



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Die Städtereinigung**

**Büsing, F. W.**

**Stuttgart, 1897**

2. Kap. Bodenverunreinigung

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-83772](#)

## 2. Kapitel.

## Bodenverunreinigung.

§ 32. Gesundheitsschädigungen, welche von verunreinigtem Boden drohen, können sich in verschiedener Weise zeigen:

- a) Einige Infektionskrankheiten können vom Boden ihren Ausgang unmittelbar nehmen.
- b) Aus verunreinigtem Boden können Infektionserreger in offene Gewässer sowohl als in das Grundwasser geführt werden und so mittelbar Infektionen erzeugen.
- c) Aus anderweitens, dem Boden mitgeteilten Verunreinigungen können Stoffe der anorganischen Natur in offene und unterirdische Gewässer gelangen, welche den Genuss oder den anderweitigen Gebrauch des Wassers gesundheitsschädlich machen, oder auch seine Gebrauchsfähigkeit für sonstige Zwecke aufheben.
- d) In verunreinigtem Boden entstehen spezifische Gifte, welche den Weg zum Menschen unmittelbar oder mittelbar finden können.
- e) Bodenverunreinigung ist der allgemeinen Reinlichkeitspflege abträglich.

Zu a. Es sind einige Infektionserreger bekannt, deren mehr oder weniger beständiger Sitz der verunreinigte Boden ist; dies sind zunächst die Protozoen der Malaria. Die Protozoen rechnen einer Gattung von Kleinwesen zu, welche eine höhere Organisation als die eigentlichen Bakterien (ein zellige Gebilde) besitzt, die aber noch nicht genau umschrieben zu sein scheint. Zwar sind die Malaria-Protozoen bisher im Boden nicht aufgefunden worden; doch liegen Beweise in ausreichender Zahl vor, nach denen sie vom Boden ihren Ausgang nehmen müssen.

Der Bazillus des Wundstarrkrampfes (*Bac. tetani*) kommt in der oberen Schicht insbesondere von Gartenboden vor; ob er hier aber vermehrungsfähig ist, scheint noch nicht sicher festgestellt zu sein.

Gleichfalls in gedüngtem Boden hat der Bazillus der Wassergeschwulst (*Bac. Oedematis*) seinen Sitz.

Wenn gewisse Lebensbedingungen, die sich insbesondere auf Temperatur und Feuchtigkeit beziehen, im Boden erfüllt sind, können in demselben sich auch die Bazillen der Cholera und des Typhus eine Zeit lang halten und sich vielleicht dort auch vermehren.

Uebrigens ist das Vorkommen der vier hier genannten Bakterienarten auf die oberste Bodenschicht, eine nur dünne Lage an der Oberfläche, beschränkt, da schon in geringer Tiefe unter der Bodenoberfläche ihre Daseinsbedingungen nicht mehr erfüllt sind.

Vom Boden ausgehend können der Milzbrandbazillus und der Eingeweide-wurm (*Anchylostoma duodenale*) Infektionen bewirken.

Zu b genügt der Hinweis, daß die nahe an der Bodenoberfläche befindlichen Mikroben aller Art sowohl mit Staub, als durch den Abfluß des Oberflächenwassers in offene Rezipienten geführt werden, außerdem auch durch Gänge von Ungeziefer, Erdbrüche und Spalten zuweilen Gelegenheit finden können, in offenes Wasser zu gelangen, welches als Trinkwasser dient, oder zu andern Gebrauchszecken benutzt wird.

