



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Die Städtereinigung**

**Büsing, F. W.**

**Stuttgart, 1897**

1. Kap. Reiner Boden

---

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

### III. Abschnitt.

## Boden und Bodenverunreinigung.

#### 1. Kapitel.

### Reiner Boden.

§ 23. Sowohl die Art des Verlaufs von Zersetzung (Fäulnis oder Verwesung) der in den Boden gelangten Verunreinigungen, als die Dauer des Vorgangs sind von einer ganzen Anzahl von Faktoren abhängig: chemische und physikalische Beschaffenheit des Bodens, Oberflächengestalt, Feuchtigkeit und Temperatur desselben. Von denselben Eigenschaften hängt auch die Fähigkeit der sogen. Selbstreinigung des Bodens ab. Teils wirken die genannten Faktoren direkt, teils üben sie indirekt Wirkungen, indem sie das Mikrogenleben des Bodens beeinflussen.

Kalkarmut des Bodens verzögert die Zersetzung, Kalkreichtum befördert dieselbe. In humusreichem Boden pflegt Zersetzung rasch zu verlaufen; im sauren Torfboden schreitet dieselbe nur sehr langsam vor und unterbleibt zuweilen ganz, wogegen Verseifung (S. 43) eintritt. In Kiesboden verwesen Kinderleichen schon in vier Jahren und noch kürzerer Zeit, Leichen Erwachsener in höchstens sieben Jahren, während in schwerem Leimboden mindestens fünf bzw. neun Jahre notwendig sind.

Mit der chemischen Beschaffenheit des Bodens steht die Färbung desselben in Zusammenhang, die aber auch an sich von Bedeutung für Zersetzungs Vorgänge ist, da mit der Färbung die leichte oder schwierige Erwärmung des Bodens zusammenhängt. Dunkelfarbiger Quarz-, Kalk- und Thonboden speichert die Wärme mehr auf als hellfarbiger Boden gleicher Art, und wird, entsprechend, bei Sonnenbestrahlung um etwa 20 % höher erwärmt, als dieser. Aber die höhere Erwärmung kann auf die zersetzende Thätigkeit von Bodenmikrogen sowohl fördernd als hemmend wirken, während sie chemische Umbildungen allgemein begünstigt. Bei Sonnenbestrahlung gehen aber manche Mikrogenarten rasch zu Grunde, oder werden doch in ihrer Entwicklung gehemmt. Bei gleicher Beschaffenheit der Struktur und Färbung wird eine Bodenfläche um so höher erwärmt, je mehr senkrecht dieselbe von den Sonnenstrahlen getroffen wird, und umgekehrt. Der Boden an steilen, nach Süden gewendeten Hängen hat daher im allgemeinen erheblich höhere Temperaturen als flache Hänge oder ebene Flächen. Nach Norden gerichtete Hänge sind kalt, während westlich und östlich gerichtete mittlere Temperaturen besitzen.

Den Einfluß der chemischen Beschaffenheit des Bodens auf dessen Temperatur erweisen folgende Zahlen über die spezifische Wärme, die auf die spezifische Wärme des Wassers = 1 bezogen sind und für trockenen Zustand gelten:



Granitboden . . . . .	0,380	Schwerer Thonboden . . . . .	0,274
Kalkboden . . . . .	0,339	Leichter Thonboden . . . . .	0,254
Heideboden . . . . .	0,312	Luft . . . . .	0,238
Humoser Lehm Boden . . . . .	0,310	Quarzsand . . . . .	0,196
Reiner Thon . . . . .	0,293	Kalksand . . . . .	0,150
Thonige Erde und Mergelboden . . . . .	0,284		

Danach erfordert Granitboden zur gleich hohen Erwärmung etwa die doppelte Wärmemenge als Sandboden, und im allgemeinen beträgt die spezifische Wärme von Boden etwa 0,3 derjenigen des Wassers. Doch würde der Schluß, daß feuchter Boden etwa in dem Verhältnis  $\frac{1,0}{0,3}$  leichter erwärmt wird als Wasser, unzutreffend sein, weil dabei der Einfluß der Zeit außer acht gelassen ist. Wasser leitet Wärme etwa 20mal so rasch als Luft und es kann daher feuchter Boden etwa in dem Verhältnis von  $\frac{20}{3,33} = 6$ , d. h. in nur etwa  $\frac{1}{6}$  der Zeit auf gleich hohe Temperatur mit trockenem Boden gelangen.

