisse des Bodens allzu gewaltsam umgestaltet sind.

Aber hiervon abgesehen müssen wir uns doch wohl mit der Anschauung befreunden, dass die tieferen Lagen des Bodens der Mikroorganismen fast völlig entbehren und es kann nicht ausbleiben, dass diese Thatsache auch auf manche andere bisher gültige Annahme von Einfluss sei. Es ist hier nicht der Ort, ausgedehnte theoretische Erörterungen an

die mitgetheilten Befunde anzuknüpfen; ich will nur daran erinnern, dass die Beziehungen zwischen Grundwasser und Epidemien, wenn solche ausser in den statistischen Aufstellungen der Localisten überhaupt vorhanden sind, wieder um ein Stück an Bedeutung verlieren müssen. Denn wenn das Grundwasser von den eigentlich Bakterien führenden Bodenschichten durch einen so weiten Abstand geschieden ist, so kann in der That die Einwirkung des wechselnden Grundwasserstandes auf die Infectionserreger nur ein im höchsten Maasse mittelbarer und wenig gegenständlicher sein.

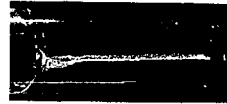
Auch die Vorgänge der Nitrification und Nitrification, welche man nach den bekannten Untersuchungen von Schlösing und Müntz als gebunden an die Anwesenheit von Mikroorganismen ansah, können nach diesen Befunden kaum noch so durchgängig von der Thätigkeit der Bakterien abhängig gemacht werden, da sonst die tieferen Bodenschichten ja der nothwendigen Zersetzung der höheren Stickstoffverbindungen u. s. f. völlig entbehren müssten. Es sind aber hier vielleicht die Mittheilungen von B. Frank¹ zu erwähnen, der auch in völlig bakterienfreier Erde noch die Fähigkeit vorhanden fand, eine umfangreiche Nitrification einzuleiten.

In Wahrheit ist eine nicht unbedeutende Reihe von Fragen durch die Feststellung des einfachen Thatbestandes, dass die Bakterien in den tieferen Erdschichten völlig zu fehlen vermögen, erst aufgeworfen worden. Es würde der vorliegenden Arbeit eigentlichen Werth verleihen, wenn dieselbe hier und da die Anregung zur Nachprüfung und Vervollständigung dieser Befunde geben sollte.

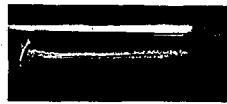
¹ *Tageblatt der 49. Naturforscherversammlung.* S. 239.



I.



II.



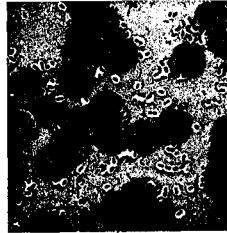
III.



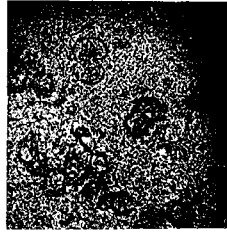
IV.



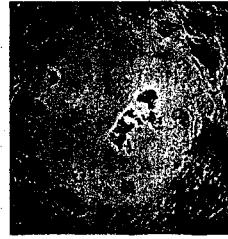
V.



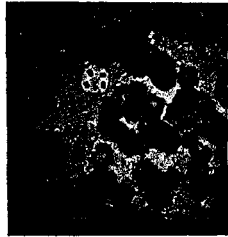
Ia.



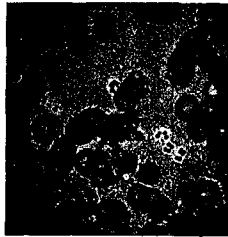
IIa.



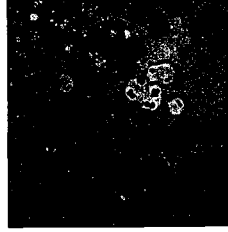
IIb.



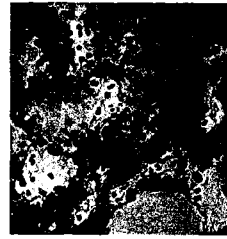
IIIa.



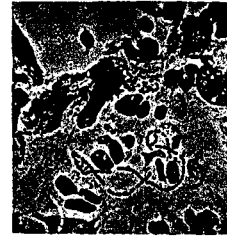
IIIb.



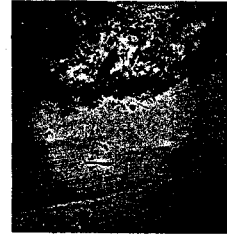
IIIc.



IIId.



IVa.