Zu c. In den Abfallstoffen des Hauses ist eine Reihe von Stoffen enthalten, welche, vermittelst des Bodens in Trink- und Brauchwasser gelangend, die Beschaffenheit desselben mehr oder weniger schädigen. Es gehören dahin Kalium-, Natrium-, Schwefel-, Chlor- und Kohlenstoffverbindungen, welche zwar, in geringen Mengen

zugeführt, das Wasser nicht nachteilig verändern, in größeren Mengen dagegen als schädlich gelten. Auch kann durch Zuführung einiger dieser Stoffe die Härte des Wassers vermehrt werden; in diesem Sinne können z. B. Schwefel- und Kohlenstoffverbindungen wirken, wenn zur Härtebildung geeignete Stoffe im Boden oder im Wasser vorhanden sind. Kohlensäure kann das Wasser eisenhaltig machen. Uebrigens ist die Thatsache anzumerken, daß Kochsalz und schwefelsaure Salze vom Boden mit einer gewissen Energie zurückgehalten werden, also jedenfalls erst nach längerer Zeit ins Grundwasser gelangen. Wenn daher solche Stoffe zu Zeiten in größeren Mengen in Grund- und Brunnenwassern angetroffen werden, so ist zu schließen, daß der Zeitpunkt, zu dem die Stoffe in den Boden gelangten, d. h. die Verunreinigung desselben stattfand, weit zurückliegt.

Zu den Punkten d und e kann im allgemeinen auf dasjenige verwiesen werden, was über Giftbildungen in Abfallstoffen, ihre Verbreitung und Gefährlichkeit auf S. 51 und dasjenige, was über Beeinträchtigung der allgemeinen Reinlichkeit auf S. 53 mitgeteilt ist. Doch bleiben über die besondere Rolle, welche der Kohlensäure des Bodens zukommt, einige Bemerkungen nachzutragen.

§ 33. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt des Bodens wird häufig als Maßstab für die Größe der Zersetzungsvorgänge, welche in demselben vor sich gehen, angesehen, doch nicht ganz mit Recht. Denn es wird zwar im allgemeinen die Menge der CO<sub>2</sub> mit der Tätigkeit der Fäulnisbakterien bei der Zersetzung von Faulstoffen wachsen und abnehmen. Es ist jedoch zu beachten, daß die an einer gewissen Stelle erzeugte Menge von CO<sub>2</sub> nicht an dieser Stelle bleibt, sondern durch die Bewegung der Bodenluft mit dieser sowohl in größere Tiefen hinabgeführt, als auch in wagcrechtem Sinne zu andern Stellen verbreitet werden kann. Ebenfalls wird durch Einsickern von Wasser CO<sub>2</sub> zu größeren Tiefen hinabgerissen. Demnach sehen wir regelmäßig, daß der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Grundluft mit der Tiefe in starkem Verhältnis zunimmt und übrigens in der Grundluft nahe der Oberfläche in weiten Grenzen wechseln kann; selbst an sehr nahe zusammenliegenden Stellen werden große Verschiedenheiten in dem CO<sub>2</sub>-Gehalt angetroffen. Zum Teil wirken dabei auch chemische Umbildungen, die im Boden stattfinden, mit, und zwar können dieselben sowohl Vermehrung als Verminderung der CO<sub>2</sub> zur Folge haben.

Hierzu ein Beispiel, welches von Smolensky in der Zeitschr. für Biologie Bd. IX mitgeteilt ist. Es wurden in den drei Ecken eines gleichseitigen Dreiecks von nur 4 m Seitenlänge, und an einem 60 m davon entfernten Punkte in gleichen Tiefen folgende CO<sub>2</sub>-Mengen in der Grundluft angetroffen (Liter auf 1000):

	1.	2.	3.	4. Punkt
I. Versuchsreihe	41,63	62,98	39,28	70,42
II. Versuchsreihe	54,07	62,16	49,48	77,73

Dem Wechsel des CO<sub>2</sub>-Gehalts der Grundluft entsprechen große Verschiedenheiten in der Zusammensetzung derselben. Während die Grundluft nahe unter der Oberfläche die Bestandteile der atmosphärischen Luft in gleichem Verhältnis wie diese aufweist, nimmt mit der Tiefe der Sauerstoffanteil immer mehr ab, und der Kohlensäuregehalt zu. Wenn auch dieser Ursache keine andern hinzuträten, würde die Erscheinung erklärt sein, daß die Luft in tief eintauchenden Kellerräumen einen höheren Gehalt an CO<sub>2</sub> aufweist, als die der über Tage liegenden Räume. In größerer Tiefe des Bodens kann der Sauerstoffgehalt der Grundluft bis auf Null herabgehen. Daraus finden Erstickungsfälle ihre Erklärung, welche bei in tiefe Brunnen hinabsteigenden Arbeitern mehrfach vorgekommen sind. In größeren Bodentiefen kann der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Grundluft auf 50 % und noch darüber steigen. In der Grundluft von Ackerboden werden (nach Gärtner, a. a. O.) bis zu 15 %, in