In dem Wärmespeicherungsvermögen und in der Verschiedenheit der Wärmeleitung ist die Erscheinung begründet, daß von den Sonnenstrahlen getroffene Gegenstände, wie z. B. die Oberflächenschicht des Bodens, höhere Temperaturen annehmen können, als die Sonnenstrahlen selbst besitzen, daß aber die höhere Wärme nur wenige Centimeter tief in die Schicht eindringt. Dunkel gefärbter trockener Sandboden kann unter der Sonnenbestrahlung über 50° hinaus erwärmt werden. Entsprechend kann sich bei ihm auch eine stärkere Abkühlung durch Wärmeausstrahlung zeigen; doch hängt diese auch von der Wärmeleitung ab. Feuchter Boden wird wegen der größeren Leitungsfähigkeit rascher und stärker abkühlen als trockener.

Die durch den Wechsel in der Temperatur eines Tages erzeugten Wechsel in der Bodentemperatur pflanzen sich nur bis zu geringer Tiefe fort. Die so hervorgerufenen Wärmeschwankungen des Bodens werden schon in der Tiefe von 0,5 bis 1,0 m unmerkbar, wogegen die sogen. Monats- und die Jahresschwankungen sich in größerer Tiefe, wenn auch stark abgeschwächt, zeigen. Je nach der Bodenbeschaffenheit herrscht in Bodentiefen von 16—33 m vollkommene Beständigkeit der Temperatur.

§ 24. Indem Erwärmung und Entwärmung des Bodens besonders von der Bodenfeuchtigkeit und dem Luftgehalt abhängen, und diese in der Hauptsache eine Funktion der Bodenstruktur ist, kommt letzterer dabei eine Hauptrolle zu.

Einen annähernd richtigen Maßstab für die Bodenstruktur gewährt das Porenvolumen. Beim sogen. natürlichen, durch Verwitterung gebildeten Boden beträgt das Porenvolumen etwa 30 %. Genauere, von Flügge, Schwarz, Renk und Anderen ermittelte Zahlen sind folgende:

		Porenvolumen in Prozenten
Kies . . . . .		38,3—40,1
Korn < 7 mm . . . . .		36,7
< 4 " . . . . .		36,0
< 2 " . . . . .		36,0
Sand . . . . .		35,6—40,8
Grobsand, Korn 1—2 mm . . . . .		39,4
Gemenge aus gleichen Teilen Kies und Sand . . . . .		23,1—28,8
Lehm . . . . .		36,2—42,5
Thon mit Anteilen von organischen Stoffen . . . . .		52,7
Humusarmer, sandig-lehmiger Boden . . . . .		55,3
Humoser kalkiger Lehm-Sandboden . . . . .		56,8



Es ist aus diesen Zahlen zu schließen, daß für das Porenvolumen die Korngröße bestimmend ist, noch mehr als diese jedoch die Mischung der verschiedenen Korngrößen. Boden aus Körnern von gleicher Größe hat, wenn das Korn „fein“ ist, das höchste Porenvolumen; während Boden, in welchem möglichst alle Korngrößen in Mischung enthalten sind, das kleinste Porenvolumen besitzt.

Die Durchlässigkeit des Bodens für Luft hängt hauptsächlich von Luftdruckunterschieden und von dem Porenvolumen ab, wegen der von der Form der Poren abhängigen Größe des Reibungswiderstandes aber nicht nur von letzterem, sondern auch von Korngröße und Kornform; daß auch noch andre Umstände dabei mitwirken, ist aus dem, was vorangeschickt, leicht erkennbar. Ein allgemein gültiges Gesetz für die Luftdurchlässigkeit von Boden wird daher kaum aufstellbar sein; wenigstens nicht ein solches, das für Schichten von einiger Dicke Geltung beanspruchen kann; mit der Schichtdicke wird die Luftdurchlässigkeit abnehmen. Bezeichnet  $M$  die Menge der in der Zeiteinheit durchgegangenen Luftmenge,  $h$  die wirksame Druckhöhe,  $d$  die Schichtdicke,  $p$  das Porenvolumen und sind  $m$  und  $n$  Koeffizienten, in welchen die mitwirkenden Nebeneigenschaften zum Ausdruck kommen, so kann das Gesetz für den Luftdurchgang in folgender Form gegeben werden:

$$M = \frac{m p \sqrt{h}}{n d}.$$

Ueber die Koeffizienten  $m$  und  $n$  ist nichts weiteres bekannt, als daß sie etwa den Bedingungen entsprechen werden:

$$m \leq 1 \quad n < 1.$$

Wahrscheinlich werden  $m$  und  $n$  mit  $p$  und  $h$ , bzw. mit  $d$  wieder veränderlich sein.

