



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Die Städtereinigung**

**Büsing, F. W.**

**Stuttgart, 1897**

3. Kap. Selbstreinigung des Bodens

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83772](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-83772)

Bei geringeren Bodenmassen, wie sie z. B. als Deckenfüllmaterial Verwendung finden, benutzt man zur Reinigung mit Vorteil Wärme. Handelt es sich nur um kleine Mengen, so genügt Erhitzen, welches aber bis zu reichlich  $40^{\circ}$  fortgesetzt werden muß, auf einer Eisenplatte, unter der ein Feuer brennt. — Für Reinigung größerer Mengen empfiehlt sich ein mehr vollkommener Apparat, der anstatt der Platte einen doppelwandigen Eisencylinder benutzt. Der Cylinder, dessen beide Wände einen Hohlraum einschließen, wird etwas geneigt gelagert und hat auf dem einen Ende der Achse einen Kurbel- oder Zahnrad-Antrieb und in dem inneren Cylinder eine Schraube, welche den am oberen Ende eingefüllten Boden nach unten schiebt, wenn die Schraube in Umdrehung versetzt wird. Am unteren Ende angelangt fällt der Boden auf eine Eisenplatte, unter der die — eingeschlossene — Feuerung liegt, deren Rauchgase durch den äußeren Hohlraum der beiden Cylinder geleitet werden. Eine genaue Beschreibung nebst Abbildungen dieses, von Kessler angegebenen Apparats ist im Centralblatt der Bauverwaltung 1889 mitgeteilt.

### 3. Kapitel.

#### Selbstreinigung des Bodens.

§ 38. Die durch die Thätigkeit physikalischer Faktoren und der Mikroben erfolgende Zersetzung der organischen Stoffe bildet, wenn deren Endprodukte mineralischer Natur (Wasser, Kohlensäure, Salpetersäure) sind, einen Vorgang, der als Selbstreinigung des Bodens bezeichnet wird, und der sich unter gewissen Voraussetzungen immer vollzieht, bald in kürzerer, bald erst in längerer Dauer, zum Teil in der oberen, zum Teil auch erst in der tieferen Schicht zu Ende gelangt. Die selbstreinigende Kraft des Bodens äußert sich aber, je nach der Natur der Stoffe, in verschiedenen Richtungen. Wenn organische Stoffe mit Flüssigkeiten in den Boden gelangen, so werden die in Suspension vorhandenen Fremdstoffe gewissermaßen abgesiebt, d. h. durch Adhäsions- und Kapillarwirkung schon in der oberen Schicht zurückgehalten. Daneben werden aber auch in Lösung befindliche organische Stoffe aus der Flüssigkeit abgeschieden, wie Farb- und Riechstoffe, sowie Gifte. Blut, Harn, Küchenabwässer u. s. w. werden durch Filtration im Boden entfärbt, bzw. geruchlos gemacht, Gifte organischen Ursprungs entgiftet. Selbst Jauche aus tierischem Dünger kann durch Filtration farblos und klar gemacht werden (wie schon 1836 durch Bronner experimentell erwiesen ist). Diese Fähigkeit des Bodens kann bei der Ackerdüngung u. s. w. täglich wahrgenommen werden und findet auch spezielle Anwendung in den sogen. Erdklosetts.

Mit einer gewissen Energie hält der Boden Ammoniak, Kali, Magnesium, Phosphorsäure, Kieselsäure, in viel geringeren Mengen Natron, Chlor, Calcium, salpetrige Säure und Salpetersäure zurück. Ackerkrume hat eine besondere Fähigkeit, Ammoniak und Kalisalze zu binden.

Den bestimmenden Einfluß, den bei diesem Vorgange die Boden-Beschaffenheit übt, den man sich im ganzen wohl mit der Flächenanziehung zu erklären hat, welche die relativ großen Bodenpartikel auf die in feinsten Verteilung befindlichen Fremdstoffe ausüben, mag man aus der Angabe erkennen, daß, wenn die Ammoniakmenge, welche von einem Gewichtsteil Sandboden gebunden wird, = 1 gesetzt wird, alsdann die von andern Bodenarten gebundenen Ammoniakmengen folgende sind:



Bei Lehm und lehmigem Sandboden . . . . .	4,3
„ Torfboden . . . . .	5,6
„ Thonboden . . . . .	6,7

Außer durch Flächenanziehung wirkt der Boden zurückhaltend auf Fremdstoffe, die ihm nicht in Lösungen, sondern in der Form von Schwebestoffen zugeführt werden. Diese Filterwirkung des Bodens ist um so größer, entweder je feinkörniger der Boden, oder je inniger derselbe aus groben und feinen Körnern gemischt ist. Die abgefilterten Fremdstoffe verbleiben je nach der Kornbeschaffenheit nahe an der Bodenoberfläche, oder werden zu etwas größeren Tiefen hinabgeführt.