solcher sterilen Wüstenbodens bis etwa 0,09 % Kohlensäure angetroffen. Von derartigen Veränderungen in der Zusammensetzung der Grundluft wird auch das Grundwasser beeinflußt; in dem im Grundwasser enthaltenen Gasgemenge wird ebenfalls ein geringerer Anteil von Sauerstoff als in der atmosphärischen Luft angetroffen.

§ 34. Eine Schädigung der Bodenbeschaffenheit durch Schmutzstoffe, die nach mehreren Richtungen hin ungünstige Folgen äußert, liegt schon darin, daß als Wirkung der leimenden Substanzen, welche in Abfallstoffen enthalten sind, die Poren der oberen Bodenschicht verstopft werden. Diese Schicht wird dadurch für den Durchgang von Luft und Wasser unzugänglicher, für die Aufnahme von Wärme dagegen empfänglicher. Durch alle drei Änderungen wird Entstehung und Verlauf von Fäulnis im Boden begünstigt.

Indem mit der Menge der Abfallstoffe, die dem Boden zugeführt werden, die Menge der Bakterien zunimmt und fällt, könnte die in einer Bodenprobe angetroffene Zahl der Bakterien einen Maßstab für die stattgefundenen Verunreinigungen abgeben. Dieser Maßstab ist jedoch zu ungenau. Es finden sich in jedem Boden — wenigstens in jedem Boden, der Kulturen trägt — Bakterien, und es ist die Existenzmöglichkeit der Bakterien, sowie ihre Vermehrung, außer von der Gegenwart von organischen Stoffen an die Erfüllung verschiedener Bedingungen, besonders physikalischer Natur (Licht, Wärme, Feuchtigkeit u. s. w.) geknüpft. Deshalb können, selbst bei voller Uebereinstimmung in dem Verunreinigungszustande zweier, an verschiedenen Stellen entnommenen Bodenproben sich große Ungleichheiten in dem Bakteriengehalt derselben ergeben.

§ 35. Ein ziemlich klares Bild von dem Verunreinigungszustande einer Bodenprobe liefert dagegen der chemische Befund.

Um Bodenproben verschiedener Herkunft auf ihre Verunreinigung sicher beurteilen zu können, müssen dieselben, übereinstimmend, entweder unmittelbar an der Oberfläche, oder aus gleichen Tiefen unter der Oberfläche entnommen sein, da die Erfahrung lehrt, daß Abfallstoffe im allgemeinen nicht tief in den Boden eindringen und daß vermöge der Zurückhaltung, welche der Boden infolge seiner Filterkraft ausübt, die Verunreinigung mit der Tiefe abnimmt. Die Eindringungstiefe hängt teils von der Bodenstruktur, teils von der Form der Abfallstoffe ab. Was den Einfluß des erstgenannten Faktors betrifft, so beobachtet man, daß die Eindringungstiefe, wenn diejenige bei Thonboden = 1 gesetzt wird, bei:

Lehm Boden = 2, lehmigem Sand = 3, grobem, reinem Sand = 7 ist.

Da nun auch der Boden auf einige organische sowohl als anorganische Stoffe, die in Abfallstoffen vorkommen — wie z. B. Ammoniak, Kali, Magnesia, Phosphorsäure und eiweißhaltige organische Stoffe — stark bindend (zurückhaltend) wirkt, während andere Stoffe gleichen Ursprungs, wie Natron, Kalk, Chlor, salpetrige und Salpetersäure, Fette u. s. w., weniger zurückgehalten werden, so reicht die Bodenverunreinigung durch Abfallstoffe, die von oben zugeführt sind, meist nur in geringe Tiefen hinab, und werden davon in 5—6 m Tiefe gewöhnlich nur noch schwache Spuren, und zwar in Umbildungen, nur als Reste „vorhergegangener“ Verunreinigungen, angetroffen.