Renk\*) und Fleck haben aus Beobachtungen folgende Luftdurchgangsmengen ermittelt, welche für die Bestimmung von  $m$  und  $n$  einigen näheren Anhalt gewähren können:

#### 1. Beobachtungen von Renk:

Bodenart	Porenvolumen %	Druck in Wassersäulenhöhe mm	In 1 Minute durch Schichten gleicher Dicke gegangene Luftmenge l	Genauere Definition der Bodenart
1. Feinsand . . . .	55,5	20	0,00233 = 1	Korngröße < 0,3 mm
2. Mittelsand . . . .	55,5	20	0,112 = 48	„ 0,3—1,0 „
3. Grobsand . . . .	37,9	20	1,280 = 549	„ 1,0—2,0 „
4. Feinkies . . . .	37,9	20	6,910 = 2966	„ 2,0—4,0 „
5. Mittelkies . . . .	37,9	20	15,540 = 6670	„ 4,0—7,0 „

#### 2. Fleck fand bei lufttrockenem Boden:

- bei Mischungen von Kies und Sand, daß, wenn das Porenvolumen von 49,7 % auf 41,3 % abnahm, sich die durchgegangene Luftmenge von 100 % auf 36,88 % verminderte, und
- bei Mischungen aus Sand und Thon, daß die Verminderung des Porenvolumens von 56,4 % auf 54,8 %, die durchgegangene Luftmenge eine Verminderung von 100 % auf 35,6 % erlitt.

\*) Prausnitz, Grundzüge der Hygiene. München 1892.



Die in den Versuchen Renks gefundenen Unterschiede sind sehr auffällige.

Uebrigens lassen beide Zahlenreihen keine Verallgemeinerung auf sogen. „gewachsenen“ Boden zu, weil bei diesem die Lagerungsverhältnisse der Bodenkörner völlig andere als bei künstlich hergestellten Bodenproben sind.

Je mehr leimende (Kolloid-)Substanzen und je mehr Feuchtigkeit im Boden vorhanden ist, um so geringer ist seine Luftdurchlässigkeit und umgekehrt. Feuchtigkeit kann aber im Boden in mehreren Formen vorhanden sein. In der Form von Eis kann es bei vorher nicht ganzer Ausfüllung der Poren letztere vollständig verschließen und den Luftdurchgang aufheben.

§ 25. Die durch Adhäsion an der Oberfläche der Körner festgehaltene Wassermenge drückt die sogen. „wasserbindende Kraft“ des Bodens aus, welche für verschiedene Bodenarten ungleich ist, und teils von der Form der Körner, teils von dem Oberflächenzustande, teils von der chemischen Beschaffenheit des Bodens abhängt.

Als Kapillarwasser wird Wasser bezeichnet, welches durch Wirkung der sogen. Haarröhrchen (kleiner unregelmäßiger Gänge zwischen den Bodenkörnern) aus der Tiefe angesaugt und festgehalten wird. Die Größe der Kapillarkraft gelangt sowohl durch die Höhe, zu der das Wasser gehoben, als durch die Menge, in der es festgehalten wird, zum Ausdruck. Letztere — gewissermaßen die Schichtdicke — hat aber, gleichwie die Höhe, ihr Maximum. In dem Augenblick, wo das Mengenmaximum überschritten wird, sinkt das Kapillarwasser wieder in die Tiefe, nur so viel zurücklassend, als an den Körnern vermöge Adhäsionswirkung festgehalten werden kann. Je größer die Bodenporen, um so geringer das Kapillarvermögen des betreffenden Bodens und umgekehrt. Im Boden aus feinstem Sand mit 0,1 mm Korngröße kann Wasser durch Kapillarkraft bis etwa 1 m hoch gehoben werden; bei 0,5—1,0 mm Korngröße ermäßigt sich diese Höhe vielleicht bis auf 0,1 m; in Lehm- und Moorboden werden besonders große Höhen erreicht.