Was den endlichen Verbleib der gebundenen, sowohl als der abgefilterten Stoffe betrifft, so unterliegen dieselben der Umbildung durch Zersetzung, vermöge biologischer, chemischer und physikalischer Prozesse; Teile davon werden vom Pflanzenwuchs aufgenommen. Die aufgenommenen Stoffe bilden die sogen. Aschenbestandteile der Pflanzen, zu welchen Phosphor, Schwefel, Kali, Calcium, Magnesium u. s. w. Beiträge liefern. Die Aufnahme geschieht entweder unmittelbar, oder erst nachdem durch das Zusammenwirken verschiedener Ursachen die genannten Stoffe in die geeigneten Formen übergeführt — präformiert — worden sind. Ein anderer Teil der Fremdstoffe des Bodens wird flüchtig und noch ein anderer, beständigerer, mit dem Sickerwasser in größere Tiefen geführt und geht eventuell in das Grundwasser über. Aus letzterer Ursache kann auch die chemische Beschaffenheit des Grundwassers als Maßstab für die Bodenverunreinigung dienen. Doch ist dabei zu bemerken, daß es nur bestimmte Stoffe sind, die in das Grundwasser hinabgelangen (besonders Chlor, Schwefelsäure, Kali, Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure), und daß die Grundwasseruntersuchung auch keinen sicheren Maßstab für den gegenwärtigen Grad der Bodenverunreinigung bietet, vielmehr nur auf eine mehr oder weniger weit zurückliegende einen mehr oder weniger sicheren Schluß erlaubt.

Verläuft der Zersetzungs Vorgang im Sinne der Oxydation (Verwesung), so verschwinden die organische Substanz und das Ammoniak, an deren Statt salpetrige Säure und Salpetersäure treten. Wenn dagegen Reduktion (Fäulnis) eintritt, schwindet die organische Substanz nicht, oder doch nur unmerklich und findet beim Ammoniak Vermehrung statt. Die Bildung von salpetriger Säure und Salpetersäure unterbleibt ebenfalls, oder erfolgt nur minimal; wenigstens gilt das von der Salpetersäure.

§ 39. Sowohl die Art des Zersetzungs Vorganges, als dessen Intensität hängen, außer von den in der Bodenbeschaffenheit gegebenen Bedingungen, von der Menge (und Konzentration) ab, in welcher die Zuführung der Schmutzstoffe erfolgt; bei Uebereinstimmung in den ersteren also einzig von der Menge. Doch ist nicht die absolute Menge bestimmend, sondern mehr die auf die Zeiteinheit entfallende.

Die hier dargelegten Thatsachen werden durch die Beobachtungen bestätigt, welche man am Ackerboden, auf Friedhöfen und, gegenteiligerseits, auf Rieselfeldern machen kann.

Bei Ackerboden findet die Zuführung großer Mengen organischer Stoffe im Dünger auf längere Zeiträume verteilt statt, und es wird mit einer starken Düngung gewöhnlicher Art 1 ha Acker — neben andern Stoffen — die Menge von 200 kg, mit einer Düngung mittlerer Stärke von 140 kg Stickstoff zugeführt.

