Bull. 41. 1910.

BIBLIOTHEEK Landbouwkundig en Bodemkundig SERAAT No. 2346

MITTEILUNGEN AUS DEM GEOL. AGRON. LABORATORIUM DES DEPT. FÜR LANDW. ZU BUITENZORG, JAVA. — VIII.

631.4(25.5)(922.13)

DIE MECHANISCHE BODENANALYSE, wie sie zur Zeit zu Buitenzorg ausgeführt wird,

VON

Dr. E. C. JUL. MOHR.

Einleitung.

War der *Zweck* der mechanischen Bodenanalyse anfänglich nichts weiter als die Bestimmung der mittleren *Korngrösse* der Bodenteilchen, zur bessern Beurteilung der *physischen* Eigenschaften des Bodens, vom Standpunkte der *Landwirtschaft* besehen, — später hat man eingesehen, dass sich diese Analyse auch noch zu anderen Zwecken verwerten lässt.

Die Erwägung, dass die Mineralien des Bodens vorkommen in Grössen, welche im grossen Ganzen innerhalb bestimmter Grenzen bleiben, führt sofort zum Schlusse, dass dann auch jedes Mineral nur in bestimmten Fraktionen vorkommen muss, also weder in gröberen, noch in feineren. Diese Fraktionen sind für die verschiedenen Bodenkonstituenten verschieden, werden sich aber vielfach auch überdecken. In sehr grossen Zügen also nur darf man sagen, dass *die mechanische Bodenanalyse den Boden auflöst in seine Konstituenten.* Ich werde demnächst Beispiele geben aus, welchen man ersehen kann, wie im einen Fall eine prachtvolle Trennung ausgeführt wird, wie aber im andern alle Fraktionen nahezu gleichartig sind. Im grossen Ganzen erreicht man immerhin eine genügende Trennung, um mittelst nachfolgender *mineralogischer Analyse* der erhaltenen Fraktionen, einen befriedigenden *Einblick in die Zusammensetzung des Bodens, den Konstituenten nach,* zu erhalten. —

In Europa und Amerika werden Bodenanalysen hauptsächlich ausgeführt in der gemässigten Zone; dort liegen wahrnehmbare

Änderungen in der mechanischen Zusammensetzung des Bodens meist in so weiter Ferne, dass das Studium des heutigen Zustandes praktisch so zu sagen für die erstfolgenden 50 Jahre genügt; das Studium zukünftiger Zustände kann man ruhig seinen Kindeskindern überlassen.

Nicht so hier auf Java, in den Tropen; hier finden Veränderungen im Boden — physischer, chemisches, jeglicher Art — unvergleichlich viel schneller statt. Es giebt Sandböden vulkanischen Ursprungs, welche in wenigen Jahren, ja Monaten, merkliche Mengen „Feinstes", d.h. Ton, liefern. *Darum ist est für die Tropen von geringerem Interesse, allein den heutigen Zustand zu kennen, als zu wissen, welche Veränderungen der Boden in nächster Zukunft durchmachen wird.*

Eine mechanische Analyse also, welche *blos* angiebt dass der Boden aus a % Teilen der Grösse A, b % Teilen der Grösse B, u.s.w. besteht, hat deshalb für die Tropen nur geringen Wert; notwendig ist es, so gut wie nur möglich mit anzugeben, woraus die Fraktionen A, B, u.s.w. bestehen, und welchen Umänderungen sie aller Wahrscheinlichkeit nach in Zukunft unterworfen sein werden. Mit derartigen Betrachtungen betreten wir nun schon das Gebiet der Geologie; es ist jedoch nicht allein die reine Wissenschaft, sondern auch die angewandte Bodenkunde, welche sich mit solchen Fragen hier zu befassen hat; denn es ist natürlich von unbestreitbarem Wert für die darauf wohnende und wirkende Menschheit, zu wissen, was innerhalb ihrer eignen Lebzeit aus ihrem Boden wird, sei es Gutes oder Schlechtes.

In nachfolgenden Zeilen beschränke ich mich einstweilen [1]) auf die Mitteilung der *Methode*, wie ich gemeint habe, dieselbe, mit den hiesigen Anforderungen vor Augen, feststellen zu müssen. Es bedarf gewiss der Rechtfertigung, warum hier angesichts der vielen schon vorhandenen Verfahren, nochmals mit einem neuen herangerückt wird. Wo nötig und möglich, werde ich in nachfolgenden Seiten Kritik auf bestehende Methoden einflechten; übrigens ist an meiner Methode nur sehr wenig originelles; ich habe näml. darnach gestrebt, aus den vielerlei gebräuchlichen Arbeits-

1) Gerne hätte ich zu dieser Arbeit gleich einen zweiten Teil, näml. einige allgemeinere Schlussfolgerungen für die Agrogeologie, gegeben; es fehlt aber die Zeit, diesen noch vor dem bevorstehenden agrogeologischen Kongres zu Stockholm gedruckt fertig zu bekommen; darum lasse ich ihn später folgen.

weisen das Gute zu behalten, und was weniger brauchbar, zumal zeitraubend, oder aus anderen Gründen umpraktisch ist auszuschliessen, und so ist es erklärlich, dass ich mich hauptsächlich an der auf schnelles Arbeiten berechneten Methode des Bureau of Soils zu Washington D. C. [1]) gehalten habe. Auch die Darstellung der Resultate basirt im Grunde auf einer amerikanischen Vorstellung [2]).

*
* *

Die Methode der Analyse.

§ 1. *Vorbereitung der Bodenproben.*

Lufttrockne Proben werden ohne weiteres in zilindrische Standflaschen mit Schraubendeckel eingefüllt; von grösseren Proben der Rest in mit starkem Papier ausgekleideten Blechschachteln von Huntley & Palmers.

Feuchte Proben werden an der Luft, jedoch nicht in der Sonne, getrocknet; in grossen Schalen, wie man sie zu photographischen Zwecken benutzt.

Schwerer Ton, in grossen Klumpen, wird feucht ausgerollt und dann wie Wurst in dünne Scheibchen geschnitten; diese lassen sich weit besser austrocknen, und später zerkleinern, als die unzugänglichen Klumpen.

§ 2. *Bodenskelett und Feinerde.*

Als Grenze wird **2** m.m. Durchmesser angenommen. Von Böden ohne gröbere Teile wird ein Durchschnittsmuster zu etwa 200 gr. in eine gut schliessende Stöpselflasche eingefüllt, für die weiteren Bestimmungen.

Von Böden, welche über 2 m.m. grosse Teile enthalten, wird eine grössere Menge (*M*), — wenn möglich 1 K°, oder mehr, — abgewogen, und abgesiebt über ein Sieb von 2 m.m. Maschenweite — (ich benutze Blechsiebe mit ausgeschlagenen Löchern; Durchm. 20 c.m.); — die abgesiebte Feinerde (*F*) wird vorläufig zur Seite gesetzt. Dann setzt man das Sieb mit den gröberen Teilen, an welchen jedoch noch Feinerde haftet, in eine grosse flache Glasschale mit Wasser und wäscht mit den Fingern und kleinen Bürsten Steine,

1) Un. St. Dept. Agr. Bur. Soils.—Bull. No. **24**, (1904).
2) „ „ „ „ Div. „ .— „ No. **5**, (1896).

Kies und Grus rein. Die Feinerde geht durch, das gereinigte Bodenskelett (*G*) wird mit dem Sieb herausgenommen, und an der Luft, onder auch auf einem Wasserbad, getrocknet. Wenn wieder lufttrocken, wird *G* gewogen, und je nachdem durch Siebe von 5 und 10 m.m. weiter getrennt in Steine, Grobkies, Feinkies. Eine höher gehende Einteilung ist für hiesige Länder überflüssig; es kommen ja überhaupt Böden mit *G* nur selten vor.—

Bleibt also die Bestimmung des Restes (*R*) der Feinerde, von *G* abgewaschen.

a. Enthält *R* nur weinig „Feinstes", so dass sich bald nahezu alles absetzt, so wartet man, hebert das Wasser ab, und trocknet den Rest; anfangs auf einem Wasserbad; sobald der Boden jedoch aus dem Wasser herauskommt, bei niedriger Temperatur, am besten kalt an der Luft.

b. Bleibt jedoch im Wasser viel Ton schweben, dann wird der Flüssigkeit erst mittelst einer porösen Kerze oder einer Puchkall'schen Flasche, — in der Weise, wie weiter (S. 18—19) beschrieben, —die Hauptmenge Wasser entzogen, und dann der Rest abgedampft und getrocknet wie bei *a*.

$F+G+R$ muss ungefähr gleich *M* sein; durch Unterschiede im Feuchtigkeitsgehalt können jedoch Abweichungen in einer oder der andern Richtung stattfinden; darum ist es Sache, alle Fraktionen, die man bestimmt, auf „Trockensubstanz" zu reduziren.

Für *G* macht dies schon sehr wenig aus; denn Kies und Steine kann man nicht gerade hygroskopisch nennen. —Der anfangs abgesiebte Teil *F* hat, wenn flott abgesiebt, wohl nahezu denselben Feuchtigkeitsgehalt wie *M*. —Nur *R* kan trockner oder feuchter sein; darum ist zu empfehlen, gleich durch trocknes Abbürsten der Steinchen, zu erstreben, dass der Rest *R* so gering wie nur möglich sei.

Weiter muss man nun sehen ob *R* sich in irgend einer Weise merklich von *F* unterscheidet. Ist das nicht der Fall, so wird *R* ohne weiteres durch die Hauptmenge *F* hindurch gemischt, und in der Berechnung zugezählt; man lässt dann die Zahl *M* los, und stellt einfach $G > 2$ m.m., und $(F+R) < 2$ m.m., einander gegenüber.

Bemerkt man jedoch einen Unterschied [1]), so dürfen *F* und

1) Es kann näml. sein, dass Wasser sofort ändernd einwirkt; z. B. bei Böden, welche viel lösliche Bestandteile enthalten, (Salze, Humusverbindungen), oder bei solchen, die kaum je mit Wasser in Berührung kamen, (frische Asche, Inhalt von Grotten), u.s.w.

R nicht gemischt werden, und $(F+R)$ wird bestimmt $= (M-G)$. F ist dann die Feinerde, von welcher zu weiteren Bestimmungen eingewogen wird, und in welcher man die Feuchtigkeit bestimmt.