Speisung des Bodens mit Feuchtigkeit findet von unten aus durch Kapillarkraft, von oben aus durch Kondensation und Einsickerung statt. Es wird der in den Boden eindringenden atmosphärischen Luft, wenn die Temperatur im Boden niedriger als über Bodenoberfläche ist, so lange Feuchtigkeit entzogen und im Boden niedergeschlagen, bis das der Bodentemperatur entsprechende Sättigungsmaximum erreicht ist; damit der Vorgang stattfinden kann, soll jedoch niedrige Temperatur unter Bodenoberfläche keine unerläßliche Bedingung sein.

Wie der Boden aus der Grundluft Feuchtigkeit aufnimmt, so giebt er dieselbe unter umgekehrten Verhältnissen auch wieder ab, d. h. er trocknet aus. Je luftreicher der Boden, je rascher die Austrocknung, und umgekehrt. Doch wirken dabei auch chemische Faktoren mit; es scheint aber zu diesem Punkte bisher noch wenig Genaues festgestellt zu sein. Man beobachtet, daß die sogen. kompakten Bodenarten, wie Lehm, Humus u. s. w. Feuchtigkeit viel schwerer abgeben, als lockerer Boden.

Die große gesundheitliche Bedeutung, welche Kapillar- und Kondensationswirkung, sowie Austrocknung des Bodens besitzen, bedarf der besonderen Hervorhebung kaum.

Sehr verwickelte Erscheinungen zeigt das Verhalten des in den Boden eindringenden Tagwassers, des sogen. „Sickerwassers“, das einen gewissen Anteil der Niederschlagsmenge bildet, da ein Teil der letzteren verdunstet, ein anderer Teil abfließt. Wie groß diese beiden Teile sind, hängt von Besonderheiten des Ortes (Sättigungsdefizit der Luft, Luftbewegung, Oberflächengestalt und -beschaffenheit) ab. Die Verdunstung ist aber mit dem Eintritt des Tagwassers in den Boden nicht zu Ende, sondern wird alsdann in der Regel größer sein, als wenn die Verdunstung



aus der geschlossenen Masse an der Oberfläche stattfindet, weil im Boden die Berührungsfläche mit der Luft gewöhnlich die größere sein wird. Diejenige Wassermenge, welche die Poren vollständig ausfüllt, also inhaltgleich dem Porenvolumen ist, nennt man die Wasserkapazität des Bodens.

§ 26. Was die Verdunstungsgröße an der Bodenoberfläche betrifft, so haben Beobachtungen an den bayerischen forstlichen Versuchsstationen\*) folgendes ergeben:

1. Von nackten Bodenflächen und Flächen mit toter Bedeckung verdunstet weniger, von Flächen mit lebender Bedeckung (Pflanzenwuchs) mehr Wasser als von Wasserflächen.
2. Je dichter die Bodenstruktur, je größer ist die Verdunstung. Von lockeren Oberflächen verdunstet daher weniger Wasser als von dichteren.
3. Dunkle Färbung des Bodens vermehrt die Verdunstung so lange, bis eine gewisse Wassermenge abgegeben ist.
4. Bei wellenförmiger Gestalt der Oberfläche wird mehr Wasser verdunstet als bei ebener.
5. An südlich gerichteten Abhängen ist die Verdunstung am größten; alsdann folgen in der Reihe Ost-, West-, Nordabhängen.
6. Einer Neigung des Hanges von 20—30° entspricht die größte Verdunstung am Südabhänge; dagegen findet an Nordabhängen das Umgekehrte statt.
7. Die Verdunstung ist um so geringer, je höher das Grundwasser liegt; doch spricht das Kapillarwasser des Bodens dabei mit; und zwar verdunstet letzteres am stärksten. Da aber die kapillare Hebung beschränkt ist, folgt, daß mit der größeren Höhenlage des Grundwassers auch die Verdunstung des Kapillarwassers geringer wird.

Die Verdunstungshöhen von geschlossenen Wasserflächen, auf welche im Vorstehenden häufig Bezug genommen ist, sind unerwartet hohe. Beobachtungen französischer Experimentatoren haben, auf das Jahr berechnet, Verdunstungshöhen ergeben, die zwischen 557 mm und 1231 mm liegen. Die Mittelzahlen bewegen sich etwa um 600 mm. 14jährige Beobachtungen in Augsburg\*\*) lieferten folgende Verdunstungsgrößen an von der Sonne getroffenen Wasserflächen:

		772 mm
Januar . . .	15 mm	Juli . . . . . 221 "
Februar . . .	65 "	August . . . . . 223 "
März . . . .	113 "	September . . . . . 198 "
April . . . .	174 "	Oktober . . . . . 115 "
Mai . . . . .	200 "	November . . . . . 76 "
Juni . . . . .	205 "	Dezember . . . . . 21 "
	772 mm	zusammen 1626 mm

Diese Zahlen lassen mit besonderer Deutlichkeit den Einfluß, den die Jahreszeit übt, erkennen.