Von Frankland angestellte Untersuchungen über die Beschaffenheit der aus dem Grunde von Ackerboden in 1 m Tiefe abfließenden Drainwässer lieferten nun folgende deutlich sprechenden Zahlen:



Düngungsweise des Bodens	Verdampfungs- Rückstand	Organischer		Gesamte Stickstoff- menge
		Kohlenstoff	Stickstoff	
	Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm			
1. Ackerboden, der seit 30 Jahren nur mineralischen, stickstofffreien Dünger erhalten hatte . . . . .	238—482	1,0—3,1	0,2—0,7	0,6—14,1
2. Ackerboden, der seit 30 Jahren alljährlich mit stickstoffreichem Dünger gedüngt ward. . . . .	140—512	1,8—12,4	0,3—3,3	1,3—27,5
3. Ackerboden, der seit 3 Jahren ungedüngt gelassen war und in Brache gelegen hatte . . . . .	180—326	0,9—2,7	0,2—1,16	6,5—26,8

Der in diesen Zahlen dargelegte allgemein günstige Zustand wird teils dem Umstande verdankt, daß bei dem relativ trockenen Zustande des Düngers und der geringen Schichtdicke der Ackerkrume die organischen Stoffe für die beständige Einwirkung des Luftsauerstoffs offen liegen. Daher verläuft der Zersetzungs Vorgang des Düngers im Ackerboden im allgemeinen als eine Oxydation und es wird, entsprechend, in gewöhnlicher Weise behandelter Ackerboden im engeren Sinne des Worts auch nicht als „verunreinigter“ Boden angesehen.

Bei Rieselfeldern liegen die Verhältnisse ganz allgemein viel ungünstiger. Werden als Beispiel die Berliner Rieselfelder herangezogen, so enthalten die denselben zugeführten Abwässer in 1 cbm 60—100 g Stickstoff; durchschnittlich mögen 80 g gesetzt werden. 1 ha Rieselland erhält jährlich von 10 000—15 000 cbm Abwasser zugeführt, darin also durchschnittlich 12 500.80 g = 1000 kg Stickstoff, die das Siebenfache einer mittleren und das Fünffache einer starken landwirtschaftlichen Düngung ist. Der Boden der Rieselfelder vermag diese Mengen in leidlicher Weise nur zu „verarbeiten“, wenn entweder die Erntemengen desselben in ähnlichem Verhältnis zu den Erntemengen des gewöhnlichen Ackerbodens stehen, oder wenn die Felderfläche in ähnlichem Verhältnis vergrößert wird.

Ueber die Bestandteile von Drainswasser von Berliner Rieselfeldern (Rieselgut Malchow) sprechen folgende, dem Jahre 1893 angehörende Zahlen. Des Vergleichs wegen sind die Analysen der Abwässer hinzugefügt; bei beiden Zahlenreihen ist zu bemerken, daß sie sich auf Wasserproben beziehen, welche durch Filtration zuvor von den Schwebestoffen befreit waren.

Zeitpunkt bzw. Ort der Untersuchung	Ver- dampfungs- Rückstand	Glühverlust	Verbrauch von $\text{KMnO}_4$	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Chlor	Kali	Natron
Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm											

#### 1. Rieselwasser.

13. Juni . . . . .	995,6	296,8	350,8	97,8	0	0	17,9	47,2	199,5	63,9	218,5
15. November . . . . .	1129,6	267,2	420,3	123,3	0	0	18,4	123,5	213,0	62,4	194,3



Zeitpunkt bezw. Ort der Untersuchung	Ver- dampfungs- Rückstand	Glühverlust	Verbrauch von $\text{KMnO}_4$	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Chlor	Kali	Natron
Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm											

## 2. Drainswasser.

von Beetanlagen											
15. Juni . . .	1063,2	76,8	42,7	13,6	0	54,0	1,0	—	254,2	—	—
von Wiesen											
17. November .	884,4	102,4	32,5	0,7	0	144,6	2,6	—	191,2	—	—
von Einstaubassins											
11. November .	1241,6	110,0	17,1	0,1	3,6	223,8	1,7	—	54,6	—	—

Zwar tritt als durchschlagender Beweis für die große Oxydationswirkung der Felder eine bedeutende Verminderung der zur Oxydation erforderlichen Menge von Kaliumpermanganat, eine sehr erhebliche Verminderung des Ammoniaks und eine dem entsprechende Vermehrung der salpetrigen und Salpetersäure ein; doch ist beim Verbleib von nicht unbedeutenden Mengen Ammoniak in den Drainswassern die Reinigung immerhin keine vollständige. Die im Ammoniak, der salpetrigen und Salpetersäure enthaltene Gesamtmenge von Stickstoff berechnet sich:

in den Rieselwässern . . . . .	zu 80,5 bzw. 101,5 mg
„ „ Drainswassern von Beetanlagen . . .	zu 12,4 „
„ „ „ „ Wiesen . . . . .	32,7 „
„ „ „ „ Einstaubassins . . . . .	50,96 „

liegt also in den Drainswassern von Beetanlagen und Wiesen denjenigen Mengen wenigstens einigermaßen nahe, welche in gewöhnlich gedüngtem Ackerboden angetroffen werden, während sie in den Drainswässern der Bassins etwa das Doppelte derselben ist.

