

Thaer-Bibliothek



Praktische Bodenkunde

VON

A. NOWACKI

Sechste Auflage



Band
81

Band
81

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY IN BERLIN.

Thaer 2425 85

Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10 u. 11.

Jeder Band
einzeln käuflich.

THAER-BIBLIOTHEK

Preis des Bandes
in Leinen geb. 2,80 M.

Ackerbau und Düngerwesen.

- Praktische Bodenkunde von Dr. A. Nowacki, Professor in Zürich. 6. Auflage.
Käufliche Düngestoffe von Dr. A. Rümpler in Breslau. 5. Auflage.
Anwendung künstl. Düngemittel v. Prof. Dr. P. Wagner i. Darmstadt. 6. Auflage.
Wolffs Düngerlehre. Bearb. von Prof. Dr. H. C. Müller, Halle a. S. 16. Auflage.
Ernährung der landw. Kulturpflanzen von Prof. Dr. Ad. Mayer. 2. Auflage.
Wolffs Anleitung zur chem. Untersuchung landw. Stoffe. 4. Auflage.
Beurteilung und Begutachtung landw. wicht. Hilfsstoffe v. Dr. M. Passon.
Die wichtigsten landw. Unkräuter von Dr. F. Bornemann.

Pflanzenbau.

- Babo's Tabaksbau, neubearb. v. Landw. Lehrer Hoffmann, Bellheim. 4. Auflage.
Wiesen- u. Weidenbau v. Dr. Burgtorf. Neubearb. v. Dr. M. Augstin. 6. Aufl.
Anbau der Hülsenfrüchte v. Dr. C. Fruwirth, Professor in Wien. 2. Auflage.
Knauers Rübenbau. Bearbeitet v. Prof. Dr. P. Holdefleiß i. Halle a. S. 10. Auflage.
Flachsbau und Verarbeitung von R. Kuhnert in Preetz. 2. Auflage.
Rationeller Futterbau von Dr. F. G. Stebler in Zürich. 8. Auflage.
Praktischer Klee grasbau von Prof. Dr. A. Nowacki in Zürich. 4. Auflage.
Samen und Saat von Dr. William Loebe-Leipzig.
Getreidebau v. Dr. A. Nowacki, Prof. in Zürich, Gekrönte Preisschrift. 5. Auflage.
Hopfenbau von Dr. C. Fruwirth, Prof. in Wien. 2. Auflage.
Werner's Kartoffelbau, bearb. v. Prof. v. Eckenbrecher, Berlin. 7. Auflage.
Schädlinge der landw. Kulturpflanzen von Dr. E. Riehm.
Forstkulturen von Urff, Kgl. Forstmeister in Grammentin. 3. Auflage.

Tierzucht und Fütterungslehre.

- Berlepsch's Bienenzucht. Bearbeitet von H. Knoke in Hannover. 6. Auflage.
Zoologie für Landwirte v. Dr. J. Ritzema Bos, Prof. in Wageningen. 6. Auflage.
Pferdezucht v. Reg.-Rat F. Oldenburg, neubearb. v. G. Frölich i. Halle a. S. 3. Aufl.
Rindviehzucht von Ökon.-Rat Dr. V. Funk. 7. Auflage.
Milchwirtschaft von Ökon.-Rat Dr. V. Funk. 2. Auflage.
Viehhaltung und Alpwirtschaft von Dr. P. Schuppli. 2. Auflage.
Wirtschaftsfeinde aus dem Tierreich von Dr. G. von Hayek, Prof. in Wien.
Meyer, Schweinezucht. 7. Auflage.
Schafzucht von J. Heyne, Schäferdirektor in Leipzig. 2. Auflage.
Pribyl-Dürigen, Geflügelzucht. 7. Auflage.
Konservierung der Futterpflanzen von Dr. F. Albert, Prof. in Königsberg.
Widersetzlichkeiten des Pferdes von B. Schoenbeck. 2. Auflage.
Landw. Haustierkunde von Dr. A. Koch.

Betrieb.

- Landw. Betriebslehre von v. d. Goltz. Neubearb. v. Dr. C. v. Seelhorst. 5. Aufl.
Landw. Buchführung von v. d. Goltz. Neubearb. v. Dr. C. v. Seelhorst. 11. Aufl.
Geschichte der Landwirtschaft. Bearb. von F. Nedderich. 5. Auflage.
Rechtsbeistand des Landwirts v. M. Löwenherz. 4. Auflage.
Das Schriftwerk des Landwirts von C. Petri in Hohenwestedt. 5. Auflage.
Wirtschaftsdirektion d. Landgutes v. Geh.-Rat Prof. Dr. A. Thaer. 3. Auflage.
Handelskunde für den Landwirt. Von C. Petri in Hohenwestedt. 2. Auflage.
Abschätzung der Immobilien. Von L. Offenbergh in Düsseldorf.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10 u. 11.

Jeder Band **THAER-BIBLIOTHEK** Preis des Bandes
einzeln käuflich. in Leinen geb. 2,80 M.

Landwirtschaftliche Gewerbe.

Apfelweinbereitung von Dr. Ernst Kramer in Klagenfurt.
Bierbrauerei von Dr. C. J. Lintner, Professor in München. 4. Auflage
Ziegelei von Otto Bock, neubearb. v. A. Nawrath, Ziegelei-Ing. in Berlin. 4. Aufl.

Baukunde.

Engels Pferdestall (Bau und Einrichtg.) neubearb. v. Reg.-Baum. G. Meyer. 3. Aufl.
Engels Viehstall (Bau u. Einrichtg.) neubearb. v. Reg.-Baum. G. Meyer. 4. Auflage.
Schuberts ldw. Baukunde. Neubearb. v. Reg.-Baumeist. G. Meyer. 8. Auflage
Geflügelställe (Bau u. Einrichtg.) v. Professor A. Schubert in Kassel. 4. Auflage

Kulturtechnik, Maschinenkunde, Ingenieurwesen.

Landw. Geräte und Maschinen v. W. Strecker, Prof. in Leipzig. 10. Auflage.
Schuberts ldw. Rechenwesen. Bearb. v. H. Kutscher in Hohenwestedt. 4. Aufl.
Be- u. Entwässerung der Äcker u. Wiesen v. Ök.-Rat L. Vincent. 4. Auflage.
Wüsts Feldmessen u. Nivellieren. Bearb. v. Prof. Dr.-Ing. A. Nachtweh. 7. Aufl.
Der Landwirt als Kulturingenieur v. Fr. Zajicek, Prof. in Mödling. 3. Auflage.
Landw. Plan- und Situationszeichnen von H. Kutscher in Hohenwestedt.
Wind-Elektrizität von Dr.-Ing. G. Liebe in Dresden.

Veterinärwesen.

Hufpflege, Hufschutz und Beschlag. Von Prof. Dr. H. Möller in Berlin.
Englischer Hufbeschlag von H. Behrens, Lehrschmied in Rostock. 2. Auflage.
Eingeweidewürmer der Haussäugetiere von Dr. J. Dewitz in Berlin.
Gesundheitspflege der ldw. Haussäugetiere v. Prof. Dr. Klimmer. 2. Auflage.
Landw. Giftlehre von Med.-Rat Dr. G. Müller, Professor in Dresden.
Der kranke Hund von Med.-Rat Dr. G. Müller, Prof. in Dresden. 3. Auflage.
Der gesunde Hund von Med.-Rat Dr. G. Müller, Prof. in Dresden. 2. Auflage.
Geburtshilfe von Veterinär A. Tapken in Varel. 4. Auflage.

Jagd, Sport und Fischerei.

Künstl. Fischzucht v. M. von dem Borne. Neubearb. v. H. v. Debschitz. 5. Aufl.
Süßwasserfischerei von M. von dem Borne.
Teichwirtschaft v. M. von dem Borne. Neubearb. v. H. v. Debschitz. 5. Auflage.
Goeddes Fasanenzucht. Bearb. v. Fasanenjäger Staffel in Fürstenwald. 4. Aufl.
Jagd-, Hof- und Schäferhunde von Ernst Schlotfeldt in Hannover. 2. Auflage.
Ratgeber beim Pferdekauf v. Stallmeister B. Schoenbeck in Hörter. 4. Aufl.
Reiten und Fahren von Major R. Schoenbeck in Berlin. 5. Auflage.

Gartenbau.

Gehölzzucht v. J. Hartwig, Grossh. Hofgarteninspektor in Weimar. 2. Auflage.
Gewächshäuser v. J. Hartwig, Umgearb. v. Obergärtner C. Reiter. 3. Auflage.
Meyers Immerwährender Gartenkalender. 5. Auflage.
Obstbau v. R. Noack. Neubearb. von Obergärtner Mütze in Dahlem. 5. Auflage.
Obstverwertung von Karl Huber, Kgl. Garteninspektor.
Rümpfers Zimmergärtnerei. Bearb. v. W. Mönkemeyer in Leipzig. 3. Auflage.
Gemüsebau von B. von Uslar. Neubearb. von Amtsrat Koch. 5. Auflage.
Gärtnerische Betriebslehre v. A. Bode, Obst- u. Gartenbaulehrer in Altenburg.
Gartenblumen (Zucht und Pflege) v. Th. Rümpler. Neubearb. v. O. Krauss. 3. Aufl.
Weinbau und Weinbehandlung von A. Dern.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Landwirtschaftliche Hefte

Herausgeber: Dr. L. Kießling, Professor in Weihenstephan.

Weitere Hefte sind in Vorbereitung.

Jedes Heft ist einzeln käuflich.

Preis jedes Heftes 80 Pf. 20 Exempl. gemischt für 14 M. 50 Exempl. gemischt für 30 M.

1. **Der Einfluss der klimatischen Lage auf den Landwirtschaftsbetrieb in Deutschland.** Von Prof. Dr. A. Schnider in München.
2. **Kurze Einleitung in die Technik der Getreidezüchtung.** Von Dr. L. Kießling, Prof. in Weihenstephan. Mit Textabbildungen.
3. **Das Unkraut und seine Bekämpfung auf dem Ackerland.** Von Dr. C. Fruwirth, Prof. in Wien. Mit Textabbildungen und Tafeln.
4. **Zusammensetzung und Futterwert von Heu und Grummet.** Von Dr. Ahr, Prof. in Weihenstephan.
5. **Bodenkartierung und geologisch-agronomische Karten.** Von Dr. W. Koehne, Kgl. Geologe b. d. geolog. Landesuntersuchung in München.
6. **Die Bedeutung des Schafes für die Land- u. Volkswirtschaft.** Von Dr. Emil Pott, Professor in München.
7. **Wetterkunde und Landwirtschaft.** Von Dr. Aug. Schmauß, Direktor der Bayerischen meteorologischen Zentralstation. Mit 7 Textabbildungen.
8. **Anwendung und Wirkung von Eggen und Schilchten.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen. Mit 57 Textabbildungen.
9. **Walze, Krümmer, Kultivatoren und Federzahngeräte.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen. Mit 67 Textabbildungen.
10. **Über Kartoffeltrocknung und Kartoffelfütterung.** Von Dr. Paechtnr in Berlin. Zweite Auflage.
11. **Die Bedeutung — Licht- und Schattenseiten — der Maschinen im Landwirtschaftsbetrieb.** Von Prof. Dr. Schnider in München.
12. **Die Anlage von Dauerfutterflächen.** Von Dr. H. Lang in Hochburg.
13. **Die Pflege der Dauerfutterflächen.** Von Dr. H. Lang in Hochburg.
14. **Neuerungen an den Pflugwerkzeugen und der neueste Stand des Motorpfluges.** Von Dr. Gisevius, Prof. in Gießen.
15. **Das Obstgut.** Die Anlage landw. Obstpflanzungen. Von A. Janson.
- 16/17. **Mechanische Sicherheitsvorrichtungen im Landwirtschaftsbetrieb.** Von Dr. H. Puchner, Prof. in Weihenstephan. Mit 79 Textabb.
18. **Feld- und Konservengemüsebau.** Von A. Janson, Obstbauinspektor.
- 19/20. **Ackerbauvereine zur Förderung des Acker- und Saatfruchtbaues.** Von Prof. Dr. L. Kießling.
21. **Die mechanische Saatgutzubereitung und ihr Einfluss auf die Ernte.** Von Dr. Wacker, Prof. in Hohenheim. Mit 18 Textabbildungen.
22. **Der Anbau des Getreides mit neuen Hilfsmitteln und nach neuen Methoden.** Von Prof. Dr. C. Kraus, Geh. Hofrat in München.
23. **Hagel, Hagelschädenbeurteilung u. -Versicherung.** Von Dr. W. Rohrbeck, Cöln.
24. **Steigerung der Pflanzenenerträge unter dem Einflusse der Vegetationsfaktoren.** Von Dr. Mitscherlich, Prof. in Königsberg i. Pr.
25. **Die Gerste mit besonderer Berücksichtigung ihrer Eignung als Brauware.** Von C. Bleisch, Prof. in Weihenstephan. Mit 6 Textabb.
26. **Futtersilos und Silagefutter.** Von Prof. Dr. A. Stutzer, Geh. Reg.-Rat.
27. **Einjährige Futterpflanzen.** Von Prof. Dr. C. Fruwirth in Wien.
28. **Die Sicherung der Getreideernte, insbesondere durch die künstliche Trocknung.** Von Dr. J. F. Hoffmann, Prof. in Berlin.
29. **Landw. wichtige Hülsenfrüchter.** I. Heft: Erbse, Wicke, Ackerbohne; Lupine und Linse. Von Dr. C. Fruwirth in Wien. Mit 9 Textabbildungen.
- 30/31. **Landw. wichtige Hülsenfrüchter.** II. Heft: Soja, Fiske, Kichererbe, Ervilie, Platterbse u. andere Hülsenfrüchter. Von Dr. C. Fruwirth in Wien. Mit 4 Tafeln und 9 Textabbildungen.
- 32/33. **Die Ölfrüchte.** Von Dr. Hans Wacker, Prof. in Hohenheim. Mit 20 Textabbildungen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

efte

ephan.

inzelu kluflieh.

ischit für 30 M.

irtschafte-
München.

htung. Von
n.

Ackerland.
i Tafeln.

Grummet.

arten. Von
g in München.

wirtschaft.

aus, Direktor
bildungen.

ten. Von Dr.

eräte. Von

g. Von Dr.

Maschinen
in München.

g in Hochburg

g in Hochburg

ueste Stand

Janson.

wirtschafts-

lit 79 Textabb.

stbauinspektor

Saatfrucht-

Einfluss auf
extabbildungen.

n und nach

at in München.

ung. Von Dr.

influsse der
Königsberg i Pr

rer Eignung

Mit 6 Textabb.

r, Geh. Reg.-Rat

wirth in Wien.

e durch die

, in Berlin.

eke, Ackerbohne,

Textabbildungen.

Fisole, Kicher

C. Fruwirth in

Hehenheim. Mit

ng.

Dr. R. v. Sengbusch

43

Praktische Bodenkunde.

Anleitung

zur

Untersuchung, Klassifikation und Kartierung
des Grund und Bodens.

Von

Professor Dr. Anton Nowacki
in Zürich.

Sechste, neubearbeitete Auflage.



Mit 12 Textabbildungen und 1 Farbendrucktafel.

Berlin

Verlagsbuchhandlung Paul Parey

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen

SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11

1917.

Prof. Dr. R. v. Sengbusch



H

595 pr

XIII | 43 b

BI

Dr. R. v. Sengbusch

Handbuch der

Landwirthschaft

Landwirthschaftliche

Landwirthschaftliche

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Landwirthschaftliche



Landwirthschaftliche

Landwirthschaftliche

Prof. Dr. R. v. Sengbusch

595

Landw
Klein
leich
sucht
des
so er
zur
auch
Nau
die
an
teil
der
und
fehl
beff

von
kart
geru
„Ber

prat
dem
und
daß
nisse
habu
dem,
Lant
über

Vorwort zur ersten Auflage.

Im Juli 1883 brachte der Sprechsaal des „Schweizerischen landwirtschaftlichen Zentralblattes“ folgende Anfrage: „In welchen kleineren Werken findet der Landwirt Anleitung zu leicht und mit wenig Kosten ausführbaren Bodenuntersuchungen?“ Da in der Literatur ein dem Sinne und Wunsche des Fragestellers entsprechendes Buch meines Wissens nicht existiert, so erbot ich mich, für das „Zentralblatt“ eine kurze Anleitung zur einfachen Bodenuntersuchung zu schreiben. Sie ist denn auch in Nr. 38, 39, 48, 49 und 50 erschienen, aber der beschränkte Raum des Blattes gebot zahlreiche Kürzungen. Namentlich mußte die genauere Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Kalk und an Humus fortgelassen werden; ebenso die Einteilung und Beschreibung der Bodenarten sowie die Erörterung der Fragen: Wie erkennt und wie beseitigt man die Fehler und Mängel des Bodens? An welchen Pflanzennährstoffen fehlt es dem Boden, und womit müssen wir düngen, um bessere Ernten zu machen? usw.

Die vollständige Arbeit, die auch eine Anleitung zur Anlegung von Bodensammlungen und zur Aufnahme von Bodensarten enthält, liegt nun hier vor, und ich wünschte, daß das abgerundete Ganze ebenso beifällig aufgenommen würde, wie die im „Zentralblatt“ bereits veröffentlichten Bruchstücke.

Ich habe mich bestrebt, den Gegenstand so volkstümlich und praktisch wie möglich zu behandeln, konnte mich aber nicht entschließen, dem Haschen nach Popularität die Gründlichkeit zum Opfer zu bringen, und ich muß, um Enttäuschungen vorzubeugen, ausdrücklich bemerken, daß auch die einfachere Bodenuntersuchung eine Menge von Kenntnissen und Werkzeugen erfordert, deren Anwendung und Handhabung gelernt und geübt sein will. Immerhin kann vieles von dem, was in dem Büchlein geschrieben steht, von jedem verständigen Landwirt begriffen und nutzbringend verwertet werden; wer etwas über die Sekundarschule hinausgekommen, wird auch das übrige

verstehen. Ich hoffe, daß meine „Anleitung“ dem Forstwirt, dem Techniker und dem Naturforscher ebenfalls willkommen sein, und daß sie besonders auch als Leitfaden beim landwirtschaftlichen Unterricht sich als brauchbar erweisen wird.

Die im Anhang beigelegte, hier zum ersten Male versuchte Benennung der Bodenarten in der Sprache der Wissenschaft empfehle ich einer nachsichtigen Beurteilung von seiten der Gelehrten. Den Praktiker, der von dem gelehrten Kram nichts wissen will, um kein „lateinischer Landwirt“ zu werden, bitte ich zu berücksichtigen, daß wir in der Schweiz romanisch-, italienisch-, französisch- und deutsch-redende Bauern haben. Die Wissenschaft aber ist allgemein, und sie umschlingt alle Nationen mit dem gleichen Bande.

Fluntern bei Zürich, den 22. Juni 1884.

Vorwort zur sechsten Auflage.

Die zweite Auflage erschien im Jahr 1892, die dritte im Jahr 1899, die vierte im Jahr 1904, die fünfte im Jahr 1910. Die hier angeschlossene sechste Auflage wurde durchgesehen und verbessert.

Wie der Landmann durch Sieben und Säubern die Spreu von dem Weizen sondert, so suchte der Verfasser das Wertvolle der „Praktischen Bodenkunde“ sorgfältig zu erhalten und zu vervollkommen, das Überflüssige und Entbehrliche dagegen auszuschneiden und zu beseitigen. Es liegt auf der Hand, daß das kleine Werk durch diese kritische Bearbeitung an Kürze und Kraft gewonnen hat. Der Abschnitt über die Entstehung des Grund und Bodens, der in der fünften Auflage hinzugefügt worden war, dient zur Ergänzung des vorbereitenden und zur Begründung des praktischen Teils.

So hoffe ich denn, daß das Büchlein auch fernerhin seinen Zweck erfüllen wird.

Zürich, im Frühling 1917.

Anton Nowacki.

Inhalt.

Seite

Vorbereitender Teil.

Begriff und Wesen des Grund und Bodens.

- | | |
|--|----|
| 1. Was versteht man unter Boden? | 1 |
| 2. Wo finden wir den Boden? | 5 |
| 3. Woraus besteht der Boden? | 10 |

Die Entstehung des Grund und Bodens 19

- | | |
|--|----|
| 1. Die angestammten Böden | 25 |
| 2. Die angeschwemmten Böden | 38 |
| 3. Die angewehten Böden | 45 |
| 4. Der Boden und die Lebewesen | 48 |

Praktischer Teil.

Anleitung zur Untersuchung, Klassifikation und Kartierung des Grund und Bodens 51

Die Gestalt der Oberfläche des Bodens.

- | | |
|--|----|
| Der ebene Boden | 52 |
| Der geneigte Boden | 52 |
| Bedeutung der Oberflächengestalt | 53 |
| Die Geologen=Bussole | 54 |
| Das Nivellierinstrument | 55 |
| Flurkarten mit Horizontalkurven | 56 |

Die Lagerungsverhältnisse des Grund und Bodens.

- | | |
|---|----|
| I. Der senkrechte Schnitt oder das Profil | 60 |
| Probegruben | 60 |
| Der Erdböhrer | 62 |
| Der Bohrstock | 64 |
| Die Sonde | 67 |
| Was finden wir auf dem senkrechten Schnitt? | 68 |
| Die Mächtigkeit des Bodens | 68 |
| Angestammter und angeschwemmter Boden | 70 |
| Schichten | 71 |
| Grundwasser | 72 |
| Obergrund und Untergrund | 74 |
| Die Ackerfrume | 75 |
| Die Muttererde | 75 |
| Der Untergrund | 79 |

	Seite
II. Das Gefüge oder die Struktur	83
1. Die Körnigkeit des Bodens	83
2. Die Lüdigkeit des Bodens	89
Kapillare Poren und nicht kapillare Hohlräume	90
Kapillarität	91
Sättigung und Übersättigung des Bodens	91
Durchlässigkeit	92
Wasserkapazität	92
3. Die Bündigkeit des Bodens	100
1. Festigkeit	100
2. Klebrigkeit	102
3. Volumenverminderung	102
Die Stufen der Bündigkeit	105
Die Bodenbestandteile und Bodenarten.	
I. Die Bodenbestandteile	109
1. Die Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Stein	109
2. Die Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an	
Sand und Ton	110
Sand	111
Ton	111
Lehm	111
Löß	112
Letten	113
Sandiger Lehm und lehmiger Sand	114
Bedeutung der einfachen Bodenuntersuchung	114
Die mechanische Analyse und das Schlämmen des	
Bodens	115
Der Kühnische Schlammzylinder	119
Sedimentierröhren	121
Bedeutung und beschränkte Leistung der mecha-	
nischen Analyse	124
3. Die Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Kalk	126
Die einfache Salzsäureprobe	127
Die genauere Kalkbestimmung	128
4. Die Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Humus	131
Humusbestimmung aus dem Glühverlust	134
5. Wie erkennt und wie beseitigt man die Fehler und	
Mängel des Grund und Bodens?	136
a) Grundnässe	136
b) Säure	137

Seite

Seite

83	c) Eisenhüßigkeit	138
83	d) Salz	140
89	e) Steine	141
90	f) Einseitiger Bestand des Bodens	142
91	g) An welchen Pflanzennährstoffen fehlt es dem Boden? Womit sollen wir düngen, um bessere Ernten zu machen?	151
91	Allgemeine Regeln für Düngungsversuche	153
92	Besondere Winke für Düngungsversuche	154
92	1. Kalk	154
100	2. Gips	155
100	3. Phosphorsäure	156
102	4. Kali	158
102	5. Stickstoff	158
105		
109	II. Die Bodenarten.	
109	1. Einteilung und Beschreibung der Bodenarten	161
	Hauptgruppen der Bodenarten	161
110	I. Hauptgruppe: Steinbodenarten.	
111	A. Grusböden	163
111	1. Humoser Grusboden	163
111	2. Lehmiger oder mergeliger Grusboden	163
112	3. Reiner Grusboden	164
113	B. Kiezböden	164
114	4. Lehmiger oder mergeliger Kiezboden	164
114	5. Reiner Kiezboden	164
	6. Grandboden	165
115	II. Hauptgruppe: Sandbodenarten.	
119	1. Milder humoser Sandboden	165
121	2. Mergeliger Sandboden	166
	3. Lehmiger Sandboden	166
124	4. Gemeiner Sandboden	167
126	5. Raßkalter Sandboden	168
127	6. Loser Sandboden	168
128	III. Hauptgruppe: Lehmbodenarten.	
131	1. Milder humoser Lehmboden	169
134	2. Lößartiger Lehmboden	170
	3. Gemeiner Lehmboden	170
136	4. Schwerer Lehmboden	172
136	5. Raßkalter Lehmboden	172
137	6. Sandiger, grandiger oder steiniger Lehmboden	172

	Seite
IV. Hauptgruppe: Tonbodenarten.	
1. Reicher humoser Tonboden	173
2. Kalkhaltiger Tonboden	174
3. Gemeiner Tonboden	174
4. Strenger Tonboden	174
5. Naßkalter Tonboden, Lettenboden	175
6. Reiner Tonboden	175
V. Hauptgruppe: Mergelbodenarten.	
1. Humoser Tonmergelboden	176
2. Gemeiner Tonmergelboden	177
3. Humoser Lehmmergelboden	177
4. Lößartiger Lehmmergelboden	177
5. Gemeiner Lehmmergelboden	177
6. Sandiger, grandiger oder steiniger Mergelboden	178
VI. Hauptgruppe: Kalkbodenarten.	
1. Humoser Kalkboden	180
2. Toniger Kalkboden	181
3. Lehmiger Kalkboden	181
4. Sandiger und grandiger Kalkboden	181
5. Steiniger Kalkboden	181
6. Reiner Kalk- und Kreideboden	182
Anhang.	
Gipsboden	182
VII. Hauptgruppe: Humusbodenarten.	
1. Acker- und Gartenhumus	183
2. Grasshumusboden	184
3. Waldhumusboden	187
4. Riedhumusboden	188
5. Mooshumusboden	190
6. Heidehumusboden	192
2. Anfertigung von Bodenkarten	193
Anhang.	
Wissenschaftliche Benennung der Bodenarten	204
Flur- und Bodenkarte Taf. 1.	

Vorbereitender Teil.

Begriff und Wesen des Grund und Bodens.

1. Was versteht man unter Boden?

Das Wort Boden ist uns an und für sich nicht verständlich, weil es in verschiedenem Sinne gebraucht wird. Der Töpfer, der Böttcher, der Zimmermann versteht unter Boden etwas anderes als der Landwirt. Wir wollen versuchen, uns den Begriff des Bodens klar zu machen, indem wir ihn sprachlich entwickeln.

Nach dem „Deutschen Wörterbuch“ der großen Sprachforscher Jakob und Wilhelm Grimm ist das deutsche Wort Boden urverwandt mit dem lateinischen Wort fundus. Fundus kommt her von fundere, und das heißt gießen, schütten usw. Hiernach ist Boden ursprünglich Guß (z. B. Opferguß) oder Gegossenes (z. B. ein Boden Wachs), und dementsprechend bedeutet Boden an einem Gefäß (Topf, Faß, Sack usw.) die untere innere Fläche, auf die gegossen oder geschüttet wird.*)

Wie kommen wir aber von diesem ursprünglichen oder eigentlichen Begriff zu dem abgeleiteten oder übertragenen Begriff, mit dem es der Landwirt zu tun hat?

*) Unser Wort Boden hat manche Wandlungen durchgemacht. Die älteste Form ist uns in der Benennung des Bodan oder Boden Sees = potamicus lacus erhalten. Das in potamicus liegende Wort hat sich in folgender Weise entwickelt: pötam = pödam = bödom = bödem = böden = böden. In dem Winkel, wo die Provinzen Posen, Westpreußen und Brandenburg zusammenstoßen, heißt das Wort noch jetzt bodom; ich weiß das genau, weil die dortige Sprache meine Muttersprache ist. Sonst findet sich das Wort bodom nirgends mehr in der Welt. Die Engländer haben bottom, die Schweden botten, die Niederländer bodem, die Dänen bund (anstatt budn und bodn).

Auf diese Frage antworten die Gebrüder Grimm, indem sie unmittelbar an den ursprünglichen Begriff anknüpfen: Zu dem Begriff Boden im Sinne von solum, terra könnte man gelangen, indem man Boden deutet als den „von Tau, Regen und allen himmlischen Gaben übergossenen Grund“. Diese Erklärung ist in gewisser Hinsicht schön, will mir aber doch nicht recht einleuchten. Die Gebrüder Grimm fühlen sich selbst von ihr nicht befriedigt, denn sie fügen hinzu: „Natürlicher aber scheint es, die Oberfläche der Erde für die obere Wölbung, Rinde, Decke, Wölbung des großen Körpers zu nehmen und ihr, wie dem Faß, einen doppelten Boden, oberen und unteren, beizumessen. Den uns zugedrehten, oberen Boden betreten wir, er ist uns unten, unter uns; wir gehen, stehen an oder auf dem Boden.“ Auch mit dieser Erklärung kann ich mich nicht befreunden, obwohl sie manches Richtige enthält. Der Vergleich mit dem Faß, der uns allein an den ursprünglichen Begriff Boden erinnert, scheint mir nicht glücklich zu sein.

Noch viel weniger ist es zulässig, unter Boden das Hingegossene oder Hingeschüttete, d. h. „Schutt“ im naturwissenschaftlichen Sinne, zu verstehen, denn diese ohnehin nicht allgemein zutreffende Deutung des Begriffs Boden ist viel zu gelehrt und zu modern, als daß sie für jene weit zurückliegenden Zeiten in Betracht kommen könnte, in denen das Wort Boden zuerst auf den Erdboden bezogen wurde.

Es läßt sich noch eine andere Erklärung und Ableitung geben, die ebenfalls an den ursprünglichen Begriff Boden anknüpft, aber auf eine näherliegende Vorstellung zurückgreift.

Wenn die Kinder sich ein Gärtchen machen, so legen sie einen Kreis von Steinen, oder sie stecken Stäbchen ein: der umschlossene Raum ist ein Boden (fundus), und er ist zugleich der Boden (solum).

Auf ähnliche Weise mögen unsere Vorfahren zu dem landwirtschaftlichen Begriff Boden gelangt sein. Sie haben, außer Töpfen und andern Behältern, zum Hineinschütten von Vorräten auch Erdgruben hergestellt. Sie haben sich Hütten gebaut, die nicht allein als Wohnstätte, sondern auch als Vorratsraum dienten. Jede Grube, jede Hütte hat unten einen Boden.

So wurde der Begriff Boden nach und nach erweitert, zuerst

auf kleinere Gefäße, dann auf größere Räume bezogen; aber in der Vorstellung blieb Boden zunächst immer noch die untenliegende, von Wänden oder Wandungen eingeschlossene, bestimmt begrenzte Fläche.

Diese Vorstellung läßt sich auch bei der Benennung gewisser Örtlichkeiten nachweisen, z. B. bei dem „Urner Boden“, der eine $1\frac{1}{2}$ Stunden lange und $1\frac{1}{4}$ Stunden breite, auf drei Seiten von Felswänden eingeschlossene und nur auf der vierten Seite, gegen Stachelberg hin, geöffnete Tal- und Wiesenfläche darstellt. Noch bekannter ist die ebene, gleichfalls von hohen Bergen eingeschlossene Talfläche, zwischen dem Thuner und Briener See in der Umgebung von Interlaken gelegen und im schweizerischen Volksmund „Bödeli“ (kleiner Boden) genannt. Die Benennung des „Boddens“ bei der Insel Rügen und des „Bodensees“ bei Konstanz gehört ebenfalls hierher; ja, es ist wahrscheinlich, daß das Wort Boden zum ersten Male bei diesem See (vgl. S. 1 Anmerkung) auf eine in der freien Natur liegende, begrenzte Fläche bezogen wurde.

Dieselbe Vorstellung wurde dann auch auf die mit Mauern oder Zäunen eingefriedigte, zu Privateigentum gemachte Garten-, Acker- und Wiesenfläche, und schließlich auf die nicht eingefriedigte, aber durch Grenzsteine, Grenzhausen und dergl. rechtlich begrenzte Land- und Gutsfläche übertragen. In Übereinstimmung hiermit verstanden die Römer unter fundus nicht den Erdboden, sondern das Grundstück, das Landgut, d. h. eine abgemessene, begrenzte Fläche Land. Selbst „des Vaterlandes vielgeliebter Boden“ ist ein bestimmt begrenzter.

Den Boden ohne Grenzen, als Naturprodukt und Naturobjekt zu denken und zu betrachten, gehört einer verhältnismäßig neuen Zeit an. Bevor das Wort Boden in diesem Sinne gebraucht wurde, behalf man sich mit den Ausdrücken: Erde, Land, Grund.

Das griechische Wort $\pi \acute{\epsilon} \delta \omicron \nu$ und das lateinische Wort solum (ebenso auch das slavische Wörtchen pod = unten) weisen uns darauf hin, den Umstand schärfer ins Auge zu fassen, daß der Boden für uns, d. h. von unserm Standpunkt betrachtet, das Untere ist. Das Wort $\pi \acute{\epsilon} \delta \omicron \nu$ ist nämlich abzuleiten von $\pi \omicron \upsilon \varsigma$, $\pi \omicron \delta \acute{\omicron} \varsigma$ (lateinisch pes, pedis), der Fuß, und das Wort solum bedeutet sowohl die Fußsohle wie den Boden. Hier wird also der Boden in Beziehung

zu dem aufrecht gehenden oder stehenden Menschen gedacht, und wir erhalten die Begriffsbestimmung: Boden ist die Fläche, die wir beim Gehen und Stehen mit dem Fuße oder mit der Fußsohle berühren, oder, kürzer gesagt, Boden ist die Fläche, an oder auf der wir gehen und stehen.

Daß auch das deutsche Wort Boden früher nur die Fläche der Erde, des Landes, des Grundes bezeichnete, ergibt sich schon aus der Tatsache, daß im Deutschen das Wort Grund mit dem Wort Boden ergänzt und zu einem Begriff verschmolzen worden ist. Das Wort Grund ist uns an und für sich ebensowenig verständlich wie das Wort Boden. Wenn wir aber, beide Ausdrücke zusammenfassend, von „Grund und Boden“ reden, so weiß jeder, was gemeint ist.

Was ist nun Grund?

Man könnte meinen: Boden sei das Obere, Grund das Untere. Wir haben aber gesehen, daß Boden ursprünglich das Untere, die unten liegende Fläche ist; folglich muß Grund ursprünglich eine andere Bedeutung haben, sonst hätte es keinen Sinn, von „Grund und Boden“ zu reden.

Es läßt sich leicht dartun, daß Grund ursprünglich und eigentlich nichts anderes ist als Erde. Der Sprachgebrauch bei den Alemannen in Süddeutschland und in der Schweiz belehrt uns über den Ursprung und die Bedeutung des Wortes. Hiernach verstehen wir unter Grund die feinkörnige Substanz des Erdreichs. Keine Stelle aus der deutschen Literatur beweist dies deutlicher als die folgende: „Im Hunger soll der Wolf Grund essen. Ihren Dreck decken sie mit Grund.“ Diese beiden Sätze, die wir dem Grimmschen Wörterbuch entnehmen, lassen nicht den geringsten Zweifel darüber, daß das Wort Grund sich auf die Substanz der Erde von oben an bezieht, und daß es daher sprachlich und sachlich ganz richtig ist, die von oben nach unten folgenden Schichten des Grundes als Obergrund und Untergrund zu bezeichnen.

Im Laufe der Zeit ist das Wort Grund in seinem ursprünglichen Sinne mehr und mehr außer Gebrauch gekommen und durch das Wort Boden ersetzt worden. Allgemein gebräuchlich sind noch die Ausdrücke: Grundstück, Grundbesitz, Grundsteuer, Obergrund, Untergrund, flachgründig, tiefgründig usw. Dagegen bezeichnen wir

die Arten des Grundes als Sandboden, Lehm Boden, Humusboden usw., wir sprechen von der Lage, Lagerung und Struktur des Bodens, kurz, wir verstehen heutzutage unter Boden nicht bloß die Fläche (Oberfläche, Raumfläche) der Grundstücke, sondern auch die ganze Masse des Grundes von oben bis unten. Demgemäß nennen wir die Lehre vom Grund und Boden kurzweg Bodenkunde oder Pedologie.

Es ist aber gut, daß der deutsche Sprachgebrauch die beiden Begriffe „Grund und Boden“ festgehalten und zu einem Begriff zusammengefaßt hat. Denn hierdurch werden wir daran erinnert, daß wir den Boden nicht bloß nach der Fläche (Oberfläche, Raumfläche), sondern auch nach der Tiefe zu betrachten haben.

Vielleicht treffe ich das Richtige, wenn ich, im Hinblick auf die vorausgeschickten sprachlichen Auseinandersetzungen, den Begriff „Grund und Boden“ dahin erkläre: Boden bezieht sich auf die wagerechte Fläche, Grund auf den senkrechten Schnitt.

Wenn wir das Objekt, mit dem wir es hier zu tun haben, nach diesen beiden Richtungen betrachten, so werden wir es als eine körperliche Masse auswendig und inwendig untersuchen und „durch und durch“ begreifen und verstehen lernen.

2. Wo finden wir den Boden?

Wir finden den Boden an der Erdoberfläche; er bildet die Decke des Erdballs. Da der Boden oben liegt, so wird er von der Sonne bestrahlt, von der Luft umspült und vom Regen befeuchtet, und da er unten nur bis zum Fels hinabgeht, so hat er eine beschränkte Dicke oder Mächtigkeit. Im Flachlande kann die Mächtigkeit 100 m und darüber betragen, im Gebirgslande beträgt sie oft nur 1 m oder noch weniger. Stellenweise, nämlich dort, wo der nackte Fels zutage tritt, finden wir keinen „Boden“. Überall, wo Boden in der freien Natur vorkommt, ruht und lagert er auf dem Fels. Der Fels bildet die Unterlage, die Stütze des Bodens. Solange der Fels fest und still steht, steht auch der Boden still und fest. Fängt aber der Fels in der Tiefe an zu schwanke oder zu rücken, so schwanke und kracht auch der Boden. —

Wenn wir uns am Meeresstrande befinden, um ein Bad in der Salzflut zu nehmen, so stehen wir auf dem Boden. Schreiten

wir in das Wasser hinein, so kommen wir von dem Boden auf den Meeresgrund. Die Grenze zwischen beiden ist eine „fließende“; aber nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch, der meist den Nagel auf den Kopf trifft, hört der Boden dort auf, wo der Meeresgrund anfängt.

Es ist indessen klar, daß sich Boden und Meeresgrund nur durch die jetzige Lage unterscheiden. Ändert sich die Lage, so wird der Boden zu Meeresgrund, der Meeresgrund zu Boden. Die Lage kann sich ändern erstens dadurch, daß der Meeresgrund sich erhöht, oder zweitens durch Hebungen oder Senkungen des Festlandes und des Meeresgrundes, oder drittens auf die Weise, daß der Meeresspiegel allgemein oder nur an gewissen Küsten steigt, an anderen sinkt.

Derartige Naturereignisse haben in der Vergangenheit stattgefunden, und sie finden auch in der Gegenwart noch statt, theils langsam und stetig, theils plötzlich oder ruckweise. Daß sie auf die Verteilung von Meer und Land und auch auf das Flächenmaß von Boden und Meeresgrund von Einfluß sind, liegt auf der Hand. Zur Erläuterung einige Beispiele.

Tag für Tag, Jahr für Jahr, Jahrhundert für Jahrhundert kommt eine Erhöhung des Meeresgrundes auf dem Wege zustande, daß die Flüsse den mitgeführten Schlamm an oder vor ihrer Mündung absetzen. Beispiele: die Deltas der Donau, des Po, des Nils, des Ganges, des Mississippi usw.

Beispiele für Hebungen oder Trockenlegungen des Meeresgrundes finden wir allgemein und überall. Der Boden des Deutschen Reiches war noch in der Tertiärzeit größtenteils vom Meere bedeckt; ja, die Oberfläche sämtlicher Kontinente bildete ehemals einen Teil des Meeresgrundes. Ein bekanntes Beispiel für die Hebung des Festlandes in der Gegenwart liefern uns die Küsten von Norwegen und Schweden.

Auch an Beispielen für die Senkung des Festlandes besteht kein Mangel. An der holländischen Küste liegt ein Areal von 268 Quadratmeilen schon tiefer als der Meeresspiegel; diese bedeutende Bodenfläche wird gegenwärtig noch durch künstliche Eindeichungen vor dem Eindringen des Wassers geschützt; wahrscheinlich aber steht ihr dasselbe Schicksal bevor, wie dem Zuider See, der erst vor 600 Jahren, genauer im Jahre 1287, durch Einbruch des Meeres zum Meerbusen geworden ist. Dabei bleibt

es fraglich, ob die Niederlande wirklich sinken. Die Überflutung des Zuider Sees konnte auch dadurch zustande kommen, daß mit dem Steigen von Schweden und Norwegen der Meerespiegel sich hob. — Dagegen ist die ganze Ostküste der Vereinigten Staaten mit ihren untergegangenen Wäldern und trichterförmigen Flußmündungen tatsächlich in Senkung begriffen. — Ebenso sinkt die Südspitze Grönlands langsam unter das Meer; über den Pfählen, an denen die eingewanderten Europäer ihre Rähne zu befestigen pflegten, und über den Ruinen verlassener Gebäude haben sich die Wasser bereits geschlossen. *)

Im Vergleich zur Größe der Erdfugel sind alle Hebungen und Senkungen der Oberfläche verschwindend klein; aber schon relativ geringfügige Niveauveränderungen reichen hin, den Boden zu Meeresgrund, den Meeresgrund zu Boden zu machen.

Bei den Binnengewässern wiederholen sich in kleinerem Maßstabe dieselben Vorgänge, oft unter Mitwirkung des Menschen. Solange ein Seebecken bis zum Rande mit Wasser gefüllt ist, können wir in bezug auf die bedeckte Fläche von Boden nicht reden. Gelingt es aber, den Seespiegel zu senken, so wird oft eine ausgedehnte Bodenfläche gewonnen. Ein interessantes Beispiel hierfür finden wir am Lungernsee in der Schweiz, der im Jahre 1835 durch den Stollen am Kaiserstuhl, d. h. durch eine unterirdische Ableitung des Wassers nach dem Sarnersee, um die Hälfte verkleinert wurde. Der trocken gelegte Seegrund ist zu Boden geworden.

Teile des Seegrundes können ferner dadurch zu Boden werden, daß der Seegrund auf natürlichem oder künstlichem Wege bis über den Wasserspiegel aufgefüllt wird. Ein Beispiel hierfür gewähren uns die Quaianlagen am Zürichsee, bei denen der See selbst das Material zur Auffüllung hergeben mußte, indem der freideweise Seeschlamm durch die Baggermaschine in Rähne gehoben und aus diesen über die Spundwand hinweg in das umfangreiche Becken geschafft wurde, in dem die Auffüllung vor sich ging.

Endlich können Landseen teilweise oder gänzlich zuwachsen, indem sich der Seegrund durch hineingeführten Flußschlamm oder durch Torfbildung bis über den Wasserspiegel erhöht. Beispiele: Zahlreiche Torfmoore in der Schweiz, in Norddeutschland u. a. a. D.

*) H. Credner, Elemente der Geologie, 1887, S. 174—182.

Auch ein Flußbett kann zu Boden werden, wenn der Lauf des Wassers eine künstliche oder natürliche Verlegung erfährt. Beispiele: Flußkorrekturen, verbunden mit Durchstechung der Serpentin (Krümmungen), zur Sicherung des Bodens oder zur Beförderung der Schifffahrt.

An alle diese Vorgänge müssen wir uns erinnern, wenn wir uns die Frage beantworten wollen: Wo finden wir den Boden? Um aber in der Erscheinungen Flucht einen festen Punkt zu haben, schließen wir die Becken der Meere und Seen und die Betten der Flüsse solange von dem Begriff des Bodens aus, wie sie vom Wasser bedeckt sind. Denn es gehört zum Begriff und Wesen des Grund und Bodens, daß seine Oberfläche wirklich oben liegt, an der freien Luft, unter freiem Himmel. —

Ebenso haben wir den Gegensatz zwischen Fels und Boden festzuhalten. Zwar arbeitet die Natur ununterbrochen darauf hin, die Felsen durch Zertrümmerung und Zersetzung in Boden überzuführen, und die Natur kennt auch Mittel und Wege, den Boden wieder in Fels zu verwandeln. Aber trotz alledem dürfen wir uns nicht einbilden, Boden und Fels seien einerlei; wir müssen uns vielmehr klar zu machen suchen, daß sie zweierlei sind.

Wodurch unterscheiden sich Boden und Fels?

Der Unterschied beruht auf dem Gefüge: Fels ist fest gefügtes Gestein, Boden ist lose gefügtes Gestein.

Diesen Unterschied können wir uns am besten zur Anschauung bringen, wenn wir die Gegenstände, von denen die Rede ist, in geeigneter Weise mit Wasser behandeln. Legen wir ein frisch abgehauenes kleines Felsstück in eine Schüssel mit Wasser, so bleibt es unverändert in Größe, Gestalt und Gefüge. Ein Erdbrocken dagegen zerfällt und zerfließt im Wasser meist schon von selbst zu einem Brei, oder er wird wenigstens schlüpfrig und geschmeidig, so daß wir ihn mit einem Holzstäbchen zerdrücken und zerteilen können.

Daß die weniger fest gebundenen Bodenarten (humoser Sand, sandiger Lehm usw.) sich so verhalten, ist ohne weiteres einleuchtend. Überraschend ist es dagegen, daß auch der festeste, „steinhart“ getrocknete Töpferton fast augenblicklich im Wasser zerfällt.

Ich machte diese Beobachtung zum ersten Male Anfang der 1880er Jahre an einem hellgrau gefärbten, kalkhaltigen Töpferton A, den ich im Jahre 1870 bei Corbeil in Frankreich gesammelt und

anfänglich in Papier, später in einer verschlossenen Glasflasche aufbewahrt hatte. Haselnußgroße, eckige Stücke dieses Töpfertons zerfielen im Wasser in Zeit von $\frac{1}{2}$ Minute, förmlich lebendig werdend. — Ein anderer, dunkelgrau gefärbter, kalkarmer Töpferton B*), im Zimmattal bei Zürich gesammelt und seit 1886 zuerst im Keller und dann in einem Zimmerschrank aufbewahrt, verhielt sich im Jahre 1903 im wesentlichen ebenso; doch zerfiel er bei weitem nicht so rasch wie Ton A, indem das Zerfallen erst nach drei Minuten begann und nach und nach erfolgte. Im Jahre 1892 begann das Zerfallen bei Ton B erst nach 10 Minuten.

Das Zerfallen des Tons im Wasser ist eigentümlich; es macht den Eindruck, als ob kleinere oder größere, scharfkantige Brocken mit unsichtbaren Keilen abgespalten und nach zwei sich rechtwinklig kreuzenden Richtungen immer weiter und weiter gespalten werden. Am deutlichsten tritt dieses eigentümliche Zerfallen bei dem Ton hervor, der in seinem natürlichen Gefüge ganz langsam und sehr lange austrocknen konnte. Der Ton verliert dann sein Hydratwasser. Wird er befeuchtet, so zieht er es mit Begier und unter Erwärmung wieder an sich. Das plötzliche Zerfallen beruht also darauf, daß die Wasserteilchen sich mit Gewalt zwischen die Tonteilchen schieben, um sich chemisch mit ihnen zu verbinden.

Feuchter Ton zerfällt selbstverständlich nicht so im Wasser; wenn wir ihn aber mit einem Rührstabe oder mit einem Borstenpinsel bearbeiten, so läßt er sich gleichfalls in Schlamm zerteilen. Eine frisch geknetete Tonkugel, etwa von Haselnußgröße, bleibt im Wasser anscheinend unverändert; lassen wir sie einige Tage im warmen Zimmer austrocknen, bis sie „steinhart“ geworden, so zerfällt sie, ins Wasser gelegt, in Zeit von 20 bis 50 Minuten. Bei einem Felsstück, z. B. bei einem Bruchstück von Schiefer, Granit, Sernifit usw., geschieht dies selbst in Wochen und Monaten nicht, und auch das Umrühren usw. hilft nichts. Steinsalz und andere weiche Mineralien verhalten sich ebenfalls anders als Boden; sie lösen sich wirklich und vollständig im Wasser. Der Boden dagegen löst sich nicht oder doch nur zum kleinen Teil, sondern er zergeht nur im Wasser, trübt es und setzt sich nach längerer oder kürzerer Zeit daraus ab.

*) Dieser Ton zeigte bei der Prüfung mit Salzsäure keine Spur von Aufbrausen.

Was wir Boden oder Erde nennen, ist demnach, im Gegensatz zum Fels, eine Anhäufung von unzähligen kleinen Körnern oder Einzelförnern, die so lose aneinander gelagert sind, daß sie sich im feuchten, oft auch schon im trocknen Zustande leicht voneinander trennen, aneinander verschieben und in eine neue Lagerung, Anordnung oder Gruppierung bringen lassen. Auf diesen Eigenschaften des Bodens beruht die Möglichkeit seiner Bearbeitung mit Spaten, Pflug, Grubber, Egge und Walze. Der Fels läßt sich mit den landwirtschaftlichen Geräten und Werkzeugen nicht bearbeiten, er ist zu festgefügt.

Suchen wir nach Ausdrücken, die uns, immer im Vergleich zum Fels, das lose Gefüge des Bodens erklären, so stoßen wir auf die Begriffe: Lockerheit und Zerbrechlichkeit. Von diesen beiden Begriffen ist die Zerbrechlichkeit leichter zu verstehen, weil wir sie uns mit Hülfe der Sinne besser zum Bewußtsein bringen können. Unterhöhlen wir, wie es beim Ausschachten von Braunkohlen vorkommt, den Boden auf größere Ausdehnung, so stürzt er ein und zeigt uns seine Zerbrechlichkeit im großen, versuchen wir den Boden mit dem Spaten oder mit der Hand aufzunehmen, so zeigt er uns seine Zerbrechlichkeit im kleinen. Es gibt in der deutschen Sprache keinen Ausdruck, der das Wesen des Bodens, im Gegensatz zum Fels, kürzer, faßlicher und anschaulicher bezeichnet als das Wort: Zerbrechlichkeit.

Wir kommen daher bei der Erörterung der Frage: Wo finden wir den Boden? zu folgendem Schluß:

Wir finden den Boden an der trocknen Erdoberfläche; er geht senkrecht hinab bis zum Fels und breitet sich wagerecht aus vom Fels bis zum Meer. Mit anderen Worten: Der Boden bildet die dünne und zerbrechliche Decke des Erdballs, auf der wir gehen und stehen.

3. Woraus besteht der Boden?

Zu einer allgemeinen Beantwortung dieser Frage gelangen wir, wenn wir an recht vielen verschiedenen Stellen recht viele verschiedene Böden untersuchen und das Gesamtergebnis aller Einzeluntersuchungen in eine kurze Übersicht zusammenziehen.

Die Untersuchung wird theils in der freien Natur, theils im

Laboratorium ausgeführt. Zur Ermittlung der Hauptbestandteile genügt meist schon ein aufmerksames Ansehen und Anfühlen unter Mitbenutzung einer Lupe und einiger anderer Hilfsmittel, von denen später die Rede sein wird. Für eine weitergehende, genauere Untersuchung ist die Zerlegung zweckmäßig ausgewählter Proben durch die mechanische und chemische Analyse unter Mitbenutzung des Mikroskopes erforderlich.

Es hat keine Schwierigkeit, festzustellen, ob die körperliche Masse des Bodens, wie sie in der Natur ansteht, 1. durchweg oder größtenteils aus feinem, oder ob sie 2. durchweg oder größtenteils aus grobem Material besteht, oder ob sie 3. ein Gemenge von feinem und grobem Material darstellt.

Das feine Material nennt man im gewöhnlichen Leben Erde, und dieser Ausdruck ist so übel nicht. Andere, erklärende Ausdrücke für dieselbe Sache sind: Feinerde, Feinboden, Reinerde, staubförmige und abschlämmbare Teile. Weniger passend, weil nicht allgemein richtig, ist der Ausdruck Tonteile. Am meisten hat von jenen Ausdrücken noch das Wort Feinerde für sich.

Da aber auch dieses Wort in verschiedenem Sinne gebraucht wird, so schlage ich zur Bezeichnung des feinen Materials ein neues Wort vor, nämlich das Wort: Mollgestein. Für Mollgestein kann man auch sagen: Mollboden, Mollbestandteile oder Mollsubstanz des Bodens, oder kurzweg Moll. Wenn man berücksichtigt, daß sich das feine Material durch das weiche oder sanfte Anfühlen auszeichnet, so wird man diese neuen Ausdrücke zutreffend finden.

Das grobe Material bezeichnet man, je nach der Größe der einzelnen Körner oder Körper, als Sand, Grand, Kies, Grus und Stein. Daneben sind die Ausdrücke Schotter, Gerölle und Geschiebe im Gebrauch. Ganz große „Findlinge“ oder Felsstücke nennt man Blöcke, sie haben zuweilen einen Längen- und Querdurchmesser von 1—3 m, aber sie sind niemals festgewachsen, sondern in die erdige Masse des Bodens lose eingebettet, so daß sie herausfallen, wenn man den Boden senkrecht abgräbt. (Die Spitzen der festgewachsenen Felsen, die in den Boden hinaufragen, gehören nach S. 5 nicht zum Boden, sondern zum Gebirgsmassiv.)

Will man das sämtliche grobe Material mit einem einzigen Ausdruck zusammenfassen, so kann man sich des Wortes Durgestein

bedienen. Dies Wort ist als Gegensatz von Mollgestein allgemein verständlich und allgemein richtig, weil auch die groben und feinen Sande trotz ihrer Kleinkörnigkeit wegen ihres rauhen oder scharfen Anfühlens im eigentlichen Sinne des Wortes nichts anderes sind als Durgestein. Für Durgestein kann man auch sagen: Durboden, Durbestandteile oder Dursubstanz des Bodens, oder kurzweg Dur. Anstatt: Der Boden besteht aus grobem und feinem Material kann es kurz heißen: „Der Boden besteht aus Dur und Moll.“ Mir scheint das nicht bloß kurz, sondern auch sprachlich und sachlich richtig und verständlich zu sein.

Dagegen ist der Ausdruck Skelett, Bodenskelett, den einige wollen, nicht bloß überflüssig, sondern auch sachlich unrichtig. Man verdeutsche nur das Wort Skelett in Knochengerüst, um sich sofort zu überzeugen, daß das gröbere Gestein im Boden durchaus nichts Derartiges bildet. Nicht die Steine tragen oder stützen den Boden, sondern Steine und Erde bilden zusammen den Boden, und Steine und Erde zusammen werden getragen und gestützt von dem Fels; die felsenfeste Erdrinde ist die Unterlage oder, besser gesagt, das Kugelgewölbe, auf dem der Boden ruht.

Wir sagen also, der Boden besteht entweder 1. aus Mollgestein (z. B. Ton), oder 2. aus Durgestein (z. B. Kies), oder 3. aus Moll- und Durgestein (z. B. grandiger Lehm).

Das grobe Durgestein läßt sich, wenn wir es mit dem Hammer zerschlagen, um den frischen Bruch zu sehen, mineralogisch meist ohne Schwierigkeit näher bestimmen als Trümmer, Körner oder Splitter von Quarzfels, Granit, Porphyr, Gneis, Glimmerschiefer, Grünstein, Basalt, Tonschiefer, Grauwackenschiefer, Kalk usw. Damit gewinnen wir zugleich einen Einblick in die stoffliche Zusammensetzung der Felsstrümmer oder „Steine“ des Bodens, weil die chemischen Bestandteile der verbreiteten Gesteins- oder Gebirgsarten bekannt sind. Dasselbe gilt für die einzelnen Mineralien und Kristalle: Quarz, Feldspat, Glimmer, Augit, Hornblende, Gips, Kalk, Talk usw., die bei dem Zerfall der Felsen mehr oder weniger unverändert in die Bodenmasse gelangen, zuweilen auch durch Kristallisation in der Masse des bereits abgelagerten Bodens neu entstehen, wie z. B. die Gipskristalle im Tertiärton. Auch die Kalkknollen (Lößkinder) im sonst steinfreien Lößboden, und die Knollen oder Bänke von

Raseneisenstein im steinfreien Sandboden entstehen nachträglich in der fertig gebildeten Bodenmasse.

Bei dem feinen Mollgestein, das in der Regel ein Gemenge von verschiedenartigen Substanzen darstellt, ist die Untersuchung nicht so leicht zu bewerkstelligen wie bei dem groben Durgestein. Es ist bis jetzt nicht gelungen, das Mollgestein auf mechanischem Wege so zu zerlegen, daß man die einzelnen Gemengteile getrennt nebeneinander hat. Dagegen kann man mit einer mehr oder weniger weit ausgedehnten chemischen und mikroskopischen Untersuchung dahinter kommen, daß das Mollgestein aus Tonpartikeln, Kalk- oder Kreidestaub, Kieselmehl und Humusteilchen besteht. Bald sind alle diese Gemengteile vertreten, bald fehlt der eine oder andere von ihnen. Mit Hülfe der chemischen Analyse kann man auch die näheren Bestandteile des Mollgesteins ermitteln, von denen Kieselsäure, Tonerde, Kalkerde, Magnesia, Kali, Natron, Eisen- und Manganoryd, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Chlor und Fluor die häufigsten und insofern auch die wichtigsten sind, als sie den Pflanzen die mineralischen Nährstoffe (Aschenbestandteile) liefern, oder doch indirekt an der Ernährung der Pflanzen beteiligt sind. Indirekt wirkt namentlich die Tonerde, die nicht als Nährstoff in die Pflanzen übergeht, aber trotzdem in hervorragendem Maße zur Fruchtbarkeit des Bodens beiträgt, und zwar in Form von Ton. Der Ton — eine chemische Verbindung von wasserhaltiger, kieselaurer Tonerde mit Beimengungen von überschüssiger Kieselsäure, Eisen- und Manganoryd, Kalk und Magnesia — ist der wesentliche und charakteristische Bestandteil der Tonböden. Auch in den Lehm Böden, Mergelböden und lehmigen Sandböden bildet der Ton einen wesentlichen Bestandteil.

Eine besondere Berücksichtigung verdient die Humussubstanz des Bodens. Streng genommen ist sie in den Mollbestandteilen des Bodens enthalten. Wir können aber der Einfachheit und Kürze wegen auch die Reste von Pflanzen und Tieren (z. B. die noch nicht völlig verwesten Leichen der Regenwürmer und Insekten, der Mäuse und Maulwürfe, sowie die noch kenntlichen Überbleibsel der Stoppeln und Wurzeln, der abgefallenen Blätter und Stengel, des Stallmistes und Gründüngers) zu der Humussubstanz des Bodens rechnen, da alle diese Dinge bei ihrer Vermoderung im Boden zu

Humus werden. Wir vermeiden dabei absichtlich den Ausdruck „organische Substanz“, um das Lebendige und das Tote auseinanderzuhalten.

Naturgemäß finden wir die Humussubstanz hauptsächlich in dem dunkler gefärbten Obergrunde, während der heller gefärbte Untergrund in der Regel nur geringe oder sehr geringe Mengen von ihr aufweist. Doch kommen Ausnahmen von dieser Regel vor (z. B. bei der russischen Schwarzerde). Ganz frei von Humussubstanz ist der Untergrund schon deshalb gewöhnlich nicht, weil ein Teil der in den Untergrund hinabwachsenden Pflanzenwurzeln daselbst verwest, und weil die im Boden lebenden Tiere Röhren in den Untergrund bohren und ihre Exkremente usw. in ihnen absetzen.

Immerhin besteht der Boden, sowohl im Obergrund wie im Untergrund, in der Mehrzahl der Fälle überwiegend aus Mineralsubstanz, indem die Humussubstanz ganz zurücktritt oder doch nur einige Prozent von dem Gewicht des Bodens ausmacht. Nur bei gewissen Böden herrscht die Humussubstanz dem Gewichte oder wenigstens dem Raume nach sowohl im Ober- wie im Untergrunde vor. Danach können wir die in der Natur vorkommenden Böden in drei Abteilungen bringen: 1. Mineralböden (z. B. reiner Sand). 2. Humushaltige und humose Mineralböden (z. B. humoser Lehm). 3. Humusböden (z. B. Torf). Wie überall in der Natur, so finden wir auch zwischen diesen drei Abteilungen alle möglichen Zwischenstufen und Übergänge.

Der Humus ist eine verwickelt zusammengesetzte Masse und eine sehr leicht zerstörbare Substanz. Er verbrennt im Feuer, zerfällt sich aber auch bei genügendem Luft- und Wasserzutritt, unter Mitwirkung kleiner Lebewesen, in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, um schließlich bei vollständiger Zersetzung nichts zurückzulassen, als die mollig-feinerdigen, aus den vermoderten Pflanzen- und Tierleichen herstammenden Aschenbestandteile, die ihrerseits ebenfalls fort und fort verschwinden, indem sie von den lebenden Pflanzen aufgezehrt werden. Da der Humus aber auf dem pflanzentragenden Boden immer von neuem entsteht, so ist jederzeit, namentlich im Obergrunde, ein gewisser Humusvorrat vorhanden. Ebenso sind jederzeit die Zersetzungsprodukte des Humus vorhanden. Es gehören mithin nicht bloß die Humussubstanzen selbst, sondern auch ihre

Zerseßungsprodukte: Kohlen säure, Wasser und Ammoniak nebst der Asche zu den Bestandteilen des Bodens.

Wasser kommt überdies mit jedem Regen und mit jedem anderweitigen Niederschlag in den Boden. Es geht aus dem Boden fort, theils nach unten, theils nach oben, fällt aber immer wieder vom Himmel zur Erde herab, und in den Zustand absoluter Trockenheit gelangt der Boden höchstens nur vorübergehend, in unserem gemäßigten Klima vielleicht niemals. Jedenfalls sind wir berechtigt, das wirklich im Boden befindliche Wasser zu den Bestandteilen des Bodens zu rechnen, und zwar denken wir dabei weniger an das Grundwasser, als vielmehr an die in den Poren des Bodens sitzende und den Bodenteilchen äußerlich anhaftende Feuchtigkeit.

Mit demselben Recht können wir auch die im Boden befindliche Luft zu den Bestandteilen des Bodens zählen. Daß Luft sich wirklich im Boden befindet, ergibt sich aus dem Gefüge des Bodens ohne weiteres. Da der Boden nämlich nicht eine völlig dichte, sondern ganz ähnlich wie die Krume des Brotes, eine löchrige, lückige oder höhlige Masse darstellt, so müssen die Hohlräume, die das Wasser freiläßt, selbstverständlich mit Luft gefüllt sein. Wasser und Luft verteilen sich so im Boden, daß das Wasser die kleineren, die Luft die größeren Hohlräume einnimmt; jedoch wird auch ein Teil der Luft im Wasser aufgelöst. Will man sich näher vor Augen führen, daß der Boden in der That Luft enthält, so braucht man nur einen ausgetrockneten Lehmbrocken in ein mit Wasser gefülltes Glas fallen zu lassen; man sieht dann die Luftblasen aufsteigen, und zwar um so reichlicher, je stärker der Lehmbrocken vorher ausgetrocknet war.

In der freien Natur steht die Bodenluft mit der äußeren Luft in fortwährendem oder doch oft wiederholtem Austausch. Schon durch den Wechsel von Tag und Nacht (Temperaturdifferenzen usw.) wird dies bedingt, noch mehr aber durch den Wechsel von Regen und Sonnenschein. In Zeiten der Trockenheit dringt die äußere Luft, die unter einem mittleren Druck von 720 mm Quecksilber steht, in alle Hohlräume des Bodens ein, aus denen das Wasser durch die Wurzelhaare aufgesaugt oder durch einfache Verdunstung fortgeschafft worden ist. In Zeiten der Nässe wird die Bodenluft durch das eindringende Wasser aus den größeren und kleineren Lücken des Bodens nach außen verdrängt; sobald aber das in den größeren Hohlräumen versinkende und versickernde Wasser Platz macht, folgt

die äußere Luft auf dem Fuße nach. Der Boden bekommt so abwechselnd Luftbäder und Wasserbäder; nur dem versumpften Boden wird diese Wohltat nicht zuteil, weil in ihm alle Hohlräume, kleine und große, fortwährend mit Wasser gefüllt sind.

In ihrer Zusammensetzung ähnelt die Bodenluft der freien atmosphärischen Luft. Diese ist in der Hauptsache ein Gasgemenge von Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure und Wassergas. Dieselben Gase haben wir auch in der Bodenluft zu erwarten, jedoch ist diese, namentlich in dem humushaltigen und gedüngten Kulturboden, ärmer an Sauerstoff, dafür reicher an Kohlensäure, weil bei den im Boden vor sich gehenden Zersetzungsprozessen Sauerstoff verbraucht, Kohlensäure erzeugt wird. Die Ammoniaksalze (kohlen-saures, salpetrig-saures und salpetersaures Ammoniak), die in geringer Menge in der atmosphärischen Luft vorkommen, werden mit dem Regen usw. niedergeschlagen und im Boden in salpetrig-sauren und salpetersauren Kalk und in kohlen-saures Ammoniak umgesetzt.

Sowohl dieses als auch jenes kohlen-saure Ammoniak, das bei der Verwesung der pflanzlichen und tierischen Substanz des Bodens entsteht, wird von der tonigen Feinerde begierig absorbiert und festgehalten, um jedoch bald eine eigentümliche Zersetzung und Umwandlung zu erfahren. Die Ammoniaksalze werden nämlich durch äußerst kleine, im Boden befindliche Lebewesen bestimmter Art in salpetrig-saure Salze (Nitrite) übergeführt, die ihrerseits durch Vermittlung kleiner Lebewesen anderer Art ziemlich rasch in salpetersaure Salze (Nitrats) übergehen.

Die Klarlegung dieses interessanten und wichtigen Zusammenhangs von Tatsachen haben wir Winogradsky zu verdanken.*)

Ich frage nun jetzt, um immer streng bei der Sache zu bleiben: Gehören die betreffenden kleinen Lebewesen, die sog. Salpeterfermente, zu den Bestandteilen des Bodens oder nicht? Der Geolog und Mineralog wird diese Frage wahrscheinlich verneinen, der Chemiker, Physiolog und Landwirt wird sie wahrscheinlich bejahen.

Schon länger wissen wir, daß außer den eben berührten auch noch ganz anders geartete kleine Lebewesen im Boden vorkommen, die in den Wurzelknöllchen der stickstoff-sammelnden Pflanzen zur

*) E. Schulze hat im „Landw. Jahrbuch der Schweiz“, 1891, S. 82–85, über die Arbeiten Winogradsky's kurz referiert.

Entwicklung gelangen und die Bindung und Nutzbarmachung des freien Stickstoffs besorgen oder vermitteln. Nach ihrem Entdecker Beyerinck nennt man diese Lebewesen Wurzelbakterien, und es ist wahrscheinlich, daß jede der stickstoffsammelnden Pflanzenarten: Bohnen, Erbsen, Wicken, Lupinen, Serradella, Klee, Luzerne, Esparsette usw. ihre eigene Art oder Varietät von Wurzelbakterien besitzt und verlangt.

Diese Wurzelbakterien gehören, sofern und soweit sie im Boden liegen, ebenso zu den Bestandteilen des Bodens, wie die frei in der Muttererde lebenden Bodenbakterien, von denen gewisse Arten bei Luftzutritt, andere bei Luftabschluß ihre stickstoffbindende Tätigkeit entfalten, um die Gräser und andere Stickstofffresser mit Stickstoffnahrung zu versorgen.

Dasselbe gilt von den wiederum anders und unter sich verschieden gearteten kleinen Lebewesen, die an der Zersetzung der pflanzlichen und tierischen Substanz des Bodens beteiligt, ziemlich unbestimmt und summarisch als Fäulnis- und Verwesungserreger bezeichnet werden. Nur der Spezialforscher vermag diese kleinen Organismen zu unterscheiden und auseinanderzuhalten; der Laie kann sich einen Begriff von ihrer Menge machen, wenn er erfährt, daß Burri in je 1 g frischer, feuchter Erde von Acker-, Garten- und Wiesenland 3 800 000 bis 16 000 000 Mikroorganismen gefunden hat.

Die vorstehend genannten kleinen Lebewesen sind nützliche; es gibt aber auch schädliche. Von diesen erinnern wir an die Sporen der gefährlichen Brandpilze, die, wie Brefeld zuerst nachgewiesen, längere Zeit lebensfähig im Boden verweilen.

Es schließen sich unmittelbar an: die kleinen tierischen Feinde unserer Kulturpflanzen, z. B. die von Julius Kühn näher erforschten Rübennematoden, Weizenälchen, Roggenälchen usw., die so sehr Bestandteile des Bodens werden können, daß sie den Boden förmlich verseuchen.

Es schließen sich weiter an: die schädlichen Engerlinge, die sich während ihres einige Jahre dauernden Larvenzustandes im Boden aufhalten, und die nützlichen Regenwürmer, die ihr ganzes Leben im Erdboden zubringen und so sehr mit ihm eins sind, daß man sie nicht bloß im Boden, sondern auch den Boden in ihnen findet, usw.

Wollte man gegen diese Darstellung einwenden, daß man nur das zu den Bestandteilen des Bodens rechnen dürfe, was bleibend und beständig in ihm ist, so läßt sich erwidern, daß der Boden dann überhaupt keine Bestandteile hat. Denn selbst die Mineralsubstanz des Bodens ist durchaus nicht bleibend und beständig. Nicht allein die Humussubstanz, sondern auch die Mineralsubstanz des Bodens zerfällt sich fortwährend, zum Teil ohne, zum Teil mit Beihülfe gewisser Lebewesen. Das Wasser führt jahraus jahrein, auch in der Ebene, teils oberirdisch, teils unterirdisch die Mineralbestandteile fort. Der Wind entführt feine Sand-, Ton- und Kalkteilchen in Form von Staub von unseren Feldern. Mit den geernteten Pflanzen führen wir alljährlich eine gewisse Menge Mineralsubstanz vom Felde fort. Allerdings führen wir, wenn wir ordentlich wirtschaften, auch wieder Mineralstoffe zu, aber dieser Umstand dient nur zur Bestätigung unserer Auffassung, daß der Boden auch in seinem Mineralbestande nicht etwas Bleibendes ist, sondern im Gegenteil etwas Veränderliches und Vergängliches. Aus dem Bereich der Natur kann freilich kein Stoffatom verschwinden, wohl aber aus dem Bereich eines Gutes oder eines Landes. Die Mineralstoffe, die der Rhein im gelösten oder schwebenden Zustand bei Basel abwärts führt, sind für die Schweiz unwiederbringlich verloren und verschwunden.