§ 3. *Feuchtigkeitsbestimmung.*

Niemand vermag exact die Feuchtigkeit, das hygroskopische Wasser, zu trennen von dem „stark gebundenen Wasser", und beide so zur Bestimmung zu bringen; denn unter Umständen, wobei der eine Bestandteil des Bodens sein hygroskopisches Wasser, wenigstens teilweise, noch festhält, verliert der andere schon gebundenes Wasser. Es hat also keinen Zweck, hier eine illusorische Genauigkeit zu erstreben; es genügt, konventionelle Zahlen zu suchen, die man, auf gleiche Weise arbeitend, immer wieder zurückfindet, bis zu einem Genauigkeitsgrade derselben Ordnung, wie die übrigen Zahlen, welche in unterstehender Analyse erhalten werden, höchstens besitzen. Demnach schien es mir angewiesen, zur allereinfachsten Methode zu greifen, welche noch befriedigende Resultate liefert.

Fresenius trocknete den Boden im Trockenschrank bei 125° C. bis zu konstantem Gewicht, Grandeau sogar bei 150°; Schlösing giebt an, im Trockenschrank oder auf dem Sandbad nicht über 120° zu gehen, wegen der wahrscheinlichen Zersetzung von Humusstoffen; man wäre daraufhin geneigt, die Temperatur so niedrig wie möglich zu halten. McCall trocknet bei 100°, aber gleich 24 Stunden lang; das Bureau of Soils zu Washington erst auf dem Dampfbad, und dann noch im Trockenschrank bei 110°; Ramann giebt an 100°—110°, Williams 105° im Luftbad. Endlich kommt Mitscherlich und trocknet 4 Stunden im Vacuum bei 100°; damit erreicht er allerdings das beste Resultat, aber die Methode ist für die mechanische Analyse wohl sehr umständlich, wenn man wöchentlich 8 Proben je in 10 Fraktionen teilt, (wie später anzugeben).

Ich habe daher versucht, was sich erreichen liesse mit grossen flachen Wasserbädern; erstens, was die Fehlergrenzen angeht, zwischen welchen gleichartige Bestimmungen bleiben; zweitens, was den Vergleich mit den später zu erhaltenden Fraktionen angeht.

1°, Ueber die Fehlergrenzen giebt unterstehende Tabelle Aufschluss; die Duplobestimmungen wurden teils absichtlich

zu diesem Zweck, teils aus andren Gründen gemacht; zum Teil auch von verschiedenen Personen, und mit grösseren Zwischenzeiten:

Nr.	% Feuchtigheit:				
	I	II	III	IV	V
11	8.8	8.45	8.3	8.6	—
111	4.59	4.56	—	—	—
112	1.02	0.99	1.15	—	—
133	6.62	6.47	—	—	—
411	9.04	9.20	—	—	—
446	13.19	13.45	13.36	13.64	13.27
447	12.06	11.65	—	—	—
450	2.42	2.50	—	—	—
454	11.45	11.55	—	—	—
455	4.87	5.02	—	—	—

Bis auf 0.2% kann man demnach mit geringer Routine genau arbeiten, und bei grosser Sorgfalt auch wohl bis auf 0.1%; nun — das genügt vollkommen für den hier verfolgten Zweck.

2°/ Alle Fraktionen der weiter zu beschreibenden mechanischen Analyse werden unter Wasser, also nass, erhalten; darauf werden sie getrocknet und gewogen. Um nun die ursprüngliche, ungeschlämmte Feinerde in genau dieselben Umstände zu bringen, wie die Fraktionen, wurde stets eine bestimmte Menge abgewogen in einer ähnlichen Schale, wie später zu benutzen, die Probe angefeuchtet bis sie unter Wasser stand, und nun auf demselben grossen Wasserbad in gleicher Weise getrocknet, und darauf gewogen. Es ist klar, dass, wenn keine Verluste in der Analyse stattfinden, und die Methode tatsächlich vergleichbare Werte liefert, man mit der Summe der Fraktionen auf 100% herauskommen muss. Gilt dies in Anbetracht der Versuchsfehler nicht für eine einzige Bestimmung, so muss es doch wohl gelten für das Mittel aus einigen hundert Analysen. — Nun wurde im Mittel aus etwa 300 Bestimmungen, zwischen 98 und 102% gelegen, (die mehr als 2% abweichenden Resultate wurden verworfen), gefunden:

157 Zahlen über 100 } im Mittel aus } 100.04 %
138 Zahlen unter 100 } 295 Zahlen: }

Ich halte dieses Resultat für genügend, und gebe auf Grund dessen folgende *Vorschrift:*

Wenn für die mechanische Analyse 10 gr. Boden angewandt werden, nehme man zur Feuchtigkeitsbestimmung 5 gr., eingewogen in einer Aluminiumschale, (Durchschnitt 7—8 c.m, Höhe $1-1^1/_2$c.m.) füge 5 c.c. Wasser zu, und trockne nun auf dem Wasserbad, bis zu 15 Min. nach dem Momente, dass sichtbar alle Flüssigkeit verschwunden ist. Nach wenigstens $^1/_2$ Stunde abkühlen im Exsiccator muss man wägen, unter Benutzung eines Deckglases.— (Genau so behandle man später die Fraktionen!)

Ich habe noch eine Reihe vergleichender Versnche angestellt, um zu sehen ob anstatt 5 gr. vielleicht besser 2 gr. genommen würde. Dabei wurden aber durchgängig kleinere Zahlen erhalten, an die 0.8%; also habe ich mich weiter an 5 gr. gehalten, sonst wäre die mittlere Summe von 100.04% auf $99^1/_4$% zurückgegangen.

Die Methode Wahnschaffe, —auch in König's Handbuch übergegangen—nach welcher man die Proben bei etwa 100° C. auf dem Sandbade trocknet, sie dann aber der Luft aussetzt, um sie schliesslich „lufttrocken" zu wägen,—diese Methode ist für hier ganz unbrauchbar; bei der hohen Temperatur (zwischen 25° und 30° C.) machen sich Unterschiede der Luftfeuchtigkeit zu stark geltend; an trocknen Tagen sinkt diese näml. bis auf 40-30% während kurz darauf feuchte Tage folgen können, an welchen die relat. Feuchtigkeit kaum unter 90% kommt. Ein solches Klima muss man ausschalten, weil eine selbe Probe Boden je nachdem z. B. 6 oder 10% Feuchtigkeit aufweisen würde.

Ich halte die Trockenmethode auf dem Wasserbad durchaus nicht für das höchst erreichbare: morgen kommt vielleicht schon einer mit einem bessern Vorschlag.—Allein ist die hier angegebene Methode einfach, praktisch, und, wie ich meine, dem Zweck genügend.

§ 4. *Das Aufbereiten des Bodens für die Analyse.*

Ich habe mich im nun folgenden der Hauptsache nach dem amerikanischen Verfahren [1]) angeschlossen, weil es mir bei ver-

1) U.S. Dept. Agr.— Bur. Soils.— Bull. No. 24.

gleichenden Versuchen die am besten untereinander übereinstimmenden Parallelzahlen lieferte. Ich halte es für überflüssig, alle Daten jener Versuche hier wiederzugeben; es kommen in der Litteratur ja schon so mancherlei Betrachtungen über die mechanische Analyse vor, dass man sich a priori scheut, noch seinen Senf daran zuzufügen. Allein einige bemerkenswerte Punkte will ich kurz hervorheben.

Man kann die mechanische Analyse in 2 Teile zerlegen:

1°. das von einander Loslösen der Teilchen, so dass sie nicht mehr zusammenkleben, sondern frei von einander liegen oder schweben.

2°. die Trennung der freien Teilchen in Fraktionen verschiedener Korngrösse.

Wenn man sich vorläufig ad 2° eine ideale Methode denkt, so hat ad 1° diejenige Methode den Vorzug welche erstens die untereinander am besten stimmenden Resultate giebt, zweitens die am weitesten durchgeführte Desintegration anzeigt, und drittens die geringste Gefahr für Zerkleinerung oder Zersetzung der Bodenteilchen bietet.

Wärme, also stundenlanges Kochen, möchte ich der Zersetzung wegen, die man hiermit bei vielen Böden sicher einführt, gleich ausschliessen. Ueberdies habe ich mit gekochten Vergleichsproben niemals die Uebereinstimmung erhalten, wie ich sie anderweitig erreichte; also habe ich von dem Kochen weiterhin abgesehen, und mich an Schütteln mit NH_3-haltigem Wasser gehalten.

Je 10 gr. Feinboden (*F*) werden abgewogen, in zilindrische Soxhlet-Milchflaschen zu 250 c.c. eingefüllt; dann werden 100 c.c. Wasser zugegeben, und schliesslich 10 Tropfen 10%-iger NH_3-Lösung. Darauf werden die Flaschen mit Kautschuckstopfen verschlossen und in den Schüttelapparat festgelegt, welcher dem amerikanischen Modell (1) nachgebaut ist.

In einem einfachen Holzkasten (Innenmasse: 45×30×10 c.m.) sind lose Querbrettchen angebracht; dadurch entstehen 8 Fächer, in welche die obengenannten Flaschen gerade hineinpassen. (Nimmt man von den Zwischenbrettchen einige fort, so ist der Apparat auch für Flaschen anderer Grösse oder Form zu benutzen; siehe z. B. Seite 20). Der Kasten ruht auf 4 hohen flachen Füssen, (etwa 85×5×0,7 c.m.) von biegsamem Holz, unten unbeweglich

1). l. c. — Gegenüber S. 8. —

festgesetzt; auf diese Weise erlauben die federnden Füsse wohl, und zwar sehr leicht, eine Bewegung in der Längsrichtung des Kastens, eine Querbewegung ist jedoch ausgeschlossen.

Mittelst einer Triebstange mit Gelenk ist der Kasten mit einem Motor [1]) verbunden, welcher ihn 200—250 Mal pro Minute hin und herschüttelt. Vorversuche zeigten mir, dass 2 Stunden noch nicht genügen, um die Bodenteilchen völlig auseinander zu schütteln; 4 Stunden und 6 Stunden gaben jedoch nur noch solche geringe Unterschiede, dass darüber hinauszugehen gewiss überflüssig ist; also wurde die Schüttelzeit auf 6 Stunden festgesetzt, genau wie auch in Washington [2]).—

Manchmal ist es zur Beurteilung des physischen Zustandes des Bodens nötig, Parallelbestimmungen zu machen, wobei der Boden wohl gut durchfeuchtet sein muss, die Bodenkrümel jedoch so wenig wie möglich zerstört werden dürfen. Für solche Fälle werden nachfolgende Aenderungen eingeführt:

a. Es wird kein NH_3 zugefügt; und allein reines Regenwasser benutzt.

b. Es wird anstatt 6 Stunden, nur 10—15 Minuten geschüttelt und zwar keinenfalls mhr als 100 Mal pro Minute.

c. Das Schütteln hat ganz kurz vor der eigentlichen Analyse zu geschehen; also eben vor dem Zentrifugiren.