§ 40. Für die große Selbstreinigungsfähigkeit des Bodens sprechen die Ermittlungen, welche bei Friedhöfen angestellt worden sind. Wenn zu letzteren nur geeigneter Boden in passender Lage ausgewählt wird, und wenn eine ordnungsmäßige Bewirtschaftung — Belegung mit Leichen — stattfindet, ist die früher oft befürchtete Gesundheitsschädlichkeit von Friedhöfen nicht vorhanden. Vielfach auf Friedhöfen selbst oder in unmittelbarer Nähe derselben angelegte Brunnen liefern, wenn dieselben das Wasser erst in größerer Tiefe fassen, ein Wasser, das, wie die Erfahrung lehrt, unbedenklich genossen werden kann. Auch haben ausgedehnte, besondere Feststellungen, die schon früher in Elsaß-Lothringen und in Sachsen ausgeführt sind\*), erwiesen, daß die Friedhofs-Nähe weder die Gefahr größerer Häufigkeit von Infektionskrankheiten, noch der gewöhnlichen Krankheiten mit sich bringt, und daher die Anwohner gesundheitlich nicht ungünstiger gestellt sind, als die fernab wohnenden Einwohner des betreffenden Orts.

Ein besonders schlagendes Beispiel für die große Selbstreinigungsfähigkeit von Friedhöfen ist von Kratter beigebracht worden. Der 0,312 ha große Friedhof in Donawetz bei Leoben hatte 600 Jahre hindurch bestanden und während der letzten Jahre im Durchschnitt je 155 Leichen aufzunehmen gehabt, d. h. beinahe

\*) Hofmann in der Deutsch. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege. Bd. 14 (1882).



das Doppelte derjenigen Zahl, die nach landesgesetzlicher Vorschrift erlaubt war. Der Boden bestand zu oberst aus einer Humusschicht, unter welcher eine dünne Lehmschicht folgte, und zu unterst aus grobem Kies (Schotter), in welchen die Gräber noch hinabreichten. In der nahen Umgebung des Friedhofs liegen sieben Brunnen, deren Wasser von Kratter untersucht ward und folgende, sehr günstige Ergebnisse lieferte:

Nr.	Entfernung der Brunnen von der Friedhofgrenze m	Brunnentiefe m	Organische Substanz	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpetersäure	Chlor
			Milligramm in 1 l = Gramm in 1 cbm				
1	34	14	0	0	0	4	8
2	13	13	0	0	0	6	9
3	29	13	0	0	0	5	8
4	50	7	0	Spur	0	4	9
5	63	10	0	0	0	9	11
6	134	10	0	0	0	7	10
7	25	9	0	0	0	6	8

Die Wege, welche das Drainswasser des Friedhofs bis zu den Brunnen zurückzulegen hat, betragen zwischen 15 und 135 m, sind daher nur kurz; doch vollzieht sich die Oxydation des Leichenstoffs bis dahin vollständig. Die in den Brunnenwässern angetroffenen (in der Salpetersäure enthaltenen) Stickstoffmengen liegen zwischen den engen Grenzen von 0,9 und 2,0 mg.

Um einen Vergleich zwischen verunreinigtem und reinem Wasser, d. h. solchem, das als „Trinkwasser“ dienen soll, zu ermöglichen, sei hier eine der sogen. Grenzzahlenreihen mitgeteilt, welche angiebt, welche Höchstmengen gewisser Fremdstoffe in einem Wasser enthalten sein können, das als Trinkwasser in Aussicht genommen wird.