§ 27. Die Einsickerungsmenge richtet sich teils nach der Bodenstruktur, teils nach der Intensität, mit welcher der Regen fällt.

Bei grober Struktur findet das Wasser rasch und in relativ großen Mengen Zutritt zu den unteren Schichten, bezw. unmittelbar zum Grundwasser, und wird die obere Bodenschicht rasch wieder leer. Ein zeitweiliges Hindernis in dem Sinken kann sich aber ergeben, wenn der Regen mit besonderer Heftigkeit fällt, indem alsdann eine vollständige Ausfüllung der Poren stattfinden kann, welche das Entweichen der

\*) Handbuch d. Ingen.-Wissensch. Bd. 3. 1. Abt., 1. Hälfte.

\*\*) Becker, Die Wasserversorgung von Königsberg i. Pr. Königsberg.



Grundluft nach oben verhindert. Diese wird abwärts gedrückt und erleidet dabei vorübergehend vielleicht eine Kompression, welche selbst einer beträchtlichen Wassersäule das Gleichgewicht zu halten vermag.

Abweichend ist der Vorgang bei feiner Bodenstruktur, da hier Kapillarhebung, Adhäsion, Reibung, einen beträchtlichen Teil des Drucks der einzelnen fein verteilten Wassersäule aufheben. Die obere Bodenschicht füllt sich langsam, und der Widerstand, den die Bewegung der einzelnen Wassersäulen findet, wird unter der Gegenwirkung der genannten Faktoren mit der Tiefe immer größer. Schließlich, wenn nach Durchsickerung einer gewissen Tiefe die lebendige Kraft des einsickernden Wassers durch die Widerstände aufgezehrt ist, tritt Stillstand ein und das Wasser bleibt in feiner Verteilung hängen, so lange, bis durch Nachsickern einer andern Säule wiederum neues Arbeitsvermögen gewonnen wird, oder auch durch Erschütterungen des Bodens sich etwa eine Ursache zur weiteren Abwärtsbewegung ergibt. Der Zeitraum, bis das von einem bestimmten Regenfall herrührende Sickerwasser das — in größerer Tiefe liegend gedachte — Grundwasser erreicht, kann zu mehreren Jahren anwachsen.

Indem das beschriebene Spiel immer wieder von neuem eintritt, ergibt sich, daß die Speisung des Grundwassers von oben aus in Absätzen, nicht kontinuierlich, stattfindet, das Steigen desselben also „ruckweise“ erfolgt und zu Zeitpunkten, welche beträchtlich später als diejenigen Zeitpunkte fallen, zu welchen die Niederschläge erfolgten. Hierbei ist freilich vorausgesetzt, daß es sich um Gebiete mit stehendem Grundwasser handelt, welches keine Zuflüsse von außerhalb empfängt. Wo diese stattfinden, also bei allen fließenden Grundwässern — unter Umständen auch bei stehenden — vollzieht sich der Vorgang anders als beschrieben ist.

§ 28. Auf sonstige Besonderheiten des Grundwassers hier einzugehen, liegt keine Veranlassung vor; doch sind noch die allgemeinen Beziehungen desselben zur Bodenfeuchtigkeit kurz zu berühren. Ein Schluß vom Höhenstande des Grundwassers auf die Feuchtigkeit der oberen Bodenschichten, dergestalt: daß hohe Lage des Grundwassers große, dagegen tiefe Lage geringe Feuchtigkeit der oberhalb befindlichen Bodenschicht bedinge, ist nicht allgemein, sondern nur unter gewissen Voraussetzungen zutreffend. Der Schluß gilt für grobkörnigen Boden, und er gilt ferner für diejenige Höhenschicht über dem Grundwasser, welche von diesem aus mit Kapillarwasser erfüllt wird. Der Schluß ist jedoch unrichtig, wenn das Grundwasser von fernher Zuflüsse empfängt, durch die sein Stand bestimmt wird, oder wenn gewöhnlich „stehendes“ Grundwasser nach Erreichung eines gewissen Höhenstandes Veränderungen seines Höhenstandes durch Abfluß erleidet, fließend wird.