§ 5.— *Das Zentrifugiren.*

Die Zentrifuge, hier im Gebrauch, wurde durch freundliche Vermittlung des Bureau of Soils, aus Washington D. C. erhalten; sie ist auf 8 Zilinder aus starkem Glas mit rundem Boden (und umgebogenem Rand) eingerichtet, so, dass in der Ruhe die Zilinder senkrecht hängen. Die Gläser sind 170 m.m. hoch und 27 m.m. weit, fassen also 75 bis 80 c.c.

Man treibt die Zentrifuge natürlich am angenehmsten elektrisch; ohne Strom behelfe ich mich jedoch leidlich gut mit einer Zusammenstellung von Zahnrädern, durch Handbewegung angetrieben. Ein Metronom garantirt konstante Geschwindigkeit, etwa 1000 Umdrehungen in der Minute; da die Flüssigkeit mit einem Radius von etwa 10—25 c.m. ausgeschleudert wird, wird in etwa

1). Wenn Strom zur Verfügung, nehme man einen Electromotor. Ich benutze einen Heissluftmotor. Verlangt werden weniger als $^1/_{20}$ P.S.

2). l.c. Seite 20.

$1^2/_3$ Minute eine Trennung erreicht, so, das alle Teilchen grösser als **5**μ zu Boden geschleudert sind, und nur noch kleinere Teilchen in der Flüssigkeit schweben. Mit Hilfe des Mikroskops muss man sich bei jeder neuen Bodenart davon überzeugen; trifft man auf einen Boden, der sich abweichend verhält, so schleudert man eben etwas länger, z.B. 2 Minuten, aus, unter ständiger mikrosk. Kontrole.

Ausser einem einfachen, glatt weiss angestrichenen Gestell, in welches man die 8 Röhren der Reihe nach einsetzt, hat man nun nötig 8 Zilinder, von genau 85 m.m. inn. Durchm. und 25 c.m. Höhe, in welche man jedesmal nach dem Zentrifugiren die trübe Flüssigkeit abgiesst.

Weiter muss man Wasserleitung unter Druck haben, aber kein Leitungswasser, welches zu viel gelöste Stoffe enthält. In Amerika nimmt man destillirtes Wasser; ich benutze sehr reines Regenwasser, höchsten ein Paar m/L Trockensubstanz enthaltend. Das Wasser wird unter etwa $1^3/_4$—2 Atm. Ueberdruck gesetzt; weniger ist ungenügend, mehr ist bald zu viel, um ohne Gefahr für Verluste arbeiten zu können. — An der Wasserleitung schliesst ein langer dickwandiger Kautschuckschlauch an, mit einem gläsernen Mundstück, wie an einer Spritzflasche, und einer starken Federklemme dahinter. — Man arbeitet nun wie folgt:

Der Inhalt der Schüttelflaschen wird in die Zentrifugirröhren grösstenteils hinübergespült, und wenn diese voll sind, wird gedreht, wie oben angegeben; dann wird abgegossen, und der Rest nachgespült, mit einem Minimum Wasser. Nach jedem Zentrifugiren und Abgiessen rührt men den Bodensatz völlig auf mit dem kräftigen Strahl der Druckwasserleitung und füllt so allmählich die Röhren aufs Neue. Die Trennung wird fortgesetzt bis nach dem Drehen die überstehende Flüssigkeit nahezu klar ist; das ist gewöhnlich nach dem 8en bis 10en Mal der Fall. — Vollständig klar bekommt man das Wasser nur selten; denn das starke Aufspritzen, nötig um die feineren Teile zwischen den gröberen heraus zu bekommen, schlägt fast immer grössere Bodenkörner kaput; man beendigt darum besser die Trennung, sobald die Intensität der Trübung des Wassers nach dem Zentrifugiren nicht merkbar mehr abnimmt. Gegen Ende des Prozesses fängt der Bodensatz an, beim Abgiessen immer mehr um

zu fallen und zu rollen; dies kann man als Hinweis benutzen, dass man bald aufhören kann. Dann hat man

abgegossen (**A**): alle Teile *kleiner als* **5**μ, und
am Boden sitzen: „ „ *grösser als* **5**μ.

§ 6. *Trennung der gröberen Teile* (>**5**μ).

Fadejeff und seine Nachfolger scheiden eine Fraktion von 5—10μ ab, und nehmen dann zwischen 10 und 250μ alles zusammen; dieses letztere Verfahren ist sicher zu verwerfen, weil innerhalb solcher weiten Grenzen alles mögliche vorkommen kann, z. B. entweder hauptsächlich Sand, gröber als 100μ, oder Staub feiner als 20μ.

In Amerika nimmt man alle Teile von 5 bis 50μ zusammen als „silt". Früher hat man noch eine Teilung in „silt" (50—10μ) und „fine silt" (10—5μ) durchgeführt; spater diese jedoch aufgegeben. Wenn man aber zwischen 50μ und 5μ noch eine Grenze nimmt, scheint es mir besser, diese bei etwa 20μ anzunehmen als bei 10μ. Das Verhältnis $\frac{50\mu}{10\mu} = 5$ weicht zu stark ab vom dem folgenden $\frac{10\mu}{5\mu} = 2$; nimmt man nòch eine Grenze dazwischen, bei 20 oder 25μ, dann bekommt man allerdings eine gehörige, fast geometrische Reihe:

50μ—20μ—10μ—5μ oder 50μ—25μ—10μ—5μ mit den Verhältniszahlen:

$2^1/_2$— 2— 2 oder 2— $2^1/_2$— 2

aber man hat auch wieder eine Fraktion mehr!

Weil Atterberg [1]) sich aus guten Gründen für 20μ entschlossen hat, habe ich mich, der Vergleichbarkeit der Resultate wegen, diesem Forscher in der Hauptsache angeschlossen; um aber die Verhältniszahle $\frac{50\mu}{20\mu} = 2^1/_2$ und $\frac{20\mu}{5\mu} = 4$ noch etwas auszugleichen, bringe ich die von ihm benutzte Absetzzeit von $7^1/_2$ Min. auf 10 Minuten, und erniedrige die 20μ dadurch auf etwa 16—17μ.

a) Abscheidung der Fraktion **5—20**μ. — Die Teile zwischen diesen Dimensionen setzen sich aus einem Wasserzilinder von 20 c.m. Höhe in 20 bis 240 Min. ab. Bei der Absetzgeschwindigkeit von 1 c. m. pro Min. gehört eigentlich (sowohl nach den Beobachtungen und Berechnungen Anderer, wie nach eigenen mikrosko-

1) Landw. Vers. Stat. **69** (1908), S. 100 und 142.

pischen Messungen) eine mittlere Grösse der Teilchen zu ± 16μ; ich gebe diese Zahl aber abgerundet an zu 20μ.—

Arbeitsweise: Was in den Röhren am Boden sitzt, wird aufgespritzt, wie oben, bis die Flüssigkeit in der Röhre 10 c. m. hoch steht über dem zu erwartenden Sandniveau. Nach 10 Min. wird abgegossen in Griffin'sche Bechergläser von $8^1/_2$ c. m. innerem Durchm. Dann wird wieder aufgespritzt, etc., bis nach etwa 8- bis 12- maligen Abgiessen die Fraktion 5—20μ heraus ist, und die Flüssigkeit klar, oder wenigstens mit einer sich gleich bleibenden Trübung (siehe oben!). Die abgegossene Flüssigkeit (**B**) wird einstweilen zur Seite gesetzt.

b). *Abscheidung der Fraktion* **20—50**μ.—Für den Staubsand zwischen diesen Grenzen gelten die Absetzzeiten von 100 Sec.—20 Min. Gehört zu 50μ also eine Absetzgeschwindigkeit von 2 m.m. pro sec., so sind für die Röhren mit 16 c. m. Höhe der Flüssigkeit **80** Sec. nötig.—Wenn man nun alle (8) Röhren gleich lang aufspritzt, und nach der letzten, die erste sofort abgiesst, muss man die gegebene Zeit einteilen in : $(7\times11)+3$ Sec. Man stellt also das Metronom auf Secunden ein, und zählt für jede Röhre bis 11; dann 3 frei, und nun während des Abgiessens wieder jedesmal bis 11 für jede Röhre; auf diese Weise erreicht man in der Tat die gewünschte Absetzzeit [1]) von 80 Sec. für 16 c.M. Höhe.

Man giesst jedesmal ab in Glaszilinder mit genau 6 c.m. inn. Durchm. Die Flüssigkeit (**C**) kommt in etwa 10 Mal ungefähr 20 c.M. hoch zu stehen. Ist man fertig, so hat man

abgegossen	(**C**): *die Fraktion* **20—50**μ.
am Boden sitzen:	*den Sand* (>**50**μ.)

§ 7. *Aussieben des Sandes.*

Aus den Röhren wird der Sand nun in Schalen gespült, welche zuvor mit Deckplatte gewogen waren; hierzu benutze ich nach amerikanischem Vorbild flache Aluminium schalen, schon auf S. 7 erwähnt. Sie sind unzerbrechlich, leicht auf der Wage, und trocknen schneller als Glasschalen derselben Form. Dagegen sind sie nicht unzersetzlich, denn wenn die Böden alkalisch reagiren, selbst wenn sie nur $CaCO_3$ enthalten,

1) Fällt durch ein Unglück eine Röhre aus, so teile man die Zeit für 7 Röhren in $(6\times12)+8$ Sec. oder in $(6\times13)+2$ Sec.; für 6 Röhren in $(5\times15)+5$ Sec., u. s. w.

wird das Aluminium merklich angegriffen. Platin wäre gewiss noch vorzuziehen, aber nicht jeder verfügt gleich über mehr als 50 solcher Platinschalen. Nickelschalen sind vielleicht auch wohl geeignet; darüber habe ich aber keine Erfahrung.—

Nach dem Trocknen und Wägen wird gesiebt; d.h. erst werden sowohl der Sand wie die Siebe oben auf einem Trockenschrank etwas vorgewärmt. Es wird hier ein Müller'scher Siebsatz mit genau gebohrten Oefnungen benutzt, zu $2-1-{}^1/_2$ und ${}^1/_4$ m.m., für ${}^1/_{10}$ m.m. dagegen ein seidenes Sieb; man kann dieses mikroskopisch kontrolliren, aber das nimmt nicht fort, dass hier eine merkbare Fehlerquelle vorliegt.—Eine Hauptsache ist lange genug zu sieben, sonst bekommt man unsichere Zahlen; ein Nachteil des lange Siebens ist jedoch, dass durch das fortwährende Schieben und Klopfen gröbere Teile feiner werden und mit durchfallen. Darum gilt auch hier wieder: Man setze den Trennungsprozes so lange fort, bis in bestimmten Zeiten konstante geringe Mengen durchgehen, am liebsten natürlich zu vernachlässigen geringe Mengen.