Organische Substanz . . . . .	6—10 mg in 1 l
Freies Ammoniak und salpetrige Säure . . . . .	0 „ „ 1 „
Albumenoid-Ammoniak . . . . .	0,2 „ „ 1 „
Salpetersäure . . . . .	5—15 „ „ 1 „
Chlor . . . . .	20—30 „ „ 1 „
Schwefelsäure . . . . .	80—100 „ „ 1 „
Verdampfungsrückstand . . . . .	500 „ „ 1 „

Diese Grenzzahlenreihe ist neueren Ursprungs und von Kubel und Tiemann angegeben worden. Neben derselben giebt es andre Reihen, welche teils höhere, teils geringere Zahlen enthalten, nicht nur allgemein, sondern auch für einzelne unter den aufgeführten Fremdstoffen.

§ 41. Nach den oben mitgeteilten Beispielen ist die selbstreinigende Kraft des Bodens eine unerwartet große. Es kann angenommen werden, daß vermöge ihrer Wirkung selbst stark verunreinigter Boden innerhalb 1—2 Jahren wieder rein wird; doch kann der Zeitpunkt, zu welchem dieser Zustand wieder erreicht ist, auch viel weiter hinaus liegen. Daher darf jene Fähigkeit nicht überschätzt, der Boden nicht überladen werden. Letzteres findet aber leicht statt, wenn die Zuführung von Schmutzstoffen in dauernder Weise erfolgt. Alsdann kann die Fähigkeit des Bodens versagen; doch erwirbt er dieselbe früher oder später wieder zurück, wenn man demselben eine längere Periode der Ruhe gönnt. Längere Ruheperioden sind ebenfalls notwendig, wenn die Zuführung der Fremdstoffe zwar nur zeitweilig, dann aber „massenhaft“ geschieht.



Aus diesen Darlegungen ist zu folgern, daß der Boden selbst nur einigermaßen dicht bevölkerter Städte in der Regel beständig verunreinigt sein wird, und daß bei seiner Abgeschlossenheit gegen die Atmosphäre es gewöhnlich einer langen Reihe von Jahren bedarf, bevor, nach dem Aufhören der Verunreinigung, Reinheitszustand desselben von neuem erreicht wird. Erhält der Straßengrund eine Abdeckung mit wasserdichter Pflasterung, wie sie neuerdings häufig angewendet wird, so verlängert sich die Periode; doch bleibt alsdann der Reinheitszustand des Bodens auch dauernd.

Verminderte Zuführung von Schmutzstoffen zum Boden, etwa durch Verbesserung der Abfuhrrichtungen und der Straßenreinigung, macht den Boden gesunder als er bisher war, wenn auch vielleicht kein völliger Reinheitszustand wieder erreicht wird. Je seltener Feuchtigkeit in solchen Mengen auf die Straßen gelangt, daß Einsickerungen erfolgen, desto gesunder bleibt der Boden darunter, und umgekehrt. Daher hat das überreichliche Besprengen der Straßen, besonders wenn dabei nicht reines Wasser benutzt wird, auch seine Kehrseiten. Ueberhaupt kommt jede Maßregel der Straßenpflege, die darauf hinausgeht, den Straßengrund trocken zu erhalten, der Reinheit des Bodens zu statten.

Während der Periode, in der sich die Selbstreinigung des Bodens vollzieht, vermögen sich die günstigen gesundheitlichen Wirkungen von Verbesserungen im Städtereinigungswesen noch nicht im vollen Umfange geltend zu machen, sondern treten erst nach Beendigung dieser Periode ganz hervor. Auf diese Verhältnisse ist bereits oben, S. 30 ff., an der Hand einiger Beispiele besonders hingewiesen worden.

§ 42. Der Boden ist Sitz unendlicher Mengen von Mikroben, die in zwei große Gruppen zerfallen: Parasiten, die sich vom „Lebenden“, und Saprophyten, die sich vom „Toten“ nähren; erstere bilden die große Ueberszahl und es gehen unter ihrer Konkurrenz — Ueberwucherung — die mehr empfindlichen Parasiten oft zu Grunde.

Zwischen den beiden Arten giebt es Uebergangsformen, die als fakultative Parasiten, bezw. fakultative Saprophyten bezeichnet werden; doch sind diese Zwischenformen noch wenig genau bekannt; jedenfalls scheint ihre Zahl nur gering zu sein.