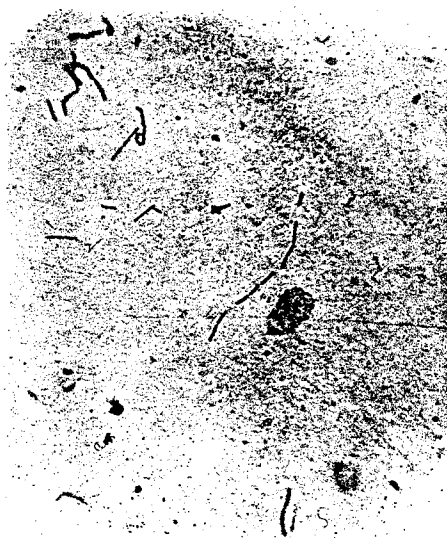
IVb.



IVc.



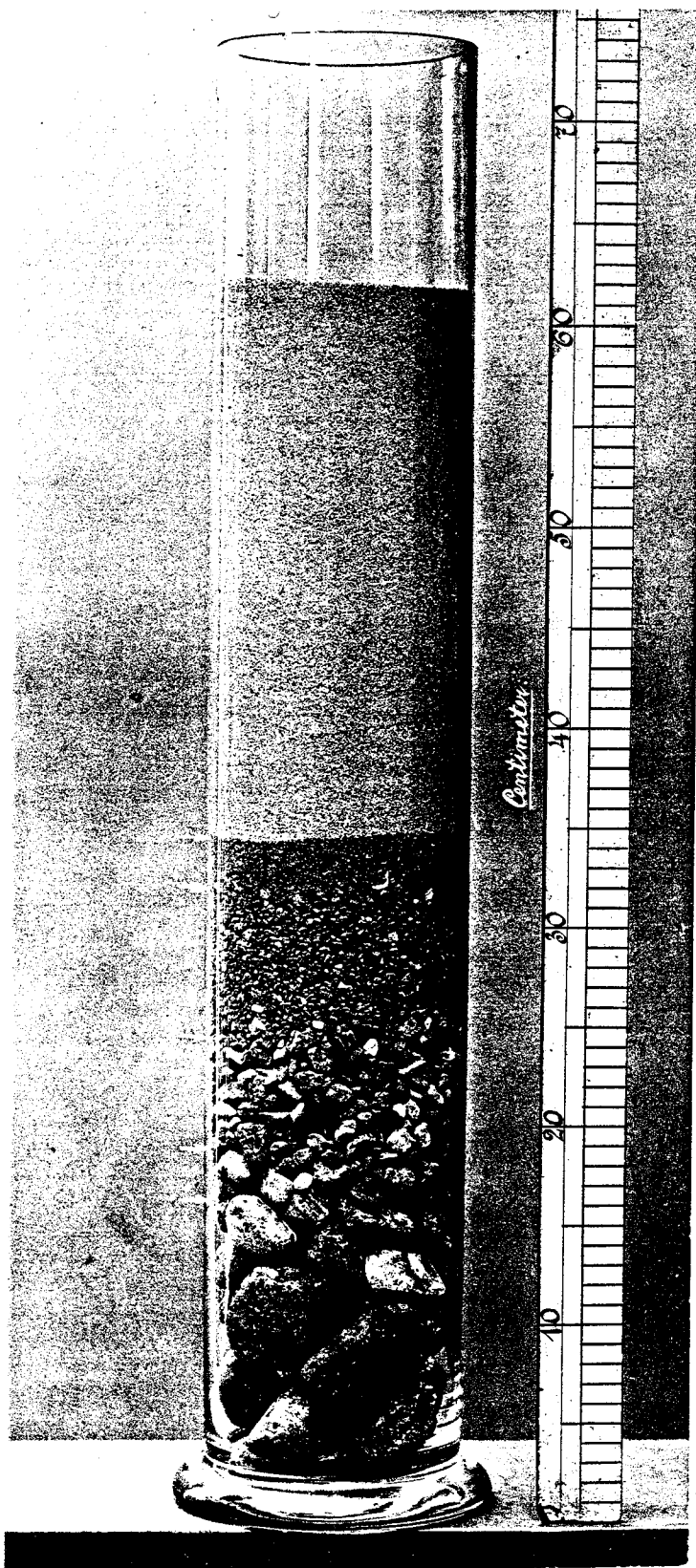
I.