Die 5 erhaltenen Sandfraktionen—(über 2 m.m. soll selbstverständlich fast nie etwas übrig bleiben)—werden in kleineren Aluminiumschälchen—(Uhrgläser zerspringen gerne)—getrocknet und gewogen. Die Summe ist meist nur wenige m.g. geringer als das Anfangsgewicht, prozentisch vielleicht 0.1% des ganzen Sandes. Die 5 Fraktionen setzt man zur Seite zur mineralogischen Analyse unter dem Mikroskop. (Siehe S. 21—22).

§ 8.— *Reinigung der Fraktionen (**5—20**μ) und (**20—50**μ).*

Die Flüssigkeit (**C**)—in welcher, ausser dem Staubsand (20—50μ), auch noch etwas feineres Material vorkommt, teilweise der ungenügenden Trennung sub *a* (Seite. 12) zuzuschreiben, teilweise aber auch dem Kaputschlagen und von selber aus einander gehen von gröberen Teilchen—wird vorsichtig aber kräftig aufgerührt, und pro c.m. Höhe des Wassers eine Minute stehen gelassen. Dann wird flott abgehebert, die jetzt genügend reine Fraktion Staubsand in Schalen gespült, getrocknet und gewogen.

Die Flüssigkeit (**B**)— mit dem groben Staub (5—20μ), sowie ebbenfalls einigem feineren Material—wird auch gerührt und stehen gelassen: 12 Min. pro c.m. Höhe, also etwa 2 Stunden für die 10 c.m. ungefähr. Dann wird (**B**) abgehebert, und die Flüssigkeit

(**C**), soeben frei gekommen, auf den Bodensatz aufgegossen; damit komt noch etwas grober Staub mit hinein, und mit abermaligem Rühren, Absitzen, und Abhebern, geht noch etwas feineres Material heraus. Beide Flüssigkeiten (**B**) und (**C**) müssen warten; die Fraktion 5—20μ wird ausgespült, getrocknet, gewogen.

Eine Warnung, Staubsand und groben Staub sehr sorgfältig auszuspülen, ist vielleicht nicht überflüssig, weil gerade diese Fraktionen hartneckig am Glase haften, und wenn Wasser schnell darüber fliesst, selber nur langsam übers Glas gleiten.

§ 9. *Trennung der feineren Teile* (<**5**μ).

Diese Trennung wird nur von wenigen Forschern ausgeführt.

Wahnschaffe [1]) fasst alles unter 10μ als „Feinstes" zusammen, offenbar, weil hier die Grenze des Erreichbaren mit dem Schöne'schen Schlämmapparat liegt.

Das Amerikanische Bureau of Soils [2]) nennt alles unter 5μ „clay", und lässt es dabei.

Hilgard [3]) erwähnt die Abscheidung des Tons durch 24-stündiges Abstehen aus 20 c.M. Höhe, giebt an dass alle Teile zu 10μ und höherem Durchmesser dabei abgesetzt sind; darin geht er gewiss sicher. Weiter benutzt er diese Grenze nicht zur Trennung in Fraktionen.

Schlösing [4]) trennt den Ton von dem „feinen Sand" durch 24-stündiges Stehenlassen, ohne Erwähnung der Höhe der Flüssigheit. Ueberhaupt befasst er sich weniger mit der Grösse der Teilchen als mit ihrer chemischen Beschaffenheit.

Am eingehendsten behandelt Williams [5]) die feineren Teile. Er giebt die votwendigkeit einer weiteren Teilung der Fraktion $< 5\mu$ an, auf Grund der Tatsache, — welche ich reichlich bestätigen kann, — dass diese Fraktion noch lange keine einheitliche ist, und ausser colloïdalem Ton manchmal vielen feinen Quarz enthält, (sowie Hydrargillit im Falle man mit Lateritböden zu tun hat).

Leider weichen seine Angaben über die Grösse der Teilchen, welche sich in bestimmten Zeiten absetzen, bedeutend ab von

1). Wahnschaffe—Wiss. Bod. Unters.—S. 21—43.
2). Bull. No. 24—p. 32—33.
3). Hilgard—Soils—(1906)—p. 89.
4). Encycl. Chim. Frémy X—Chim. Agric.—(1888)—p. 83—84.
5) Williams— Forsch. a/d Geb. d. Agr. Phys. XVIII.

den Zahlen anderer Forscher. Williams beruft sich dabei [1]) auf Untersuchungen Fadejeff's, und giebt folgendes an:

Aus einer 10 c.M. höhen Flüssigkeitsschicht setzen sich	
in 12 Stunden	alle Teilchen über $1^1/_2\mu$ ab,
„ 6 Stunden	„ „ „ 5μ, und
„ 5 Minuten	„ „ „ 10μ.

Demnach hätten die Teilchen zu 5μ eine 2 × so grosse Fallgeschwindigkeit wie die von $1^1/_2\mu$; aber die zu 10μ sollten gleich eine 72× grössere Fallgeschwindigkeit haben wie die zu 5μ ? — das ist doch sehr unwahrscheinlich.

Schöne [2]) giebt für einen Durchmesser zu etwa 10μ eine Geschwindigkeit=0,2 m.m. an; das wären für eine Höhe von 10 c. M. etwa 500 Sec.=gut 8 Min.

Atterberg [3]) kommt zu ähnlichem, aber nicht gleichem Resultat:

Bei einer Absetzzeit von	ist der Durchm. der noch nicht abgesetzten Teile
30 Minuten	$< 10\mu$.
$7^1/_2$ „	$< 20\mu$.

Teilchen von 10μ haben also nach Atterberg etwa 30 Minuten nötig; nach Schöne nahezu $8^1/_2$ Min., und nach Fadejeff-Williams blos 5 Minuten. — Man kann auch sagen, dass sich in 5 Minuten aus 10 c.m. Flüssigkeitshöhe nach Fadejeff absetzen: alle Teile über 10μ, nach Schöne alle Teile über 15μ, und nach Atterberg alle Teile über 25μ. Das sind beträchtliche Unterschiede! — Meine eignen Erfahrungen schliessen sich hauptsächlich denen Atterbergs an wie folgende Uebersicht lehrt:

1) l. c. S. 74 des Sep. Abdr.
2) Schöne — Ueber Schlämmanal. etc. — Berl. 1867 — S. 24.
3) Atterberg — Landw. Vers. Stat. **69**, S. 100.

Es ist der Maximum—Durchmesser der aus einer Flüssigkeitssäule von 20 c.m. gerade noch nicht abgesetzten Teile, nach den Angaben von

bei einer Absetzzeit von:	Schöne—Wahnschaffe.	Hilgard.	Fadejeff Williams.	Atterberg.	Mohr.
	μ	μ	μ	μ	μ
1 Woche	—	—	—	—	$^1/_2$
2 Tagen	—	—	$1^1/_2$ (W.)	—	—
24 Stunden	—	10	$1^1/_2$ (F.)	—	2
16 „	—	—	—	2	—
12 „	—	—	5	—	—
4 „	—	—	—	5	5
2 „	—	—	—	6	—
1 „	—	—	—	10	10
20 Minuten	—	—	—	—	17
15 „	11	—	—	20	—
$13^1/_2$ „ = 800 Sec.	—	16	—	—	—
10 „ = 600 „	—	—	10	—	—
$8^1/_2$ „ = 500 „	16	—	—	—	—
400 „	—	25	—	—	—
232 „	—	—	—	50	—
200 „	30	36	—	—	—
110 „	—	—	—	60	—
100 „	50	47	—	—	50

Angesichts dieser Zahlen wird man begreifen, dass ich meine eignen Messungen aufrecht zu erhalten geneigt bin, weitere Kontrole aber nicht überflüssing finde, zumal in den feineren Fraktionen.

Kehren wir nun zu meiner Arbeitsweise zurück:

a) Abscheidung der Fraktion (**2—5**μ). — Die oben erhaltene Flüssigkeit (**A**) wird, sobald das Zentrifugiren abgelaufen ist, gut durchgerührt und nun für 20 c.m. Höhe 24 Stunden absitzen gelassen. Dann wird abgehebert, und der Bodensatz, welcher ausser der genannten Fraktion (2—5μ) auch noch feineres Material enthält, mit den beiden Flüssigkeiten (**B**) und (**C**), welche zur Seite gesetzt waren, aufgerührt und gut gemischt. (**B**) und (**C**) sind gleich gross, aber je die Hälfte von (**A**); zusammen kommen sie also im $8^1/_2$ c.m. Zilinder wieder 20 c.m. hoch zu stehen.

Nach nochmaligem, 24 Stunden langen Abstehen, hat sich der „Tagesschlamm," die Fraktion (2—5μ), genügend rein zu Boden gesetzt, und die überstehende Flüssigkeit wird zu der ersten, —

(**A**),— in einen 12 c.m. weiten Zilinder abgehebert. Da dieser Zilinder wieder den doppelten flachen Durchschnitt des vorigen ($8^1/_2$ c. m.) hat, so ist es klar, dass nun **A**+**B**+**C** zusammen wieder $\pm$ 20 c.m. hoch kommen. Der „Tagesschlamm" wird wie üblich in Schalen gespült, getrocknet und gewogen.

a) Abscheiding der Fraktion ($^1/_2$—**2**μ).— Wenn die grossen Zilinder eine Woche an einem ruhigen, lichtgeschützten Ort, ohne beachtenswerte Temperaturunterschiede, gestanden haben, sind in der Flüssigkeit über dem Bodensatz nur noch spurenweise Teilchen $> {}^1/_2\mu$ nachzuweisen. Wohl sieht man unter dem Mikroskop (mit Imm. und bei einer Vergr.=1200×), dass die Flüssigkeit nicht homogen ist; aber Teilchen mit deutlichen Konturen sind schwer zu unterscheiden, und wie gesagt, nur selten $> {}^1/_2\mu$.

Nach genau einer Woche (für 20 c.M. Höhe) wird also mit grosser Sorgfalt abgehebert; der Bodensatz wird ohne weiteres in eine Schale gespült, getrocknet, und gewogen.—Diese Fraktion enthält nun allerdings noch Feineres als ($^1/_2-2\mu$), aber zu weiterem Reinigen habe ich mich nicht entschliessen können, weil sonst die Analyse wieder eine (oder mehrere!) Woche(n) länger dauern müsste, und das ist nicht allein unpraktisch, weil man so viel mehr Raum und Utensilien nötig hat, sondern auch weil sich Algen in dem Wasser ansiedeln, u. s. w. Ausserdem ist der gemachte Fehler nicht so gross.