Im allgemeinen gilt von den Saprophyten, daß sie gesundheitlich harmlos sind, wenigstens was direkte Wirkungen auf die Gesundheit betrifft, daß ihnen aber Bedeutung insofern zukommt, als sie Konkurrenten der Parasiten um die Nahrung sind. Letzteren sind sie auch im allgemeinen in ihrer Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse überlegen; doch giebt es auch unter den Parasiten Arten besonders hoher Widerstandsfähigkeit, die sich bei einigen pathogenen Arten an vorübergehende besondere Formen knüpft. Die als „Werdeform“ zu bezeichnende Sporenform mancher Bakterien zeigt eine viel höher liegende Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit, Licht, Abtötungsmittel u. s. w.) als die Endform.

Die Bakterien sind entweder dauernde Bewohner des Bodens — wovon ein paar Arten bereits S. 65 genannt sind —, oder die Möglichkeit ihres Bestehens im Boden ist nur eine vorübergehende. Je nach der Länge des Zeitraums, mit dem man rechnet, wird die Grenze zwischen den beiden Arten sich verschieben. Die dauernden Bewohner des Bodens bilden aber die große Ueberszahl (vergl. S. 46).

Je mehr steril ein Boden, um so geringer ist die Bakterienzahl. Zuführung von Schmutzstoffen vermehrt daher die Zahl der Bodenbakterien; doch braucht die Vermehrung damit nicht im geraden Verhältnis oder einem ähnlichen andern zu erfolgen, weil selbst eine minimale Menge von tierischer Substanz ausreichende



Nahrungsmenge für viele Millionen Bakterien bietet. Es könnte als ein günstiger Umstand betrachtet werden, daß mit der Vermehrung der Schmutzstoffe im Boden eine große Vermehrung der Saprophyten stattfindet, da letztere wegen der Ueberwucherung im allgemeinen als Feinde der dort vorhandenen Parasiten gelten; doch muß beachtet werden, daß mit der Zuführung von Abfallstoffen zum Boden die Gefahr verbunden ist, daß mit den letzteren auch pathogene Bakterien zum Boden gelangen.

Der Aufenthalt von Bakterien im Boden ist im allgemeinen auf die oberste Schicht beschränkt, d. h. spezieller auf eine Schichtstärke von vielleicht 0,25 m. Diese Erscheinung erklärt sich aus den Ansprüchen, welche die Bakterien an Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w. machen, und aus der Ungunst der Verhältnisse, welche in den tieferen Bodenschichten allgemein vorliegen. Starke Belichtung — durch die Sonne — wirkt auf viele Bakterienarten hemmend oder auch vernichtend; es scheinen aber Feuchtigkeit und Wärme, sowie Kohlensäuregehalt des Bodens Faktoren zu sein, von welchen die Existenz derselben in ebenso hohem Maße wie von der Belichtung abhängt. Ein dunkelfarbiger, poröser, etwas feuchter, mit organischen Stoffen beladener Boden bietet nahe der Oberfläche den Bakterien die zusagendsten Lebensbedingungen; selbstverständlich spricht die besondere — chemische und mineralogische — Artung des Bodens dabei mit.

Es ist erklärlich, daß die Angaben über Bakterienbefunde des Bodens weit auseinander gehen. Nachstehende Zahlen, die auf 1 ccm Boden bezogen sind, lassen dies sowohl, als den Einfluß, den Bodentiefe und -Beschaffenheit auf die Verminderung der Zahl der Bakterien üben, erkennen.

In der Oberflächenschicht eines nicht gedüngten, und auch nicht mit irgendwelchen andern Abfallstoffen verunreinigten Bodens fand Fränkel in der Regel etwa 100 000 Keime, jedoch auch bis zu 350 000, in Kulturboden aber viel höhere Zahlen.

Im Berliner Boden ermittelte Fränkel:

an der Oberfläche . . . . .	45 000 bis $\infty$	Keime
in 1 m Tiefe . . . . .	200—150 000	"
" 2 " " . . . . .	100—200 000	"
" 3 " " . . . . .	0—34 000	"
" 4 " " . . . . .	0—8000	"

Wollny fand:

a) in sandigem Humusboden:		
in 3 m Tiefe . . . . .	44 000 000—45 000 000	"
" 4 " " . . . . .	10 000 000	"
" 5 " " . . . . .	8 000 000	"
" 6 " " . . . . .	5 000 000	"
b) in gelbem Lehm Boden:		
in 1,85 m Tiefe . . . . .	260 000	"
c) in Friedhofsboden:		
in 1,25 m Tiefe . . . . .	1152 000	"
" 1,85 " " . . . . .	438 000	"