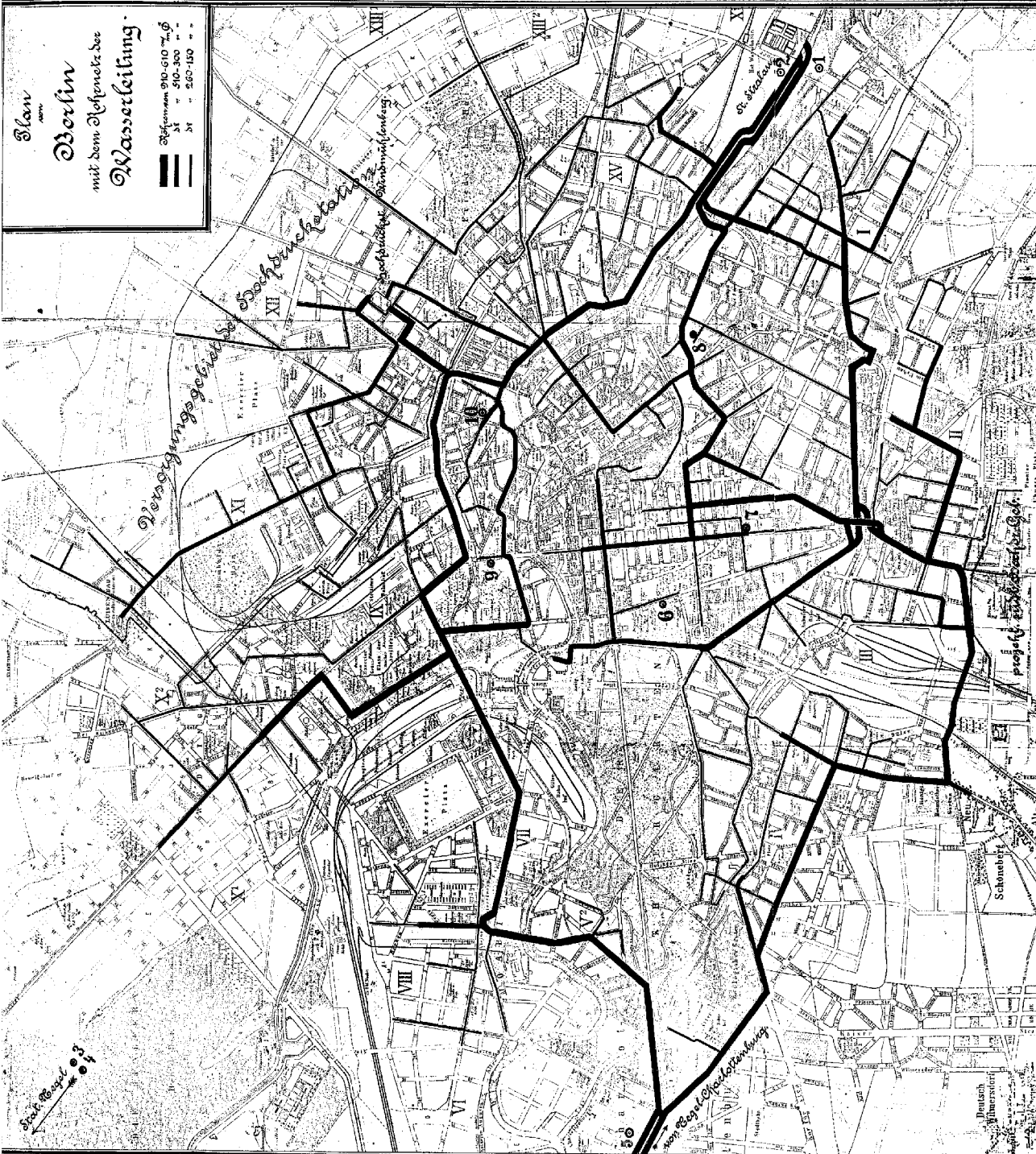


II.

Verlag Veit & Comp. Leipzig.

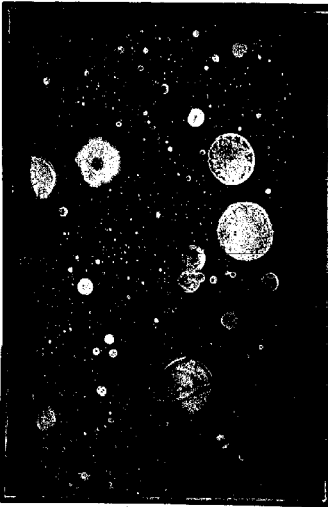
LICHTDRUCK V. RÖMMLER U. JONAS, DRESDEN.



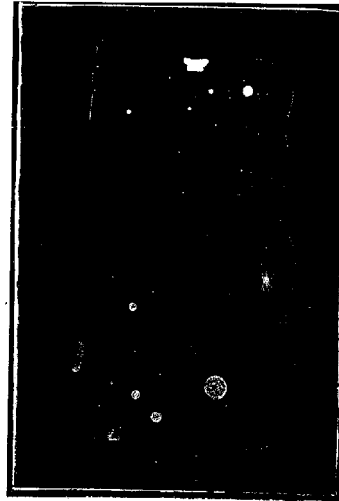




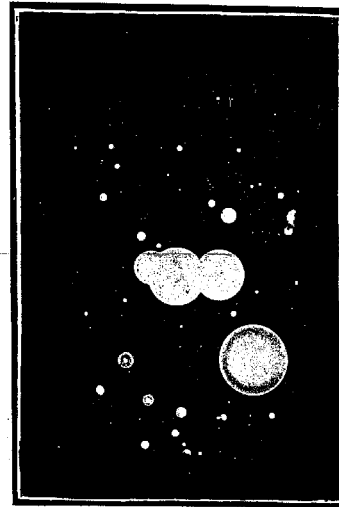
1.



2.



3.



4.