Die Größe der Verunreinigung wird beurteilt aus den angetroffenen Mengen a) der sogen. organischen Substanz, die ein Gemisch verschiedener Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen ist; b) des Ammoniaks, des Stickstoffs, des Chlors, der salpetrigen Säure und der Salpetersäure. Ein ungefähres Bild liefert der sogen. Glühverlust, d. h. derjenige Teil der Gesamtmenge der Fremdstoffe, welcher beim Glühen verflüchtigt wird. Das Bild ist jedoch unscharf, weil beim Glühen auch einige mineralische Stoffe flüchtig werden.

Aehnlich unbestimmt ist das Ergebnis der Untersuchung auf den Anteil an organischer Substanz, die mittels der sogen. Chamäleonprobe ausgeführt wird, indem man bestimmt, wie viel Gewichtsteilen übermangansaurem Kali (Kaliumpermanganat =  $KMnO_4$ ) durch die in einer bestimmten Bodenmenge enthaltene organische Substanz, vermöge der Oxydation derselben, der Sauerstoff entzogen wird. Anstatt der Angabe der Menge des verbrauchten  $KMnO_4$  erfolgt zuweilen auch die Angabe des in der Menge desselben enthaltenen Sauerstoffs, welche aus der Relation ermittelt wird:

$$O = \frac{KMnO_4}{3,95}, \text{ woraus umgekehrt } KMnO_4 = 3,95 \cdot O.$$

Betreffende Angaben in Analysen sind entweder auf Milligramm pro 1 l = Gramm pro 1 cbm oder auf 100 000 Gewichtsteile des untersuchten Körpers bezogen. Es besteht, wie leicht erkennbar, unter diesen Angaben das Verhältnis:

$$x \text{ Gewichtsteile pro } 100\,000 = 10 \cdot x \text{ mg pro } 1 \text{ l} = 10 \cdot x \text{ g pro } 1 \text{ cbm.}$$

Während die Angabe in Milligramm für 1 l für Wasser die fast allgemeine ist, werden Angaben für Boden gewöhnlich auf 1 kg oder auch 1 cbm, bzw. 1 ccm oder 1 g bezogen. Angaben von Bakterienzahlen und Keimen in Wasser gelten fast immer für 1 ccm.

Eine zuweilen vorkommende gesonderte Angabe der in der organischen Substanz enthaltenen organischen Stickstoff- und organischen Kohlenstoff-Menge ist wenig scharf und wird auch nur selten ausgeführt.

Angaben der Analyse über die vorgefundene Ammoniakmenge werden neuerdings zuweilen gesondert in flüchtiges Ammoniak ( $NH_3$ ) und Albumenoid-Ammoniak; letzteres ist an Eiweißkörper gebundenes Ammoniak, welches neben dem in flüchtiger Form nachgewiesenen in der Probe vorhanden ist.

Das schärfste Bild einer von Abfallstoffen tierischer Herkunft herrührenden Bodenverunreinigung ergibt die angetroffene Menge von organischen Stickstoff. Derselbe kann in mehreren Formen vorhanden sein: in der organischen Substanz, im Ammoniak, in der salpetrigen Säure (den Nitriten) und in der Salpetersäure (den Nitraten). —

Was zunächst die Abnahme der Verunreinigung mit der Bodentiefe anbetrifft, so werden darüber hier folgende drei Zahlenreihen mitgeteilt:

Fodor fand bei mehreren hundert Aufgrabungen in Budapester Boden, Milligramm in 1 kg:

Tiefe	Organ. N	Organ. C	Ammoniak ( $NH_3$ )	Salpetrigsäure ( $HNO_2$ )	Salpetersäure ( $HNO_3$ )
1 m	403	4670	12,8	0,98	140
2 "	321	4810	10,2	1,14	155
4 "	210	2900	7,3	1,14	177