Maggiora ermittelte an der Oberfläche:

von sandigem, vegetationslosem Boden . . .	1600	"
" Ackerboden . . . . .	11 000 000	"
" Straßengrund . . . . .	78 000 000	"
auf einem Friedhof . . . . .	600 000	"
" " " in 1,5 m Tiefe . . . . .	18 000	"

Von gewöhnlichem Boden enthält Ackerboden die meisten, Wiesenboden weniger und Waldboden die wenigsten Keime.



Von großem Einfluß auf die Keimzahl des Bodens erweist sich der Umstand, ob der Boden sogen. gewachsener oder berührter, in Bearbeitung befindlicher, ist; letzterer enthält die größere Anzahl von Keimen.

Wenn auch nach den obigen Zahlen selbst in 6 m Tiefe vereinzelt noch große Keimzahlen angetroffen wurden, so ist doch als erwiesen anzunehmen, daß in etwa 2 m Tiefe dem Gedeihen der Mikroben enge Grenzen gezogen sind; eine Vermehrung scheint dort kaum noch stattzufinden; mindestens gilt dies für pathogene Keime, die auch nur ganz ausnahmsweise in solche Tiefen gelangen können.

Der Erörterung der Bodentiefe, bis zu welcher Bakterien hinabgelangen, wohnt mit Bezug auf zwei Punkte besondere Bedeutung bei, und zwar:

- a) die Gewinnung von Grund oder Quellwasser;
- b) die etwaige Möglichkeit, daß mit den Leichen von an Infektionskrankheiten Verstorbenen pathogene Bakterien von der Begräbnisstätte aus mit dem Grundwasser, oder sonstwie im Boden verbreitet werden könnten.

Nach bisherigen Erfahrungen gilt es als sicher, daß die Tiefe von 8—10 m in unberührtem Boden überall genügt, um Bakterienfreiheit des dort angetroffenen Grundwassers erwarten zu können, Wasserfassungen in geringerer Tiefe aber keine ausreichende Sicherheit gewähren, und um so weniger, in je geringerer Tiefe sie stattfinden.

Zum Punkt b sind vom Reichs-Gesundheitsamt in den letzten Jahren ausgedehnte Untersuchungen angestellt worden, die ergeben haben, daß die ordnungsmäßige Erdbestattung der Leichen von an Infektionskrankheiten Verstorbenen keine gesundheitlichen Gefahren mit sich bringt. Besitzen, wie es der Fall ist, die Infektionserreger außerhalb des Körpers fast allgemein nur beschränkte Existenzfähigkeit, so wird bei ordnungsmäßigem Begräbnis in der Regel die Zeit, bis dieselben von der Leiche aus ins Grundwasser des umgebenden Bodens gelangen und in einiger Entfernung davon belegene Brunnen erreichen können, schon genügend zum Zugrundegehen derselben sein. Entsprechend hat man selbst Schädlichkeiten von zeitweiligen massenhaften Bestattungen von Leichen an Infektionskrankheiten Verstorbener bisher nicht beobachtet. Was dazu etwa die übliche Desinfektion mit Kalk gethan hat und was auf Rechnung anderer Faktoren kommt, läßt sich nicht feststellen.

Von der Regel, daß Mikroben nur bis zu beschränkten Tiefen im Boden vorkommen, scheinen einzelne Algenarten — den Spaltpilzen nahe verwandte Lebewesen — eine Ausnahme zu machen. Die sogen. Brunnenalge, auch Brunnenfaden genannt (*Crenothrix polyspora* oder *C. Kuehniana*), scheint sogar gerade in größeren Bodentiefen ihren Sitz zu haben.

§ 43. Die Art und Weise, wie Mikroben in die Tiefe des Bodens gelangen, kann sehr verschieden sein. Der einfachste Weg ergibt sich bei Freilegung tieferer Schichten, sei es auf künstliche Weise, z. B. bei der Bodenkultur, sei es auf natürliche Weise, indem durch Wasserablauf tiefere Schichten offen gelegt werden. Oft werden auch Gänge von Tieren oder Erdrisse den Mikroben Wege zu größeren Tiefen eröffnen. Sodann kommt das Einsickern mit Meteorwasser und Schmutzwasser in Betracht. Verwandt damit ist das tiefere Eindringen mit sinkendem Grundwasser und den Bewegungen des Kapillarwassers. Weiter ist ein Hineinwachsen von Mikroben in die Bodenporen in Betracht zu ziehen, wie es analog bei Sandfiltern beobachtet worden; doch mag dieser Weg, soweit es sich um Erreichung größerer Tiefen handelt, von nur wenig Bedeutung sein. Endlich ist als Transportmittel von Mikroben in und aus dem Boden auch an den Luftaustausch zwischen Boden und freier Atmosphäre zu denken; es kann aber dieser Möglichkeit nur eine relativ recht geringe Bedeutung beigemessen werden.



Wichtiger noch als die Frage nach dem Hineingelangen der Mikroben in den Boden, besonders in die Bodentiefe ist die andre, nach den Mitteln und Wegen, auf welchen sie den Boden wieder verlassen, und Zutritt zum Menschen gewinnen können.

Von der Bodenoberfläche aus können solche Bakterienarten, die Trockenheit vertragen, den Weg mit Luftströmungen und Staub nehmen. Zu dieser Art gehören auch zwei Schädlinge besonders schlimmer Art, die Typhusbacillen und die Bacillen der Tuberkulose; neben diesen beiden gefährlichen Arten, deren Uebertragung durch Luftbewegung sicher erwiesen ist, kommen wahrscheinlich noch andre Arten vor. (Vergl. hierzu Mitteilungen von Röchling über das Vorkommen von Keimen in Kanalluft in der Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege Bd. 27, 1895, H. 1.)

Als weitere Wege kommen in Betracht das Hängenbleiben an Geräten und Werkzeugen des Acker- und Gartenbaues, an der Fußbekleidung des Menschen, an Händen, die den Boden berühren, an Erzeugnissen des Acker- und Gartenbaues selbst, Verschleppen mit Tieren u. s. w. Was letztere Möglichkeit anbetrifft, so muß sowohl an Haustiere, als an Ungeziefer aller Art gedacht werden: Ratten, Mäuse, Käfer, Regenwürmer. Namentlich der Thätigkeit der Regenwürmer kommt in dieser Hinsicht eine größere Bedeutung zu, da sie in Krumenform beträchtliche Mengen von Erde selbst aus größeren Tiefen an die Oberfläche zu bringen vermögen.

Durch Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit kann keine Beförderung von Bakterien an die Oberfläche stattfinden, und ebenso wenig ist dem Transport der Bakterien mit aufsteigender Grundluft eine größere Bedeutung zuzusprechen; auch dem Transport mit aufsteigendem Kapillarwasser kann eine besondere Wichtigkeit nicht beigelegt werden.

Es ist aber daran zu denken, daß mit Bodenfeuchtigkeit oder durch Aufgraben hinter Gebäudemauern u. s. w. Bakterien mit Gebäudeteilen, unbelegten Kellerfußböden, Mauern u. s. w. in unmittelbare Berührung treten und so Zutritt zum Innern eines Gebäudes finden können.

Daß dies in noch viel höherem Maße von der verunreinigten Grundluft gilt, die um so leichter ihren Weg in Gebäude hinein findet, als die höhere Temperatur derselben aspirierend wirkt, braucht nur angedeutet zu werden. Es ist der Reinhaltung des Bodens gerade von diesem speziellen Gesichtspunkte aus eine ganz besondere Bedeutung beizumessen, auf die ein näheres Eingehen sich jedoch erübrigt.

Noch größere Bedeutung als der Grundluft ist mit Bezug auf die Gesunderhaltung der Wohnhausluft (auch die Fernhaltung von Bakterien) der Bodenfeuchtigkeit beizulegen, insofern diese die Gebäudemauern mit Feuchtigkeit durchdringt. Trockenhaltung oder Trockenlegung des Bodens, bezw. Senkung des hoch liegenden Grundwasserspiegels sind daher hoch berechnete Forderungen der Gesundheitspflege, denen in den technischen Vorkehrungen des Städtereinigungswesens die umfassendste Berücksichtigung gebührt. (Vergl. S. 28 ff.)