Es fallen, wenn viel Feinstes vorhanden ist,—d.h. mehr als 4 gr. auf $2^1/_2$ Ltr., oder >2 g/L—, gewiss Teile $< {}^1/_2\mu$ mit nieder; dem steht aber gegenüber, dass je schlammreicher das überstehende Wasser ist, desto eher bleiben darin Teile $> {}^1/_2\mu$ hängen, und kommen nicht zum Absatz. Diese beiden Fehler fallen also in entgegengesetzte Richtung, und werden sich daher zum grossen Teil ausgleichen.

Will man aber behaupten, dass diese letzte Grenze von mir nicht so scharf gezogen wird, wie es möglich wäre—gut. Ich glaube, wo die ganze Methode ja doch eine konventionelle bleibt, und es sich doch nur um eine ziemlich in der Luft schwebende Grenze von $^1/_2\mu$ handelt, nicht genötigt zu sein den „Wochenschlamm" noch ein- oder sogar mehrere Male auszuwaschen. Wer weiter gehen will als ich, möge dies tun, wenn unter Angabe seiner Arbeitsweise!

§ 10. — *Der Schwebeschlamm* ($< 1/2\ \mu$).

Den Teil des Bodens, welcher aus 20 c.m. Wasser in einer Woche sich noch nicht abgesetzt hat, habe ich „Schwebeschlamm" genannt, weil er zum grossen Teil aus sich gar nicht weiter absetzenden kolloïdale Stoffen, in erster Linie aus kolloïdalem Ton besteht.

An anderer Stelle werde ich näher auf die chemische Beschaffenheit dieses Schwebeschlammes eingehen; hier habe ich mich blos mit dem Gesammtgewicht zu befassen.

Abdampfen des Schlammwassers, wie in Amerika gebräuchlich, liefert den Schwebeschlamm, plus die gelösten Stoffe, welche aus jenem, aber ebenso gut aus den andern Fraktionen herkünftig sein können.

Niederschlagen des „Tons" mit gelösten Salzen, wie Schlösing (mit KCl), Williams (mit $Ca\ Cl_2$), u. A. es machen, verunreinigt den Schwebeschlamm ohne Zweifel mit jenen Salzen, und macht es jedenfalls unmöglich, den erhaltenen trocknen Schlamm näher chemisch zu untersuchen.

Um diesen Komplikationen zu entgehen, wird im hiesigen Laboratorium der Schlammsuspension mittelst poröser Kerzen die Hauptmasse Wasser, inclusive gelöster Stoffe, entzogen, und zwar in folgender Weise.

In die Zilinder mit der (öfters dick-) trüben Flüssigkeit setzt man Filterkerzen [1]) und saugt (mit der Luftpumpe) aus den Kerzen die klare Lösung heraus. Ist nur wenig Schlamm in der Suspension, so läuft alles flott von statten, und in etlichen Minuten sind die $2^1/_4$ Ltr. auf wenige c.c. zurückgebracht. Ist dagegen viel Schlamm vorhanden, so setzt sich auf die Kerze eine schleimige, schliessende Haut ab, und die Filtrirgeschwindigkeit geht auf ein Minimum herunter. Wenn man jetzt die Verbindung der Kerze mit der Pumpe löst, und kurz aber kräftig in die Kerze hinein bläst, so strömt das Wasser einen Augenblick in entgegengesetzter Richtung durch die Kerzenwand, die Haut lässt los, und gleitet als schlaffe Hülle von der Kerze herab, sofort auf den Boden des Gefässes; die Kerze ist wieder hinlänglich rein und man kann von neuem beginnen zu saugen. Gegen Ende des Prozesses bringt man alles über in einen engen Zilinder, bis

1) Berckefeldt-Kerzen sind angenehmer als Pasteur-Kerzen, weil sie genügend klar, aber viel schneller filtriren.

schliesslich nahezu alles Wasser abgesogen ist. Dann wird mit wenig destill. Wasser (alles in allem vielleicht 40 c.c. höchstens!) der Zilinder und die Kerze gereinigt und der Niederschlag in einer Schale trockengedampft und wie üblich gewogen.

Manchmal, — zumal wenn man etwas grobe Kerzen benutzt —, ist das Filtrat noch nicht vollkommen klar; sodann wird etwas verdünnte Schwefelsäure zugefugt, welche das noch vorhandene Ammoniak neutralisirt, die Kolloïde aber ferner in einen, manchmal kaum wahrnehmbaren, flockigen Zustand bringt, so, dass die Flüssigkeit den nächsten Tag nochmals, und zwar ganz klar, filtrirt werden kann, oder sogar die schon klare Lösung von einigen wenigen Flöckchen, die am Boden sitzen, abgehebert werden kann. Der Bodensatz lässt sich nun in einem Reagenzglas auf Fuss durch Auswaschen von seiner Spur Schwefelsäure gründlich befreien, was mit Kalk-, Kali- oder Ammon-salzen weniger schnell gelingen würde. Sobald der Schlamm wieder zu schweben anfängt, ist er genügend rein, und wird nun getrocknet und gewogen.

§ 11. *Gelöste Stoffe.*

Wenn nicht schon an der Farbe des Filtrates aus den Filterkerzen sichtbar, so lässt sich die Anwesenheit gelöster Substanzen, speciell Salze, meist vermuten, wenn die Summe der gefundenen Fraktionen bedeutend von 100% abweicht. Innerhalb $^1/_2$% zu hoch oder zu niedrig, darf man die Analyse gut finden, bis zu 1% noch passabel. Fehlt mehr, so wird man, wenn keine handgreiflichen Fehler vorliegen, Gelöstes erwarten dürfen.

Um die gelösten Stoffe zu bestimmen, wird einfach ein aliquoter Teil des Filtrates in einer Platinschale abgedampft und gewogen. Darauf untersucht man den Rückstand chemisch.

Humusstoffe färben das Filtrat braun; mit ein wenig Säure schlägt man die Humussäuren in dunkelbraunen Flocken nieder, welche man nun für sich bestimmen kann; nur selten wird jedoch so die Lösung entfärbt. Sicherer geht man daher, wenn man erst einen Teil der ursprünglichen Lösung abdampft, und dann in einem andern die Humussäuren niederschlägt, und so bestimmt.

Vorhandener Gips verrät sich durch Ausflocken des Schwebeschlamms. In solchen Fällen ist man genötigt, den Gips erst herauszulösen, und nachher die mechanische Analyse zu machen.

Dazu werden die abgewogenen Bodenproben erst in grossen

Flaschen (10 gr. Boden je nachdem mit $^1/_2$—2 Ltr. Wasser) im Schüttelapparat ein Paar Stunden behandelt. Dann lässt man bis zum nächsten Tag absitzen; das nahezu klare Wasser (die Gips- oder Salzlözung) wird abgehebert, und der Bodensatz kann weiter wie üblich behandelt werden, denn die Konzentration des jetzt noch vorhandenen Gipses ist zur abermalige Flockung ungenügend.

Vom abgeheberten Wasser wird ein aliquoter Teil zur Bestimmung des Gelösten abpipettirt, und eventuell mitgegangenes Ungelöstes filtrirt und zu dem Boden selber hinzugefügt.

§ 12. *Nähere Untersuchung der Fraktionen.*

Bis hieher ist die mechanische Analyse in engerem Sinne abgelaufen; es wäre aber schade, es dabei bewenden zu lassen, denn in den zehn—im Falle Kies u.s.w. gefunden wurde, sogar mehr—erhaltenen Fraktionen hat man ein Material zu weiteren physischen,- chemischen- und petrographischen Untersuchungen, wie man es auf andere Weise schwerlich aus dem Boden heraus bekäme.

a). *Physische Untersuchung*. Die Beobachtung der *Farbe* der Fraktionen giebt vielfach Anweisungen, in wiefern der Boden verschiedene Konstituenten enthält, und in welchen Korngrössen diese hauptsächlich vorkommen. Teilt sich ein roter Lateritboden z. B. in schwarzen Sand, schmutzig weissen Staub, und roten Schwebeschlamm, so sieht man sofort das Magneteisenerz, und den Hydrargillit als Konstituenten der roten Masse. Mit einiger Erfahrung kommt man schon zu einer annähernden quantitativen Schätzung.

Ferner ist von Interesse, die Art und Weise wie die Teilchen der Fraktionen unter einander *Zusammenhang* zeigen, ob sie als Pulver aus einander fallen, oder Splitter, Körner oder sogar eine feste Haut in der Schale bilden; daraus lässt sich dies und jenes schliessen, die physischen Eigenschaften des Bodens auf dem Felde (z. B. Durchlässigkeit) betreffend.

Hygroskopizitätsbestimmungen in den Fraktionen können eventuell, z. B. beim Studium eines neuen Bodentyps, wertvolle Anhaltspunkte geben.

b Chemische Untersuchung. Die chemische Analyse, welche an die mechanische anschliesst, muss in mancher Hinsicht einfachere und klarere Resultate geben, als diejenige des ganzen Bodens. Es ist dieser doch eine komplizirte Mischung von zahlreichen

Bestandteilen, und es leidet keinen Zweifel, dass selbst die vollkommenste fraktionirte Extraktion dieser Mischung niemals *die* Einsicht und Aufklärung geben kann, welche man erwarten darf von einer gleichen Behandlung der einzelnen Bestandteile, in welche man sich den Boden auseinandergelegt denken kann. Nun zeigt die Erfahrung der mechanischen Analyse [1]), dass man sich diesem Ideal manchmal sehr zufriedenstellend nähert, so, dass ein Bestandteil z. B. ausschliesslich in den Sandfraktionen vorkommt, und ein anderer so gut wie vollständig im Schwebeton, u.s.w. Öfters stösst man sogar auf Fraktionen, zumal unter den feineren Sanden und dem Staubsand, welche nahezu rein aus einem oder zwei Mineraliën bestehen. Es mus jedem einleuchten, dass man mit solchen Fraktionen des Bodens in der Hand manche chemische Frage lösen kann, in einer Weise, wozu der ursprüngliche Boden ungeeignet ist. — Mehr will ich an dieser Stelle hierüber nicht sagen: ich gedenke in einer anderen Arbeit ausführlicher darauf zurück zu kommen.

c) Die *mineralogische- und petrographische Untersuchung* ist, obgleich immer noch wenig gebräuchlich doch ein der fruchtbarsten Teile der vollständigen Bodenalyse. Besonders die Sandfraktionen geben gute Aufklärung; an den Teilchen unter 20μ sieht man aber nicht viel, an denen unter 5μ fast gar nichts mehr.