In Rigaer Boden wurden noch viel stärkere Verunreinigungen ermittelt, wie folgende Zahlen ergeben:

Tiefe	Organ. N	Organ. C	Ammoniak ( $NH_3$ )	Salpetrigsäure ( $HNO_2$ )	Salpetersäure ( $HNO_3$ )
In der Peters- burger Vorstadt	1,0 m	584	19130	106	13,3
	2,5 "	177	6280	52	7,3
	4,5 "	113	8590	35	2,7
Im Innen- der Stadt	1,0 m	1016	27110	45	7,0
	2,5 "	1231	25520	110	3,0
	4,5 "	1164	39010	5	1,6

Sowohl die Budapester als die Rigaer Zahlen stellen sehr bedeutende Verunreinigungen dar, welche nur durch ungewöhnliche Verhältnisse erklärt werden können. Solche sind einerseits in mangelhafter Reinlichkeitspflege, anderseits in der Bodenbeschaffenheit beider Städte zu erkennen. Der Boden in Budapest ist grober, stark durchfeuchteter Kies, der Boden in Riga lockerer, etwas eisenschüssiger Sand, aus Feldspath, Glimmer und Hornblende (den Bestandteilen des Granits) bestehend.

Beide Beobachtungen zeigen, daß in durchlässigem Boden die Verunreinigungen in beträchtliche Tiefen eindringen können.

Die Zusammensetzung verunreinigten Bodens im Vergleich zu reinem (Normal-Boden) zeigen folgende Angaben.

Wolffhügel fand in Münchener Boden:

Herkunft der Bodenproben	In kaltem Wasser lösliche Stoffe					In kaltem Wasser unlösliche Stoffe	
	Ins-gesamt	Organ. Substanz	Glüh-verlust	Chlor	Salpeter-säure	Glüh-verlust	Stick-stoff (N)
	Gramm in 1 cbm					Gramm in 1 cbm	
1. Boden normaler Beschaffenheit aus der Nähe des Physiolog. Instituts, aus 3,7 m Tiefe entnommen . . . . .	211	118	52	10	12	1504	14
2. Desgl. aus der Nähe von sechs Abtrittgruben aus 2,4 m Tiefe entnommen (Mittelzahlen) . . .	603	1257	185	110	19	5461	60
3. Desgl. aus der Nähe einer Düngergrube(4,5 m Entfernung) aus 2,3 m Tiefe entnommen . . . . .	4710	2330	1500	330	460	39772	956
4. Desgl. hinter Kanalwänden, an neun Stellen aus 3,6 m Tiefe entnommen . . . . .	217	98	91	21	18	3356	55

Fodor ermittelte an Budapester reinem und verunreinigtem Boden, und zwar in 1 kg getrocknetem Boden, Milligramm:

	Reiner Boden			Verunreinigter Boden		
	Organ. N	Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	Salpetersäure (HNO <sub>3</sub> )	Organ. N	Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	Salpetersäure (HNO <sub>3</sub> )
Probe 1	17,0	2,1	32	2437	426,4	0
, 2	33,0	2,0	48	1098	204,7	0
, 3	72,0	4,1	216	1112	202,0	0
Eine große Reihe von Proben .	68,6	6,9	121	1132	33,5	217
Mittel aus den 67 reinsten Bodenproben.			Mittel aus den 40 am meisten verunreinigten Bodenproben.			

Fleck fand im Dresdener Straßengrunde bei 28 Proben in 1 kg zwischen 20 und 2180 mg organischen N und im Mittel 30—40 mg Ammoniak, Flügge desgleichen in drei Proben Berliner Straßengrundes 1040, 1220 und 1770 mg, und im Leipziger Straßengrund, gleichfalls ähnlich, bezw. 1040, 1210 und 2450 mg organischen N.