Demnach kann für die hier vorliegenden Zwecke der Sammlung und der Mitteilung von Grundwasserstandsbeobachtungen nur dann Bedeutung beigelegt werden, wenn die äußeren Umstände, aus denen Veränderungen hervorgehen, genau bekannt sind. Bei feinporigem Boden, in welchem das Grundwasser nur durch Einsickerung von oben Zufluß empfängt, ist Fallen oder zeitweilige unveränderte Lage des Grundwasserspiegels ein Beweis, daß von oben kein Zufluß erfolgt, und, entsprechend, daß in den oberen Schicht vorher eine mehr oder weniger lange Zeit hindurch Trockenheit bestanden hat. Doch kann der Trockenheitszustand hier längst wieder aufgehört haben und der Boden recht feucht sein zur Zeit, wo sich beim Grundwasser Fallen oder Stillstand zeigt. Diese Feuchtigkeit kann von minderen Regenfällen herrühren, die nicht so viel Sickerwasser liefern, daß die Poren vollständig gefüllt werden; es können aber auch Temperaturunterschiede, unten und oben, welche beträchtliche Kondensationen von Luftfeuchtigkeit mit sich bringen, dabei beteiligt sein.



Der Feuchtigkeitszustand der oberen Bodenschichten ist daher im allgemeinen aus Grundwasserstandsbeobachtungen nicht zu bestimmen, sondern mit Sicherheit nur aus direkten Ermittlungen. Dies gilt insbesondere für den Straßengrund in Städten, der von oben wenig Feuchtigkeit zugeführt erhält, dessen Grundwasserstand daher im allgemeinen große Beständigkeit besitzt und dessen Ergänzung zumeist auch durch von fernher — nach Gärtnerscher Bezeichnung, „von der Seite aus“ — zugeführtes Wasser geschieht\*).

Die vorstehenden Thatsachen fordern zu besonderer Beachtung heraus, wenn es sich um die Ermittlung von Beziehungen zwischen Grundwasserstand und Bodenfeuchtigkeit zu gewissen Infektionskrankheiten handelt. Es kommt dabei aber auch wesentlich dasjenige in Betracht, was weiter oben über das zeitliche Verhältnis zwischen Niederschlägen und Grundwasserspeisung durch Sickerwasser dargelegt worden ist.

§ 29. Nachstehend werden einige Beobachtungsergebnisse über Sickerwassermengen mitgeteilt, die durch den aus Bodendrainagen erfolgten Abfluß ermittelt sind\*\*). Aus den Zahlen ist der besondere Einfluß erkennbar, den sowohl das Sättigungsdefizit — d. h. die Jahreszeit — ausübt, als auch derjenige, welcher an die Oberflächenbeschaffenheit des Bodens — ob nackt oder mit Pflanzenbedeckung — anknüpft. Diejenigen Angaben, denen die Ziffer 1 vorangestellt ist, beziehen sich auf „nackten“ Boden, die mit der Ziffer 2 versehenen auf „bedeckten“ Boden. Die Angaben sind in Prozenten der gefallenen Regenhöhe zu verstehen.

Bodenart	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
Sand . . . . . 2	80,8	72,3	85,9	94,7	83,2
Sand . . . . . 2	—	—	—	—	43,0
Sand . . . . . 2	—	—	—	—	67,2
Sandiger Lehm . . . { 1	30,3	1,7	54,1	83,9	42,3
2	49,7	42,4	27,9	37,7	40,5
Lehmiger Sand . . . { 1	—	—	—	—	26,6
2	—	—	—	—	64,2
Lehm . . . . . { 1	89,7	36,0	32,9	92,0	58,7
2	43,3	41,0	24,4	32,0	32,8
Lehm . . . . . { 2	52,4	45,6	28,6	29,9	41,0
2	—	—	—	—	26,5
Thon . . . . . { 1	59,0	21,3	20,9	84,4	40,8
2	36,1	29,3	26,5	19,0	28,1
1	—	—	—	—	28,0
Strenger Lehm u. Thon 2	30,1	22,0	46,2	70,9	43,4
Humusreiche Gartenerde { 1	6,7	2,1	0,6	4,7	3,1
2	6,9	4,6	2,8	7,1	5,2
Dolomitischer Boden . 1	24,9	7,7	22,8	30,3	19,6
Torfboden . . . . . 2	64,0	11,0	49,0	99,0	53,0
Durchschnittszahlen . . .	44,15	25,92	32,51	54,28	39,33

Einige der Zahlenreihen bestätigen durchaus die Seite 60 mitgeteilten Versuchsergebnisse der bayerischen forstlichen Versuchsanstalten über den Einfluß,

\*) Gärtner, Leitfaden der Hygiene. Berlin 1896.