Mit Hilfe eines Polarisationsmikroskops (und für die Teile über $^1/_2$ m. m., einer guten Lupe) werden die Mineralien- und Gesteinsfragmente so gut wie möglich bestimmt, und ihr relatives Verhältnis geschätzt. Dann ist es meistens auch wohl möglich, aus zu machen, was die Herkunft, das ursprüngliche Gestein, der gefundenen Mineralien ist. kann man sich daraus die Vorgeschichte des betreffenden Bodens rekonstruiren, so kann man auch wohl dies und jenes über seine Zukunft voraussagen. Dies mag für Mittel- und Nord-Europa von verhältnismässig geringer Bedeutung sein, für die Tropen ist es äusserst wichtig. (Vergl. S. 2).

Wenn man von den Fraktionen (zwischen 500 und 50μ an erster Stelle) ein wenig auf einem Objektglas in Wasser bettet, kan man die vollkommen reingewaschenen Mineralkörner ohne Mühe bei einer Vergrösserung von 40 bis 80 $\times$ bestimmen [2]). Ich

1) Besonders Fesca (Journ. f. Landw. 1879) hat auf diesen Punkt Nachdruck gelegt.

2) Man benutze hierbei: Steinriede — Mineralogische Bodenanalyse. — Leipzig 1889; — und Schroeder van der Kolk — Tab. z. mikr. Best. d. Min. nach ihr. Brech. index. — Wiesbaden. 1900.

empfehle hiermit jedoch um anstatt Wasser lieber *Nitrobenzol* zu benutzen; weil dessen Brechungsexponent gerade zwischen denen für Quarz und kalkreichem Feldspath liegt, und die Dispersion in dieser Flüssigkeit so gross ist. Somit klärt sich ein Gesichtsfeld mit viel Quarz in Nitrobenzol stark auf, der Quarz verschwindet fast bis auf eine schwache rote Umränderung und man sieht die andern Mineralien, wenn nur gering an der Zahl, stark hervortreten. Nicht allein Zirkon und Turmalin, hierzulande die ständigen Begleiter des Quarzes, sondern auch vereinzelte Körner Plagioklas, weil diese in Nitrobenzol blaugerandet sind. Gerade in agrogeologischer- und agronomischer Hinsicht ist die Unterscheidung von Quarz und Plagioklas so wichtig, weil der Plagioklas der hiesigen Andesite und Basalte etwa 1 Kali auf 4 Natron enthält, also eine bedeutende Kaliquelle ist für die Vegetation.

Nach Befund der Sandanalyse geht man eventuell weiter und betrachtet die beiden Fraktionen zwischen 50μ und 5μ; bei letzteren kleineren Teilchen werden aber gewöhnlich die Polarisationsfarben so schwach, dass man nur noch auf einzelne bestimmte Fragen eine positive Antwort erhält, z.B. wie weit noch Kalkspath vorkommt; findet man mit Salzsäure näml. wenig Kohlensäure, so ist es wünschenswert, zu wissen, ob der Kalk fein verteilt in der ganzen Masse vorkommt, oder in einzelnen gröberen Körnern.

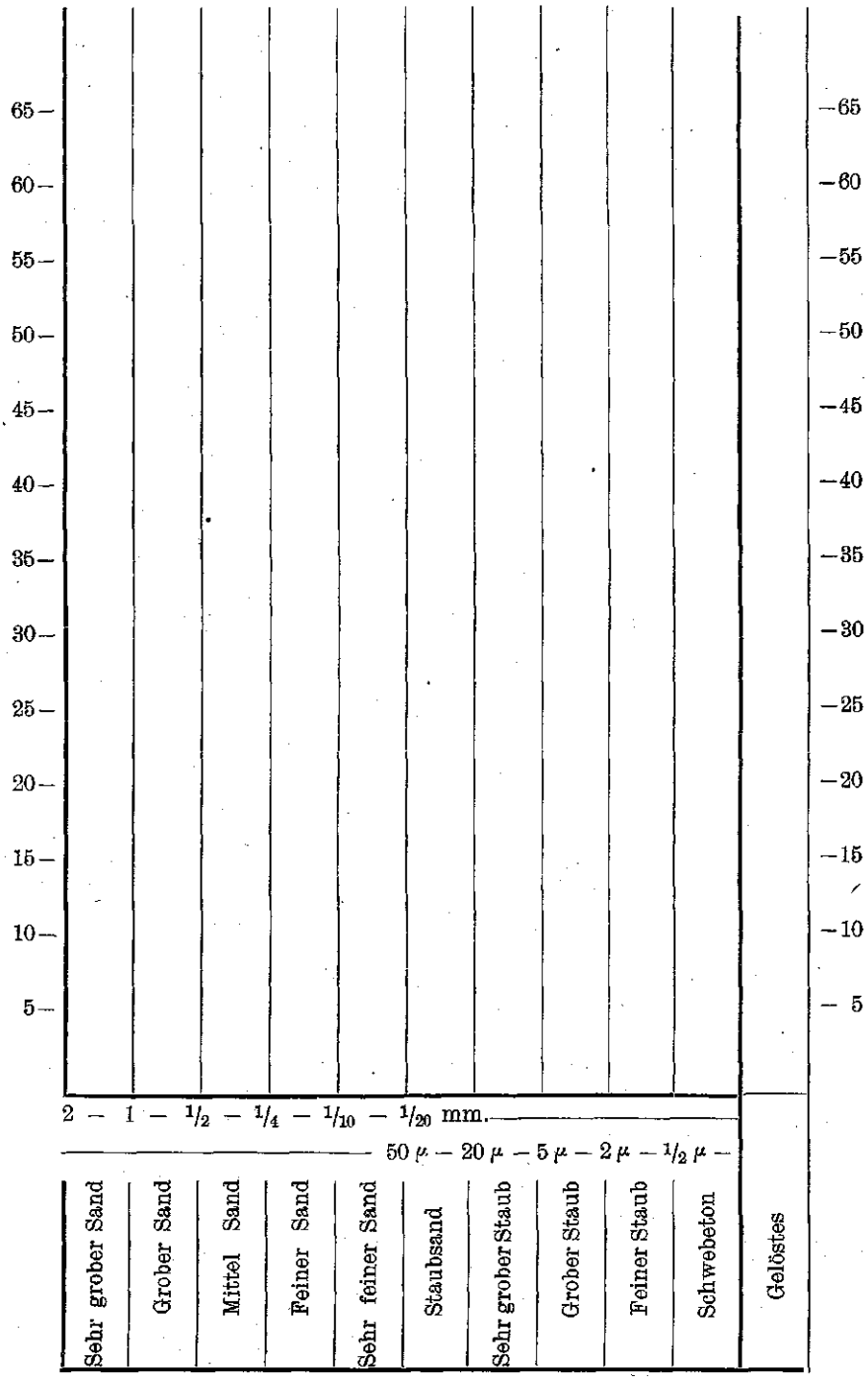
§ 13. *Festlegung der Resultate.*

Alle Wägungen, sowie die Notizen über physische Eigenschaften und mineralogische Zusammensetzung, werden eingeschrieben auf lose Bögen, welche wie Kartenkataloge zusammengefügt werden.

Es haben diese Bögen besonders als Archiv, und als Zeitersparnis beim Analysiren, ihren Wert; aber übersichtlich sind sie darum noch nicht. Um dem Bedürfnis an Uebersichtlichkeit entgegenzukommen, ist das angewiesene Mittel natürlich die *graphische Vorstelling*.

Getroffen durch die demonstrative Kraft einer Reihe von 10 Praeparatgläsern, alle von gleichem Durchmesser, und die 10 gefundenen Fraktionen enthaltend [1]), zeichnete ich nebenstehende Figur:

1). Vergleiche: U. St. Dept. Agr.—Div. Soils—Bull. No. 5. (Tafel 2—34).



Fortlaufende Nr.: ..... Datum der Analyse: .....

Näheres : .....

.....

Sehr brauchbare Masse sind: Spaltbreite: 9 m.m. — Skalenwert: 1% = 2 m.m. Auf diesen Bögen giebt man die Prozentzahlen [1]) an durch kräftige horizontale Linien in den korrespondirenden Spalten, und strichelt den Raum unter diesen Linien. Dass man auf diese Weise praktisch blos eine Analyse auf einen Bogen zeichnen kann, ist klar; allein auf folgende Weise lassen sich zwei Analysen in einer Figur vereinigen, ohne der Uebersichtlichkeit zu schaden.

S. 9 wurde erwähnt, dass vielfach neben der Analyse, zu welcher der Boden so viel wie nur möglich in die Einzelkornstruktur übergeführt wird, eine weitere Analyse gemacht wird, zu welcher so viel wie nur möglich, die Krümelstruktur erhalten wird; dieses zur Einsicht in den physischen Zustand eines Bodens. Zeich net man nun die eine Art Analysen in Rot, die andere in Blau ein, so kann man schön vergleichen. Aber man ist auf einen Boden beschränkt.

§ 14. Zum *Vergleich einer grösseren Anzahl Böden*, kann man — abgesehen von wenig ansprechenden Zahlentabellen — obige graphische Vorstellungen neben einander legen. In der Tat ist dieser Weg für bestimmte Zwecke der fruchtbarste, wie ich in einem zu dieser Arbeit gehörigen zweiten Teil zu zeigen hoffe. Manchmal bedarf man jedoch einer einfacheren Vorstellung, zumal wenn es gilt, eine grössere Reihe Proben aus einer selben Gegend, also von ungefähr gleichartigem Karakter miteinander zu vergleichen.

Um dazu nebenstehende Dreieckvorstellung (Marke: C. S. & S. No. 315¼: 4°) benutzen zu können, ist man dann aber genötigt die gefundenen 10 Fraktionen zu blos 3 zusammenzuziehen. Auf welche Weise dieses zu geschehen hat, hängt davon ab, in welchen Fraktionen der zu vergleichenden Proben die grössten Unterschiede vorkommen, wie man also am meisten „Zeichnung" herausbekommt. In vielen Fällen hier auf Java bekommt man das beste Resultat, wenn man die 5 Sandfraktionen zusammenzieht zu „Sand" ($> 50\ \mu$), die beiden folgenden ($50-5\mu$) zu „Staub" und die 3 feinsten ($< 5\ \mu$) zu „Ton," oder besser „Feinstes"[2]. Die so erhaltene, vereinfachte Zusammensetzung des Bodens lässt sich im Dreieck sofort durch einen einzigen Punkt angeben; es können also in einer einzigen Figur eine unbestimmte Anzahl Böden Platz finden, wie nebenstehendes Dreieck zeigt:

1). Um Irrtümern vorzubeugen, sei darauf aufmerksam gemacht, dass diese Figuren Gewichtsprozente angeben, die amerikanischen Photographien dagegen die Volumina der Fraktionen.

2). Ueber diese Benennungen, siehe ferner S. 27—29.

Ich habe hier absichtlich eine Auswahl verschiedener Böden zusammengestellt, um zu zeigen, dass die Figur nur weinig „toten Raum hat, hanptsächlich in der oberen Spitze [1]).

Einteilung. Klassifikation.

§ 15. Es wäre jetzt nur noch ein weiterer Schritt nötig, um theoretisch auf sehr einfache Weise zu einer Einteilung der Böden in Gruppen zu kommen, näml. durch Einteilung des Dreiecks in Felder; man bekäme dann, innerhalb gewisser Grenzen, in jede Gruppe die Böden, welche in grossen Zügen übereinstimmende Korngrössen haben.

Andere teilen die von ihnen untersuchten Böden ebenfalls in Gruppen noch der Korngrösse ein, geben sich aber meist mit einer subjectiven Einschätzung zufrieden [2]). Das Bureau of Soils zu Washington giebt jedoch eine zahlenmässige Einteilung in der Form einer Tabelle [3]) mit verschiedenen Gruppen. Diese Einteilung ist eine rein praktische; sie schliesst sich an die landwirtschaftliche Erfahrung und Benennung der Böden an, ja sie ist einzig und allein darauf begründet. So kommen wir gleich zur Frage: *Was soll Kriterium sein für eine Gruppeneinteilung?* — Muss das obige Dreieck nach voraufgesetzter Regel, ich möchte fast sagen mathematisch, in Felder geteilt werden? — oder soll man die Böden durch die *Erfahrung* in Gruppen einteilen lassen, und nachher zusehen, wie diese Gruppen im Dreieck zurechtkommen? —

Ich habe die letztere Methode in Anwendung gebracht auf die sog. „Soil types" der Ver. Staten; d.h. ich habe sie in das Dreieck eingezeichnet mit ihrem Typennamen dabei; und mit welchem Resultat? — Dass derselbe Typenname, z.B. „loam" auf se weit von einander entfernten Punkten vorkommt, dass das Gesammtfeld „loam" das ganze Mittelfeld des Dreiecks und noch mehr beschlagen würde. Nun bekommt man für „clay" aber fast dasselbe Resultat, soweit es das Mittelfeld angeht, und ebenfalls für „sandy loam"! Kurz — wenn man die Felder für die verschiedenen landwirtschaftlichen Bodenbezeichnungen in ein einziges

1). Diese Spitze mag vielleicht für die feuchten Tropen offen bleiben, für andere Länder nicht; es fallen näml. viele Lössböden hinein, wie z.B. verschiedene Böden aus der Mississippi-Ebene.

2). z.B. die Preuss. Geol. Landesanstalt.

3). Instructions to Field Parties; 1904, p. 20. — Scheme of soil classification based upon the mechanical composition of soils.

Dreieck zusammenbringt, so fallen sie *nicht neben* einander, sondern grösstenteils *über einander*. Dann ist aber auch an eine Einteilung des Dreiecks auf solcher Basis nicht mehr zu denken, denn ein selber Punkt kann sowohl das eine wie das andere sein; so fand ich z. B. in sehr kurzer Entfernung von einander, — innerhalb 5% Unterschied, — gravelly loam, fine sand, loam, fine sandy loam, clay. Ausserdem wird drüben gar nicht an der eignen Einteilung festgehalten, denn mancher Boden welcher nach der Tabelle einen gewissen Namen hätte erhalten müssen, wird in der Typenbeschreibung unter ganz anderem Namen aufgeführt!

Aus diesem und jenem folgt zur Genüge, dass eine allgemeingültige, auf die praktische Erfahrung gestützte Einteilung des obigen Dreiecks nicht durchführbar ist, m. a. W. dass im Allgemeinen die praktischen Bezeichnungen der Böden, wiewohl scheinbar der Körngrösse folgend, doch in Wirklichkeit mit den Resultaten der mechanischen Analyse nicht *so* sehr parallel laufen, dass man umgekehrt aus den Resultaten dieser Analyse ableiten könnte, wie ein Boden durch die Praxis benannt werden, wie er sich also in der Praxis verhalten würde. Wie wäre es, wenn man einen Boden auf Grund der Analyse feinen Sand nennen würde, und es wäre eigentlich Ton? oder umgekehrt? —

Nun darf man aber das Kind nicht mit dem Bade ausschütten, und die ganze mechanische Analyse als Einteilungsprinzip verwerfen, weil man den Fehler gemacht hat, zu viel zu generalisiren! Und dieser Fehler wird sehr allgemein gemacht; z. B. von mir selber oben bei der Betrachtung der amerikanischen „soiltypes". Dabei wurden ja auch *alle* Böden in *ein* Dreieck zusammengestellt, und *das* ist eben der Fehler. Man muss aber bedenken, dass bei den Böden, ebenso, wie bei allen andern Gegenständen der Natur, bestimmte Familien vorkommen, welche sich nach Ursprung (Gesteinsmaterial), Entwicklungsweise (Verwitterungsart), und Alter (Verwitterungsstadium) von einander unterscheiden. So lange man nun bleibt innerhalb einer einzigen Familie von Böden („series" in Amerika genannt), Kann man mit Erfolg die mechanische Analyse als Mittel zur näheren Einteilung beibehalten.

Aber — wenn es blos ankommt auf ein Einteilen nach der Korngrösse, innerhalb einer Familie von Böden, die man schon in grossen Zügen kennt, dann kann man dieses Ziel mit weit weniger Arbeit, und zu bestimmten praktischen Zwecken öfters

sogar viel besser, erreichen durch eine andere Analyse, näml. durch die Bestimmung der Hygroskopizität nach Mitscherlich.

Leider liegen darüber immer noch ungenügend Erfahrungen vor. Wenn z. B. das Bureau of Soils in Washington sich entschliessen könnte, von allen seinen aus tausenden ausgewählten typischen Böden die Hygroskopizität zu bestimmen, und diese zusammen mit der mechanischen Analyse und dem im Felde dem Boden gegebenen Namen zu veroeffentlichen, so hätte man ein schönes Vergleichsmaterial. Andern Ländern wäre dasselbe Verfahren zu empfehlen; hier wird schon in dieser Richtung bescheiden Material gesammelt.

Wo aber Mitscherlich bei der Verteidigung seiner, an sich gewiss wertvollen Analysenmethoden, ausruft: Fort mit dem Schlämmen! da geht er entschieden zu weit. Denn niemals wird die Bestimmung der Hygroskopizität das geben können, was die gute mechanische Analyse giebt, näml, brauchbares Material zu fruchtbaren weiteren Untersuchungen; (Siehe § 12, S. 20—22). Ausserdem lernt man einen Boden, durch die Form der Kurve, welche man in der Figur auf S 23 abliest, natürlich besser kennen, als durch eine einzige Zahl.—

§ 16. *Namen der Fraktionen.*

Solange also die mechanische Analyse noch ihren besonderen Wert hat, ist es auch noch wünschenswert die einzelnen Fraktionen durch gewisse Namen von einander zu unterscheiden.

Für die Fraktionen über 50μ behalte ich die gebräuchlichen Namen: Sand, und über 2 m.m. Kies, Grus, Steine bei. Der Sand wird durch Sieben in sehr groben-, groben-, mittel-, feinen- und sehr feinen Sand getrennt. Im Dreieck heisst die eine Ecke einfach Sand.

In Amerika nemt man alles zwischen 50μ und 5μ „silt"; und alles feinere „clay"; Wahnschaffe nennt seine beiden letzten Fraktionen „Staub" (50μ—10μ) und „Feinstes" ($<$10μ); aus letzterem Ausdruck spricht schon das Bestreben, das Wort Ton zu vermeiden, weil dies auch als chemischer Begriff gefasst wird, und daher Missverständnisse herbeiführen kann. Wo ich nun aber dieses „Feinste" ($<$5μ) wieder in 3 Fraktionen geteilt habe, da müsste dieser Name wieder verschoben werden auf die letzte Fraktion, denn es kann doch nur eine Fraktion

die feinste sein. „Feinstes" ist also zu relativ; ausserdem ein Wort, für internationalen Gebrauch ebenso ungeeignet, wie z. B. „tonhaltige Teile". Es ist also ein neues Wort nötig für den rein mechanischen Begriff: unfühlbare Teilchen, kleiner als 5μ. Am liebsten ein kurzes Wort, geeignet zu Zusammenstellungen, geeignet zu internationalem Gebrauch, noch nicht zu anderen wissenschaftlichen Zwecken verwendet, und doch leicht assimilirbar für den aufgestellten Begriff. Gerne geneigt, meinen Vorschlag für besseres fallen zu lassen, schlage ich das lateinische Wort „*lutum*" vor. Allerdings stellt jeder Klassiker sich dabei etwas nasses vor; aber wird nicht in der mechanischen Analyse das Lutum mittelst Wasser ausgewasschen? Und denkt man bei auswaschen, ausspülen nicht an λυω?— Weiter lässt sich leicht von lutösem oder lutosem Boden reden, von lutösem Sand z. B. zur Unterscheidung von staubigem Sand; und in dieser Form kann das Wort ohne Schwierigkeiten in andere Sprachen übergehen. Damit wäre man dann die Zweideutigkeit des „Tones" los, und kommt dieses viel misbrauchte Wort vielleicht noch zu einem mehr eindeutigen Begriffe.

Wie gesagt, teile ich das Lutum in 3 Fraktionen, für welche ich nun die nachfolgenden Namen vorschlage:

Lutum (< 5μ)	5 — 2 μ	*grobes Lutum*;	(Tagschlamm); — — — — — — — —
	2 — $^1/_2$ μ	*feines Lutum*;	(Wochenschlamm); — — — — —
	< $^1/_2$ μ	*Schwebelutum*;	(Schwebeschlamm); Schwebeton.

Zuerst ein Paar Worte über die letzte Fraktion. Geformte Elemente kann das Mikroskop darin nicht mehr nachweisen: das Wort „Feinstes" wäre hier also, wo keine Dimensionen mehr zu beobachten sind, und von grob und fein keine Rede mehr sein kann, verkehrt angebracht; damit verfällt es. Woraus besteht nun aber diese letzte Fraktion?— Wohl grösstenteils aus Kolloïden speciell aus kolloidalem Ton. Wenn man also für „Schwebelutum" „Schwebeton" sagt, so ist der Fehler im Allgemeinen gewiss gering. Nun darf man aber für „Schwebeton" nicht „Ton-Suspension" setzen, denn ersteren kann man z.B. trocknen, die letztere ist aber das Ganze, das Wasser sammt dem darin suspendirten Ton.

Ist demnach für Schwebelutum auch das Wort „Schwebeton"

zulässig, für die beiden andern Fraktionen geht ähnliches nicht; das grobe Lutum mag vielleicht noch etwas, das feine schon mehr, tonhaltig sein, grösstenteils werden sie in den meisten Fällen wohl noch aus feinstem Mineralstaub bestehen; dann ist das Wort Ton also fern zu halten!

Für diejenigen, welche jedem neuen Ausdruck abhold sind, gebe ich schliesslich nach folgendes Schema mit althergebrachten Namen:

2 — 1 m.m.	sehr grober Sand
1 — 1/2 „	grober Sand
1/2 — 1/4(1/5) „	Mittelsand
1/4(1/5) — 1/10 „	feiner Sand
1/10 — 1/20 „	sehr feiner Sand
50 — 20(16) μ	Staubsand
20(16) — 5 μ	sehr grober Staub
5 — 2 μ	grober Staub
2 — 1/2 μ	feiner Staub
< 1/2 μ	(Schwebe-)Ton.

Diese Namen sind es, welche auch in der auf S. 23. angegebenen graphischen Vorstellung benutzt wurden. — Ich habe absichtlich darin dem sehr groben Staub diesen Namen gegeben, und ihn nicht mit den Namen „feiner Staubsand" der vorigen Fraktion, welche dann „grober Staubsand" heissen könnte, angeriehen, weil die Fraktion 5 — 20(16) μ mir im Allgemeinen mehr Uebereinkunft mit den feineren Fraktionen zeigte als mit der gröberen. Atterberg [1]) sieht ebenfalls bei etwa 20 μ eine wichtige Grenze; seine Grenze bei 2μ scheint mir aber weniger bedeutungsvoll; erstens kann man die Brown'sche Bewegung auch noch beobachten an Teilchen bis zu 5μ gross, und dann scheint mir die Grenze 1/2μ aus chemischen

1). l. c. S. 137.

und mineralogischen Gründen wertvoller. Somit ist in meinem Schema bei 2μ auch im Namen keine scharfe Grenze zu sehen.

§ 17.— *Benennungen der Böden.*

Die Nomenklatur der bei der mechanischen Analyse erhaltenen Fraktionen wäre hiermit als erledigt zu betrachten. Jetzt kommen die Böden selber nochmals an die Reihe. Voraussetzung muss dabei sein, dass alle Nomenklatur nach der Korngrösse *nur* innerhalb der Familien stattfinde, dass also *die Einteilungen der Böden in Familien, auf Grund ihres Ursprungs und ihrer Bildungsweise, allen andern Einteilungen voraufgehen muss.* Darüber wurde S. 26 schon das Nötigste gesagt. *Wie* soll man nun aber innerhalb der Familiën die Böden weiter von einander unterscheiden und benennen?

Die Böden von einander zu unterscheiden, hält nicht schwer mehr; man kann dazu die mechanische Analyse in Anspruch nehmen, oder auch die Hygroskopizität als Kriterium benutzen; aber die Benennungen — soll man die von den Resultaten obiger Analysen abhängen lassen oder nicht? — Siehe da eine wichtige Frage welche ich verneinen möchte, wenigstens in ihrer Allgegemeinheit.

Da haben wir z. B. den Namen Lehm. Fesca [1]) nennt einen Boden Lehm, wenn er, abgesehen von anderen Eigenschaften, weniger als 20% Teile unter 10μ enthält; steigt diese Zahl über 20%, so hat man jedenfalls Ton, wenn nicht schon strengen Ton. Es kommt hier auf Java aber eine Bodenfamilie vor, — die „roten Lateritböden," — in welcher Mitglieder vorkommen von über 90% Teile unter 10μ. Solch ein Boden müsste nach Fesca sehr strenger Ton sein; und doch — nennt ihn der Pflanzer nur mässig schwer, im Vergleich zu manchen Mergelböden hier zulande sogar leicht. Der Praktiker nennt den Boden, — der eine Hygroskopizität von mehr als 20% aufweist, und also auch nach Mitscherlich strenger Ton sein müsste, — lieber Lehm, weil ihm die Plastizität fehlt, und er sehr gut durchlässig für Wasser ist.

Ein zweites Beispiel. Es giebt hier unter den jüngeren Efflataböden (vulkanische-Aschen-böden) solche mit einer Hygroskopizität grösser als 7%. Und doch sind sie so leicht, dass niemand sie als Ton anspricht, im Gegenteil nennt man sie sandigen Lehm,

1) M. Fesca — Journ. f. Landw. **27**, (1879). Suppl. S. 64.

oder sogar Sandböden; (Mech. Analyse: Sand ± 45,— Staub ± 40,— Lutum ± 15%).

Hier giebt es also Bodenfamilien, in welchen die zahlenmässigen Grenzen zwischen Sand, Lehm, Ton anders liegen als bei den mitteleuropaeischen und nordamerikanischen Bodenfamilien. Daraus möchte ich folgern, dass es wünschenswert ist, dass man sich anfänglich auf diesen Standpunkt stellt:

Jede Bodenfamilie hat ihre Eigentümlichkeiten, muss also auf eigne Weise eingeteilt werden. Man bestimme innerhalb einer Familie, von einer grossen Anzahl typischer Böden, von denen man sich die Bezeichnungen der Praxis notirt hat, die Hygroskopizität, die mechanische Zusammensetzung und vielleicht noch mehr grundlegende Eigenschaften, und sehe nun zu, bei welchen Analysenzahlen die von der praktischen Erfahrung angegebenen Grenzen ungefähr zu liegen kommen.

Man wird sich vielleicht wundern, warum ich in einem wissenschaftlichen System die Praxis, den Volksmund, die Landwirtschaft, ein so grosses Wort mitreden lasse; ich tue dies aus zwei Gründen. Erstens lässt sich dann so mancherlei aus den wissenschaftlichen Resultaten so viel leichter, d.h. ohne Uebersetzung in eine andere Terminologie, auf die angewandte Bodenkunde übertragen; die Wissenschaft steht der Praxis näher. Zweitens sind diese praktischen Bezeichnungen wie leichter Lehm, schwerer Ton, u.s.w. so allgemein verbreitete, so im täglichen Leben der Landwirtschaft festgewurzelte, und praktisch so wohlverstandene Begriffe, dass sie sich doch nicht durch andere Ausdrücke verdrängen liessen, und es also unklug wäre, wenn die Wissenschaft sie verwerfen, und sich durch neue pedantische Ausdrücke von der Praxis verfremden wollte. In der Chemie ist es ebenso gegangen. Nie haben die Ausdrücke: Wasserstoffchlorid, festes Wasserstoffoxyd die alten Worte: Salzsäure und Eis ersetzen können, und das wird auch wohl in Zukunft nicht gelingen. So drückt man auch ein Wort wie Lehm nicht tot; die Wissenschaft kann höchstens,—sagen wir für internationalen, rein wissenschaftlichen Gebrauch,—wenn nötig eine neue Bezeichnungsweise daneben setzen; in wiefern dies aber jetzt schon nötig ist, muss sich noch zeigen.

Endlich noch ein Paar Zeilen über die Nomenklatur der Böden im Felde, der Böden, welche aus von einander verschiedenen

Schichten bestehen. Muss der Name eines solchen Bodens der Oberkrume folgen?—oder der Unterkrume?—oder dem tieferen Untergrund?—oder der zur Unterscheidung van anderen Böden wichtigsten Schicht?—oder dem Ganzen? d.h. der Zusammenstellung aller Schichten?—

So viel ich weiss, hat man sich in Europa auf den Standpunkt gestellt, dass solche Böden allein durch Profilzeichnungen (z. B. Orth und seine Nachfolger) oder Symbole (siehe z.B. die Symbole der Pr. Geol. Land. Anst.) anzudeuten sind, also nicht durch einen Namen.

Bei der amerikanischen Bodenaufnahme entschloss man sich aber, um der praktischen Landwirtschaft näher zu kommen, solchen zusammengesetzten Böden je einen Namen zu geben, und die wichtigen Kombinationen als „soiltypes", als karakteristische Böden, fest zu legen. Wenn ich mich nicht irre, folgt der Name des Ganzen, dem Namen der speziell zur Unterscheidung von anderen Böden benutzten Schicht. Manchmal kommt dabei aber ein so unbefriedigendes Resultat heraus, dass ich nicht den Mut habe, diese Methode zu übernehmen, oder andern zu empfehlen. Ich rühre den Punkt jedoch an, weil ich hoffe, die Fachgenossen mit diesem Aufsatz noch vor dem bevorstehenden agrogeologischen Kongres zu Stockholm zu erreichen, und wo ich selber leider diesen Kongres nicht besuchen kann, auf diese Weise meine Ansichten und offene Fragen den dort versammelten Kollegen vor zu legen.

*
* *

Mit obigem sind die analytischen Arbeiten abgelaufen. Gewissermassen könnte man jedoch sagen, dass von hier an die wertvollere Arbeit eigentlich erst anfängt. Jetzt heisst es, Vergleiche zu machen, die verschiedenen Böden gegen einander zu karakterisiren, und insgesammt aus allgemeinen Gesichtspunkten zu betrachten. Analysen, ohne weiteres in der Luft hängend, findet man leider noch gar zu viele in der Litteratur; ohne Zusammenfassung, ohne allgemeinere Schlüsse—seien diese denn auch öfters mehr oder weniger spekulativ und noch weiter begründungsbedürftig—ist ihre Veroeffentlichung nur von mässigem Wert. Es ist aber nicht allein die reine Wissenschaft, welche solche synthetische Arbeit verlangt, sondern auch die angewandte Wissen-

schaft, und ihre praktische Mutter, die Landwirtschaft. Darum wird auch dieserseits demnächst ein bescheidener Versuch gemacht werden, die hierzulande gesammelten Erfahrungsdaten synthetisch zu behandeln, und damit den Wert des hier mitgeteilten Analysenganges zu beweisen. Ich hoffe aber, dass auch jetzt schon ohnedies die Fachgenossen meine Ausführungen beachten, und einer meinerseits hoch veranschlagten Kritik unterziehen wollen!

Buitenzorg, Juni 1910.—