Die obigen Zahlen sind geeignet, die Größe der Einwirkung besonderer Faktoren, wie z. B. die Nähe von Dünger- und Abortsgruben, erkennen zu lassen. Sie erweisen ferner, daß der Boden unter städtischen Straßen allgemein stark verunreinigt ist, weil hier Anhäufung der Schmutzstoffe stattfindet, teils als Folge dauernden Eindringens sowohl in trockenem als feuchtem Zustande, teils weil infolge der geringen Zugänglichkeit für Luft die Mineralisierung der im Straßengrunde vorhandenen Schmutzstoffe besonders lange Zeit erfordert. Den höchsten Grad von Verunreinigung erweist der Straßengrund unter den Standplätzen des öffentlichen Fuhrwerks — weil die flüssigen Abgänge der Pferde ganz besonders ammoniakreich sind — wenn nicht Belegung dieser Plätze mit wasserundurchlässigem Pflaster erfolgt.

Die oben mitgeteilten Zahlen Wolffhügels — wie auch von andern Autoren ausgeführte Feststellungen — erweisen ferner die sehr bemerkenswerte Thatsache, daß unter gut gebauten Straßenkanälen eine Bodenverunreinigung kaum stattfindet, jedoch das Gegenteil bei Boden in der Umgebung von Abortsgruben der Fall ist. Die Gründe dieser Erscheinung werden an späteren Stellen klargelegt werden. Daß indes die günstigen Beobachtungsresultate Wolffhügels nicht auf mangelhaft gebaute Kanäle übertragen werden dürfen, zeigen Ermittelungen Feichtingers für Münchener Boden und Fodors an Budapester Kanälen\*). Die Zahlen Fodors folgen hier; sie geben Milligramm für 1 kg Boden:

Bodenproben entnommen	Organischer N	Organischer C
Ueber Kanälen . . . .	47	1344
	73	4066
Unter Kanälen . . . .	5043	6882
	5182	51400

Boden in 1, 2 und 4 m Tiefe unmittelbar an Häusern entnommen mit verschiedener Bewohnungsdichte enthielt:

31 Häuser, Bewohnerzahl bis 50, organischer N	249 mg in 1 kg
47 , , 50—100, , ,	329 , , 1 ,
21 , , 100 u. mehr, , ,	426 , , 1 ,

Diese Zahlen bilden ein schlagendes Beispiel für die Thatsache, daß mit der Bewohnungsdichte auch die in den Boden gelangende Menge von verunreinigenden Stoffen zunimmt (vergl. die Erörterungen S. 27 ff.).

§ 36. Es liegt an dieser Stelle ein kurzer Vergleich nahe über die früher oft überschätzte Bodenverunreinigung durch Friedhöfe. Vielfache in der neueren Zeit ausgeführte Untersuchungen haben das Irrige dieser Ansicht ergeben, was sich im übrigen auch rechnungsmäßig leicht nachweisen läßt: Es scheidet eine Person täglich in den Dejekten 10—12 g Stickstoff aus; bei 12 g im Jahre 4,38 kg. Es kommt dieser Menge der in den Abfällen der Speisenbereitung vorhandene Stickstoff, ferner derjenige, der im Dünger der Haustiere, der Vögel, im Straßenschmutz u. s. w. enthalten ist, hinzu, welchen man nicht viel geringer als den in den Ausscheidungen des Menschen enthaltenen anzunehmen hat. Rechnet man 75 %, so würde die auf einen Kopf entfallende Jahres-Stickstoffmenge rd. 7,5 kg sein. Es werde angenommen, daß hiervon, sei es durch Abfuhr, sei es durch Abschwemmung, reichlich die

\*) Pettenkofer, Das Kanal- u. Sielsystem in München. München, 1869.

Hälften entfernt wird, so hat der Boden in der Nähe der Wohnstätten pro Kopf und Jahr 3,5 kg aufzunehmen. Ist nun 1 ha des Stadtgebietes von 200 Menschen bewohnt, so ergibt dies 700 kg Stickstoff, der dem Stadtboden einverleibt wird.