\*\*) Handbuch der Ingen.-Wissensch. Bd. 3, 1. Abt., 1. Hälfte, auch Lueger, Wasserversorgung der Städte. Darmstadt.



den die Bodenbedeckung übt; andre stehen damit in Widerspruch, was sich wohl aus der unendlichen Mannigfaltigkeit der Bodenbeschaffenheiten genügend erklärt.

Der Jahresdurchschnitt liegt — ganz natürlich — etwas höher, als das bekannte Drittel, welches für größere Gebiete, freilich ohne ausreichende Begründung, angenommen zu werden pflegt.

Setzt man die Summe aus den vier Jahreszeiten = 100, so entfallen von der Jahresmenge der Wasserversickerung auf den

Frühling 28,15%, Sommer 16,52%, Herbst 20,73%, Winter 34,60%.

In der kältesten Jahreszeit ist die Menge des Sickerwassers am größten, in der wärmsten am geringsten. Dagegen verhalten sich die Niederschlagsmengen in Mitteleuropa, wenn man die Gebirgslagen ausnimmt, umgekehrt. Es kommt daher in den obigen Verhältniszahlen die oben erörterte, beim Einsickern des Wassers in den Boden stattfindende Verzögerung zum prägnanten Ausdruck. Der Beweis gewinnt durch die Thatsache an Sicherheit, daß im Winter der Bodenfrost für eine mehr oder weniger lange Reihe von Tagen die Einsickerung ganz unterbricht. Anderseits ist aber zu beachten, daß in der wärmeren Jahreszeit durch die Vegetation beträchtliche Wassermengen, sei es zum Aufbau der Pflanzen, sei es durch die Verdunstung von der Oberfläche der Blätter, Halme u. s. w., aufgezehrt werden.

§ 30. Den größten Wasserverbrauch haben Gras und andre Futterkräuter, doch nur etwas geringeren die sogen. Halmfrüchte. Nach Risler ist der Verbrauch an Wasser pro Tag:

Für Wiesen und Kleefelder . . .	3,4—7,0 mm = 5,2 mm im Mittel
„ Hafer . . . . .	3,0—5,0 „ = 4,0 „ „ „
„ andre Halmfrüchte . . . .	2,8—4,0 „ = 3,4 „ „ „
„ Wald . . . . .	0,5—1,1 „ = 0,8 „ „ „

Der Verbrauch ist aber, je nach der Verschiedenheit der Vegetationsperiode, sehr wechselnd; am größten wird der Wechsel bei den Halmfrüchten sein. Bei Wiesen hört der Verbrauch auch im Winter nicht auf, und es liegt bei diesen auch die längste Sommerwachstumsperiode vor. Rechnet man dem entsprechend bei Wiesen auf eine 200tägige Wachstumsperiode, so würde der für das Jahr durch den Pflanzenwuchs sich ergebende Wasserverbrauch eine  $200 \cdot 5,2 = 1,040$  m hohe Wasserschicht sein.

Ähnliche, und wohl besser beweisende Zahlen erhält man, wenn der Wasserverbrauch auf das Ernteergebnis bezogen wird. Nach Versuchen von Lawes und Gilbert wurden erfordert zu einer Ernte von je 1 kg:

bei den Halmfrüchten Weizen und Gerste . . .	269 bzw. 286 kg, im Mittel 277 kg
„ Klee . . . . .	314 „

Nun ergeben sich auf Rieselfeldern Grasernten von 50 000—60 000 kg in einem Jahr und pro 1 ha, welche, wenn man Uebereinstimmung des Wasserbedarfs etwa mit Klee annehmen darf, einen Wasserbedarf von rund

$$300 \times 50\,000 \text{ kg} = 15\,000 \text{ cbm,}$$

d. h. pro 1 qm Bodenfläche 1,5 cbm, die einer Schichthöhe von 1,5 m gleichkommt, erfordern würden.

Dies sind Zahlen, die nach v. Wolff kaum zu hoch erscheinen, da nach diesem Autor der Wasserverbrauch auf einem Getreidefeld von 1 ha Größe in vier- bis fünfmonatlicher Dauer vielleicht 4000 cbm betragen kann; dies entspricht einer Wasserschichthöhe von 0,4 m.

Zahlen wie die hier mitgeteilten beweisen eben nur im allgemeinen, daß durch Pflanzenwuchs dem Boden sehr bedeutende Wassermengen entzogen werden, derselbe also in hohem Maße trocknend auf den Boden, sogar absenkend und



regelnd auf den Stand des Grundwassers im Boden wirkt. Aber diese günstige Wirkung unterliegt in zeitlicher Hinsicht großen Wechselln und weist auch sonst große Unbestimmtheiten auf. Wollny\*) fügt seiner Ansicht: „daß die verdunsteten Wassermengen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen den durch die Niederschläge ihnen zugeführten sehr nahe stehen“, entsprechend, die Bemerkung hinzu: „daß nach den Ergebnissen der sämtlichen Versuche nicht zu leugnen sei, daß die Wasserentnahme der Pflanzen für Ernährung und Transpiration unter sonst gleichen Verhältnissen in erheblicher Weise von der Dichtigkeit des Pflanzenstandes und dem Grade der Entwicklung der Organe abhängig sei. Berücksichtige man außerdem die übrigen Momente (Licht, Wärme, Bodentemperatur, Luftströmungen, Feuchtigkeitsgehalt der Luft und des Bodens, Verteilung und Größe der Niederschläge, Entwicklungsstadium u. dergl.), welche den Wasserhaushalt der Pflanzen zu verschiedenen Zeiten beherrschen, so könne von dem Bestreben, das absolute Wasserbedürfnis der Kulturgewächse ausfindig zu machen, Uebereinstimmung selbst innerhalb weit gesteckter Grenzen nicht erwartet werden.“

§ 31. Ueber die wasserbindende Kraft des Bodens (S. 59) scheinen bisher nur wenige Feststellungen vorzuliegen. Dieselbe wird angegeben:

für Sand . . .	zu 25 Gewichtsprozenten des Bodens.			
„ Thon . . .	70	„	„	„
„ Humus . . .	180	„	„	„
„ Torf . . .	800	„	„	„

Wegen der bloß allgemeinen Definition der Bodenart sind diese Zahlen nur als Relativzahlen verwendbar. Sie erweisen nur den Zusammenhang der wasserbindenden Kraft mit der Größe des Porenvolumens.

Im Anschluß hieran seien auch einige Zahlen über die Wasserkapazität verschiedener Bodenarten und Gesteine (S. 60) mitgeteilt.

Sandstein, nach dem Ursprung wechselnd,	von 6—400 l pro 1 cbm		
Dolomit, „ „ „	15—221 l	„	„
Kalkstein, „ „ „	15—322 l	„	„
Kreide, „ „ „	144—440 l	„	„
Mittelkies, < 7 mm Korn	367 l	„	„
Feinkies, < 4 „	360 l	„	„
Grobsand, < 2 „	360 l	„	„
Mittelsand, < 1 „	396 l	„	„
Feinsand, < 0,25—0,33 mm Korn	420 l	„	„
Stark thoniger Boden	464 l	„	„
Flammenmergel	475 l	„	„
Liasmergel	475 l	„	„
Humusarmer Boden mit hohem Anteil von Thon	481 l	„	„
Desgl. sehr feinkörniger, lehmig-sandiger Boden	553 l	„	„
Dunkelfarbiger, humoser, kalkiger Lehm-Sandboden	568 l	„	„

Um eine allgemeine Schlußfolgerung aus alledem zu ziehen, was im vorstehenden über Boden mitgeteilt ist, kann gesagt werden, daß sowohl in direkter gesundheitlicher Beziehung als mit Rücksicht auf die Benutzung zur Wasserreinigung der stark poröse, tiefe, quarzreiche Sandboden vor den kompakteren Bodenarten, wie Lehm u. s. w., große Vorzüge besitzt, und daß die Vorzüge porösen Bodens um so mehr schwinden, je mehr die Porosität abnimmt.

\*) Wollny, Untersuchungen über die Wasserverbrauchsmengen der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen u. s. w. Forschungen aus dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. 4 (1881).