Betrachten wir den Boden vom Standpunkt des Geologen und Mineralogen, so werden wir sagen: Der Boden besteht aus Mineraltrümmern, er ist im wesentlichen nichts anderes als eine Anhäufung von losem Gestein. Betrachten wir den Boden vom Standpunkt des Physiologen und Landwirts, so werden wir finden: Der Boden stellt, im Gegensatz zum Fels, eine lose gefügte Masse dar, in der größere und kleinere bis verschwindend kleine Gesteinstrümmern mit Mineralsalzen, Humussubstanzen, Wasser, Luft, pflanzlichen und tierischen Lebewesen zu einem in sich beweglichen und veränderlichen Ganzen vereinigt sind. Je weiter nach oben, desto mehr wird die Masse lebendig, bis die Keime, die in ihr liegen, die Köpfe und Ärmchen hervorstrecken und unter den Strahlen der Sonne größer und größer werdend uns Blumen bringen und Früchte.

Die Entstehung des Grund und Bodens.

Langsam erstarrt und erkaltet des Erdballs glühende Kruste,
Und in dem irdischen Stoff regt sich der himmlische Keim.

Wechselnd in ewigem Fluß folgt ein Geschlecht nach dem andern,
Als der Mensch erschien, fand er die Tafel gedeckt.

Wie die Bewohner sich mehrten, da mußten sie pflanzen und schaffen,
Grund und Boden ist da, sehen wir zu, wie er ward.

Die Erde ist ein Stern unter Sternen. Jahr für Jahr vollführt sie zwischen Venus und Mars ihre vorgeschriebene Reise um die Sonne. Dabei dreht sich die Erde alle 24 Stunden um ihre eigene Achse, während die Umlaufszeit des Mondes weder 30 noch 31, auch nicht 28 oder 29, sondern nahezu 27 Tage und 8 Stunden beträgt.

Es ist nicht überflüssig, hieran zu erinnern. Wollen wir unsere Stellung in der Natur erkennen, dann müssen wir den Blick nach oben richten. Sonne und Mond, sie sind es, die das Leben auf der Erde regeln, leiten und beherrschen. Man denke nur an den Wechsel der Jahreszeiten, der von der Stellung der Erde zur Sonne abhängt, und an den Wechsel der Gezeiten (Ebbe und Flut), der auf der Stellung des Mondes und der Sonne zur Erde beruht. Bei den Gezeiten überwiegt der Einfluß des kleinen und kalten Mondes den der Sonne, weil der Mond der Erde näher steht. Ebenso erklärt sich aus der Anziehung vonseiten des Mondes und der Sonne der Kreislauf des Wassers und der sog. Wurzeldruck, denn die Verdunstung, die diesen wie jenen bedingt, vollzieht sich bei jeder Temperatur. In trockner Luft verdunsten Schnee und Eis ebensowohl wie Tropfen, Wellen und Wolken. Die Erde selbst verhält sich demgegenüber passiv, aktiv dagegen insofern, als sie, von

den Strahlen der Sonne erwärmt, die Stätte und den Stoff zur Beherbergung und Ernährung der Lebewesen darbietet, und natürlich auch insofern, als sie durch ihre eigne Schwere und Anziehung sich zwischen Sonne und Mond, Venus und Mars im Gleichgewicht erhält.

Denn alle diese und die unzähligen andern Himmelskörper, von denen wir in sternheller Nacht nur einen kleinen Teil überblicken, sie schweben und sie bewegen sich nach bestimmten Gesetzen in dem Weltraum, und der Weltraum ist erfüllt von dem Äther, der nach der alten Theorie ein kraftbegabter, unwägbarer, alles durchdringender Stoff von unendlicher Feinheit.

In neuerer Zeit hat Walter Ritz „Die Grundlagen der Elektrodynamik“ viel untersucht, und er kam dazu, die Existenz eines Äthers zu verwerfen.“ Es ist aber kaum denkbar, daß der Weltraum absolut leer sei. Mit der Gravitation allein kommen wir nicht aus. Es muß ein kraftbegabter Stoff vorhanden sein, der die Welt in ihrem Bau zusammenhält und — auseinanderhält. Ein Stoff, der den Pflanzen, Tieren und Menschen mit den Sonnenstrahlen die Kraft zum Leben übermittelt. Ein Stoff, der die Keime liefert zur Belebung der Erde und der andern Himmelskörper.

Je mehr sich mit ihr erklären läßt, desto wahrscheinlicher wird die Hypothese von dem Dasein des Äthers. Aus dem Nichts kann weder eine Sonne noch eine Blume entstehen. Vielmehr ist der Weltäther das Energiereservoir, aus dem alle Materie ihren Ursprung herleitet. Daß der Äther unwägbar, beweist nichts gegen seine Existenz. Licht und Elektrizität sind auch unwägbar, und was sind das für gewaltige Kräfte! Ihre Stofflichkeit versteht sich von selbst. Kein Stoff ohne Kraft und keine Kraft ohne Stoff. Denken wir uns sämtliche Himmelskörper aufgelöst in Atome, sie würden den Weltraum nicht füllen. Folglich ist die Behauptung nicht von der Hand zu weisen: Die Gesamtheit der anorganischen und organischen Welt stammt aus dem Äther.

Den Ursprung der Lebewesen führen die Gelehrten zurück auf die Urerzeugung, *Generatio aequivoca*. Im Widerstreit hiermit stehen die Sätze: Alles Lebende aus dem Ei, *omne vivum ex ovo*, und *omne vivum e cellula*, alles Lebende aus der Zelle. Der Widerspruch löst sich durch die Annahme: *Omne vivum ex aethere*

aeterno et universo: Der ewige Weltäther ist es, der die Reime der Lebewesen hergibt.

Diese Annahme hat nichts weiter zur Voraussetzung, als die unendlich feine Verteilung von Stoff und Kraft, eine Annahme, die durch die Erscheinungen der Vererbung gestützt wird. Wie unendlich fein muß die Verteilung sein, wenn wir wissen, daß ein einziger Mensch innerhalb historischer Zeit Millionen von Nachkommen haben kann, und dabei genügt zur Befruchtung des weiblichen Ovulums ein Samenkörperchen von mikroskopischer Kleinheit.

Die Tatsache, daß es jetzt auf Erden keine Urerzeugung mehr gibt, läßt sich mit dem Hinweis begründen, daß die Bedingungen für die erste Entstehung der Lebewesen nur in jener Zeit gegeben waren, als die Kruste des Erdballs aus dem feurig-flüssigen in den Zustand des brodelnden Urbreis überging. Der günstigste Zeitpunkt für die Urerzeugung aus den ätherischen Reimen war gekommen, als Luft und Wasser sich differenzierten und voneinander schieden. Daß dies unter dem Eingriff der Elektrizität mit solch elementarer Gewalt sich vollzog, wie nachher nie wieder, das wird uns sofort klar, wenn wir bedenken, daß sich das gesamte Wasser aus der Atmosphäre niederschlug.

So entstehen Meer und Land. Es wird Licht. Regen, Luft und Sonnenschein befruchten die Erde. Und in dem irdischen Stoff regt sich der himmlische Keim.

Wechselnd in ewigem Fluß folgt ein Geschlecht nach dem andern, und da kein Lebewesen dem andern gleicht, auch nicht unter den nächsten Verwandten, so ist nicht ausgeschlossen, daß der Weltäther die Erzeugung und Entwicklung fort und fort beeinflusst, indem er alle Zellen des Pflanzen- und Tierleibes, also auch die Kerne und Elemente der Fortpflanzungszellen durchdringt und verändert.

Damit hätten wir eine Erklärung für die sonst rätselhaften, inneren Ursachen der Variabilität gewonnen. Als Resultat würde sich eine stetige Anpassung an die veränderlichen Lebensbedingungen und eine allmähliche Vervollkommnung des Einzelwesens und der Gesamtheit ergeben. Lebewesen, die sich nicht anpassen können, sterben aus. Die Starken siegen, die Schwachen unterliegen. So ist das scheinbare Chaos wohlweislich geordnet.

Die atmosphärische Luft, die wir mit jedem Atemzuge in uns

aufnehmen, ist so fein verteilt, daß wir mit unsern leiblichen Augen weder von Stickstoff und Sauerstoff, noch von Kohlensäure und Wassergas etwas sehen, und das ist sehr zweckmäßig, sonst würde die Erde, von Finsternis umhüllt, nicht in der Lage sein, den Lebewesen als Wohnstätte zu dienen.

Noch feiner als die Luft ist der Äther. Durch den luftleeren, mit Glas und Quecksilber abgesperrten Raum im Barometer spielen die Wellen des Äthers wie die Sonnenstrahlen durch die Fensterscheibe. Das Licht, das in uns leuchtet, verdanken wir dem Äther. Wenn er in uns und wir in ihm, dann wird es uns verständlich, daß wir seine Offenbarung begreifen und uns selbst erkennen.

Die Selbsterkenntnis deckt sich mit der Welterkenntnis. Denken wir uns den Weltäther als die verkörperte Weltseele, so ist alles klar und durchsichtig, verwerfen wir den Äther, so wandeln wir im finstern Tal. Unser Wissen ist Stückwerk. Das Höchste aber, was der Mensch hat, ist das Ringen nach Wahrheit, und der Trieb dazu stammt aus dem unerschöpflichen Äther, aus dem alles entsteht, in dem alles vergeht,

Weil alles in ewigem Wechsel sich dreht,
Umkreidend den Stern, der im Mittelpunkt steht.

Dieser Satz gilt für die Erde und ihren getreuen Begleiter, er gilt für die 8 großen und 88 kleinen Planeten unseres Sonnen- und Planetensystems, er gilt für die Gesamtheit der unzähligen Himmelskörper. Sie alle schweben frei im Äther, indem sie sich um ihre Achse drehn, denn die Schwerkraft oder Gravitation ist die bekannte, aber oft verkannte, allgemeine Naturkraft, die den Riesenbau der Welt in Einigkeit und Harmonie gestaltet, ordnet und zusammenhält.

Wir nehmen an, daß die Erde nebst den übrigen Planeten und ihren Trabanten von der rotierenden Sonne abgeschleudert, aber doch von ihr angezogen und gehalten wurde und immer noch gehalten wird, eben durch die Kraft der Gravitation. Wir können uns vorstellen, wie die feurig-flüssige Erdfugel infolge ihrer eigenen Rotation und Gravitation und infolge der Anziehung von seiten der Sonne und des Mondes an den Polen sich abplattete, am Äquator sich hob, und wir können verstehen, wie eine gewisse Schicht des Erdballs infolge der Abkühlung in dem kalten Weltraum frusten-

artig erstarrte. Indem die Kruste sich zusammenzog, bekam sie Risse, durch die die glühende Lava hervorquoll, und die Hitze trieb die leichteren Gase in die Atmosphäre zurück, während die schwereren Stoffe: Platin, Gold, Blei, Eisen sich zum Erdkern verdichteten. Diese Vorgänge wiederholten sich solange, bis sich der Dampf von der Luft scheiden und als flüssiges Wasser in den Vertiefungen sammeln konnte. Damit erreichte die geologische Entwicklung einen wichtigen Wendepunkt, denn jetzt kamen neben den plutonischen vorzugsweise die neptunischen und meteorischen Einflüsse zur Geltung.

Von großer Bedeutung ist die von Heinrich Wehner erkannte und begründete Theorie, daß der Erdkern und die Erdrinde erstarrt sind, während die dazwischen liegende Magmaschicht sich im zähflüssigen Zustande befindet. Sie kann nicht fest werden, weil Kern und Rinde sich verschieben. Die Verschiebung kommt dadurch zustande, daß der Kern in der täglichen Rotation um ein sehr kleines Maß hinter der Rinde zurückbleibt. In dem Zeitraum von 952 Jahren ergibt sich eine volle Mehrrotation der Rinde. Hiernach erscheint das Innere unserer Erde wie eine Mühle, die fortwährend mahlt, und die zähflüssige Zwischenschicht zwischen Kern und Rinde bildet, sozusagen, das Mahlprodukt und zugleich das Schmiermaterial zur Verminderung der Reibung in der riesigen Kugelmühle.

Nun ist die Kernoberfläche ebenso mit Erhebungen und Einbuchtungen besetzt, wie sie die Erdrinde in ihren Meeren und Gebirgen außen aufweist und wie sie Gestaltungen ähnlicher Art auch innen tragen muß. Wandern bei der Verschiebung des Kerns und der Rinde die Unebenheiten aneinander vorüber, dann wird allemal dort, wo eine Kernrunzel sich einer besonders brüchigen, innen verworfenen oder gefalteten Rindenstelle nähert, der Magmendruck der flüssigen Zwischenschicht sich steigern und je nach den Umständen die Rinde irritieren: sie biegend spannen, zum Bersten bringen, Verwerfungen verursachen, bei Wassersturz in große Tiefen vulkanische Ausbrüche zeitigen, usw.

Damit sind die geologischen Verhältnisse auf eine neue Grundlage gestellt, und es ergibt sich die praktisch wichtige Erkenntnis, daß die gefährdeten Gegenden in gewissen Perioden immer wieder von Erdbeben und Eruptionen betroffen werden.

Inzwischen setzte auch die Bodenbildung ein, wie wir sie aus der Erfahrung kennen. Denn ähnlich wie der Kristall heute

noch in derselben Gestalt wie vor 100 000 Jahren aus der Mutterlauge entsteht, so entstand der Boden in der Vorzeit nach denselben Gesetzen wie in der Gegenwart.

Nach Girard*) ist der Boden zerstörtes, altes Gestein auf dem Wege zur Bildung neuer Gesteine. Ich hoffe diese Worte richtig zu verstehen, wenn ich sie dahin deute: Der Fels wird zu Boden, der Boden zu Fels in immerwährendem Kreislauf.

Der Gedanke ist originell, und er bezeugt den tiefen Blick meines hochverehrten Lehrers. Er darf aber nicht so gedeutet werden, als ob der Boden den Zweck hätte, zu Fels zu werden, von dem er genommen ist, sonst wäre es einfacher, der Fels bliebe Fels in alle Ewigkeit.

Um dieser Auffassung vorzubeugen, schickt Girard die Beschreibung und das Vorkommen der Mineralien und Gesteine und ihre mechanische und chemische Zerstörung voraus, und auf diesen Grundlagen baut er die Entstehung des Bodens auf. Er sagt: „Die dargelegten Vorgänge haben eine solche äußere und innere Umänderung der Gesteine bewirkt, daß aus ihnen eine ganz neue Bildung hervorgegangen ist, die als eigentliches Oberflächen-Produkt der geologischen Tätigkeit des Erdkörpers eine eigentümliche Stellung einnimmt. Diese Oberflächen-Bildung aus dem Material der Gesteine hat, zusammen mit der Gegenwart der Atmosphären, die Möglichkeit für die Entwicklung eines ganz andern Gebietes der Natur gegeben, des Gebietes der organischen Welt.“

Ganz richtig. Doch möchte ich ergänzend hinzufügen: Über der feurig-flüssigen Magmaschicht bildet der Fels das stützende und schützende Kugelgewölbe, auf dem sich Meer und Land ausbreiten, um zur Wohnstätte und zur Nahrungsquelle für die Lebewesen zu werden. Der Mensch beherrscht beides, Meer und Land, er schickt sich sogar an, das Reich der Lüfte zu beherrschen, aber seine eigentliche Heimat ist doch das Land, und die Schiffahrt dient weniger dazu, Fische, Austern, Perlen und Korallen aus dem Meere zu gewinnen, als vielmehr dazu, von einem Land in ein anderes zu gelangen, um sich dort anzusiedeln

*) H. Girard, Grundlagen der Bodenkunde. Halle 1868.

und eine neue Heimat zu gründen, oder Landesprodukte von dort für die alte Heimat zu holen.

Nichtsdestoweniger sind Meer und Fels und Fels und Meer für die Entstehung des Bodens von fundamentaler Bedeutung. Wäre die Erde glatt wie eine Billardkugel, dann wäre sie ringsum vom Meere bedeckt. Die Erde hat aber eher die Gestalt eines geschrumpften Apfels, und nur durch den Gegensatz von Hoch und Tief ermöglicht sie mit der Entstehung des Bodens das Dasein des ackerbautreibenden Menschen.

Dabei müssen wir uns erinnern, daß die Gewässer $\frac{3}{4}$ der Erdoberfläche überfluten, während die Runzeln der Erdkruste, die wir Gebirge nennen, selten um mehr als 4000 m über den Meeresspiegel hinaufragen. Der Montblanc, der König der europäischen Berge, erreicht eine Höhe von 4810 m, eine im Vergleich zum Erddurchmesser verschwindende Größe.

Tagtäglich führen die Flüsse aller Erdteile gewaltige Wassermassen in das Meer. Es läuft trotzdem nicht über, hält sich vielmehr bei Ebbe und Flut in seinen Grenzen, weil durch die Verdunstung in die atmosphärische Luft soviel Wasser aus dem Meere aufsteigt, wie durch die Flüsse hineinkommt. Zum Himmel steigt es, zur Erde fällt es, ewig wechselnd, und speist die Quellen der Hochgebirge, die den Fels durchsichern, zersetzen und ausnagen und mit seinen Bestandteilen beladen zum Meere zurückkehren.

„Der Boden entsteht zwar unmittelbar aus und auf seinem Muttergestein, aber nicht aller Boden befindet sich in dieser ursprünglichen Lage. Bäche, Flüsse und Ströme befördern das einmal von seinem festen Felsgrunde losgerissene Material immer tiefer und tiefer abwärts, bis in das Meer hinab, und erst auf dem Meeressgrunde kommt es zur Ruhe. Auf dem Wege aber zu diesem Ziele bildet das wandernde Gesteinsprodukt und Gesteinsmaterial das, was wir Boden nennen.“ (Girard.)

Hiernach gibt es 1. angestammte und 2. angeschwemmte Böden. Zwischen beiden finden wir allerlei Übergänge. Der Übersichtlichkeit wegen betrachten wir beide Gruppen getrennt voneinander.

1. Die angestammten Böden. — Die angestammten Böden entstehen durch Verwitterung unmittelbar aus und auf ihrem Muttergestein. Man nennt sie deshalb auch Verwitterungsböden.

Was ist Verwitterung? Den Begriff müssen wir uns möglichst klar zu machen suchen, um zum Verständniß über die Entstehung des Bodens zu gelangen. Glücklicherweise kann ich dem geneigten Leser mit eigenen Beobachtungen und Erfahrungen aufwarten. Ich will versuchen, die Sache möglichst einfach darzustellen, ohne mich in gelehrte Auseinandersetzungen zu verlieren.

Im norddeutschen Flachlande findet man eiförmige Knollen von Feuerstein in der Größe der Tauben- und Hühnereier. Auf einen kräftigen Schlag zerspringen sie in rauchgraue, flachmuschelförmige Stücke, die zum Feuerschlagen dienen. Dabei springt der Funke nicht aus dem Stein, sondern aus dem geritzten Stahl. Der Stein ist härter.

Aber trotz dieser Härte zeigt der Feuersteinknollen ringsherum eine Rinde, die sich mit dem Messer ritzen und schaben läßt. Wie kommt das? Die Rinde ist durch Verwitterung entstanden, sie ist durch Verwitterung weich und weiß, sie ist zu Steinmehl — zu Erde geworden.

Wenn Stahl weicher als Feuerstein, dann werden wir uns nicht wundern, daß auch Eisen verwittert. In der Umgangssprache sagen wir: Der Rost zerfrißt das Eisen. Und jedermann weiß, daß ein Anstrich mit Ölfarbe vor dem Verrosten schützt. Warum? weil der Ölanstrich den Zutritt von Luft und Feuchtigkeit verhindert.

Ende der 1860er Jahre sammelte ich auf einer Exkursion in der Umgegend von Halle aus anstehender Braunkohle $\frac{1}{2}$ Duzend walnußgroßer Knollen von gelb glänzendem, kristallisiertem Schwefelfies. Als ich sie nach 10 oder 12 Jahren hervorholen wollte, fand ich sie in graues Pulver zerfallen. Der immerhin doch beschränkte Zutritt der Luft genügte zur Verwitterung. Der Sauerstoff verband sich mit dem Schwefel des Minerals zu Schwefelsäure und mit dem Eisen zu Eisenorydul, es bildete sich schwefelsaures Eisenorydul, und die bei dem Oxydationsprozeß entstehende, deutlich fühlbare Hitze versengte die Papierhülle, so daß auch sie in Pulver zerfiel.

Zwillingskristalle von Gips, die ich aus geschlämmtem Tertiärton ebenfalls in der Umgegend von Halle gesammelt und in ähnlicher Weise aufbewahrt hatte, zeigten sich dagegen nach 40 Jahren noch unverändert, weil der schwefelsaure Kalk nicht eigentlich ver-

wittert, sondern in einer größeren Wassermenge gelöst wird, während die Würfel von Kochsalz oder Chlornatrium schon in feuchter Luft zerfließen.

Im Frühling 1866 machte ich einen Spaziergang an der Saale hellem Strande, als mir in der Nähe des berühmten Giebichensteins zum ersten Mal in meinem Leben eine Felswand entgegentrat. Sie erschien mir himmelhoch, erreichte in Wirklichkeit aber wohl kaum mehr als 20 m. Sie bestand aus hellrotem, festgefügttem Porphyr, der zu Baumaterial abgesprengt wurde.

Obenauf zeigte sich eine gelbliche Verwitterungsschicht, deren Mächtigkeit ich auf 1,20—1,50 m schätzte. Beim Hinaufsteigen erwies sich das Gestein über dem Steinbruch zerklüftet, nach oben hin in steinsfreien Porphyrton übergehend. Ein anschauliches Bild der Verwitterung.

Born an der Straße war ein etwa 6 m hoher, oben abgerundeter Kegel stehen geblieben, weil er durch und durch verwittert, also nicht als Baustein zu brauchen war. Am 31. Mai 1908, nach 42 Jahren kam ich wieder vorbei. Der Porphyrkegel war verschwunden, der Steinbruch verlassen und die Sohle durch Überdeckung mit dem Abraum zu Land gemacht. So wird der Fels zu Boden durch Naturkraft und durch Menschenkraft.

An einer andern Stelle, etwa eine Stunde entfernt von der Stadt, fand ich eine durchaus abweichende Art der Verwitterung. Hier war die Grundmasse des Porphyr's samt den noch erkennbaren Feldspatkrystallen in einer Mächtigkeit von 2,30 m gleichmäßig in kaolinartigen, grauen Ton umgewandelt, so daß man ihn mit dem Spaten abstechen und zur Backsteinfabrikation benutzen konnte.

Überhaupt bot mir die Umgegend von Halle durch die Mannigfaltigkeit der geologischen Bildungen eine Fülle von Anregungen.

Im Jahre 1871 trug mich das Schicksal nach der Schweiz. Hier fand ich neue Gelegenheit, die Entstehung des Bodens zu verfolgen.

Manch liebess Mal machte ich mit den Studierenden von Zürich aus eine Exkursion nach dem Stöckentobel, einer quellenreichen, vom Elefantenbach entwässerten Waldschlucht.

Beim Aufstieg von der Burgwiese her trafen wir einen kleinen Wasserfall. Die nagende und lösende Kraft des Baches hatte den

anstehenden Molassesandstein bis auf eine schwache, kaum 50 cm starke Schicht weggewaschen. Sie bildete quer durch das Bachbett eine Steinbank, unter der durch Verwitterung eine Höhlung entstanden war, weil hier toniger, leichter verwitterbarer, an der rötlichen Farbe kenntlicher Molassemergel anstand.

Im Stöckentobel selbst blaute und blinkte oberhalb einer massiven Schleuse ein kleiner Staumeiher, der die Triebkraft für eine Schleife lieferte. Unterhalb der Schleuse lag das Bachbett größtenteils trocken, so daß wir es betreten konnten. Zu unterst stand hier Molassesandstein an, der auch hier schalenförmig ausgewaschen und geglättet war. Dann folgte toniger, stark verwitterter Molassemergel, wie wir durch Kneten mit den Fingern und durch Betropfen mit Salzsäure genauer feststellen konnten. Denn die Molasse zeigt einen häufigen Wechsel zwischen Sandstein- und Mergelschichten.

Seitlich und südlich von dem Weiher erhob sich eine etwa 12 m hohe, fast senkrechte Sandsteinwand mit zwei Flügeln, deren Vorsprünge durch Verwitterung abgerundet und von kleinen Höhlen unterbrochen waren. In der Mitte des Absturzes war nichts von dem Sandstein zu sehen. Denn weiter nach oben folgte in einer Mächtigkeit von 2 bis 3 m Molassemergel in tonigeren und sandigeren Schichten mit bläulichschwarzen, rötlichen und gelblichgrauen Färbungen. Zu oberst bildete der gelblichrote Diluviallehm mit schwarzer Krume eine kaum 60 cm starke Decke über dem älteren Molassegestein.

Da in der Mitte des Absturzes Quellwasser hervordrang, so brachte es den durch den Frost zerflüfteten und zersprengten Mergel in Bewegung, und als die Unterstützung fehlte, mußte auch der Lehm samt den Bäumen, die auf ihm standen, hinabstürzen. Sand, Mergel, Lehm trieben in regellosem Durcheinander mit dem Wasser dem Bachbett zu, die Bäume mit ihrem Wurzelballen am Fuße des steilen Abhanges zurücklassend. Da haben wir ein anderes Bild der Verwitterung.

Bei Gelegenheit eines gerichtlichen Gutachtens in einem Wasserrechtsprozeß ließ ich im Dolder bei Zürich eine 4 m tiefe Probe-grube ausheben. Sie zeigte von oben bis unten nichts anderes als anstehenden, rötlichgelben, tonigen Molassemergel, und das Ge-

stein war durch Verwitterung so weich geworden, daß es sich mit dem Spaten abstechen ließ wie im Schwemmlande der Ziegellehm.

Am Südrande des Adlisbergs bietet der Loorenkopf 690 m ü. d. M. eine herrliche Aussicht in das wald- und wiesenreiche Gelände von Pfaffhausen und Wytikon mit dem friedlichen Kirchlein, und darüber hinaus links nach dem Greifensee, rechts nach dem

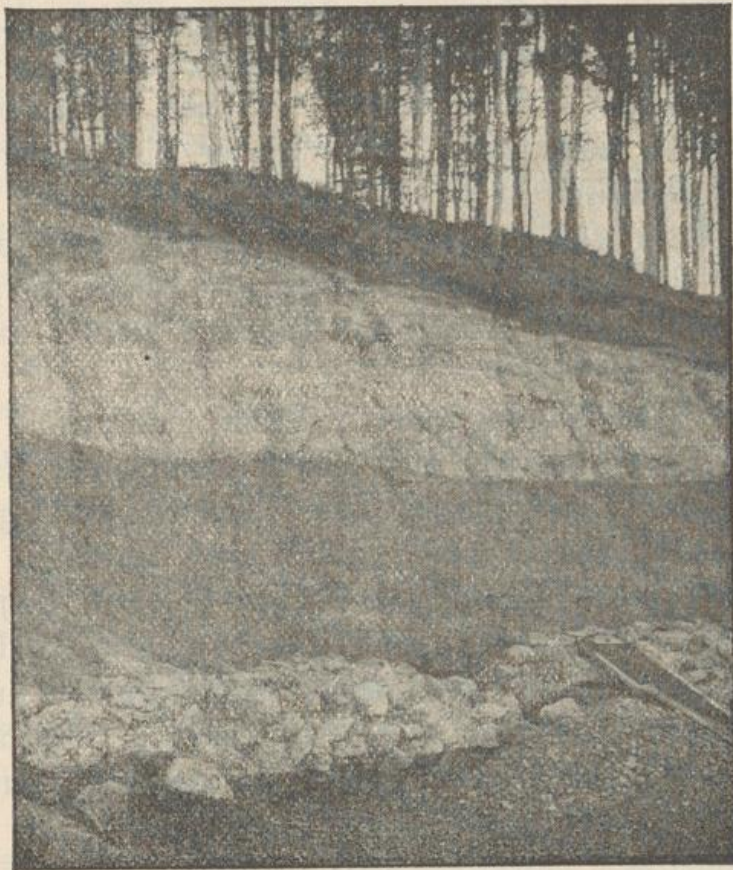


Abb. 1.

Senkrechter Schnitt durch eine Riesgrube am Loorenkopf bei Zürich. Zu unterst anstehend Nagelfluh, darüber Sandstein der Molasse, zu oberst eine schwache Schicht von Glaziallehm.

Zürichsee, während Säntis, Bachtel, Mürtschenstock und Glärnisch aus der Ferne herübergrüßen.

Direkt unter dem Aussichtspunkt befindet sich eine Riesgrube. Das anstehende Gestein ist aber nicht Schwemmlandkies, sondern Nagelfluh, also ein Konglomeratgestein, das hier durch Verwitterung des Bindemittels so lose geworden ist, daß man das Material als Straßenschotter benutzen kann. Abb. 1.

Über der etwa 3 m mächtigen Nagelfluh folgt eine gegen 2 m mächtige Sandsteinschicht, die ebenfalls verwittert Bausand liefert. Zu oberst eine schwache, kaum 30 cm hohe Schicht von Gletscherlehm, in dem trotz seiner geringen Mächtigkeit wahre Riesenbäume von Weisstannen, Eichen, Buchen, Eschen und Ahorn gedeihen. Daß wir es mit Gletscher- oder Glaziallehm zu tun haben, beweist ein in der Nähe liegender, gewaltiger Sernisfittblock, auf den eine kundige Hand mit Ölfarbe geschrieben hat: Zeuge der Eiszeit.

Abgesehen von solchen Findlingen oder erratischen Blöcken, die durch die Tätigkeit der Gletscher von weit her in die Gegend von Zürich gelangten, findet man hier anstehend keine andere Gebirgsbildung als Molasse mit den erwähnten Schichten: Nagelfluh, Sandstein, Mergel. Wollte ich die Verwitterung auch bei anderen Gebirgsarten studieren, so mußte ich die Zeit der Ferien zu weiteren Ausflügen benutzen. Es geschah das Ende der 1870er und anfangs der 1880er Jahre.

Der erste Ausflug ging teils per Bahn, teils zu Fuß nach Stein am Rhein. Dort erwartete mich ein landeskundiger Führer, der auf der in Aussicht genommenen Tour schon den Geologen Escher von der Linth begleitet hatte. Nach einer herrlichen Rahnfahrt den Rhein hinab bis Schaffhausen, führte uns die Bahn an dem Hohentwiel vorbei nach dem Hohenfrähen, den wir links liegen ließen, um den geologisch interessanteren Hohenhöwen zu besteigen.

Den ganzen Tag wurde eifrig untersucht und gesammelt, so eifrig, daß uns der Abend überraschte. Es war schon dunkle Nacht, als wir nach dem Abstieg das Quartier erreichten.

Nahе unter dem Gipfel des 846 m hohen Basaltkegels sammelten wir je eine Probe von dem ursprünglichen, bläulich-schwarz schimmernden Basalt, von dem matten Tuff und von dem blasigen Traß. Außerdem fanden wir alle möglichen Verwitterungsstufen. Unter ihnen sammelten wir als jüngste oder letzte eine Probe von humusreichem Tonboden, in dem neben Gräsern und Kräutern auch niedrige Sträucher wurzelten.

An der entgegengesetzten Seite des Bergkegels fanden wir auf einer fast wagerecht gelegenen Terrasse einen frischgepflügten Acker, bestehend aus schwarzem Basalttonboden, dessen dunkle Farbe nicht von der Humusbeimengung, sondern von dem Bitumen des Muttergesteins herrührte.

Den nächsten Tag wanderten wir ohne Weg und Steg bei prachtvollem Wetter über den Buchberg und den Langen Randen nach Schleithelm. Wir fanden große Massen von zersprengtem Jurakalk, untermischt mit Erde, als Waldboden dienend; einen schwarzen, sammetweichen Humus auf anstehendem weißem Jura, mit glattstämmigen Buchen bestanden; und als eigentümliche Bodenbildung einen sog. „Bohnerz-Tonboden“, landwirtschaftlich richtiger als gemeiner Lehm Boden zu bezeichnen, denn für Tonboden war er nicht fett genug, und das „Bohnerz“ machte ihn nicht fetter.

Der dritte Tag brachte neue Ausbeute, aber auch viel körperliche Anstrengung, weil wir, um zu den Fundstellen zu gelangen, im Zickzack von dem direkten Wege abschweifen mußten. Wir konnten eine hellgelbe Verwitterung von Dolomit, der aus einer kleinen Grube auf die Oberfläche geworfen war, und auch von anstehendem, rotbuntem Keupermergel eine Probe sammeln, die die Verwitterung dieses Gesteins in feinen, scharfkantigen Grus sehr anschaulich zeigte. Der Grus rieselte an der steilen Felswand herab, und wenige Schritte von seinem Ursprung war er bereits zu erdigem Mergel geworden.

Einen weißgrauen Mergel hatten wir vorher bei Schaffhausen in einer Phonolith-Grube gefunden. Das Gestein wurde hier mit leichter Mühe gebrochen, in Haufen geworfen und der Verwitterung überlassen. Nach Verlauf eines Winters war es in erdigen Mergel zerfallen, der zur Melioration des benachbarten Rebbergs diente.

Bei einem andern Ausflug führte mich ein flottes Schimmel-paar im leichten Wagen von Waldshut nach St. Blasien und von da zurück durch das liebliche Albthal.

Auf der Höhe des Schwarzwalds bei Höchenschwand (1010 m) fand ich eine große Riesgrube, in der, geologisch gesprochen, feinkörniger grauer Granit anstand. Das Gestein war durch Verwitterung zerfallen in seine noch kenntlichen Bestandteile: Feldspat, Quarz und Glimmer, so daß es als Gartentees und Mauer sand benutzt werden konnte.

An dem Südrand des Schwarzwalds, bei Albbach, zeigte sich ein auf den ersten Blick ganz anderes Gestein. Bei näherem Zusehen erwies es sich als ein grobkörniger Granit mit hell-

roten Feldspatkrystallen. Das Gestein war hier ebenfalls durch Verwitterung in seine noch kenntlichen Bestandteile zerfallen, weiter ab von dem Steilabhang aber zu Erde, zu Lehm geworden, der als Unterlage für den Weinbau diente.

Wieder ein andermal wanderte ich durch das Wäggital und über die Schwein-Alp nach Richisau, wo ich im nächsten Jahr einen längeren Ferienaufenthalt nahm. Die Verpflegung war mäßig, die Luft gut, die Aussicht herrlich, besonders von der Schwammhöhe aus, wenn der Glärnisch am Abend hellkupferrot erglühete, so nahe, daß man förmlich in der Glut gebadet war.

Die Schwammhöhe ist eine ausgedehnte, hochgelegene (1095 m) Gebirgsterasse, bedeckt und übersät mit unzähligen abgerundeten Gesteinsblöcken, deren Durchmesser meist gegen 1 m, selten über 2 m beträgt. Eine alte Gletscherbildung.

Eine ähnliche Erscheinung bietet das „Felsenmeer“ im Odenwald, das man von Auerbach a. d. Bergstraße mit Wagen in 1½ Stunden erreicht. Die Lage und Umgebung ist hier bei weitem nicht so schön wie auf der Schwammhöhe bei Richisau, denn das Felsenmeer liegt im Walde und bietet keine Fernsicht. Aber geologisch ist das Felsenmeer noch großartiger. Das Gestein ist hier Syenit. Die ebenfalls abgerundeten und geglätteten Blöcke liegen dichter beieinander, und sie erreichen einen Durchmesser von 2—3 m. Ja, unter den Blöcken befindet sich eine künstlich bearbeitete, verlassene Säule, deren mittlerer Durchmesser gegen 1 m beträgt, während die Länge wohl 9 m erreicht. Besonders ins Auge fällt ein großer Block, von dem 2 m lange Platten senkrecht abgesägt worden sind. Welch eine Arbeit bei der Härte des Gesteins, und doch geht sie so weit in die Vorzeit zurück, daß sie den alten Römern zugeschrieben wird.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zurück nach Richisau. In seiner Umgebung interessierten mich besonders die Karrenfelder auf den Silbern. Es sind das silberhell glänzende, in ganz eigentümlicher Weise verwitterte Kalkfelsen. Die Oberfläche bildet nämlich ein Gewirr von größeren und kleineren Felsspitzen, zwischen denen sich frugförmige und schalenförmige Vertiefungen befinden, riesigen Blumentöpfen vergleichbar. Der Vergleich paßt auch insofern, als die Vertiefungen zum Teil mit Erde gefüllt sind, in der Alpenrosen und andere Gewächse gedeihen. Die Erde besteht aus

einem tiefschwarzen, außerordentlich feinen, molligen Humus, der durch Verwitterung aus dem Kalkgestein unter Beihilfe der Vegetation entstanden ist. Die Abrundung und Glättung der Karrenspitzen und der Höhlungen zwischen ihnen hat das kohlen-säurehaltige Wasser zustande gebracht, indem es lösend und abwaschend wirkte. Der weichere Kalkstein wurde weggeführt, der härtere blieb stehen.

Von Richisau ging die Wanderung ohne Führer weiter durch das Klöntal und das Löntschthal nach Glarus. Zuerst kommt man an den Klöntaler See, in dessen oberem Ende sich der Glärnisch spiegelt; man sieht die kleinsten Felsadern der grauen, in Sonnenlicht gebadeten Felswände 2000 m über und 2000 m unter sich — ein unvergeßlicher Anblick.

Geologisch betrachtet, hat man beim Abwärtsschreiten links von der Straße Alpenkalk, rechts Jurakalk. Als erstes Verwitterungsprodukt werden 5 cm große, scharfkantige, unregelmäßig-würfelförmige Stücke von weißgeädertem, schwarzem Alpenkalk mitgenommen.

Am folgenden Tage gehts von Schwanden aus ins Sernstal. Es hat seinen Namen von dem dort anstehenden Sernisit. Ich fand von Verwitterungsprodukten nur einige schiefrige Brocken, weil das Gestein der Verwitterung gut widersteht.

In meinem Garten am Zürichberg sind die Wege an den Terrassen mit Sernisitplatten eingefaßt. Sie zeigen sich nach 40 Jahren noch unverändert; es haben sich Flechten und vereinzelt auch Moose angesiedelt, von einem Zerfallen in Grus oder gar in Erde ist nichts zu bemerken. Indessen bedeuten 40 Jahre in der Geologie nicht mehr als eine Sekunde im Leben des Menschen.

Der letzte der zum Studium der Verwitterung unternommenen Ausflüge führte mich ins Urgebirge der Zentralschweiz. Bei dem Aufstieg von Meiringen nach der Grimsel sah ich den Handeggfall der 46 m tief in den Felschlund hinabstürzenden Aare und die von Gletschern und Laminen glattgefegten Granitfelsen, von den Schweizern „Helle Platten“ genannt.

Vom Grimselhospiz aus unternahm ich einen Abstecher nach dem Aargletscher. Der Führer drückte sich hinter den Ofen; dafür bot sich mir ein ebenso freundlicher wie entschlossener junger Herr freiwillig zum Begleiter an. Bei dem strömenden Regen war

daß in der Tat ein Liebesdienst. Da es aber windstill war, konnten wir uns durch Schirme decken, und da kein Gewitter im Anzuge, konnten wir es wagen. Wir erreichten über glattgeschliffene, aber wagerecht gelegene Felsen wenigstens den vorderen Rand des stundenlangen Eisstroms und warfen einen Blick auf die zahlreichen Felsblöcke, die der Gletscher mit sich geführt und beim Abschmelzen freigelegt hatte. Weiter vorzudringen verbot die ruhige Überlegung.

Die Nacht brachte nach einem leichten Schneefall wieder schönes Wetter, und so konnte ich bei dem steilen Abstieg nach Gletsch eine Probe von schiefrigem Gneißgrus sammeln und nebenbei die blühenden Alpenrosen an der mit schwarzem Humus bedeckten Maienwang bewundern.

Von dem Gasthaus „Gletsch“ machte ich über die von der jungen Rhone gebildete Ebene einen Spaziergang an den Fuß des kristallklaren Rhonegletschers, sah die Stein- und Schuttwälle, die der Gletscher beim Schmelzen und Zurückweichen angehäuft hatte, und fand an der Furkastraße bei 2400 m Höhe ganz in der Nähe des Rhonegletschers als Seltenheit eine 12 cm breite, senkrechte Gneißspalte, von unten bis oben ausgefüllt mit reinem weißem Kaolin.

Nach den mitgeteilten und zahlreichen späteren Beobachtungen, deren Beschreibung den Leser ermüden würde, gelangte ich über die Verwitterungsvorgänge zu folgenden Schlüssen.

Alle Mineralien und Gesteine unterliegen der Verwitterung. Doch ist die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Mineralien und Gesteine und die Art ihrer Zerstörung verschieden.

Die Hebel der Verwitterung sind: Wärme und Kälte, Wasser und Salze, Kohlensäure und Sauerstoff.

Wenn ein Feuersteinknollen, halb eingebettet in den norddeutschen Sand, unter den Strahlen der Sonne plötzlich in Stücke zerspringt, dann liegt der Grund für die Verwitterung in der Ausdehnung durch die Wärme. In der Nähe des Gletschers, wo die Sonnenstrahlen senkrecht fallen, ist ihre Wirkung noch stärker. Am Nyassisee beobachtete Livingstone, daß selbst nach Sonnenuntergang die Steine noch so heiß waren, daß man sich nicht darauf setzen konnte. Wenn dann infolge nächtlicher Ausstrahlung die Ober-

fläche sich rasch abkühlte und zusammenzog, sprang oft mit lautem Knall die Rinde ab.

Noch wirksamer kommt dieser Gegensatz zwischen Wärme und Kälte im schweizerischen Gebirgsklima zur Geltung, wo die Temperatur oft unter den Gefrierpunkt hinabsinkt. Im Hochgebirge wird die äußere und obere, der Sonne zugewandte Felschicht durch die Sonnenstrahlen viel stärker erwärmt, als das Innere. Die Wärme dehnt die Gesteinsmasse aus, und wenn das Gestein aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt ist, so erfolgt eine verschiedene Ausdehnung der einzelnen Bestandteile und Kristalle. Wiederholt sich das öfter, so entstehen feine Risse, in die das Wasser durch Haarröhrchenkraft eindringt, und wenn das Wasser gefriert, wird das Gestein durch das Eis auseinandergefeilt. Dabei entwickelt das zu Eis erstarrende und sich ausdehnende Wasser eine so gewaltige Kraft, daß ihr kein Gestein widersteht.

Der Frost schafft in unseren Alpen immer neues Material für die Bodenbildung, er schafft in der Krume des Kulturbodens durch Zersprengung der Gesteinstrümmer immer neue Nährstoffe für die Pflanzen, und er leistet uns bei der Bodenbearbeitung einen unersetzlichen Dienst, indem er die zu fest gefügten Bodenteilchen auseinanderreibt.

Das Wasser spielt bei der Verwitterung auch insofern eine wichtige Rolle, als es die Bestandteile der Mineralien und Gesteine aus dem festen in den flüssigen Zustand überführt. Schon reines Wasser hat diese Kraft, wie jeder weiß, der im Laboratorium mit destilliertem Wasser gearbeitet hat. Reines Wasser, das nur aus Wasserstoff und Sauerstoff besteht, kommt aber in der freien Natur nicht vor. Auch das Regenwasser ist nicht rein, es enthält außer dem Rauch und Staub und den Bakterien, die es aus der Luft niederschlägt, eine ganze Reihe von Salzen. Eine noch größere Menge von Salzen führt das Quellwasser, das als „Mineralwasser“ besonders wohlschmeckend und heilkräftig ist. Das gehört hier auch insofern zur Sache, als das Mineralwasser durch die in ihm gelösten Mineralbestandteile selbst kräftiger lösend wirkt, als reines oder an Mineralstoffen armes Wasser. Durch seine Lösungskraft ist besonders kochsalzhaltiges Wasser ausgezeichnet, indem das Chlornatrium die Lösung der schwerlöslichen schwefelsauren und phosphorsauren Kalkerde befördert.

Die Mineralwasser führen auch Kohlensäure mit sich, oft in so großer Menge, daß sie in Perlen als „freie“ Kohlensäure aus dem Glase entweicht.

Durch den Gehalt an Kohlensäure wird die Lösungskraft des Wassers erhöht, das heißt, Mineralien und Gesteine, die in reinem Wasser schwer löslich sind, werden in kohlensäurehaltigem Wasser leicht löslich, wie der weit verbreitete kohlensaure Kalk, und die Silikate, die Kali, Natron, Kalk, Eisen- und Manganorydul enthalten.

Die Quellen, die das kostbare Trink- und Badewasser von Nagaz und Pfäfers liefern, entspringen mit einer Temperatur von 37,5° C. in der weltberühmten Taminaschlucht am Ende eines 30 m langen, künstlich in den Fels gesprengten Stollens.

Nach der Analyse von Dr. A. von Planta-Reichenau sind in 10 000 Teilen des kristallhellen Wassers enthalten:

Schwefelsaures Kali	0,0746
„ Natron	0,3219
Chlornatrium	0,4934
Chlorlithium	0,0020
Jodnatrium	0,0001
Bromnatrium	0,0002
Bor-saures Natron	0,0038
Kohlensaures Natron	0,0613
Kohlensaurer Kalk	1,3064
Kohlensaure Magnesia	0,5306
Kohlensaurer Strontian	0,0152
„ Baryt	0,0064
Kohlensaures Eisenorydul	0,0172
Phosphorsaure Tonerde	0,0091
Kieselsäure	0,1408
Spuren von Rubidium, Caesium, Thallium .	—
Feste Bestandteile	2,9905
Halbfreie und freie Kohlensäure	0,7461

Außerdem entsteigen dem Quellwasser Gasgemische von Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure. Das ausgekochte Gas ergab in 100 Teilen: Kohlensäure 16,43, Sauerstoff 24,24, Stickstoff 59,33.

Nach diesen Zahlen kann man sich eine Vorstellung machen von der Menge und Mannigfaltigkeit der Stoffe, die das Wasser aus den Felsen löst und fortführt. Daß verschiedene Quellen eine verschiedene Zusammensetzung zeigen, ist eine bekannte Sache, und es hat seinen guten Grund, daß der eine nur nach Nagaz, der andre nach Ems, der dritte nach Karlsbad geht.

Endlich haben wir von den Hebeln der Verwitterung noch des Sauerstoffs zu gedenken. Wie die Kohlensäure so ist auch der Sauerstoff im Wasser gelöst und überall tätig. Wir erinnern nur an das erwähnte Rosten des Eisens und an die Zersetzung des Schwefelkieses, Vorgänge, die beide die Gegenwart und die Einwirkung des Wassers und des Sauerstoffs zur Voraussetzung haben.

Um zum Schluß wenigstens an einem Beispiel näher darzutun, wie bedeutend die Veränderungen sind, denen die Gesteine bei der Verwitterung unterliegen, lasse ich hier die Zahlen folgen, die E. Wolf und R. Wagner in Hohenheim bei der Untersuchung von grobsandigem Liaskalkstein von Ellwangen und dessen Verwitterungsboden gefunden haben.*)

	Ursprüngliches Gestein	Gesteins- reste	Unter- grund	Ufer- krume
Kohlensaurer Kalk . .	78,72	44,42	6,70	2,90
Kohlensaure Magnesia . .	1,06	0,74	0,40	0,43
Tonerde	0,76	1,30	8,66	9,87
Kieselsäure	16,47	43,10	70,67	73,85
Kali	0,15	0,17	1,30	1,70
Natron	0,06	0,06	0,26	0,38
Phosphorsäure	0,20	0,54	0,52	0,51
Eisenoxyd	2,10	8,91	10,09	8,99
Manganoxyduloxyd . .	0,37	0,62	0,82	0,72

Die Zahlen zeigen, daß das Muttergestein richtig als Kalk bezeichnet ist, denn es enthält gegen 79% Kalk. Den fertigen Boden der Uferkrume darf man dagegen weder Kalkboden, noch Mergelboden nennen, denn er enthält nur 2,9% Kalk; die fehlenden 76% sind durch Auswaschen verloren gegangen. Da sich die Tonerde mit

*) Württemb. naturwissenschaftl. Jahreshfte. 1871.

einem Teil der gefundenen Kieselsäure zu Ton verbindet und das Eisenoryd sich dem Ton beigesellt, so ergibt sich, daß wir den Boden der vorliegenden Ackerkrume als kalkhaltigen, sandigen Lehmboden zu bezeichnen haben.

Dieses Beispiel zeigt zugleich, daß in der Bodenkunde weder der petrographisch-mineralogische, noch der geognostisch-geologische, sondern der agronomisch-pedologische Gesichtspunkt der maßgebende ist. Oder kürzer und einfacher gesagt: In der praktischen Bodenkunde gibt der landwirtschaftliche Gesichtspunkt den Ausschlag.

2. Die angeschwemmten Böden. — Nur selten bleiben die angestammten Böden in ihrer ursprünglichen Lage auf dem Muttergestein. Die meisten Böden werden vielmehr von dem Ort ihres Ursprungs fortgeführt, um an einem andern, oft weit entfernten Orte aus dem Wasser abgesetzt — angeschwemmt zu werden.

Das Land der ausgedehnten norddeutschen Ebene besteht aus angeschwemmten Böden. Man hat daher den Ausdruck geprägt: Das norddeutsche Schwemmland.

Aber auch in der Schweiz, die doch ein Gebirgsland, ist weitaus der meiste Boden verschwemmt. Nicht allein das ganze schweizerische Mittelland zwischen Jura und Alpen, sondern auch die besseren, tiefergründigeren Alpenweiden bestehen samt und sonders aus verschwemmten Böden. Zwischen Verschwemmung und Anschwemmung gibt es keine Grenze. Beide beruhen auf dem Gegensatz von Hoch und Tief, auf dem Gefäll.

Erhebt man sich in Berlin mit dem Luftschiff über die Türme der Stadt, so verschwindet der Kreuzberg sehr bald in der Ebene, und die Insel Rügen tritt in den Gesichtskreis. Steigt man höher, so erblickt man im Norden als eigentliches Gebirgsland die skandinavische Halbinsel. Von Berlin nach Christiansand an der Südspitze Norwegens ist es, mit dem Zirkel gemessen, noch etwas näher, als nach dem St. Gotthard im Herzen der Schweiz.

Es ist daher die Annahme nicht von der Hand zu weisen, daß der Boden des norddeutschen Schwemmlandes zum Teil aus Schweden und Norwegen stammt. Hierfür spricht die südliche Richtung der Flüsse auf der skandinavischen Halbinsel, hierfür spricht namentlich auch das Vorkommen der erratischen Blöcke in dem weiten Gebiet des norddeutschen Schwemmlands. Bei Stöven, in der Nähe des

Steinpflasters, das Napoleon zum Transport seiner Kanonen durch den Sand von Schönlanke nach Schneidemühl bauen ließ, habe ich vor 50 Jahren eine große Menge solcher Findlinge gesehen. An dem Wege, der durch mein väterliches Landgut von Hüttchen nach Runau führt, lag jahrzehntelang ein sagenumwobener, abgerundeter Block von 80—90 cm Breite und 60 cm Höhe; er wurde, wie viele andre, mit Pulver gesprengt und als Baustein benutzt. Die Granit- oder Gneisschale vor dem Berliner Neuen Museum ist mit diesen Findlingen stammverwandt.

Nun streiten sich die Gelehrten darüber, ob jene Findlinge auf Eisschollen, oder ob sie mit den Gletschern aus Schweden und Norwegen herübergekommen sind. Schwimmende Eisschollen können auf größere Entfernung kein Gestein davontragen, weil es infolge der Schwere hindurchsinkt. Ich erkläre mich daher für die Gletschertheorie. Nur kurz weise ich hin auf die Verhältnisse in Grönland, einst ein grünes Land, heute unter Gletschern begraben. Eine eingehendere Begründung meiner Ansicht stützt sich auf meine Beobachtungen in Norddeutschland und in der Schweiz.

Auf der Höhe des Zürichbergs befindet sich 650 m über dem Meer und 250 m über dem Zürichsee eine Riesgrube, in der das anstehende Material unzweifelhaft nichts anderes ist als eine Moräne. In der senkrechten Wand der Grube sah ich vor Jahren einen 2 m langen Sernifitblock. Er stammte aus dem Sernistal, das in das Linththal mündet. Der oben erwähnte „Zeuge der Eiszeit“ auf dem Adlisberg, sowie die zahlreichen andern Sernifitblöcke im Bett des Elefantenbachs und auf den Höhen in seiner Umgebung, sie haben alle denselben Ursprung. In Fig. 2 ist ein solcher Sernifitblock an der Wand der Riesgrube zu sehen. *)

Die Riesgrube zeigt außer dem mächtigen Block folgende Schichten: Zu unterst Kies, bestehend aus faustgroßen bis kopfgroßen Geröllen, untermischt mit Grand, Sand und feinkörnigem Lehmergele, in unregelmäßigen, geneigten und gekrümmten Schichten. Darüber eine mehr horizontal gelegene, fast steinfreie Schicht, be-

*) Mein Haus am Abhang des Zürichbergs steht auch auf einer Moräne. Bei der Anlage des Gartens wurde ein 85 cm langer Sernifitblock ausgegraben, der mich nun unter dem schattenden Nußbaum an vergangene Zeiten erinnert.

stehend aus 40 cm Lehmmergel und 60 cm Lehm. Der Lehm unterscheidet sich durch seine rötliche Farbe und durch das fehlende Aufbrausen bei der Prüfung mit Salzsäure sehr bestimmt und scharf abgegrenzt von dem weißlich grauen, stark brausenden Mergel. Trotzdem gehören beide zu derselben geologischen Formation, und wir müssen annehmen, daß der Lehm durch Verwitterung aus dem

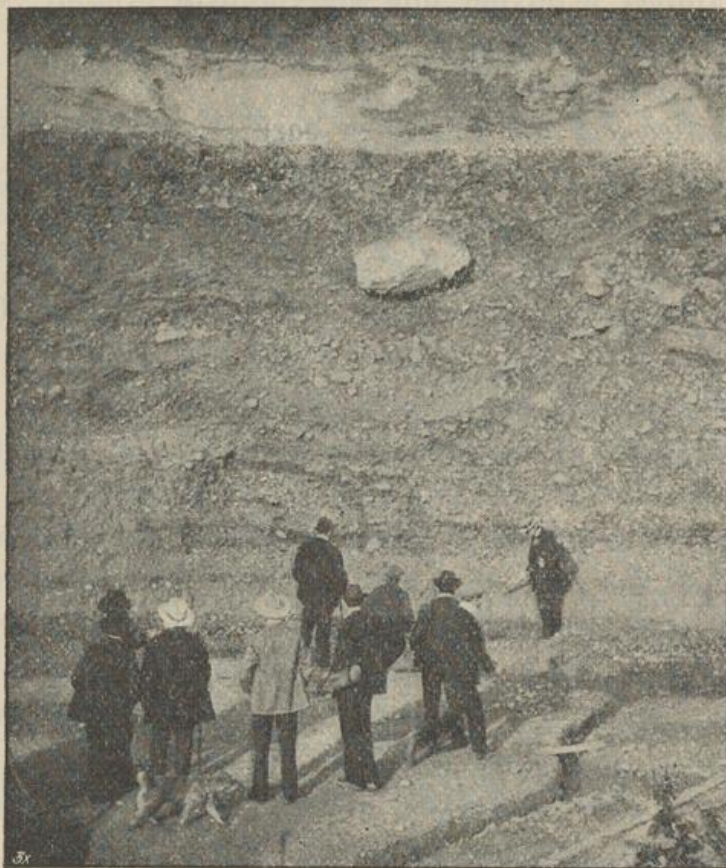


Fig. 2.

Senkrechter Schnitt durch eine Kiesgrube auf dem Zürichberg. 650 m über Meer. Moränebildung aus der Eiszeit mit den drei Schichten: 1. Kies (darin ein mächtiger Ebnistublock), 2. Lehmmergel, 3. Lehm.

Mergel entstanden ist. An einem Einschnitt der neuen, über die Höhe des Zürichbergs führenden Batteriestraße wiederholt sich dieselbe Schichtenfolge.

Nun haben wir Ende der 1860er Jahre bei den Exkursionen in der Umgebung von Halle dieselben Schichten: oben Lehm, darunter scharf abgesetzt Lehmmergel und auf der Grenze beider auch einen länglichrunden, erratischen Block von 90 cm Länge und

40 cm Höhe gefunden. Ich erinnere mich genau, weil Julius Kühn bei diesem Block seine Theorie entwickelte. Folglich steht dem Schlusse nichts im Wege: Auch die Schichten des norddeutschen Flachlandes sind eine Gletscherbildung und seine drei Schichten: Mischsand, Mergel, Lehm entsprechen den drei Schichten des schweizerischen Diluviums: Kies, Mergel, Lehm.

Jetzt entsteht die Frage: Wie erklärt sich die Ähnlichkeit der Schichten und die Gleichzeitigkeit ihrer Ablagerung? Die Frage stellen, heißt sie beantworten.

Gegen Ende der Eiszeit wurde es wärmer. Selbstverständlich. Aber wie kam die Änderung im Klima zustande? Daß die Erde mit der Sonne in einen wärmeren Teil des Weltraumes gelangt sei, diese Annahme ist unzulässig. Soweit unser Denken und unsere Erfahrung reicht, ist der Weltraum außerhalb unserer Atmosphäre überall gleich kalt und gleich warm. Gegen obige Annahme spricht überdies die Tatsache, daß die Gletscher in Grönland vorrückten, in der Schweiz zurückgehen, wie am Rhonegletscher festgestellt und durch Grenzsteine markiert worden ist. Wir haben daher die Ursache für die Änderung des Klimas auf der Erde selbst zu suchen.

Anknüpfend an die Tatsache, daß Grönland sinkt, kommen wir zu dem Schluß, daß auch der Meeresspiegel an der Küste von Grönland sinkt, denn mit der Abnahme von Umfang und Höhe nahm auch die Anziehungskraft des grönländischen Festlandes ab. Bei Norwegen verhält es sich umgekehrt, hier hob sich mit dem Festlande auch der Meeresspiegel.

Nun steigt das wärmere, weil leichtere Wasser bekanntlich nach oben. Aus diesen einfachen Gründen mußte der Golfstrom, der vor der Eiszeit die Westküste Grönlands traf, im Lauf der Jahrhunderte sich mehr und mehr nach der Westküste Norwegens hinbewegen und, nach Norden und nach Süden umbiegend, den Westen von ganz Europa berühren und beeinflussen. Auch durch die Drehung der Erde von Westen nach Osten wurde der Golfstrom ganz allmählich aus der mehr nördlichen in die nordöstliche Richtung verschoben. Damit erklärt sich alles.

Mit dem Erscheinen des Golfstroms an der Westküste Norwegens trat im ganzen westlichen Europa eine Verbesserung des Klimas ein. Das wärmere Wasser erwärmte die Luft, der West-

wind brachte die Wärme nach dem Lande. Zugleich wurde die Verdunstung aus dem Meere und die Ausgiebigkeit der Niederschläge gesteigert. Damit waren die Bedingungen für das Abschmelzen, Zurückgehen und Verschwinden der Gletscher gegeben.

Mit einem Wort: Durch die Verschiebung des Golfstroms wurde das Klima Grönlands kälter, das Klima des westlichen Europas wärmer und feuchter. In Grönland brach die Eiszeit an, im westlichen Europa erreichte sie ihr Ende.

Ob der hier dargelegte Gedankengang neu ist, weiß ich nicht. Doch kann ich versichern, daß er sich mir von selbst ergab als logische Schlußfolgerung aus bekannten Tatsachen.

In der Schweiz läßt sich die Tätigkeit der Gletscher noch heute sehr deutlich verfolgen, wenn sie auch nicht mehr die Ausdehnung erreichen wie in der Eiszeit. Außer den früher schon erwähnten Gletschern der Aare und Rhone sind die bekannteren Gletscher: Eiger, Mönch und Jungfrau nebst dem Großen Aletsch-Gletscher, im Westen von ihnen der Wildstrubel, im Osten der Titlis, der Tödi und der Glärnisch.

Die Gletscher sind Eisströme in den Tälern des Hochgebirges. Sie stehen nicht still, sie bewegen sich vielmehr langsam abwärts. Bei ihrem Abwärtsgleiten nehmen sie alle kleinen und großen Gesteinstrümmer mit, die von den verwitterten Felswänden herabfallen. Mit gewaltigem Druck furchen, glätten und schrammen sie zugleich das anstehende Gestein ihres unwirtlichen Bettes.

Im Winter rückt der Gletscher vor, im Sommer geht er zurück. Bei dem Abschmelzen läßt er das fortgeschobene Dur- und Mollgestein liegen. Der Gletscherschutt häuft sich in der Stirn- und Seitenmoräne an und, wenn sich zwei Gletscher vereinigen, auch in der Mittelmoräne.

Jeder Gletscher hat seinen Abfluß. Am Anfang ist der Bach klein und schwach. Bei Regengüssen aber und bei der Schneeschmelze schwillt er an zu gewaltiger Kraft, alles, was ihm in den Weg kommt, mit sich reißend. Blöcke von 1—3 m Durchmesser unterspült er, bis sie ins Rutschen, Ranten, Rollen kommen und, durch Reibung fort und fort verkleinert, zu Kies, Grand, Sand und

Mollgestein werden. Das Durgestein wird früher abgesetzt, das Mollgestein, bestehend aus Ton Schlamm, erdigem Kalk und Kieselmehl, wird weiter und weiter getragen bis in das nächste Seebecken.

Im wesentlichen wiederholen sich dieselben Vorgänge bei jedem Gebirgsbach. Ein lehrreiches Beispiel finden wir in der Umgegend von Interlaken, unter- und oberhalb der Badeanstalt Wilderswil, wo die abgerundeten, geglätteten und zuweilen*) nach Art der „Gletschermühlen“ ausgehöhlten Kalk- und Granitblöcke bei entsprechender Dicke eine Länge von 1—6 m erreichen und teils im Bett, teils am Ufer des reißenden Saretten-Baches langsam, aber unaufhaltsam ihrer Zerstörung entgegengehen. Bei dem Hochwasser vom 12. Juli 1909 hörte ich das Klappen der Gesteinstrümmer, die der tosende Bach mit sich forttriß. Von Zeit zu Zeit stürzt neues Gestein mit Donnergepolter von den himmelhohen Felswänden herab. Hier und da sieht man zwischen zwei Blöcken und dem Ufer einen kleinen Busen gefüllt mit Schlamm. Das meiste Bodenmaterial aber treibt bei dem starken Gefälle des Baches mit der von den Jungfraugletschern herbrausenden Lutschine nach dem Briener See. Das ganze Böödeli, — so nennt man die ebne Wiesenfläche zwischen dem Briener und Thuner See, auf der Interlaken, Unterseen, Matten, Bönigen, Gsteig, Mülinen und Wilderswil stehen, — es ist nichts anderes, als ein zugeschwemmter See. Die Verbindung und den Abfluß der genannten beiden Seen vermittelt die Aare, die aus dem Ober- und Unteraargletscher am Finsteraarhorn entspringt, Bern und Aarau berührt, die Reuß und die Limmat aufnimmt, und als der weitaus wasserreichste Nebenfluß des Rheins bei Waldshut mündet.

Ist das Gestein im Wasser löslich, wie der Nummulithenkalk, der Jurakalk und andere Kalkgesteine, dann höhlt der Bach sein Bett tiefer und tiefer bis 100 m und darüber. In der erwähnten

*) Im Gletschergarten bei Luzern sind derartige „Gletschermühlen“ zu sehen mit dem Mahl- oder Reibstein in der kessel- oder krugförmig ausgehöhlten Mühle. Man findet sie noch heute hier und da in Tätigkeit, und nennt sie richtiger und bezeichnender Bachmühlen. Denn der Mahl- oder Reibstein wird nicht durch den Druck eines Gletschers, sondern durch die Stoßkraft eines Baches in dem Felskessel herum bewegt, und wenn der Kessel mit Schutt gefüllt wird, dann steht die Mühle still.

Laminaschlucht erreicht der Einschnitt oberhalb von Pfäfers eine Tiefe von 60–80 m, unterhalb von Pfäfers 200–250 m, und die senkrechten Felswände stehen sich so nahe, daß man nur einen schmalen Streifen des Himmels erblickt. — Nicht minder sehenswert ist die Aareschlucht bei Meiringen mit ihrem 92 m tiefen senkrechten Einschnitt. — Ein drittes großartiges Beispiel für die ausnagende und abschleifende Kraft des fließenden Wassers finden wir an der Via Mala oberhalb von Thuzis. In dieser schauerlich schönen Gebirgsschlucht ragen die Kalkfelsen zu beiden Seiten des jungen Rheins an die 500 m fast senkrecht empor, und unten wallt es und braust es und zischt es wie das brandende Meer und wühlt sich tiefer und tiefer ins harte Herz des Gesteins.

Wenn sich mit dem Gefäll die Geschwindigkeit des Flusses vermindert, wie in der Rheinebene von Sargans abwärts bis zum Bodensee, dann tritt das Hochwasser über die Ufer und setzt den mitgeführten Schlamm schichtenweise ab. In der bezeichneten Ebene sind es abwechselnde Sand- und Lottenschichten. An der Mündung in den Bodensee hat der Rhein von dem mitgeführten Schlamm ein Vorland gebaut, das weit in den Bodensee hineinreicht und den Abfluß des Wassers behindert, so daß man mit einem seitlichen Durchstich künstlich hat Abhilfe schaffen müssen.

Im Bodensee klärt sich das Wasser nicht allein durch Absetzen des Schlammes, sondern auch durch Niederschlagen des gelösten Kalkes, der nach dem Entweichen eines Teils der Kohlensäure unlöslich wird. Er bildet am Seegrund die bekannte, auch im Zürichsee vorkommende Seekreide.

Vom Bodensee bis Schaffhausen hat das Wasser keine Gelegenheit sich seitlich auszubreiten, obwohl es durch den imposanten Rheinfall gestaut wird. Auch von Schaffhausen bis zu den Stromschnellen bei Laufenburg und von da bis Basel ist das Flußbett eingengt. Aber zwischen Basel und Mainz, da dehnt und weitet sich die fruchtbare Ebene als ein kostbares Geschenk vom „freien, deutschen Rhein“. Ebenso verdanken die Niederlande ihr fruchtbares Delta dem Rheinstrom.

Anderweitige wichtige Flußbildungen sind in Europa: die goldene Aue (an der Elbe), die Magdeburger Börde und die Marschen im Gebiet der vom Riesengebirge herabkommenden, in die Nordsee mündenden Elbe. In Ostelbien das weizen- und rübenreiche Oder-

bruch bei Rüstzin, das Warthebruch zwischen Rüstzin und Landsberg und das von Bromberg bis Landsberg reichende, als Naturwiese benutzte Negebruch. In Ungarn der unerschöpfliche Weizenboden der Theisebene, in Bulgarien der gleich fruchtbare Boden des Donautals. Und in der Lombardei das durch seine Winterwiesen berühmte Potal.

In Nordamerika: das Schwemmland des Mississippi, des „Vaters der Ströme“, mit seinem weit in den Meerbusen von Mexiko vorgeschobenen Delta. In Südamerika das Stromland des Amazonas mit seinen zahlreichen Nebenflüssen und der vor der Mündung angeschwemmten Insel Marajo.

In Asien: das von den Indern und Tigern bewohnte, von den Engländern beherrschte Tiefland am Indus und Ganges. Und Mesopotamien, das Land zwischen Euphrat und Tigris mit den Ruinen des altberühmten Babylons.

Schließlich in Afrika: Egypten, das Geschenk des Nils, der vom Äquator kommend 32 Breitengrade durchfließt und mit seinen Überflutungen den Boden von ganz Unteregypten seit der Erbauung des hunderttorigen Thebens um mehr als 6 m erhöht hat.

3. Die angewehten Böden. — In der Natur sind auch die angewehten Böden von den angeschwemmten nicht scharf geschieden, weil durch Vermischung allerlei Übergänge zustande kommen. Wir betrachten auch sie der Übersichtlichkeit wegen getrennt für sich. Nach der Art ihrer Entstehung sind sie von anderen Bodenbildungen leicht zu unterscheiden.

Im Winter 1902/03 sah ich in Zürich bei schönem, windstillem Wetter um die Zeit des Sonnenuntergangs und eine Stunde nach ihm eine auffallende Himmelsröte, wohl zu unterscheiden von dem gewöhnlichen Abendrot durch die hellrosenrote Farbe und die bedeutende Höhe über dem Horizont. Dieselbe Röte wurde in Norddeutschland und selbst im südlichen Schweden beobachtet. Genauere Untersuchungen ergaben, daß sie auf Verunreinigung der Luft durch vulkanischen Staub zurückzuführen ist, der durch den hochwehenden Äquatorialstrom vom Mont Pelée auf Martinique in Westindien über den Atlantischen Ozean nach Europa geführt worden war. Für die Entstehung des Bodens ist die Erscheinung insofern von Belang,

als sie das Vorkommen von Bodenbestandteilen erklärt, die den Gebirgen Europas fremd sind. — Erinnern will ich auch an die Feuerkugeln der Meteorsteine, die als Sprengstücke unbekannter Himmelskörper auf unsre Erde gelangen.

Das Blau des Himmels suchen die Gelehrten auf alle mögliche und unmögliche Weise, so auch durch die Annahme zu erklären, daß die Lichtstrahlen sich an dem in der Luft schwebenden Staube brechen. Tatsache ist aber, daß der Himmel in Norddeutschland niemals so tief blau erscheint, wie in der Schweiz. Und der Himmel erscheint auch mitten auf dem Weltmeer blau, wo doch die Luft sehr rein und staubfrei ist. Die reine Luft besteht in der Hauptsache aus Stickstoff, Sauerstoff, Wassergas und Kohlensäure. Als Verunreinigungen enthält die Luft nicht bloß organische Stoffe in Form von Bakterien, Blütenstaub, Humus- und Kohleteilchen, sondern auch eine ganze Reihe von Salzen, unter ihnen am reichlichsten kohlensauren Kalk. Ein ausgiebiger Regen- oder Schneefall reinigt die Luft von diesen Beimengungen. So erklärt es sich, daß man nach einem frischen Schneefall die Reinheit der Luft beim Atmen förmlich riecht, und dennoch erscheint der Himmel dann am schönsten blau. — Nach alledem kann das Blau des Himmels nicht auf der Anwesenheit, es muß vielmehr auf der Abwesenheit des Staubes beruhen. Je reiner die Luft, desto blauer der Himmel. Warum? Von den Sonnenstrahlen wird ein kleiner Teil in der Lufthülle der Erde direkt gebunden, der größte Teil geht hindurch, um vom Erdball zurückgeworfen und zerstreut zu werden. So entsteht das weiße Lustlicht. Das weiße Licht hat einen schwarzen Hintergrund: das ist der vom Äther erfüllte Weltraum. Auf diesem Grunde und aus diesem Grunde kommt der blaue Himmel zum Vorschein. Das Licht selbst wird nicht blau. Das Licht ist weiß, und es bleibt weiß, auch wenn es den schwarzen Äther durchdringt. Je höher wir steigen, desto mehr verschwindet das weiße Licht, desto mehr tritt der schwarze Äther hervor. Am Horizont erscheint uns der Himmel hellblau, weil da das meiste Licht. Bei Bern erscheint er uns dunkler als bei Berlin, weil Bern rund 500 m höher liegt. Und in den Anden Südamerikas sah A. v. Humboldt an einigen herrlich-wolkenlosen Tagen die Atmosphäre um sich herum dunkel-schwarz. — Mit dieser einfachen Erklärung, die ich in dem Lehrbuch der Klimatologie

von Lorenz und Rothe bestätigt finde, [werden] alle gelehrten Theorien abgelehnt.

Kommen wir vom Himmel zurück auf die Erde, so läßt sich der Landwirt den Staub gefallen, der beim Eggen entsteht, unter der Voraussetzung, daß er auf dem eignen Lande niederfällt. Führt ihn der Wind fort, dann erfolgt ein empfindlicher Verlust, weil die feinsten und wertvollsten Bodenteilchen davonfliegen auf Nimmerwiedersehn.

Allgemein bekannt ist der Straßenstaub. Er entsteht auf die Weise, daß die Wagenräder das Gestein des Schotter- und Pflasters zermahlen, während der leichtfüßige Wind und die schnellfüßigen Räder das Steinmehl aufwirbeln und davontragen. Wird in der Stadt, wie in Halle a. d. S., mit Braunkohlen gefeuert, dann vermengt sich der herabfallende Rauch mit dem Steinmehl, und es entsteht bei Regenwetter ein schwarzer Brei, der abgekratz, abgeegelt oder abgebürstet, samt den Pferdeäpfeln und dem anderweitigen Unrat zur Kompostbereitung benutzt werden kann. Weiter ab von der Stadt, wo die Reinigung der Straßen der Natur überlassen wird, fliegt der aufgewirbelte Staub auf das benachbarte Land, es an Pflanzennährstoffen bereichernd. So erklärt sich das Auftreten kalksteter Pflanzen, wo vor dem Bau der Straße solche nicht zu finden waren.

Gedenken müssen wir hier ferner des Flugandes, der bei starkem Sturm wohl auch zur Wolke werden kann, wie der Straßenstaub, der aber für gewöhnlich doch auf andere Weise wandert. Der Flugand ist eine weiter und weiter gewälzte Stranddüne. Das Meer hat Ebbe und Flut. Zur Zeit der Flut spült es den Sand weit über den flachen Saum der Küste, zur Zeit der Ebbe läßt es ihn als Düne zurück. Sonne und Wind trocknen die Düne, und der Wind bewirkt die Wanderung. Er rollt Sandkorn für Sandkorn von der Seeseite auf die Leseite. Das geschieht so geschwind wie der Wind, und bald ist die Strandwelle zur Sand- schelle geworden, die im Lauf der Jahre weiter und weiter wandert bis tief ins Land hinein.

Auf dem Gut meines Vaters befinden sich zwei niedrige, nur 1—3 m hohe Sandhügel, in der flachen Ebene Elsberg und Voßberg genannt, weil der Fuchs seine Höhle hineingräbt. Sie sind nichts anderes als zwei Sandschellen, die von der Ostsee bis

in den Winkel gewandert sind, wo die Provinzen Posen, Westpreußen und Brandenburg zusammenstoßen. Die eine überzog sich wegen ihrer feuchten Lage von selbst mit Erlengesträuch und Brombeerranken, die andere, größere hat mein Großvater durch Besäen mit Sandhafer befestigt und durch Bepflanzen mit Kiefern und Birken nutzbar gemacht.

Für die Bodenbildung ist der Flugsand insofern von Bedeutung, als er schädlich und verderblich wird, indem er besseres Land überdeckt und unter sich begräbt. Er gewährt aber auch seinen Nutzen, indem er Material liefert zur Glasfabrikation, zur Mörtelbereitung und zur Verbesserung des Torf- und Moorbodens.

Die wichtigste und wertvollste Erscheinung unter den angewehnten Böden ist der Löß, bei dem man Lößmergel und Lößlehm unterscheidet. Der Lößlehm ist durch Auslaugen des Kalkes aus dem Lößmergel entstanden, ebenso wie der Diluviallehm aus dem Diluvialmergel, und Lößlehm und Lößmergel sind ursprünglich ein und dieselbe geologische Bildung.

Der Löß ist sehr verbreitet. Ich habe ihn bei Güttenberg in der Nähe von Halle in mächtiger Ablagerung gefunden, in größerer Ausdehnung mit tiefeingeschnittenen, senkrechten Hohlwegen bei Weißenfels an der Saale, ferner am Rande des Odenwalds bei Auerbach an der Bergstraße und auch in der Schweiz bei Waltersburg, $\frac{1}{2}$ Stündchen von Aarau. Die größte Verbreitung aber hat er in der Mongolei, wo Richthofen die Art der Entstehung studiert und seine Theorie begründet hat. Ich bekenne mich als Anhänger dieser Theorie, aus dem einfachen Grunde, weil der Löß überall, wo ich ihn anstehend fand, dieselbe lustig-lückige, fein- und gleichförmige Struktur zeigt, derzufolge er Jahrhunderte lang in senkrechten Wänden stehen bleibt, was bei den angeschwemmten, aus dem Wasser abgesetzten Bodenbildungen nicht vorkommt.

4. Der Boden und die Lebewesen. — Es handelt sich hier nicht um die Bedeutung des Bodens als Wohnstätte und Nahrungsquelle für die organische Welt, unsere Aufgabe ist vielmehr, den Einfluß der Lebewesen auf die Entstehung des Bodens kurz zu beleuchten und zu schildern.

Was zunächst die Tierwelt betrifft, so haben die Tiere während ihres Lebens insofern einen Einfluß, als sie durch ihre festen und

flüssigen Auswurfstoffe eine Änderung und Vermehrung der Substanz des Bodens herbeiführen, wobei die Mistkäfer und Regenwürmer die Verarbeitung der unverdauten Stoffe übernehmen. Nach dem Tode fällt der ganze Tierleib der Zersetzung anheim, indem die Fäulnis- und Verwesungserregenden Bakterien nebst den Mistkäfern und „Totengräbern“ ihre gesundheitspolizeiliche Tätigkeit entfalten. Die Umwandlung der pflanzlichen Abfälle und Rückstände in humushaltige Erde besorgen, in Gemeinschaft mit den mikroskopisch kleinen Bakterien, in ausgiebiger und unersetzlicher Weise in ihrem für diesen Zweck besonders eingerichteten Verdauungsapparat die fingerlangen, nur bindfadendicken bis armlangen und daumendicken Regenwürmer, wie sie der Zoolog Konrad Keller aus den afrikanischen Urwäldern mitgebracht hat. Hier wie dort beteiligen sich diese nützlichen Erdbewohner großer und kleiner Art an der Entstehung, Bearbeitung und Bereicherung des Grund und Bodens, so daß der Ausspruch berechtigt erscheint: Die Regenwürmer sind die getreuen Gehülfen der Bodenkultur.

Was zweitens die Pflanzenwelt betrifft, so haben wir auch hier an die geheimnisvolle Arbeit der unsichtbaren, aber überall verbreiteten Bakterien, sowie an die Tätigkeit der unansehnlichen, aber überaus wichtigen Flechten (Algen und Pilze) zu erinnern, die mit einer Ausdauer und Lebensfähigkeit ohnegleichen den härtesten Fels zersetzen und in Steinmehl verwandeln. Gewöhnlich siedeln sie sich auf der Außenfläche an, ich habe sie aber auch, wenn der Frost vorgearbeitet hatte, auf den Spaltflächen im Innern des Gesteins gefunden. Indem sie, absterbend und vermodernd, das Steinmehl an Humus bereichern, lassen sie einen Boden zurück, auf und in dem die Moose gedeihen, und nach deren Vermoderung erscheinen humusliebende Gräser neben den felszerstörenden Saxifragen. Allmählich stellen sich auch Kräuter und Sträucher und Bäume ein, deren lange und kräftige Wurzeln in die Felspalten eindringen, durch ihre scharfen Ausscheidungen das Gestein chemisch zersetzen und anätzen und durch ihr Dickenwachstum mechanisch angreifen und auseinandersprengen. Aber auch ihre Lebenskraft erschöpft sich, und bei ihrer Verwesung kehren die Mineralstoffe in den Boden zurück, dem sie entnommen sind, während die Humusstoffe sich unter geeigneten Verhältnissen als Torf und Moor ansammeln, oder zu

Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zersezt, den Kreislauf des Stoffs erneuern.

Langsam erstarrt und erkaltet des Erdballs glühende Kruste,
Und in dem irdischen Stoff regt sich der himmlische Keim.

Wechselnd in ewigem Fluß folgt ein Geschlecht nach dem andern,
Als der Mensch erschien, fand er die Tafel gedeckt.

Wie die Bewohner sich mehrten, da mußten sie pflanzen und schaffen,
Und im Schweiß des Gesichts ist du dein tägliches Brot.

Praktischer Teil.

Anleitung zur Untersuchung, Klassifikation und Kartierung des Grund und Bodens.

Wenn wir den landwirtschaftlichen Wert eines Grundstücks ermitteln wollen, so hat die Untersuchung, falls sie vollständig sein soll, folgende Verhältnisse zu berücksichtigen:

1. Die wirtschaftliche Lage (Verkehrs-, Absatz-, Arbeiterverhältnisse usw.).
2. Die klimatische Lage (geographische Breite, Höhe über dem Meer, Regenmenge, Hagelgefährlichkeit usw.).
3. Die Beschaffenheit des Grund und Bodens.

Mit dem bestimmten Hinweis auf ihre große Bedeutung für die Beurteilung des Landes bezüglich seiner Fruchtbarkeit und seines Reinertrages lassen wir die wirtschaftliche und die klimatische Lage hier unerörtert und beschränken unsere Betrachtungen auf die Bodenverhältnisse. Im besonderen ist es der Zweck der angeschlossenen Schrift, den angehenden Landwirt und Kulturingenieur durch eine Anleitung zur einfachen Bodenuntersuchung auf praktischem Wege zur Kenntnis des Bodens zu führen.

Bei der Untersuchung des Bodens kommen vornehmlich in Betracht:

- I. Die Gestalt der Oberfläche.
- II. Die Lagerungsverhältnisse.
- III. Die Bodenbestandteile und Bodenarten.

Die Gestalt der Oberfläche des Bodens.

In der Gestalt der Oberfläche kommt zum Ausdruck, um wieviel der Boden von der wagerechten Fläche abweicht. Ist die Abweichung gering, so nennen wir den Boden eben, ist sie beträchtlich, so nennen wir ihn geneigt.

Der ebene Boden. — Der wagerechte oder horizontale Boden bildet eine Ebene; er gleicht in bezug auf die Gestalt der Oberfläche einem See. Deshalb braucht man in der Bodenkunde wie in der Umgangssprache die Ausdrücke horizontal und eben meist als gleichbedeutend; man nimmt überhaupt, und zwar mit Recht, beide Ausdrücke nicht mathematisch genau.

Wir finden den ebenen Boden hauptsächlich in den Flußthälern und am Rande, namentlich am oberen Ende der Seen. Insbesondere haben viele, aber keineswegs alle Torf- und Niedwiesen eine ebene Oberfläche, weil hier das Land meist durch Zuwachsen eines Sees entstanden ist. Das ebene Land ist denn auch der Überschwemmung und der Versumpfung am häufigsten ausgesetzt, und diesen Umstand hat man bei Beurteilung der Oberfläche besonders in Erwägung zu ziehen. An Flußufern besteht überdies die Gefahr, daß der Boden vom Wasser unterspült und fortgerissen wird, um so mehr, wenn die Schiffer mit ihren Ankern das Land verwunden.

Der geneigte Boden. — Der geneigte Boden kann eine gleichmäßige und regelmäßige Neigung besitzen; wir sprechen dann von einer sanften oder mäßigen oder steilen Abdachung des Geländes. Der geneigte Boden kann aber auch unregelmäßig und verschiedenartig geneigt sein; dann bedienen wir uns der Ausdrücke: muldenförmig, kesselförmig, wellenförmig, terrassenförmig, hügelig, bergig usw. Eine nähere Erklärung der genannten Ausdrücke erscheint nicht nötig, weil sie sich von selbst verstehen.

Bedeutung der Oberflächengestalt für die Benutzung des Bodens. — Alle diese Verhältnisse müssen aber sorgfältig beachtet werden, wenn es sich um die Untersuchung und Beurteilung des Bodens handelt, denn die Art und der Grad der Neigung sind auf die land- und forstwirtschaftliche Benutzung des Landes von größtem Einfluß.

Bei einer Neigung von $1-2^{\circ}$ eignet sich der Boden am besten zum Ackerbau; völlig ebene d. h. horizontale Lage ist namentlich bei schwerem, undurchlässigem Boden weniger günstig, weil sie den natürlichen Wasserabfluß behindert, und aus Mangel an Gefäll auch die künstliche Ableitung des Wassers erschwert oder ganz unmöglich macht. Leidet der Boden nicht an Nässe, was bei durchlassendem Untergrunde der Fall sein wird, so hat die ebene oder annähernd ebene Lage für die Zwecke des Ackerbaues in allen Beziehungen den Vorzug. Die Vorteile der ebenen Lage sind folgende:

1. Die Flur- und Feldeinteilung wird erleichtert; man kann in jeder beliebigen Richtung gerade Grenzen und gerade Wege ziehen. Die Grundstücke oder Schläge erhalten die Form eines Rechtecks.

2. Alle Feldarbeiten werden erleichtert. Man kann in jeder Richtung (längs und quer) pflügen; die Furchen verlaufen gerade und wagerecht, wodurch die Zugkraft verringert, eine gleichmäßige Tiefe und Breite der Pflugstreifen, also auch eine bessere Arbeit ermöglicht wird. Ebenso wird die Anwendung der Egge, der Walze, der Drillmaschine, der Mähmaschine erleichtert. Desgleichen die Zufuhr des Düngers und die Abfuhr der geernteten Feldfrüchte. Hemmvorrichtungen an den Wagenrädern sind nicht erforderlich.

3. Die Anfeuchtung des Bodens durch Regen und Schnee, sowie die Erwärmung und Beleuchtung durch die Sonne ist eine gleichmäßige. Daraus resultiert ein gleichmäßiger Stand der Kulturpflanzen.

4. Das Fortschwemmen der Boden- und Düngerteile ist weniger oder gar nicht zu befürchten, weil das Regenwasser nicht ins Fließen kommt, es sei denn, daß Beet- und Wasserfurchen vorhanden sind.

5. Ein wesentlicher Vorteil der ebenen Lage besteht auch noch darin, daß sie die Aufsicht und Übersicht der Feldarbeiten erleichtert. Der Wirtschaftsdirigent übersieht von jedem Punkt seiner Feldmark, ob die Karre im Gang ist, und wenn nicht, wo es hapert. Ebenso

wird erleichtert die Überwachung der Felder gegen Diebstahl, gegen Weiden von fremdem Vieh. Es kann sich niemand hinter den Berg verstecken, weil kein Berg da ist.

Die Vorteile und Nachteile der geneigten oder bergigen Lage ergeben sich hiernach von selbst. Die Gespannarbeit, die schon bei 10° ihre Schwierigkeiten hat, erreicht bei 15° ihre Grenze.

Bei $10-20^\circ$ Neigung gegen Süd, Südost oder Südwest eignet sich der Boden innerhalb der klimatischen Höhengrenzen am besten zum Weinbau. Beträgt die Neigung $20-40^\circ$, so ist das Terrassieren der Rebberge geboten. Steile Abhänge nach Nord, Nordost und Nordwest eignen sich nur zum Waldbau und zum Wiesenbau; doch ist das an der Schattenseite erzeugte Futter ärmer an Kleearten und würzigen Kräutern und deshalb weniger schmackhaft und nahrhaft als das an der Sonnenseite gewachsene.

Bei 40° Neigung kann der Boden nur noch zum Waldbau benutzt werden. An Abhängen über 45° hält sich kein Boden mehr. Kommen Bäume, Sträucher, Kräuter und Gräser an steilen Felswänden vor, so wachsen sie auf den sanfter geneigten Terrassenbändern, oder sie zwingen sich mit ihren Wurzeln in die Klüfte und Fugen der Felsen, in denen auch der Boden einigen Halt findet, zumal wenn er durch die Wurzeln umklammert wird. Nur der Lößboden bleibt wegen seines eigentümlichen Gefüges senkrecht stehen, ohne sich abzuböschten. Näheres hierüber folgt weiter unten.

Die Geologen-Busssole. — Obwohl es in vielen Fällen für die Praxis genügen wird, die Neigungsverhältnisse einfach mit dem Auge zu schätzen, so ist es doch von Wert, ein Instrument zu besitzen, mittels dessen man den Neigungswinkel messen kann, um so mehr, da selbst ein geübtes Auge sich leicht trügt und namentlich die Neigung des Bodens oft überschätzt.

Für diesen Zweck dient die Geologen-Busssole. (Abb. 3, S. 55.) Das ist ein einfaches, handliches und praktisches Instrument in Gestalt einer Taschenuhr.

Hält man die Busssole wagerecht, so kann man nach der Stellung der Magnetnadel die Himmelsrichtung bestimmen, also auch genauer ermitteln, ob der betreffende Abhang nach Nord, Nordost oder Ostnordost geeignet ist u. s. w.

Stellt man dagegen das Instrument, nachdem man einen Hafen aus der Messingfassung herausgezogen, aufrecht auf eine Seplatte

oder einen Maßstab, so gibt ein leicht beweglicher, pendelartiger Zeiger den Grad der Neigung an. Die Magnetnadel wird hierbei außer Tätigkeit gesetzt. Will man also die Neigung des Bodens messen, so legt man z. B. eine gerade Meßplatte in der mutmaßlichen Richtung des Abhanges mit der hohen Kante fest auf den Boden und setzt die Geologen-Busssole auf die Latte; dann kann man sofort

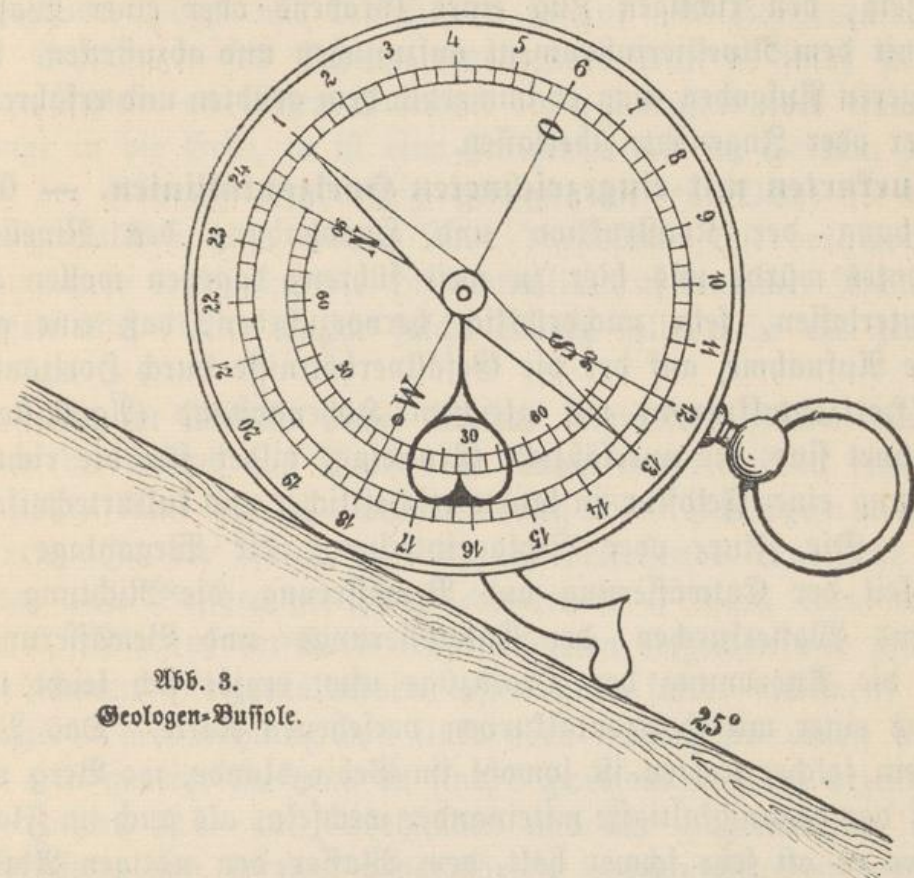


Abb. 3.
Geologen-Busssole.

an dem Instrument ablesen, ob der Boden horizontal ist oder nicht, und wieviel Grad die Neigung beträgt. In Figur 3 zeigt die Spitze des Zeigers, die nach innen gerichtet ist, eine Neigung von 25° oder, genauer genommen, etwas über 25°.

Das Nivellierinstrument. — Handelt es sich um die Ermittlung und Darstellung der Neigungs- oder Gefällverhältnisse eines größeren Gebietes, dann genügt die Geologen-Busssole nicht, sondern dann muß das Nivellierinstrument zu Hülfe genommen werden. Die Handhabung des Nivellierinstrumentes erfordert zwar einige Übung, ist aber immerhin eine verhältnismäßig einfache Sache. Zwei

oder drei Punkte auf ihre gegenseitige Höhenlage mit dem Nivellierinstrument zu vergleichen, setzt beispielsweise kaum soviel Kunstfertigkeit voraus, als eine gerade Linie zu pflügen oder die Mähmaschine zu lenken. Es ist daher wohl nicht zu viel verlangt, wenn wir dem Landwirt zumuten, daß er sich bei leichteren Fragen des Nivellierinstrumentes zu bedienen versteht. Jeder Landwirt sollte z. B. imstande sein, den richtigen Zug eines Grabens oder einer Wasserfurche mit dem Nivellierinstrument aufzusuchen und abzustecken. Die schwierigeren Aufgaben mag er immerhin dem geübten und erfahrenen Geometer oder Ingenieur überlassen.

Flurkarten mit eingezeichneten Horizontallinien. — Eine Beschreibung der Konstruktion und Handhabung des Nivellierinstrumentes würde uns hier zu weit führen; dagegen wollen wir nicht unterlassen, sehr nachdrücklich hervorzuheben, daß eine geometrische Aufnahme, auf der die Gefällverhältnisse durch Horizontallinien (Horizontalkurven) mit gleichem Höhenabstand (Äquidistanz) eingezeichnet sind, die unerläßliche Grundlage bildet für die richtige Behandlung einer Feldflur in landwirtschaftlicher und kulturtechnischer Hinsicht. Die Flur- oder Schlageinteilung, die Weganlage, die Möglichkeit der Entwässerung und Bewässerung, die Richtung der Beet- und Wasserfurchen, der Entwässerungs- und Bewässerungsgräben, die Anordnung der Drainzüge usw. ergibt sich leicht und sicher aus einer mit Horizontalkurven versehenen Karte. Das Vorhandensein solcher Karten ist sowohl im Gebirgslande, wo Berg und Tal auf das mannigfaltigste miteinander wechseln, als auch im Flachlande, wo es oft sehr schwer hält, dem Wasser den nötigen Abfluß zu verschaffen, eine Sache von der allergrößten Wichtigkeit, und es wäre im Interesse der Hebung der Bodenkultur sehr zu begrüßen, wenn der nun bald vollendete topographische Atlas der Schweiz recht fleißig benutzt und zu landwirtschaftlichen Zwecken in vergrößertem Maßstabe gezeichnet würde. Andere Länder, denen ein topographischer Atlas noch fehlt, mögen sich die Schweiz zum Muster nehmen. Die bereits vorhandenen älteren Flurkarten bedürfen vielfach der Revision und Berichtigung. Es sollte jede größere Gutswirtschaft, wenn immer möglich, auch jede Gemeinde eine derartige Aufnahme von ihrer Feldflur besitzen und die betreffende Karte an einem leicht zugänglichen Orte in dem Gemeinde- oder Schulhause zur allgemeinen Einsicht anbringen oder bereit halten. Bei dem Vorhanden-

sein der nötigen Lehrmittel wäre es auch wohl durchführbar, der heranwachsenden Jugend bei Gelegenheit des erdkundlichen oder mathematischen Unterrichtes ein Verständnis von der Bedeutung der Horizontallinien beizubringen. Eine praktische und anschauliche Übung dazu wäre folgende: In der Turnstunde stellt der Lehrer mit Hülfe des Nivellierinstrumentes sämtliche Schüler an einem Abhang oder Hügel mit den Hacken so auf eine Horizontallinie, daß die Schüler 5—10 Schritt voneinander entfernt sind; steckt dann jeder Schüler an seinem Standort einen Turnstab oder eine Bohnenstange in die Erde, so ist eine Horizontallinie im Terrain abgesteckt. Ist der Abhang gleichmäßig geneigt wie ein Dach, so wird die Horizontallinie eine gerade Linie darstellen. Ist der Abhang gekrümmt, so wird auch die Horizontallinie in krummer Richtung verlaufen usw. Eine einzige solche Übung hilft mehr als zehn Lehrstunden.

Die am Schlusse dieses Buches angeheftete Flur- und Bodenkarte (die freilich aus Mangel an Raum nur ein Stück einer solchen darstellt) kann zur Veranschaulichung der Horizontalkurven dienen. In der Natur erscheint die betreffende Landfläche — eine unter viele Besitzer geteilte Riedtorfwiese — ganz eben und horizontal. Die auf der Karte eingezeichneten rotgelben und mannigfach gekrümmten Horizontalkurven lassen aber sofort erkennen, daß die Fläche in der Richtung von links oben nach rechts unten um mehr als 4 m geneigt ist, denn es sind 5 Horizontalkurven, bezeichnet mit den Zahlen 416—420, vorhanden und der Höhenabstand oder die Liquidistanz von je zwei benachbarten Horizontalkurven beträgt auf der vorliegenden Karte überall 1 m. Man ersieht auch sofort, daß die Neigung oder das Gefäll der Bodenoberfläche dort stärker ist, wo die Horizontalkurven, wie bei Probegrube 2, näher beieinander liegen als dort, wo sie, wie bei Probegrube 1 und 3, weiter voneinander entfernt sind. Ja, man kann sogar aus der Karte entnehmen, wieviel Prozent Gefäll die Bodenoberfläche an jedem Punkt der Karte hat. Wie unter der Karte geschrieben steht, ist der Maßstab 1 : 10 000, das heißt 1 mm auf der Karte entspricht einer Länge von 10 m im Terrain. Greift man also z. B. bei der Probegrube 2 die Entfernung der Horizontalkurven mit dem Zirkel ab, wobei sich, auf einem gewöhnlichen Maßstab gemessen, 9 mm ergeben, so ist das Gefäll auf 90 m 1 m, d. h. 1,1%. Bei der

Probegrube 1 ist die mit dem Zirkel abgegriffene Entfernung der Horizontalkurven 19 mm, folglich ist das Gefäll der Bodenoberfläche hier auf 190 m 1 m, d. h. rund 0,5%. Bei der Probegrube 3, längs des Weges b b gemessen, ist die Entfernung der Horizontalkurven 23,5 mm, folglich ist das Gefäll der Bodenoberfläche hier auf 235 m 1 m d. h. rund 0,4%*) usw. So läßt sich auch aus der Karte ersehen oder abmessen und berechnen, wieviel Gefäll jeder Graben und wieviel Steigung jeder Weg hat. — Man ersieht ferner aus der starken Krümmung der Horizontalkurven 416, 417 und 418, daß bei b b eine sanfte Vertiefung sich befindet, daß also der Hauptgraben neben dem Wege bb an der richtigen Stelle liegt. Ebenso ersieht man aus der starken Krümmung derselben Horizontalkurven, daß der neben dem Wege gg verlaufende Hauptgraben gleichfalls in einer Vertiefung, also gleichfalls an der richtigen Stelle angeordnet worden ist. Ferner ersieht man, daß alle Seitengräben das größtmögliche Gefälle haben, weil sie die Horizontalkurven überall annähernd rechtwinklig kreuzen. Eine solche Lage der Gräben war hier erwünscht oder notwendig, weil das Gefäll überall sehr gering ist. Dabei wird kein einziges Grundstück von einem Graben quer durchschnitten; sämtliche Grundstücke sind vielmehr mit parallelen Grenzen an das Graben- und Wegenetz angepaßt. Ohne die auf das Nivellement gestützten Horizontalkurven wäre kein Mensch imstande gewesen, einen gleich zweckmäßigen Flurplan zu entwerfen. Durch eine Geradelegung der Gemeindestraße wäre zwar eine noch etwas regelmäßigere Einteilung der Fläche möglich geworden, aber die Straße, die sich in gutem Zustand befand, mußte zur Vermeidung bedeutender Kosten an ihrem alten Platz verbleiben. Schließlich sei noch bemerkt, daß die bei den Horizontalkurven eingeschriebenen Zahlen zugleich angeben, daß die betreffende Landfläche 416 bis 420 m über Meer gelegen ist. (Vergl. C. Zwicky, Feldweganlage, Flureinteilung und Güterzusammenlegung.)

*) Ein Grundstück, das auf die Länge von 100 m nicht mehr Gefälle hat als 0,4 bis 0,5 m, scheint uns ganz horizontal zu sein; daß es in Wirklichkeit geneigt ist und gerade um soviel, wie angegeben, können wir nur mit dem Nivellierinstrument oder allenfalls mit der Wasserwaage oder der Lotwaage ermitteln. Die S. 55 erwähnte Geologen-Buffole ist im Grunde genommen nichts anderes als eine Lotwaage.

Hiernach wird wohl jeder Landwirt, der dieser Sache bisher keine besondere Aufmerksamkeit zugewendet hat, von dem praktischen Nutzen der Horizontalkurven überzeugt sein. Die Gestalt der Bodenoberfläche läßt sich schlechterdings in keiner anderen Weise einfacher, richtiger und anschaulicher auf der Guts- oder Flurkarte darstellen als durch die Horizontalkurven.

Die Lagerungsverhältnisse des Grund und Bodens.

I. Der senkrechte Schnitt oder das Profil.

Will man sich ferner über die Lagerungsverhältnisse des Grund und Bodens unterrichten, so muß man sich den senkrechten Schnitt oder das Profil des Bodens auf irgend eine Weise klar zu machen suchen.

Probegruben. — Am sichersten und deutlichsten, aber freilich auch am kostspieligsten geschieht dies durch Ausheben von Probegruben auf 1, 2 oder 3 m Tiefe. (Abb. 4.)

Auf kleinen Parzellen von 10—12 Ar Größe erreicht man meist mit einer einzigen Probegrube schon den Zweck, im übrigen muß man so viele Probegruben herstellen, als nötig erscheinen, um einen möglichst richtigen Einblick in die Lagerungsverhältnisse des Bodens zu gewinnen. Für gewöhnlich werden 5 oder 6 Probegruben pro Hektar genügen, unter Umständen kann aber auch die doppelte oder dreifache Zahl erforderlich sein. Die Stellen, wo eingegraben werden soll, müssen mit Umsicht ausgewählt werden, wobei die Gestalt der Oberfläche, der Stand der Pflanzen und die Beschaffenheit der oberen Bodenschicht wertvolle Fingerzeige geben können. Wie überall, so wird auch hier ein geübter und gewandter Sachverständiger viel unnötige Arbeit ersparen. (Vergl. Tafel 1.)

Bei dem Ausheben der Probegruben gräbt man nicht ein freisundes oder quadratisches Loch in die Erde, sondern man wählt am besten die Gestalt eines länglichen Rechtecks. An Abhängen richtet man die schmale Seite der Grube nach dem Berge hin, weil andernfalls durch das vom Berge herabdrückende Grundwasser die Wände

leicht einstürzen. Meist gelingt es, auch ohne Anwendung von Sperrbrettern bis auf 3 m Tiefe hinabzugraben. In schwimmendem oder breiartigem Erdreich muß man auf die Herstellung tieferer Probegruben verzichten. Damit kein Unfall begegnet, sollten bei tieferen Probegruben immer zwei Arbeiter zur Stelle, und außerdem sollten einige Bretter und eine kleine Leiter zur Hand sein.

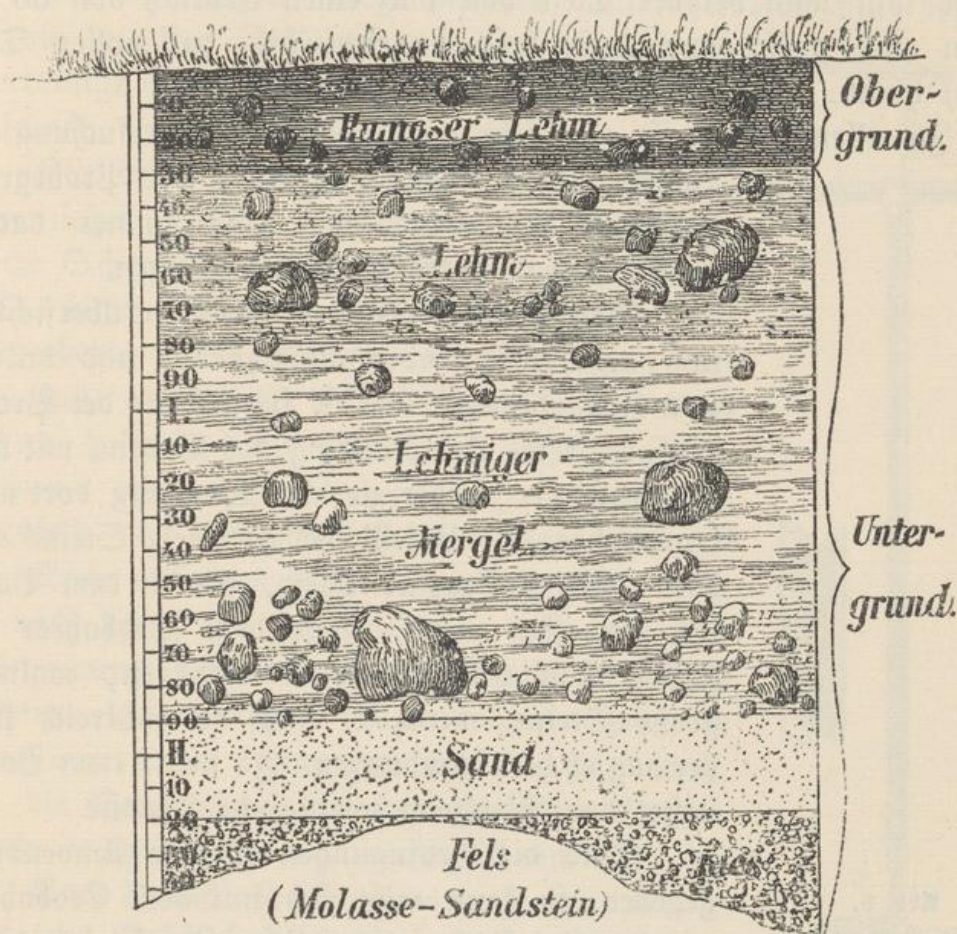


Abb. 4.
Bodenprofil (schematisiert.)

Um die Erdbewegung und die Arbeitskosten bei dem Ausheben der Probegruben möglichst zu vermindern, kann man folgende Maße zum Anhalt nehmen:

Tiefe	Breite	Länge
1 m	0,40 m	1,20 m
2 "	0,60 "	1,60 "
3 "	0,90 "	2,00 "

Mit diesen Zahlen möchten wir zugleich andeuten, daß es keineswegs immer nötig ist, die Probegruben 3 m tief zu machen; es genügt vielmehr in den meisten Fällen eine Tiefe von 1—2 m. Eine Verminderung der Arbeitskosten läßt sich auch noch dadurch erzielen, daß man nicht die ganze Länge der Probegrube bis zur vollen Tiefe aushebt, sondern nur einen Teil. Z. B. bei 1,60 m Länge läßt man bei der Tiefe von 1 m einen Erdkloß von 60 cm stehen und gräbt nur 1 m lang daneben bis zur vollen Tiefe (2 m) hinab.

In allen Fällen ist aber sehr anzuraten, die Untersuchung des Bodens sofort nach Herstellung der Probegrube vorzunehmen, denn man muß immer darauf gefaßt sein, daß die Wände einstürzen.

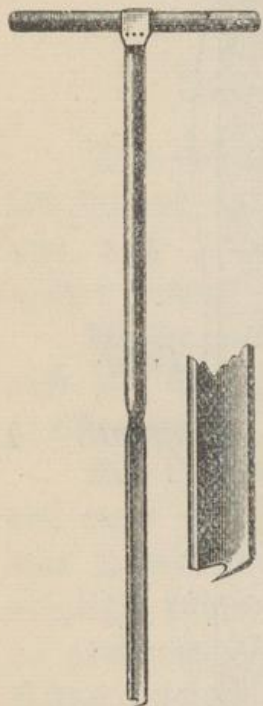


Abb. 5.

Löffel-Erdborhrer.

Der Erdborhrer. — Weniger übersichtlich und anschaulich, aber oft schneller und billiger zum Ziele führend als die Herstellung der Probegruben ist die Untersuchung des Bodens mit dem Erdborhrer. Leider ist dies Werkzeug dort nicht anwendbar, wo der Boden zu viele Steine enthält. Ein kopfgroßer Stein, der in dem Bohrloch getroffen wird, stellt dem Erdborhrer ein unüberwindliches Hindernis entgegen; walnußgroße Steine, wenn sie nicht zu zahlreich sind, vermag er herauszubringen. In steinfreiem Boden leistet das Werkzeug vorzügliche Dienste.

Sind die Bedingungen für die Anwendung gegeben, so kann man sich mit dem Erdborhrer, wie er für landwirtschaftliche Zwecke hergestellt und benutzt wird, über die Lagerungsverhältnisse des Bodens bis zu einer Tiefe von 3 m einen völlig genügenden Aufschluß verschaffen, wenn man die nötige Fertigkeit im Erkennen und Beurteilen der Bodenarten besitzt.

Es gibt Löffel-Erdborhrer und Schrauben-Erdborhrer. Die Löffel-Erdborhrer sind nur dann zweckmäßig, wenn Bohrlöffel und Bohrstange aus einem Stück bestehen. Abb. 5 zeigt den Erdborhrer, der bei der Landschaft der Provinz Sachsen im Gebrauch ist, ein einfaches, dauerhaftes und wirklich praktisches Werkzeug.

Unpraktisch sind dagegen die Löffel-Erdbohrer, bei denen der Löffel nicht fest angeschmiedet, sondern nur angenietet ist. Ein derartiger Erdbohrer ist mir sogleich beim ersten Versuch zerbrochen. Ferner muß die Bohrstange eine genügende Stärke und Widerstandsfähigkeit haben, sonst dreht sie sich beim Gebrauch in eine Spirale zusammen, wie ein Pfropfenzieher. Bei einem Erdbohrer, der sich in der Sammlung der eidgenössischen Technischen Hochschule befindet, ist die spiralige Drehung zu sehen, obwohl die vierkantige Stange einen Durchmesser von 16 mm aufweist.

Für tiefere Bohrungen ist die Konstruktion vorzuziehen, bei der der bohrende Teil eine kurze, flache Schraube bildet, während eine 4–5 cm dicke, durch Anschrauben mehrerer Stücke verlängerbare runde Stange die Bewegung der Schraube vermittelt. Mit einem solchen Erdbohrer habe ich schon Ende der 1860er Jahre während meiner Studienzeit in Halle das Versuchsfeld des landwirtschaftlichen Institutes auf 3 m Tiefe abbohren sehen. Zur Bedienung sind, je nach der Tiefe der Bohrung und der Beschleunigung der Arbeit, zwei bis drei kräftige Männer erforderlich. Dazu kommt noch der Werkführer, der immerfort zugegen sein muß, um die Untersuchung der herausgeholtten Bodenproben vorzunehmen und aufzuzeichnen.

Eine ähnliche Konstruktion zeigt der amerikanische Erdbohrer, der in Abb. 6 abgebildet ist. Die aus einem Stück bestehende Stange hat hier eine feste Länge von 1,5 m. Der Bohrer selbst hat stählerne Schneiden, die, je nach der Breite, ein Bohrloch von 8, 10, 13, 16, 18, 21, 23½, 26, 31 cm Weite herstellen.

Bei der Bodenuntersuchung genügt für eine Tiefe von 1,5 m eine Lochweite von 10 cm, für eine Tiefe von 2–3 m eine solche von 12–13 cm.

Bei der Arbeit ist es wichtig, daß genau senkrecht gebohrt und daß der Bohrer beim Herausheben nicht gedreht wird. Im übrigen wird jedesmal ein Erdpsropf von etwa 15 cm Länge herausgeholt.

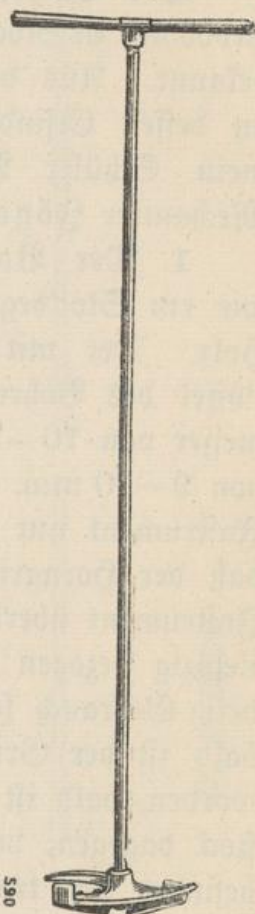


Abb. 6.
Schrauben-Erdbohrer.

und sogleich genau untersucht. Wird zugleich die Tiefe des Bohrlochs gemessen, wobei die Stange des Erdbohrers als Maßstab dienen kann, so ergibt sich aus der Zusammenstellung der Einzelresultate ein vollständiges und getreues Bild der aufeinanderfolgenden Bodenschichten. Mit anderen Worten, wir erhalten auch auf diesem Wege eine richtige Vorstellung von dem senkrechten Schnitt des Bodens.

Der Bohrstock. — Der Bohrstock ist ein kleiner, handlicher Erdbohrer in Stockform. Seit lange ist der Bohrstock von Bennisen bekannt. Aus dem Jahre 1904 stammt mein Normalbohrstock, an dessen Erfindung und Herstellung drei Personen beteiligt sind: mein Schüler Alois Günthart in Adliswil bei Zürich, der Mechaniker Jöge in Zürich und der Berichtersteller.

1. Der Bohrstock von Bennisen ist ähnlich eingerichtet wie ein Stockdegen. Die Bohrstange ist von Eisen, die Hülse von Holz. Der mit einer gehärteten Spitze versehene halbzylindrische Löffel des Bohrers hat eine Länge von 35 cm und einen Durchmesser von 10–12 mm. Bei der runden Stange genügt eine Stärke von 9–10 mm. Die ganze Länge des Bohrers beträgt bei meinem Instrument nur 80 cm, darf aber bis 1 m betragen. Wichtig ist, daß der Horngriff genügend stark und gut befestigt, daß das ganze Instrument überhaupt solid gemacht wird. Die Bohrstöcke, die von Leipzig bezogen oder hier in Zürich nachgemacht wurden, sind alle beim Gebrauch schadhast geworden. Bald ist der Bohrer zerbrochen, bald ist der Griff oder das Messinggewinde für die Hülse lose geworden, bald ist der Griff oder die Hülse geplatzt usw. Der Bohrstock dagegen, den ich mir im Jahr 1871 von Halle mitgenommen, befindet sich trotz häufiger Benutzung heute noch in brauchbarem Zustande.

Bei der Anwendung wird der Bohrstock von Bennisen senkrecht und ohne zu drehen in den Boden gedrückt, beim Herausziehen dagegen fortwährend und zwar immer in demselben Sinne (nach links) gedreht, damit die vom Löffel geschöpfte Erde möglichst vollständig in ihm sitzen bleibt. Der Löffel füllt sich zum Teil so, daß die geschärfte Kante das Material abschneidet, zum Teil füllt er sich auch auf die Weise, daß die Erde beim Hinabstoßen in den offenen Löffel hineingedrückt wird. Eine reine Probenahme gestattet der Bohrstock von Bennisen nicht.

2. Der Normalbohrstock von Nowacki. — Herr Alois Günthart wollte in den Osterferien den Boden des väterlichen Gutes untersuchen. Da ihm der Bohrstock dazu fehlte, so ließ er sich vom Dorffschmied einen machen. An einen alten Gewehrlauf wurden Zähne gefeilt, an dem andern Ende ein Handgriff angebracht, und der Bohrer war fertig. Ein Stöpsel, hergestellt aus einem starken Draht und einem Hirschlederlappen, diente zum Entladen. Obwohl in der Ausführung primitiv, erwies sich dieser Bohrstock doch als brauchbar und zweckmäßig, und er gefiel mir besonders wegen seiner Einfachheit.

Ich ließ daher nach dem rohen und unvollkommenen Werkzeug von dem Präzisionsmechaniker Föge den Normalbohrstock anfertigen, wie ihn Abb. 7 darstellt.

Der eine Hauptteil ist der Bohrer B mit dem Griff gg, dem Lauf ll und den Zähnen z. Der Lauf ist Stahl; der Griff Hartholz, das hier vor dem Eisen dieselben Vorzüge hat, wie bei dem

Kolben und Schaft eines Gewehrs. Solide Verbindung ist in der Präzisionsmechanik selbstverständlich. — Zum Schutz der Zähne und der Spitze dient die Messingzwinde m.

Der andere Hauptteil ist der Stöpsel S mit dem Knopf k (Eisen), dem Schieber s (Messing) und dem kegelförmig zugespitzten Bolzen b (Messing und gehärtetes Eisen). Knopf und Bolzen sind an der Stange fest; der Schieber ist beweglich, aber nur zwischen

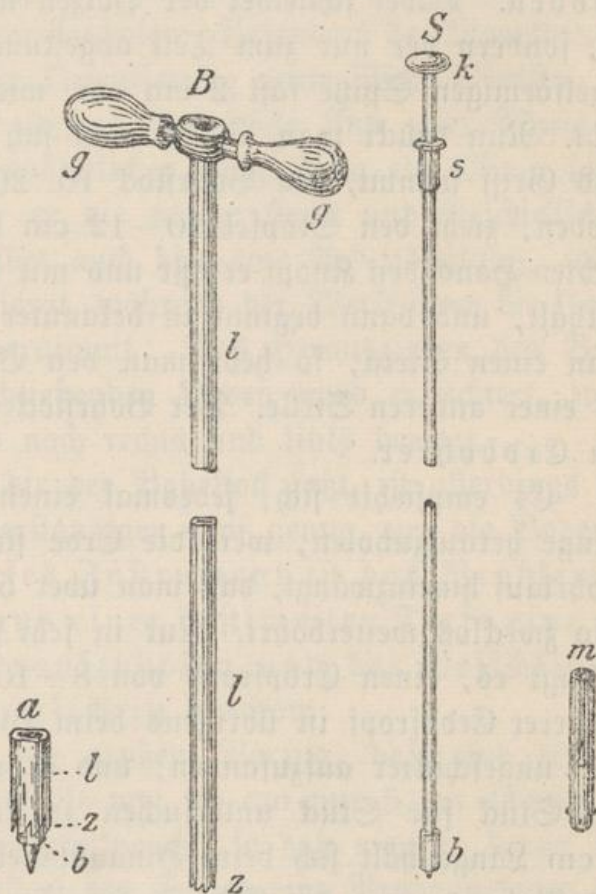


Abb. 7. Normalbohrstock.

B der Bohrer, S der Stöpsel, s der Schieber.

Knopf und Bolzen, so daß er nicht verloren gehen kann, und er bleibt an jeder Stelle der Stange stehen, weil er federt.

Der Schieber *s* (Abb. 7) dient lediglich zur Festklemmung und Führung des Stößels in dem Bohrlauf, weil der Griff mit dem Bohrlauf in direkter Verbindung steht. Hierauf beruht ein wesentlicher Vorzug meines Normalbohrstocks.

Beim Gebrauch wird der Stößel in den Bohrlauf geschoben. Dabei schneidet der Bolzen nicht stumpf mit den Zähnen ab, sondern der nur zum Teil abgestumpfte Bolzen steht mit seiner kegelförmigen Spitze fast 2 cm vor, wie Fig. 7 a bei b veranschaulicht. Nun drückt man, indem man sich mit den Händen auf Knopf und Griff stemmt, den Bohrstock 10, 20, 30 cm oder tiefer in den Boden, zieht den Stößel 10–12 cm heraus, wobei man mit der rechten Hand den Knopf erfäßt und mit der linken Hand den Schieber festhält, und dann beginnt in bekannter Weise das Bohren. Trifft man einen Stein, so hebt man den Bohrstock heraus und versucht an einer anderen Stelle. Der Bohrstock ist kein Steinbohrer, sondern ein Erdbohrer.

Es empfiehlt sich, jedesmal einen Erdfropf von nur 5 cm Länge heraufzuholen, weil die Erde sich gewöhnlich so fest in den Bohrlauf hineinzwängt, daß man über 5 cm hinaus doch nur stumpf, also zwecklos weiterbohrt. Nur in sehr feuchtem und weichem Boden gelingt es, einen Erdfropf von 8–10 cm Länge zu fassen. Ein längerer Erdfropf ist übrigens beim Hinausschieben aus dem Bohrlauf ungeschickter aufzufangen, und er muß doch zerbrochen werden, um Stück für Stück untersuchen zu können. Ein Erdfropf von 5 cm Länge hält sich beim Hinausschieben auf der konischen Spitze des Bolzens, und die Erdmenge reicht völlig aus zur Untersuchung und Bestimmung des Bodens.

Im übrigen führen zwei Wege zum Ziel: Entweder man bohrt in ein und demselben Bohrloch jedesmal 5 cm tiefer, oder man bohrt jedesmal ein anderes Loch an einer andern Stelle. Der zweite Weg verdient den Vorzug, denn er bedingt eine reinere Probenahme.

Zum Hinausschieben des Erdfropfes dient der Stößel, der den Bohrlauf schließt und der immer erst dann 10–12 cm herausgezogen und durch den Schieber festgestellt wird, wenn das eigentliche Bohren beginnen soll. Nur so wird eine reine Probenahme erzielt.

Bei sauberer und solider Ausführung berechnet der Mechaniker Jöge in Zürich den Preis für die gewöhnliche Länge von 90 cm mit Dezimetermaßeinteilung zu 20 Franken = 16 M.

Für Torf- und Moorböden kann der Normalbohrstock mit entsprechendem Preiszuschlag, in der Länge von 1 m, 1,20 m, 1,50 m, 1,80 m und 2 m geliefert werden. Denn hier läßt sich der Bohrstock ohne Schwierigkeit hineindrücken bis auf den Grund, um das unter dem Torf oder Moor anstehende Material: Kalk, Mergel, Letten, Sand usw. aus der Tiefe heraufzuholen. Besonders bei Moorkulturen leisten diese Instrumente zur Orientierung vortreffliche Dienste.

Zur Bedienung dieser langen Bohrstöcke sind zwei Mann erforderlich. Den Bohrstock gewöhnlicher Länge kann ein Mann handhaben und entladen, wenn er die nötige Kraft und Geschicklichkeit besitzt. Es empfiehlt sich aber auch hier eine Arbeitsteilung, indem der Gehülfe das Bohren besorgt, während der Werkführer die Untersuchung des Erdsprosses übernimmt. Das Herausziehen des Bohrstocks aus dem luftdicht schließenden Boden wird erleichtert, wenn man den Griff abwechselnd nach rechts und links bewegt.

Die Menge der Erde, die der Bohrstock faßt, ist allerdings nur gering, aber für den Sachverständigen groß genug, um die Bodenart zu bestimmen. Durch dieses Instrument ist das Problem in einfacher Weise gelöst, aus einer bestimmten Tiefe eine unvermischte Erdprobe heraufzuholen und der Besichtigung und Untersuchung zugänglich zu machen.

Der Bohrstock hat den großen Vorzug, daß eine einzelne Untersuchung bis auf eine Tiefe von 90 cm nur 5, in schwierigen Fällen höchstens 10 Minuten beansprucht, so daß man in kurzer Zeit an vielen verschiedenen Stellen des Feldes eine Probe nehmen und daher ein möglichst vollständiges und richtiges Urteil über die Bodenschicht gewinnen kann, die den Landwirt zunächst angeht.

Es steht auch nichts im Wege, mit dem Bohrstock gewöhnlicher Länge bis auf 2 m einzudringen, wenn man zunächst mit dem Spaten eine Probegrube von 1,10 m Tiefe aushebt und dann auf der Sohle der Grube mit dem Bohrstock noch 90 cm tiefer bohrt. Durch diese Kombination von Probegrube und Bohrloch wird im Vergleich zur einfachen Probegrube bedeutend an Zeit und Arbeit gespart.

Die Sonde. — Für besondere Zwecke, namentlich zur Untersuchung des Bodens auf Wiesenarz (Raseneisenstein) dient die Sonde.

Das ist ein einfacher, runder, etwa 15 mm starker und 1,20 m langer Eisenstab, der unten zugespitzt und oben mit einem Knopf oder Handgriff versehen ist. Beim Gebrauch wird die Sonde einfach senkrecht in den Boden gestoßen; das Vorhandensein von Wiesenerz, das meist in einer Tiefe von 30—60 cm getroffen wird, macht sich dem Gefühl und dem Gehör bemerklich, und man spürt auch, ob das Wiesenerz in geschlossenen Bänken oder in Gestalt von Grus abgesetzt ist. Allenfalls kann auch ein gewöhnlicher Krückstock mit fester Zwinge und Spitze zur Sondierung des Bodens benutzt werden. Den Bohrstock verwendet man für diese einfache Untersuchung aus dem Grunde nicht, um die Spitze und die Schneidezähne nicht unnötigerweise abzunutzen.*)

Besichtigung der vorhandenen Einschnitte und Erdblößen. — Zum Schluß wollen wir hier noch daran erinnern, daß man alle schon vorhandenen Einschnitte und Erdblößen besichtigen wird, um sich über die Lagerung und sonstige Beschaffenheit des Bodens zu unterrichten. Dahin gehören Eisenbahn- und Straßen-einschnitte, Gräben-, Ton-, Sand-, Kies- und Mergelgruben, Steinbrüche, Dohlen-, Brunnen- und Kellerbauten, Erdspalten, Rutschflächen, Maulwurfsaufen usw. Kurz, hier heißt es: Schau dich um!

Was finden wir nun auf dem senkrechten Schnitt des Grund und Bodens?

Die Mächtigkeit des Bodens. — Unter Mächtigkeit versteht man den Abstand zwischen der äußeren Oberfläche des Bodens und dem in der Tiefe anstehenden Fels. Die Mächtigkeit bezieht sich also auf den senkrechten Schnitt von der oberen bis zur unteren Grenze des Grund und Bodens (Abb. 4).

Im Flachlande wird der Fels in einer Probegrube von drei Meter Tiefe noch nicht getroffen. Wer sein lebelang immer im Flachlande bleibt, hat überhaupt niemals Gelegenheit, die untere Begrenzung des Bodens zu sehen. Hier gibt es wohl Feldsteine, als seltene Erscheinung auch einmal einen erratischen Block von 1 cbm

*) Besagte Untersuchung hat einen doppelten Zweck. Erstens muß das Wiesenerz herausgeschafft werden, weil es dem Pflanzenwuchs schädlich ist, und zweitens läßt es sich zur Eisengewinnung verwerten.

Größe, aber der anstehende Fels tritt nirgends zutage, und auch beim Keller- und Brunnengraben trifft man nicht auf den Fels. Ich war 26 Jahre alt, als ich in dem Porphyrsteinbruch an der Saale, in der Nähe von dem berühmten Giebichenstein, den ersten Fels zu Gesichte bekam. Die wohl kaum 20 m hohe Felswand machte einen so gewaltigen Eindruck auf mich, daß ich sie jetzt, nach mehr als 50 Jahren, noch deutlich vor mir sehe.

Im Gebirgslande findet sich der Fels schon in viel geringerer Tiefe, so daß die Mächtigkeit des Bodens hier oft nur 1—2 m beträgt. Dabei wechselt die Mächtigkeit des Bodens ungemein. Von dem neuen Chemiegebäude in Zürich steht der südliche Flügel mit seinem Fundament direkt auf dem Molassfels, der nördliche Flügel dagegen ruht auf langen Pfählen, die in den unergründlichen Schlamm Boden so tief eingerammt wurden, bis die Spitze ebenfalls auf den Felsen stieß. Einige Schritte südwärts von dem Chemiegebäude mußten in dem Garten der land- und forstwirtschaftlichen Schule die Felsen an einer Stelle weggesprengt werden, um die Gartenerde doch wenigstens 1 m tief anlegen zu können. Der Molassfels war hier nicht sichtbar gewesen, er ward vielmehr erst beim Eingraben bloßgelegt. An anderen Orten, z. B. an der „bösen Seite“ im oberen Haslital, an den sogenannten „hellen Platten“, steigt der Fels (in der eben bezeichneten Lokalität ist es Granit) bis zur Oberfläche empor, so daß er gar nicht von einer eigentlichen Erdschicht bedeckt ist.

Diese Verhältnisse bezeichnet man, soweit sie den Boden betreffen, mit den Ausdrücken: Flachgründigkeit und Tiefgründigkeit, in verschiedenen Abstufungen. Beide Ausdrücke werden mit dem Wort „Mächtigkeit“ zusammengefaßt.

Bei der Untersuchung des Bodens wird die Mächtigkeit mit dem Maßstabe festgestellt, indem man von der äußeren, zutage tretenden Oberfläche des Bodens senkrecht bis zum Felsen hinabmißt. Zu dem Zwecke legt man am sichersten einen geraden Stab oben quer über die Probegrube hart auf die eigentliche Oberfläche des Bodens, hängt das Senkblei an und stellt den Maßstab oder die Meßplatte senkrecht neben die Schnur. Auf dieselbe Weise verfährt man bei allen Messungen, die sich auf das Profil des Bodens beziehen. Die Benutzung des Senkbleis ist namentlich bei geneigtem Boden anzuraten. In der durch Abb. 4 dargestellten Probegrube

beträgt die Mächtigkeit des Bodens in der Mitte 2,20 m, an der linken Seite 2,40 m und an der rechten Seite 2,55 m.

Die Mächtigkeit des Bodens ist von Bedeutung, weil sie die Länge der Wurzeln bestimmt. Bei manchen Kulturpflanzen, namentlich bei der Luzerne, hat man die Wurzeln bis auf 10 m Tiefe verfolgt. Bis zu dieser Tiefe erstrecken sich auch die jährlichen, auf dem Einfluß der Sonnenwärme beruhenden Temperaturschwankungen. Es ist daher wünschenswert, daß die Mächtigkeit des Bodens 10 m oder noch mehr betrage. Indessen genügt den meisten Kulturpflanzen allenfalls noch eine Mächtigkeit von 1 m. Wird die Mächtigkeit noch geringer, so können sich nur die flachwurzelnden Gewächse, z. B. die Gräser, normal entwickeln, doch leiden auch sie auf so flachgründigem Boden leicht von der Trockenheit. Hat der flachgründige Boden, wie es oft vorkommt, eine stark geneigte Lage, dann ist er nicht bloß der Gefahr des Fortschwemmens, sondern auch der Gefahr des Rutschens ausgesetzt.

Angestammter und angeschwemmter Boden. — Bei dieser Untersuchung hat man zugleich darauf zu achten, ob der Untergrund a) in den in der Tiefe anstehenden Fels allmählich übergeht, oder ob er b) sich scharf von dem Fels abgrenzt.

a) Im ersten Fall ist der Fels das Muttergestein, aus dem der auflagernde Boden durch Verwitterung entstanden ist: Angestammter Boden, Verwitterungsboden. Wir werden in diesem Fall nicht allein die Art des Bodens, sondern auch die Art des Muttergesteins zu bestimmen haben, wobei uns die geologischen Karten gute Dienste leisten. Von besonderem Wert sind geologische Kantons- oder Bezirkskarten, weil auf diesen die im Gebiete vorkommenden Gesteins- oder Gebirgsarten noch spezieller zu ersehen sind. Die Benutzung der Karten hat zwar einige Vorkenntnisse in der Geologie zur Voraussetzung; für den einzelnen Landwirt wird die Sache aber dadurch sehr vereinfacht, daß er es auf seinem Territorium gewöhnlich nur mit einer einzigen oder mit einigen wenigen Gebirgsarten zu tun hat.

b) Im zweiten Fall, nämlich dann, wenn eine scharfe Grenze zwischen Boden und Fels vorhanden ist, hat der Boden hinsichtlich seiner Entstehung und Zusammensetzung nichts mit dem Grundgestein gemein, sondern er ist von anderswoher durch Ver-

mittlung des Wassers — Meeresbildungen, Süßwasserbildungen, Gletscherbildungen — auf seine jetzige Lagerstätte geschafft worden: Angeschwemmter Boden, Schwemmland- oder Schwemmboden*). Dieser Fall ist der gewöhnliche im schweizerischen Mittellande, d. h. auf dem Hochplateau, das sich zwischen Jura und Alpen vom Bodensee bis zum Genfersee erstreckt. Das Grundgestein ist hier fast überall Molasse, von der bald eine Sandsteinschicht, bald eine Mergelschicht zu oberst ansteht. Hier und da findet sich auch Nagelfluh. Zuweilen tritt die Molasse zutage, in der Regel aber ist sie von angeschwemmtem Boden (Ton, Lehm, Mergel, Sand, Kiesel usw.) überdeckt, so daß die Wurzeln der Kulturpflanzen nicht in der Molasse selbst, sondern in dem auf ihr lagernden Schwemmlandboden sich verbreiten (Abb. 4). — Im norddeutschen Flachlande ist ebenfalls der angeschwemmte Boden in großer Ausdehnung und Mächtigkeit vertreten. Wir finden daselbst an vielen Stellen in der Reihenfolge von oben nach unten die drei Schichten: Lehm, Mergel, Sand, die auch im Mittellande der Schweiz wiederkehren (Abb. 2 u. 4). Der Umstand, daß auch bei unregelmäßiger Gestaltung der Oberfläche zu oberst immer der Lehm getroffen wird, spricht dafür, daß der Lehm durch Verwitterung aus dem Mergel entstanden ist; Lehm und Mergel gehören also in ein und dieselbe geologische Formation. In den meisten Fällen sind dagegen die verschiedenartigen Schichten in verschiedenen Zeiten nacheinander aus dem Wasser abgesetzt worden.

Schichten. — Dieses Vorkommen von Schichten ist bei der Beurteilung der Lagerungsverhältnisse des Bodens ganz besonders ins Auge zu fassen. In der Regel sind die Schichten, die man leicht an ihrer verschiedenen Farbe und Körnung erkennt, bei dem Schwemmlandboden viel deutlicher als bei dem Verwitterungsboden, bei dem sie oft ganz fehlen.

Die Mächtigkeit der einzelnen Schichten wird in der Probe-grube gemessen, ebenso mit der Geologen-Busssole (Abb. 3) fest-

*) Die von Fallou eingeführten Ausdrücke: Grundschuttgelände und Flutschuttgelände werden in der Bodenkunde (oder sollen wir Geländekunde sagen?) am besten vermieden, weil es unglückliche Wortbildungen sind. Gelände ist soviel wie Boden, Schutt ist hier auch nichts anderes als Boden, folglich ist Grundschuttgelände = Grundbodenboden!! Das Wort „Grund“ darf zur Bezeichnung einer Bodenklasse ohnehin nicht benutzt werden, weil es in dem „Begriff „Grund und Boden“ bereits verbraucht ist.

gestellt, ob die Schichten horizontal oder ob, und wie stark, und nach welcher Richtung sie geneigt sind.

Außerdem wird natürlich die Bodenart der einzelnen Schichten bestimmt und zugleich untersucht, ob die Schichten durchlässig oder undurchlässig sind. Eine durchlässige Schicht setzt der Bewegung des Wassers einen geringen, eine undurchlässige Schicht setzt der Bewegung des Wassers einen bedeutenden Widerstand entgegen. Ein großer Gehalt an Steinen, Kies, Sand oder Humus kennzeichnet die durchlässigen, ein großer Gehalt an Ton kennzeichnet die undurchlässigen Bodenschichten. Auch das Grundgestein ist in der Regel undurchlässig. Doch kommen auch undurchlässige Kies- und Sandschichten vor; dies ist der Fall, wenn Kies oder Sand durch ein Bindemittel fest zusammengefügt worden sind, was besonders dadurch zu stande kommt, daß sich Kalk oder Eisen aus dem Bodenwasser niederschlägt. Andererseits ist der Fels, der unter dem Erdreich ansteht, nicht immer undurchlässig, weil er oft mit Spalten und Klüften durchsetzt ist, die dem Wasser den Abfluß gestatten.

Wasserführende Schichten. — Die Durchlässigkeit einer Schicht erkennt man am deutlichsten, wenn sie Wasser führt, was immer besonders bemerkt werden muß. Sind mehrere wasserführende Schichten, getrennt durch undurchlässige Schichten, übereinander vorhanden, so ist zu ermitteln, welche Schicht das meiste Wasser führt. In einer frisch geöffneten Probegrube läßt sich dies gewöhnlich leicht feststellen, doch muß man sich mit der Untersuchung beeilen, ehe sich die Grube mit Wasser füllt.

Grundwasser. — Quillt aus einer oder mehreren Schichten des Bodens Grundwasser hervor, so läßt man nach Einmessung und Untersuchung der Schichten das Wasser etwa einen Tag lang in der Probegrube sich sammeln und mißt dann den Abstand zwischen dem Wasserspiegel und der äußeren Oberfläche des Bodens*). Wenn es die Verhältnisse gestatten, wird man die

*) Dagegen ist es unzweckmäßig, die Wasserstandshöhe von der Sohle der Probegrube bis zum Wasserspiegel zu messen, weil die Sohle durch Hineinstürzen von Erde oder Hineintreiben von Schlamm sich oft unbemerkt erhöht. Kommt es, wie z. B. bei Wasserrechtsprozessen, auf größere Genauigkeit an, dann schlägt man einen Pfahl in die Probegrube, mißt aber nicht dicht an dem Pfahl hinab, weil das Wasser sich an dem Pfahl in die Höhe zieht, sondern man legt, und zwar jedesmal an ein und denselben

Messungen des Wasserstandes unter Rücksicht auf die Witterung öfter wiederholen. Dabei kann man folgende drei Fälle unterscheiden:

a) Nähert sich der Wasserspiegel bis auf wenige Zentimeter der Oberfläche, so ist der Boden übermäßig naß und sowohl auf Ackerland wie auf Wiesland der Entwässerung (Drainage) bedürftig.

b) Bleibt der Wasserspiegel 50—60 cm von der Oberfläche entfernt, so ist auf Ackerland auch noch die Entwässerung angezeigt. Auf Wiesland, das nicht zu trocken gelegt werden darf, wird bei diesem Stande des Grundwassers eine Entwässerung nur dann notwendig sein, wenn der Boden schwer ist und sonstige Kennzeichen der Nässe (Moos, Binsen, Niedgräser usw.) aufweist.

c) Hält sich endlich der Wasserspiegel, selbst bei feuchter Witterung und hohem Grundwasserstand, einen Meter von der Oberfläche entfernt, so ist weder auf Ackerland noch auf Wiesland eine Entwässerung erforderlich.

Hierzu bemerke ich noch, daß wir durch Beobachtung und Messung des Grundwasserstandes in Probegruben oder Bohrlöchern über die Durchlässigkeit unseres Bodens im großen sicherer ins Klare kommen als durch künstliche Experimente mit kleinen Erdproben. Liegt der Fall c vor, so ist die Durchlässigkeit erwiesen, oder es ist wenigstens erwiesen, daß wir von der Herstellung einer größeren Durchlässigkeit mittelst eingelegter Drainröhren Umgang nehmen können. In den Fällen a und b ist entweder die Durchlässigkeit zu gering oder das Gefäll des Grundwassers und der wasserführenden Schicht ist zu schwach, oder es steht in der näheren oder fernerer Umgebung dem Grundwasser ein mehr oder minder undurchlässiger Damm im Wege usw. Alles das kann und muß, nötigenfalls unter Mitbenutzung des Nivellierinstrumentes, durch Probegruben, Bohrlöcher oder anderweitige geologische Unter-

Stelle, die Messerklinge flach und fest auf den Kopf des Pfahles, läßt den an den Gelenken feststellbaren Maßstab langsam an der Messerschneide hinab und drückt ihn in dem Moment, wo das untere Ende des Maßstabes den Wasserspiegel berührt, mit der Kante an die Messerschneide. So kann man, wenn man dieselbe Messung zur Kontrolle zwei- oder dreimal wiederholt, die Höhe des Wasserspiegels bis auf 1 mm genau messen. Die Höhe verschiedener, getrennter Wasserspiegel läßt sich mit der Wassermenge oder mit dem Nivellierinstrument feststellen und vergleichen.

suchungen festgestellt werden, wenn auf kulturtechnischem Wege eine gründliche und richtige Abhülfe geschafft werden soll. Dagegen hat es sehr geringen oder gar keinen Wert für die Beurteilung der Wasserverhältnisse eines Grundstücks, mit entnommenen Bodenproben Versickerungs- oder Durchlässigkeitsversuche in gläsernen oder blechernen Gefäßen anzustellen, weil der eingefüllte Boden ganz anders gebaut und gefügt ist als der auf seiner natürlichen Lagerstätte befindliche, „gewachsene“ Boden, zumal da dieser in der Regel aus verschiedenen Schichten besteht, von denen einige durchlässig, andere dagegen undurchlässig sind.

Obergrund und Untergrund. — Die auf dem senkrechten Schnitt von oben nach unten folgenden Bodenmassen unterscheidet man nach ihrer Lage als Obergrund und Untergrund (Abb. 4). Beide Ausdrücke können im ganz allgemeinen Sinn genommen werden, so daß Obergrund einfach den oberen Teil, Untergrund den sich anschließenden unteren Teil des Bodenprofils bezeichnet. Bei dieser Auffassung, die für gewisse Fälle vorbehalten werden muß, läßt man die Grenze zwischen Obergrund und Untergrund ganz unbestimmt.

In der landwirtschaftlichen Praxis versteht man unter Obergrund meist nichts anderes als die Ackerkrume, die gewöhnlich infolge der Humusbeimengung dunkler gefärbt ist als der Untergrund. Nach dieser Auffassung ist die Grenze zwischen Obergrund und Untergrund eine bestimmte: der Untergrund fängt unmittelbar unter der Ackerkrume an, gleichviel, wie stark oder wie schwach die Ackerkrume sein mag. Hat ein Feld z. B. eine Ackerkrume von 12 cm Tiefe, so greift die Pflugschar mit dem 13. Centimeter schon in den Untergrund, und jeder Vorpflüger versteht seinen Meister, wenn dieser ihm sagt: Pflügt mir nicht den toten Untergrund herauf!

Dennoch decken die Begriffe Obergrund und Ackerkrume, wofür einige Oberkrume wollen, sich nicht immer. Gräbt man von einem Felde die Acker- oder Oberkrume ab und fährt sie fort, so hat das Feld keine Acker- oder Oberkrume, wohl aber hat es auch jetzt einen Obergrund, denn Obergrund ist eigentlich und genau genommen nichts anderes als der obere Teil des Grundes, des Bodens, des Grund und Bodens. Das Wort „Oberkrume“ ist ein Amphibium, das von dem Obergrund den Kopf und von der Ackerkrume den

Schwa
„Unter
temen
passen
Acker
jeden
land
zeichn
ein
Kru
frun
Bode
Erdb
fläch
Begr
tatie
oberr
meh
gebi
das
Pfla
den
gan
gan
erde
liche
und
und
poe
Mu
die
die
auf
spre
nah

Schwanz genommen hat; es setzt zu seiner Ergänzung das Wort „Unterkrume“ voraus; das gibt's aber nicht, und da Unterkrume keinen Sinn hat, so hat auch Oberkrume keinen Sinn. Dagegen passen Obergrund und Untergrund vortrefflich zusammen.

Die Ackerkrume, Krume, Bodenkrume. — Das Wort Ackerkrume ist so ungemein treffend und bezeichnend, daß man es jedenfalls beibehalten wird, obgleich es auf das Wiesland, Weideland und Waldland nicht wohl bezogen werden kann, denn es bezeichnet eigentlich die vom Pfluge gelockerte Schicht. Will man ein allgemein umfassendes Wort, so kann man kurzweg sagen: die Krume. Ich wüßte auch nicht, was sich gegen das Wort „Bodenkrume“ einwenden ließe. Dagegen ist das Wort Erdkrume in der Bodenkunde zu vermeiden, denn die Geologen verstehen unter der Erdkrume die ganze Masse des Grund und Bodens von der Oberfläche hinab bis zum Fels. Gänzlich zu verwerfen ist das Wort Vegetationskrume. Die Krume ist nicht ein Bestandteil der Vegetation; der Landwirt versteht unter Bodenkrume vielmehr die obere Schicht des Erdreichs.

Die Muttererde. — Das Wort Vegetationskrume ist um so mehr entbehrlich, weil die deutsche Sprache noch ein anderes Wort gebildet hat, das viel schöner und viel bezeichnender ist. Ich meine das Wort Muttererde. Mit diesem Wort halten auch die Wörter: Pflanzenerde, Gewächserde, Humusschicht, Kulturschicht entfernt nicht den Vergleich aus, und das Wort Dammerde ist in der Bodenkunde ganz zu streichen, weil es gar keinen Sinn oder wenigstens einen ganz anderen Sinn hat, als es hier haben soll. Anstatt „Muttererde“ „Mutterboden“ zu sagen, scheint mir aus sprachlichen und sachlichen Gründen nicht zweckmäßig zu sein.

Das Wort Muttererde ist rein landwirtschaftlich gemeint und wohl zu unterscheiden von dem griechischen Demeter, Gemeter und von dem deutschen Erdmutter und Mutter Erde, die mehr im poetischen und religiösen Sinne genommen werden wollen. Unter Muttererde verstehen wir die Schicht des Grund und Bodens, die die Pflanzen hervorbringt, und die zugleich in hervorragendem Maße die Eigenschaft besitzt, sie zu ernähren. B ziemlich genau dasselbe gilt auch von der Ackerkrume. Ackerkrume und Muttererde sind, sprachlich genommen, sehr verschiedene, technisch genommen, sehr nahe verwandte Begriffe, und beide Ausdrücke werden in der land-

wirtschaftlichen Praxis in der That oft als gleichbedeutend gebraucht. Wenn ich zur Regulierung des Wasserabflusses auf dem Hofe einige hundert Fuhren Erde vom Felde vor den Viehstall schaffen will, dann kommt es auf dasselbe hinaus, ob ich bei Beginn der Arbeit zu meinen Leuten sage: „Räumt die Muttererde ab!“ oder: „Fahrt mir nicht die Ackerkrume fort!“ denn jeder Landarbeiter versteht darunter, daß der fruchtbare Obergrund auf dem Felde bleiben muß.

Worauf beruht die Fruchtbarkeit der Ackerkrume? —

Die bevorzugte Fruchtbarkeit der Ackerkrume ergibt sich aus folgenden Erwägungen:

1. Die Ackerkrume steht mit der atmosphärischen Luft in unmittelbarer Berührung und Wechselwirkung. Sie ist dem Regen und dem Sonnenschein, dem Frost und der Hitze am stärksten ausgesetzt. Durch die Bedeckung wird der Zutritt und die Einwirkung der Atmosphärien noch unterstützt. Aus diesen Gründen ist die Verwitterung des Gesteins im Obergrunde weiter fortgeschritten als im Untergrund und der Obergrund infolgedessen reicher an aufnehmbaren mineralischen Pflanzennährstoffen.

2. Die Ackerkrume bereichert sich auf Kosten der Atmosphäre mit Pflanzennährstoffen, denn sie empfängt die Niederschläge mit all den Stoffen, die darin sind. Das Regenwasser enthält namentlich kohlen-saures, salpetrig-saures und salpeter-saures Ammoniak.

3. Die natürliche und künstliche Düngung kommt zunächst der Ackerkrume zugute. Dabei denken wir, abgesehen von den unter 2 angeführten Ammoniaksalzen, an die mineralischen, pflanzlichen und tierischen Substanzen, die dem Boden theils ohne, theils mit Zutun des Menschen einverleibt werden.

4. Die natürliche und künstliche Bearbeitung des Bodens kommt ebenfalls ausschließlich oder doch vorwiegend der Ackerkrume zu-statten. Die künstliche Bearbeitung geschieht mit den Ackergeräten. Die natürliche Bearbeitung wird bewirkt durch den Frost, durch die Pflanzenwurzeln und durch die Tiere, die im Boden leben. Insbesondere ist auf die Tätigkeit der Regenwürmer hinzuweisen, denen von manchen Seiten die Herstellung der ganzen Ackerkrume zugeschrieben wird.

5. Durch die merkwürdige Eigenschaft der Absorption hält die Ackerkrume die wertvollsten Pflanzennährstoffe in sich fest, so daß sie von dem versickernden Regenwasser nicht in den Untergrund

fortge
Rali
weisen
substa
und
freien
und
Grün
Scha
fehlen
grun
verw
senft
und
Wert
sich,
recht
oft g
des G
hänge
zur
Läng
Tiefe
ob m
unricht
die N
eine
von
so m
Messu
flüssig
Maß
ausdel

fortgewaschen werden können. Diese Stoffe sind: Phosphorsäure, Kali und Ammoniak.

6. Die Ackerkrume beherbergt eine Unzahl von kleinen Lebewesen, die teils für die Zersetzung der Mineral- und der Humussubstanzen, teils für die Überführung der Ammoniaksalze in Nitrite und Nitrate, teils endlich für die Bindung und Nuzbarmachung des freien Stickstoffs von der größten Bedeutung sind. (Vergl. S. 16 und 17.)

Wie mißt man die Ackerkrume? — Aus den angeführten Gründen besitzt die Muttererde der Ackerkrume einen wahren Schatz von wertvollen Eigenschaften, die dem Untergrund gänzlich fehlen oder doch in viel geringerem Grade zukommen.

Man sucht deshalb die Grenze zwischen Krume und Untergrund, die zuweilen ganz scharf, zuweilen aber auch undeutlich und verwaschen ist, so gut als möglich zu bestimmen, indem man sich den senkrechten Schnitt des Bodens in der Probegrube genau betrachtet und mit dem Messer die betreffende Linie bezeichnet.

Da die Tiefe der Krume auf die Fruchtbarkeit und auf den Wert des Bodens von hervorragendem Einfluß ist, so empfiehlt es sich, die Krume genau zu messen. Das Messen geschieht senkrecht, an Abhängen mit Benutzung des Senkbleis. Hiergegen wird oft gefehlt. Ich will es daher von neuem betonen. Die Halme des Getreides wachsen infolge der irdischen Schwerkraft auch an Abhängen senkrecht und der Rauminhalt der Krume, der ihren Wurzeln zur Verfügung steht, ergibt sich aus der Länge, Breite und Tiefe. Länge und Breite mißt man wagerecht, folglich muß man die Tiefe senkrecht messen. Denn es macht einen großen Unterschied, ob man die Tiefe der Krume in der Richtung des Senkbleis, oder unrichtig (!) rechtwinklig zur Neigung des Bodens mißt. Beträgt die Neigung beispielsweise 45° , dann ergibt sich bei richtiger Messung eine Tiefe der Krume von 30 cm, bei unrichtiger Messung eine Tiefe von rund 21 cm, also eine Differenz von 9 cm oder von 30%.

Wenn der Boden durch die Bearbeitung gelockert sein sollte, so muß man ihn fest zusammentreten, um eine einigermaßen richtige Messung der Krume zu erhalten. Es ist auch vielleicht nicht überflüssig, zu bemerken, daß die Krume im nassen Zustande ein größeres Maß ergibt, als im trockenen, weil der Boden in der Nässe sich ausdehnt, in der Dürre sich zusammenzieht, und zwar um so mehr,

je mehr Humus und Ton er enthält. Richtet man sich, wie gewöhnlich, bei der Messung der Krume nach der Farbe des Bodens, so kann man auch noch dadurch getäuscht werden, daß der feuchte Boden dunkler und scheinbar humushaltiger aussieht als der trockene. Bei gefrorenem Boden kann man die Krume nicht richtig messen, weil das kristallisierende Eis sich ausdehnt und die Poren des Bodens auftreibt.

Beziehung zwischen Ackerkrume und Bodentwert. — Um näher darzutun, wie wichtig es ist, die Tiefe der Krume bei der Bonitierung und Taxation eines Grundstücks genau und richtig zu messen, mögen folgende Worte Albrecht Thaers hier Platz finden. „In welchem Verhältnisse vermehrt oder vermindert die größere oder geringere Tiefe des Bodens seinen Wert? Wir nehmen eine 6zöllige Tiefe an. Mit jedem Zoll größerer Tiefe vermehrt sich sein Wert, wie wir sicher annehmen können, um 8%, bis zu der Tiefe von 12 Zoll, so daß ein 12zölliger Boden beinahe um die Hälfte mehr wert ist als ein 6zölliger. Bei noch größerer Tiefe, die durch den Pflug nicht erreichbar ist, steigt der Wert zwar nicht mehr in derselben Progression, aber doch wohl immer noch um 5%, da auch die unter der Sohle der Pflugfurche liegende Erde nicht ganz ohne Nutzen ist. Dagegen fällt sein Wert mit jeder Verminderung seiner Tiefe in eben dem Verhältnisse.“ Danach berechnet A. Thaer folgende Verhältniszahlen, bei denen der Wert des Bodens mit einer 6zölligen Ackerkrume zu 50 angenommen worden ist.

Tiefe der Ackerkrume	Relativer Wert des Bodens
3 Zoll	38
4 „	42
5 „	46
6 „	50
7 „	54
8 „	58
9 „	62
10 „	66
11 „	70
12 „	74

Überblick über die Tiefe der Ackerkrume. — Wie zu Thaers Zeiten, so können wir auch heutzutage die mittlere Tiefe

der Ackerkrume bei den gewöhnlichen Böden zu 6 Zoll oder 15 bis 16 cm annehmen. Doch finden wir eine Mächtigkeit der Krume von 30 cm jetzt häufiger als vor 100 Jahren, weil die Landwirtschaft, insbesondere wegen der Einführung und Ausdehnung des Zuckerrübenbaues, von der Flachkultur mehr und mehr zur Tiefkultur übergegangen ist. Auf den stark gedüngten und nur von Zeit zu Zeit oder gar nicht geackerten Wiesen (Matten) des schweizerischen Mittellandes ist (auch ohne Zuckerrübenbau) auf gemeinem Lehmboden eine Krume von 30 und selbst 40 cm Tiefe keine Seltenheit.

Nachstehende Zahlen können einen raschen Überblick über die in Rede stehenden Verhältnisse gewähren:

Bei 10–12 cm Tiefe nennt man die Krume flach,

" 13-20 " " " " " mitteltief,

„ 21—30 „ „ „ „ „ „ tief,

„ über 30 „ „ „ „ „ „ sehr tief.

Der Untergrund. — Im Gegensatz zu der milden, lockeren und fruchtbaren Erde der Ackerkrume bezeichnet man die Erde des Untergrundes als roh, wild und tot. Der Untergrund ist, an die Oberfläche gebracht, in der Regel gänzlich unfruchtbar oder doch auffallend weniger fruchtbar als die Krume, und er wird erst im Verlauf längerer Zeit geschickt, Pflanzen zu ernähren. Am deutlichsten sieht man dies, wenn (was freilich niemals vorkommen sollte, aber gelegentlich doch vorkommt) die ganze Muttererde abgegraben und weggefahren wird; an solchen Stellen zeigt sich im Pflanzenbestande trotz stärkerer Düngung nach 10 Jahren noch ein Schandfleck. Die Erklärung hierfür ist S. 76 schon gegeben worden. Namentlich scheint es dem Untergrund an den für das Pflanzenwachstum notwendigen, schon S. 16 und 17 erwähnten kleinen Lebewesen zu fehlen. Für diese Annahme spricht die Tatsache, daß der Gehalt des Bodens an Bakterien unter der Ackerkrume plötzlich abnimmt. Aber auch die übrigen, S. 76 unter 1—6 angeführten Tatsachen kommen in Betracht, wenn es sich darum handelt, den Unterschied in der Fruchtbarkeit zwischen Obergrund und Untergrund zu erklären.

Zur weiteren Beleuchtung der Untergrundsverhältnisse können folgende Erfahrungen aus der landwirtschaftlichen Praxis dienen. Es ist ziemlich allgemein angenommener Grundsatz, die so sehr erwünschte Vertiefung der Ackerfrume nicht mit einem Ruck, sondern nach und nach, Centimeter für Centimeter, in dem Maße

vorzunehmen, wie der Vorrat an Stallmist oder Gründünger sich vermehrt. Es gilt ferner als Regel, den aus dem Untergrunde heraufgeholtten Mergel nicht sofort unterzuackern, sondern längere Zeit, nach der Vorschrift erfahrener Landwirte einen Winter und einen Sommer, in kleinen Haufen liegen zu lassen, um ihn der Einwirkung des Frostes, der Sonne, des Regens und der Luft auszusetzen. Es ist ferner ratsam oder geradezu unerlässlich, den aus dem Torfbruch geholten, zur Melioration sandigen oder tonigen Landes bestimmten Moorboden, mit Kalk durchschichtet, eine Zeitlang in Haufen stehen zu lassen, damit er sich zersetzt, ehe er ausgebreitet und untergepflügt wird usw.

Aus diesen und anderen Erfahrungen ist zu entnehmen, daß dem „Rohboden“ des Untergrundes gewisse Mängel anhaften, von denen die Ackerkrume frei ist, oder daß ihm gewisse Eigenschaften oder Bestandteile fehlen, mit denen die Ackerkrume ausgerüstet ist, daß er aber bei angemessener Behandlung und Verwendung sehr wohl in „Kulturboden“ umgewandelt, unter gewissen Umständen sogar dazu benutzt werden kann, die Ackerkrume in physikalischer und chemischer Beziehung zu verbessern.

Hierauf kommt es bei der Beurteilung des Untergrundes an. Wir haben uns also die Frage vorzulegen, ob das im Untergrund aufgespeicherte Material zur Vertiefung und Verbesserung der Ackerkrume herangezogen werden kann oder nicht. Bei felsigem, steinigem und kiesigem Untergrund wird dies in der Regel ausgeschlossen, bei erdigem Untergrund wird es in der Regel möglich sein. Selbst unfruchtbarer Sand kann zur Melioration benutzt werden, wie die Rimpauschen Moorkulturen beweisen. Sehr wertvoll ist der Mergel. Am wenigsten dankbar ist der zähe Ton. Im übrigen liegen die Verhältnisse günstiger, wenn die Grundmelioration durch Tiefpflügen (Rajolpflügen, Doppelpflügen, Spatpflügen) an Ort und Stelle ausgeführt werden kann, als wenn sie einen Transport des ausgegrabenen Materials von einer Stelle zur andern erfordert.

Es ist daher durchaus nicht gleichgültig, aus was für Material der Untergrund besteht. Wir haben vielmehr bei einem mächtigen und wertvollen Untergrund zwei Landgüter übereinander, denn wir können aus dem unteren holen, was dem oberen fehlt.

Für den Haushalt der Pflanzen läßt sich derselbe Gesichtspunkt geltend machen. Es steht fest, daß alle Kulturgewächse die Hauptmasse ihrer feinen Saugwurzeln im Obergrunde entwickeln, und daß sie demzufolge auch die Hauptmasse ihrer Nahrung aus dem Obergrunde beziehen. Es steht andererseits aber ebenfalls fest, daß nicht bloß die sog. Tiefwurzler, sondern auch die sog. Flachwurzler einen Teil der Wurzeln bis zu bedeutender Tiefe (bis auf 1, 2 und mehr Meter) in den Untergrund hinabsenden, sofern der Untergrund nicht unüberwindliche Hindernisse in den Weg stellt.

Was holen die Pflanzen mit diesen tiefgehenden Wurzeln aus dem Untergrund? Wir können, ohne uns in weitläufige Auseinandersetzungen einzulassen, einfach antworten, sie holen das aus dem Untergrund, was sie im Obergrund gar nicht oder doch nicht in ausreichender Menge finden, mag dies nun eigentlicher Nahrungsstoff sein oder Wasser. *)

Es liegt auf der Hand, daß die Ernährung und Wasserversorgung der Pflanzen um so mehr gesichert ist, je länger und zahlreicher ihre senkrechten und je länger und zahlreicher ihre wagerechten Wurzeln sind, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß

*) Da der Obergrund in den allermeisten Fällen reicher an Pflanzennährstoffen ist als der Untergrund, so scheinen die tiefgehenden Wurzeln hauptsächlich den Zweck zu haben, Wasser aus dem Untergrund zu schöpfen. Unter den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen hat die längsten Wurzeln die Luzerne. Diese Pflanze ist bekanntlich ein ausgezeichnete Stickstoffsammler. Folglich kann die alte Theorie, daß die tiefgehenden Wurzeln die vom Boden nicht absorbierbare Salpetersäure aus dem Untergrunde heraufholen, für die Luzerne heutzutage nicht mehr aufrecht erhalten werden. Die Luzerne und die übrigen verwandten Tiefwurzler bedürfen als Stickstoffsammler die Salpetersäure des Untergrundes am wenigsten. Dagegen läßt sich jener Theorie die andere gegenüberstellen, daß die Luzerne ihre langen Wurzeln der natürlichen Zuchtwahl und der Anpassung an den trockenen Standort verdankt. Die Luzerne stammt, wie schon ihr botanischer Name besagt, aus Medien, das heißt aus einem heißen und trockenen Klima, wo die tiefgehenden Wurzeln für die Wasserversorgung der Pflanzen die allergrößte Bedeutung haben. Wenn der Boden bis zu einer Tiefe von beispielsweise 1 m so stark austrocknet, daß die Wurzeln ihm kein Wasser mehr zu entziehen vermögen, so müssen alle Pflanzen, die nur 1 m lange Wurzeln haben, vertrocknen und absterben, und nur die Pflanzen, deren Wurzeln tiefer gehen, können

ein tiefer Untergrund vor einem feichten für die Entwicklung der Pflanzen einen ebenso großen Vorzug hat wie eine tiefe Ackerfrume vor einer flachen.

Den besten Untergrund, den ich jemals zu sehen bekommen, habe ich in der Umgebung von Zürich beim Ausgraben der Kellererde für einen Neubau gefunden. Hier habe ich eine anscheinend ganz gleichartige humushaltige Lehmschicht von 1,20, stellenweise sogar von 1,80 m gemessen, und erst nachdem ich das Bodenprofil in größerer Ausdehnung bloßgelegt sah, konnte ich die mir von früher bekannte staunenerregende Produktionskraft des betreffenden Grundstücks begreifen. Hier bestand nicht bloß der Obergrund, sondern auch der Untergrund aus Muttererde, deren Anhäufung im vorliegenden Fall entweder durch künstliche Auffüllung oder durch die Tätigkeit der Regenwürmer oder durch die Zusammenwirkung beider Vorgänge zu stande gekommen war.

In anderen Fällen sind ähnliche Bodenbildungen unzweifelhaft ein Erzeugnis der Natur. Wir finden sie in der Umgebung der Meere, Seen und Flüsse, wo durch die von Zeit zu Zeit wiederkehrenden Überschwemmungen eine Humusschicht nach der andern unter dem abgesetzten Schlamm begraben wird, so daß im Laufe der Jahrhunderte mächtige Ablagerungen eines humusreichen, gewöhnlich sehr fruchtbaren, sozusagen unerschöpflichen Bodens entstehen: Schwarzerde, Marschboden, Aueboden. Weniger günstig, aber auch nicht zu verachten sind die Bodenbildungen, die etwas unbestimmt als Torf-, Bruch-, Moor-, Moos-, Ried- oder Wiesland bezeichnet, ebenfalls in großer Ausdehnung, Verbreitung

sich erhalten und zur Fortpflanzung gelangen. So kann die natürliche Zuchtwahl die langen Wurzeln der Luzerne und auch der übrigen Pflanzen zu stande gebracht und die tiefgehenden Wurzeln können demnach den Zweck haben, die Pflanzen zu befähigen, die Zeiten anhaltender Dürre zu überstehen.

Dabei ist an die Untersuchungen von Schulz-Lupitz zu erinnern, bei denen sich ergeben hat, daß die Flachwurzler in der Folge nach tiefwurzeln den Stickstoffsammlern, namentlich in trockenen Jahren, höhere Erträge liefern, weil sie, die Wege der Vorgänger benutzend, mit ihren Wurzeln tiefer in den Untergrund hineindringen und in Zeiten der Dürre ihren Bedarf an Wasser besser zu decken vermögen.

und Mächtigkeit vorkommen. Die bestimmtere Unterscheidung, Beschreibung und Einteilung der Bodenarten folgt weiter unten.

Hier handelt es sich nur darum, mit einigen Beispielen die Anforderung zu motivieren, daß die Untersuchung des Bodens nicht auf den Obergrund beschränkt, sondern auch auf den Untergrund ausgedehnt werden muß. Zum mindesten bis auf 1 m Tiefe sollte jeder Landwirt das Bodenprofil seiner sämtlichen Grundstücke kennen; wer es durchführen kann, sein ganzes Areal oder wenigstens alle interessanten Stellen bis auf 2 und 3 m abzubohren, wird manchen wichtigen Aufschluß erhalten und manchen unerwarteten Schatz entdecken.

II. Das Gefüge oder die Struktur des Bodens.

Bei der Beurteilung der Lagerungsverhältnisse haben wir im besonderen auch das Gefüge oder die Struktur des Bodens ins Auge zu fassen, worunter wir die Art und Weise verstehen, wie die einzelnen Bodenbestandteile an- und aufeinander gelagert und zu körperlichen Massen vereinigt sind. Wir betrachten das Gefüge oder die Struktur nach den drei verschiedenen Beziehungen, die sich aus der Natur der Sache von selbst ergeben, nämlich in Beziehung auf die Körnigkeit, Lückigkeit und Bündigkeit.

1. Die Körnigkeit des Bodens.

Je nach der Größe und Gestalt der sichtbaren festen Bodenbestandteile und je nach dem Vorwalten des gröberen oder feineren Materials bezeichnen wir die Struktur des Bodens als a) grusartig, b) kiesartig, c) grandartig, d) grobkörnig, e) feinkörnig, f) staubförmig, g) mollig. Anderweitige, die Struktur betreffende Ausdrücke sind: h) steinig und steinfrei, i) gleichkörnig und ungleichkörnig, k) faserig.

a) **Grusartig** nennen wir die Struktur, wenn der Boden ausschließlich oder überwiegend aus unregelmäßig-eckigen Gesteinstrümmern besteht, deren Größe beträchtlich (über 2 mm), übrigens aber so verschieden ist wie ihre Form. Diese Art der Struktur finden wir nur bei dem Verwitterungsboden, also namentlich im eigentlichen Gebirgslande. Im Flachlande, wo es keine Felsen,

also auch keinen Verwitterungsboden gibt, können uns die zerflopfen Steine, die zur Beschotterung der Kunststraßen dienen, die grusartige Struktur veranschaulichen. Noch besser werden wir uns die grusartige Struktur zum Bewußtsein bringen, wenn wir einen morschen Stein eigenhändig mit dem Hammer zertrümmern und die Bruchstücke nicht nur genau besichtigen, sondern auch in die Hand nehmen und befühlen.

b) **Riesartig** ist die Struktur, wenn der Boden größtenteils aus kleinen abgerundeten Steinen oder Geröllen besteht, die die Größe der Walnüsse, Haselnüsse, Erbsen und Wicken haben. Die Korngröße beträgt demnach 30—2 mm; doch lassen diese Maßzahlen namentlich nach oben einen weiteren Spielraum. Die kiesartige Struktur kommt nur im Schwemmlande vor, wo die Kiesablagerungen, oft in einer Mächtigkeit von drei und mehr Metern anstehend, teils als Flußbildungen, teils als Gletscherbildungen, seltener im Ober- als im Untergrunde vertreten sind.

c) **Grandartig** wird die Struktur genannt, wenn der Boden überwiegend aus 2—1 mm großen Körnern besteht, die also die Größe der Raps- und Senfkörner haben. Sind die Grandkörner, wie es zuweilen vorkommt, scharffantig, dann haben wir es mit einem Verwitterungsprodukt (z. B. mit Granitgrand), sind sie, wie es gewöhnlich der Fall, glatt und abgerundet, dann haben wir es mit einer Schwemmlandsbildung (mit gemeinem Grand) zu tun. Im norddeutschen Flachlande finden wir den Grandboden in größerer Ausdehnung, und von dorthier habe ich den Begriff Grand. Den Grand als Perlstrand zu bezeichnen, halte ich schon aus dem Grunde für verfehlt, weil die Perlen als Kunstzeugnis eine ganz unbestimmte Größe haben; es gibt Perlen, die so groß sind wie Erbsen und Haselnüsse. Überdies ist das Wort Grand kürzer und aus der Sprache des praktischen Lebens genommen.

d) **Grobkörnig** ist die Struktur, wenn der Boden überwiegend aus 1—1½ mm großen, meist abgerundeten Körnern besteht, die in der Größe mit den Körnern von Mohn, Weißklee und Timothee übereinkommen. Diese Art der Struktur finden wir gewöhnlich im Schwemmlande; sie kann aber auch bei der Verwitterung eines grobkörnigen Sandsteins zustande kommen.

e) **Feinkörnig** heißt die Struktur, wenn der Boden überwiegend aus Körnern besteht, deren Größe ½—⅓ mm beträgt, wie

bei dem Samen des Kleeteufels, *Orobanche minor*. Bei dieser Größe lassen sich die Körner mit bloßem Auge noch deutlich als Körner erkennen. Die Körner sind meist glatt und abgerundet (Quarzsand, Kalksand), zuweilen aber auch zum Teil blättrig (Glimmersand), gewöhnlich dem Schwemmlandsboden, seltener dem Verwitterungsboden angehörend.

f) **Staubförmig** erscheint die Struktur, wenn der Boden überwiegend aus Körnchen besteht, deren Größe $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{50}$ mm beträgt. Bei dieser geringen Größe der Bodenbestandteile läßt uns das Auge mehr und mehr im Stich; Körnchen von $\frac{2}{50}$ — $\frac{1}{50}$ mm können wir nicht mehr mit dem bloßen Auge, wohl aber noch mit dem Gefühl oder Tastsinn unterscheiden. Der Boden fühlt sich immer noch rau an. Die staubförmige Struktur zeigen uns gewisse Sandablagerungen, z. B. der Flugsand, der Tertiärsand der Braunkohlenformation und der lehmige Sand des norddeutschen Schwemmlandes. Auch der angewehrte Lößboden hat eine staubförmige Struktur.

g) **Mollig** nennen wir die Struktur, wenn der Boden so fein zerteilt ist, daß die Körnchen sich weder mit dem bloßen Auge noch mit dem Gefühl unterscheiden lassen. Zwischen den Fingern gerieben, fühlt sich derartiger Boden so weich oder so sanft an wie Mehl oder Sammet. Aus diesem Grunde scheint mir der Ausdruck mollig bezeichnend zu sein.

Wollen wir uns durch sinnliche Wahrnehmung überzeugen, daß trotzdem Körnchen vorhanden sind, so machen wir folgenden einfachen Versuch. Wir werfen einen kleinen Tonbrocken in ein Glas Wasser und rühren einige Zeit kräftig um, bis sich das Wasser getrübt hat. So lassen wir das Glas etwa $\frac{1}{4}$ Stunde lang ruhig stehen, damit die Tonbröckchen und Sandkörnchen sich absetzen. Dann nehmen wir mit einem reinen Glas- oder Holzstab aus dem oberen Teil des nur noch schwach getrübten Wassers einen Tropfen auf eine Glascheibe (auf ein Stück Fensterglas oder auf den Objektträger eines Mikroskops). Nachdem der Tropfen, der nur die abschlämmbaren Tonteilchen enthält, eingetrocknet ist, können wir sowohl bei auffallendem als bei durchgehendem Lichte mit einer guten Lupe die Körnchen sehen. Sie sind allerdings so klein, daß wir sie nur bei günstiger Beleuchtung und bei recht aufmerksamer Betrachtung als Körnchen zu unterscheiden vermögen.

Steht uns ein Mikroskop zur Verfügung, dann können wir die

Körnchen deutlicher erkennen und mit einem Mikromillimeter-Maßstab auch auf ihre Größe messen. Beim Töpferton überschreitet die Mehrzahl der Körnchen die Größe von $\frac{1}{100}$ mm nicht, während die kleinsten der bei 600facher Vergrößerung noch deutlich erkennbaren Körnchen die winzige Größe von $\frac{1}{1000}$ mm zeigen.

Die mollige Struktur finden wir sowohl bei Schlemmlands- wie bei Verwitterungsböden. Beispiele liefern uns außer den Ton- und Tonmergelböden auch gewisse Kalk- und Humusböden; mit einem Wort die Mollböden.

h) **Steinig und steinfrei.** — Besteht der Boden größtenteils, d. h. hier genauer zu 80% und darüber, aus steinigem Material, dann könnten wir ihn zwar steinig nennen, wir werden dann aber lieber die unter a) und b) erklärten Ausdrücke grusartig und kiesartig gebrauchen, weil diese Ausdrücke bestimmter und prägnanter sind. Ein Boden, der mehr als 80% Steine enthält, ist mehr als ein steiniger Boden, er ist ein „Steinboden“.

Steinig nennen wir die Struktur also dann, wenn Steine in der Bodenmasse sich bemerklich machen, wenn sie aber nicht den Hauptbestand des Bodens bilden, oder doch weniger als 80% des Gesamtbodens betragen. Das ist z. B. im Diluviallehm und im Diluvialmergel gewöhnlich der Fall. Auch der Diluvialsand (Diluvialmischsand) ist gewöhnlich steinig. Ferner haben viele Verwitterungsböden eine steinige Struktur; ein Gesteinsgrus, der heute eine grusartige Struktur aufweist, kann infolge der Verwitterung nach zehn oder zwanzig Jahren eine steinige Struktur angenommen haben. Bei der kiesartigen Struktur kommt ein ähnlicher Übergang in die steinige Struktur ebenfalls vor, aber weniger infolge der Verwitterung als infolge der Auf- und Einschlammung von Feinerde. Wird z. B. eine Riesablagerung von Ton überdeckt, so haben wir unten (in dem Ries) eine kiesartige Struktur, oben (in dem Ton) eine mollige Struktur und in der Mitte (in dem Gemenge von Ries und Ton) eine steinige Struktur. Dieses Beispiel zeigt zugleich, daß die Struktur auf dem senkrechten Schnitt des Bodens schichtenweise eine ganz verschiedene sein kann.

Steinfrei werden wir demgegenüber die Struktur eines Bodens oder einer Bodenschicht dann nennen, wenn die Steine gänzlich fehlen oder doch nur ganz vereinzelt, als zufällige oder ungewöhnliche Beimengungen, vorkommen. Der Ton, der Löß, der Torf sind ge-

wöhnlich steinfrei. Ebenso der Tertiärsand, der Dünen sand und der Flug sand.

Da die Steine das Gefüge des Bodens wesentlich beeinflussen, so haben wir in jedem Fall auf ihr Vorkommen und ihre Verteilung genau zu achten. Näheres hierüber folgt weiter unten.

i) **Gleichförmig und ungleichförmig.** — Genau genommen, ist die Struktur bei allen in der Natur vorkommenden Bodenbildungen ungleichförmig. Mir ist wenigstens keine Bodenbildung bekannt, in der die Körner sämtlich gleiche Größe zeigen. Soll also der Begriff gleichförmig in der Bodenkunde einen Sinn haben, so dürfen wir ihn nicht wörtlich nehmen.

Gleichförmig können wir die Struktur bei den Bodenarten oder Bodenschichten nennen, in denen die Körner annähernd gleiche Größe haben.

Der Löß hat z. B. eine gleichförmige Struktur, weil er in der Hauptsache aus Sandkörnern besteht, die der Mehrzahl nach die Korngröße von $\frac{1}{50}$ — $\frac{2}{50}$ mm aufweisen, während die Steine und auch die gröberen Sandkörner gänzlich fehlen oder doch so sehr zurücktreten, daß sie sich nicht bemerklich machen. Die Tonteilchen, die der Löß enthält, sind allerdings viel feiner, aber durch sie wird der Charakter der Gleichförmigkeit nicht gestört. — Aus ähnlichen Gründen hat der Ton ebenfalls eine gleichförmige Struktur, denn im Ton sind nur mikroskopisch feine Bestandteile vertreten. Auch grobkörnigere Bodenarten, wie Kies, grober und feiner Sand, können eine gleichförmige Struktur haben, wenn die Körner in der Größe nicht sehr differieren.

Ungleichförmig können wir dagegen die Struktur dann nennen, wenn die Bestandteile des Bodens in der Korngröße auffallend voneinander abweichen.

Ungleichförmig ist das Gefüge namentlich bei dem gemeinen Lehm Boden, der ein Gemenge darstellt von mikroskopisch feinem Ton, grob- und feinkörnigem Sand und außerdem oft auch noch von großen Geröllen oder Geschieben, die die Struktur obendrein noch steinig machen. Ungleichförmig ist ferner die Struktur bei dem lehmigen und mergeligen Grus- und bei dem lehmigen und mergeligen Kiesboden; doch wird die Struktur bei diesen Bodenarten offenbar besser durch die eben gebrauchten Benennungen charakterisiert als durch das Wort ungleichförmig.

Überhaupt werden wir gut tun, die Ausdrücke gleichförmig und ungleichförmig möglichst zu vermeiden und ihre Anwendung auf die Fälle zu beschränken, in denen etwas besonderes gesagt und betont werden soll. Wenn wir z. B. den Gegensatz von Löß und Lehm hervorheben wollen, so können wir sagen, der Löß ist gleichförmig, der Lehm ungleichförmig, dürfen dabei aber nicht übersehen, daß auch der Löß in Wirklichkeit ungleichförmig ist.

k) **Faserig** ist eine besondere, bei gewissen Bodenbildungen vorkommende Art der Struktur, die wir hier der Vollständigkeit wegen schließlich noch berühren. Wir finden sie namentlich bei den oberen Schichten des Mooshumus und des Riedhumus, in denen die Fasern der abgestorbenen Moos- und Riedpflanzen noch nicht in Erde, Moder oder Torf übergegangen, sondern noch kenntlich vorhanden sind. Vorübergehend kann auch der strohige Stallmist und der Gründünger die Struktur des Bodens faserig machen. Von diesen Ausnahmen abgesehen, ist die Struktur des Bodens immer förmig. —

Wollen wir das Gefüge oder die Struktur des Bodens im allgemeinen verstehen und begreifen lernen, so müssen wir uns vor allen Dingen im besonderen mit der Körnigkeit des Bodens vertraut zu machen suchen. Ein unentbehrliches Hilfsmittel hierbei ist ein Siebsatz mit gebohrten Löchern von 2, 1, $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{5}$ mm Maschenweite. Ein anderweitiges praktisches Hilfsmittel besteht in der Anlegung einer Bodensammlung, die die unter a) bis g) aufgeführten Strukturen umfaßt. Bei dem Wechsel der Bodenarten im Ober- und Untergrunde läßt sich eine solche Sammlung oft im Umkreis einer Stunde zusammenbringen. Wenn aber auch die eine oder die andere Nummer der Struktur fehlt, so hat dies nicht viel zu sagen. Die Hauptsache ist, daß die Anlegung der Sammlung uns Gelegenheit bietet zur fleißigen Übung des Auges mit und ohne Lupe und ebenso zur feineren Ausbildung des Gefühls- oder Tastsinns. Der Siebsatz dient dabei zur Kontrollierung unserer Bestimmungen. Eine Sammlung von Bodenarten besticht allerdings nicht nur die Pracht und den Glanz der Farben; aber wer wollte in Abrede stellen, daß sie mehr Vergnügen und Nutzen gewährt, als eine Sammlung von Edelsteinen!

Haben wir uns auf diese Weise vorbereitet, dann wird es uns auch gelingen, in den Bodenarten mit verwickelter Struktur das

Verhältniß zwischen dem gröberen und feineren Material genauer zu schätzen, ohne zu der zeitraubenden Schlämmanalyse des Bodens, auf die wir weiter unten zurückkommen, unsere Zuflucht zu nehmen.

Hier will ich die Aufmerksamkeit noch auf eine Zerlegung des Bodens hinlenken, die trotz ihrer Einfachheit selbst in schwierigen Fällen einen ausgezeichneten Überblick über die Bodenbestandteile und ihre Korngröße gewährt. Man verreibt auf einer Glasscheibe eine kleine Bodenprobe (ein Brocken von der Größe einer Erbse genügt) mit einem Borstenpinsel und Wasser möglichst fein und läßt das Wasser verdunsten. Schon bei dem Verreiben wird man spüren, ob der Boden ausschließlich aus feinen, oder ob er zum Teil aus gröberen Körnern besteht, und wenn man nachher die Scheibe mit der Lupe betrachtet, so hat man die verschiedenen Korngrößen übersichtlich vor Augen. Macht man dasselbe Experiment auf dem Objektträger eines Mikroskopes, dann kann man die verschiedenen Korngrößen auch messen. Man führe den Versuch vergleichend aus mit je einer Probe von Ton, Löß und Lehm, und man wird überzeugt sein von der Zweckmäßigkeit dieser einfachsten aller Schlämmoperationen.

2. Die Lückigkeit des Bodens.

Aus der Körnigkeit folgt unmittelbar die Lückigkeit des Bodens. Legen wir eine Anzahl Bruchsteine mit unregelmäßiger Form oder eine Anzahl Feldsteine mit abgerundeter Form auf einen Haufen, so berühren sich die Steine nicht allseitig und überall, sondern nur an gewissen Punkten, und es bleiben Lücken oder Hohlräume zwischen den Steinen. Denken wir uns die Steine kleiner und kleiner werdend, wie Kies, Grand, Sand, so werden auch die Lücken kleiner und kleiner, aber die Lücken verschwinden nicht, selbst dann nicht, wenn die Steine oder Gesteinsfragmente so klein werden, daß wir sie nur mit dem Mikroskop als Körner oder Einzelkörper zu unterscheiden vermögen.

Aus dieser einfachen Betrachtung ergibt sich, daß jeder Boden, auch der feinste und scheinbar dichte, Lücken oder Hohlräume enthält, die in der freien Natur selbstverständlich nicht leer, sondern mit Luft, oder mit Wasser, oder mit Wasser und Luft gefüllt sind.

Es ergibt sich weiter, daß die Zahl, Größe und Form der

Lücken sich nach der Zahl, Größe und Form der Bodenbestandteile richten muß. Je grobkörniger der Boden ist, desto größer und weniger zahlreich sind seine Hohlräume, je feinkörniger er ist, desto kleiner und zahlreicher sind sie. Die Form der Hohlräume ist im allgemeinen unregelmäßig.

Großlückig wird daher die Struktur sein bei den Grus-, Kies-, Grand- und grobkörnigen Sandböden, und zwar um so ausgesprochenener, je reiner sie sind, d. h. je weniger Mollgestein dem Durgestein beigemischt ist.

Feinlückig wird dagegen die Struktur sein bei den feinkörnigen und staubförmigen Böden: Tertiärsand, Löß usw.

Dicht (d. h. scheinbar dicht) wird die Struktur sein bei den molligen Ton- und Tonmergelböden. Quellen die Tonteilchen vom Wasser auf, so wird das Gefüge des Bodens um so dichter.

Ungleichlückig wird die Struktur sein bei dem ungleichkörnigen Lehm Boden.

Kurz, wenn wir die Körnigkeit des Bodens kennen, so wissen wir auch, wie sich die Lückigkeit des Bodens im allgemeinen gestalten wird.

Kapillare Poren und nicht kapillare Hohlräume. — In bezug auf die Größe der Lücken hat man im besonderen zu unterscheiden:

- a) kapillare Poren,
- b) nicht kapillare Hohlräume.

a) Unter kapillaren Poren versteht man die ganz kleinen, mit bloßem Auge und auch mit der Lupe nicht sichtbaren Hohlräume des Bodens, in denen das Wasser, ähnlich wie in den Poren eines Schwammes, durch Adhäsion hängen bleibt, und in denen es, wenn sie in Verbindung stehen, durch Kapillarität von unten nach oben aufsteigt, ähnlich wie der Kaffee in einem Stück Zucker oder wie das Öl in einem Lampendocht.

b) Die nicht kapillaren Hohlräume sind die größeren Lücken des Bodens, in denen das Wasser, dem Zuge der Schwerkraft folgend, hindurchläuft oder hindurchfällt. Eine scharfe Grenze zwischen den kapillaren und den nicht kapillaren Hohlräumen besteht jedoch nicht; auch in den größeren Hohlräumen wird eine geringe Wassermenge durch Flächenanziehung an der Oberfläche der Bodenteilchen zurückgehalten.

Kapillarität. — Im Laboratorium pflegt man die Kapillarität mit feinen Glasröhren und einer gefärbten Flüssigkeit zu demonstrieren. Es läßt sich leicht zeigen, daß die Flüssigkeit um so höher steigt, je enger die Röhren sind, und ferner auch, daß engere Kapillarröhren den weiteren die Flüssigkeit zu entziehen vermögen, aber nicht umgekehrt. Dieselben Vorgänge finden im Boden statt. Im Ton- und Humusboden steigt das Wasser durch Kapillarität höher als im Sandboden; im reinen Kies, dem die kapillaren Poren fehlen, kann von einem kapillaren Aufsteigen gar keine Rede sein. Walzen wir den Boden, so wird die obere, dichtere, mit engeren Kapillaren versehene Schicht den unteren Schichten das Wasser entziehen; lockern wir dagegen den Boden oberflächlich, so wird die gelockerte Schicht die unteren gegen das Austrocknen schützen, weil der Kapillaritätsstrom unterbrochen ist usw.

Die kapillare Hubhöhe ist im Torf- und Moorboden weitaus am größten, sie erreicht hier 5—6 m. Im Tonboden beträgt sie nur 1,00—1,25 m, im Lehmboden 0,45—0,60 m, im Sandboden 0,25 bis 0,30 m. Immerhin kann den Pflanzenwurzeln in Böden mit engen Hohlräumen durch Kapillarität eine gewisse Menge Wasser aus dem Untergrunde zugeführt werden.

Sättigung und Übersättigung des Bodens. — Wichtiger ist es jedenfalls, wie sich der Boden gegen den Regen verhält, der die Pflanzen hauptsächlich mit Wasser versorgt. Dabei spielen die kapillaren und die nicht kapillaren Hohlräume eine besondere Rolle. Wie sie wirken, darüber können wir uns im kleinen durch folgenden einfachen Versuch unterrichten. Wir nehmen einen gefüllten Blumentopf, am besten einen solchen, der seit längerer Zeit nicht mehr benutzt worden, so daß die Erde sich im gesackten und ausgetrockneten Zustande befindet. Benetzen wir die Oberfläche tropfenweise nach und nach mit Wasser, so wird die Erde das Wasser begierig einschlucken, und wir werden zugleich Luftblasen aufsteigen sehen, weil das schwerere Wasser die leichtere Luft aus den Hohlräumen des Bodens verdrängt, um sich selbst hineinzusetzen. So können wir eine beträchtliche Wassermenge aufgießen; die Erde wird feucht, jedoch nicht naß erscheinen. Endlich kommt aber ein Zeitpunkt, wo die Nässe sich auf der Oberfläche zeigt, und gleichzeitig fängt das Wasser an, unten durch die Öffnung des Blumentopfes abzutropfen. In diesem Zeitpunkt ist der Boden mit Wasser gesättigt, d. h.

sämtliche kapillare Poren des Bodens, Schicht für Schicht von oben bis unten, sind mit Wasser gefüllt, während die größeren, nicht kapillaren Hohlräume immer noch Luft enthalten. Kommt nach der Sättigung noch mehr Wasser hinzu, so versinkt es, unten ablaufend, durch die nicht kapillaren Hohlräume, und indem es versinkt, füllen sich die leergewordenen Hohlräume sofort wieder mit Luft. Ganz ähnlich gestalten sich die Verhältnisse in der freien Natur bei einem normalen Boden mit durchlässigem Untergrunde.

Stopfen wir jetzt das Loch am Boden des Blumentopfes zu, und gießen wir nach und nach noch mehr Wasser auf, so werden sich Schicht für Schicht von unten nach oben auch die nicht kapillaren Hohlräume mit Wasser füllen, und der Boden wird mit Wasser übersättigt. Übersättigt ist der Boden also dann, wenn nicht nur die kapillaren Poren, sondern auch die nicht kapillaren Hohlräume mit Wasser gefüllt sind. Der Blumentopf mit dem zugestopften Abzugsloch veranschaulicht uns im kleinen die Verhältnisse eines fehlerhaften Bodens mit undurchlässigem Untergrunde.

Dieser Versuch zeigt zugleich, daß auch ein an und für sich durchlässiger Boden an Nässe leiden kann, nämlich dann, wenn er auf einem undurchlässigen Untergrund ruht.

Durchlässigkeit. — Die Art oder der Grad der Durchlässigkeit im Ober- und Untergrund hängt natürlich ab von der Art oder dem Grad der Lückigkeit. Die großlückigen Bodenarten oder Bodenschichten sind leicht durchlässig, die feinklückigen sind mäßig durchlässig, die dichten sind schwer durchlässig bis undurchlässig. Gewöhnlich macht man nur zwei Abteilungen, indem man die Durchlässigkeit der Undurchlässigkeit gegenüberstellt, und man kann kurz sagen: die Durchlässigkeit beruht auf dem Vorhandensein, die Undurchlässigkeit auf der Abwesenheit von nicht kapillaren Hohlräumen. Um Wiederholungen zu vermeiden, verweisen wir auf S. 73 und fügen nur noch bei, daß die Röhren, die die Regenwürmer bohren, und die Hohlräume, die die verwesenden Wurzeln zurücklassen, wesentlich dazu beitragen, die Durchlässigkeit, namentlich der feinklückigen und dichten Böden, günstiger zu gestalten.

Wasserkapazität. — Bei der Wasserkapazität handelt es sich um die Beantwortung der Frage: Wieviel Wasser vermag der

gesättigte Boden in feinen kapillaren Poren zu fassen und festzuhalten, ohne es tropfenweise fallen und versinken zu lassen?

Wissenschaftliche Untersuchungen über diesen Gegenstand hat zuerst G. Schübler ausgeführt, der die Wasserkapazität (oder die wasserhaltende Kraft, wie er es nannte) sowohl dem Gewicht wie dem Volumen nach vergleichend bei den einzelnen Hauptbestandteilen des Bodens und auch bei mehr oder weniger mannigfach zusammengesetzten Bodenarten bestimmte. Die nebenstehende Tabelle enthält einen Auszug aus den von Schübler mitgeteilten grundlegenden Zahlen.

Siehe Tabelle S. 94.

Von den Bodenbestandteilen besitzt der Sand die geringste Wasserkapazität, man mag ihn dem Gewicht oder dem Volumen nach mit den anderen Bodenbestandteilen vergleichen. Bei dem reinen Kies, den Schübler nicht untersuchte, ist die Wasserkapazität noch geringer als bei dem Sand. Bei dem Sand selbst zeigt sich die Wasserkapazität je nach der Feinheit des Kornes verschieden; bei grobkörnigem Sand und Grand kann sie sich nach Schübler bis gegen 20% vermindern, während sie sich bei sehr feinkörnigem bis gegen 40% (dem Gewichte nach) erhöhen kann.

Die kohlen saure Kalkerde zeigt je nach der Feinheit ihres Kornes ebenfalls große Verschiedenheiten in ihrer Wasserkapazität.

Bei dem reinen Ton steht die Wasserkapazität hoch, jedoch nicht höher als bei sehr fein zerteiltem Kalk; bei den Gemengen von Ton und Sand fällt die Wasserkapazität mit dem Sandgehalt.

Der Humus hat unter den gewöhnlichen Bodenbestandteilen die größte Wasserkapazität; jedoch ist der Unterschied zwischen den Prozentzahlen, die sich auf das Volumen beziehen, bei weitem nicht so groß wie zwischen den auf das Gewicht bezüglichen Zahlen, weil der Humus, auf der Wage gewogen, sehr leicht ist.

Bei der Gartenerde und der Ackererde, die ein Gemenge von Sand, Ton, Kalk und Humus darstellen, fand Schübler, wie die Zahlen der Tabelle zeigen, eine höhere Wasserkapazität, als sich nach den einzelnen Bestandteilen erwarten läßt, und dies ist offenbar darauf zurückzuführen, daß sich die feinen Bodenbestandteile in die Lücken der größeren lagern und so die Zahl der kapillaren Poren vermehren.

Aus den Schüblerschen Untersuchungen geht soviel mit aller Bestimmtheit hervor, daß die Wasserkapazität zu der Körnigkeit und Lückigkeit des Bodens in der innigsten Beziehung steht. Je feiner das Korn und je feiner und zahlreicher die kapillaren Poren, desto höher die Wasserkapazität.

Bodenarten	Wasserkapazität	
	nach Gewicht %	nach Volumen %
Quarzsand	25	37,9
Kalksand	29	44,1
Feine Kalkerde*)	85	66,1
Ton mit 45% Sand	40	51,4
Ton mit 24% Sand	50	57,3
Ton mit 10% Sand	61	62,9
Reiner grauer Ton*)	70	66,2
Weißer Ton, Pfeisenerde*)	87	66,0
Humus*)	181	69,8
Gartenerde*)	89	67,3
Ackererde*)	52	57,3

*) Über die Bodenproben, die Schübler bei seinen Untersuchungen benutzte, macht er folgende Bemerkungen:

Die feine, pulverförmige, kohlen saure Kalkerde, aus gebranntem Kalk erhalten, war durch 6 Jahre langes Liegen an der Luft wieder in vollkommen kohlen sauren Zustand übergegangen.

Der reine, graue, gewöhnliche Ton bestand aus 58% Kiesel-erde, 36,2% Tonerde und 5,8% Eisenorydul.

Der weiße Ton, die sog. Pfeisenerde, ist eine der reinsten natürlichen Tonarten.

Als Humus wurde zu diesen Untersuchungen jedesmal die tierisch-vegetabilische Humussubstanz genommen, die sich auf die Vegetation vorzüglich wirksam zeigt.

Die fruchtbare, schwarze Gartenerde bestand aus 52,4% Ton, 36,5% Quarzsand, 1,8% Kalksand, 2,0% Kalkerde und 7,2% mildem Humus und organischen Überresten.

Die Ackererde bestand aus 51,1% Ton, 42,7% Quarzsand, 0,4% Kalksand, 2,3% Kalkerde und 3,4% mildem Humus mit organischen Überresten.

G. Schübler, Grundsätze der Agrikultur-Chemie, 2. Auflage, 1838.

Schübler veröffentlichte seine „Grundsätze der Agrikultur-Chemie“, die im zweiten Teil „Agronomie“ die physikalischen Untersuchungen des Bodens enthalten, ums Jahr 1830, denn in der mir vorliegenden, von K. L. Krußsch herausgegebenen zweiten Auflage vom Jahr 1838 wird in dem Vorwort bemerkt, daß die erste Auflage vor 8 Jahren erschien.

Später ist dann von anderer Seite mit besonderem Nachdruck betont worden, daß die Wasserkapazität nicht auf das Gewicht, sondern auf das Volumen bezogen werden müsse. Die historische Gerechtigkeit erfordert zu konstatieren, daß Schübler die Wasserkapazität (wasserhaltende Kraft) nicht nur dem Gewicht, sondern auch dem Volumen nach bestimmte, und zwar nach beiden Beziehungen mit großer Genauigkeit.

Bestimmung der Wasserkapazität nach Schübler.

a) Dem Gewicht nach.

„Die wasserhaltende Kraft einer Erde, so lauten Schüblers Worte, läßt sich auf folgende Art finden: Man nimmt 400 Gran*) der zu untersuchenden Erde und trocknet sie in einer Temperatur von etwa 50° R., bis sie nichts mehr an Gewicht verliert. Um unter sich vergleichbare Resultate zu erhalten, ist es zweckmäßig, den Versuch mit nahezu gleichen Quantitäten der Erde in ihrem feinen Zustand anzustellen, jedesmal etwa mit 400 Gran oder etwa mit 1 Kubikzoll, indem bei großen Erdquantitäten das Gewicht der Erde selbst ein Ausdrücken einer größeren Menge Wasser veranlaßt, und man daher für dieselbe Erde verschiedene Resultate erhalten könnte.

„Man bringt diese getrocknete Erde auf ein rundes, aus ungeleimtem Druckpapier bestehendes Filtrum, das man zuvor im durchnässten Zustande gewogen und in einen Glasstrichter oder auf eine über einen Rahmen gespannte Leinwand (Abb. 8) gelegt hat; dies ist vorzuziehen, indem das aufzugießende Wasser leichter abfließen kann, und es auch leichter gelingt, das durchnässte Papierfiltrum von dem Tuch in die Höhe zu heben, ohne es zu zerreißen.

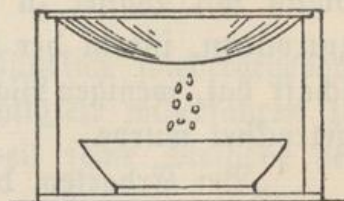


Abb. 8.

Rahmen, mit Leinwand überspannt zur Ermittlung der Wasserkapazität des Bodens.

*) 16,104 Gran = 1 Gramm. 400 Gran sind daher rund 25 Gramm.

„Man gießt nun der auf dem Filtrum liegenden Erde solange destilliertes Wasser oder Regenwasser zu, bis sie völlig durchnäßt ist, und bringt sie nun in diesem durchnäßten Zustande, sobald von dem zugegossenen Wasser keine Tropfen mehr abfließen, mit dem Filtrum auf die Wage und bestimmt ihr Gewicht, woraus sich durch eine einfache Rechnung die Menge des absorbierten Wassers und ihre wasserhaltende Kraft nach Prozenten finden läßt.

Das Gewicht der trockenen Erde sei 400 Gran

Das Gewicht des nassen Filtrums 110 „

Summa beider 510 Gran

Das Gewicht der mit Wasser gesättigten Erde

mit dem Filtrum 706 „

so beträgt die Menge des absorbierten Wassers 196 Gran.

„Da 400 Gran dieser Erde 196 Gran Wasser absorbierten, so werden 100 Gran 49 zurückhalten ($400:100 = 196:x$), und die wasserhaltende Kraft dieser Erde wird sich daher durch 49 ausdrücken lassen.

„Sollte die auf dem Filtrum liegende Erde die Feuchtigkeit nur schwer und ungleichförmig in ihre Zwischenräume aufnehmen, so ist es besser, die Erde in ihrem trockenen, zuvor gewogenen Zustand in einem gläsernen Gefäß (oder in einer Porzellanschale) mit Wasser anzurühren und sie nun aus diesem Gefäß nach und nach auf das Filtrum zu bringen.

„Enthält eine Erde viel Humus, so kann es zweckmäßig sein, die frisch vom Felde genommene Erde sogleich auf dem Filtrum völlig mit Wasser zu benetzen und sie erst nachher vollkommen auszutrocknen, indem der Humus, nach dem eben Erwähnten, die Eigenschaft hat, weniger Wasser aufzunehmen, wenn er einmal völlig ausgetrocknet wurde.

„Bei Erdbarten, die nur wenige Prozente Humus enthalten, wie es bei den meisten Ackererden der Fall ist, kann sich jedoch die wasserhaltende Kraft dadurch nur sehr wenig verändern; vielmehr wird man durch das oben angeführte Verfahren weit übereinstimmendere Resultate erhalten, indem es nur bei zuvor ausgetrockneten Erden möglich ist, mit gleichen Quantitäten Erde den Versuch anzustellen, und tonreiche Erden selbst eine verschiedene Menge Wasser aufnehmen, je nachdem sie zuvor in ihrem durchnäßten Zustand einem

verschiedenen Druck und verschiedener Behandlung ausgesetzt waren; Verschiedenheiten, die sich nur durch vorhergehendes Trocknen und Pulverisieren aufheben lassen."

b) Dem Volumen nach.

"In agronomischer Beziehung ist es zugleich von Wichtigkeit, zu wissen, wieviel Wasser ein bestimmtes Volumen Erde in sich nehmen kann, wodurch sich oft die Wassermenge richtiger beurteilen läßt, die die Pflanzen aus einem bestimmten Raum absorbieren können.

"Diese Bestimmung läßt sich jedesmal leicht aus der dem Gewicht nach bestimmten wasserhaltenden Kraft und dem Gewicht eines bestimmten Volumens der Erde im nassen (d. h. mit Wasser gesättigten) Zustand finden.*)" Man habe die wasserhaltende Kraft des Quarzsandes = 25%, und das Gewicht eines Kubikzolls im nassen (gesättigten) Zustand zu 605 Gran gefunden: so werden, da 100 Gran dieses Sandes 25 Teile aufnehmen, die 605, die einen Kubikzoll bilden, 121 Gran aufzunehmen imstande sein ($125 : 25 = 605 : x$ und $x = \frac{605 \cdot 25}{125} = 121$),

woraus sich leicht die wasserhaltende Kraft dem Volumen nach finden läßt. 1 Pariser Kubikzoll Wasser enthält 1728 Pariser Kubiklinien und wiegt 319,14 Gran; die 121 Gran Wasser, die in 1 Kubikzoll Wasser enthalten sind, werden also einen Raum von 655 Kubiklinien einnehmen, oder die wasserhaltende Kraft dieses Sandes dem Volumen nach wird 37,9% betragen ($1728 : 655 = 100 : x$, und $x = \frac{65500}{1728} = 37,9$)."

Ich habe die Worte Schüblers ausführlich wiedergegeben, um dem Begründer der Bodenphysik Gerechtigkeit widerfahren zu lassen, und dann auch aus dem Grunde, weil seine Methode der

*) „Es könnte scheinen, daß sich diese Bestimmung durch die bloße Gewichtsvergleihung eines Kubikzolls trockener und nasser Erde oder aus dem absoluten Gewicht eines Volumens der trockenen Erde und der wasserhaltenden Kraft finden lasse; man erhält jedoch auf diese Art kein richtiges Resultat, weil sich viele, vorzüglich ton- und humusreiche Erden beim Austrocknen bedeutend zusammenziehen, ein Kubikzoll trockener Erde nimmt im nassen Zustand gewöhnlich einen größeren Raum ein“ (Schübler).

Wasserkapazitätsbestimmung dem Gewicht und dem Volumen nach — selbstverständlich mit Benutzung des neuen Maß- und Gewichtssystems — noch heute brauchbar ist und an Genauigkeit nichts zu wünschen übrig läßt.

Die Erdmenge, die Schübler benutzte, beträgt nach dem neuen Gewicht rund 25 g. Diese Erdmenge ist für die Bestimmung der Wasserkapazität nach dem Gewicht ausreichend, aber für die Bestimmung nach dem Volumen zu klein. Es wird sich empfehlen, für beide Bestimmungen annähernd dieselbe Menge zu nehmen, was bei 35—40 g oder 25 ccm zutrifft. Als Maßgefäß kann man ein gläsernes Vogelnäpfchen von entsprechender Größe verwenden. Zur Erläuterung ein Beispiel.

a) Wasserkapazität nach Gewicht.

Gewicht der völlig trockenen Erde = 38,81 g

Gewicht des feuchten Filters = 6,74 g

Zusammen = 45,55 g

Gewicht der gesättigten*) Erde samt Filter = 55,70 g

Folglich Wasser festgehalten = 10,15 g

Um die Wasserkapazität nach Gewichtsprozent zu berechnen, haben wir anzusetzen:

$$38,81 : 10,15 = 100 : x.$$

Also ist die **Wasserkapazität nach dem**

Gewicht = **26,1%**.

b) Wasserkapazität nach Volumen.

Das Maßgefäß enthält gesättigte Erde . . = 48,42 g.

Um zu erfahren, wieviel Wasser in diesem Gewicht Erde enthalten ist, haben wir, entsprechend der vorhin gefundenen Wasserkapazität nach Gewicht, anzusetzen:

$$126,1 : 26,1 = 48,42 : x$$

$$x = 10,02$$

Da 1 ccm Wasser 1 g wiegt, so können wir diese 10,02 benennen, wie wir wollen.

*) Die Sättigung der Erde geschieht zweckmäßig auf einem Filter, das auf einem mit Leinwand überspannten Rahmen liegt. Vergl. Abb. 8 und die betreffenden Bemerkungen von Schübler. Bei dem Einfüllen in das Gefäß wird die feuchte Erde angedrückt und eingerüttelt, damit keine Hohlräume bleiben.

Das Maßgefäß faßt reines Wasser . . . = $\begin{cases} 25,11 \text{ g} \\ 25,11 \text{ ccm.} \end{cases}$

Um die Wasserkapazität nach Volumenprozent zu berechnen, haben wir anzusetzen:

$$25,11 : 10,02 = 100 : x$$

Also ist die Wasserkapazität nach dem

Volumen = 39,9 %.

Die Bestimmung nach Gewicht ist einfacher und genauer als die Bestimmung nach Volumen, weil sich der Boden genauer wägen als messen läßt; gewöhnlich wird daher die Wasserkapazität in Gewichtsprozenten angegeben.

Wie steht es mit der praktischen Verwertung der Wasserkapazitäts-Bestimmungen? — Das Verhalten des Bodens gegen das Wasser ist außerordentlich wichtig, und es ist auch keineswegs gleichgültig, was für eine Wasserkapazität der Boden besitzt; aber die Zahlen, die wir bei der Wasserkapazitäts-Bestimmung finden, dienen doch nur zur allgemeinen Beurteilung des Bodens, für die Praxis des Acker- und Pflanzenbaus lassen sie sich nur selten verwerten.

Daß es einem losen Kies-, Grand- oder Sandboden zuträglich ist, die Wasserkapazität durch Zufuhr von Feinerde (Tonmergel, Humus usw.) zu erhöhen, das wissen wir schon ohne eine besondere Wasserkapazitäts-Bestimmung. Daß diesen Böden die Bewässerung dient, ebenfalls. Wo andererseits den Nachteilen einer zu hohen Wasserkapazität oder, richtiger gesagt, einer zu geringen Durchlässigkeit durch Zufuhr von Sand oder durch Entwässerung entgegenzuarbeiten ist, darüber können wir uns auf anderm Wege gleichfalls besser unterrichten, als durch die Bestimmung der Wasserkapazität (vergl. S. 72). Ferner wissen wir, daß wir durch oberflächliches Lockern die Feuchtigkeit des Bodens erhalten können, und daß die Vertiefung der Ackerkrume ein ausgezeichnetes Mittel ist, die Pflanzen gegen die Dürre zu schützen. Im übrigen müssen wir es dem Himmel überlassen, unseren Boden mit Wasser zu sättigen und unsere Pflanzen zu tränken.

Aus der Wolke
Quillt der Segen,
Strömt der Regen.

3. Die Bündigkeit des Bodens.

In der freien Natur äußert sich die Bündigkeit des Bodens in verschiedener Weise, nämlich:

1. In der Festigkeit oder in der Kraft, mit der die Bodenbestandteile im trocknen Zustande zusammengehalten werden, was uns am deutlichsten zum Bewußtsein kommt, wenn wir den hartgetrockneten Boden eigenhändig umzugraben versuchen.

2. In der Klebrigkeit oder in der Kraft, mit der der Boden im feuchten Zustande an anderen Gegenständen, z. B. an unsern Stiefeln, hängen bleibt.

3. In der Rissigkeit und Volumenverminderung oder in der Kraft, mit der der feuchte Boden beim Austrocknen auf einen kleineren Raum in sich zusammengezogen wird.

Schübler war der erste, und er ist bis heute auch der einzige geblieben, der nach diesen drei Beziehungen eine Anzahl zweckmäßig ausgewählter Bodenarten planmäßig und vergleichend untersuchte.

1. Festigkeit. — Die Festigkeit bestimmte Schübler, nachdem er verschiedene Methoden versucht und verworfen hatte, in

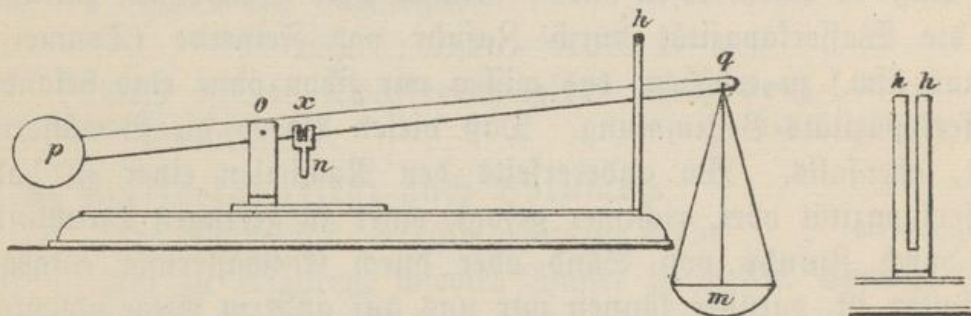


Abb. 9.

Wage zur Bestimmung der Festigkeit des Bodens.

folgender Weise.*) Man formt (ähnlich wie man es beim Ziegelstreichen macht) aus den gleichmäßig, aber nicht zu stark durchnäßten Bodenproben mittelst einer unten und oben offenen Form von Hart-

*) Die Methoden zur Bestimmung der Bündigkeit, die von anderen Forschern vorgeschlagen worden sind, stehen in bezug auf Anwendbarkeit und Zuverlässigkeit samt und sonders gegen die Schübler'sche Methode zurück.

holz oder besser von Metall kleine vierkantige Balken von 5 cm Länge und 15 mm Dicke, die man in der Form selbst trocknen läßt oder auch sogleich noch feucht mit einem passenden Hölzchen aus der Form hinausschiebt, um sie zunächst an der Luft im Schatten und dann bei einer Wärme von 50—60° C. völlig auszutrocknen. Die Festigkeit dieser Erdbalken wird mit einer ungleicharmigen Wage (Abb. 9) ermittelt, die an dem langen Arm bei x einen immer senkrecht hängenden, unten 15 mm breiten, stumpfen Stahlspatel trägt, indem man je einen Erdbalken unter diesen Spatel bringt und in die Wagschale solange kleine Gewichte legt, bis der Erdbalken durchgeschnitten wird. Der Versuch wird bei jeder Bodenart mehrere Male wiederholt und aus den Resultaten das Mittel gezogen. Auf diesem Wege gelangte Schübler, indem er die bei dem dichtesten Ton gefundene Festigkeit mit 100 bezeichnete und die Festigkeiten der übrigen Bodenarten auf diese Zahl zurückführte, zu den in der nachstehenden Tabelle zusammengestellten Verhältniszahlen.

Tabelle A.

Bodenarten	Festigkeit im trockenen Zustand, die des Tons = 100 gesetzt	Anhängen im nassen Zustand an die Fläche von 1 qdem	
		Eisen g	Holz g
Quarzsand	0	170	190
Kalksand	0	190	200
Feine Kalkerde*).	5,0	650	710
Ton mit 45% Sand	57,3	350	400
Ton mit 24% Sand	68,8	480	520
Ton mit 10% Sand	83,3	780	860
Reiner grauer Ton*).	100,0	1220	1320
Humus*).	8,7	400	420
Gartenerde*).	7,6	290	340
Ackererde*).	33,0	260	280

*) Über die Beschaffenheit und Zusammensetzung der Bodenarten vergl. die Anmerkung auf S. 94.

2. Klebrigkeit. — Die Tabelle enthält zugleich die auf neues Maß und Gewicht umgerechneten Zahlen für die Klebrigkeit des Bodens oder für das Anhängen an Eisen und Holz, das Schübler in folgender Weise feststellte. Man befestigt unter der Wagschale einer gewöhnlichen Wage Scheiben von Eisen oder von Holz und setzt mit ihr die andere Wagschale durch aufgelegte Gewichte ins Gleichgewicht; dann bringt man die Scheibe mit der unter ihr liegenden durchnäßten Erde in innige Berührung und legt in die andere Schale solange Gewichte, bis die Schale losreißt. Die Menge der aufgelegten Gewichte entspricht der Größe der Adhäsion oder der Schwierigkeit, die Erde im nassen Zustande zu bearbeiten.

3. Volumenverminderung. — Zur Bestimmung der Volumenverminderung beim Austrocknen formte Schübler aus den zu vergleichenden Bodenproben in ihrem nassen Zustande gleich große Würfel (von 1 Kubitzoll Größe), ließ sie im Schatten nach und nach solange austrocknen, bis sich ihr Gewicht nicht mehr veränderte, und stellte durch genaues Messen vor und nach dem Trocknen die Volumenverminderung fest. In der nachstehenden Tabelle B haben wir den Resultaten zur Vergleichung die Zahlen für die Wasserkapazität beigelegt.

Tabelle B.

Bodenarten	Wasserkapazität. 100 cem trockene Erde halten Wasser fest	Volumen- verminderung. Von 100 cem nasser Erde schwinden beim Austrocknen
	cem	cem
Quarzsand	37,9	0,0
Kalksand	44,1	0,0
Feine Kalkerde	66,1	5,0
Ton mit 45% Sand	51,4	6,0
Ton mit 24% Sand	57,3	8,9
Ton mit 10% Sand	62,9	11,4
Reiner grauer Ton	66,2	18,3
Humus	69,8	20,0
Gartenerde	67,3	14,9
Ackererde	57,3	12,0

Resultate der Schübler'schen Untersuchungen. — Überblicken und vergleichen wir die in den Tabellen A und B zusammengestellten Zahlen, so gelangen wir zu folgenden Schlüssen:

1. Der Ton besitzt weitaus die größte Festigkeit und auch die größte Klebrigkeit. Seine Volumenverminderung ist ebenfalls sehr beträchtlich.

2. Der Humus schwindet beim Austrocknen am stärksten, noch stärker als der Ton — die Erfahrung im großen bestätigt dies, denn in dem trocken gelegten Humusboden bilden sich gewaltige Spalten —, trotzdem ist seine Festigkeit und Klebrigkeit sehr gering.

3. Der feine erdige Kalk zeigt im feuchten Zustand eine erhebliche Klebrigkeit, dagegen ist seine Festigkeit im trocknen Zustande auffallend gering. Ebenso ist seine Volumenverminderung sehr gering; sie genügt zwar, um bei dem in größeren Massen austrocknenden Kalkschlamm die Entstehung von mäßig breiten Spalten herbeizuführen (wie ich bei den Raibauten in Zürich zu beobachten Gelegenheit hatte), aber der fertige Kalkboden bekommt keine Spalten mehr.

4. Bei dem Sand (Quarzsand und Kalksand) kann weder von Festigkeit noch von Volumenverminderung die Rede sein, und auch die Adhäsion im feuchten Zustande ist verschwindend gering.

5. Die Wasserkapazität steht in Beziehung zur Festigkeit, doch machen der Humus und der erdige Kalk eine Ausnahme. Die Wasserkapazität steht auch in Beziehung zur Klebrigkeit, doch macht der Humus eine Ausnahme. Die Wasserkapazität steht endlich auch in Beziehung zur Volumenverminderung, doch macht hier wieder der Kalk eine Ausnahme. Zur leichteren Orientierung in diesem Wirrwarr diene folgende Zusammenstellung.

Schematische Übersicht

über die Eigenschaften der Bodenarten.

□ bedeutet gering, ■ bedeutet hoch.

Eigenschaften	Sand	Ton	Kalk	Humus
Festigkeit	□	■	□	□
Klebrigkeit	□	■	■	□
Volumenverminderung	□	■	□	■
Wasserkapazität	□	■	■	■

In dieser Übersicht tritt uns der scharfe Gegensatz zwischen Ton und Sand entgegen, und wir überblicken auch, durch welche Eigenschaften sich Kalk und Humus einerseits von dem Ton, und andererseits von dem Sand unterscheiden.

6. Als Hauptresultat ergibt sich, daß die Bündigkeit ganz überwiegend, fast ausschließlich auf der Substanz des Bodens beruht, die hohe Wasserkapazität mit hoher Klebrigkeit und hoher Volumenverminderung vereinigt und sich namentlich durch hohe Festigkeit auszeichnet. Diese Substanz, die wie ein Leim die übrigen Bestandteile des Bodens zusammenhält, ist der gewöhnliche eisenhaltige Ton. *)

Praktische Schlußfolgerungen. — Bei den Sand- und Grandböden ist die Bündigkeit zu gering. Die Bündigkeit läßt sich erhöhen durch Zufuhr von Ton, Tonmergel und Lehmmergel. Der Ton- und Lehmmergel erfüllt den Zweck besser als der Ton, weil er leichter zerfällt. Das Zerfallen erklärt sich daraus, daß der Mergel ein inniges Gemenge von Kalk und Ton darstellt, die sich in bezug auf Festigkeit und Volumenverminderung entgegengesetzt verhalten. Durch Zufuhr von Kalk und Humus wird die Bündigkeit nur sehr wenig, die Wasserkapazität dagegen beträchtlich erhöht. — Bei den Tonböden ist die Bündigkeit im allgemeinen zu groß. Die Bündigkeit läßt sich vermindern durch Zufuhr von Sand, Kalk, Kalkmergel und Humus. Die Bündigkeit wird auch durch die Einwirkung des Frostes auf den feuchten Boden (auf den völlig trockenen Boden wirkt der Frost nicht) bedeutend vermindert. Bei einem tonigen Boden, dessen Festigkeit 69 betrug, fand Schübler nach dem Durchfrieren nur eine Festigkeit von 45. Das ist ein ganz erheblicher Unterschied. Der Frost erspart uns also viel Arbeit, er leistet sogar mehr als die sorgfältigste Beackung, denn er dringt ins Innere. Indem das Wasser in den kleinen Hohlräumen des Bodens gefriert, werden die Erdteilchen aus ihrer Lage gerückt und ihre Berührungspunkte vermindert. Dabei wird zugleich ein Teil der kapillaren Poren so erweitert, daß das Wasser herausfällt, d. h.

*) Daß das Eisenoryd bei der Bündigkeit des Tons eine wesentliche Rolle spielt, geht aus der Tatsache hervor, daß Schübler bei dem gewöhnlichen grauen Ton eine Festigkeit von 100 fand, während die Festigkeit bei dem weißen reinen Ton (der sog. Pfeisenerde) nur 42 betrug.

daß die Wasserkapazität abnimmt. Nach J. Sachs enthielt ein humoser Boden bei 0 Grad vor dem Gefrieren in 100 Gewichtsteilen trockener Substanz 108,8, nach dem Auftauen (bei 0 Grad) dagegen nur 102,8 Gewichtsteile Wasser; die Wasserkapazität hatte sich also um 6% vermindert. Wir haben daher alle Veranlassung, uns die Einwirkung des Frostes dadurch zu sichern und zunutze zu machen, daß wir den Boden vor Winter in Rämme pflügen oder wenigstens durch tiefe Beackung in möglichst rauhe Furchen legen.

Die Stufen der Bündigkeit. — Jeder Landwirt muß imstande sein, die verschiedenen Stufen oder Grade der Bündigkeit auch ohne umständliche Experimente zu erkennen und annähernd richtig zu bestimmen. „Man kann sie“, sagt Thaer, „bei einiger Übung durch Aufstoßen mit dem Stocke oder sogar durch den Fußtritt unterscheiden.“ Zur Orientierung lassen wir hier eine Abstufung folgen, die sich hauptsächlich stützt auf das Verhalten des Bodens bei der Bearbeitung. Doch benutzen wir auch die von Schübler ermittelten Festigkeitszahlen, indem wir die Festigkeit des Tons = 100 setzen.

1. **Leicht oder lose** nennt man das Gefüge, wenn der Boden selbst bei Regenwetter nicht an Pflug, Egge und Walze klebt, wenn er niemals Brocken oder Schollen bildet, auch nicht eigentlich krümlig wird, sondern stets körnig und leicht verschiebbar bleibt und nach dem Pflügen sofort oder sehr bald wieder zusammensackt. Im trocknen Zustande wird der lose Boden bei feiner Körnung vom Winde verweht (Flugsand). Es fehlt hier das Bindemittel, der Ton, ganz oder es ist doch nur in sehr geringer Menge vertreten. Die Bestandteile des Bodens (Körner, Gerölle, Gesteinsbrocken) werden nur durch ihr eigenes Gewicht in ihrer gegenseitigen Stellung und Lagerung gehalten.

Die Bündigkeit nach der Schüblerschen Skala ist 0—5.

Hierher gehören die reinen Grus-, Kies- und Grandböden, sowie die Sandböden mit grobem und zum Teil auch solche mit feinem Korn.

2. **Schwammig oder mulmig** ist das Gefüge bei den Böden, die sich, sofern sie nicht naß gelegen sind, zwar ebenfalls leicht bearbeiten lassen, ohne feste Schollen zu bilden, die aber bei dem Pflügen sehr beträchtlich an Volumen zunehmen, indem zwischen den Bodenkrümeln zahlreiche größere Hohlräume entstehen, die sich wegen

des geringen Gewichts der Bodenmasse lange erhalten. Der Boden sackt oder setzt sich langsam; er bleibt überhaupt schwammig und sperrig, wenn er nicht durch Sand oder Mergel zusammengebrückt und befestigt wird. Auch im ungepflügten Zustande, als Wiese benutzt, verändert der schwammige Boden sein Volumen, indem die Bodenmasse bei Regenwetter aufquillt, beim Austrocknen wieder schwindet. Unter dem Fußtritt zeigt sich der schwammige Boden elastisch. Auch hier fehlt das Bindemittel, der Ton.

Die Bündigkeit beträgt 6—9.

Diese eigentümliche Art des Gefüges finden wir bei den Torf- und Moorböden, die größtenteils aus Humus und Pflanzenresten bestehen und daher am kürzesten als Humusböden bezeichnet werden.

3. **Locker und mürbe** nennt man das Gefüge, wenn der Boden schon einige Bündigkeit zeigt, so daß er beim Pflügen im feuchten Zustande einen zusammenhängenden Schnitt bildet. Die Schollen oder Brocken, die beim Pflügen entstehen, lassen sich aber, auch wenn sie trocken sind, mit der Egge und Walze leicht zerteilen.

Bündigkeit 10—30.

Hierher gehören die Bodenarten mit einem mäßigen Gehalt an Ton und einer reichlichen Beimengung von Sand oder Kalk oder Humus, z. B. der lehmige Sand, der sandige Lehm usw.

4. **Bündig**, im gewöhnlichen, engeren Sinne des Wortes, ist das Gefüge, wenn der Boden in dem richtigen Zustande der Feuchtigkeit oder Trockenheit noch ohne erhebliche Anstrengung gepflügt werden kann, auf dem aber nach dem Eggen und Walzen in der Regel zahlreiche Brocken in der Größe der Hasel- und Walnüsse zurückbleiben.

Bündigkeit 30—60.

Hierher gehören die Mittelböden, die etwa zur Hälfte aus Ton, zur Hälfte aus Sand bestehen, wie der gemeine Lehm Boden u. a.

5. **Schwer** nennt man das Gefüge des Bodens, wenn das Pflügen selbst im richtigen, schnell vorübergehenden Zeitpunkt schon bedeutende Anstrengung erfordert, wenn die Zertrümmerung der Schollen aber durch den Stoß raschbewegter Eggen oder durch den Druck schwerer Walzen (Schollenbrecher) noch gelingt.

Bündigkeit 60—75.

Hierher gehören die Tonböden, die eine genügende Beimengung von Kalk oder Humus enthalten, also auch die Tonmergelböden usw.

6. **Streng oder zähe** nennt man das Gefüge, wenn der Boden „bei einiger Feuchtigkeit wie ein flebriger Teig sich an Pflug und Egge hängt, nur schwer abfällt, beim Abfallen zusammenhängend bleibt, so daß er nur durch einen Stich oder Schnitt getrennt werden kann, und dann auf der Schnittseite glatt und glänzend ist. Bei mehrerer Trockenheit ist er dagegen hart wie Ziegel, und seine Schollen können nur durch einen gewaltsamen Stoß in würfelige oder blättrige Stücke, oft gar nicht in Pulver zerteilt werden“ (Thaer).

Bündigkeit 75—90.

Hierher gehören die Tonböden, die weder durch Beimengung von Kalk, noch von Humus gemildert sind und dafür einige Prozent Eisenoxyd enthalten.

7. **Widerspenstig oder unbändig** nennt man endlich das Gefüge, wenn die Bündigkeit so groß ist, daß der Boden die Bearbeitung nicht mehr ermöglicht oder wenigstens nicht mehr lohnt.

Bündigkeit 90—100.

Hierher gehört der Töpferton. —

Dem landwirtschaftlichen Sprachgebrauch gemäß haben wir die Ausdrücke „leicht“ und „schwer“ zur Bezeichnung der Bündigkeit benutzt, unbekümmert um das Gewicht. Daß das Gewicht des Bodens nicht in Beziehung steht zur Bündigkeit, zeigt folgende Zusammenstellung:

Bodenarten	Spez. Gew. Wasser = 1	Litergewicht		Festigkeit Ton = 100
		trocken kg	feucht*) kg	
Kalksand	2,722	2,085	2,605	0
Quarzsand	2,653	2,044	2,494	0
Ton mit 45% Sand	2,601	1,799	2,386	57,3
Ton mit 24% Sand	2,581	1,621	2,194	68,8
Reiner grauer Ton	2,533	1,376	2,126	100,0
Feine Kalkerde	2,468	1,006	1,758	5,0
Humus	1,370	0,632	1,428	8,7
Ackererde	2,401	1,537	2,180	33,0

Bei dem Sand ist das spezifische Gewicht sowohl wie das Litergewicht (beide gehen ziemlich parallel) am höchsten, die Festigkeit dagegen am geringsten. Bei dem reinen grauen Ton ist das Gewicht ein mittleres, die Festigkeit dagegen am höchsten. Bei dem Humus ist

*) Feucht ist hier soviel wie „mit Wasser gesättigt“.

das Gewicht am geringsten, die Festigkeit zwar auch nicht hoch, aber doch höher als beim Sand usw. Kurz, eine Beziehung zwischen dem Gewicht des Bodens und der Festigkeit oder Bündigkeit besteht nicht.

Übrigens ist das spezifische Gewicht des Bodens von dem Literrgewicht wohl zu unterscheiden.

Das Literrgewicht (Maßgewicht, Volumengewicht) findet man, indem man einfach unter Einrütteln und sanftem Andrücken ein kleines Maßgefäß von bekanntem Rauminhalt das eine Mal mit trockener, das andere Mal mit feuchter Erde füllt und wägt.

Das spezifische Gewicht wird am genauesten mit einem Thermometer-Pyknometer unter Anwendung der Luftpumpe bestimmt. Für weniger genaue Bestimmungen dient folgendes, von Schübler benutztes Verfahren. Man füllt ein Fläschchen mit eingeriebenem Stöpsel genau mit Wasser und wägt es. Hierauf entleert man es bis zur Hälfte, bringt die vorher völlig getrocknete und abgewogene Bodenprobe hinein, füllt es wieder genau mit Wasser und wägt es, nachdem man die Luftbläschen durch Schütteln entfernt hat, zum zweiten Male. Dann läßt sich das spezifische Gewicht der Erde berechnen, z. B.

Gewicht des bloß mit Wasser gefüllten Fläschchens . . .	^g = 60,0
Gewicht der trocknen Erde	= 24,0
· Zusammen	= 84,0
Gewicht des mit Erde und Wasser gefüllten Fläschchens	= 74,4
Folglich hat das Wasser verdrängt	= 9,6
Demnach ist das spezifische Gewicht $\frac{24,0}{9,6}$	= 2,5.

Aus dem spezifischen Gewicht lassen sich wichtige Schlußfolgerungen nicht ziehen, weil es zu wenig differiert, bei den meisten in der Natur vorkommenden Bodenarten gegen 2,5 beträgt. Auch das Literrgewicht gewährt nur ein geringes praktisches Interesse.

Dagegen ist das Gefüge oder die Struktur des Bodens von fundamentaler Bedeutung. Die Klassifikation der Bodenarten stützt sich, wenn auch nicht ausschließlich, so doch vorzugsweise auf die Körnigkeit, Lückigkeit und Bündigkeit des Bodens, mit einem Wort, auf seine Struktur. Wohl dem Landwirt, der in den mikroskopisch kleinen Kammern seines Grund und Bodens so genauen Bescheid weiß wie in den Kammern seines Hauses.

Die Bodenbestandteile und Bodenarten.

Wir haben bei Besprechung der Lagerungsverhältnisse schon wiederholt angedeutet, daß sowohl der Ober- wie der Untergrund auf Bestand und Bodenart zu untersuchen ist, und es wird nun unsere Aufgabe sein, auch hierfür eine kurze Anleitung zu geben.

I. Die Bodenbestandteile.

Die Hauptbestandteile des Bodens sind: Stein, Sand, Ton, Kalk, Humus. Wie verfährt man, um den Boden auf diese seine Hauptbestandteile zu untersuchen?

1. Die Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Stein.

Ob der Boden im Ober- und Untergrund Steine enthält oder nicht, wird bei dem Ausheben der Probegruben sofort klar.

Wir fassen zunächst die Menge der Steine ins Auge. Sie läßt sich am sichersten beurteilen auf dem senkrechten Schnitt, den uns die Wände der Probegrube zeigen. (Vergl. Abb. 2 u. 4.) Es hat keine Schwierigkeit, festzustellen, ob der Boden gar keine, ob er wenige, ob er viele Steine enthält, oder ob er endlich größtenteils aus Steinen besteht.

Durch ein aufmerksames Ansehen des Profils, unterstützt durch Anfertigen einer Skizze, überzeugen wir uns auch über die Verteilung der Steine, wobei wir etwa folgende Fragen zu beantworten haben. Sind Steine auf der Oberfläche vorhanden? Sind sie gleichmäßig im Ober- und Untergrund verteilt, oder sind sie in einzelnen Schichten oder Nestern zusammengehäuft, während andere Schichten oder Stellen frei von Steinen sind? Nimmt die Menge

der Steine nach der Tiefe hin zu? Sind die Steine lose oder sind sie festgewachsen, d. h. in Verbindung mit dem Grundgestein?

Ferner ist die Größe der Steine zu beachten, wobei wir folgende Einteilung machen können: Erbsengröße (0,5 cm), Haselnußgröße (1 cm), Walnußgröße (5 cm), Faustgröße (10 cm), Kopfgröße (20 cm) und Blockgröße (über 20 cm).

Eine besondere Bedeutung hat die Form der Steine. Im Schwemmlandsboden haben die Steine nämlich infolge des Rollens und Reibens eine abgerundete, glatte Oberfläche; im Verwitterungsboden haben sie dagegen, je nach der Art des Gesteins und nach der Art seines Zerfallens bei der Verwitterung, eine unregelmäßige, eckige oder kantige, muschelförmige, splittrige oder schiefrige Gestalt.

Endlich ist auch die chemische Zusammensetzung der Steine und ihre Verwitterbarkeit von Wichtigkeit. Die chemische Zusammensetzung ersehen wir aus der Art des Gesteins, die uns die geologischen Karten, wenigstens bei dem Verwitterungsboden, angeben. Im Schwemmlandsboden müssen wir, soweit es nötig erscheint, das Steingerölle mineralogisch zu bestimmen suchen. Die Verwitterbarkeit läßt sich beurteilen, wenn wir die Steine mit dem Hammer zerschlagen und das Innere mit dem Äußeren vergleichen, wobei wir die Messerspitze zum Prüfen der Härte und Festigkeit benutzen können. Manche Steine sind so morsch, daß sie sich mit den Fingern zerbrechen lassen. Im allgemeinen widerstehen die im Schwemmlandsboden vorkommenden Steine der Verwitterung viel mehr als die Steine des Verwitterungsbodens. Überdies enthält der Schwemmlandsboden immer mehrere Arten von Gesteinen, z. B. Gerölle von Quarz, Feuerstein, Granit, Kalk, Hornblende usw., während die Gesteinsreste des Verwitterungsbodens gewöhnlich sämtlich ein und derselben Gesteinsart angehören, so daß z. B. ein Boden, der durch Verwitterung aus Flyschschiefer entstanden, nur Stücke von Flyschschiefer enthält u. s. w.

2. Die Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Sand und Ton.

Besteht der Boden größtenteils aus Sand oder größtenteils aus Ton, d. h. mit anderen Worten: sind Sand- oder Tonboden

ziemlich rein, so ist die Untersuchung leicht; etwas schwieriger wird sie dagegen bei den aus Ton und Sand gemengten Bodenarten, besonders wenn sie noch anderweitige Beimengungen enthalten.

Sand. — Der Sand kennzeichnet sich durch seine Körnigkeit. Bei gröberen Sandarten, deren Körner eine Größe von $1\frac{1}{2}$ mm haben, kann das Auge die einzelnen Körner deutlich als solche erkennen. Bei den feinen Sandarten mit der Korngröße von $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$ mm ist dies auch noch möglich. Werden die Körner noch kleiner, so läßt uns das Auge mehr und mehr im Stich. Wir können dann eine Lupe benutzen, die uns, abgesehen von der Vergrößerung, schon dadurch viel hilft, daß sie uns zwingt, die Gegenstände scharf und mit Aufmerksamkeit zu betrachten. Noch sicherer aber ist es, wenn wir uns nicht allein auf das Gesicht verlassen, sondern das Gefühl mit zu Hülfe nehmen, das in den Fingerspitzen, besonders des Daumens und des Zeigefingers, sehr fein entwickelt ist und durch fleißige Übung zu unglaublicher Unterscheidungsfähigkeit ausgebildet werden kann.

Das Gefühl oder, wie man hier besser sagt, der Tastsinn leistet uns bei der Bodenuntersuchung überhaupt sehr wesentliche Dienste.

Ton. — Was den Ton betrifft, so läßt er sich daran erkennen, daß er im feuchten Zustande zähe und flebrig, knetbar und formbar ist. Im trockenen Zustande verbreitet er beim Anhauchen oder Anfeuchten den eigentümlichen „Tongeruch“. Ferner läßt sich ein Stück trockenen Tons in sehr vollkommener Weise mit dem Fingernagel glätten und glänzen; die geglättete Fläche ist fettig oder seifig anzufühlen. Zwischen den Fingerspitzen zeigt sich der angefeuchtete Ton schlüpfrig, und das Gefühl spürt nichts von Körnigkeit oder Rauigkeit, zum Beweise, daß diese Bodenart aus lauter äußerst feinen, molligen Körnchen besteht (vergl. S. 89).

Gemenge von Sand und Ton, die in sehr verschiedenen Abstufungen vorkommen, lassen sich auf das Verhältnis von Ton und Sand in den meisten Fällen auch hinreichend beurteilen nach einfachen, leicht in die Sinne fallenden Merkmalen.

Lehm. — Der Lehm, der zu diesen Gemengen gehört, läßt sich kneten und formen, ähnlich wie der Ton. Aber es besteht zwischen richtigem Lehm und richtigem Ton der wesentliche Unterschied, daß sich der Lehm körnig oder rauh anfühlt, was bei dem

Ton nicht der Fall ist. Dies kommt daher, daß der Lehm gröberen und feineren Sand, kleine und große Steine in größerer oder geringerer Menge enthält, während der Ton gewöhnlich frei von Steinen und von fühlbaren Sandkörnern ist. *) Überdies ist der Sandgehalt im Lehm beträchtlich höher. Deshalb nennt man den Ton fett, den Lehm mager. Und da die Sandpartikelchen im Ton mikroskopisch klein, nicht fühlbar, und da sie gleichmäßig zwischen den Tonpartikelchen verteilt sind, so erhalten wir beim Kneten und beim Tasten mit den Fingerspitzen von dem Ton den Eindruck einer gleichartigen (homogenen) Masse, während wir bei dem Lehm, indem wir bald die Tonteilchen, bald die Sandkörner und Steinchen fühlen, den Eindruck einer ungleichartigen Masse bekommen. Auch die ganze Lagerung und Struktur ist bei dem Ton viel gleichartiger als bei dem Lehm. Der Ton bildet oft mehrere Schichten oder Bänke übereinander, deren jede wie aus einem Guß erscheint, während der meist in einer einzigen Schicht abgelagerte Lehm ein regelloses Durcheinander von Ton, grobem und feinem Sand und Steinen darstellt. Endlich ist noch hervorzuheben, daß im ausgetrockneten Zustande ein Stück Ton, abgesehen von den Röhren, die die Würmer und Wurzeln zurücklassen, ein dichtgeschlossenes, ein Stück Lehm dagegen ein lückiges Gefüge zeigt, was besonders bei der Untersuchung mit der Lupe sehr deutlich entgegentritt.

Löß. — Ein Gemenge von Ton und Sand, das einer besonderen Erwähnung verdient, ist der Löß. Diese Bodenart ist durch einen hohen Gehalt an staubförmigem Sand ausgezeichnet, der mit dem feinen Sand zusammen gegen 70% der ganzen Bodensubstanz ausmacht. Da überdies die gröberen Sandkörner und Steine ganz fehlen oder doch an Menge sehr zurücktreten, so wird der Löß in bezug auf Gleichmäßigkeit und Feinheit des Kornes dem Tonboden ähnlich. Trotzdem lassen sich Ton und Löß durch folgende Kennzeichen leicht voneinander unterscheiden.

Der Löß fühlt sich rauh und mager an, der Ton schlüpfrig und fett. Der trockene Ton läßt sich mit dem Fingernagel glätten

*) Zuweilen kommen Kristalle von Gips, von Quarz oder von Schwefelkies im Tone vor. Gesteinsstücke gelangen manchmal auf die Weise in ein Tonlager, daß sie von verwitterten Felswänden herabstürzen. Der durch Verwitterung entstandene Ton enthält oft noch Reste seines Muttergesteins.

und glänzen, der Löß nicht. Der Löß besitzt eine viel geringere Zähigkeit und Formbarkeit als der Ton. Im trockenen Zustande läßt sich der Löß leicht krümeln, der hartgetrocknete Ton dagegen läßt sich gar nicht krümeln, sondern nur schwer in scharfkantige Stücke zerbrechen.

Ein wichtiges Kennzeichen des Lößbodens ist seine eigentümliche Struktur (Auf- und Aneinanderlagerung der Bestandteile), der zufolge er in 5—10 m hohen Wänden, an Hohlwegen z. B., senkrecht stehen bleibt, ohne sich abzuböschten oder einzustürzen. Dies ist nur möglich, wenn die ganze Lößmasse luftig und porös aufgebaut und, obwohl wenig gebunden, doch widerstandsfähig gegen Druck ist, wenn sie zugleich das Wasser leicht und gleichmäßig in die Tiefe sinken und andererseits auch leicht und gleichmäßig nach oben und außen verdunsten läßt, ohne sich hierbei im einzelnen und im ganzen weder merklich auszudehnen, noch zusammenzuziehen.

Der Ton verhält sich in allen diesen Beziehungen wesentlich anders. Er ist dicht gefügt, undurchlässig, wasserhaltend und sehr widerstandsfähig gegen die Verdunstung. Er dehnt sich in der Nässe ebenso stark aus, wie er in der Dürre schwindet. Er wird niemals locker und luftig, sondern in der Nässe schmierig und kotig, in der Dürre hart und fest wie Stein und zugleich von tiefen Rissen und Spalten durchsetzt.

Hiernach sind Löß und Ton so scharf voneinander unterschieden, daß eine Verwechslung füglich nicht möglich ist.

Letten. — Ja, was ist Letten? — In den Büchern findet man sehr abweichende Antworten auf diese Frage. Man wendet sich daher am besten an die Natur und sieht sich namentlich den Boden an, wie er beim Drainieren zum Vorschein kommt. Man wird dann nicht selten eine Bodenschicht treffen, die naß ist und stark an dem Spaten anklebt. Gewöhnlich ist das der sog. Letten. Wie ist die Bodenart nun näher beschaffen? Da sie stark anklebt, so muß sie reichlich Ton enthalten. Aber da sie naß ist, so kann sie nicht ganz so undurchlässig sein, wie der fette und steife Ton, denn eine solche Schicht wird auf ihrer natürlichen Lagerstätte im Untergrunde zwar feucht, aber niemals eigentlich naß und breiig, selbst wenn das Wasser unmittelbar über und unter ihr steht. Andererseits kann der Letten aber auch nicht so durchlässig sein, wie der gemeine steinhaltige Lehm, denn wir sehen beim Drainieren

häufig, daß der Letten es ist, der das Wasser anhält. Folglich steht der Letten zwischen richtigem Ton und richtigem Lehm in der Mitte, er ist ein Gemenge von Ton und sehr feinem Sand, das man entweder als einen fetten Lehm oder als einen mageren Ton auffassen kann. Beides kommt ziemlich auf eins heraus; doch ziehe ich es vor, den Letten zu den Tonböden zu rechnen, da ihm die Steine und groben Sandkörner fehlen, und da er in seinen ganzen Eigenschaften mehr mit dem Ton als mit dem Lehm übereinstimmt.

Der Begriff Letten schließt das Nass- und Kotige mit ein, denn wie unser Lehm von dem lateinischen limus, so kommt unser Wort Letten her von dem lateinischen lutum, und das bedeutet kotige, breiige Erde. Im Rheintal, von Sargans abwärts bis zum Bodensee findet sich der Letten in großer Ausdehnung; er wird dort im Volksmund ganz richtig Rheinletten genannt.

Der Letten ist also ein nasser oder wasserfüchtiger, leicht zerfließlicher, sandiger Ton.

Sandiger Lehm und lehmiger Sand. — Die Gemenge von Ton und Sand, die man als sandigen Lehm und lehmigen Sand bezeichnet, stehen einander sehr nahe. Dennoch gibt es ein einfaches Kennzeichen, mittelst dessen sie der Geübte ziemlich sicher unterscheiden kann. Der sandige Lehm läßt sich nämlich noch zu einer Kugel ballen; der lehmige Sand dagegen nicht, indem hier die Kugel trotz alles Knetens und Drückens immer wieder platzt, weil das Bindemittel, der Ton, in zu geringer Menge vorhanden ist.

Bedeutung der einfachen Bodenuntersuchung. — In den meisten Fällen werden die eben besprochenen einfachen Kennzeichen und Unterscheidungsmerkmale ausreichen, um nicht allein die reineren Sand- und Tonböden, sondern auch die aus Ton und Sand gemengten Bodenarten (Lehm, Löß, Letten, sandigen Lehm und lehmigen Sand) zu bestimmen, d. h. auf ihren Gehalt an Ton und Sand annähernd richtig zu beurteilen, und ich betone ausdrücklich, daß diese einfache Art der Untersuchung, die sich auf den Gebrauch der Sinne: Gesicht, Gefühl und Geruch stützt, für die praktische Bonitierung und Wertschätzung des Bodens die allergrößte Bedeutung hat. Denn diese einfache Untersuchung gestattet, an vielen Stellen des Ober- und Unter-

grundes eine Probe zu nehmen, deren Bestimmung in einigen Minuten abgetan ist, während jede andere feinere und genauere Untersuchung schon deshalb, weil sie viel Zeit erfordert, also kostbar wird, denn Zeit ist Geld! — auf eine geringere Anzahl von Proben beschränkt werden muß.

Schon lange hat man es erkannt und ausgesprochen, daß die Schlüsse, die man aus der noch so genauen Untersuchung einiger wenigen Proben auf die Zusammensetzung eines ganzen großen Feldes zu ziehen wagt, unsicher und trügerisch sind.

Wäre der Boden auf größere Strecken gleichmäßig zusammengesetzt, dann stände die Sache anders; aber bekanntlich wechselt die Zusammensetzung, besonders im Gebirgslande, auf kurze Entfernungen, genau genommen, mit jedem Schritt.

Darum ist bei der Bodenuntersuchung an dem Grundsatz festzuhalten: Je mehr Proben, desto mehr Sicherheit. Diesem Grundsatz kann aber die Untersuchung in dem Grade besser nachkommen, als sie weniger Zeit erfordert. Eben deshalb hat die besprochene einfache Art der Bodenuntersuchung so großen Wert, zumal da sie uns nötigt, den Boden auf seiner natürlichen Lagerstätte und in seinem natürlichen Zustande draußen im Freien zu betrachten, wo wir die Gesamtheit der Verhältnisse zu überblicken und zu würdigen imstande sind.

Die mechanische Analyse und das Schlämmen des Bodens. — Daneben ist aber die genauere Untersuchung, wie sie durch die mechanische Analyse und das Schlämmen des Bodens bezweckt wird, nicht zu unterschätzen. Denn soviel muß von vornherein bedingungslos zugegeben werden, daß wir durch eine Zerlegung des Bodens in seine Bestandteile einen besseren Einblick in seine Zusammensetzung erlangen als durch jene einfache Art der Untersuchung. Nur werden wir aus den eben hervorgehobenen Gründen die feinere Untersuchung auf die Fälle beschränken, in denen jene einfache Untersuchung mittelst der Sinne nicht ausreicht, und wir werden auch hier die Methoden vorziehen, die mit den einfachsten Apparaten in der kürzesten Zeit das vollkommenste Resultat zu liefern vermögen.

Das gilt, alles zusammengerechnet, von keiner andern in dem Maße mehr, als von der Untersuchungsmethode, die ich bei meinem hochverehrten Lehrer Julius Kühn kennen gelernt und seither immer

beibehalten habe, obwohl mir andere Methoden nicht unbekannt geblieben sind.

Da indessen auch das von Kühn erdachte Verfahren immerhin schon mehrere Stunden Zeit zur Beendigung einer Untersuchung erfordert, also nicht auf eine große Zahl von Proben ausgedehnt werden kann, so ist es vor allem unerlässlich, bei der Auswahl der Proben mit Umsicht und Überlegung zu Werke zu gehen. Hieraus ergibt sich von selbst, daß die mechanische Analyse die besprochene einfache Untersuchung des Bodens mit Hülfe der Sinne schlechterdings zur Voraussetzung hat, denn wer nicht weiß, wie, wo und warum er eine Bodenprobe nehmen soll, der kann sich mit der mechanischen Analyse vielleicht auf angenehme Weise die Zeit vertreiben, einen wissenschaftlichen oder praktischen Erfolg wird er dagegen nicht erzielen. „Das Experimentieren ohne Verständnis und ohne klar durchschauten Zweck wird gar leicht zur nutzlosen Spielerei. Namentlich hat sich der junge, unerfahrene Landwirt vor derartigen Beschäftigungen zu hüten, solange er nicht auf einer tüchtigen landwirtschaftlichen Schule vor allen Dingen die nötigen Vorkenntnisse sich erworben, nächstdem aber auch eine sachgemäße und gründliche Anleitung zu solchen praktischen Arbeiten genossen hat.“ Das habe ich schon im Jahr 1873 gesagt, und es paßt auch noch heute.

Bei der Entnahme der Probe zum Zweck der mechanischen Analyse muß nächstdem als strenger Grundsatz gelten: Jede Probe wird für sich gefaßt und für sich untersucht. Auch dies habe ich schon früher gesagt und will es heute noch schärfer betonen, weil in der Literatur immer wieder das Gegenteil empfohlen wird. Eine Vermengung mehrerer Proben, die von verschiedenen Stellen des Feldes genommen werden, in der Absicht, durch Herstellung einer „Mittelprobe“ die Untersuchung abzukürzen, hat keinen Sinn und Zweck. Entweder sind nämlich die Feldproben nach dem Ansehen und Anfühlen usw. untereinander gleich oder sehr ähnlich zusammengesetzt, dann ist es von vornherein überflüssig, mehrere Proben nach Hause zu schleppen, weil ja in diesem Fall eine einzige vollkommen genügt. Oder aber die Feldproben erweisen sich nach dem Ansehen und Anfühlen usw. als ungleich zusammengesetzt, dann müssen sie auch getrennt gefaßt und getrennt untersucht werden, weil sonst in der durch Vermengung erzeugten „Mittelprobe“ eine Zusammensetzung hergestellt wird, die in Wirklichkeit an keiner Stelle des

Feldes vorkommt. Also wohlgemerkt: Soviel Proben, soviel Einzeluntersuchungen!

Die mit einer kleinen Handschaufel aufgenommene Probe wird am besten in ein dichtes Leinwand- oder Drillischäckchen getan, das ungefähr 1 l Erde faßt. Größere Steine und Wurzeln bleiben auf dem Felde zurück, indem wir uns über den Steingehalt des Bodens, wie S. 109 angegeben, an Ort und Stelle zu orientieren suchen. Selbstverständlich wird bei jeder Probe notiert, von welcher Stelle und aus welcher Tiefe sie genommen ist, was nötigenfalls ein Einmessen der Probegrube nach der Karte usw. erfordert.

Zu Hause wird die Probe, gröblich zerbröckelt, solange vorgetrocknet, bis sich die Erde leicht mit den Fingern zerkrümeln läßt. Der hierzu nötige mittlere Zustand zwischen Trockenheit und Feuchtigkeit ist sorgfältig wahrzunehmen. Ein gewaltsames Zerstampfen der etwa hartgetrockneten Brocken in einem Mörtel ist nicht gestattet, weil dabei eine Zerkleinerung der Steinchen und Sandkörner eintreten würde.

Von der zerkrümelten, noch etwas feuchten Erde dient ein Teil A zur Bestimmung des Steingehaltes des Gesamtbodens, ein anderer Teil B zum Schlämmen der Feinerde. Durch diese Teilung des Materials wird Arbeit und Zeit gespart. Die beiden Teile werden auf folgende Weise behandelt.

A. Bestimmung des Steingehaltes des Gesamtbodens.

Die Bodenprobe A wird auf einem Bogen Papier oder in einer Schüssel flach ausgebreitet und an der Sonne oder in dem Bratofen oder in der Ofenröhre solange getrocknet, bis die Brocken durch und durch ausgetrocknet sind, was man daran erkennt, daß die Brocken im Innern ebenso hell sind als außen (der feuchte Boden hat bekanntlich eine dunklere Farbe). Mit einem Wort: die Bodenprobe muß in den „lufttrocknen“ Zustand übergeführt werden.

Von dem lufttrocknen Gesamtboden wägt man ein bestimmtes, nicht zu kleines Gewicht (200 g) ab, schlägt die Erde durch ein 5 Millimeter-Sieb, wäscht die im Siebe zurückbleibenden Steine mit Wasser und einem Borstenpinsel sauber ab, entfernt die Wurzeln usw., läßt die Steine trocknen und wägt sie. Die Feinerde, die mit dem Wasser durch das Sieb geht, gießt man fort, da es zu umständlich ist, sie zu trocknen; ihr Gewicht ergibt sich aus der Differenz.

Zum Beispiel:

	Gramm	Prozent
Gewicht des lufttrocknen Gesamtbodens	= 200	= 100
Gewicht der lufttrocknen Steine	= 94	= 47
Differenz: Gewicht der abgeseihten Feinerde	= 106	= 53

Der Gesamtboden enthält also 47% Steine und 53% sog. Feinerde.*)

B. Schlämmen der Feinerde. — Der andere Teil B des Gesamtbodens wird im zerkrümelten, noch etwas feuchten Zustande ebenfalls durch ein 5 Millimeter-Sieb geschlagen. Hier werden aber die im Siebe zurückbleibenden gröberen Materialien: Steine, Wurzeln, Insektenleichen usw. einfach beseitigt. Die geringe Menge Feinerde, die an den Steinen hängen bleibt, kann vernachlässigt werden. Die abgeseimte Feinerde, um deren Untersuchung es sich jetzt allein handelt, wird ebenso, wie vorhin angegeben, in den „lufttrocknen“ Zustand übergeführt.

Von der lufttrocknen Feinerde wägt man 25 g genau ab.**)

Der Rest wird für nötige Kontrolluntersuchungen usw. in einer ganz trocknen Flasche aufbewahrt, wobei das Etikettieren nicht zu vergessen ist. Es empfiehlt sich überdies, einen Teil der ursprünglichen, nicht geseihten Probe des Gesamtbodens zur Anlegung einer Bodensammlung zu verwenden.

Die abgewogene Feinerde, mit gewöhnlichem reinem Wasser in eine genügend große Porzellschale getan, muß nun durch $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ stündiges Kochen unter fleißigem Umrühren und sanftem Zerdrücken der Brocken mit einem glatten Stabe von Glas oder Hartholz in einen feinen Brei verwandelt werden mit der Vorsicht, daß von den abgewogenen 25 g durch Überkochen, Heraus-spritzen usw. nicht das geringste verloren geht. Tritt durch Ungeschicklichkeit oder sonst auf eine Weise irgend ein Verlust ein, so fängt die Arbeit unbedingt mit einer neuen Probe von vorne an. Dieser Grundsatz gilt unerbittlich auch für alle folgenden Operationen.

*) Unter „Feinerde“ ist hier das Material zu verstehen, das durch ein 5 Millimeter-Sieb gefallen ist, das also außer den feinsten Teilchen möglicherweise auch Kies, Grand, Sand enthält.

**) Nimmt man 50 g, so erfordert das Schlämmen die doppelte Zeit.

Der Kühn'sche Schlämmzylinder. — Die völlig aufgeweichte und fein zerteilte Bodensubstanz kommt in den Kühn'schen Schlämmzylinder. Dieser Schlämmapparat (Abb. 10) ist ein einfaches zylindrisches Gefäß von 26 cm Höhe und 8,5 cm lichter Weite, 4 cm über dem Boden mit einem Ausfluß (Tubulus) versehen, der mit einem eingeschliffenen Glas- oder mit einem Kautschuk- oder Korkstopfen verschlossen werden kann.

Es wird nun Wasser aufgefüllt bis zur Marke, die 3,5 cm vom oberen Rande entfernt ist, und darauf mit einem glatten Hartholzstabe gründlich und gleichmäßig umgerührt. Dann läßt man das Gefäß 15 Minuten lang ruhig stehen. — In dieser Zeit setzen sich die Steinchen und Sandkörner ab, die Tonteilchen usw. bleiben dagegen schwebend in dem Wasser, das nun samt den feinsten Teilchen durch den Ausfluß abgelassen wird. *) Dann wird von neuem Wasser aufgefüllt, umgerührt und wieder nach 15 Minuten abgelassen, und diese Operation so oft (wenn nötig 10mal) wiederholt, bis das 15 Minuten lang ruhig gestandene Wasser nicht mehr trübe, sondern klar erscheint. Daran erkennt man, daß sämtliche Tonteilchen usw. herausgeschlämmt sind. **) Damit ist die eigentliche Schlämmoperation

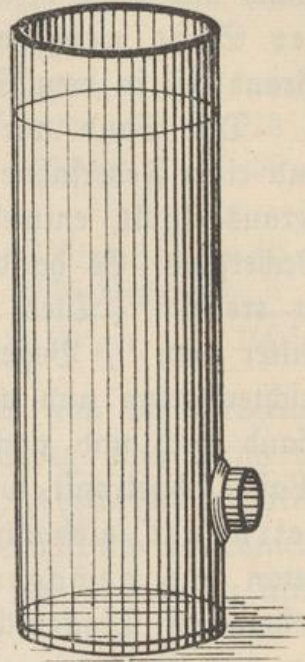


Abb. 10.
Schlämmzylinder.

*) Um Sandverlust zu vermeiden, muß der Stopfen mit der Innenwand des Schlämmglases genau abschneiden und gut passen und schließen, aber doch bequem heraus- und hineingedreht werden können. Diese Forderungen sind indessen schwer oder gar nicht zu erfüllen, wenn die Ausflußöffnung schlecht gebohrt oder wenn der Tubulus schlecht angelegt ist. Ich habe deshalb den Tubulus ausschleifen und mit einem eingeschliffenen Glasstopfen versehen lassen, den man, wenn er zerbricht oder verloren geht, immer noch durch einen gut passenden Kautschuk- oder Korkstopfen ersetzen kann. Die Höhe des Zylinders habe ich 3 cm niedriger genommen und die Zeit des Stehenlassens auf 15 Minuten ausgedehnt. Dadurch wird eine genauere Scheidung des Dur- und Mollgesteins erzielt.

**) Zuweilen wird das Wasser überhaupt nicht hell und durchsichtig, sondern es bleibt weißlich, gelblich oder bräunlich trübe. Nach einiger Übung erkennt man trotzdem leicht, wann die abschlämmbaren Teile entfernt sind.

beendigt: die abschlämmbaren, mollenen Teile, zuweilen nur aus Ton, zuweilen aber auch aus Ton, Humus, mikroskopisch feinem Sand und Kalk bestehend, sind alle mit dem Wasser ausgeflossen, der Sand nebst den gröberen Gesteinsresten (Kies, Grus, Grand) ist in dem Schlämmglass zurückgeblieben.

Der Sand wird nun unter Zuhülfenahme einer Spritzflasche und einer Federfahne vorsichtig und sauber aus dem Schlämmsylinder herausgespült, entweder direkt auf ein Filter oder zunächst in ein Becherglas. Es handelt sich jetzt darum, den Sand von dem Wasser zu trennen. Dies geschieht am besten durch Filtrieren. Das Filter (von $\frac{1}{4}$ Bogen geschnitten) wird in einen Glas- oder Blechtrichter getan und angefeuchtet, damit es dicht anliegt, alsdann der Sand nach und nach ohne Verlust darauf gegeben. Nachdem das Wasser abgetropft, wird der ruhig in dem Trichter verbleibende Sand getrocknet, alsdann von dem Filter in eine kleinere Porzellanschale getan und gewogen. — Der Chemiker hat zum Trocknen einen besonderen Trockenschrank oder auch einen kupfernen Trockenkasten, der mit einem doppelten Boden, mit einer Tür und einem Thermometer versehen durch eine Gas- oder Spiritusflamme geheizt wird. Auf dem Lande muß man sich meistens mit dem Bratofen, mit der Ofenröhre oder mit der Sonnenwärme behelfen.

Nun folgt, unter Benutzung eines handlichen Siebsatzes mit runden Löchern von 2, 1, $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{5}$ mm, das Zerlegen des Sandes in die verschiedenen Korngrößen,*) endlich das Wägen der einzelnen Sortimente auf einer genauen Wage mit Horn- oder Nickelschalen, und dann läßt sich das Resultat in Zahlen zusammenstellen. Zur Erläuterung diene folgendes Schulbeispiel.

Gewicht der lufttrocknen, abgeseibten Feinerde . . .	= 25 g
Sand usw. im Schlämmsylinder zurückgeblieben . . .	= 13 g
Folglich abgeschlämmt	= 12 g.

*) Bei dem Absieben des Sandes muß man die zusammengetrockneten Bröckchen mit einem Hartholzstabe zerdrücken und die Geduld nicht verlieren, wenn das feinste Sieb an der Reihe ist, denn die Arbeit mit ihm erfordert 1—2 Stunden Zeit. Diese Zeit wird erspart, wenn man darauf verzichtet, den Sand unter $\frac{1}{2}$ mm weiter zu zerlegen; aber in vielen Fällen ist es gerade von Wichtigkeit zu wissen, wieviel staubförmigen Sand (unter $\frac{1}{5}$ mm) der Boden enthält. Jeder mechanische Vorteil ist mit einem mechanischen Nachteil verknüpft.

Ergebnis der Einzelwägungen nach dem Sieben des Sandes.

Zusammensetzung der Feinerde.

1. Kies	von 5—2 mm Größe =	0,75 g oder =	3%
2. Grand	" 2—1 " "	= 0,25 " "	= 1 "
3. Grober Sand	" 1— $\frac{1}{2}$ " "	= 1,00 " "	= 4 "
4. Feiner Sand	" $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$ " "	= 3,25 " "	= 13 "
5. Staubbörmiger Sand unter $\frac{1}{5}$ " "		= 7,50 " "	= 30 "
6. Ton usw., mikroskopisch klein, abge-			
schlämmt		= 12,00 " "	= 48 "
Verlust durch Verstäuben usw.		= 0,25 (höchstens) =	1 "
		25,00 g	100%

Die in der letzten Reihe stehenden Zahlen sind die Prozente der Feinerde. Da unser Boden nicht durchweg aus Feinerde bestand, sondern 47% Steine und nur 53% Feinerde enthielt, so müssen wir vorstehende Zahlen auf dieses Verhältnis umrechnen. Nach dieser Umrechnung (die nach dem Ansatz $100:3 = 53:x$ usw. geschieht) ergibt sich folgende

Zusammensetzung des Gesamtbodens.

1. Steine	über 5 mm Größe =	47,00%
2. Kies	von 5—2 " "	= 1,59 "
3. Grand	" 2—1 " "	= 0,53 "
4. Grober Sand	" 1— $\frac{1}{2}$ " "	= 2,12 "
5. Feiner Sand	" $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{5}$ " "	= 6,89 "
6. Staubbörmiger Sand	unter $\frac{1}{5}$ " "	= 15,90 "
7. Ton usw., mikroskopisch klein, abgeschlämmt		= 25,44 "
Verlust durch Verstäuben usw.		= 0,53 "
		100,00%

Erst in diesen Zahlen kommt das Resultat der mechanischen Analyse und die Zusammensetzung des Gesamtbodens richtig zum Ausdruck. Es ist daher unumgänglich notwendig, die Zusammensetzung der Feinerde und die Zusammensetzung des Gesamtbodens scharf auseinanderzuhalten.

Sedimentierrohren. — Für genauere quantitative Bestimmungen ist der Kühn'sche Schlämmsylinder nebst den dazugehörigen Sieben unentbehrlich. Handelt es sich, wie es in der landwirtschaftlichen Praxis oft vorkommt, um einen raschen Überblick über den relativen Gehalt an groben und feinen Bestandteilen

bei einer größeren Zahl von Bodenproben, dann kann man, statt der Schlammflasche von Bennisgen, einfache Sedimentierröhren benutzen.

Man läßt sich 10, 20 oder 30 Glasröhren von 12 oder 15 cm Länge und 2 cm Weite schneiden. Um vergleichbare Resultate zu erhalten, muß die lichte Weite bei allen Röhren gleich sein.

Zum Zweck des Schlämmens wird zunächst eine dieser kurzen Sedimentierröhren an dem untern Ende fest verforrt und durch ein passendes Stück Kautschuk mit einer gleich weiten, aber etwa 30 cm langen Glasröhre in Verbindung gebracht. Von der lufttrocknen, von den größeren Steinen und Wurzeln befreiten Bodenprobe wägt man 10 g ab, zerteilt sie, wenn nötig, durch Kochen oder Einweichen in Wasser und spült sie mit Hülfe eines Trichters in die zusammen-
gesetzte Glasröhre. Nachdem diese auch am oberen Ende fest verforrt worden, schüttelt man Wasser und Erde kräftig durcheinander, hält dann die Röhre annähernd senkrecht und unterstützt das Sedimentieren eine Zeitlang (5—10 Minuten) durch pendelförmiges schnelles Hin- und Herbewegen der Glasröhre zwischen den Fingern, zu dem Zweck, die feinen Teilchen, die von den gröberen, geschwinde fallenden Körnern hinabgerissen werden, von diesen zu befreien und so ein gleichmäßiges Absetzen einzuleiten, was trotzdem beim besten Willen nicht immer gelingt. Darauf stellt man die Glasröhre möglichst genau senkrecht in ein Gestell und läßt sie ruhig stehen.

Wenn sich die Bodenteilchen genügend abgesetzt haben, nimmt man die obere lange Röhre nebst dem Kautschukrohr vorsichtig ab und kann auch das klare Wasser aus der unteren Sedimentierröhre über dem abgesetzten Schlamm mit einer Pipette oder einem dünnen Glasröhrchen abziehen.

Das Absetzen von Kies, Grand und Grobsand geschieht sofort, bei dem staubförmigen Sand ist es längstens in 30 Minuten beendet; bei den mikroskopisch feinen Tonteilchen sind dagegen oft 24—48 Stunden, zuweilen sogar mehrere Tage und selbst Wochen und Monate zu dem vollständigen Absetzen und Zusammensacken erforderlich.

Behandelt man die andern Bodenproben in derselben Weise, so hat man schließlich in jeder Sedimentierröhre das Material mehr oder weniger regelmäßig nach der Korngröße geordnet,

anschaulich vor Augen. Die Sedimentierrohre bieten noch die Annehmlichkeit, daß man die geschlämmten Bodenproben beliebig lange in ihnen aufbewahren und immer wieder betrachten und vergleichen kann.*)

Anwendbarkeit der mechanischen Analyse. — Die mechanische Analyse und das Schlämmen des Bodens läßt sich bei allen Sand- und Geradböden, Ton- und Leimböden, Kalk- und Mergelböden, also gerade bei den Bodenarten, mit denen es der Landwirt gewöhnlich zu tun hat, in der Weise anwenden, wie wir es vorhin besprochen haben.

Bei den Grus- und Kiesböden, namentlich bei solchen, die augenscheinlich ganz überwiegend aus größerem Gesteinsmaterial bestehen, ist die mechanische Analyse zwar ebenfalls anwendbar, doch wird es hier meist genügen, um den Gehalt an Feinerde zu erfahren, eine größere Probe (mindestens 1 l) mäßig zu trocknen, durch ein 5-Millimeter-Sieb, ohne Beihülfe von Wasser, in Steine und Feinerde zu trennen und beide Teile zu wägen oder zu messen.

Bei den Humusböden, die viel unzersehte Pflanzenteile enthalten, kann man in ähnlicher Weise verfahren. Doch hat die mechanische Analyse und das Schlämmen eines Bodens, der augenscheinlich nur aus Pflanzenfasern besteht, wie z.B. manche Schichten

*) Vor mehreren Jahren überlieferte mir Herr Oberingenieur Sikorski aus Lemberg einen Schlammapparat, der eine Kombination der Schlammflasche von Bennisen mit dem Kühn'schen Schlammzylinder darstellt. Ich hielt mit meinem Urteil zurück. Da aber der Apparat neuerdings, 1903, in der „Anleitung zur einfachen Untersuchung und Beurteilung landw. wichtiger Stoffe“, von Siats beschrieben und empfohlen wird, so sehe ich mich genötigt, darauf zurückzukommen. Der Schlammzylinder von Kühn ist einfach, solid und handlich, und er liefert brauchbare Resultate. Das ist bei der Schlammflasche von Sikorski nicht der Fall, weil, abgesehen von anderen Fehlerquellen, die im Glase zurückbleibenden Bodenbestandteile nicht gewogen, sondern gemessen werden. Die Erfindung dieses unglücklichen Zwitterdings veranlaßte mich, die in der 2. Auflage meiner „Praktischen Bodenkunde“ abgebildete und beschriebene Schlammflasche von Bennisen schon in der 3. Auflage fortzulassen und durch die Sedimentierrohre zu ersetzen, die nicht mit einer Maßeinteilung versehen sind, um nicht den Anschein der Genauigkeit zu erwecken, die doch nicht zu erreichen ist.

des Moostorfes, kaum einen Zweck. Auch bei den modrig-erdigen Humusböden werden wir meist auf einem anderen Wege (durch Abglühen der Humussubstanz) schneller zum Ziele kommen als durch die mechanische Analyse.

Bedeutung und beschränkte Leistung der mechanischen Analyse. — Werden die Proben, was unerläßliche Bedingung ist, von sachverständigen, praktischen Männern ausgewählt und untersucht, so unterliegt es keinem Zweifel, daß uns die mechanische Analyse viele wichtige Anhaltspunkte zur Beurteilung der Bodenbeschaffenheit zu gewähren vermag, daß sie unter jener Bedingung namentlich auch ein Mittel ist, um für die statistischen Verhältnisse eines Landes, soweit sie den Grund und Boden betreffen, wertvolles Material zu erhalten.

Bei gegebener geographischer und örtlicher Lage und bei bekannten Lagerungsverhältnissen eines Grundstücks gewinnen wir mit der Kenntnis des Mischungsverhältnisses der gröberen und feineren Bodenbestandteile ein ziemlich sicheres Urteil darüber, wie sich der Boden bei der Bearbeitung verhalten wird, wie er sich verhalten wird gegen Wasser und Wärme, wie gegen den Dünger in fester und flüssiger Form (Zersetzung, Absorption), wie gegen das Eindringen der Luft ußf. Kurz, es läßt sich eine Menge in agronomischer Beziehung wichtiger Eigenschaften des Bodens aus dem prozentischen Gehalt an gröberen und feineren Bestandteilen ableiten.

Nachstehendes Schema wird vielleicht dazu dienen, das oben Gesagte einigermaßen anschaulich zu machen:

Besteht der Boden überwiegend aus

abschlammbaren tonigen Teilen, nicht abschlammbaren gröberen Teilen,

so nennen wir ihn

a) in bezug auf Bearbeitung	schwer	leicht
b) " " " Bündigkeit	fest	lose
c) " " " Gefüge	dicht	lückig
d) " " " Feuchtigkeit	undurchlassend	durchlassend
e) " " " Wärme	kalt	hitzig
f) " " " Tätigkeit	untätig	übertätig

usw.

Eben deshalb, weil die gröberen und die feineren Bestandteile so verschieden, in vielfacher Beziehung sich geradezu entgegengesetzt

verhalten, ist die mechanische Analyse, die uns über das quantitative Verhältnis unterrichtet, so wertvoll und brauchbar.

Immerhin ist die Leistung der mechanischen Analyse insofern beschränkt, als sie den Boden nur in seine mechanischen Gemengteile, nicht auch in seine chemischen Bestandteile zu zerlegen vermag.

Schon mit bloßem Auge erkennen wir in den nicht abschlämmbaren Teilen, bestehend aus Grus, Kies, Grand und Sand verschiedene Mineralien und Gesteine, z. B. Quarzkörner, Feldspatstückchen und Glimmerblättchen, oder Trümmer und Gerölle, z. B. von Granit oder Gneis, in denen die eben genannten drei Mineralien zu einer Gesteinsmasse vereinigt vorkommen usw.

So sind auch die abschlämmbaren Teile häufig ein Gemenge von verschiedenen Substanzen. Wir können uns hiervon überzeugen, wenn wir etwas von dem abgeschlämmten Material unter der Lupe oder unter dem Mikroskop betrachten. Nach der Farbe und Lichtbrechung sowie nach der Form und Größe können wir beurteilen, ob wir es mit chemisch verschiedenen oder gleichen Stoffteilchen zu tun haben. Noch sicherer wird unser Urteil, wenn wir chemische Reagentien und den Mikromillimeter-Maßstab bei der mikroskopischen Untersuchung benutzen, was wir hier indessen nur andeuten können, ohne näher darauf einzugehen. Nur möchten wir bei dieser Gelegenheit auf die Bedeutung des Mikroskopes dieses unentbehrlichen Hausgerätes für den mit der Welt fortschreitenden Landwirt, auch für die Bodenuntersuchung aufmerksam machen (vgl. S. 89).

Die genauere Untersuchung lehrt, daß die abschlämmbaren Teile aus Ton, Humus, mikroskopisch feinem Sand, Kalk u. a. Substanzen bestehen können. In der Mehrzahl der Fälle ist der Ton überwiegend; es kommt aber auch vor, daß der Humus oder der Sand überwiegt, und zuweilen enthalten die abschlämmbaren Teile fast nichts als Kalk. Behandeln wir z. B. eine Probe von Lößmergel mit dem Kühn'schen Schlämmzylinder, so finden wir in den abschlämmbaren Teilen ein Gemenge von Ton, Kalk und Kieselmehl; und in dem Schlamm, der bei den Züricher Raibauten im Sommer 1883 aus dem See gebaggert und zur Auffüllung verwandt worden ist, bestehen die abschlämmbaren und übrigens

auch die im Schlammglase zurückbleibenden Teile fast durchweg aus Kalk.

Wir dürfen daher, sofern wir uns nicht täuschen wollen, auf die mechanische Analyse uns nicht allein verlassen, sondern wir müssen jene einfache Untersuchung, die sich auf den Gebrauch der Sinne stützt, immer mitbenutzen und außer der mikroskopischen namentlich auch die chemische Untersuchung mit zu Hülfe nehmen. In erster Linie kommt hierbei die Ermittlung des Kalkes und des Humus in Betracht. Wir wollen deshalb jetzt die chemische Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Kalk und Humus besprechen, beschränken uns aber auch hier wieder auf die Methoden, die möglichst einfach und dabei doch möglichst zuverlässig sind, indem wir die komplizierteren und allerdings auch genaueren Methoden dem Chemiker von Fach überlassen.

3. Die Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Kalk.

Der Kalk findet sich im Boden im steinigen, im sandig-förnigen und namentlich auch im erdigen oder molligen Zustande. Es gibt einige sinnliche Merkmale, die zur Erkennung des Kalkes dienen. Zerschlägt man Trümmer oder Gerölle von dichtem Kalkstein, so zeigt sich ein muscheliger Bruch, und die frische Bruchfläche läßt sich mit der Messerspitze, nicht aber mit dem Fingernagel ritzen. Der Kalksand ist weniger hart und nicht so glänzend als der Quarzsand oder gemeine Sand, der wegen seiner Härte zwischen den Zähnen ein sehr unangenehmes Gefühl verursacht, während der weichere Kalksand unsere Zahnnerven viel weniger beleidigt. Und der erdige Kalk besitzt weder den Geruch noch die Formbarkeit des Tons.

Mit diesen Merkmalen können wir den reinen Kalk ziemlich sicher von anderen Gesteinen und Erdarten unterscheiden. Reiner Kalk kommt aber, namentlich im erdigen Zustande, nur selten vor, vielmehr treffen wir ihn fast immer in Begleitung von Ton. Die sehr verbreiteten Mergelböden sind ein derartiges inniges Gemenge von Kalk und Ton, das oft auch Sand, d. h. Quarzsand, enthält. Aber auch in anderen Bodenarten, in Tonböden, in Lehm Böden, selbst in manchen Humusböden findet sich der erdige Kalk in größerer oder geringerer Menge sehr häufig. Wir können dann zwar aus dem

Verhalten des Bodens bei der Bearbeitung, bei dem Abtrocknen usw. mit einiger Wahrscheinlichkeit auf die Gegenwart des Kalkes schließen, namentlich zerfällt ein mergeliger oder kalkhaltiger Boden nach dem Auftauen aus dem Winterfrost in eigentümlicher Weise; noch sicherer zeigen gewisse Pflanzen, die freiwillig auf dem Boden wachsen, die Gegenwart des Kalkes an; aber diese Merkmale sind entweder nicht zuverlässig, oder sie sind nicht ausreichend, weil nicht immer und nicht überall anwendbar.

Die einfache Salzsäureprobe. — Dagegen gibt es ein chemisches Mittel, um schon einen geringen Kalkgehalt im Boden zu entdecken. Das ist Salzsäure. Gießen wir nämlich einige Tropfen Salzsäure auf eine Bodenprobe, so entsteht bei Vorhandensein von Kalk ein Aufbrausen von Kohlensäure, indem diese aus ihrer Verbindung mit dem Kalk durch die stärkere Salzsäure ausgetrieben wird. Andere starke Säuren, wie Schwefelsäure, Salpetersäure, Essigsäure, bewirken dasselbe, jedoch bedient man sich bei der Bodenuntersuchung gewöhnlich der Salzsäure.

Mit Hülfe dieses einfachen Mittels können wir bei aufmerksamer Beobachtung und nach einiger Übung in einigen Minuten über die Menge und Verteilung des Kalkes Auskunft erhalten, weil sich diese Verhältnisse aus der Art und Stärke des Aufbrausens annähernd erkennen lassen.

1. Erfolgt gar kein Aufbrausen, so beträgt der Kalkgehalt unter 1‰;
2. erfolgt ein schwaches Aufbrausen, so können wir den Kalkgehalt zu 1—2‰,
3. erfolgt ein deutliches, aber nicht langanhaltendes Aufbrausen, so können wir ihn zu 3—4‰ annehmen;
4. erfolgt ein starkes und langanhaltendes Aufbrausen, so beträgt der Kalkgehalt über 5‰; er kann dann also 20, 50, 70‰ und mehr betragen;
5. erfolgt ein gleichmäßiges Aufbrausen durch die ganze Bodenmasse, so ist der Kalk gleichmäßig verteilt; ist das Aufbrausen dagegen ungleichmäßig, d. h. bemerken wir es nur an einzelnen Punkten, so ist der Kalk in einzelnen zerstreuten Steinchen, Körnchen oder Stäubchen vorhanden;
6. waschen wir den Boden mit Hülfe eines steifen Pinsels durch ein feines Sieb von $\frac{1}{2}$ mm Maschenweite, so können wir noch

sicherer feststellen, ob der Kalk sowohl in dem gröberen als auch in dem feineren Material, oder ob er nur in diesem oder nur in jenem vertreten ist. Ebenso ist es leicht, die bei der Schlämmanalyse gewonnenen einzelnen Produkte auf ihren Kalkgehalt zu prüfen.

Um hierbei vergleichbare Resultate zu gewinnen, müssen wir zur Untersuchung immer dieselbe Verdünnung der Salzsäure und immer auch möglichst dieselbe Menge (1—2 Tropfen) verwenden. Es empfiehlt sich daher ein für allemal eine Säure zu nehmen, die zur Hälfte aus reiner konzentrierter Salzsäure und zur Hälfte aus Wasser besteht.

Die Auskunft, die wir durch diese einfache und schnelle Art der Untersuchung erhalten, wird uns in der Mehrzahl der Fälle genügen. Ist es aber, z. B. bei der Beurteilung eines Mergels von Wichtigkeit, den Kalkgehalt genauer zu kennen, so werden wir in der Regel am besten tun, wenn wir eine mit Umsicht und unter Benutzung der Salzsäure genommene Probe an die agrikulturchemische Versuchsstation einsenden.

Die genauere Kalkbestimmung. — Indessen will ich doch, um hier nicht eine Lücke zu lassen, eine Methode der Kalkbestimmung beschreiben, die an Einfachheit und Schnelligkeit nichts zu wünschen übrig läßt und auch in bezug auf Genauigkeit den Anforderungen der Praxis völlig genügt. Die Methode eignet sich zwar nur für solche Böden, die viel Kalk (über 5%) enthalten, aber gerade deshalb ist sie wertvoll, weil wir bei den Böden mit niedrigem Kalkgehalt (unter 5%), wie oben angedeutet, mit der einfachen Salzsäureprobe uns zur Not behelfen können.

Unerläßliche Bedingung ist aber der Besitz einer feineren Wage und genaues Wägen. Am besten eignet sich hierzu eine sog. Präzisionswage mit Balkenarretierung und 200 g Tragkraft, deren Beschaffung ohne oder mit Glaskasten eine Auslage von 38 oder 48 M benötigen würde. Aber es genügt allenfalls auch eine kleine Handwage mit feinen Horn- oder Nickelschalen, die man für 5—7 M haben kann. Die Tragkraft ist bei dieser zweckmäßig 100—150 g und der Durchmesser der Schalen 9 cm. Mit dieser wie mit jener Wage läßt sich bei der nötigen Sorgfalt auf $\frac{1}{100}$ g genau wägen, und das ist für die Kalkbestimmung und für alle sonstigen landwirtschaftlichen Untersuchungen ausreichend. Zu der

Wage gehört auch ein vernickelter Gewichtssatz mit 200, 20, 2, 0,2, 0,02, 0,002 Grammgewichten, der 10 M kostet. *) Wer sich häufiger mit derartigen Untersuchungen beschäftigen will, wird immerhin besser tun, sich eine Präzisionswage anzuschaffen. Übrigens ist es mit dem Wägen wie mit dem Schießen. Ein feiner Schütze trifft auch mit einer ordinären Büchse ins Schwarze; wer dagegen das Laden und Zielen nicht versteht, der knallt auch mit der besten Büchse in den Wind.

Zum Zweck der Kalkbestimmung wird von dem lufttrocknen Boden eine kleine Menge in einem Mörser von Porzellan oder Achat (zur Not tut's auch ein gewöhnlicher Küchenmörser) fein zerstoßen und von der gepulverten Erde ein bestimmtes Gewicht auf einem sauberen und trocknen Uhrglas genau abgewogen. Bei Mergelboden nimmt man 5 g, bei Kalkboden genügen 2—3 g. **)

Alsdann wird in ein gewöhnliches, aber ebenfalls sauberes und trockenes Medizinfläschchen mit Hülfe eines Glastrichters soviel Salzsäure gegossen, daß sie reichlich einen Centimeter hoch in dem Fläschchen steht. ***) Die Salzsäure soll auch hier zur Hälfte aus konzentrierter Salzsäure und zur Hälfte aus Wasser bestehen. So gefüllt kommt das Fläschchen, nach Beseitigung des Trichters, auf die Wage. Man wägt wiederum genau und notiert das Gewicht.

Nun tut man die Erde nach und nach von dem Uhrglas in das Fläschchen, indem man immer eine ganz kleine Messerspitze voll nimmt und sorgfältig darauf achtet, daß nichts von der

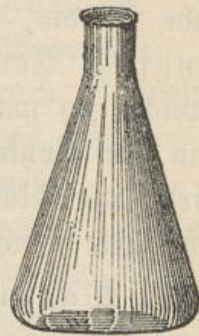


Abb. 11.
Kochfläschchen.

*) Obige Angaben habe ich dem Preisverzeichnis von G. Hartner, Fabrikation von Präzisionswagen in Ehingen, Süddeutschland, entnommen.

**) Mergel- und Kalkboden können wir dadurch unterscheiden, daß der Kalkboden noch stärker und anhaltender braust, und daß er sich in einer genügenden Menge Salzsäure bis auf einen kleinen Rest vollständig auflöst.

***) Das Fläschchen darf nicht zu groß sein, sonst ist es zu schwer, es darf aber auch nicht zu klein sein, sonst schäumt die Salzsäure über. Man wähle also ein Fläschchen von 5 cm Höhe und 5—6 cm Weite, und achte auch darauf, daß der Hals kurz und weit ist. — Bequemer und sicherer ist ein Erlenneyer'sches Kochfläschchen, das 13 cm hoch und über dem Boden 8 cm weit ist. (Abb. 11.)

Erde verstäubt, auch nichts an dem Hals des Fläschchens hängen bleibt. Schüttet man zuviel Erde auf einmal hinein, so spritzt die Flüssigkeit in feinen Perlen heraus oder schäumt wohl gar über und die Arbeit ist vergebens. Hier gilt das Sprüchlein: Eile mit Weile. Von Zeit zu Zeit wird das Fläschchen vorsichtig bewegt, damit die Salzsäure überall mit dem Kalk in Berührung treten und die Kohlensäure vollständig austreiben kann. Die letzte Erde wird mit einem zugestutzten Federbart oder mit einem kleinen Pinsel, der wiederum ganz sauber und trocken sein muß, auf dem Uhrglas zusammengekehrt und auch die Messerspitze abgeputzt, denn die Aufgabe ist die, daß die abgewogene Bodensubstanz ohne den geringsten Verlust in das Fläschchen gelangt. Ist dies glücklich erreicht, so wartet man einige Zeit, damit der Schaum sich setzen und die Kohlensäure aus dem Fläschchen entweichen kann. Dann wird das Fläschchen wieder genau gewogen. Das übrige ergibt sich durch Rechnung. Zum Beispiel:

Erste Wägung: Uhrglas = 6,51 g

Zweite Wägung: Uhrglas + Erde = 11,86 g

Folglich Erde netto = 5,35 g.

Dritte Wägung: Fläschchen + Salzsäure = 81,99 g

Vierte Wägung: Fläschchen + Salzsäure + Erde . = 87,02 g.

Die vierte Wägung ergibt weniger als das Fläschchen mit der Salzsäure und der unveränderten Erde wiegen würde. Nämlich

$$5,35 + 81,99 = 87,34$$

$$\text{Vierte Wägung} = \underline{87,02}$$

$$\text{Differenz} = 0,32.$$

Diese 0,32 g entsprechen dem Gewicht der Kohlensäure, die durch die Salzsäure aus der Bodensubstanz ausgetrieben worden ist. Nimmt man an, daß diese Kohlensäure mit Kalkerde verbunden war, so läßt sich das Gewicht des Kalkes berechnen. Es bestehen nämlich 100 Teile Kalk aus 44 Teilen Kohlensäure und 56 Teilen Kalkerde. Folglich haben wir anzusetzen:

$$44 : 56 = 0,32 : x$$

$$x = 0,40.$$

Das heißt: 0,32 g Kohlensäure verbinden sich mit 0,40 g Kalkerde zu 0,72 g Kalk. Wir haben also 0,72 g Kalk in 5,35 g Boden-

substanz gefunden. Um die Prozentzahl zu berechnen, machen wir den Ansatz:

$$5,35 : 0,72 = 100 : x$$

$$x = 13.$$

Also enthält der untersuchte Boden 13% Kalk.

4. Untersuchung des Bodens auf seinen Gehalt an Humus.

Der Humus ist pflanzliche oder tierische Substanz, durch Zersetzung und Zerfall übergeführt in einen faserigen oder modrig-erdigen, molligen Zustand. Im Vergleich zu den anderen Hauptbestandteilen des Bodens ist der Humus sehr vergänglich. Durch Feuer schnell, durch Verwesung langsam zerstört, verwandelt er sich in Luft und Dunst, und an der Stätte, wo er war, bleibt nur ein Häufchen Asche zurück.

Der faserige Humus, in dem das Pflanzengewebe mehr oder minder vollständig erhalten, ist ohne weiteres als das zu erkennen, was er ist. Manche Schichten des Moostorfes bestehen z. B. aus faserigem Humus.

Der modrig-erdige Humus enthält als charakteristischen Bestandteil den Kohlenstoff, und durch ihn bekommt er eine dunkle Farbe, die im feuchten Zustande meist tiefschwarz, im trocknen Zustande schwarzbraun, gelblichbraun, bläulichschwarz oder schwärzlichgrau erscheint. Da nun die anderen Bestandteile des Bodens: der Ton, der erdige Kalk und der Sand (Quarzsand) eine helle Farbe haben, so können wir nach der mehr oder minder dunklen Farbe ziemlich sicher den Gehalt des Bodens an Humus beurteilen. Nur bei den Böden, die durch Verwitterung aus Basalt, Schiefer, schwarzem Kalkstein usw. entstanden sind, oder bei solchen Böden, die viel Eisen enthalten, können wir in einen Irrtum verfallen, wenn wir uns allein von der Farbe leiten lassen. Bei einiger Aufmerksamkeit läßt sich dieser Irrtum vermeiden. Denn die Farbe des Eisens, wie es im Boden vorkommt, zieht mehr ins Gelbe und Rostrote (Eisenoxyd) oder auch ins Grünliche oder Grünlichbläuliche (Eisenoxydul). Ferner verrät sich der Humus im feuchten Zustande durch einen eigentümlichen Geruch, den man als „Erdgeruch“ oder „Modergeruch“ bezeichnet. Außerdem kennzeichnet sich der Humus durch sein

schwammiges, mulmiges Wesen und durch sein sanftes, molliges Anfühlen. Endlich besitzt der Humus, wenn er nicht von Wasser durchtränkt ist, ein viel geringeres Gewicht als sämtliche andere Bodenarten.

Im großen und ganzen genügt es, wenn wir den Humusgehalt des Bodens nach den sinnlichen Eindrücken beurteilen. Bei den Humuspollstern hoch oben auf den Bergen, wo die Alpenrosen blühen, bei den Humuslagen, die wir im Schatten der Laub- und Nadelwälder finden, bei den Humusmassen, die als Torf, Moor oder Moos in den Kesseln, Becken und Tälern angehäuft sind, ist eine Täuschung nicht möglich. Hier können wir uns meist darauf beschränken, die Mächtigkeit der Humusablagerung festzustellen, eine Untersuchung, die nicht zu unterlassen, übrigens mit einigen Probegruben oder Bohrlöchern abgetan ist.

Im Walde finden wir unter der lockeren und schwammigen Humusdecke, die zuweilen nur schwach, zuweilen gar nicht vorhanden ist, häufig eine Schicht, die ein Gemenge von Humus und anderen Bodenbestandteilen darstellt. Die Mächtigkeit dieser humushaltigen Schicht, an der dunkleren Farbe von dem Untergrund zu unterscheiden, ist ebenfalls festzustellen.

Das gilt auch für das Wiesen- und Weideland sowie für das Ackerland mit Einschluß des Garten- und Reblandes. Auch hier haben wir, wie früher bereits erwähnt, die Tiefe der Ackerkrume oder die Mächtigkeit des Obergrundes möglichst genau zu ermitteln. Denn es versteht sich von selbst, daß der Humusgehalt des Bodens im allgemeinen um so größer sein wird, je tiefer die Ackerkrume oder je mächtiger der Obergrund ist. Die Tiefe der Ackerkrume ist geradezu ein Maßstab für den Humusgehalt.

Der Untergrund ist gewöhnlich humusfrei oder humusarm. Doch kommen Ausnahmen von dieser Regel vor, die nicht übersehen werden dürfen. Man vergleiche das S. 82 Gesagte. Auch im Untergrund macht sich der Humus durch seine dunkle Farbe bemerklich. Die hier und da im Untergrunde vorkommenden Stein- und Braunkohlenflöze werden wir leicht als solche erkennen, aber nicht zu dem Humus rechnen, obgleich sie ihrer Entstehung nach mit ihm verwandt sind.

Hinsichtlich der Menge und Beschaffenheit des Humus lassen

sich aus dem Vorhandensein gewisser Tiere einige Schlußfolgerungen ziehen, die hier erwähnt sein mögen. Wo nämlich viele Insekten und Würmer im Boden vorkommen, da ist der Humus reichlich entwickelt. Man achte bei der Untersuchung der Probegruben besonders auf die röhrenförmigen Gänge, die die Engerlinge und Regenwürmer, das Erdreich durchbohrend, hinter sich zurücklassen. Diese Erdbewohner tragen auch selbst zur Humusbildung ihren Teil bei, und zwar einen größeren, als man bei oberflächlicher Betrachtung erwartet. Der bekannte Naturforscher Darwin hat ein ganzes Buch geschrieben über die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer. Wo viele Regenwürmer leben, da wandert die ganze Ackerkrume und zum Teil auch der Untergrund, mit Pflanzenteilen und Wurmerkrementen vermengt und bereichert, im Laufe der Jahrhunderte durch den Darm der Würmer, und durch diese Pflug- und Drainierarbeit leisten die Regenwürmer der Landwirtschaft einen unberechenbaren Nutzen. — Da nun die Regenwürmer und Engerlinge großer und kleiner Art gewissen Säugtieren und Vögeln zur Nahrung dienen, so liefert uns die Menge dieser Wurm- und Insektenfresser einen Maßstab für den Reichtum des Bodens an Humus. Im besonderen dürfen wir dort, wo viele Maulwürfe, Lerchen, Amseln und Drosseln sich aufhalten, einen milden und fruchtbaren Humus erwarten, während wir in jenen Gegenden, wo der Kiebitz seinen Klagelaut ertönen läßt, in der Regel einen sauren und nassen Humus finden werden.

Für die Einteilung und Benennung des Bodens nach seinem Humusgehalt können wir uns folgender Abstufung bedienen. Man nennt den Boden:

humusfrei bei einem Humusgehalt von	0%
humusarm " " "	unter 2 "
humushaltig bei " "	von 3—4 "
humos, humusreich bei einem Humusgehalt von	5—10—15 "
Humusboden " " "	über 20 "

Diese fünf Abstufungen lassen sich nach einiger Übung auf Grund der vorhin angegebenen Merkmale zur Not unterscheiden, ohne daß man zu einer eigentlichen Humusbestimmung seine Zuflucht zu nehmen braucht. Wollen wir den Humusgehalt auf $\frac{1}{2}\%$ genau erfahren, so müssen wir die Untersuchung (Elementar-Analyse!) dem Fachchemiker überlassen. Es wäre aber sehr zu wünschen, daß die Agri-

kulturchemiker eine Methode der Humusbestimmung ausfindig machten, die bei hinreichender Genauigkeit so einfach wäre, daß sie auch der Landwirt anwenden könnte. Die bis jetzt übliche Methode, den Humusgehalt aus dem Glühverlust zu bestimmen, entspricht den Anforderungen der Landwirtschaft nur zum Teil.

Humusbestimmung aus dem Glühverlust. — Man verfährt dabei in folgender Weise: Von der durchgeseihten lufttrocknen Erde (vergl. S. 117) wird ein bestimmtes Gewicht, der einfachen Rechnung wegen gerade 10 g, in einem kleinen Porzellan- oder Platintiegel genau abgewogen und im Trocknenkasten (vergl. S. 120) bei einer, nach dem Thermometer regulierten Hitze von 140—150° C. — über 150° darf die Hitze nicht steigen! — mindestens zwei Stunden lang getrocknet. *) Sobald dann der Tiegel soweit abgekühlt ist, daß man ihn eben mit den Fingern halten kann, wird er noch warm auf die Wage gesetzt und möglichst schnell, aber genau gewogen. Der Gewichtsverlust entspricht dem Wasser, das bei dem Erhitzen fortging.

Nun wird der Tiegel über einer Spiritus-**) oder Gasflamme zuerst schwach, allmählich stärker erhitzt und die darin befindliche Erde unter fleißigem, aber vorsichtigem Umrühren mit einem Platindraht oder einem Platinspatel solange ausgeglüht, bis das Glimmen aufhört und alle kohligen Teile verbrannt sind. Dann wird die abgekühlte Erde mit einigen Tropfen einer klaren Lösung von kohlensaurem Ammoniak befeuchtet, um dem Kalk usw. die durch die Hitze ausgetriebene Kohlenensäure wiederzugeben. Nachdem nun der Tiegel nochmals einige Minuten schwächer erwärmt worden, um das zugesetzte Ammoniak zu verflüchtigen, kommt er wieder auf die Wage. Der jetzige Gewichtsverlust gegen die letzte Wägung wird als Glühverlust in Rechnung gebracht.

*) Besitzt man keinen Trocknenkasten, so stellt man den Tiegel auf einem selbstangefertigten Draht-Dreifuß in den Bratofen und reguliert die Hitze, so gut es geht. Man kann den Tiegel auch in einer mit Sand gefüllten eisernen Pfanne auf den Herd setzen, um so das Trocknen der Bodenprobe im „Sandbade“ zu bewirken. Der praktische Mann weiß sich auch ohne ein glänzend eingerichtetes Laboratorium zu helfen.

**) Es ist hierzu eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, eine sog. Berzeliuslampe, erforderlich.

Zum Beispiel:

Erste Wägung: Tiegel leer	= 58,73 g
Zweite Wägung: Tiegel + lufttrockne Erde . . .	= 68,73 g
Dritte Wägung: Tiegel + getrocknete Erde . . .	= 67,32 g
Vierte Wägung: Tiegel + geglühte Erde	= 66,71 g
Folglich Glühverlust = 0,61 g	

Dieser Glühverlust von 0,61 g bezieht sich auf die abgewogenen 10 g Erde. In Prozenten beträgt also der Glühverlust = 6,1%.

Ist nun dieser Glühverlust = dem Humusgehalt des Bodens? Antwort: Ja und Nein. Bei der einen Klasse von Böden ist dies der Fall, bei der anderen Klasse dagegen nicht.

Bei den Böden nämlich, die keinen oder nur sehr wenig (unter 10%) Ton enthalten, als da sind: Grusböden, Kies- und Grandböden, lose und humose Sandböden nebst den eigentlichen Humusböden — können wir die Formel als richtig annehmen: Glühverlust = Humus.

Bei den Böden aber, die Ton in irgend erheblicher Menge (über 10%) enthalten, ist die Formel nicht zutreffend, vielmehr fällt bei dieser Klasse von Böden die Humusbestimmung nach dem Glühverlust regelmäßig zu hoch aus. Dies kommt daher, daß der Ton einen Teil des Wassers so fest hält, daß es beim Trocknen durch eine Hitze von 140 bis 150° C. nicht ausgetrieben, sondern erst bei der Glühhitze freigegeben wird. Bei tonigen Böden gilt demnach die Formel: Glühverlust = Humus + Wasser.

Leider besitzen wir bis jetzt kein Mittel, um den hierdurch bedingten Fehler in der Humusbestimmung zu beseitigen. Wir müssen uns solange, bis die Chemiker eine bessere und womöglich noch einfachere Methode herausgefunden haben, mit der Glühmethode behelfen, werden aber, um den Humusgehalt nicht zu überschätzen und um uns nicht zu unserem eigenen Nachteil zu täuschen, von dem aus dem Glühverlust berechneten Humusgehalt

bei Ton- und schweren Lehmböden $\frac{1}{2}$

„ gewöhnlichen Lehmböden $\frac{1}{3}$

„ sandigen Lehm- und lehmigen Sandböden $\frac{1}{4}$

für Wasser in Abzug bringen.*) Wäre also in obigem Beispiel die Humusbestimmung mit einem gewöhnlichen Lehm Boden vor-

*) Obige Verhältniszahlen habe ich auf Grund der vergleichenden, nach drei verschiedenen Methoden ausgeführten Humusbestimmungen von

genommen worden, so hätten wir statt der gefundenen 6,1% nur 4% Humus anzunehmen. Mit dieser Berichtigung, die freilich nur ein Nothelf ist, kann die besprochene Humusbestimmung für praktische Zwecke immerhin beibehalten werden.

5. Wie erkennt und wie beseitigt man die Fehler und Mängel des Grund und Bodens?

a) **Grundnässe.** — Der gewöhnlichste Fehler, an dem der Boden in der kälteren gemäßigten Zone leidet, ist der Überfluß an Wasser. Indem das Wasser im Unter- und im Obergrunde stockt und festliegt, alle größeren und kleineren Hohlräume zwischen den festen Bodenbestandteilen ausfüllend, verwehrt es der Luft den Zutritt, und damit ist ein Zustand herbeigeführt, der nur den eigentümlich eingerichteten Sumpfpflanzen zusagt, den aber die Kulturpflanzen durchaus nicht vertragen können. Die Kulturpflanzen bedürfen einen durchlüfteten Grund und Boden; in dem mit Wasser übersättigten, versumpften und versauerten Lande kränkeln und sterben sie, und alles Düngen, alles Kalken, alles Äschern nützt nichts, alles Pflügen und Pflanzen ist vergebens, solange die Lebensluft im Boden fehlt.

Ein äußerlich sichtbares und sicheres Kennzeichen der Grundnässe gewährt uns das Auftreten gewisser wildwachsender Pflanzen: Moos, Binsen, Riedgräser und Erlen; im Innern des Bodens konstatiert man die Nässe durch Probegruben, wie früher schon angegeben worden ist. (S. 72 u. 73.)

Die einzige Abhilfe besteht hier in der Entwässerung des Landes, sei es durch Drainage, sei es durch offene Gräben in Verbindung mit Beet- und Wasserfurchen.

Die Entwässerung schafft Luft nach allen Richtungen. Einmal schafft sie Luft, indem sie das festliegende Wasser in Bewegung und in die Lage bringt, daß es aus den Hohlräumen des Bodens abziehen kann.

Zweitens schafft sie Luft, indem nach dem Sinken des Grundwassers die Lebensluft, d. h. der Sauerstoff der atmosphärischen

G. Loges, Landw. Versuchstationen 1882, S. 229 ff. mehr durch Schätzung, als durch Rechnung gefunden.

Luft, von außen in die leergewordenen Räume des Erdreichs einbringen kann.

Drittens schafft sie Luft, indem das befruchtende Regenwasser, das früher auf dem hochliegenden Grundwasser stehen blieb, jetzt in die Tiefe sinken und die Nährstoffe im Boden lösen und verbreiten, zugleich aber auch die durch die Lebensluft zeretzten schädlichen Verbindungen aus dem Bereich der Pflanzenwurzeln fortwaschen kann.

Kurz, die Entwässerung schafft Ausfuhr und Einfuhr, Tausch und Umsatz in dem dunkeln Schoß der Erde, ähnlich wie die Wasser-, Land- und Eisenwege auf ihrer besonnten Oberfläche.

Die Entwässerung durch Drainage erfüllt aber nur dann ihren Zweck, wenn die Röhren 1,20 oder besser 1,50 m tief liegen und an den Stoßfugen mit Lehm gedeckt sind, wobei die lichte Weite der Saugdrains 4 oder besser 5 cm beträgt, und das Gefäll $\frac{1}{2}$ Prozent im Minimum. Das Geld für die Drainage ist zum Fenster hinausgeworfen, wenn sie nicht kunstgerecht ausgeführt wird. Übernimmt ein Draintechniker die Ausführung im Afford, dann darf der Wirtschaftsdirigent nicht versäumen, die ganze Arbeit und besonders das Legen der Röhren genau zu überwachen.

Peccando discimus, durch Fehler lernen wir. Deshalb will ich folgende Beobachtungen mitteilen.

1. Bei einem Wasserrechtsprozeß ließ ich als Sachverständiger eine alte Drainage aufgraben. Die Röhren waren unverletzt, aber gänzlich von Erde verstopft, weil viel zu eng, kaum 1 Zoll im Lichten.

2. Bei einer andern Drainage wurden die Stoßfugen nicht mit Lehm gedeckt. Deshalb drang der Trieb sand mit dem Wasser hinein und lagerte sich in der letzten Saugdrainröhre ab, weil in ihr das Wasser steigen mußte, anstatt zu fallen.

3. Ein Bauer machte einen Graben 2 Schuh tief und 1 Schuh breit. Auf die Sohle legte er 8 cm weite Drainröhren. Auf die Röhren kamen faustgroße Kollsteine. Auf die Steine grüne Tannenzweige. Das war, trotz der verwendeten Drainröhren, eine alttümliche Sickerdohle, aber es war keine moderne Drainage.

b) **Säure.** — Der Landwirt versteht unter Säure des Bodens nicht immer und nicht genau dasselbe wie der Chemiker. Der Begriff „versauertes Land“ bezieht sich nämlich nicht allein auf einen chemischen, sondern auch auf einen physikalischen Zustand

des Bodens, denn versauertes Land ist ungefähr soviel wie ver-
sumpftes, naßkaltes, untätiges, ungesundes und unsicheres
Land. Moos, Binsen, Riedgräser und Erlen sind seine charakte-
ristischen Bewohner. Hieraus erhellt, daß das versauerte zunächst
wiederum solches Land ist, in dem das Wasser festliegt.

In derartigem Lande bilden sich bei der Vermoderung der
abgestorbenen Pflanzen in der That auch Säuren verschiedener Art,
die wir unter dem gemeinschaftlichen Namen der Humussäuren
zusammenfassen können. Aber es ist hervorzuheben, daß die in
humosem Boden vorkommenden Säuren an sich nicht schädlich oder
giftig für die Kulturpflanzen sind. Die Tatsache, daß die Kultur-
gewächse auf dem sauren Humus nicht gedeihen, ist vor allem darin
begründet, daß der Boden (Torf, Moor) mit Wasser über-
sättigt ist, daß er demgemäß an den Fehlern leidet, die wir vorhin
schon kurz angedeutet haben. Dazu kommt, daß der Humus, wenn
er im Übermaß vorhanden, das Gefüge des Bodens zu locker und
zu schwammig gestaltet. Endlich fehlen dem Humusboden oft auch
die mineralischen Nährstoffe der Pflanzen.

Die Säure läßt sich bei humusreichem Lande schon an dem
eigentümlichen Geruch erkennen; es ist aber immerhin sicherer und
sehr einfach, sie auf chemischem Wege nachzuweisen. Man be-
nutzt hierzu einen Streifen blaues Lackmuspapier, das mit dem
feuchten und frischen Boden in innige Berührung gebracht sich rot
färbt, sobald freie Säure vorhanden ist. Je saurer der Boden
ist, d. h. je mehr freie Säure er enthält, desto deutlicher tritt die
rote Farbe hervor. *)

Das Fundamentalmittel, um versauertes Land trag-
fähig für die Kulturpflanzen zu machen, besteht wiederum
in der Entwässerung. Über seine sonstige Behandlung folgen
weiter unten nähere Angaben.

c) **Eisenschüffigkeit.** — Das Eisen kommt in mannigfachen
Verbindungen sehr verbreitet im Boden vor. Die gelbe Farbe des
Sandes, die gelbe oder rotbraune Farbe des Lehms, die gelbliche,

*) Derartiges Probierpapier ist in jeder Apotheke zu haben. Es kann
auch zur Untersuchung der Gülle, wenn man zur Bindung des Ammoniak
Schwefelsäure zusetzt, benutzt werden. Es muß nämlich soviel Schwefelsäure
zugefügt werden, bis die Gülle nach dem Umrühren anfängt, sauer zu
reagieren, was man daran erkennt, daß das blaue Lackmuspapier sich rötet.

grünliche oder bläuliche Farbe des Tons usw. rührt von Eisenverbindungen her. In stark eisenhaltigem, sog. eisenschüffigem Boden bemerkt man rostrote Flecke oder Streifen. Wo das im Boden stehende Wasser viel Eisen aufgelöst enthält, da wird es zuweilen Veranlassung zur Bildung des Raseneisensteins (S. 67). Auf der Oberfläche der Wasserlachen zeigt sich daselbst oft eine in Regenbogenfarben schillernde Haut. Das Wasser, das aus eisenschüffigem Lande in Gräben oder Drainröhren abzieht, setzt einen rostfarbenen Schlamm ab, zum Beweise, daß das vorhandene Eisen durch die Entwässerung aus dem Untergrunde herausgeschafft wird.

Die Gegenwart des Eisens macht sich hiernach so leicht kenntlich, daß eine chemische Untersuchung des Bodens, die wir dem Fachchemiker überlassen, nur ausnahmsweise nötig sein wird, nämlich dann, wenn es sich darum handelt, gewisse schädliche Verbindungen des Eisens (schwefelsaures Eisenorydul) zu ermitteln, die übrigens wohl nur dort vorkommen, wo der Boden zugleich an Kasse leidet.

Auch hier gewährt also die Entwässerung, und zwar durch tiefe Drainage mit weiten Röhren, die beste und sicherste Abhülfe, obwohl oft erst im Verlauf einiger Jahre. Selbst das Herausbrechen des Raseneisensteins ist nur dann von dauerndem Erfolg, wenn das Land zugleich trocken gelegt wird, denn ohne Entwässerung bildet sich der Raseneisenstein immer wieder von neuem. Nach der Entwässerung ist Kalkung am Platz.

Im übrigen erfordert der eisenschüffige Boden 1. eine fleißige Bearbeitung, um das Eisenorydul gleichmäßig zu verteilen und durch Berührung mit dem Sauerstoff der Luft in Eisenoryd überzuführen, und 2. eine häufige Düngung, denn man sagt ganz treffend von eisenschüffigem Lande: Es frißt den Dünger.

Bei der Auswahl der anzubauenden Pflanzen hat man zu berücksichtigen, daß tiefwurzelnnde Gewächse, die einen trocknen und kalkhaltigen Untergrund lieben, wie Luzerne und Esparsette, auf eisenschüffigem Boden auch nach der Entwässerung und Kalkung nicht gut gedeihen. Überhaupt ist derartiger Boden nicht sehr dankbar; er verlangt viel Arbeit und viel Dünger und leistet trotzdem wenig. Durch regelrechte Drainage wird er aber ganz bedeutend in seiner Ertragsfähigkeit gehoben.

d) **Salz.** — Nicht allein an den Meeresküsten, sondern hier und da auch im Binnenlande (Salzsteppen, Salzseen, Salzquellen usw.) enthält der Boden soviel Salze (Kochsalz u. a. Salze), daß er Salzboden genannt wird. Er trägt dann eine eigene Flora, die Salzflora*), an deren Vorhandensein man diesen Zustand des Bodens schon hinreichend erkennt. Will man sich sonst noch von dem Salzgehalt überzeugen, so rührt man einige Hände voll Erde in gewöhnlichem Trinkwasser an, filtriert etwas von der Flüssigkeit, und erfährt durch den salzigen Geschmack die Natur des Bodens.

Der Salzboden gewährt in feuchter Lage oft eine vorzügliche Nutzung als Weide- oder Wiesenland, denn die Gräser usw., die er erzeugt, sind sehr schmackhaft, gedeihlich und nährend: das Vieh erfreut sich hier der Fettweide.

Dagegen ist der Salzboden für die eigentlichen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, für Getreide, Gartengewächse, Obstbäume, sowie auch für unsere gewöhnlichen Wiesenpflanzen ganz unfruchtbar, und er kann für diese Gewächse auch nicht durch Düngung, durch Bearbeitung oder Erdmischung tragfähig gemacht werden, denn durch alle diese Operationen wird das Grundübel: das Übermaß von Salz nicht beseitigt.**). Auch hier hilft nur die Entwässerung, sofern sie ausführbar. Indem nämlich das Regenwasser durch den Boden sickert, löst es das Salz auf und führt es in den Gräben oder Drainröhren ab. So wird im Ver-

*) Zu der Salzflora gehören folgende Pflanzen:

Strandmilchkraut, *Glaux maritima* (fehlt in der Schweiz).

Meerstrandsdreizack, *Triglochin maritimum*.

Seestrandswegerich, *Plantago maritima* (fehlt in der Schweiz).

Sumpfsalter, *Aster Tripolium*.

Gemeines Salzkraut, *Salsola Kali*.

Krautartiges Glaschmalz, *Salicornia herbacea* (fehlt in der Schweiz).

Strandgerste, *Hordeum maritimum*.

Salzschwaden, *Glyceria distans*.

Strandfimsje, *Scirpus maritimus*.

Strandbinse, *Juncus maritimus*, u. a. m.

**) Zuweilen ist der in der Nähe des Meeres gelegene Boden, wie Heinrich nachgewiesen hat, aus dem Grunde so unfruchtbar, weil ihm durch das stark lösende Salzwasser alle Nährsalze entzogen worden sind. In diesem Falle ist die Unfruchtbarkeit gar nicht, oder nur durch starke Düngung zu heben.

lauf von einigen Jahren der Boden ausgefüßt, die Salzflora verschwindet, Weißklee, Geiß- oder Märzblümchen und Löwenzahn erscheinen, und daran erkennt man, daß nun der Standort für die Kulturpflanzen in Ordnung gestellt ist.

c) **Steine.** — Die Steine auf der Oberfläche gewähren den Nutzen, daß sie zur Befestigung des Landes, zur Erhaltung der Feuchtigkeit und zur Erhöhung der Temperatur des Bodens dienen. Bei steil gelegenen Nebgelände können diese Umstände von Bedeutung sein. Bei dem sanfter geneigten oder eben gelegenen Ackerlande sieht man dagegen die Steine auf der Oberfläche nicht gern, weil sie die Anwendung der Ackergeräte und Maschinen erschweren. Auch in der Ackerkrume sind die Steine bei der Beackung, namentlich beim Pflügen in dem Grade hinderlich, daß die geringe Menge von Pflanzennahrung, die bei der Verwitterung aus ihnen hervorgeht, jenen mechanischen Nachteilen gegenüber praktisch nicht in Betracht kommt. Die Steine sind und bleiben tote Massen. Im Untergrunde sind die Steine, wenn sie nicht zu massenhaft auftreten, weniger schädlich; sie können hier sogar insofern nützlich sein, als sie bei dichtgefügtem, tonigem Erdreich die Durchlässigkeit des Bodens günstiger gestalten.

Im allgemeinen wird das Bestreben des Landwirts darauf gerichtet sein, die Oberfläche und die Ackerkrume von Steinen zu reinigen.

Dies kann a) nach und nach geschehen, indem man jeden Stein, der vom Pfluge getroffen wird, herausschafft und nebst den auf der Oberfläche befindlichen Steinen je eher, desto besser auf den Wagen bringt und abfährt.

Oder es kann b) mit einem Male radikal geschehen, indem man das Land auf 40, 50 oder 60 cm Tiefe rajolt, um alle Steine, die darin stecken, auf die Oberfläche zu schaffen und abzufahren.

Die Rajolarbeit rentiert sich oft vorzüglich, weil man die Steine für Häuser-, Straßen- oder Uferbauten zu hohen Preisen verwerten kann.

Geht das Rajolen tiefer als die Ackerkrume, so wird es zweckmäßig so ausgeführt, daß man die Muttererde nicht in die Tiefe, sondern wieder obenauf wirft. Befolgt man diesen Wink nicht, so kann man sich durch das Herausheben des rohen, wilden und toten Untergrundes das Land für viele Jahre oder für immer verderben.

Schließlich ist noch vor dem Versenken der Steine zu warnen, das in der Regel weit mehr Arbeit verursacht als das Heraus-schaffen, ohne daß das Hindernis für die Wurzeln beseitigt wird. Gerade die großen Steine, mit Pulver gesprengt, liefern, namentlich im Schwemmlande ein ausgezeichnetes und kostbares Baumaterial. Wird also ein großer Findling getroffen, dann kurz entschlossen: Heraus mit ihm!

f) **Einseitiger Bestand des Bodens.** — In dem besseren Kulturlande finden wir stets mehrere von den Hauptbestandteilen des Bodens vereinigt, und man kann sagen, daß der Boden um so fruchtbarer sein wird, je mannigfaltiger seine Zusammensetzung ist. Ein Grundstück z. B., das 20% Stein, 20% Sand, 20% Ton, 20% Kalk und 20% Humus in gleichmäßiger Mischung bis auf 1 m Tiefe enthielte, würde bei günstiger Lage wahrscheinlich in keiner Beziehung etwas zu wünschen übrig lassen.

Wenn dagegen der Boden ausschließlich oder so gut wie ausschließlich, z. B. aus Ton besteht, so ist er ebenso unfruchtbar, als wenn er nur aus Kalk oder nur aus Humus oder nur aus Sand oder nur aus Kies besteht.

In der Natur kommt so einseitig zusammengesetzter Boden in der That vor, und dieser einseitige Bestand ist ein schlimmer Fehler, denn er läßt sich oft gar nicht beseitigen. (Wir setzen dabei voraus, daß der Untergrund den Obergrund nicht vorteilhaft ergänzt, denn wenn beispielsweise unter einer Decke von schierem Sand schon in einer Tiefe von 30 oder 50 cm ein bündiger Lehm ansteht, so sind die Verhältnisse von vornherin günstiger, weil dann der einseitige Bestand nur in beschränktem Maße, im Grunde genommen gar nicht vorhanden ist.)

Von den Maßregeln, die hier zur Verbesserung des Landes in Anwendung kommen können, mögen folgende hervorgehoben werden.

1. Bei Grus-, Kies- und Grandboden, dem die Feinerde mangelt, könnte man daran denken, ton-, kalk- und humushaltige Erde aufzufahren. Allein diese Melioration muß meist unterbleiben, einmal, weil das Meliorationsmaterial nicht in ausreichender Menge zu beschaffen ist, und zweitens, weil der Transport unverhältnismäßig große Kosten verursacht. Man erwäge nur, daß ein Hektar eine Fläche von 10000 qm umfaßt. Will man also ein Grundstück

mit besserer Erde überfahren, so braucht man bei einer Schicht von

	pro Quadratmeter	pro Hektar
1 cm Höhe . .	10 l	100 cbm

Um eine merkliche Wirkung zu erzielen, würde man bei den genannten Bodenarten mindestens eine Schicht von 10 cm Höhe aufbringen müssen. Das macht

	pro Quadratmeter	pro Hektar
	100 l	1000 cbm

Eine Erdmasse von 1000 cbm hat aber im feuchten Zustande ein Gewicht von 2000 000—2500 000 kg. In diesen Zahlen liegt die Erklärung, weshalb eine derartige Melioration, sofern sie durch trocknen Erdtransport mittelst Handkarren, Pferdekarren oder Kollwagen geschehen müßte, nur unter sehr günstigen Verhältnissen in Betracht kommen kann.

Läßt sich dagegen die Zufuhr des Meliorationsmaterials mit Hülfe des Wassers a) durch Aufschlammung bewirken, so gestaltet sich die Sache wesentlich anders. Diese Art der Melioration ist nicht allein im kleinen, sondern auch im großen ausführbar, und die Gelegenheit dazu ist sowohl im Gebirgslande wie im Flachlande häufig zu finden. Es wäre daher zu wünschen, daß die Beispiele von gelungenen Anlagen, die wir bereits besitzen, nachgeahmt und vermehrt würden.*)

Die Operation der Aufschlammung ist sehr einfach. Es wird aus einem Flusse oder Bache ein Graben abgezweigt, der das Wasser auf die mit Dämmen eingefasste Fläche leitet. Hat sich der Schlamm aus dem ruhig stehenden Wasser abgesetzt, so wird es abgelassen, wenn es nicht von selbst versinkt, und darauf die Fläche von neuem mit schlammreichem Wasser überstaut. Auf diese Weise kann man mit geringen Kosten nicht allein Kiesflächen mit besserer Erde überdecken, sondern auch Ausschachtungen neben Eisenbahndämmen, sowie Ton- und Sandgruben usw. wieder ausfüllen und in nutzbares Land

*) Auf der Besitzung des Herrn Rat.=Rat v. Planta in Landquart, Graubünden, sind innerhalb zweier Jahre gegen 20 Zucharten ertragloses Kiesland 6—10 Fuß mit ausgezeichnetem Material aufgefüllt und in fruchtbares Acker-, Garten- und Wiesenland umgewandelt worden. In der Schweiz, landw. Zeitschr. 1879, S. 464 ff. ist die Anlage von F. Anderegg kurz beschrieben und durch einen lith. Plan erläutert.

verwandeln. Das Meliorationsmaterial selbst kostet in diesem Falle nichts, denn es besteht aus dem Schlamm, der sonst nutzlos in den Flüssen abwärts treibt bis ins Meer.

Zuweilen wird es sich empfehlen, b) die Abschwemmung mit der Aufschlammung zu verbinden, oder auch für sich allein ins Werk zu setzen, in der Art, daß man die Erde an höheren Stellen mit dem Spaten, Pickel, Karst usw. losmacht und durch den Schwemmgraben, der von einem Bach gespeist wird, nach den tieferen Stellen hinschwemmt. Durch Vorlegen von Faschinen wird der Wasserlauf und Schlammabsatz reguliert. Auch auf diesem Wege wird der Erdtransport sehr wohlfeil durch das Wasser besorgt. Die abgeschwemmte Fläche, die hierbei zugleich eine regelmäßige Abdachung erhält, kann sehr leicht zur Hangberieselung eingerichtet werden. *)

2. Bei den Grus-, Kies- und Geradtböden und ferner auch bei den Sandböden ist nächst der Aufschlammung die einfache Bewässerung, sei es durch Berieselung, sei es durch Überstauung sehr ins Auge zu fassen. Jedoch beanspruchen die zuerst genannten Bodenarten, weil sie ohne vorausgegangene Aufschlammung durchlässig sind wie ein Sieb, sehr große Wassermassen. Der Sandboden stellt sich in dieser Hinsicht günstiger, und er erweist sich überhaupt sehr dankbar gegen die Bewässerung. Die Bewässerung, da sie nicht allein anfeuchtend, sondern namentlich auch düngend wirkt, lockt selbst aus gänzlich unfruchtbarem Sande, wie mit einem Zauberschlage, den üppigsten Graswuchs hervor. Nichts besser für den Sand als Wasser.

Auf dem Sandboden hat sich oft auch das Aufbringen von gutem Lehm- oder Tonmergel (nicht zu verwechseln mit Lehm und Ton) bewährt.

Der Mergel findet sich in jüngeren und älteren geologischen Formationen. Im Alluvium unter dem Riedtorf als Wiesenkaif oder Seekreide. Im Diluvium, meist unter einer Lehmdecke, als Diluvialmergel. In der Tertiärformation als Septarienton. In der Molasseformation bald als toniger, bald als sandiger Molassemergel. In der Juraformation als Liasmergel. In der Keuper-

*) In den Grundsätzen der rat. Landwirtschaft von A. Thaer ist die Operation der Abschwemmung sehr anschaulich geschildert.

Kreide- und Muschelfalkformation als Keupermergel usw. Auch des Phonolithtuffs, der bei Schaffhausen vorkommt, ist hier zu gedenken. Kurz, der Mergel ist sehr verbreitet. Suchet, so werdet ihr ihn finden!

Das Gefüge des Mergels ist bald erdig, bald steinig. Um unnütze Ausgaben zu vermeiden, empfiehlt es sich, jeden Mergel vor der Anwendung auf seinen Kalkgehalt zu untersuchen (S. 129). Bei dem steinigen oder felsigen Mergel ist ferner das Zerfallen zu prüfen. Setzt man ihn dem Frost aus, so zerfällt er meist schon in einem Winter zu Erde. Eine alte Regel schreibt vor, jeden Mergel, auch den erdigen, einen Winter und einen Sommer in kleineren oder größeren Haufen an der Oberfläche liegen zu lassen, um ihn der Einwirkung der Atmosphärien und der Verwitterung auszusetzen. Erst dann wird er ausgebreitet und durch Unterpflügen, Grubbern, Krümmern und Eggen möglichst gleichmäßig mit der Ackerkrume gemengt.

Der Mergel, namentlich der kalkreiche, läßt sich mit Vorteil auch zur Melioration des Ton- und Humusbodens verwenden, worauf wir weiter unten zurückkommen.

Zur Melioration des Sandbodens verdient der Lehm- und Tonmergel den Vorzug.

Das Mergeln des Sandbodens ist rentabel, da bei der Flachkultur schon eine Mergelschicht von 3—5 mm Höhe eine Wirkung hervorbringt. Freilich macht man auf solchem Boden, sofern nicht außergewöhnlich oft gedüngt werden kann, nur bescheidene Ansprüche. Die Wirkung der Mergelung hält indes jeweilen nur 6, 9 oder 12 Jahre vor; wiederholt man nach dieser Zeit die Mergelung nicht, so ist das Land so unfruchtbar wie vorher, denn hier gilt das Wort: Sand bleibt Sand.

Wo der lose Sand (Dünensand, Flugsand) vom Winde weiter gewälzt wird, Äcker, Dörfer und Wälder begrabend, da ist seine Befestigung geboten. Dies kann, wie in Holland, durch Ansaat von Sandhafer (*Elymus arenarius*) oder mit größerem Nutzen, wie an der Westküste von Frankreich, durch Ansaat von Föhren oder Kiefern (*Pinus silvestris*, *P. pinaster*, *P. maritima*) geschehen. Die Ansaat der Föhren muß aber an der Windseite und am Fuße der Sandberge beginnen, um im Laufe der Jahre nach der Höhe und Leeseite fortzuschreiten. Auch ist es nötig, die erste Aus-

saat mit grünen Laub- oder Nadelholzweigen zu decken, die mit dem holzigen Ende dem Winde zugekehrt und mit eingeschlagenen Haken festgenadelt werden. Mit diesen einfachen Mitteln ist es gelungen, der verderbenbringenden Wanderung des Flugsandes Einhalt zu tun und zugleich dem vorher ganz wertlosen Boden einen Ertrag abzurufen. Bis in das hochgelegene Schweizerland versteigt sich der Flugsand glücklicherweise nicht.

3. Mit dem reinen Ton läßt sich für die Zwecke der Pflanzkultur meist gar nichts anfangen. Den weniger widerspenstigen, aber immerhin noch fetten Ton hat man (in England) mit Erfolg auf dem Acker gebrannt; aber große Bedeutung hat diese Melioration wegen ihrer Kostspieligkeit nicht. Auch Zufuhr von Schlacken, Kies, Grand und Grobsand ist meist zu teuer. Am lohnendsten und wirksamsten ist noch das Kalken. Dabei werden 5000—10 000 kg gebrannter Kalk pro Hektar*) in kleinen Haufen (ähnlich wie die Haufen beim Mistfahren) verteilt, gut mit Erde bedeckt und, falls Wasser in der Nähe, mit der Gießkanne angefeuchtet; anderenfalls überläßt man das Anfeuchten dem Regen und Tau. In einigen Tagen ist der Kalk in Pulver zerfallen. Er wird bei trockenem Wetter gestreut, sogleich untergepflügt und durch nachfolgendes Eggen, Krümmern oder Grubbern möglichst gleichmäßig mit dem Tonboden gemischt. Die Hauptwirkung des Kalkes, die auch durch eine entsprechende Menge von kalkreichem Mergel erzielt werden kann, beruht hier auf Verminderung der Bündigkeit.

Neben der Kalkung und Mergelung hat man auf strengem Tonboden die Lockerung durch den Winterfrost, durch strohigen Dünger und durch Humusbereicherung ins Auge zu fassen. Auch Tannennadeln, Sägemehl und Holzwolle leisten gute Dienste.

4. Der hitzige, übertätige und zehrende reine Kalk- und Kreideboden kann zwar durch Zufuhr von Lehm, Lehm- und Tonmergel sehr verbessert werden, aber auch hier scheitert die Melioration meist an dem Kostenpunkt, sofern sie nicht durch Aufschlammung bewerkstelligt werden kann. Sehr wirksam und

*) Das angegebene starke Quantum von Kalk paßt nur für den strengen Tonboden; für leichtere Böden, bei denen die Kalkung einen anderen Zweck hat, ist es angemessen, nur 2000 kg zu verwenden und die Kalkung von Zeit zu Zeit zu wiederholen.

lohnend ist für Kalkboden die Bewässerung mit dungreichem Wasser. Wo die Gelegenheit hierzu fehlt, da wird man am sichersten durch Kompost, der aus humoser Erde, Mist, Holzasche, Mergel usw. besteht, die Verbesserung des Bodens erreichen.

5. Der reine Humusboden, gewöhnlich naß gelegen und versauert, bedeckt in der Schweiz und den benachbarten Ländern eine bedeutende Fläche; denn zwar nicht alles, aber vieles Land, das man als Bruch, Ried, Torf, Moos und Moor bezeichnet, gehört hierher, und derartige Vorkommnisse finden sich in allen Höhen von der Talsohle aufwärts bis zu den Regionen des ewigen Schnees. Es tritt daher die Frage an uns heran: Wie sollen wir diese Bodenbildungen vom landwirtschaftlichen Standpunkt beurteilen, wie sollen wir sie benutzen, und wie sollen wir sie zum Zweck einer möglichst hohen Verwertung behandeln? Darauf läßt sich in der hier vorgeschriebenen Kürze etwa folgendes antworten.

Die gewöhnlich nur schwachen Polster und Lager von Humus, denen wir auf unseren Alpen häufig begegnen, müssen sorgfältig erhalten und im großen und ganzen belassen werden, wie sie sind.

Denn obwohl das Vieh auf ihnen selbst keine Nahrung findet, weil sie von Moos, Alpenrosen, Heidekraut und andern humusliebenden Pflanzen besetzt sind, so sind sie doch für die Ertragsfähigkeit der Alpen insofern von großer Bedeutung, als sie das Wasser schwammartig aufsaugen und die Feuchtigkeit der Luft erhalten und regeln, auf der die weltberühmte Fruchtbarkeit unserer Alpenweiden in allererster Linie beruht. Der Humus mit den niederen Pflanzen, die ihn besiedeln, übernimmt auf jenen baumlosen Höhen dieselbe unentbehrliche Rolle in unserm wirtschaftlichen Leben, wie eine Staffel tiefer der Wald. Zerstörung jener Humusmassen ist gleichbedeutend mit Verwüstung und Verödung der Alpen. Dem Walde selbst, darüber ist man sich schon lange einig, muß seine Humusdecke ebenfalls und vor allem im Hochgebirge erhalten werden.

Es ist demnach die Entwässerung der Alpen mit Vorsicht zu behandeln und auf die Stellen zu beschränken, wo das Wasser durch Runsen- und Rutschbildung gefährlich, oder wo es durch Versumpfung, verbunden mit allzu üppiger Torfwucherung, offenbar und unzweifelhaft schädlich wird.

In den mittleren und tieferen Lagen spielt der Humusboden in bezug auf Regulierung der Wasser- und Feuchtigkeits-

verhältnisse eine nicht minder wichtige Rolle, als auf den Alpen und im Hochgebirgswald. Ähnlich wie die offenen Wasserbecken, die zahlreichen großen und kleinen Seen, die uns allerdings noch als Geschiebesammler usw. einen unberechenbaren anderweitigen Nutzen gewähren, wirken die Ried- und Moosflächen, die zum guten Teil nichts anderes sind als zugewachsene Seen, indem sie die Gewalt der Ströme brechen, vor Überschwemmungen schützen und die Luft mit Feuchtigkeit versorgen. Beweis für die große Wassermasse, die der Humusboden aufsaugt und in den Luftkreis verdunstet, sind die häufigen Nebel, die wir über derartigem Lande bemerken.

Wir werden hiernach auch in den mittleren und tieferen Lagen aus wasserwirtschaftlichen Gründen auf die Erhaltung der Humussubstanz bedacht sein und deshalb ihre Zerstörung auf die Brenntorf- und Torfnutzung beschränken, die Brandkultur, d. h. das schichtenweise Veraschen der Humussubstanz auf dem Terrain zum Zweck der Bodenverbesserung dagegen möglichst vermeiden.

Wo die Bedingungen für die Torfbildung und Torfverwertung sehr günstig sind, da werden wir das Torfstechen ausnahmsweise ohne Entwässerung oder doch nur mit vorübergehender Trockenlegung des Landes betreiben, einmal um uns das Wasser zu erhalten, und zweitens um das Nachwachsen des Torfes, das bei den von Jahr zu Jahr höher steigenden Preisen der Brennmaterialien immer rentabler wird, zu ermöglichen.*)

Auch in der Entwässerung, so wohlthätig sie am rechten Orte wirkt, kann man des Guten zu viel tun. Denn bekanntlich werfen die Torf- und Moorbrücher als Streuland einen Reinertrag ab, der gar nicht selten dem der Heuwiesen gleichkommt. Die Streue wächst eben von selbst, meist ganz ohne Zutun des Menschen, während die Heuwiesen, sofern sie nicht bewässert werden, gedüngt und gepflegt sein wollen.

Die guten und einträglichen Streuriede werden wir jedenfalls

*) Lesquereux hat nachgewiesen, daß das Nachwachsen des Torfes im Jura nur selten weniger als 2 Fuß und oft mehr als 4 Fuß in 100 Jahren beträgt; in einem Falle betrug die Neubildung in der alten Grube sogar 6 Fuß in 70 Jahren. Anderwärts hat man noch stärkere Nachwüchse beobachtet, selbst in 30 Jahren 4—6 Fuß (J. Röggerath, Der Torf. 1875).

erhalten, und meist wird es das Richtigste sein, sie einfach zu belassen, wie sie sind.

Auf Streuland, das nach wie vor auf Streue genutzt werden soll, ist die Entwässerung nur in dem Falle anzuraten, wenn die Entwässerung mit der Bewässerung verbunden wird. Oft ist dies mit einer einzigen Stauvorrichtung zu erreichen, denn hier genügt es meistens, die Gräben zur rechten Zeit voll Wasser zu halten. So gehandhabt hat die Entwässerung den Vorteil, daß die Gewinnung und Abfuhr der Streue erleichtert wird.

Auf weniger einträglichem, trockenem Streuland ist vor allem die Bewässerung zum Zweck der Streuvermehrung ins Auge zu fassen. Auch dungarmes Wasser, wie es z. B. in Gräben aus Torfbrüchern oder in Drainröhren aus Acker- und Mattland abzieht, ist auf Streuwiesen brauchbar. Für ihre Bewässerung ist die einfache Einstauung und Überstauung der künstlicheren und kostspieligeren Berieselung vorzuziehen.

Wo das Bedürfnis nach Streue in der eigenen Wirtschaft nicht vorhanden ist, da hat man, ehe man sich zur Trockenlegung des Streulandes entschließt, die Möglichkeit des Streuverkaufs in Erwägung zu ziehen, wobei in Rechnung zu stellen ist, daß mit der Einschränkung des Getreidebaues die Nachfrage nach Streue von Jahr zu Jahr zunimmt.

Bei der Frage, ob es rätlich ist, das Streuland in Kulturland umzuwandeln, kommt endlich in Betracht, daß es mit den Kosten der Entwässerung nicht allein abgetan ist, sondern daß noch anderweitige Meliorationskosten und außerdem regelmäßig wiederkehrende Auslagen für Dünger usw. hinzutreten.

Nimmt man nach reiflicher Überlegung die Urbarmachung eines Torf- und Moorbruches an die Hand, so heißt es freilich vor allen Dingen: Entwässern.

Die Entwässerung geschieht dort (vergl. S. 148), wo die Humussubstanz als Brenntorf zu verwerten ist, so tief, daß die ganze Torfmasse bis auf den Grund vollständig trocken gelegt wird, was allerdings genügende Vorflut voraussetzt. Dann wird der Torf bis auf den Grund ausgestochen, denn der unterste Torf ist in der Regel als Brennmaterial am wertvollsten, für die Pflanzenproduktion dagegen am schlechtesten. Bei dem Austorfen schreitet man regelmäßig und streifenweise vorwärts, so daß das ausgebeutete Land mit dem

Abraum sogleich wieder verebnet wird. Nach dem Austorfen wird der humose Abraum gleichmäßig mit Erde gemengt, die man durch Rajolpflügen, durch Doppelpflügen, durch Spatpflügen oder durch Handrajolen aus dem Untergrunde herausschafft. Ton- und Lettenboden eignet sich zu dieser Vermengung mit dem Humus allerdings viel weniger gut, als Sand und kalkreicher Mergel. (Beenkultur, Mischkultur.)

Wo der moorige Boden nicht als Brennmaterial verwertet werden kann, da wird die Trockenlegung nur soweit getrieben, daß dem Lande eine gewisse Frische verbleibt. Noch sicherer ist es, wenn die Entwässerung mit der Bewässerung (Einstauung, Überstauung) verbunden wird.

Nächst dem ist auch in diesem Fall das Aufbringen von Erde geboten. Sie wird entweder mit dem Wasser aufgeschlämmt, oder mit Rollwagen auf Schienen herbeigefahren, oder aus dem Untergrunde heraufgeholt. Das Heraufholen hat sich nach den Erfahrungen Rimpaus selbst in dem Falle rentiert, wenn die betreffende Schicht auch erst in einer Tiefe von 1,20—1,50 m getroffen wird. Bei dem Ausschachten der Meliorationserde werden die Gräben, sofern sie nicht zur Entwässerung oder Bewässerung nötig sind, sogleich wieder mit dem Abraum zugeworfen, so daß an der betreffenden Stelle eine muldenförmige Einsenkung verbleibt, die ebenfalls zur Pflanzenproduktion benutzt werden kann. Die Dämme dienen als Ackerland, die Mulden als Wiesland. Um eine nachhaltige Wirkung zu erzielen, muß die Oberfläche des Moors mit einer Sand- oder Mergelschicht von 10—12 cm Höhe gleichmäßig überdeckt werden. Je schwächer die Decke der Meliorationserde ist, desto sorgfältiger hat man darauf zu achten, daß sie nicht tief untergeackert, sondern zur Beschwerung der schwammigen Humussubstanz immer obenauf gelassen wird. (Dammkultur, Deckkultur.)

Die Düngung des urbar gemachten Torf- und Moorbodens betreffend, so ist Holzasche, gebrannter Kalk und erdiger Kompost, wozu man auch flüssigen und festen Viehmist verwendet, vorzüglich am Platz. Von künstlichen Düngemitteln werden sich Thomasschlackenmehl und Kalisalze auf humusreichem Lande in der Regel wirksamer erweisen als Chilesalpeter und andere Stickstoffdünger.

Im übrigen eignet sich derartiges Land am besten zum Futterbau. Namentlich gut gedeihen die Futtergräser: Knautgras, französisches, italienisches und englisches Raigras, Thimothegras, WiesenSchwingel und Honiggras. Von den Kleearten sind Luzerne und Esparsette auszuschließen und Rotklee als unsicher auch nur mäßig zu verwenden; es bleiben also zur Herstellung der Klee-Gras-Mischung hauptsächlich Weißklee, Bastardklee und Sumpfschotenklee übrig. Als Deckfrucht paßt hier vorzüglich der Hafer, der auch für sich allein angebaut, auf melioriertem Torf- und Moorböden höhere und sichere Erträge liefert als jede andere Frucht. —

g) An welchen Pflanzennährstoffen fehlt es dem Boden? Womit sollen wir düngen, um bessere Ernten zu machen?

Diese Fragen werden von den Landwirten häufig gestellt, und die Ansicht ist sehr verbreitet, daß vor allem der Agrikulturchemiker in der Lage sei, die passende Antwort zu geben, wenn ihm eine Bodenprobe von dem betreffenden Grundstück zur Untersuchung eingeschickt wird.

Im großen und ganzen ist diese Ansicht unbegründet. Denn der Chemiker kann zwar in gewissen Fällen, nämlich dann, wenn der Boden an dem einen oder dem anderen Pflanzennährstoff oder überhaupt sehr arm ist, durch die Untersuchung einer Anzahl sorgfältig ausgewählter Proben herausfinden, an welchen Stoffen es dem Boden fehlt, aber im allgemeinen kann bis jetzt der chemischen Analyse des Bodens ein großer praktischer Wert in der bezeichneten Richtung nicht zugesprochen werden. Es liegt das einerseits daran, daß nur kleine und nicht zahlreiche Proben untersucht werden können, und andererseits daran, daß die Chemie in der Untersuchung des Bodens, die eine sehr umständliche und schwierige Sache ist, noch viel zu lernen und zu erforschen hat. Speziell ist der Chemiker bis jetzt nicht imstande, die Fruchtbarkeit eines Bodens richtig zu beurteilen, weil er weder die Seite 16 und 17 erwähnten kleinen Lebewesen, deren Vorhandensein die Fruchtbarkeit zum Teil bedingt, durch die chemische Analyse nachzuweisen, noch die Tätigkeit der Pflanzenwurzeln auf künstlichem Wege nachzuahmen vermag.

Wir müssen uns deshalb die Frage: An welchen Pflanzennährstoffen fehlt es dem Boden? Womit sollen wir düngen, um die Erträge zu steigern? vorläufig auf einem anderen Wege beantworten, nämlich durch den direkten Düngungsversuch.

Hierbei kann uns der Agrikulturchemiker in Verbindung mit dem wissenschaftlich und praktisch gebildeten Landwirt sehr wichtige und wertvolle Winke und Ratschläge erteilen, aber freilich auch nur dann, wenn wir ihm eine genaue und richtige, klare und kurze Beschreibung von dem betreffenden Grundstück geben, gestützt auf eine Untersuchung des Bodens, wie sie in der vorliegenden Anleitung empfohlen wird.

Noch besser wird es sein, wenn der sachverständige, mit einem Gutachten betraute Landwirt und Agrikulturchemiker an der Untersuchung oder Voruntersuchung des Bodens persönlich teilnehmen und nötigenfalls die für die genauere Untersuchung bestimmten Bodenproben selbst auswählen und fassen kann.

Ist die Gegenwart der Sachverständigen nicht möglich und es erscheint eine Zusendung von Bodenproben angezeigt, so empfiehlt sich für das Fassen und Verpacken der Proben ein Verfahren, das von einem praktischen Schweizer A. Gräßli in Grabs bei Buchs erfunden worden ist. Man gräbt ein Loch von 60 cm Tiefe, sticht an der Wand der Probegrube mit einem gewöhnlichen Torfmesser einen vierkantigen Erdbalken von 50—60 cm Länge senkrecht aus, wickelt ihn in einen großen Bogen Packpapier und legt ihn in eine Kiste, die auf einem Karren mitgeführt wird. Eine solche Bodenprobe ist viel mehr wert als eine nach gewöhnlicher Art in einen Sack geschüttete, denn sie zeigt uns den senkrechten Schnitt des Bodens in seiner natürlichen Lagerung und Schichtung, und sie gestattet die getrennte Untersuchung der verschiedenen Schichten.

Dabei ist eins nicht zu übersehen, was oft übersehen oder wenigstens nicht genügend gewürdigt wird. Bevor wir uns zum Ankauf von Kunstdünger und zur Einleitung von Düngungsversuchen irgend welcher Art entschließen, haben wir uns die Frage vorzulegen: Leidet der Boden an einem Grundfehler: Nässe, Säure, Eisenschüffigkeit, Salzigkeit, Steinigkeit, Einseitigkeit? Trifft das eine oder das andere zu, so haben wir vor allem die Maßregeln zu ergreifen, die im vorstehenden angedeutet worden sind. Denn auf einem Boden, der an einem Grundfehler leidet, sind alle Düngungsversuche von vornherein vergebens.

Ist der Grund und Boden von Natur in Ordnung, oder ist

er durch die Kunst bereits in Ordnung gebracht, so lassen sich für die Ausführung von Düngungsversuchen in der hier gebotenen Kürze folgende Regeln geben.

Allgemeine Regeln für Düngungsversuche. — 1. Alle Versuche, deren Erfolg irgendwie zweifelhaft erscheint, werden vorerst ganz im kleinen ausgeführt (Vorprüfung).

2. Zu jedem Versuch gehören mindestens zwei Vergleichsparzellen (jede von 10—20 qm Größe), von denen die eine mit dem betreffenden Düngemittel gedüngt, die andere nicht gedüngt wird. Sicherer, aber auch umständlicher ist es, zweimal zwei oder dreimal zwei Vergleichsparzellen abzustechen, so daß die Erträge der ungedüngten Parzellen sich gegenseitig kontrollieren und die Erträge der gedüngten Parzellen ebenfalls. Größe, Lage, Boden und Behandlung der Vergleichsparzellen müssen gleich sein.

3. Bei jedem Versuch wird immer nur ein bestimmtes Düngemittel geprüft, und man wählt natürlich zuerst das, von dem man nach Maßgabe der Verhältnisse am sichersten eine Wirkung erwarten kann.

4. Der Ertrag der Vergleichsparzellen wird gewogen und besonders auch die Qualität des Ertrages so genau als möglich festgestellt. Macht man den Versuch z. B. auf einer Naturwiese, so wird nicht allein das Heu in dem gleichen Zustande der Trockenheit gewogen, sondern auch der Pflanzenbestand auf das Verhältnis der Kleearten zu den Grasarten und zu den Unkräutern usw. gemustert.

5. Ist der Versuch durch die Witterung, durch schädliche Tiere, durch Pflanzenkrankheiten usw. offenbar geschädigt oder gestört worden, so wird er im nächsten Jahre auf zwei neuen Parzellen wiederholt.

6. Erweist sich das betreffende Düngemittel wirksam, so wird ein größerer Versuch wiederum mit zwei Vergleichsparzellen unternommen, deren Größe*) z. B. 10 a beträgt (Hauptprüfung).

*) Die Größe der Parzellen wählt man so, daß man die geernteten Produkte bequem auf einen Wagen laden, also das Erntegewicht je mit einer Wägung ermitteln kann. Hat man keine Brückenwage zur Verfügung, so ermittelt man das Erntegewicht von einem kleineren, sorgfältig ausgewählten und genau abgemessenen Musterstück. Bei gewissen Produkten, z. B. Kartoffeln, Trauben usw., genügt auch das Messen, doch ist das Wägen immer sicherer. Bei Getreide muß außer dem Garbengewicht auch

— Erweist sich dagegen das betreffende Düngemittel auch unter günstigen Witterungsverhältnissen usw. nicht wirksam, so wird ein anderes, und zwar vorerst wieder im kleinen, geprüft.

Nach diesem meinem Vorschlage hat man es jedes Jahr nur mit einem einzigen Versuche zu tun, und ich rate sehr an, sich nicht auf zu viel einzulassen, sonst kommt es im Drange der Geschäfte leicht dazu, daß das Wägen unterlassen und folglich die Hauptsache verabsäumt wird. In der Ernte hat man nie eine Stunde zu viel, oft aber eine zu wenig.

Besondere Winke für Düngungsversuche. — Was nun die einzelnen Düngemittel betrifft, so können wir hier von besonderen Versuchen mit eigentlichem Stallmist, sowie mit Stockmist und Gülle absehen, weil diese in der Wirtschaft vorhandenen Hauptdünger jedenfalls zu verwenden und unter unseren Verhältnissen von vornherein als wirksam zu betrachten sind. Versuche über die Art der Behandlung und Verwendung sind damit nicht ausgeschlossen; es ist hier aber nicht am Platze, dieses wichtige Kapitel der Düngerlehre zu erörtern.

Auch über Kompost und Holzasche, sowie über die sonstigen in der Wirtschaft vorkommenden Düngemittel können wir hinweggehen, da jeder verständige und rührige Landwirt alle diese Materialien sorgfältig sammeln und zweckmäßig verwenden wird.

Es kommen hier mehr die sog. Kunst- oder Handelsdünger, Hilfs- oder Beidünger in Frage. Auf diese wollen wir im folgenden wenigstens soweit eintreten, wie es für den vorliegenden Zweck notwendig ist.

1. **Kalk.** — Versuche mit Kalk sind angezeigt auf den Böden, die so kalkarm sind, daß bei der Salzsäureprobe (S. 127) kein Aufbrausen entsteht, und die zugleich infolge vieljähriger Stallmistdüngung usw. einen reichen Vorrat an Humus und „alter Kraft“ besitzen.

Man berechnet zu dem Versuch pro 10 qm 2500 g = 2½ kg gebrannten Kalk, der vor dem Ausstreuen mit wenig Wasser gelöst

das Stroh- und Korngewicht besonders ermittelt werden. — Die Qualität der Produkte beurteilt man zunächst nach den äußeren, leicht in die Sinne fallenden Merkmalen; wo es wichtig erscheint, wird der Gehalt an Stärke, Zucker, Stickstoff usw. bestimmt, nötigenfalls unter Beihülfe der agrarisch-chemischen Versuchstation.

wird, so daß er in Pulver zerfällt. Das Anfeuchten geschieht am besten durch ein- oder zweimaliges Untertauchen der Körbe, in denen die Kalkstücke sich befinden. Anstatt ihn mit Wasser zu löschen, kann man den gebrannten Kalk auch mahlen und mit der Düngerstreu-
maschine auf das Feld bringen; in Berührung mit der feuchten Erde löscht er sich, und er verteilt sich so am gleichmäßigsten. Auf Ackerland wird der Kalk im reinen Zustande angewandt, auf Wies-
land in Form von Kompost, d. h. unter Zusatz einer reichlichen Menge Erde.

Dabei wird die übliche Düngung mit Stock- und Stallmist, mit Jauche und Gülle usw. beibehalten, denn das Kalken hat hier nur den Zweck, durch erhöhte Tätigkeit des Bodens und durch leb-
hafteren Umsatz des Düngkapitals eine Steigerung der Erträge herbeizuführen.

Die beste Zeit der Kalkung ist der Herbst. Die gewöhnliche Düngung mit Gülle usw. folgt im Frühjahr oder später. Wieder-
holung der Kalkung auf bündigem Boden alle 3—6 Jahre, auf leichterem Boden alle 6—9 Jahre.

2. **Gips.** — Die oft ganz überraschende Wirkung des Gipses auf kleeartige Gewächse (Rotklee, Luzerne usw.) und Hülsen-
früchte (Erbsen, Wicken usw.) ist bekannt, ebenso weiß man, daß dieses Düngemittel auf andere Gewächse, namentlich auf Getreide, Kartoffeln, Runkeln und Wiesengräser keine Wirkung ausübt. Die Wirkung des Gipses ist immer noch nicht genügend erklärt; vielleicht beruht sie darauf, daß der Gips zur Entwicklung und
Tätigkeit der Wurzelbakterien in Beziehung steht. Für diese An-
nahme spricht die Tatsache, daß der Gips auf die stickstoffsammelnden Pflanzen wirkt, auf andere nicht.

Die Versuche sind also auf die Grundstücke zu beschränken, auf denen die Kleearten und Hülsenfrüchte den alleinigen oder vor-
herrschenden Bestand ausmachen.

Man säet das Gipsmehl im Frühjahr, wenn die Kleepflanzen handhoch sind, des Abends, wenn Tau zu erwarten, oder des Morgens, wenn starker Tau gefallen, breitwürfig aus, so daß der Gips auf den Blättern hängen bleibt und mit dem Tauwasser in Berührung tritt. Dabei berechnet man von dem rohen, ungebrannten Gips pro 10 qm 500 g. (Der gebrannte Gips empfiehlt sich
weniger als der ungebrannte.)

3. **Phosphorsäure.** — Die Stallmistwirtschaft und die Ausfuhr von Fleisch, Milch, Käse, Korn usw. bringen es mit sich, daß der Boden an Phosphorsäure leicht verarmt, während der Vorrat an anderweitigen aufnehmbaren Pflanzennährstoffen sich nicht in gleichem Maße vermindert, zuweilen sogar vermehrt. Tritt dieses Mißverhältnis ein, so liegt ein Teil unseres Dungkapitals ganz nutzlos im Boden oder geht wohl gar durch Auswaschen in den Untergrund unwiederbringlich verloren.

Es ist daher auf Acker-, Garten-, Wiesen- und Nebland sehr zu empfehlen, die Wirkung der Phosphorsäure zu prüfen. Man darf in den allermeisten Fällen des Erfolges gewiß sein.

Man wähle zu dem Düngungsversuch ein Phosphorit-Superphosphat, dessen garantierter Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure nicht unter 16% beträgt, so daß man in 100 kg der Ware mindestens 16 kg wasserlösliche Phosphorsäure erhält.

Der Kunstdünger wird, so wie er ist oder besser mit der dreifachen Menge Erde, Sägemehl oder Torfmüll (nicht mit Asche!) vermengt, im Frühjahr ausgestreut und, wo es zulässig, sogleich untergeackert. Man berechnet bei einem kleineren Versuch als Beidünger zu dem gewöhnlichen Dünger pro 10 qm 500 g = $\frac{1}{2}$ kg, bei größeren Versuchen etwas weniger, nämlich 300–400 g pro 10 qm oder, was auf dasselbe herauskommt, 300–400 kg pro Hektar.

Zur näheren Erläuterung derartiger Düngungsversuche schalten wir hier ein Beispiel ein, das sich an die uns am nächsten liegenden schweizerischen Verhältnisse anschließt und sich auf Lehm Boden bezieht.

Nummer der Parzelle *)	Art der Kultur	Größe der Parzelle qm	Düngung		Ertrag an Heu kg
			Ruhgülle l	Phosphorit-Superphosph. kg	
I.	Naturwiese	20	100	1	19,9
II.	do.	20	100	—	11,8
Differenz:	—	—	—	1	8,1

*) Die Lage der Parzellen wählt man zweckmäßig nicht am Rande, sondern im Innern der Wiesenfläche, je 5 m lang und 4 m breit. Die vier Ecken bezeichnet man mit Pfählen; zwischen den Parzellen läßt man

Durch die Ermittlung des Erntegewichts erfahren wir, daß der Zuschuß von 1 kg Superphosphat auf der Fläche von 20 qm einen Mehrertrag an Heu und Emd von 8,1 kg ergeben hat. Gewirkt hat also in diesem Falle die in dem Kunstdünger enthaltene Phosphorsäure zweifellos, aber hat sich der Mehraufwand auch bezahlt?

8,1 kg Heu à 0,08 Fr. = 0,65 Fr.

1,0 „ Superphosphat = 0,20 „ *)

Differenz = 0,45 Fr.

Der Überschuß über die Kosten beträgt demnach = 0,45 Fr. Daraus berechnen sich, wenn wir 0,05 Fr. für die Mehrarbeit (Ausstreuen des Kunstdüngers usw.) in Abzug bringen, pro Hektar 200 Fr.

Mit diesem Resultat könnten wir schon zufrieden sein. Nun haben wir aber noch zu veranschlagen, daß der Futterwert des Heues auf der mit Superphosphat gedüngten Wiese in dem Verhältnis von 9:8 Fr. pro 100 kg besser ist. Danach stellt sich die Rechnung wie folgt:

I. Parzelle: 19,9 kg Heu à 0,09 Fr. = 1,80 Fr.

II. „ 11,8 „ „ à 0,08 „ = 0,95 „

Differenz zugunsten der I. Parzelle = 0,85 Fr.

Davon ab a) für 1 kg Superphosphat . 0,20

b) „ Mehrarbeit 0,05

= 0,25 „

Bleibt auf der I. Parzelle ein Überschuß von . = 0,60 Fr.

Daraus berechnen sich pro Hektar 300 Fr., und da die anderweitigen Kosten sich gleich bleiben, so ist dieser Überschuß nichts anderes als höherer Reinertrag oder Reingewinn.

einen Weg von 1 m Breite. Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung zu erzielen, verdünnt man die Kuhgülle mit der doppelten Menge Wasser. Aus demselben Grunde wird das Superphosphat mit der dreifachen Menge Sägemehl oder Torfmüll (s. oben!) vermengt. Bei der Ernte schiebt man eine Stange oder Latte von Pfahl zu Pfahl und schneidet das Gras außen herum genau bis zur Grenze ab, denn es versteht sich von selbst, daß ein Fehler in der Größe der Parzellen auf das Resultat von Einfluß ist.

*) Wenn der Preis des Düngers niedriger steht, so stellt sich die Rechnung um so günstiger. 5 Franken = 4 M.

Diese Berechnung hinkt insofern, als die Übertragung von einer sehr kleinen Fläche auf eine sehr große immer mißlich ist. Deshalb muß der Vorprüfung im nächsten Jahre die Hauptprüfung auf einem größeren Versuchsstück folgen. Fällt diese wiederum günstig aus, so werden wir uns zu größeren Zuschüssen an Phosphorsäure entschließen, aber nach einer Reihe von etwa 6 Jahren wieder einen ähnlichen Versuch machen, um zu kontrollieren, ob der Zukauf von Phosphorsäure noch weiter nötig ist. Denn da einerseits ein Teil der aufgeschlossenen Phosphorsäure nicht sogleich verbraucht und andererseits ein Teil der nicht aufgeschlossenen Phosphorsäure (namentlich bei Anwendung des Thomasmehls) mit der Zeit löslich wird, so kann sich der Vorrat an nutzbarer Phosphorsäure in 6 Jahren so anhäufen, daß nun eine Zeitlang der Zuschuß unterbleiben kann.

4. Kali. — Weniger allgemein wirksam als die Phosphorsäure wird sich das Kali erweisen. Dennoch sind Versuche auch mit diesem Pflanzennährstoff sehr anzuraten.

Ziemlich sicheren Erfolg kann man namentlich auf den Humusböden (Torf und Moor) erwarten. Auch auf Kalk- und Mergelböden, sowie auf Sandböden wird sich das Kali in vielen Fällen bewähren. Am meisten zweifelhaft bleibt der Erfolg auf Lehm- und Tonböden, weil diese Bodenarten ihrer Entstehung nach gewöhnlich reicher an Kali sind als die vorher genannten.

Sehr unsicher ist ferner der Erfolg der Kalizufuhr auf allen Grundstücken, auf denen regelmäßig und reichlich mit Kuhmist und Gülle und obendrein noch mit Holzasche, also mit kalireichen Düngemitteln, gedüngt wird.

Doch Probieren geht über Studieren, und ein kleiner Versuch kostet ja weniger Geld als Mühe. Von den Staßfurter Düngsalzen wählt man für diesen Zweck am besten schwefelsaures Kali mit einem garantierten Gehalt an Kali von 50—52%. Man berechnet pro 10 qm $500\text{ g} = \frac{1}{2}\text{ kg}$ der Ware und streut das Salz, mit der dreifachen Menge trockener Erde gemengt, jedenfalls im Herbst aus, um es, wo dies zulässig, sogleich tief unterzuadern. Auf Natur- und Kunstwiesen und bei Hülsenfrüchten ist die Wirkung nach den bisherigen Erfahrungen sicherer als bei Getreide und Hackfrüchten.

5. Stickstoff. — Nur selten wird in einer Wirtschaft soviel Viehmist produziert, daß ein Zuschuß von Stickstoff überflüssig

wäre. Gerade dieser Pflanzennährstoff ist geeignet, die Ernten mächtig zu steigern; die Wirkung ist oft augenfällig. Doch hat man nach der Art der anzubauenden Pflanzen und auch nach der Art des Bodens sorgfältig zu unterscheiden.

Was zuerst den Boden betrifft, so sind Versuche mit Stickstoff auf allen normalen Böden am Platze, nur der Humusboden (Torf, Moor usw.) bedarf bei sonst passender Behandlung der Stickstoffdüngung oft gar nicht. Man merke sich die Erfahrungen, die Rimpau bei seinen großartigen Moorkulturen gemacht, und die auf das offene und beachtenswerte Bekenntnis hinausliefen: Ich habe Tausende von Talern für den Stickstoff verschwendet.

Was zweitens die Pflanzen anlangt, so kann man die Erfahrungen der Landwirte in folgende Sätze zusammenfassen:

a) Auf kleeartige Gewächse und Hülsenfrüchte, auf die „Stickstoffsammler“, äußert die Stickstoffdüngung meist gar keine Wirkung.

b) Dagegen unterstützt der Stickstoff das Wachstum des Rapses, der Kohlarten, der Futterrunkeln und Futterrüben sowie der Futtergräser mit Einschluß von Futtermais und Futterroggen in auffallender Weise, und diese Gewächse können nicht leicht mit Stickstoff überdüngt werden.

c) Bei dem Getreide, das Körner liefern soll, ist der Stickstoff zwar ebenfalls sehr wirksam, aber hier hat man zu starke Stickstoffdüngung zu vermeiden, weil sonst die Halme zu geil wachsen und sich lagern.

d) Auch Kartoffeln und Zuckerrüben vertragen nur eine mäßige Düngung mit Stickstoff.

Für einen kleineren Düngungsversuch, der die Prüfung der vermehrten Stickstoffzufuhr bezweckt, eignet sich am besten der Chilesalpeter. Man berechnet, je nach dem Düngungszustande des Bodens und je nach der Art der Kulturpflanzen, 100—300 g pro 10 qm oder 100—300 kg pro Hektar. Dieses Quantum, reichlich und gleichmäßig mit Erde gemengt, wird aber nicht mit einem Male, sondern in zwei oder drei Portionen geteilt, zur Überdüngung in der Zeit vom Beginn der Vegetation bis zum Beginn der Blüte der Pflanzen verwandt. —

Haben wir durch die vorstehend empfohlenen Düngungsversuche, die nach der einen oder andern Richtung abgeändert und ergänzt werden können, die schwachen Seiten unsers Bodens kennen gelernt

und im besonderen herausgefunden, mit welchen Stoffen wir imstande sind, die Erträge zu steigern, so werden wir zur Düngung im großen aus den im Handel angebotenen Kunstdüngern die auswählen, in denen wir die betreffenden Stoffe in der geeigneten Form am wohlfeilsten beziehen können. Eine nähere Anleitung hierfür zu geben, ist hier nicht am rechten Ort. Nur eine allgemeine Bemerkung sei noch gestattet.

Die künstlichen Düngemittel sind immer nur wertvolle Hülfs- oder Beidünger, die den Stallmist vorteilhaft ergänzen und in seiner Wirksamkeit sehr wesentlich unterstützen, niemals aber in physikalischer Beziehung, und auf die Dauer und im großen auch nicht in chemischer Beziehung, vollständig ersetzen können. Die sog. „viehlose Wirtschaft“, die ihr Futter nebst allem, was sie sonst erntet, jahraus jahrein verkauft, ist nur vereinzelt durchführbar, und sie vermag sich nur dadurch zu erhalten, daß sie von Zeit zu Zeit die Ernte dem Acker opfert (Gründüngung) oder städtischen Dünger kauft. Wir anderen, die wir die Viehzucht nicht als ein notwendiges Übel, sondern als eine Haupterwerbsquelle betrachten, wir werden unentwegt festhalten an der Stallmistwirtschaft, sei es mit, sei es ohne Güllebereitung, denn sie liefert den reichlichsten, den besten und den billigsten Dünger, und wir werden dahin trachten, die Menge und Güte des natürlichen Düngers durch intensiven Futterbau, durch Zukauf von Kraftfutter, durch rationelle Bewässerung der Wiesen und vor allem anderen durch zweckmäßige Behandlung im Stalle, auf der Düngerstätte und auf dem Felde von Jahr zu Jahr zu vermehren und zu verbessern. Die festen und flüssigen Auswurfstoffe der Tiere und — der Menschen sind und bleiben das Hauptfutter für die Pflanzen. Im Vergleich zu ihnen verschwinden die künstlichen Düngemittel wie das Salz in der Suppe. Kauft Kunstdünger, so viel wie sich rentiert, doch vergeßt das alte Sprüchlein nicht:

Mist ist des Bauern List.

II. Die Bodenarten.

1. Einteilung und Beschreibung der Bodenarten.

(Agronomische Klassifikation.)

Nach den vorwaltenden und charakteristischen Bestandteilen kann man die Gesamtheit der Bodenarten gruppieren und einteilen wie folgt:

Hauptgruppen der Bodenarten.

Zahl und Benennung der Hauptgruppen	Charakteristische Bestandteile:				
	Stein	Sand	Ton	Kalk	Humus
	% Minimum ca.	% Minimum ca.	% Minimum ca.	% Minimum ca.	% Minimum ca.
I. Steinbodenarten	80	—	—	—	—
II. Sandbodenarten	—	80	—	—	—
III. Lehm Bodenarten	—	50	20	—	—
IV. Tonbodenarten .	—	—	50	—	—
V. Mergelboden- arten	—	—	20	5	—
VI. Kalkbodenarten .	—	—	—	50	—
VII Humusboden- arten.	—	—	—	—	20

In der vorliegenden Tabelle ist die Benennung der Hauptgruppen angegeben und zugleich angedeutet, durch welche Bestandteile jede Gruppe charakterisiert ist.

Vielleicht ist es nicht überflüssig, darauf hinzuweisen, daß die Zahlen bei jedem charakteristischen Bestandteil die ungefähre untere Grenze oder das annähernde Minimum angeben. Die Zahl 80 in der ersten Reihe bedeutet also: die Steinbodenarten enthalten „mindestens 80“, oder sie enthalten „über 80%“ Steine; und umgekehrt, wenn eine Bodenart „über 80%“ Steine enthält, so gehört sie in die Gruppe der Steinbodenarten.

Zur fernereren Erläuterung diene noch folgendes. Nach der Tabelle enthalten die Lehm Bodenarten mindestens 50% Sand, sie sollen aber nicht über 80% enthalten, weil mit dieser Prozentzahl die untere Grenze der Sandbodenarten überschritten wird;

andererseits enthalten die Lehm Bodenarten mindestens 20% Ton, sie sollen aber nicht über 50% enthalten, weil mit dieser Prozentzahl die untere Grenze der Tonbodenarten überschritten wird. — Ähnlich verhält es sich mit dem Kalk. Der Kalk ist der charakteristische Bestandteil der Mergelböden; diese müssen, wie die Tabelle besagt, mindestens 5%, sie können aber auch 10, 20, 30, 40% Kalk enthalten; steigt jedoch der Kalkgehalt über 50%, so gehört die Bodenart nicht mehr in die Gruppe der Mergel-, sondern in die Gruppe der Kalkbodenarten uff.

Alle in der Tabelle angegebenen Minimalzahlen gestatten einen Spielraum nach oben und nach unten, was wir mit dem Wörtchen „circa“ angedeutet haben.

Die Abgrenzung der Hauptgruppen gegeneinander ist bis zu einem gewissen Grade willkürlich, da eine Gruppe in die andere übergeht und scharfe Grenzen in der Natur nicht vorhanden sind. Wir hoffen aber, daß unsere Einteilung mit der natürlichen Verschiedenheit der Bodenarten, insbesondere mit der Abstufung nach ihren chemisch-physikalischen Eigenschaften und nach ihrem Verhalten gegen die Pflanzen sich möglichst deckt, und daß sie zugleich einfach, klar, übersichtlich und auch umfassend ist.

Alle auf der Erde vorkommenden Bodenarten, so verschieden sie im einzelnen auch sein mögen, werden sich in eine der genannten sieben Hauptgruppen einreihen lassen. Wenigstens ist es für praktische Zwecke nicht nötig, eine größere Zahl von Hauptgruppen zu bilden. Dagegen ist es zweckmäßig und durchführbar, in den Hauptgruppen einige Unterabteilungen und Klassen zu unterscheiden, so daß man im ganzen etwa 40 Bodenarten erhält. Eine zu weit gehende Spezialisierung ist vom Übel. Denn schon der altrömische Schriftsteller Columella sagt: „Es ist nicht Sache der Wissenschaft, sich weitläufig über die unzähligen Varietäten des Bodens zu verbreiten, sondern einzudringen in die Gattungen und Arten, die durch den Verstand und durch Worte leicht gefaßt werden können.“ Ob wir dieser Vorschrift überall nachgekommen sind, mag der geneigte Leser entscheiden.

Wir lassen nun die Beschreibung der Hauptgruppen nebst ihren Unterabteilungen und Klassen folgen.

I. Hauptgruppe: Steinbodenarten.

Steine verschiedener Art, Form und Größe bilden den Hauptbestand, über 80%. Feinerdige Teile (Ton, Kalk, Humus) fehlen ganz oder treten an Menge sehr zurück. Verwitterungsböden oder Schwemmlandböden.

I. Unterabteilung.

Grusböden (Trümmer-, Schotter-, Schuttböden).

Kenntlich an der unregelmäßigen, eckigen, muscheligen, splinterigen oder schieferigen Gestalt der Steine. Die Grusböden, auch Trümmer-, Schotter- oder Schuttböden genannt, entstehen als erstes Produkt der Verwitterung aus den verschiedensten Gesteins- oder Felsarten (Verwitterungsböden).

Wir finden sie besonders häufig im Hochgebirge, wo sie die Schutthalden bilden. Doch bestehen nicht alle Schutthalden aus Grusböden, da manche Felsarten, namentlich Mergelgesteine, bei der Verwitterung sehr bald einen erdigen Boden liefern, während andere Felsarten, namentlich die Sandsteinfelsen, bei der Verwitterung alsbald in Sand zerfallen. Verwitterungsprodukte dieser Art gehören dann nicht in die I. Hauptgruppe, sondern in die II., III., IV., V. oder VI. Hauptgruppe der Bodenarten.

Die Fruchtbarkeit der Grusböden ist im allgemeinen gering. Je mehr der Gehalt an Feinerde zunimmt, sei es durch Verwitterung, sei es durch Aufschlammung, sei es durch Humusbildung, veranlaßt durch niedere Pflanzen, Flechten, Moose usw., desto mehr hebt sich die Fruchtbarkeit.

Hiernach kann man die Grusböden in folgende drei Klassen bringen:

1. Klasse: Humoser Grusboden.

Gemenge von Gesteinsgrus und Humus. Auf den Alpen und im Hochgebirgswald vorkommend. In jenen feuchten Lagen mäßig fruchtbares Wald- und Weideland.

2. Klasse: Lehmiiger oder mergeliger Grusboden.

Feinerdige Teile (Ton oder Ton und Kalk) zwischen dem Gesteinsgrus deutlich bemerkbar, aber an Menge so gering (5—20%),

daß sich eine feuchte Bodenprobe in der Hand nicht ballen läßt. Durch dieses Kennzeichen zu unterscheiden von steinigem Lehm und Lehmmergel, bei denen der Gehalt an Feinerde über 20% beträgt. Auf Schutthalden in höheren und tieferen Lagen vorkommend. In feuchter Lage mäßig fruchtbar, doch meist auch nur als Weide- und Waldbland, zuweilen als Rebland zu nutzen. Auf lehmmergeligem Grusboden gedeiht allenfalls Luzerne und Esparsette.

3. Klasse: Reiner Grusboden.

Sehr arm an Feinerde (unter 5%). Steile steinige Schutthalden. Fruchtbarkeit sehr gering. Oft ganz fahl und wüßt. Brauchbar als Straßenschotter.

II. Unterabteilung.

Ries- und Grandböden (Geröllböden).

Kenntlich an der abgerundeten Gestalt und geglätteten Oberfläche der Steine. Hierhin gehören Schwemmlandsböden verschiedener Art, bei denen die feinerdigen Teile ganz oder größtenteils fortgeschwemmt, so daß in der Hauptsache nur größere und kleinere Gerölle zurückgeblieben sind.

Meist in Flußtalern, doch auch im Hügel- und Bergland häufig vorkommend. Oft von einer Schicht besseren Bodens überdeckt, also den Untergrund bildend (Riesgruben).

Im Anschluß an die Grusböden bringen wir die Ries- und Grandböden in folgende drei Klassen:

4. Klasse: Lehmiger oder mergeliger Riesboden.

Feinerdige Teile (Ton oder Ton und Kalk) zwischen dem groben Gerölle bemerkbar, aber nicht über 20% betragend.

In Flußtalern und im Untergrunde vorkommend. Selten zutage tretend. Fruchtbarkeit mäßig oder gering. In trockener Lage meist nur als Weide- und Waldbland (Föhre) oder als Esperboden, zuweilen als Rebland, in feuchter Lage auch als Wiesenland zu nutzen.

5. Klasse: Reiner Riesboden.

Sehr arm an Feinerde (unter 5%), oft mit Grand und Sand gemengt oder wechsellagernd.

Material für Straßen- und Betonbauten.

Fruchtbarkeit sehr gering. In trockener Lage unbedingter Waldboden. In Flußtälern, der Überschwemmung ausgesetzt, oft mit Weiden bewachsen, daher auch zur Korbweidenkultur zu verwenden.

6. Klasse: Grandboden.

Gerölle von Senfkorngroße (1—2 mm) bilden den Hauptbestand. Das übrige ist Kies, grober und feiner Sand nebst einer geringen Menge von Humus oder Ton.

Fruchtbarkeit sehr gering. In trockener Lage unbedingter Waldboden (Föhre). In frischer Lage kommen bei genügender Düngung allenfalls Roggen, Lupinen und Kartoffeln fort. Die Flora des gemeinen Sandbodens S. 167 gilt auch für den Grandboden.

II. Hauptgruppe: Sandbodenarten.

Deutlich sichtbare und fühlbare Körner unter 1 mm Größe bilden den Hauptbestand, über 80%. Die Körner sind größtenteils Quarzsand. Feinerdige Teile (Ton, Kalk, Humus) ganz fehlend oder an Menge sehr zurücktretend, unter 20%, meist unter 10%.

In der Schweiz in einigen Flußtälern (Aare, Rhone, Reuß, Rhein) und im Untergrunde des Hügel- und Berglandes vorkommend; als Kulturland nicht häufig, weil gewöhnlich von anderen besseren Bodenarten überdeckt. In anderen Gegenden, namentlich in Norddeutschland, sehr verbreitet.

Nach der Ertragsfähigkeit kann man die Sandböden in folgende sechs Klassen abteilen:

1. Klasse: Milder humoser Sandboden.

So reichlich Humus enthaltend (5—10%), daß der Boden im feuchten Zustande schwarz oder schwarzbraun, im trockenen Zustande dagegen grau erscheint. Bei näherem Zusehen erkennt man die weißen Körner von Quarzsand, die den Hauptbestand ausmachen. Auch kleine Schneckengehäuse kommen hier häufig vor.

Diese Bodenart findet sich als Aueboden an Flüssen und Bächen. Daher meist feucht gelegen. Zuweilen der Überschwemmung ausgesetzt, doch frei von stöckender Nässe.

Guter Wiesenboden. Das Gras enthält jedoch gar keine oder nur eine geringe Beimengung von Kleearten.

Von anderen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen gedeihen bei genügender Trockenlegung und Düngung: Roggen, Hafer, Hirse und Mais sicherer, als Gerste; Kartoffeln, Möhren, Kohl- und Wasserrüben sicherer, als Runkelrüben; Rübsen sicherer, als Raps. Bei reicher Düngung mit Natur- und Kunstdünger auch Kohl, Hopfen, Lein und Hanf. Kleearten und Hülsenfrüchte sind im allgemeinen unsicher, von jenen noch am sichersten Bastardklee und Sumpfschotenklee im Gemenge mit Futtergräsern, die sich für diesen Boden vorzüglich eignen.

Ein häufiges und lästiges Unkraut auf dem humosen Sandboden ist die Quecke, *Triticum repens*.

2. Klasse: Mergeliger Sandboden.

Bei der Salzsäureprobe mehr oder weniger deutlich, aber nicht stark aufbrausend. Kalkgehalt 2—4%. Etwas bündig, doch leicht zu bearbeiten. Tätig. Gesund. Ziemlich fruchtbar. Mäßige, aber oft wiederholte Düngung ratsam und lohnend.

Hauptfrüchte: Roggen und Kartoffeln. Für Weizen zu leicht. In frischer Lage, bei bündigem Untergrunde, gedeihen Gerste und Hafer. Außerdem Erbsen, Wicken, Zuckerrüben, Möhren, Tabak u. a.

Futtermgewächse nicht sehr ertragreich, aber von guter Qualität. Klee gras sicherer als reiner Rotklee. Espar und Luzerne kommen auch im Reinbestande fort.

Wildwachsend finden sich auf dieser Sandbodenart häufig Gelbklee, *Medicago lupulina*, und Brombeere, *Rubus caesius*, die man als „Leitpflanzen“ für mergeligen Boden betrachten kann.

3. Klasse: Lehmiger Sandboden.

Arm an Kalk, daher bei der Salzsäureprobe nicht aufbrausend. Etwas bündig, läßt sich aber nicht zu einer geschlossenen Kugel ballen, weil der Tongehalt nur 5—20% beträgt. Trotzdem können gewisse Varietäten des lehmigen Sandbodens, wenn sie viel feinen Sand enthalten, bei lange anhaltender Dürre so erhärten, daß das Pflügen unmöglich ist.

Trägt dieselben Kulturpflanzen, wie die vorige Klasse, jedoch sind Erbsen, Wicken, Rotklee, Espar und Luzerne viel unsicherer, weil der Kalkgehalt zu gering. Für diese Pflanzen treten hier

schon ein: Sandluzerne, Lupinen, Wundklee, Serradella und Spörgel. Klee grasgemenge als Mähfutter nicht so ausgiebig, als Wickenhafergemenge. Zur Weide, besonders für Schafe, eignen sich Weißklee mit Thimothee und englischem Raigras.

Häufige schädliche Unkräuter des lehmigen Sandbodens sind: Kornblume, *Centaurea Cyanus* — Kornrade, *Agrostemma Githago* — und Fiederich, *Raphanus Raphanistrum*. Ebenfalls häufig, aber weniger schädlich sind: Knöterich, *Scleranthus annuus* — Frühlingsehrenpreis, *Veronica verna* — und dreifarbiges Veilchen, *Viola tricolor*.

4. Klasse: Gemeiner Sandboden.

Meist grobkörnig. Nur in feuchtem Zustande etwas bündig. Gehalt an Ton unter 5%.

Von Halmfrüchten gedeiht hier nur noch der Winterroggen.

Kartoffeln liefern geringen Ertrag, aber vorzügliche, gesunde Saatware. Von anderen Hackfrüchten kommen noch fort Möhren und Wasserrüben (Räben).

Futtergewächse: Lupinen, Wundklee, Serradella, Buchweizen und Spörgel.

Zur Schafweide: Weißklee, englisches Raigras und Thimothee unsicher; am sichersten Schaffschwingel.

Namentlich mit Hülfe der Lupine ist es möglich, diesem Boden noch einen leidlichen Ertrag abzugewinnen, oft aber dürfte es vorzuziehen sein, ihn durch Bepflanzung mit Föhren (Kiefern), Akazien, Birken, Eichen, Schwarz- und Pyramidenpappeln zur Holzzucht zu verwenden.

Von den Pflanzen, die den gemeinen Sandboden kennzeichnen, wollen wir, außer den bereits genannten land- und forstwirtschaftlichen Kulturgewächsen, noch folgende hervorheben:

Heidekraut, *Calluna vulgaris*.

Besenpfriemen, *Sarothamnus scoparius*.

Königsferze, *Verbascum thapsiforme*.

Räsenklee, *Trifolium arvense*.

Grasnelke, *Armeria vulgaris*.

Hungerblümchen, *Erophila verna*.

Sandwegerich, *Plantago arenaria*.

Sandlieschgras, *Phleum arenarium*.

Nelkenhafer, *Avena caryophylla*.

Sandriedgras, *Carex arenaria*.

Steinpilz, *Boletus edulis*.

Einige andere Pflanzen der Sandbodenflora werden wir bei der 6. Klasse der Sandbodenarten anführen.

5. Klasse: Naßkalter Sandboden.

Oft eisenschüffig. Oft auch Raseisenstein im Untergrunde. Im Obergrunde oft sauren oder auch kohligen, tauben Humus enthaltend.

Im Naturzustande zuweilen mit Erlen, im Kulturzustande zuweilen dicht mit Vogelmiere (*Stellaria media*) bewachsen.

Für Kulturpflanzen unsicher. Durch Trockenlegung wird er sehr verbessert. Röhrendrainage lohnt sich jedoch meist nicht, weil der Boden an und für sich zu schlecht. Also offene Gräben.

Sicherste Gewächse: Hafer, Lein, Spörgel und Futtergräser (Honig- und Timotheegras). Das Futter ist hier aber wenig nahrhaft.

Bei guter Düngung und Behandlung (Beet- oder Dammkultur) trägt er Kohl und Kohlrüben, auch Winterrüben und Roggen.

6. Klasse: Loser Sandboden.

Dünen- und Flugsand, auch staubiger, kohliger Sand (Bleisand) sowie grob- und feinkörniger reiner Sand (Streusand, Seesand) gehören hierher.

Ackerbau rentiert hier nicht mehr, selbst das Aufbringen der Föhrensaat erfordert besondere Vorkehrungen (vergl. S. 145).

Von den wenigen Pflanzen, die der Dünen- und Flugsand freiwillig hervorbringt, und die auch künstlich zu seiner Befestigung angebaut werden, sind folgende erwähnenswert:

Sandhafer, *Elymus arenarius*.

Sandrohr, *Psamma* oder *Arundo arenaria*.

Sandschmiele, *Corynephorus* oder *Aira canescens*.

Die Blätter und Halme dieser drei Gräser sind so hart und unschmackhaft, daß sie sowohl von zahmen wie von wilden Tieren verschmäht werden.

Die unterste Stufe des losen Sandbodens wird in trockener Lage zur Wüste. Derartiges Material läßt sich zuweilen zur Glas-

fabrikation verwenden. Auch als Mauer sand zur Kalkmörtelbereitung sowie zu Zementarbeiten ist es vortrefflich geeignet.

III. Hauptgruppe: Lehmbodenarten.

Gemenge von Sand und Ton, in denen der Sandgehalt zwischen 80 und 50%, der Tongehalt zwischen 20 und 50% wechselt. Arm an Kalk, daher bei der Salzsäureprobe gar nicht oder nur schwach aufbrausend. Bündig. Formbar. Rauh oder mager anzufühlen. In der Regel mit Steinen durchsetzt.

In der Schweiz und den Nachbarländern sehr verbreitet, besonders als obere Decke im Hügel- und Berglande.

Guter Acker-, Wiesen-, Weide-, Reb- und Waldboden, natürlich mit Abstufungen in der Fruchtbarkeit. Nach der Ertragsfähigkeit kann man die Lehmböden in folgende sechs Klassen bringen:

1. Klasse: Milder humoser Lehmboden.

Reichlich (5—10%) milden und fruchtbaren Humus enthaltend; dadurch mürbe und locker. Ertragreich und sicher. Doch zuweilen der Überschwemmung ausgesetzt.

Dieser Boden trägt alle Gewächse mit Ausnahme der eigentlichen Sandpflanzen.

Vorzüglich gedeihen Gerste (Gersteboden) und Zuckerrüben (Rübenboden).

Außerdem Raps, Weizen, Pferdebohnen und Hanf. Roggen, Kartoffeln und Erbsen besser in zweiter Tracht, als in frischem Dünger.

Rotklee üppig, noch besser im Gemenge mit italienischem Raigras zu ein- oder zweijähriger Nutzung.

Futtergräser, namentlich Knaulgras, englisches, italienisches und französisches Raigras mit Rotklee, Bastardklee und Luzerne zu mehrjähriger Nutzung angebaut, liefern hohe Erträge, besonders wenn der Untergrund Mergel enthält. Fehlt der Mergel (Kalk) im Untergrunde, so werden Luzerne und Klee unsicher, halten wenigstens nicht lange aus.

Wie sehr diese Bodenart das Wachstum der Gräser begünstigt, zeigt der Umstand, daß wir auf ihr außer den genannten die besten anderen Wiesengräser: Wiesenfuchsschwanz, Wiesenschwingel, Goldhafer, Rammgras, die Rispengräser u. a. wildwachsend in der üppigsten Entwicklung antreffen. In feuchter oder frischer Lage ist

der humose Lehm sowie der ihm nahestehende, aber kalkreichere humose Lehmmergel ein ganz vorzüglicher Wiesenboden.

In trockener Lage als Acker- oder Gartenland benutzt, finden wir auf dem humosen Lehm und Lehmmergel als Unkräuter den gemeinen Erdrauch, *Fumaria officinalis*, das jährige Bingelkraut, *Mercurialis annua*, und das gemeine Kreuzkraut, *Senecio vulgaris*, oft in großer Menge.

2. Klasse: Lößartiger Lehmboden.

Ausgezeichnet durch einen hohen Gehalt an fein- und gleichförmigem Sand (vergl. S. 112). Oft kalkhaltig. Frei von Stein.

Ebenfalls sicher und ertragreich. Trägt dieselben Kulturgewächse, wie die vorige Klasse.

3. Klasse: Gemeiner Lehmboden.

Mehr oder weniger Steine enthaltend. Gehalt an abschlämmbarem Ton gegen 40%. Gleichfalls ertragreich und sicher. Bei genügender Düngung trägt er dieselben Pflanzen wie Klasse 1 und 2.

Von wildwachsenden Pflanzen finden wir auf dem gemeinen Lehmboden, außer den bei der 1. Klasse erwähnten Gräsern, folgende:

a) Ackerunkräuter.

Feldrittersporn, *Delphinium Consolida*.

Klatschmohn, *Papaver Rhoeas*.

Hahnenfuß, *Ranunculus arvensis* und *R. bulbosus*.

Saudistel, *Sonchus arvensis*.

Krauzdistel, *Cirsium arvense*.

Zichorie oder Wegwart, *Cichorium intybus*.

Ehrenpreis, *Veronica arvensis* und *V. hederifolia*.

Hirtentäschelkraut, *Capsella Bursa pastoris*.

Ramille, *Matricaria Chamomilla*.

Hundsfamille, *Anthemis arvensis*.

Gelbe Wucherblume, *Chrysanthemum segetum* u. a. m.

b) Wiesenunkräuter.

Löwenzahn, *Taraxacum officinale*.

Weißer Wucherblume, *Chrysanthemum Leucanthemum*.

Hahnenfuß, *Ranunculus repens* und *R. acer*.

Rainfarn, *Tanacetum vulgare*.

Wilde Möhre, *Daucus Carota*.

Roskümme, *Anthriscus silvestris*.

Wiesenkümme, *Carum Carvi* u. a. m.

Zur Erläuterung bemerken wir, daß diese Pflanzen nicht allein auf dem gemeinen Lehm, sondern auch auf anderen Lehmbodenarten wachsen. Sie sind auch nicht ausschließlich auf die Lehmböden angewiesen, sondern sie gehen auf verwandte Bodenarten, besonders auf Tonboden, Ton- und Lehmmergelboden und lehmigen Sandboden über. Immerhin wird man dort, wo viele oder mehrere von ihnen, oder wo einige von ihnen in Menge, d. h. in zahlreichen Exemplaren, vorkommen, zunächst einen Lehmboden, und zwar häufiger mit als ohne Mergelunterlage, vermuten dürfen. *)

Was die Waldbäume betrifft, so finden wir auf Lehm und verwandten Bodenarten wildwachsend und kultiviert besonders harte Laubhölzer: Eichen, Buchen, Eschen, Ahorne, Ulmen. Daneben auch gewisse Nadelhölzer: Kottannen, Weißtannen und Lärchen, bald in reinen, bald in gemischten, d. h. aus Laub- und Nadelholz zusammengesetzten Beständen. Wo wir aber bemerken, daß die Föhre, *Pinus silvestris*, den vorherrschenden oder alleinigen Bestand bildet, da werden wir in der Regel einen leichteren Boden (Sand, Kies) anstehend finden, denn im Naturwalde gewinnt die Föhre an den trocknen sandigen und kiesigen Stellen die Oberhand über den sonstigen Anflug, und im Kulturwalde besetzt der Mensch derartige Stellen ebenfalls mit der Föhre, weil er aus Erfahrung weiß, daß dieser Waldbaum hier besser gedeiht als alle anderen. — Bei dieser Gelegenheit wollen wir auf eine Täuschung aufmerksam machen, die leicht begegnen kann. Man findet nämlich zuweilen im schieren Sande alte kräftige Eichen und könnte durch diese Erscheinungen zu der Meinung kommen, daß die Eiche eine „sandliebende“ Pflanze sei. Dem ist aber nicht so. Die Eiche wurzelt in solchen Fällen im Lehm oder Lehmmergel, und der Sand, der ihn bedeckt, ist im Laufe der Jahrzehnte vom Winde darüber geweht worden, den Stamm der Bäume mehr und mehr begrabend.

*) Die Mächtigkeit des in der Natur vorkommenden Lehmbodens beträgt oft weniger als 1 m, so daß die tiefwurzelnden Gewächse den unter dem Lehm anstehenden Mergel erreichen können.

4. Klasse: Schwerer Lehm Boden.

Enthält mehr Ton, als der gemeine Lehm Boden. Gehalt an abschlämmbarem Ton gegen 50% oder sogar noch etwas höher. Dadurch wird er in seinen Eigenschaften dem Tonboden ähnlich. Oft Drainage oder Beetkultur erforderlich.

Von den Kulturpflanzen sind Weizen, Spelz und Hafer hier sicherer, als Roggen und Gerste. Runkel- und Kohlrüben sicherer, als Kartoffeln.

Sehr gut gedeihen die Futtergräser. Auch die Kleearten, wenn die Lage nicht zu naß. Immerhin ist Bastardklee und Rotklee sicherer, als Luzerne und Espar, und Kleegrassaaf viel sicherer, als Reinsaaf von Klee.

Von Unkräutern zeigen sich auf dem schweren Lehm Boden in nassen Jahren oder in feuchten Lagen auf dem Ackerlande besonders Roggentrespe, *Bromus secalinus*, und gemeines Rispengras, *Poa trivialis*; auf dem Wiesenlande die Hahnenfußarten, *Ranunculus acer* u. a.

5. Klasse: Naßkalter Lehm Boden.

Oft eischüffig. Untergrund undurchlässig. Daher Drainage oder Beetkultur notwendig.

Sicherste Frucht: der Hafer. Von der Winterung: Spelz sicherer, als Weizen und Roggen.

Kartoffeln viel unsicherer, als Runkel- und Kohlrüben.

Futtergräser, wie Timothe, Honiggras und Rnaulgras kommen zwar fort, liefern aber ein wenig nahrhaftes Futter.

Von Kleearten gedeiht hier nur der Bastardklee und auch der nicht sicher.

Häufige Unkräuter sind Schachtelhalm auf dem Ackerlande und Niedgräser, Moos, Herbstzeitlose auf dem Wiesenlande.

6. Klasse: Sandiger — grandiger — steiniger Lehm Boden.

Erheblich magerer, als der gemeine Lehm Boden. Gehalt an abschlämmbarem Ton nur 20—30%; das übrige ist Sand, Grand, Rieß, Grus oder grobes Gerölle, in dem Sinne, daß entweder nur einer oder mehrere von den zuletzt genannten Gemengteilen vor-

kommen. Nähert sich in seinen Eigenschaften dem lehmigen Sand-, oder dem lehmigen Kiez-, oder dem lehmigen Grusboden.

Roggen hier beste Winterfrucht. Weizen und Spelz unsicherer. Gerste und Hafer liefern nur mittelmäßige, in trockenen Jahren schwache Erträge.

Kartoffeln vorzüglich. Auch Zuckerrüben noch leidlich, obwohl nicht sehr ertragreich.

Zur Futtergewinnung Wicthafergemenge sicherer, als Klee-Grasgemenge. Luzerne und Espar gedeihen nur bei Mergelunterlage. Mähgräser besonders in trockenen Jahren viel unsicherer, als Weidegräser im Gemisch mit Weißklee angebaut.

IV. Hauptgruppe: Tonbodenarten.

Durch den hohen Tongehalt, der über 50, meist über 60% beträgt, im feuchten Zustand klebrig, formbar und zähe, im trockenen Zustand hart, fest und dicht, oft mit Sprüngen oder Rissen durchsetzt. Gleichartig, homogen (vergl. S. 111). Bei der Salzsäureprobe gar nicht, oder nicht stark aufbrausend. Daher kalkarm, aber selten kalkfrei.

In den Flußtälern und auch im Hügel- und Bergland ziemlich häufig, jedoch seltener Obergrund als Untergrund bildend (Tongruben).

Gewisse Arten sehr fruchtbar, andere dagegen unfruchtbar. Das Nähere ergibt sich aus der Beschreibung der einzelnen Klassen.

1. Klasse: Reicher humoser Tonboden.

Schwarzer, meist tiefgründiger Tonboden. Gehalt an Humus zwischen 5 und 10%, selten höher. In Niederungen und Talgründen, am Meeresstrande, an Flußufern, in ausgetrockneten Meer- und Seebecken. Marschboden. Schwarzerde. Zuweilen der Überschwemmung ausgesetzt.

Sehr fruchtbar. Düngung oft überflüssig, wenigstens für eine lange Reihe von Jahren. Weizen, Raps, Pferdebohnen charakteristische Kulturpflanzen. (Weizenboden 1. Klasse.) Außerdem liefert dieser Boden hohe Erträge an Gerste, Hafer, Mais, Hanf, Lein, Kohl u. a. Gewächsen.

Vorzüglich gedeihen auch die Futtergräser. Manche der sog. Fettweiden gehören diesem Boden an.

Auch Klee und Luzerne gedeihen bei einigem Kalkgehalt, werden aber leicht von Gras überwuchert, daher Klee-Grasgemenge vorzuziehen.

In bezug auf die wildwachsenden Wiesengräser gilt dasselbe, was bei dem humosen Lehm Boden hervorgehoben worden ist; auch der humose Tonboden ist ein ausgezeichnete Wiesenboden.

2. Klasse: Kalkhaltiger Tonboden.

Bei der Salzsäureprobe deutlich, aber nicht stark und nicht anhaltend aufbrausend. Kalkgehalt 3—4%. Durch den Kalkgehalt tätiger und weniger zähe als der gemeine Tonboden. Steigt der Kalkgehalt auf 5% und darüber, so geht der kalkhaltige Tonboden über in Tonmergelboden.

Bei fleißiger Bearbeitung und guter Düngung trägt er dieselben Gewächse wie die 1. Klasse.

Von den wildwachsenden Pflanzen ist für den kalkhaltigen Tonboden charakteristisch der Huflattich, *Tussilago Farfara*.

3. Klasse: Gemeiner Tonboden.

Gehalt an abschlämmbarem Ton 60—75%. Weizen und Spelz sicherer als Roggen; Hafer sicherer, als Gerste. Runkel- und Kohlrüben viel sicherer, als Kartoffeln.

Futtergräser sicherer, als Kleearten; von diesen Rotklee, Weißklee und Bastardklee sicherer, als Luzerne und Espar.

Die wildwachsenden Pflanzen, die den gemeinen Tonboden kennzeichnen, sind, außer den Wiesengräsern, dieselben Acker- und Wiesenkräuter, die wir bereits bei dem gemeinen und bei dem schweren Lehm Boden genannt haben.

Die bei dem gemeinen Lehm Boden erwähnten Laub- und Nadelhölzer gehen auch auf den Tonboden über.

4. Klasse: Strenger Tonboden.

Gehalt an abschlämmbarem Ton 75—90%. Deshalb zäher und widerspenstiger, als der gemeine Tonboden. Leidet noch leichter von der Rasse, als dieser. Ist oft auch eisenschüssig.

Bearbeitung sehr schwierig. Für erfolgreiche Kultur zeitweise Brache nötig mit 1—2 Pflugfurchen vor Winter und 2—3 Furchen im folgenden Sommer.

Futtergräser, Hafer und Kohlrüben sind hier die sichersten Ge-

wächse. Weizen und Spelz kommen noch fort, werden aber in nassen Jahren von Trespel, Schmiele, Rispengras und Hähnenfuß überwuchert.

Wegen der Schwierigkeit der Bearbeitung eignet sich dieser Boden bei seiner Begünstigung des Grasmuchses besser zum Wiesen- als zum Ackerbau.

5. Klasse: Naßkalter Tonboden.

Untergrund undurchlässig. Ober- und Untergrund meist eisen-schüffig. Dem Gefüge und Bestande nach bald fetter Ton, bald magerer Ton oder Tonletten; der Letten gegen 50% staubförmigen Sand enthaltend.

Wenig dankbar. Drainieren!

Trägt als Acker-, oder besser als Wiesenland benutzt, dieselben Gewächse, wenn auch viel unsicherer, wie Klasse 3 und 4.

6. Klasse: Reiner Tonboden. (Töpferton.)

Gehalt an abschlämmbarem Ton über 90%.

Für die Zwecke des Ackerbaues nicht brauchbar, weil zu zähe, zu steif, zu dicht, zu widerspenstig; eher noch als Wiesenland zu benutzen.

Dagegen gutes Material für die Ziegel-, Röhren- und Porzellan-fabrikation.

V. Hauptgruppe: Mergelbodenarten.

In diese Gruppe gehören die Böden, die durch einen hohen, aber nicht übermäßigen Kalkgehalt (5—50%) ausgezeichnet sind. Der Kalk ist der charakterisierende Bestandteil; der zweite wesentliche und oft überwiegende Bestandteil ist der Ton. Als anderweitige Bestandteile kommen vor: Steine, Sand, Humus.

Jeder Mergel enthält also Kalk und Ton, und zwar sind die Kalk- und Tonteilchen in den eigentlichen Mergelböden so gleichmäßig und innig miteinander gemischt, daß sie auf mechanischem Wege (durch Schlämmen) nicht voneinander getrennt werden können.

Man erkennt die eigentlichen Mergelböden daran, daß sie bei der Salzsäureprobe stark und gleichmäßig aufbrausen. Doch stellen wir die Mergelböden, die über 50% Kalk enthalten (Kalkmergel), nicht in die Gruppe der Mergel-, sondern in die Gruppe der Kalkböden. Andererseits rechnen wir kalkreiche Verwitterungsböden, in denen größere und kleinere Kalksteinstücke vorkommen, und die dem-

nach ungleichmäßig aufbrausen, dennoch mit in die Gruppe der Mergelbodenarten, wenn der Kalkgehalt der Feinerde nicht über 50% beträgt, wenn sie also nach ihrem Gesamtverhalten besser hierher passen als in die Gruppe der Kalkböden. Denn für unsere Einteilung ist weniger der geologische Ursprung als die chemisch-physikalische Beschaffenheit der Bodenarten maßgebend.

Deshalb erscheint es uns auch nicht ratsam, die Mergelböden mit den Sand-, Lehm- und Tonböden zu vereinigen, weil sie sich in ihren chemisch-physikalischen Eigenschaften und demgemäß auch in ihrem Verhalten gegen die Pflanzen von den bereits abgehandelten Bodengruppen deutlich unterscheiden. Daß zwischen den entsprechenden Bodenarten, z. B. zwischen Ton und Tonmergel, zwischen Lehm und Lehmmergel usw., Übergangs- oder Zwischenstufen vorkommen, ist kein stichhaltiger Einwand gegen unsere Einteilung, denn wenn man diesem Einwande vollständig Rechnung tragen wollte, so käme man schließlich dahin, alle Bodenarten in eine einzige Gruppe zusammenzufassen, und damit ginge der Hauptzweck der Bodenklassifikation, der darin besteht, sich unter den verschiedenen Vorkommnissen leicht und sicher zurechtzufinden, ganz oder größtenteils verloren.

In der Schweiz und den Nachbarländern sind die Mergelböden sehr verbreitet. Sie bilden hier oft den Ober-, oft auch den Untergrund.

Ihre Fruchtbarkeit ist im allgemeinen hoch. Dies beruht zum Teil auf ihrem natürlichen Reichtum an Pflanzennährstoffen, nicht minder aber auf ihren günstigen physikalischen Eigenschaften. Eine hervortretende Eigenschaft ist ihre Tätigkeit, die auf den Kalkgehalt zurückzuführen ist. Wegen des Kalkgehaltes begünstigen sie besonders das Wachstum der kleeartigen Pflanzen: Rotklee, Luzerne und Esparsette usw. Und auf dem Kalkgehalt, der in der Regel von Phosphorsäure begleitet ist, scheint es auch zu beruhen, daß alle Gewächse der Mergelböden gesund, stoffreich und nahrhaft sind.

Nach der Ertragsfähigkeit kann man die Mergelböden abteilen wie folgt:

1. Klasse: Humoser Tonmergelboden.

Der humose Tonmergelboden ist dem humosen Tonboden ähnlich, aber bei gleicher Tiefgründigkeit noch günstiger für das Pflanzenwachstum, als dieser. Die Bearbeitung ist zwar auch bei

ihm schwierig, doch zerfällt der humose Tonmergel, wie alle Mergelböden, dem Winterfrost ausgesetzt, in sehr vollkommener Weise.

Er trägt dieselben Pflanzen, die wir bei dem humosen Tonboden erwähnt haben. Kleeartige Gewächse, besonders Luzerne, sind hier jedoch sicherer, als dort. Auch die Qualität der Produkte ist hier im allgemeinen besser.

2. Klasse: Gemeiner Tonmergelboden.

Er entbehrt des hohen Humusgehaltes, ist aber trotzdem bei angemessener Behandlung und Düngung ein sehr tragbarer Boden. Er nähert sich in seinen Eigenschaften dem kalkhaltigen Tonboden, steht jedoch in der Ertragsfähigkeit eine Stufe höher, als dieser.

Sein Verhalten gegen die Pflanzen läßt sich kurz mit folgenden Worten kennzeichnen: Vorzüglicher Klee-, Luzerne-, Weizen- und Rapsboden.

3. Klasse: Humoser Lehmmergelboden.

4. Klasse: Lößartiger Lehmmergelboden. (Lößmergel.)

5. Klasse: Gemeiner Lehmmergelboden.

Bei Vergleichung mit den entsprechenden Klassen der Lehm-
bodengruppe ergibt sich die Beurteilung dieser Mergelböden aus
ihrer Benennung. Es ist kaum nötig, hervorzuheben, daß die Lehm-
mergelböden mit zu den besten Bodenarten gehören. Die Sicherheit
der Ernten in nassen wie in trocknen Jahren und die vorzügliche
Qualität der Produkte macht sie besonders wertvoll.

Das Getreide: Weizen, Roggen, Gerste usw., wird hier dünn-
schalig und schwer im Korn. Lein und Hanf liefern einen vor-
trefflichen Bast. Der Hopfen enthält viel Lupulin. Zuckerrüben sind
zuckerreich. Klee, Luzerne und Futtergräser zeichnen sich aus durch
Nährhaftigkeit und Gedeihlichkeit; ebenso verhält es sich mit dem
Stroh der Halm- und Hülsenfrüchte. Daß diese Böden (bei an-
gemessener klimatischer Lage) auch einen guten Wein sowie schmack-
haftes Obst und festes Holz erzeugen, versteht sich von selbst.

6. Klasse: Sandiger — grandiger — steiniger Mergelboden.

Man vergleiche die 6. Klasse der Lehm Bodenarten und berücksichtige wieder, daß wegen des Kalkgehaltes die Kleearten, namentlich Luzerne und Espar, hier sicherer sind, als dort. Bei dieser Bodenklasse wird anhaltende Dürre schon eher nachtheilig, als feuchtes Wetter. Annäherung an mergeligen Sand-, Kies- und Grusboden.

VI. Hauptgruppe: Kalkbodenarten.

Die Kalkböden unterscheiden sich von den Mergelböden durch einen höheren Gehalt an Kalk. Der Kalkgehalt beträgt nach unserer Einteilung bei den Mergelböden unter 50%, bei den Kalkböden über 50%.

Ihre Erkennung ist bei Anwendung von Salzsäure eine ziemlich einfache Sache. Sie zeigen nämlich ein sehr starkes und lange anhaltendes Aufbrausen. Oft sind auch Stücke oder Körner von Kalkstein beigemengt, die sich natürlich ebenfalls mit Salzsäure leicht erkennen lassen.

Da nun aber die Mergelböden, besonders die kalkreichen, bei der Salzsäureprobe gleichfalls sehr stark aufbrausen, so wird die Bestimmung der Kalkböden noch sicherer, wenn man eine kleine Bodenprobe in einer Schale oder in einem Gläschen mit einer genügenden Menge Salzsäure behandelt und nun beobachtet, ob der Boden größtenteils verschwindet d. h. sich auflöst, oder nicht. Löst er sich nicht, so gehört der Boden in die Gruppe der Mergelböden, löst er sich, so gehört er in die Gruppe der Kalkböden. Bleibt ein Zweifel, so muß man zu der S. 128 beschriebenen genaueren Kalkbestimmung seine Zuflucht nehmen.

Übrigens wird man zwar jede Bodenart so genau als möglich zu bestimmen suchen, aber bei den Übergangs- oder Zwischenstufen, bei denen die Bestimmung am schwierigsten ist, hat es selbstredend keinen großen praktischen Nachteil, ob man sie in die eine oder in die andere der in Frage kommenden Hauptgruppen einreicht. Ein Tonmergelboden ist z. B. eine andere Bodenart, als ein toniger Kalkboden. Der Tonmergel enthält nämlich weniger Kalk und mehr Ton, als der tonige Kalk; auch ist der Kalk in jenem gleichmäßiger und inniger mit dem Ton gemischt, als in diesem; endlich

können in dem tonigen Kalk Stücke von Kalkstein vorkommen, die im Tonmergel fehlen. Wenn nun aber ein Tonmergel gegen 50% Ton und gegen 50% Kalk, und wenn andererseits ein toniger Kalk ebenfalls gegen 50% Kalk und gegen 50% Ton enthält, so liegt es auf der Hand, daß der Unterschied zwischen beiden Bodenarten, ohne gänzlich zu verschwinden, doch nur ein geringer sein kann.

Wenn wir die Grenze zwischen Kalk- und Mergelböden bei einem Kalkgehalt von 50% ziehen, so ist das, wie wir bereits zugegeben haben, bis zu einem gewissen Grade willkürlich. Die Einteilung nach diesem Prinzip läßt auch den geologischen Gesichtspunkt zum Teil unbeachtet, denn hiernach wird z. B. der Kalkmergel nicht in die Gruppe der Mergel-, sondern in die Gruppe der Kalkböden zu stehen kommen. Aber das scheint uns vom landwirtschaftlichen Gesichtspunkte gerade das Richtige zu sein, denn alle Böden, die einen sehr hohen Kalkgehalt aufweisen, werden, gleichviel ob sie der Geologe zu den Mergel- oder zu den Kalkgesteinen rechnet, gleiche oder sehr ähnliche chemische und physikalische Eigenschaften besitzen und ein gleiches oder sehr ähnliches Verhalten gegen die Pflanzen äußern, und hierauf kommt es in erster Linie an, wenn man den Boden nicht als Ding an sich, sondern als Pflanzenproduktionsmittel betrachtet.

Die Böden, die wir in der Gruppe der Kalkbodenarten zusammenstellen, entfernen sich von den Mergelböden um so mehr, je mehr der Kalkgehalt in ihnen zunimmt. Beträgt er nur 50—70%, so können sie sich noch ähnlich günstig gegen die Pflanzen verhalten wie gewisse Mergelböden; steigt er aber auf 80, 90% und darüber, so leidet der Boden an übermäßiger Hitze und Tätigkeit und sinkt mehr und mehr auf die Stufe der Unfruchtbarkeit herab.

Wie die Mergelböden, so zeichnen sich auch die Kalkböden dadurch aus, daß die auf ihnen erwachsenen Pflanzen gesund und nahrhaft sind. Die Flora der Kalkböden ist mannigfaltig, aber nicht sehr ergiebig; der Ertrag wird um so geringer, je mehr die übrigen Bodenbestandteile gegen den Kalk zurücktreten.

Zu den wildwachsenden Pflanzen, die den Kalkboden kennzeichnen, zwar auch auf Mergelböden, aber gar nicht oder nur ausnahmsweise auf kalkarmen Böden vorkommen, gehören folgende:

Gemeine Becherblume, *Poterium Sanguisorba*.

Großer roter Bibernell, *Pimpinella magna* v. *rosea*.

Stengellose Eberwurz, *Carlina acaulis*.
 Frauenschuh, *Cypripedium Calceolus*.
 Enzian, *Gentiana ciliata* und *G. cruciata*.
 Gelber Bau, *Reseda lutea*.
 Frühlings-Adonis, *Adonis vernalis*.
 Feuerrote Adonis, *Adonis flammeus*.
 Pfingströschchen, *Rosa cinnamomea* (auch in Gärten).
 Weinrose, *Rosa rubiginosa*.
 Sichelklee, *Medicago falcata*.
 Roter Bergklee, *Trifolium rubens*.
 Gelbweißer Klee, *Trifolium ochroleucum*.
 Lederbrauner Klee, *Trifolium badium*.
 Federgras, *Stipa pennata*.
 Blaues Kammgras, *Sesleria coerulea*.
 Federzwenke, *Brachypodium pinnatum* u. a. m.

Von den Waldbäumen zieht namentlich die Buche den kalkreichen Standort dem kalkarmen entschieden vor. Ebenso verhält es sich mit dem Weißdorn.

Von den landwirtschaftlichen Kulturpflanzen befinden sich die ausdauernden, die durch ihre tiefgehenden Wurzeln befähigt sind, die Feuchtigkeit aus dem Untergrunde heraufzuholen, auf dem Kalkboden am wohlsten. Das gilt insbesondere von den kleeartigen Pflanzen: Espar, Luzerne, Rotklee, und anderen Schmetterlingsblütlern. Jedoch gibt es unter diesen auch einzelne Arten, denen der Kalkboden zuwider ist, wie z. B. der gelben Lupine. Von anderen Pflanzenfamilien gedeihen gewisse Arten auf dem Kalkboden wenigstens nicht sonderlich. Dahin gehören Kartoffeln und Topinambur, Kohlrüben und Kohl, Lein und Hanf, Buchweizen und Spörgel. Auch dem Roggen und dem Hafer sagt der Kalkboden weniger zu, als dem Weizen, dem Spelz, dem Einforn und der Gerste.

Die nähere Beurteilung der Kalkbodenarten ergibt sich aus der Klassifikation, die wir nun folgen lassen.

1. Klasse: Humoser Kalkboden.

Findet sich namentlich in Wäldern der Kalkgebirge, wo der durch den Blattabfall usw. entstandene Humus sich dem Kalkschutt beimengt und eine Bodendecke von meist geringer Mächtigkeit bildet.

Als Waldbland benutzt, bringt der humose Kalkboden Buchen und Eschen von unübertrefflicher Schönheit hervor.

Für diesen Zweck eignet er sich in der Regel am besten. Denn obwohl er, in Ackerland umgewandelt, anfänglich reiche Ernten an Esparsette, Luzerne, Rotklee, Wicken, Erbsen, Bohnen, Weizen, Spelz usw. zu liefern pflegt, so nimmt die Fruchtbarkeit mit dem Verschwinden des Humus doch bald ab, so daß sich, wenn nicht große Düngermassen zur Verfügung stehen, die Rückkehr zur Waldkultur oder zur Weidenutzung als notwendig erweist.

2. Klasse: Toniger Kalkboden.

Enthält neben dem Kalk 30—50% Ton, durch den die Hitze und Tätigkeit gemäßigt wird. Bringt freiwillig viele Kleearten und gute Gräser hervor, trägt, wie die vorige Klasse, schöne Buchenwaldungen und eignet sich, ähnlich wie der gemeine Tonmergelboden, vornehmlich zum Anbau von Luzerne, Klee, Espar, Klee grasgemenge, Bohnen, Raps, Weizen, Spelz und Einforn.

Auch für den Rebba u bildet er [unter passenden klimatischen Verhältnissen eine gute Unterlage.

3. Klasse: Lehmiger Kalkboden.

Enthält neben dem Kalk, der zum Teil im erdigen, zum Teil im steinigen Zustande vorkommt, 30—50% Lehm, d. i. Ton mit Sand gemengt, und wird dadurch zu einem warmen, lockeren und mäßig feuchten Boden. Sein Verhalten gegen die Pflanzen ist ähnlich, jedoch nicht ganz so günstig, wie das des gemeinen Lehmmergelbodens, in den er auch übergeht.

4. Klasse: Sandiger und grandiger Kalkboden.

Enthält neben dem Kalk 15—20% Quarzgestein in feinerem oder gröberem Korn. Hitzig und dürrig. Eignet sich meist nur zur Schafweide oder zur Holzzucht (Föhren und Lärchen). Von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen trägt er allenfalls Esparsette und Wundklee.

5. Klasse: Steiniger Kalkboden.

Größere und kleinere Stücke von Kalkstein bilden den Haupt-

bestand, gegen 80⁰/. Ebenso ungünstig für die Pflanzenkultur wie die vorige Klasse.

6. Klasse: Reiner Kalk- und Kreideboden.

Besteht fast ganz aus Kalk. Findet sich auf Kalk- und Kreidefelsen sowie auch in Seebecken und Talkesseln, die noch zum Teil vom Wasser bedeckt oder mit Torf ausgefüllt sind, als sogenannte Seekreide oder Wiesenalk. In diesem Falle sind der erdigen Kalkmasse gewöhnlich zahlreiche Schneckengehäuse (herrührend von Süßwasser-Konchilien) beigemengt, die der Hauptsache nach gleichfalls aus kohlensaurem Kalk bestehen.

Fruchtbarkeit des reinen Kalk- und Kreidebodens gering oder sehr gering. Doch ist er zur Melioration kalkarmer Böden, Lehm, Ton und Humus, mit Vorteil zu verwenden.

Anhang.

Gipsboden.

Als Verwitterungsprodukt auf Gipsfelsen selten vorkommend. Enthält als charakteristischen Bestandteil Gips, d. i. schwefelsauren Kalk.

Bringt im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Kalkboden wenig oder keine Kleearten hervor. Das Wachstum der meisten Pflanzen, die sich auf ihm ansiedeln, ist kümmerlich. Nur eine einzige Pflanzengattung, die verschiedene Arten von Gipsophila umfaßt, zeigt einen freudigen Wuchs. Der Gipsboden gehört mit zu den schlechtesten Bodenarten.

VII. Hauptgruppe: Humusbodenarten.

Nach der S. 161 gegebenen Übersicht stellen wir in die VII. Hauptgruppe die Bodenarten, bei denen der Gehalt an Humus über 20% beträgt. Diese 20% sind Gewichtsprozente. Da aber das spezifische Gewicht des Humus zu dem der mineralischen Bodenbestandteile sich etwa verhält wie 1 : 2,5, so entsprechen obige 20 Gewichtsprozente ungefähr 50 Volumprozenten, d. h. bei den Humusböden fällt mindestens die Hälfte des Raumes, den die Bodenmasse einnimmt, der Humussubstanz zu. Der übrigbleibende Raum ist zum Teil mit Wasser oder Luft, zum Teil mit Sand, Ton,

Kalk, seltener mit Steinbrocken oder größeren Geröllen in verschiedenen Mengeverhältnissen ausgefüllt.

Während ein Humusgehalt von 5—20% für alle Bodenarten (Stein-, Sand-, Lehm-, Ton-, Mergel- und Kalkböden) günstig ist, wird ein Humusgehalt von 20% und darüber, wie er in den Humusböden vorkommt, mehr und mehr vom Übel. Namentlich gestalten sich dann die physikalischen Eigenschaften des Bodens derart, daß sie den Anforderungen der Kulturpflanzen nicht genügen. In chemischer Beziehung sind die Humusböden gewöhnlich reich an fester gebundenem, aber doch aufschließbarem Stickstoff, arm dagegen an Phosphorsäure und anderen mineralischen Pflanzennährstoffen. Jedoch ist die Fruchtbarkeit auch in dieser Gruppe sehr verschieden, was am kürzesten und übersichtlichsten in der Klassifikation der Humusbodenarten besprochen wird.

1. Klasse: Acker- und Gartenhumus.

Jeder Boden, auf und in dem Pflanzen und Tiere leben und sterben, erhält eine Beimengung von vegetabilisch=animalischem Moder. Das ist namentlich der Fall, wenn der Mensch gezähmte Tiere herdenweise auf dem Lande weidet, Nutzpflanzen anbaut, die Wurzeln und Stoppeln usw. dem Kulturlande beläßt und überdies noch vegetabilisch=animalischen Stalldünger usw. hinzufügt.

Kann sich das organische Material, unter Bedingungen, wie sie in den oberen, bearbeiteten Schichten des Bodens in unserm Klima gewöhnlich gegeben sind, bei genügendem Luftzutritt, hinreichender Feuchtigkeit und mäßiger Wärme langsam und allmählich zersetzen, so entsteht der Acker- und Gartenhumus, der eine milde Beschaffenheit besitzt und das mineralische Erdreich in dem Maße fruchtbarer macht, als er reichlicher beigemischt wird. Sein Vorhandensein erkennt man an der mehr oder weniger dunklen Farbe des Obergrundes. (Ackerkrume, Muttererde.)

Indessen beträgt die Menge dieses vegetabilisch=animalischen Humus, der dem „rohen“ und „toten“ Untergrunde fehlt, auch in dem Obergrunde in der Regel nur einige, meist unter, selten über 5% von dem Gewicht des Bodens, so daß auf dem angedeuteten Wege zwar humushaltige, unter günstigen Verhältnissen auch humose Bodenarten gebildet werden, selten oder niemals aber

eigentliche Humusböden mit einem Humusgehalt von 20% und darüber.

Nichtsdestoweniger ist das Vorkommen dieser Art von Humus landwirtschaftlich so wichtig, daß sie eine besondere Erwähnung und Beachtung verdient. Der milde Acker- und Gartenhumus kann durch die Kultur, namentlich durch reiche Stallmistdüngung fast auf allen Bodenarten der Stein-, Sand-, Lehm-, Ton-, Mergel- und Kalkbodengruppe entstehen. Da wir hierauf bei Besprechung dieser Gruppen keine Rücksicht genommen haben, um die Bodenklassen nicht allzusehr zu vermehren, so war es um so notwendiger, auf das Vorkommen dieser Humusart an dieser Stelle ausdrücklich hinzuweisen.

Wir bemerken noch, daß man den Gehalt des Acker- und Gartenlandes an mildem Humus am einfachsten auf die Weise beurteilt, daß man die Tiefe der Ackerkrume mißt und außerdem mit Lackmuspapier feststellt, daß der Boden frei von Säure ist. (Vergl. S. 138). Auch der normale und üppige Stand der Kulturpflanzen ist ein guter Maßstab zur Beurteilung des Bodens in der angeregten Beziehung.

2. Klasse: Grasshumus.

In reichlicherer Entwicklung, als in dem Acker- und Gartenlande, treffen wir den Humus in den gedüngten Grassländereien oder Matten, wie wir sie in der Schweiz in großer Ausdehnung besitzen, weil das Grasland vom Pfluge verschont und demzufolge die Zersetzung und Oxydation des Humus in der dichtgeschlossenen und sich fort und fort neu verjüngenden Rasennarbe mehr aufgehalten wird, als in dem oft gelockerten, dem Zutritt der Luft geöffneten Acker- und Gartenlande. Demgemäß erreicht die Krume auf unseren Güllewiesen gar nicht selten die Mächtigkeit von 30 bis 50 cm. Aber auch hier besteht die dunkelgefärbte obere Schicht, meist allmählich und verwaschen übergehend in den hellergefärbten Untergrund, für gewöhnlich nicht aus eigentlichem Humusboden, sondern aus humushaltigem oder humosem Mineralboden, dessen Gehalt an Humus, von oben nach unten abnehmend, wohl nur selten auf 10% ansteigt. Der Qualität nach steht diese Humusart dem Acker- und Gartenhumus nahe; wir nennen sie, weil sie auf dem Grasland vorkommt, Grasshumus.

Als selbständige Bodenart finden wir den Grasshumus namentlich in den breiten und flachen Flußthälern der Ebene, woselbst die feuchte, aber nicht sumpfige Lage ein üppiges Wachstum vornehmlich von Süßgräsern hervorruft, die absterbend und vermodernd und immer von neuem entstehend zur Bildung des Grasshumus Veranlassung werden.

Überdeckt dabei das Wasser, indem es bei starken Regengüssen von den benachbarten Hängen herabstürzt oder bei Hochfluten über die Ufer des Flusses tritt, die Talfläche mit Schlamm oder Schlick, der, eine Vegetation nach der andern begrabend, sich dem Pflanzenmoder beimengt, so kommt im Laufe der Jahrhunderte die Ablagerung eines bald sandigen, bald lehmigen, bald tonigen, bald mergeligen oder kalkigen Humusbodens zustande. Bei diesem Prozesse, der sich sehr verschiedenartig gestalten kann, werden Übergänge zu anderen Bodenarten vorkommen, z. B. zu humosem Sand-, zu humosem Lehm-, zu humosem Tonboden u.s., von denen in den abgehandelten Hauptgruppen bereits die Rede gewesen ist.

Zugleich erhellt, daß die Bodenart, mit der wir es jetzt zu tun haben, der Grasshumusboden, je nach den mineralischen Beimengungen zahlreiche Schattierungen oder Abstufungen in der Zusammensetzung aufweisen wird, die wir der Übersichtlichkeit und Kürze wegen im einzelnen hier nicht näher berücksichtigen.

Eine zu weit gehende Spezialisierung ist hier um so weniger nötig, als alle hierher gehörigen Bodenvarietäten das Gemeinsame haben, daß sie ihres hohen Humusgehaltes und ihrer feuchten Lage wegen sich vorzüglich zur Gras- oder Wiesennutzung eignen. Es gibt Naturwiesen auf dem milden Grasshumusboden, die seit Menschengedenken reiche Erträge geliefert haben und noch immer liefern, ohne daß jemals eine Düngung eintrat. Das Wasser, das von Zeit zu Zeit, meist ohne Zutun des Menschen, die Wiesen überflutet, macht die Düngung überflüssig. Nur dort, wo im Interesse der Schifffahrt und oft zum Schaden der Landwirtschaft die Flüsse korrigiert, d. h. gerade gelegt werden, da nimmt mit dem Nachlassen der Überflutungen auch der Ertrag der Wiesen ab. Soll die Landwirtschaft hierbei nicht zu kurz kommen, so muß bei der Flußkorrektur, die gleichbedeutend ist mit Entwässerung, auf künstliche Bewässerung Bedacht genommen werden.

Das Futter, das auf derartigen Talwiesen wächst, hat aller-

dings nicht die feine und würzige Beschaffenheit, wie das Heu unserer Bergwiesen. Es fehlen ihm die aromatischen Kräuter und gewöhnlich auch die Kleearten, während die Süßgräser, stellenweise gemengt mit Sauergräsern, den Hauptbestand ausmachen. Trotzdem wird es im grünen wie im getrockneten Zustande, namentlich von Pferden und Rindvieh, gern gefressen. Das daran gewöhnte Niederungsvieh findet es lecker und schmackhaft. Unsere verwöhnten Bergrassen dürften es anfänglich vielleicht für Niedstreu halten und verschmähen, bis die nähere Bekanntschaft sie belehren würde, daß dies grobe Futter doch erheblich besser ist, als es auf den ersten Anblick erscheint.

Ein Hauptgras, das an feuchten und fetten Stellen oft den alleinigen Bestand bildet und, mit fingerbreiten Blättern besetzt, nicht selten manns hoch aufschießt, ist auf jenen guten Niederungswiesen das Rohrglanzgras, *Phalaris arundinacea*. Dasselbe gilt von dem ansehnlichen Süßgras, *Glyceria spectabilis*. An anderen Stellen findet sich, ebenfalls oft in geselligen Beständen, der Wiesenfüchsschwanz, *Alopecurus pratensis*. Daneben die Rispengräser, *Poa pratensis* und *Poa trivialis* — der WiesenSchwingel, *Festuca pratensis* — das Honiggras, *Holcus lanatus* — der gekniete Fuchsschwanz, *Alopecurus geniculatus* u. a.

Den Anschauungen der Landwirte entsprechend rechnen wir den Grasshumus ebenfalls zu den milden Humusarten, obwohl er nicht immer frei von Säure ist. Das Entscheidende für unsere Einteilung ist in diesem wie in anderen Fällen das Verhalten des Bodens gegen die Pflanzen. Herrschen in dem Pflanzenbestande die Süßgräser vor, so werden wir die Bodenart als (milden) Grasshumus, herrschen dagegen die Sauer- oder Niedgräser vor, so werden wir die Bodenart als (sauren) Niedhumus ansprechen. Diese Einteilung ist auch insofern berechtigt, als der Niedhumus (bei der Prüfung mit Lackmuspapier) viel stärker sauer reagiert als der Grasshumus, der namentlich in der oberen Schicht nur wenig, oft gar keine freie Humussäure enthält.

Den Grasshumus seiner natürlichen Bestimmung zu entfremden und dem Ackerbau zu überweisen, wird bei der gegenwärtigen Nachfrage nach Vieh und Viehzuchtprodukten nur selten rentabel sein, obwohl er, gegen Überschwemmung gesichert und sonst angemessen behandelt, reiche Ernten, insbesondere an Hafer, Raps, Lein, Kohl, Kohlrüben und Kartoffeln einzubringen vermag.

Ober kann es gerechtfertigt sein, ihn in wassergefährlichen Lagen zur Korbweidenzucht zu verwenden. Wird anderweitige Holzkultur bezweckt, die sich ja bis zu einem gewissen Grade mit der Grasnutzung verbinden läßt, so kann nur Weichholz in Frage kommen, weil der lockere, schwammige Humusboden, auch bei milder Beschaffenheit, für die Produktion von Hartholz sich nicht eignet, indem die Bäume zu schwelgerisch wachsen und leicht rotfaul werden. Auch für die Wurzeln der Obstbäume bildet er keinen geeigneten Standort.

3. Klasse: Waldhumus.

Im Walde der tieferen und mittleren Lagen besteht der Obergrund gewöhnlich nicht aus eigenlichem Humusboden, sondern, ähnlich wie auf dem Acker- und Wiesenlande, aus humushaltigem oder humosem Mineralboden; doch pflegt sich in feucht und kühl gelegenen Laubwäldern, namentlich aber in alten Nadelholzbeständen des Hochgebirges eine Schicht von Humus anzusammeln. Das Material hierzu liefern die abfallenden Blätter und Nadeln, die abgestorbenen Stämme, Stöcke, Zweige zusammen mit dem Moos und den anderen im Schatten der Bäume wachsenden und vermodernden Pflanzen.

In der niederen Laubwaldregion hat der Waldhumus, sofern der Boden nicht an Versumpfung leidet, eine milde Beschaffenheit, ähnlich wie der Acker- und der Grass humus. In der höheren Nadelholzregion ist er reicher an Säure, ähnlich wie der Ried- und der Moos humus (Klasse 4 und 5); ferner enthält der Humus des Nadelwaldes in höheren und tieferen Lagen viele Harzteile und nähert sich dadurch dem Heidehumus (Klasse 6 der Humusböden). Je nach den Verhältnissen kommen im Walde auch Ablagerungen von wirklichem Ried-, Moos- oder Heidehumus vor, die jedoch durch den Laubanfall usw. stets eine größere oder geringere Beimengung von Waldhumus erhalten.

Abgesehen von diesen besonderen Vorkommnissen ist die in der Regel nur schwache Humusdecke für den Wald von höchstem Nutzen, denn sie konserviert die Feuchtigkeit, erhält die Oberfläche des Bodens locker, zugänglich für die Luft, ersetzt hierdurch bis zum gewissen Grade die Beackung, und sie bildet zugleich eine Nahrungsquelle für die Wurzeln der Waldbäume, die namentlich ihren Bedarf an Stickstoff direkt oder indirekt aus dem Humus beziehen.

Die Fruchtbarkeit des Waldhumus zeigt sich bei der Umwandlung des Waldlandes in Ackerland sehr deutlich, aber ebenso zeigt sich ihre Vergänglichkeit, denn schon nach wenigen Jahren nimmt die Ergiebigkeit der Ernten ab, und dann heißt es hier wie anderwärts: Düngen und wieder Düngen. Diese Erfahrung macht man bei uns wie in den Urwäldern Nordamerikas. Die Naturgesetze sind auf der ganzen Welt dieselben.

4. Klasse: Riedhumus.

Der Riedhumus und der Grasshumus wird von den Geologen unter der Bezeichnung Wiesenmoor, Grünlandsmoor oder Rasenmoor zusammengefaßt. Wir müssen diese beiden Humusarten, obwohl sie ineinander übergehen, aus den S. 186 angegebenen Gründen von einander trennen, und wir müssen auch, um Verwechslungen vorzubeugen, die Ausdrücke Torf, Bruch, Moor, Moos usw. in der Bodenklassifikation vermeiden. Die Benennung Riedhumus ist in zweifacher Beziehung zutreffend, denn die Pflanzen, denen diese Humusart das Dasein verdankt und denen sie andererseits das Dasein verleiht, sind vorzugsweise die Riedgräser. Überdies hat sich das Wort Ried in der Volkssprache eingebürgert, und in der Tat bestehen viele, aber doch nicht alle sog. Riede aus Riedhumus.

Der Riedhumus bildet sich in stehendem oder stochendem Wasser, in mulden- oder kesselförmigen Vertiefungen, in zuwachsenden Seen und Teichen, oder an Bächen und Flüssen, die wegen ihres trägen Laufes das angrenzende flachliegende Gelände fortwährend naß erhalten und oft überschwemmen. Unter diesen Verhältnissen entwickelt sich eine üppige Vegetation von Sumpfgewächsen, deren abgestorbene Teile unter Wasser bei behindertem Luftzutritt in eigentümlicher Weise vermodern oder vertorfen. Das Produkt ist ein saurer Humus.

Das Wasser, in dem der Riedhumus entsteht, ist gewöhnlich hart, d. h. kalkhaltig. Oft finden wir daher unter dem Riedtorf einen Niederschlag von „Seekreide“ oder „Wiesenkalk“.

Die Pflanzen, die auf dieser Humusart freiwillig wachsen, liefern abgemäht und getrocknet eine Art Heu, das von den Haustieren in der Not zwar gefressen, aber in Gegenden, wo man ausreichend besseres Futter hat, wie in der Schweiz, nur als Streumaterial verwendet wird.

In der „Riedstreu“ finden wir die Flora des Riedhumusbodens. Sie besteht aus folgenden Pflanzen, die jedoch der Zahl und den Arten nach auf verschiedenen Rieden mannigfach wechseln.

Riedgräser, *Carex* in verschiedenen Arten.

Binsen und Simsen, *Juncus* und *Scirpus* i. v. A.

Gemeines Schilfrohr, *Phragmites communis*.

Rohrglanzgras, *Phalaris arundinacea*.

Ansehnliches Süßgras, *Glyceria spectabilis*.

Blaues Pfeifengras, *Molinia coerulea*.

Sumpf-Spierstaude, *Spiraea Ulmaria*.

Dreiblättriger Fieberflee, *Menyanthes trifoliata*.

Gemeiner Weiderich, *Lythrum Salicaria*.

Orchis, *Orchis* in verschiedenen Arten.

Hahnenfuß, *Ranunculus* i. v. A.

Sumpf-Läusekraut, *Pedicularis palustris* (schädlich!) usw.

Dazu kommen niedrig wachsende Pflanzen, die in die Riedstreu nicht hineingelangen, weil sie von der Sense nicht gefaßt werden, die aber in vielen Fällen zur Entstehung des Riedhumus wesentlich beitragen, wir meinen die Moos- oder *Hypnum*-Arten, die in Gestalt von mehr oder minder ausgedehnten Rasenpolstern (Bülten) eine unsichere Brücke auf dem Sumpfwasser bilden, untersinkend vermodern oder vertorfen und den Standort für die vorhin aufgezählten Riedpflanzen vorbereiten. Die *Hypnum*-Arten dürfen nicht mit den *Sphagnum*-Arten verwechselt werden, denn diese fehlen in kalkhaltigem Wasser gänzlich, sind also an der Bildung des Riedhumus in keiner Weise beteiligt.

Was die Baumflora betrifft, so finden wir große Flächen von Riedhumus (Riedtorf, Riedmoor), die ganz frei von Bäumen sind. Doch siedeln sich Weiden und Erlen häufig auf dieser Bodenart an; daneben auch Föhren und Birken. Die Pyramidenpappeln, die da und dort aus den Rieden emporragen, sind gewöhnlich angepflanzt worden.

Die landwirtschaftlichen Kulturpflanzen gedeihen auf dem Riedhumus gewöhnlich nicht, um so weniger, je nasser er liegt und je mehr die Humussubstanz vorherrscht vor der Mineralsubstanz. Wird jedoch der Boden trocken gelegt und durch Zufuhr von Sand, Mergel und Mineraldünger verbessert (vergl. S. 150), so läßt er sich zum Anbau der Futtergewächse, namentlich der Gräser, sehr wohl

benutzen, trägt dann auch Hafer, Roggen, Raps und Rübsen, Lein, Kohl, Kohlrüben, Kartoffeln usw.

5. Klasse: Mooshumus.

Unter der Benennung Mooshumus verstehen wir die Bodenbildung, die sonst gewöhnlich als Hochmoor bezeichnet wird. Daneben sind die Ausdrücke: Moos und Torf im Gebrauche, so daß der Riedhumus mit dem Mooshumus zusammengeworfen wird. Diese Verwirrung und Verwechslung ist zu entschuldigen, weil Ried- und Mooshumus sehr oft in demselben Moore vorkommen und die Bedingungen für die Entstehung der einen oder der anderen Humusart erst in der neueren Zeit näher und bestimmter erkannt worden sind. *)

Der Mooshumus bildet sich nämlich sehr häufig, vielleicht immer auf einer Unterlage von einer anderen Humusart. Diese Unterlage besteht gewöhnlich aus Riedhumus, in anderen Fällen aus Waldhumus. (Vergl. Abb. 12.)



Abb. 12. Schematisierter Querschnitt durch ein Torflager. — Ein Seebecken hat sich mit Riedtorf ausgefüllt, dessen Oberfläche horizontal liegt. Auf dem Riedtorf hat sich durch Wucherung des Torfmooses ein Lager von Moostorf gebildet, dessen Oberfläche gewölbt ist.

Bedingung für die Entstehung des Mooshumus ist weiches, d. h. kalkarmes, Wasser. Solange also ein Torfmoor von kalkhaltigem Wasser benetzt wird, ist die Entstehung des Mooshumus ausgeschlossen; sobald aber das Torfmoor sich soweit erhöht hat, daß die oberste Schicht von dem kalkhaltigen Wasser nicht mehr erreicht, sondern nur noch von weichem Wasser angefeuchtet wird, das durch Kapillarität aufsteigt oder als Regen niederfällt, dann siedeln sich auf der Oberfläche des Riedhumus die Torfmoos-

*) J. J. Fröh, Über Torf- und Dopplerit, Zürich 1883. — A. Nowacki, Die Streunot und die Mittel zu ihrer Abhülfe, mit besonderer Berücksichtigung der Ried- und Moosstreu, Aarau 1887.

oder Sphagnum-Arten an, die unten absterbend und oben weiter wuchernd höher und höher wachsen und, durch das aufsteigende Wasser stetsfort feucht gehalten, vertorfen und so die Ablagerung des sauren Mooshumus zustande bringen. Schneiden wir ein derartiges Moos beim Torfstechen an, so zeigt uns das Profil zwei verschiedene Bodenbildungen oder Schichten, nämlich zu unterst eine Schicht von Riedhumus und darüber eine Schicht von Mooshumus.

Auf ähnliche Weise bildet sich der Mooshumus durch die Wucherung der Sphagnum-Arten auf einer Unterlage von Waldhumus, jedoch ist diese Unterlage in der Regel so schwach, daß sie oft überstehen wird.

Die Mächtigkeit der Ablagerung ist im allgemeinen bei dem Mooshumus größer als bei dem Riedhumus. Sie beträgt bei dem Mooshumus nicht selten über 5 m, bei dem Riedhumus dagegen meist weniger als 2 m.

Ferner unterscheiden sich Moos- und Riedhumus durch die Gestalt der Oberfläche. Die Oberfläche ist nämlich bei dem Mooshumus gewölbt, so daß die Mitte eines Moosmoores oft 4 m höher liegt als der Rand; bei dem Riedhumus dagegen ist die Oberfläche eben oder in der Mitte vertieft.

Zur Unterscheidung dient auch die Struktur oder das Gefüge. Der Mooshumus ist nämlich, besonders in den oberen Schichten, locker und feinfaserig oder verfilzt, der Riedhumus dagegen dicht und dabei erdig oder moorig, nur mit wenigen groben Pflanzenfasern durchsetzt. Ausgetrocknet (als Brenntorf) erscheint der Mooshumus locker, leicht und schwammig, der Riedhumus im Vergleich dazu fest, hart und schwer. Indessen wechselt die Struktur des Mooshumus schichtenweise sehr, so daß wir oft in demselben Torfstück eine lockere und eine dichte Schicht übereinander haben, in jener sind die Moosfasern noch deutlich erkennbar, in dieser sind sie umgewandelt in steinharten Torf. Die Farbe des trocknen Materials ist bei dem Mooshumus gelbbraun, dunkelbraun oder weißlich-grau, bei dem Riedhumus schwarzbraun oder schwarz.

Wichtiger für uns ist der Unterschied in der Flora. Wir finden auf dem Mooshumus als charakteristisch folgende Pflanzen:

Torf- oder Sumpfschmooß, *Sphagnum acutifolium*, *S. cymbifolium*.

Wollgras, *Eriophorum vaginatum* u. a. A.

Sumpfschmelze, *Vaccinium uliginosum*.

Gemeine Gränke, *Andromeda polifolia* u. a.

Weniger charakteristisch sind die Baumarten, denn wir finden auch auf dem Mooshumus: Weiden, Birken (Zwergbirke), Föhren (Sumpfföhre) und Erlen.

Für den Anbau landwirtschaftlicher Kulturpflanzen ist der Mooshumus wegen seiner Nässe (und Säure), wegen seiner schwammigen Beschaffenheit und wegen seines geringen Gehaltes an mineralischen Nährstoffen und an Stickstoff noch weniger geeignet als der Riedhumus. Sich selbst überlassen, erzeugt er weder Heu noch Streu in befriedigender Menge und Güte. Soll er melioriert und für den Pflanzenbau geschikt gemacht werden, so bleibt hier nach der Entwässerung fast nichts anderes übrig, als die Brandkultur, durch die Jahr für Jahr oder doch von Zeit zu Zeit eine gewisse Schicht der Humussubstanz in Asche verwandelt wird. In der Mehrzahl der Fälle wird es jedoch vorzuziehen sein, den Torf auszustechen und als Brennmaterial zu verwerten. Über die weitere Behandlung und Benutzung, die nach dem Austorfen ähnlich ist wie bei dem Riedhumus, haben wir schon früher (S. 149) gesprochen.

6. Klasse: Heidehumus.

Der Heidehumus gehört mit dem Ried- und Mooshumus zusammen zu den sauren Humusarten, er ist aber in physikalischer Beziehung durch größere Trockenheit und in chemischer Beziehung durch einen höheren Gehalt an Harz und Wachs ausgezeichnet. Die Struktur ist locker, krümelig oder staubig; die Farbe im trocknen Zustand braun, schwarzbraun oder schwärzlich-grau, im feuchten Zustand schwarz.

Wir finden ihn zuweilen als obere Decke auf dem Ried- und auf dem Mooshumus, in großer Ausdehnung aber namentlich in Sandgegenden, unmittelbar auf dem Sande auflagernd. Hier wie dort entsteht er hauptsächlich aus dem gesellig wachsenden Heidekraut, *Calluna* oder *Erica vulgaris*. Daher seine Name: Heidehumus.

Das Heidekraut ist die Charakterpflanze des Heidehumus. Auch das Borstengras, *Nardus stricta*, ist ihm eigentümlich. Andere Pflanzen, wie *Vaccinium uliginosum*, *Andromeda polifolia*, *Molinia coerulea* sind weniger charakteristisch, weil sie auch auf anderen

Humusbodenarten vorkommen. Dasselbe gilt von Föhren und Birken, die im Gemisch mit Espen und Wachholdern oft den Waldbestand auf dem Heidehumus bilden, oft aber auch von dem Heidekraut unterdrückt und gänzlich verdrängt werden, so daß das Auge weit und breit keine andere Pflanze erblickt, als die „Heide“.

Die Mächtigkeit des Heidehumus beträgt meist nur 10 bis 20 cm. In mulden- oder kesselförmigen Vertiefungen, wo er vom Wasser zusammengeschwemmt wird, erreicht die Mächtigkeit auch wohl 1 m.

Die Fruchtbarkeit dieser Humusart für die landwirtschaftlichen Kulturgewächse ist sehr gering. Man hat durch die Brandkultur den Anbau von Buchweizen, Roggen, Hafer, Lein und Kartoffeln erzielt, bei der geringen Mächtigkeit der Humusschicht läßt sich das Brennen aber nicht oft wiederholen; die Verbesserung des Bodens muß daher durch Zufuhr von Mergel, Kalk, Holzasche, Stallmist usw. bewirkt werden. Meist wird es indessen vorzuziehen sein, den Heidehumus nicht landwirtschaftlich, sondern forstwirtschaftlich zu benutzen durch Anpflanzen von Föhren, Birken und Espen.

2. Anfertigung von Bodenkarten.

Die Untersuchung des Bodens findet ihren Abschluß in der Fixierung und Darstellung der Resultate durch Zeichnen vom Bodenkarten. Es wird daher am Platze sein, auch hierüber einige Bemerkungen zu machen.

Wie wir gesehen haben, kommen bei der Untersuchung des Bodens vornehmlich in Betracht:

1. die Gestalt der Oberfläche,
2. die Lagerungsverhältnisse,
3. die Bodenbestandteile und Bodenarten.

Soll daher eine Bodenkarte die Resultate der Untersuchung bildlich zur Anschauung bringen, so muß sie nach den ange deuteten drei Richtungen ihren Zweck erfüllen. Wie das geschehen kann, ergibt sich aus dem Gange der Untersuchung von selbst.

1. Die Gestalt der Oberfläche des Bodens tritt am richtigsten und deutlichsten entgegen aus den Horizontallinien, die alle Orte gleicher Höhe miteinander verbinden. Auf einer Bodenkarte dürfen daher die Horizontalkurven nicht fehlen.

2. Die Lagerungsverhältnisse lassen sich einzig und allein aus dem senkrechten Schnitt oder dem Profil des Bodens richtig beurteilen. Eine Bodenkarte muß daher eine genügend große Anzahl von Bodenprofilen aufweisen.

3. Was die Bodenbestandteile und Bodenarten betrifft, so genügt es, die Bodenarten auf der Karte einzuzichnen, weil ja die Bestimmung, Benennung und Einteilung des Bodens sich stützt auf die Ermittlung oder Schätzung seiner vorwaltenden oder charakteristischen Bestandteile. Eine Bodenkarte muß also ein deutliches und übersichtliches Bild der in dem betreffenden Gebiete vorkommenden Bodenarten gewähren.

Die natürliche Grundlage für eine Bodenkarte besteht in einer Flurkarte, die neben den geometrischen namentlich auch die topographischen Verhältnisse richtig wiedergibt. Auf einer guten Flurkarte sind die Grundstücke im ganzen und im einzelnen nebst Gebäuden, Grenzen, Wegen und Gewässern aufgenommen. Ferner sind die Höhenkurven eingetragen und überdies auch die Hauptkulturarten nach Acker-, Wiesen-, Reb-, Waldland usw. unterschieden. Wo derartige Flurkarten bereits vorliegen — und wo dies nicht der Fall ist, da wird man an die Herstellung von Bodenarten vorläufig überhaupt nicht herantreten —, da beschränkt sich die Arbeit demnach im wesentlichen auf das Aufnehmen und Einzeichnen der Bodenarten und Bodenprofile.

Immerhin erfordern die Flurkarten, wenn sie zu Bodenarten werden sollen, einige Abänderungen und oft auch Ergänzungen und Berichtigungen.

Vor allem ist es wichtig, daß der Maßstab nicht zu klein genommen wird; sonst aber wird es mehr nützen, als schaden, wenn man im Hinblick auf die Verschiedenartigkeit der lokalen Verhältnisse einen gewissen Spielraum gestattet. Im Anschluß an den Maßstab der topographischen Karte 1 : 25 000 möchten wir für die Flur- sowie für die Bodenarten 1 : 2500 als Normalmaßstab empfehlen. Daneben kann der Maßstab 1 : 5000, 1 : 2000 und 1 : 1000 gewählt oder beibehalten werden, je nachdem die Bodenverhältnisse einfach oder verwickelt sind. Der Privatmann, der eine Aufnahme von seinem Gutsareal in einem noch größeren Maßstabe, z. B. 1 : 500, besitzt, wird ihn beibehalten.

Der Höhenabstand oder die Aquidistanz der Horizontalkurven

ist auf den vorhandenen Flurkarten verschieden; es ist aber wünschenswert, für die Flurkarten sowohl, wie für die Bodenkarten ein einheitliches Maß zu haben. Auf der topographischen Karte der Schweiz beträgt die Aquidistanz 10 m. Dieses Maß sollte man für die Flur- und für die Bodenkarten als Grundlage annehmen. Wir empfehlen für die 100 m-Kurven unterbrochene Linien, für die 10 m-Kurven ausgezogene Linien. Wo das Terrain stark geneigt ist, kann man es bei den 10 m-Kurven bewenden lassen. Überall aber, wo sanftere Neigungen auftreten, sind 1 m-Kurven mit ausgezogenen Linien einzuschalten. Bei allen Horizontalkurven wird mit der betreffenden Ziffer die Höhenquote eingeschrieben, so daß man aus der Karte zugleich ersieht, wieviel Meter über dem Meer die Gegend liegt. (Vergl. Tafel 1.)

Damit die Höhenkurven deutlich hervortreten, sind sie mit einer leuchtenden Farbe (rotgelb) zu zeichnen. Dagegen wird alles übrige, was sich auf die Topographie bezieht, in schwarzer Farbe angelegt mit einziger Ausnahme der Gewässer (Seen, Teiche, Weiher, Flüsse, Bäche, Kanäle, Gräben), für die die blaue Farbe reserviert wird. Speziell werden also mit Schwarz gezeichnet: Gebäude, Grenzen, Straßen, Wege, Eisenbahnen usw. Ebenso sind die Kulturarten durch verschiedene Zeichen in schwarzer Farbe kenntlich zu machen, wobei das Ackerland ohne Zeichen gelassen werden kann.

Die ziemlich allgemein angenommenen Zeichen für die Gebäude, Grenzen, Straßen, Wege, Eisenbahnen usw., sowie für die Kulturarten: Ackerland (ohne Zeichen), Wiese (Matte), Weide, Ried, (Moos, Moor, Torf, Sumpf), Gemüseland, Ziergarten, Rebland, Hopfenland, Obstbäume, Laubwald, Nadelwald, können beibehalten werden, jedoch ist Sorge dafür zu tragen, daß der Grund der Karte mit den Zeichen für die Kulturarten nicht zu sehr gefüllt, und daß insbesondere das Wiesen- und das Weideland, weil es oft mit Obstbäumen besetzt ist, also auf der Karte mit zwei Zeichen versehen werden muß, mit einer sehr zarten Zeichnung unterschieden wird.

Der Grund der Karte ist nämlich für die Eintragung der Bodenarten bestimmt, was unstreitig am deutlichsten und übersichtlichsten durch verschiedene Farbentöne und Zeichen geschieht. Es steht außer Zweifel, daß diese bei geologischen Karten allgemein übliche und erprobte Manier der Zeichnung sich auch bei den Bodenarten bewähren und einbürgern wird. Sonst aber muß hier nicht

der geologische, sondern der agronomische Gesichtspunkt maßgebend sein. Beide Gesichtspunkte lassen sich nicht miteinander vereinigen, und es ist ein Ding der Unmöglichkeit, das Geologische und das Agronomische auf einem und demselben Kartenbilde gleichmäßig zur Anschauung und zur Geltung zu bringen.

Im Interesse der Einfachheit, Deutlichkeit und Übersichtlichkeit halten wir es für angezeigt, nicht für jede einzelne Bodenklasse, sondern nur für jede Hauptgruppe der Bodenarten ein Farbenzeichen zu wählen, so daß wir bei sieben Hauptgruppen von Bodenarten nur weniger Farbenzeichen bedürfen. Dabei soll das Farbenzeichen, das in die Fläche der Karte eingetragen wird, ausschließlich für die Bodenart der obersten, zu Tage gehenden Schicht (Obergrund, Ackerkrume) gelten in der Meinung, daß der Untergrund nur durch die Bodenprofile, die am Fuße oder am Rande der Karte ihren Platz finden, zur Anschauung gebracht wird. Die Abgrenzung der Hauptgruppen der Bodenarten geschieht mit einer feinen punktierten Linie in blauer Farbe.

Demnach empfehlen wir für die sieben Hauptgruppen der Bodenarten folgende Farbentöne und Zeichen. (Vergl. Tafel 1.)

1. **Steinbodenarten.**

- a) Grusboden: Weiß mit rauchgrauen Kreuzen.
- b) Kiesboden: Weiß mit hellroten Punkten.

2. **Sandbodenarten:** Hellgelb.

3. **Lehmbodenarten:** Hellgelb mit hellroter Schraffierung von links oben nach rechts unten.

4. **Tonbodenarten:** Hellrot.

5. **Mergelbodenarten:** Grünlichblau mit hellroter Schraffierung von rechts oben nach links unten.

6. **Kalkbodenarten:** Grünlichblau.

7. **Humusbodenarten:** Rauchgrau.

Wie man ersieht, haben wir die Farbentöne und Zeichen so gewählt, daß außer dem Schwarz nur sechs Farbentöne erforderlich sind. Der eine Ton (rotgelb) dient für die Horizontalkurven, der zweite (blau) für die Gewässer, die übrigen vier (hellgelb, hellrot, grünlichblau und rauchgrau) für die Bodenarten. Einfachheit bedingt hier nicht allein eine erhebliche Kostenersparnis, sondern auch eine saubere und klare Ausführung bei dem Zeichnen und Drucken des Kartenbildes.

Die Bezeichnung der einzelnen Bodenklassen geschieht durch Einschreiben von Buchstaben in schwarzer Schrift. Wir empfehlen hierfür folgende Abkürzungen der wissenschaftlichen Benennungen. (Diese, aus der lateinischen Sprache entlehnt, werden dort, wo die Landessprache romanisch, italienisch oder französisch ist, ohne weiteres verständlich sein, und ihre Einführung wird auch im deutschen Sprachgebiet nicht auf große Schwierigkeiten stoßen, weil in den deutschen Schulen neben der Muttersprache Lateinisch und Französisch gelehrt und gelernt wird. Überdies muß ja jeder Karte eine Erklärung der Zeichen und Abkürzungen beigegeben werden.)

P = petra, Stein.	H = humus, Humus.
p = petraeus, steinig.	h = humosus, humos.
R = rudus, zerbröck. Gestein, Grus.	v = vulgaris, gemein.
r = rudectus, grusartig.	e = errans, lose, wandernd, (sabulo errans, Flugland).
G = glarea, Kieß.	t = tenax, schwer, streng, zähe, anklebend.
g = glareosus, fiesartig.	o = opimus, reich, fett.
G₁ = grando, Grand.	d = dulcis, mild.
g₁ = grandinosus, grandig.	ac = acidus, sauer.
S = sabulo, Sand.	u-f = uvido-frigidus, naßkalt.
s = sabulosus, sandig.	fe = ferrugineus, eisenröthlich.
L = limus, Lehm.	ag = agrestis, Acker-; (humus agrestis, Ackerhumus).
l = limosus, lehmig.	grm = graminosus, Gras-; (humus graminosa, Grasshumus).
L₁ = loessa, Löß.	n = nemoralis, Wald-; (humus nemoralis, Waldhumus).
l₁ = loesseus, lößartig.	cy = cyperosus, Ried-; (humus cyperosa, Riedhumus).
L₂ = lutum, Letten.	sph = sphagnosus, Moos-; (humus sphagnosa, Mooshumus).
l₂ = lutosus, leetig.	call = callunosus, Heide-; (humus callunosa, Heidehumus).
A = argilla, Ton.	
a = argillosus, tonig.	
M = marga, Mergel.	
m = margillosus, mergelig.	
C = calx, Kalk.	
c = calcarius, kalkig.	
Gi = gips, Gips.	
gi = gipsigenus, aus Gips entstanden; (terra gipsigena, Gipsboden).	

Es ist ein glücklicher Umstand, daß die Wörter für die Hauptgruppen der Bodenarten in der lateinischen Sprache sämtlich mit verschiedenen Buchstaben anfangen, so daß zur Abkürzung der An-

fangsbuchstabe ausreicht. Dasselbe gilt für die Bodenklassen, die in der Mehrzahl der Fälle mit Beiwörtern bezeichnet werden, die von jenen Hauptwörtern abstammen. Auch bei den sonstigen Beiwörtern ist es meist möglich, solche mit verschiedenen Anfangsbuchstaben zu wählen. Es bleibt also nur eine kleine Zahl von Beiwörtern übrig, bei denen die Abkürzung mehr als einen Buchstaben erfordert, und in den wenigen Fällen, wo dies nötig ist, werden die sprachlich zusammengehörenden Buchstaben näher aneinandergerückt und überdies durch Unterstreichen kenntlich gemacht.

Man könnte nun bei dem Einschreiben der Buchstaben für die Bodenklassen den Buchstaben für die Hauptgruppe ganz fortlassen, weil diese bereits durch ein bestimmtes Farbenzeichen auf der Karte unterschieden ist, so daß z. B. durch ein l auf hellgelben Grunde *Sabulo limosa* oder lehmiger Sand bezeichnet würde; trotz der hierdurch bedingten Vereinfachung ziehen wir es, um Irrtümer zu vermeiden, vor, den Buchstaben für die Hauptgruppe mit hinzuzufügen. Das Zeichen für lehmigen Sand ist also Sl, für humosen Lehm Lh, für reichen humosen Ton Ah_o, für gemeinen Lehmmergel Mlv, für naßkalten Sand Su-f, für eisenschüssigen Ton Afe, für Riedhumus Hey, uff. In dem Anhang haben wir eine Übersicht der Bodenarten (*Genera et species terrarum*) gegeben und bei jeder Klasse die für die Kartierung bestimmte Abkürzung beigefügt. Es ist ein wesentlicher Vorzug der von uns empfohlenen Benennungen, daß das Hauptwort in der lateinischen Sprache voransteht, und da das Hauptwort überdies durch einen großen Buchstaben unterschieden und hervorgehoben ist, so sind Verwechslungen ausgeschlossen.

Anlangend nun die Profile, die ein unentbehrlicher Bestandteil einer Bodenkarte sind, so finden sie zweckmäßig ihren Platz am Fuße und nötigenfalls auch am Rande zu beiden Seiten der Karte, während in der Karte selbst nur die betreffende Nummer mit einer arabischen Ziffer eingeschrieben wird, und zwar an der Stelle, wo das Profil wirklich aufgenommen worden ist. Da die arabischen Ziffern noch zu anderweitigen Bezeichnungen dienen, so empfiehlt es sich, die Profilnummern im Innern der Karte mit einer viereckigen Linie zu umgeben, was zugleich den Vorteil gewährt, daß die Stellen der Profile und Probegruben besser hervortreten.

Als Maßstab für die Höhen wird bei den Bodenprofilen 1:100

genügen. Die Breite des Profils, das wir als ein verkleinertes Bild der Wand einer Probegrube betrachten können, braucht in der Zeichnung nicht mehr, als 4 mm zu betragen.

Die Bodenarten der einzelnen Schichten werden selbstredend auch bei den Profilen mit den betreffenden Farbentönen gezeichnet; außerdem werden die Benennungen der Bodenarten oder Klassen mit den angegebenen Abkürzungen rechts neben das Profil geschrieben. Den Stand des Grundwassers anzudeuten, ist nicht ratsam, weil er wechselt und sich durch die Melioration der Entwässerung verändert.

Um neben den agronomischen auch den geologischen Anforderungen soweit als möglich und nötig Rechnung zu tragen, kann der Name des Grundgesteins (ohne symbolische Abkürzung) unter den Fuß des Bodenprofils gesetzt werden; und zwar wird der Name in dem Falle schwarz unterstrichen, wenn das Grundgestein unzweifelhaft das Muttergestein des auflagernden Bodens, dieser also durch Verwitterung aus jenem entstanden ist; im anderen Falle bleibt der Strich fort. — Wenn das Grundgestein so tief steht, daß es durch die Probegruben oder Bohrlöcher nicht erreicht wird, dann wird der Name ganz fortgelassen, oder er wird durch einige Punkte in der Verlängerung der Profilgrenzen von dem Bodenprofil getrennt und mit einem Fragezeichen versehen. Diese theoretische Ergänzung des Profils ist jedoch nur dann zulässig und von Wert, wenn das betreffende Gebiet geologisch genau durchforscht ist. Denn in der Karte sollen grundsätzlich nur die tatsächlichen Verhältnisse zur Darstellung gelangen.

Der Vollständigkeit wegen sei schließlich noch bemerkt, daß jede Karte mit einer ausführlichen Zeichenerklärung versehen sein muß, damit sie auch ohne den erläuternden, in einem besonderen Büchlein beigegebenen Text verständlich ist.

An der Hand von Tafel 1 wird man sich eine Vorstellung davon machen können, wie eine derartige Flur- und Bodenkarte aussieht. Bei dem vorgeschriebenen Format und dem feststehenden Preis der Thaerbibliothekbände mußten wir leider einen sehr kleinen Maßstab und ein sehr einfaches Beispiel wählen. Der Maßstab ist 1 : 10 000, anstatt daß er wenigstens 1 : 2500 sein sollte. Hätten wir das Rärtchen viermal so groß darstellen können, so wäre alles in richtigerem Verhältnis herausgekommen. Jetzt sind z. B. die kleinen Vierecke im Innern der Karte, die die Stellen der Probe-

gruben 1, 2 und 3 bezeichnen, breiter als die Feldwege, ja, sie sind sogar so breit wie die schmalsten Landparzellen. Trotzdem wird das Kärtchen seinen Zweck erfüllen.

Von der Bedeutung der Horizontalkurven und der Lage der Wege und Gräben ist schon Seite 56—59 die Rede gewesen.

Der Boden ist in der ganzen Fläche Riedhumus, Humus cyperosa, *Hcy*. Seine Mächtigkeit ist aus den Bodenprofilen zu entnehmen, die in dem Maßstab 1 : 100 dargestellt sind. Greifen wir z. B. bei Profil 2 das Maß von *Hcy* mit dem Zirkel ab und halten den Zirkel auf einen gewöhnlichen Millimetermaßstab, so ergibt sich die Mächtigkeit von nicht ganz 1,30 m usw. Unter dem Riedhumus lagert überall Seekreide, d. h. Kalk, Calx, C und unter dem Kalk folgt eisenschüssiger Ton, Argilla ferruginea, Afe. Man wird sich, wie ich hoffe, durch die Betrachtung des Kärtchens überzeugen, daß die Bezeichnung der Bodenarten mit den Anfangsbuchstaben der lateinischen Benennungen ebenso einfach wie verständlich ist.

Damit haben wir unsere Ansichten und Grundsätze in betreff der Technik der Bodenkartierung dargelegt, und es erübrigt nur noch, einige Andeutungen darüber zu machen, ob und wie die Aufnahme von Bodenarten in der Schweiz praktisch durchgeführt werden kann. Wegen der Mannigfaltigkeit der Terraingestaltung und der Besitzverhältnisse wird dieses Beispiel auch für andere Länder von Interesse sein.

Da ist denn zunächst hervorzuheben, daß die Herstellung einer Bodenkarte, die die ganze Schweiz umfaßt, kaum in Frage kommen wird, weil der pedologischen Bearbeitung des eigentlichen Gebirgslandes zu große Schwierigkeiten entgegenstehen. Überdies hat eine Bodenkarte der Hochgebirge und der Alpen nur eine untergeordnete praktische Bedeutung, weil das betreffende Land, sofern es überhaupt benutzbar ist, in der Hauptsache nur der Wald- und Weidenutzung dient. Wir schließen also das eigentliche Gebirgsland aus und beschränken die Aufgabe auf die flacher und tiefer gelegenen, dem Verkehr und der Kultur leichter zugänglichen Gebiete. Zu diesen rechnen wir, abgesehen von anderen kleinen Bezirken, namentlich die breiten Täler der Rhone und des Rheins, vor allem aber das große schweizerische Flachland, d. h. das Hochplateau zwischen Jura und Alpen, Bodensee und Genfersee.

In diesem Teile der Schweiz, dessen Begrenzung wir absichtlich nur ganz im allgemeinen angeben, halten wir die Aufnahme von Bodenarten für lohnend und durchführbar.

Der Weg, auf dem man vorzugehen hat, um langsam aber sicher zum Ziele zu gelangen, scheint uns der zu sein, daß man die Angelegenheit in finanzieller Beziehung den Privaten und den Gemeinden überläßt und die Mitwirkung von seiten des Bundes und der Kantone auf die Anstellung von Technikern und auf die Erteilung von Prämien beschränkt. Nichts fördert eine gute Sache mehr als Vertrauen auf die eigene Kraft. Zur Zeit ist das Vertrauen freilich nicht groß; aber nach den mageren Jahren kommen auch wieder fette.

Demgemäß stellen wir zunächst ab auf die Aufnahme von Spezial- oder Gemeinde-Bodenarten, wobei wir die Benutzung der vorhandenen Güter-, Flur- und Katasterkarten sowie der topographischen und der geologischen Karten voraussetzen. Ob und inwieweit es möglich sein wird, diese Spezial- oder Gemeinde-Bodenarten zu Übersichts-(Bezirks- und Kantons-)Bodenarten zusammenzufassen, läßt sich erst dann mit Sicherheit überblicken, wenn eine größere Zahl von Spezial- oder Gemeindefarten fertig vorliegt. Es mag indessen schon jetzt darauf hingewiesen werden, daß die Herstellung von Übersichts-Bodenarten zwar sehr wünschenswert, aber insofern fraglich ist, als der für sie erforderliche kleine Maßstab voraussichtlich nicht überall ausreicht, um den Wechsel und die Mannigfaltigkeit der Bodenarten zur Anschauung zu bringen. Man wird auch hier lokalisieren müssen und, je nachdem die Bodenverhältnisse einfach, oder verwickelt sind, sich für, oder gegen die Herstellung von Übersichts-Bodenarten entscheiden. In erster Linie sind jedenfalls die Spezial- oder Gemeinde-Bodenarten in Angriff zu nehmen.

Jetzt fragt sich nur noch, wer den technischen Teil der Arbeit übernehmen soll. Die Antwort hierauf ergibt sich aus der Natur der Sache von selbst.

Die Aufnahme von Bodenarten erfordert: 1. Fertigkeit im Bestimmen der Bodenarten, 2. Fertigkeit im Zeichnen.

Sind beide Fertigkeiten in einer Person vereinigt, so steht nichts im Wege, ihr die ganze Arbeit zu übertragen oder zu überlassen. Es hat sogar seine wesentlichen Vorteile, wenn der, der

den Boden untersucht, auch die Resultate der Untersuchung in die Karte einzeichnet. Der Fachmann, bei dem wir die Fähigkeit hierzu erwarten dürfen, ist der Kulturingenieur; aber seine theoretische und praktische Ausbildung darf sich nicht auf die Ingenieurwissenschaften im engeren Sinne des Wortes beschränken, sondern sie muß sich namentlich auch auf Geologie, Boden- und Pflanzenkunde und allgemeine Landbauwissenschaft erstrecken. Die Gelegenheit zur Ausbildung von Kulturingenieuren ist nun an der eidgenössischen technischen Hochschule in vollem Umfange gegeben, wenn neben den Vorlesungen und Übungen der Ingenieurschule auch der Unterricht der landwirtschaftlichen Schule benutzt wird. Außer den Kulturingenieuren, deren Berufsbildung Fertigkeit im Kartenzeichnen sowie im Bestimmen der Bodenarten verlangt, wird es immer auch einzelne Land- und Forstwirte, Geologen und andere Naturforscher geben, die die Arbeit der Bodenkartierung selbständig zu übernehmen imstande sind. Insbesondere gilt dies von den Forstwirten, die zugleich Geometer sind, vorausgesetzt, daß sie auch in den landwirtschaftlichen Dingen die erforderliche Kenntnis und Erfahrung besitzen.

Indessen läßt sich die Arbeit auch teilen in der Weise, daß die Bodenuntersuchung den Land- und Forstwirten, Geologen u. a., das Kartenzeichnen dagegen den Geometern, Ingenieuren, Architekten u. a. überlassen oder übertragen wird. Auf diesem Wege gelangen wir voraussichtlich schneller zum Ziel, denn die Arbeitsteilung gewährt hier, wie in anderen Fällen den Vorteil, daß die Arbeit auf vielen Punkten (auf verschiedenen Gütern, in verschiedenen Gemeindefluren) gleichzeitig in Angriff genommen, also im ganzen mehr gefördert werden kann.

Es versteht sich von selbst, daß der Landwirt, der die nötige Gewandtheit im Bestimmen, d. h. im Erkennen und Benennen der Bodenarten besitzt, auf seinem eigenen Gute die Bodenuntersuchung selbst vornehmen wird. Er bezeichnet dann einfach auf seiner Gutskarte die Stellen der Probegruben und die Grenzen der Bodenarten, skizziert den Befund der Probegruben in dem Notizbuch und übergibt das gesammelte Material einem Geometer, der nötigenfalls noch die Höhenkurven aufnimmt und als geübter Zeichner die Gutskarte zu einer Bodenkarte vervollständigt.

Bei sehr zerstückeltem Besitz wird es sich in der Regel empfehlen, gemeindeweise oder genossenschaftlich vorzugehen in dem Sinne, daß

alle oder mehrere Mitglieder ein und derselben, oder zweier benachbarten Gemeinden sich zusammentun, um von ihrem Areal auf gemeinschaftliche Kosten eine Bodenkarte anfertigen zu lassen. Bei gut arrondierten Gütern, wenn sie auch nur eine Fläche von 3 bis 5 ha umfassen, kann jeder Besitzer auf eigene Faust verfügen und handeln. Dies hat viel für sich, denn es hält bekanntlich immer schwer, viele Köpfe unter einen Hut zu bringen.

Der Hauptwert der Bodenkartierung besteht darin, daß sie uns veranlaßt, den Grund und Boden genau zu untersuchen, und da diese Untersuchung ohnehin stattfinden muß, um das Land richtig zu beurteilen, angemessen zu behandeln und vollkommen auszunutzen, so dürfen wir dem Konto der Bodenkartierung nur den kleinen Betrag für die Arbeit des Zeichnens „Zur Last“, müssen ihm dagegen den großen und schwerwiegenden Betrag für die Arbeit der Bodenuntersuchung „Gut“ schreiben. Mit anderen Worten, die Bodenkartierung ist nicht umsonst, aber sie rentiert sich; denn sie ist ein sehr wirksames Mittel, die Kenntnis des Bodens zu verbreiten, und die Kenntnis des Grund und Bodens ist das Fundament der Landwirtschaft.

Anhang.

Wissenschaftliche Benennung der Bodenarten.

Im Jahre 1885 habe ich hier zum ersten Male den Versuch gemacht, in die Bodenkunde wissenschaftliche, aus der lateinischen Sprache entlehnte Benennungen für die Bodenarten einzuführen, wie das in der Botanik und Zoologie bei der Benennung der Pflanzen- und Tierarten längst geschehen ist. Nur auf diesem Wege scheint es mir möglich, die Unbestimmtheit und Verwirrung, die in der Benennung der Bodenarten besteht, nach und nach zu beseitigen und die spezielle Bodenkunde als Wissenschaft mehr und mehr zum Gemeingut der Kulturvölker zu machen. Es freut mich, von meinem Kollegen, Herrn Prof. Dr. Früh, zu vernehmen, daß in der zweiten agrogeologischen Konferenz in Stockholm derselbe Gegenstand zur Sprache kam, ohne jedoch zu praktisch brauchbaren Beschlüssen zu führen. Ich lasse dahingestellt, ob es mir gelungen ist, überall den betreffenden Ausdruck zu wählen und da, wo neue Wörter zu bilden waren, sie überall so zu bilden, daß das Denken und das Sprachgefühl befriedigt wird; doch kann ich nicht umhin, zu bemerken, daß die Gruppierung und Einteilung der Bodenarten in mehrfacher Beziehung eine Änderung erfuhr, als ich mich in die Notwendigkeit versetzt sah, lateinische Benennungen für die Bodenarten zu finden, und ich darf behaupten, daß die agronomische Klassifikation der Bodenarten durch die Einführung der wissenschaftlichen Sprache erheblich gewonnen hat.

Indem ich auf das in dem Abschnitt „Bodenarten“ S. 193 u. f. Gesagte sowie auf die S. 161 u. f. gegebene Einteilung und Beschreibung der Bodenarten verweise, lasse ich nun die wissenschaftliche Klassifikation der Bodenarten folgen. Bei jeder Klasse ist die Abkürzung beigelegt, die zunächst für die Bodenkartierung bestimmt ist, die aber selbstredend auch sonst benutzt werden kann, z. B. bei der Bonitierung des Bodens, bei der Gütertagation, bei der landwirtschaftlichen Buchführung, bei der Etikettierung einer Bodensammlung usw. usw.

Genera et species terrarum.

Gattungen und Arten der Böden.

Tabula generum.

Übersicht der Gattungen.

Numerus et nomen Zahl und Benennung	Substantiae propriae (Charakt. Bestandteile)				
	Petra Stein	Sabulo Sand	Argilla Ton	Calx Kalk	Humus Humus
	%	%	%	%	%
	Minimum (circa)	Minimum (circa)	Minimum (circa)	Minimum (circa)	Minimum (circa)
1. Terrae petraeae Steinbodenarten	80	—	—	—	—
2. Terrae sabulosae Sandbodenarten	—	80	—	—	—
3. Terrae limosae Lehmbodenarten	—	50	20	—	—
4. Terrae argillosae Tonbodenarten	—	—	50	—	—
5. Terrae margillosae Mergelbodenarten	—	—	20	5	—
6. Terrae calcariae Kalkbodenarten	—	—	—	50	—
7. Terrae humosae Humusbodenarten	—	—	—	—	20

Tabula specierum.

Übersicht der Arten oder Klassen.

I. Terrae petraeae.

Steinbodenarten.

A. Terrae rudectae.

Grusböden.

Abbreviatura
Abkürzung

1. Terra rudecta humosa
Humoser Grusboden.

Rh

Abbreviatura
Abkürzung

- | | |
|--|---------------|
| 2. Terra rudecta limosa aut margillosa | Rl; Rm |
| Lehmiger oder mergeliger Grusboden. | |
| 3. Terra rudecta pura | R |
| Reiner Grusboden. | |

B. Terrae glareosae.

Kiesböden.

- | | |
|---|----------------------|
| 4. Terra glareosa limosa aut margillosa | Gl; Gm |
| Lehmiger oder mergeliger Kiesboden. | |
| 5. Terra glareosa pura | G |
| Reiner Kiesboden. | |
| 6. Terra grandinosa | G₁ |
| Grandboden. | |

II. Terrae sabulosae.

Sandbodenarten.

- | | |
|--|-----------------|
| 1. Terra sabulosa humosa dulcis | Shd |
| Milder humoser Sandboden. | |
| 2. Terra sabulosa margillosa | Sm |
| Mergeliger Sandboden. | |
| 3. Terra sabulosa limosa | Sl |
| Lehmiger Sandboden. | |
| 4. Terra sabulosa vulgaris | Sv |
| Gemeiner Sandboden. | |
| 5. Terra sabulosa uvido-frigida (saepe ferruginea) | Su-f(fe) |
| Naßkalter Sandboden (oft eisen-schüffig). | |
| 6. Terra sabulosa errans | Se |
| Looser Sandboden. | |

III. Terrae limosae.

Lehmbodenarten.

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Terra limosa humosa dulcis | Lhd |
| Milder humoser Lehmboden. | |
| 2. Terra limosa loessea | Ll₁ |
| Lößartiger Lehmboden. | |
| 3. Terra limosa vulgaris | Lv |
| Gemeiner Lehmboden. | |
| 4. Terra limosa tenax | Lt |
| Schwerer Lehmboden. | |

Abbreviatura
Abkürzung

5. Terra limosa uvido-frigida (saepe ferruginea) **Lu-f(fe)**
Naßkalter Lehm Boden (oft eisenschüffig)
6. Terra limosa sabulosa, grandinosa, petraea **LS; Lg₁; Lp**
Sandiger, grandiger, steiniger Lehm Boden.

IV. Terrae argillosae.

Tonbodenarten.

1. Terra argillosa humosa opima **Aho**
Reicher humoser Tonboden.
2. Terra argillosa calcaria **Ac**
Kalkhaltiger Tonboden.
3. Terra argillosa vulgaris **Av**
Gemeiner Tonboden.
4. Terra argillosa tenacissima **At**
Strenger Tonboden.
5. Terra argillosa uvido-frigida, lutosa (ferruginea) . . . **Au-f; l₂; (fe)**
Naßkalter Tonboden, Lettenboden (oft eisenschüffig).
6. Terra argillosa pura **A**
Reiner Tonboden.

V. Terrae margillosae.

Mergelbodenarten.

1. Terra margillosa argillosa humosa **Mah**
Humoser Tonmergelboden.
2. Terra margillosa argillosa vulgaris **Mav**
Gemeiner Tonmergelboden.
3. Terra margillosa limosa humosa **Mlh**
Humoser Lehmmergelboden.
4. Terra margillosa limosa loessea **Mll₁**
Lößartiger Lehmmergelboden.
5. Terra margillosa limosa vulgaris **Mlv**
Gemeiner Lehmmergelboden.
6. Terra margillosa sabulosa, grandinosa, petraea . . . **Ms; Mg₁; Mp**
Sandiger, grandiger, steiniger Mergelboden.

VI. Terrae calcariae.

Kalkbodenarten.

1. Terra calcaria humosa **Ch**
Humoser Kalkboden.

	Abbreviatura Abkürzung
2. Terra calcaria argillosa Toniger Kalkboden.	Ca
3. Terra calcaria limosa Lehmiger Kalkboden.	Cl
4. Terra calcaria sabulosa, grandinosa Sandiger, grandiger Sandboden.	Cs; Cg₁
5. Terra calcaria petraea Steiniger Kalkboden.	Cp
6. Terra calcaria et cretosa pura Reiner Kalk- und Kreideboden.	C

Appendix.

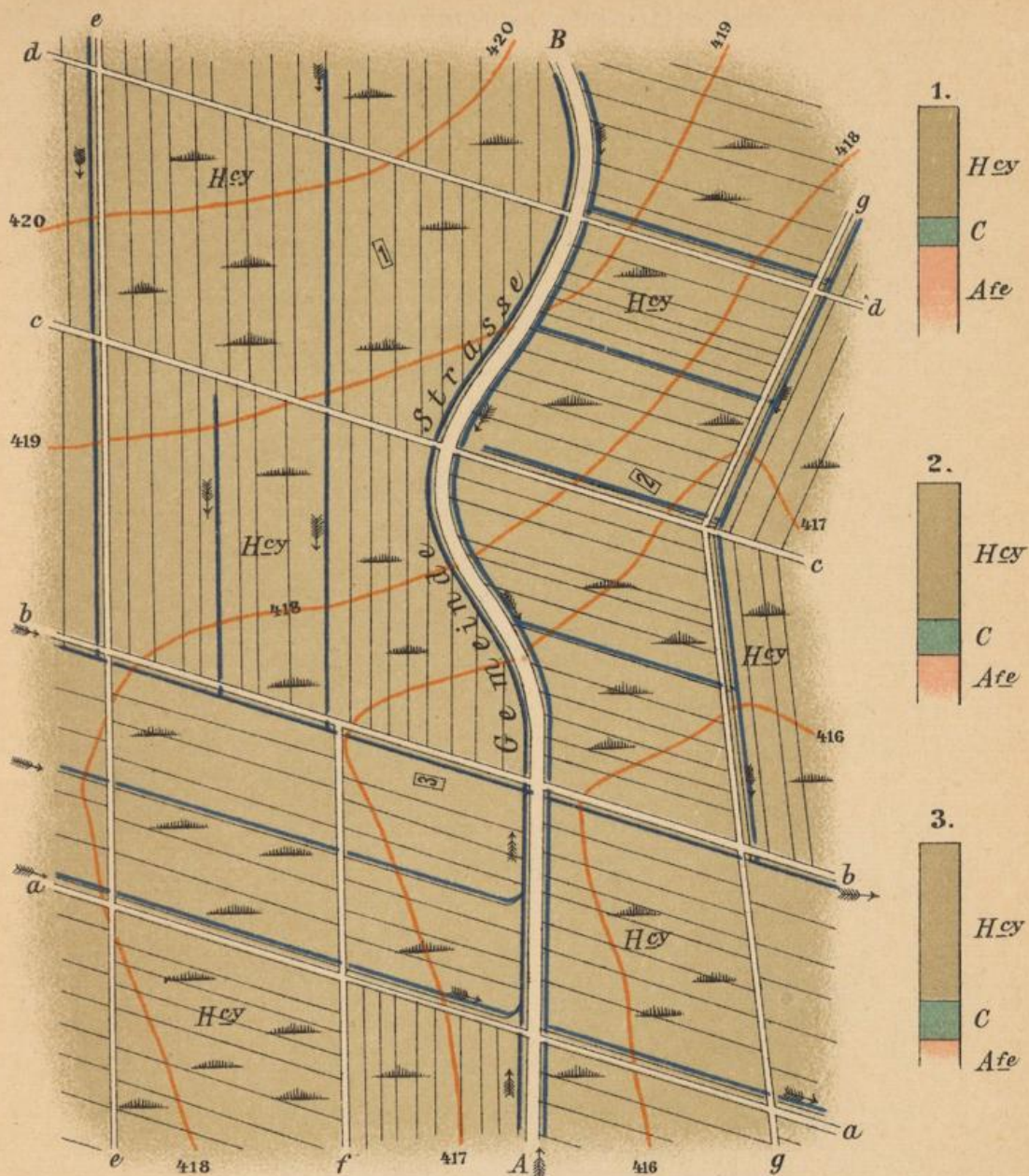
Anhang.

Terra gipsigena Gipsboden.	<u>Gi</u>
---	------------------

VII. Terrae humosae.

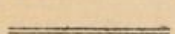
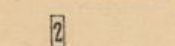
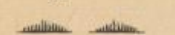
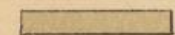
Humusbodenarten.

1. [Terra humosa agrestis et hortensis] [Acker- und Gartenhumus.]	[Hag]
2. Terra humosa graminosa Gras-Humusboden.	Hgr_m
3. Terra humosa nemoralis Wald-Humusboden.	Hn
4. Terra humosa cyperosa Ried-Humusboden.	Hcy
5. Terra humosa sphagnosa Moos-Humusboden.	Hsph
6. Terra humosa callunosa Heide-Humusboden.	Hcall



Flur- und Bodenkarte
mit Horizontalcurven.
1: 10000.

Boden-
Profile.
1: 100.

-  Horizontalcurven mit 1^m Aequidistanz.
-  Wege
-  Gräben
-  Probegruben
-  Wiesland
-  Hey = Humus cyperosa = Riedhumus
-  C = Calx = Kalk
-  Afe = Argilla ferruginea = eisenschüssiger Ton.

Verlag v

Lat

Mit 12

Das
gibt — auf
blickliche,
im landw

popu

Achtzei

Wem
auf Grund
behandelt,

Leh

auf w

weil. Profe

Mit

I. Acker
vollstän
Dr. C. F.
abbildu
zen Taf

II. Pflanz
Aufs. n
C. Fruw
12 Tafel

Schwe
Anklang u
übenden,
funden hat
schaftlicher

Es ent
an ein mo

Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstr. 10 u. 11.

Illustriertes Landwirtschafts-Lexikon.

Vierte, neubearbeitete Auflage.

Mit 1250 Textabbildungen. In Halbleder geb. Preis 23 M.
Auch in 20 Lieferungen zu 1 M. zu beziehen.

Das Landwirtschafts-Lexikon enthält Tausende einzelner Artikel und gibt — aufgeschlagen an der betreffenden Stelle des Alphabets — eine augenblickliche, klare und bündige Antwort auf alle Fragen, wie sie sich täglich im landwirtschaftlichen Betriebe aufwerfen.

Schlipf's populäres Handbuch der Landwirtschaft.

Gekrönte Preisschrift.

Achtzehnte, neubearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 641 Textabbildungen und 18 Farbendrucktafeln.

Gebunden, Preis 7 M.

Wem es um ein Handbuch zu tun ist, das alle Zweige der Landwirtschaft auf Grund der neuesten Erfahrungen in besonders verständlicher Schreibweise behandelt, dem darf das bewährte Werk von Schlipf unbedingt empfohlen werden.

Lehrbuch der Landwirtschaft auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage.

Von Dr. Guido Krafft,

weil. Professor der Landwirtschaft an der k. k. technischen Hochschule in Wien.

Mit 1009 Textabbildungen und 33 Farbendrucktafeln.

Vier Bände. — Gebunden, Preis 22 M.

Daraus einzeln:

I. Ackerbaulehre. Zehnte Aufl., vollständig neu bearbeitet von Prof. Dr. C. Fruwirth in Wien. Mit 356 Textabbildungen, 3 farbigen und 2 schwarzen Tafeln. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.

II. Pflanzenbaulehre. Neunte Aufl., neubearbeitet v. Professor Dr. C. Fruwirth. Mit 275 Textabbild. und 12 Tafeln. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.

III. Tierzuchtlehre. Neunte Aufl., neubearbeitet von Prof. Dr. Falke, Leipzig. Mit 389 Textabbildungen und 13 Tafeln mit 57 farbigen Rasnebildern. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.

IV. Betriebslehre. Neunte Aufl., neubearbeitet von Dr. Fr. Falke, Professor an der Universität Leipzig. Mit 39 Textabbildungen und 3 Tafeln. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.

Schwerlich dürfte ein anderes landwirtschaftliches Lehrbuch gleichen Anklang und gleiche Verbreitung in den Kreisen der lernenden wie ausübenden, der akademisch wie nichtakademisch vorgebildeten Landwirte gefunden haben wie Guido Krafft's „Lehrbuch der Landwirtschaft auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage“.

Es entspricht auch wieder in seinen neuesten Auflagen allen Anforderungen an ein modernes Handbuch der gesamten Landwirtschaft.

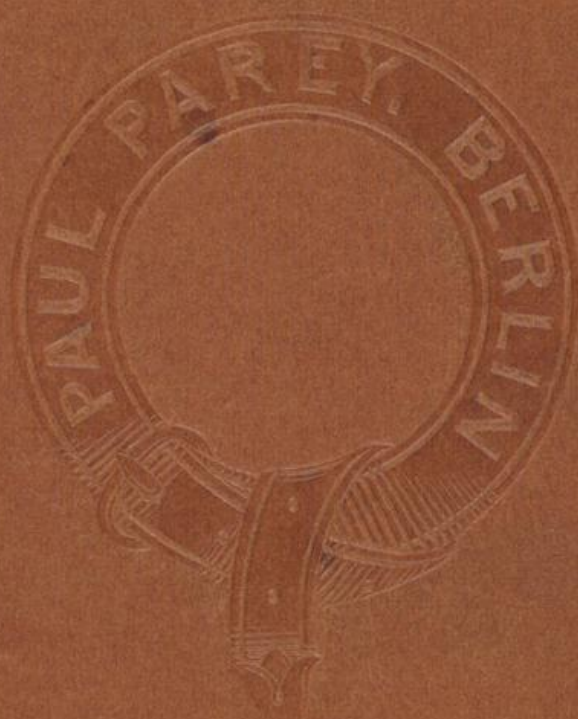
Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Landwirtschaftliche Unterrichtsbücher.

- Ackerbau** einschl. Geräte- und Maschinenwesen v. Dir. Dr. Droysen u. Prof. Dr. Gisevius. Achte Aufl. Mit 195 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Leitfaden der Ackerbaulehre** von Professor Dr. H. Biedenkopf in Gross-Umstadt. Vierte Auflage. Mit 74 Textabb. u. 8 Tafeln. Geb., Preis 2 M.
- Leitfaden f. einfache landw. Untersuchungen.** Von Prof. Dr. H. Biedenkopf in Gross-Umstadt. Zweite Aufl. Mit 38 Textabb. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Grundzüge der Agrikulturchemie.** Bearbeitet von Dr. R. Otto in Proskau. Zweite Auflage. Mit 42 Textabbildungen. Geb., Preis 3 M. 50 Pf.
- Bodenkunde.** Von Dr. W. Lilienthal, Winterschul-Direktor in Genthin. Zweite Auflage. Mit 18 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Bodenkunde** von Direktor A. Wirtz in Odenkirchen. Preis 50 Pf.
- Mineralogie und Gesteinslehre** v. V. Uhrmann, Direktor d. landw. Schule in Annaberg im Erzgeb. Dritte Auflage. Mit 26 Textabbild. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Mineralogie und Gesteinslehre** v. Dr. P. Teicke, Oberlehrer an der Landwirtschaftsschule in Salzwedel. Mit 23 Textabb. Geb., Preis 1 M.
- Pflanzenbau** von Dir. Dr. Birnbaum. Achte Auflage, bearbeitet von Prof. Dr. Gisevius in Giessen. Mit 207 Textabb. u. 5 farbigen Tafeln. Geb. Preis 1 M. 80 Pf.
- Grundzüge der Pflanzenvermehrung** von Max Löbner, Garteninspektor in Dresden. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Wiesenbau** von H. Kutscher, Lehrer in Hohenwestedt. Dritte Auflage. Mit 87 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Lehrbuch der Botanik.** Von Prof. Dr. G. Meyer. Dritte Auflage. Mit 296 Textabbildungen. Geb., Preis 2 M.
- Leitfaden der Botanik** für landw. Winterschulen und Landwirte. Von Prof. Dr. G. Meyer. Dritte Auflage. Mit 246 Textabb. Geb., Preis 1 M. 70 Pf.
- Botanik** von Direktor F. Gaul, Hildburghausen. Mit 122 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Botanik** von Dr. Wölfer, Dargun. Mit 192 Textabbildg. Geb. 2 M. 50 Pf.
- Lehrbuch der Botanik** von Dr. P. Teicke. 2. Aufl. Mit 98 Textabb. Geb., Preis 2 M.
- Pflanzliche und tierische Schädlinge** der landw. Kulturpflanzen, Von W. Tillmann i. Ascheberg i. W. Zweite Aufl. Mit 50 Textabb. Geb. Preis 1 M. 20 Pf.
- Bakterienkunde** von Direktor P. Gordan und Tierarzt C. Bahr. Mit 23 Textabbildungen. Geb. Preis 1 M.
- Leitfaden der Zoologie** für niedere landw. Schulen. Von R. Hillmann und A. Wolschner. Zweite Auflage. Mit 134 Textabbild. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Lehrbuch der Tierzucht.** Von Dr. H. Biedenkopf, Professor in Gross-Umstadt. 7. Aufl. Mit 8 farbigen biolog. Rassebildern u. 127 Textabb. Geb., Preis 2 M. 80 Pf.
- Viehzucht** von V. Patzig, Professor in Marienburg. Achte Auflage. Mit 138 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Tierzuchtlehre** von Direktor A. Conradi in Hohenwestedt. Zweite Auflage. Mit 136 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Bau und Leben der landw. Haussäugetiere.** Von Dr. E. Laur. Sechste Aufl., bearb. von Dr. Käppeli. Mit 102 Textabb. u. 1 Tafel. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.
- Der Körper der landw. Haussäugetiere.** Von Dr. J. Becker in Rostock. Zweite Aufl. Mit 67 Textabb. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Fütterungslehre.** Von Dr. W. Kleberger, Giessen. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Milchwirtschaft** von Direktor W. Tillmann in Ascheberg. Mit 64 Textabb. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Landwirtschaftliche Betriebslehre,** bearbeitet von Professor Dr. R. Roth, vorm. Direktor der landw. Schule in Chemnitz. Zehnte Aufl. Geb., Preis 1 M. 70 Pf.
- Landwirtschaftliche Betriebslehre** von Dr. Luberg, Direktor des Seminars für Landwirte in Königsberg in Nm. Sechste Auflage. Geb., Preis 2 M. 20 Pf.
- Grundzüge der Wirtschaftslehre** von Ök.-Rat Dr. V. Funk. Sechste Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Betriebslehre** von Dr. Wölfer, Landw. Lehrer in Dargun. Geb., Preis 2 M. 40 Pf.
- Betriebslehre** von Direktor A. Conradi in Hohenwestedt. Fünfte Auflage. Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Volkswirtschaftslehre** von C. Petri in Hohenwestedt. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.
- Taxationslehre** v. C. Petri in Hohenwestedt. Zweite Aufl. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Landwirtschaftsgeschichte** von Ök.-Rat Dr. V. Funk. Zweite Aufl. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Vaterländische Geschichte** von P. Knak. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Bürgerkunde** von Kreisschulinspektor H. Otto. Zweite Aufl. Geb., Preis 2 M.
- Landwirtschaftspolitik** von Ök.-Rat Dr. V. Funk. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.

Landwirtschaftliche Unterrichtsbücher.

- Landmanns Buchführung.** Von Dr. H. Clausen, Direktor in Heide, Dritte Auflage. Geb., Preis 1 M. 70 Pf.
- Einfache landwirtschaftliche Buchführung** von Winterschuldirektor Dr. P. Habernoll in Krefeld. Zweite Auflage. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Tabellen zur einfachen landw. Buchführung** von Dr. P. Habernoll. Dritte Auflage. Preis 1 M. 20 Pf.
- Selbstverwaltungsämter.** Von C. Petri, Hohenwestedt. Vierte Aufl. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Gesetzeskunde.** Von Dr. Kollath. Zweite Aufl., bearb. von C. Petri Geb., Preis 1 M. 30 Pf.
- Schriftverkehr des Landwirts.** Von L. Lemke. Zweite Aufl., neu bearb. von C. Petri, Hohenwestedt. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Landw. Berechnungen.** Von Prof. Dr. R. Roth, vorm. Dir. der landw. Schule in Chemnitz. Vierte Auflage. Geb., Preis 1 M. 60 Pf. Lösungen. Preis 50 Pf.
- Landw. Berechnungen.** Von C. Petri in Hohenwestedt. Geb., Preis 2 M. 60 Pf. Lösungen. Preis 1 M. 20 Pf.
- Rechenbuch** für niedere u. mittl. landw. Lehranstalten v. L. Lemke. Neubearb. von Ok.-Rat Dr. Ehlert, Gumbinnen. I. Teil. Unterklassen. Fünfte Aufl. Geb., Preis 1 M. 80 Pf. II. Teil. Mittel- u. Oberklassen. Dritte Aufl. Mit 112 Textabb. Geb., Preis 2 M. 20 Pf. Lösungen I. Teil Preis 1 M., II. Teil Preis 1 M.
- Rechenbuch** für Ackerbauschulen, landw. Winterschulen und ländl. Fortbildungsschulen von P. Knak, Lehrer in Wittstock. Achte Auflage. Geb., Preis 1 M. 40 Pf. Lösungen. Preis 1 M.
- Praktisches Rechen- und Nachschlagebuch.** Von Dr. J. P. Zanen in Ettelbrück. Mit 131 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Rechenbuch für mittlere und niedere landw. Lehranstalten** von H. Kutscher und C. Petri, Lehrer in Hohenwestedt. I. Teil: Grund- und angewandte Rechnungsarten. Geb. 1 M. 20 Pf. Lösungen 50 Pf. II. Teil: Landwirtschaftliche Berechnungen. Geb. 1 M. 50 Pf. Lösungen 60 Pf.
- Geometrie, Feldmessen u. Nivellieren** von H. Kutscher, Lehrer in Hohenwestedt. Dritte Aufl. Mit 163 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Planimetrie und Stereometrie für Landwirtschaftsschulen** von Prof. Chr. Nielsen u. Oberlehrer W. Langel. Mit 325 Textabb. Geb. 2 M. 50 Pf.
- Unterricht im Feldmessen** mit den einfachsten Messgeräten. Von Dr. G. Wilsdorf. Vierte Auflage. Mit 20 Textabb. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.
- Feldmess- und Nivellierkunde und das Drainieren** von Chr. Nielsen. Oberlehrer in Varel. Dritte Aufl. Mit 116 Textabb. u. 3 Tafeln. Geb., Preis 2 M.
- Physik** von Dr. P. Habernoll, Dir. in Krefeld. Mit 78 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Physik** v. Prof. M. Hollmann. Neunte Aufl. Mit 163 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Lehrbuch der Physik** von Prof. Dr. Lautenschläger, vorm. Oberlehrer in Samter. Dritte Auflage. Mit 398 Textabb. u. 1 Tafel. Geb., Preis 4 M.
- Mechanik, Wärmelehre und Witterungskunde** von J. Bohn, Gymnasiallehrer zu Trier. Mit 178 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 50 Pf.
- Landw. Maschinenkunde** von Ingenieur H. Schwarzer in Frankenhausen a. Kyffh. Mit 240 Textabbildungen. Geb., Preis 3 M. 60 Pf.
- Leitfaden für den Unterricht in der Chemie** von B. Marquard. Direktor in Ragnit. Mit 25 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Chemie** von Oberlehrer O. Freybe zu Weilburg. I. Teil. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Lehrgang der Chemie** für Land und Gartenbauschulen. Von Prof. Dr. Johnf. Leipzig. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Chemie** von Direktor P. J. Murzel in Saarlouis. Dritte Aufl. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Chemie** v. A. Maas in Wittstock. Zweite Aufl. Mit 10 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Chemie** für Ackerbau- und landw. Winterschulen von W. Wellershaus, Winterschuldirektor. Zweite Aufl. I. Teil: Anorganische Chemie. Geb., Preis 70 Pf. II. Teil: Organische Chemie. Geb., Preis 70 Pf.
- Meyer's Forstwirtschaft.** Vierte Auflage, bearbeitet von Reg.- und Forst-rat Berlin in Arnberg. Geb., Preis 1 M. 20 Pf.
- Forstwirtschaft** von W. Radtke, Forstassessor. Mit 22 Textabbildungen. Geb., Preis 1 M. 40 Pf.
- Obst- und Gemüsebau** v. Otto Nattermüller. Fünfte Auflage, bearbeitet v. Dr. A. Bode, Gartenbaulehrer i. Chemnitz. Mit 76 Textabb. Geb., Preis 1 M. 80 Pf.
- Obstbau.** Nebst Anhang: Die Kultur der wichtigsten Gemüsepflanzen. Von Ernst Kümmerlen. Zweite Auflage. Mit 100 Textabb. Geb., Preis 1 M. 60 Pf.
- Deutsches Lesebuch** für Ackerbauschulen, landw. Winterschulen u. ländl. Fortbildungsschulen, von M. Hollmann u. P. Knak. Fünfte Aufl. Geb., Preis 2 M.
- Lehr- und Lesebuch** für ländliche Fortbildungsschulen von K. Deissmann, H. Jung, Fr. Kolb, W. Scheid u. R. Wobig. Sechste Auflage. Geb., Preis 2 M.



80

11 103

43
6

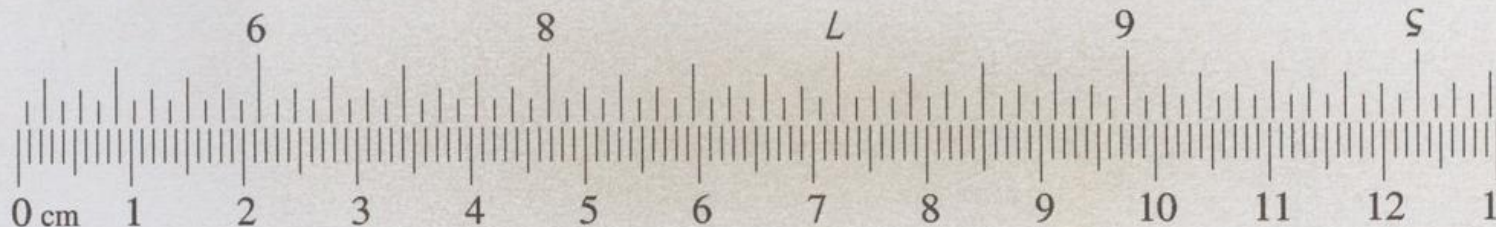
NOWACKI BODENKUNDE







Thaer-Bibliothek



Praktische Bodenkunde

VON

A. NOWACKI

Band
81

Band
81

Colour & Grey Control Chart

Danesh
Picta

Blue

Cyan

Green

Yellow

Red

Magenta

White

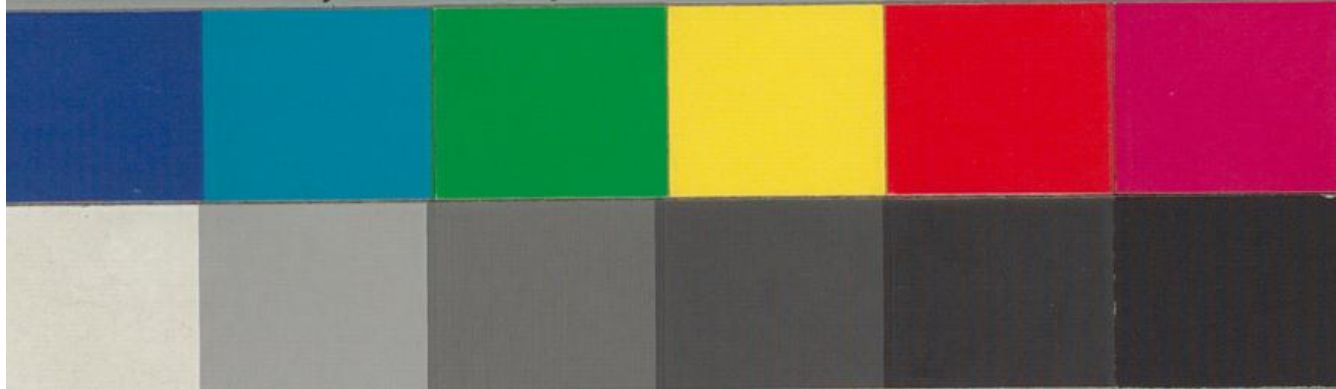
Grey 1

Grey 2

Grey 3

Grey 4

Black



VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY IN BERLIN