Nimmt man anderseits die hohe Sterblichkeitsziffer von 30 pro Tausend an, so ergiebt dies für 200 Bewohner sechs Sterbefälle im Jahr; mit derselben werden je 1,5 kg Stickstoff dem Friedhofe zugeführt. Dieselben verteilen sich bei ordnungsmäßiger Begräbnisweise auf eine Grabstellenfläche, die man zu  $6 \times 3,5$  oder 20 qm annehmen kann, und bei einem Begräbnisturnus von nur 15 Jahren auf 15 Jahre. In diesem Zeitraum empfängt der Friedhof von 200 Stadtbewohnern  $15 \times 6 = 90$  Leichen und  $90 \times 1,5 = 135$  kg Stickstoff, auf  $\frac{90}{6} \cdot 20 =$

300 qm Fläche, also auf 1 ha Fläche  $\frac{10\,000}{300} \cdot 135 = 4495,5$  kg. Die Zuführung beträgt daher in einem Jahr  $4495,5 : 15 = 300$  kg.

Verglichen mit der Stickstoffmenge von 700 kg, die 1 ha in mittlerer Dichte bewohnten Stadtgebiet aufzunehmen hat, sind dies nur 43 %, und diese Zahl hat sich unter sehr ungünstigen Annahmen, was die Friedhofs-Ausnutzung betrifft, ergeben, unter im allgemeinen günstigen, was die Bewohndichte in der Stadt und die Sterblichkeit betrifft. Man kann daher annehmen, daß unter mittleren Verhältnissen die Verunreinigung, die der Friedhofsgrund erfährt, erheblich geringer als die des Stadtbodens ist.

§ 37. Es kann die Aufgabe gestellt sein, stark verunreinigten Boden in kurzer Frist wieder zu reinigen; dann bietet sich nur die Anwendung sogen. künstlicher Mittel, und handelt es sich um Maßregeln, die streng genommen, dem Gebiete der Desinfektion angehören. Ohne hier vorzugreifen, sollen doch die Verfahren kurz mitgeteilt werden, welche in ein paar besonderen Fällen — die sich aber leicht wiederholen können — angewendet worden sind. In dem einen Fall handelte es sich um die Reinigung einer beträchtlichen Menge von stark verunreinigtem Schlamm, der aus einem Kanal ausgehoben war. Im andern Fall war der schlammige Grund in dem Becken eines größeren Teiches zu reinigen.

Nach einer Mitteilung in der Revue hygiene 1894 war das Verfahren im ersten Falle folgendes: Der Schlamm wurde von der Kanalsohle mittels eines pneumatischen Baggers auf das Ufer gefördert, und es ward demselben schon während der Hebung Eisenvitriol in der Menge von 0,5 kg auf 1 cbm zugesetzt, wodurch Geruchlosigkeit erzielt ward. Man entleerte den Schlamm in große Bassins und setzte demselben dabei Aetzkalk in der Menge von 1 kg auf 1 cbm zu.

Anders war das bei der Reinigung des Teichgrundes zur Anwendung gebrachte Verfahren: Man schöpfte das Wasser bis auf eine 15 cm hohe Schicht aus, und schüttete alsdann in die etwa 2500 cbm ausmachende Schlammemenge zunächst 300 kg Eisenvitriol und kurz darauf 800 kg Kalkmilch. Nach zwei Tagen entfernte man das überstehende Wasser und schüttete alsdann auf den Schlamm so lange Eisenvitriol und Kalkmilch, bis der Geruch völlig aufgehört hatte. Alsdann ließ man den Schlamm an freier Luft trocknen, um ihn erst später zu entfernen.

Einen ausreichenden Erfolg beider Verfahrensweisen konnte man in der Thatssache erblicken, daß unter den bei beiden Ausführungen angestellten zahlreichen Arbeitern kein Erkrankungsfall vorkam.

Um der Bodenverunreinigung durch Leichenstoff zu steuern, werden die Leichen mit Aetzkalk beschüttet, der in doppelter Weise wirksam ist: er nimmt große Mengen Feuchtigkeit auf und vernichtet niederes mikroskopisches Leben.

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 feinster 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: