

## Beobachtungen über Temperaturverhältnisse der Bodenoberfläche und verschiedener Bodentiefen.

Angestellt in dem Jahrzehnt 1901—1910 auf der Vegetationsstation der agrikulturchemischen Versuchsstation der Landwirtschaftskammer für die Provinz Schlesien in Rosenthal bei Breslau.

Von den Herren B. Schulze und H. Burmester (Ref.).

Die im Jahre 1900 begonnenen und seit 1901 lückenlos aufgezeichneten meteorologischen Beobachtungen auf der Vegetationsstation in Rosenthal bei Breslau dienen in erster Linie den umfangreichen Vegetations- und Feldversuchen, für deren Verlauf und Endergebnisse sie die erforderlichen Anhaltspunkte zu geben haben. Des weiteren liefern sie ergänzendes Material für die Beurteilung des mittelschlesischen Klimas und lassen schliesslich bei ihrem Umfang weitgehende Beziehungen zwischen den Witterungserscheinungen der Tage, Monate und Jahre zu dem Boden, insonderheit zu dessen Temperaturverhältnissen, erkennen. Die mannigfachen Untersuchungen und Beobachtungen dieser und ähnlicher Art, die Wöllny<sup>1)</sup> in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts anstellte, finden in unseren meteorologischen Beobachtungen ihre Bestätigung und teilweise Ergänzung.

Von diesen werden im folgenden nur diejenigen Aufzeichnungen angeführt, die die Temperaturen des Bodens wiedergeben, und die mit denselben in ursächlichem Zusammenhang stehen.

### 1. Temperaturen der freien Luft.

Die Verschiedenheit der Lufttemperaturen in  $1\frac{1}{2}$  m und in etwa 2 cm Höhe über dem Erdboden ergibt sich aus folgenden Tabellen im Monatstitel:

<sup>1)</sup> Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik.

Monat	Temperatur der Luft in °C. 8 Uhr morgens.										Monats- mittel d. 10 Jahre	Mittl. Tages- temp-Monats- mittl. d. 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910		
Januar . . .	— 6,5	2,8	— 2,4	— 2,3	— 4,6	— 0,4	— 3,3	— 2,5	— 3,7	0,3	— 2,26	— 1,16
Februar . . .	— 7,2	— 2,4	2,1	0,8	0,5	0,2	— 3,7	0,4	— 5,6	1,7	— 1,32	— 0,08
März . . .	0,7	2,2	4,5	1,3	3,6	2,3	1,0	1,5	— 0,5	1,1	1,7	3,42
April . . .	8,2	5,9	5,6	8,1	6,3	9,1	5,8	5,5	9,8	7,5	7,18	7,65
Mai . . .	14,5	10,5	14,3	12,7	13,7	14,7	15,2	14,1	10,8	13,8	13,43	13,46
Juni . . .	17,7	16,6	16,0	17,1	19,1	16,2	16,6	18,3	16,1	19,2	17,29	16,81
Juli . . .	20,1	17,0	17,7	20,7	19,9	19,3	16,4	18,5	16,7	17,4	18,17	18,05
August . . .	17,5	15,2	16,6	17,9	17,7	16,5	16,7	15,9	17,2	16,4	16,76	17,78
September	12,0	12,1	12,8	12,4	13,2	12,3	12,0	11,5	13,4	11,8	12,35	13,72
Oktober . . .	9,6	5,8	8,9	7,1	4,6	6,8	11,8	5,2	8,3	6,8	7,49	9,36
November.	2,1	— 1,7	3,8	1,9	3,1	5,0	0,1	— 1,6	1,6	1,8	1,61	2,97
Dezember.	1,2	— 5,1	— 1,5	1,6	0,9	— 3,5	— 0,8	— 2,8	1,1	1,3	— 0,76	— 0,05
Mittel	7,5	6,6	8,2	8,3	8,2	8,2	7,3	7,0	7,1	8,6	7,7	8,5

Monat	Temperatur auf freier Erdoberfläche in °C. 8 Uhr morgens.										Monats- mittel d. 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Januar . . .	— 6,2	0,7	— 3,4	— 4,3	— 4,5	— 2,5	— 3,5	— 3,9	— 5,7	— 0,2	— 3,35
Februar . . .	— 5,8	— 3,6	0,7	— 2,6	— 1,1	1,7	— 3,9	— 1,3	— 4,5	1,6	— 1,88
März . . .	1,4	1,6	3,4	— 1,1	2,0	0,8	0,5	0,8	— 0,7	1,7	1,04
April . . .	8,1	5,5	5,3	7,8	5,9	8,4	5,8	5,5	7,1	7,8	6,72
Mai . . .	15,9	10,4	14,0	13,7	14,3	14,4	15,1	13,3	12,3	15,2	13,86
Juni . . .	19,3	14,4	16,4	18,3	19,9	15,1	15,6	17,7	16,1	20,7	17,35
Juli . . .	21,1	16,3	17,3	20,5	18,6	16,8	14,5	19,6	16,7	17,9	17,93
August . . .	17,6	15,0	15,1	17,0	16,8	14,1	14,3	16,4	17,1	17,3	16,07
September	11,8	11,3	12,8	12,1	12,5	10,8	9,9	9,9	13,4	11,7	11,62
Oktober . . .	9,2	4,3	7,9	6,5	3,8	5,8	9,5	5,1	8,7	7,2	6,80
November.	1,6	— 0,8	3,6	1,5	1,7	3,9	— 1,0	— 2,0	1,3	1,1	1,09
Dezember.	0,8	— 4,7	— 1,1	2,0	— 0,6	— 3,1	— 1,8	— 3,6	0,1	0,4	— 1,16
Mittel	7,9	5,9	7,7	7,6	7,6	7,2	6,2	6,5	6,8	8,5	7,17

Diese Tabellen ergeben, dass die Luft des morgens um 8 Uhr im Durchschnitt des Jahrzehnts direkt über dem Erdboden um 0,53° C kälter ist als in 1½ m Höhe, also in der Lage, in der sie der gewöhnliche Beobachter wahrnimmt, und zwar ist dies annähernd gleichmässig im Durchschnitt aller Monate der Fall bis auf den Mai und Juni, wo die Luft am Boden um 0,43° bzw. 0,06° wärmer ist. Obwohl nun die 8 Uhr-Temperatur praktisch, insbesondere für die Frage der Nachtfrosterscheinungen, keine Bedeutung hat, da diese in den Monaten der Vegetation doch viel früher, nämlich mit dem Temperatur-Minimum eintreten, so führen wir sie doch an, weil die 8 Uhr-Temperatur gerade in diesen Monaten dem Tagesmittel der Temperatur entspricht (Tab. 1) und weil auch unsere öffentlichen Wetterdienststellen aus dem gleichen Grunde diese Temperatur in ihren Wetterkarten anführen.

Dagegen ist es für die Vorausbestimmung der Nachtfröste viel wichtiger, festgestellt zu sehen, um wieviel Grad das Temperatur-Minimum am Erdboden tiefer liegt als in einer höheren Luftsicht.

Monat	Temperatur der Luft °C. Mittleres Minimum.										Monats- mittel der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Januar . . .	— 8,8	0,8	— 4,2	— 4,4	— 7,1	— 2,6	— 5,5	— 5,1	— 6,0	— 2,0	— 4,65
Februar . . .	— 10,7	— 4,7	— 0,4	— 0,9	— 1,1	— 1,1	— 5,8	— 1,5	— 8,5	— 0,2	— 3,49
März . . .	— 1,9	0,1	1,4	— 0,9	1,5	— 0,6	— 1,1	— 0,7	— 3,1	— 0,7	— 0,60
April . . .	3,6	1,8	2,5	4,5	2,8	3,5	2,5	2,1	2,7	2,7	2,87
Mai . . .	8,2	5,0	8,4	6,4	8,2	9,4	9,1	10,3	5,5	8,1	7,86
Juni . . .	11,7	10,5	11,4	9,2	12,2	11,4	10,9	11,9	10,2	12,0	11,14
Juli . . .	13,3	11,7	12,6	11,3	14,4	12,8	11,3	13,2	12,0	11,9	12,45
August . . .	13,0	10,7	12,1	11,1	13,3	11,8	12,2	11,3	12,4	11,6	11,95
September	7,8	8,0	8,7	8,1	9,7	9,1	7,8	8,2	9,6	8,6	8,56
Oktober . . .	7,1	2,4	6,0	4,7	2,7	4,1	9,1	2,5	5,5	4,4	4,85
November . . .	0,0	— 4,4	2,2	— 0,2	1,2	2,7	— 1,6	— 3,5	— 0,2	— 0,1	— 0,39
Dezember . . .	— 1,1	— 7,6	— 3,1	— 0,6	— 0,6	— 6,1	— 1,8	— 4,1	— 1,3	0,0	— 2,63
Mittel	3,5	2,9	4,8	4,0	4,8	4,5	3,9	3,7	3,2	4,7	4,01

Monat	Temperatur auf freier Erdoberfläche. °C. Mittleres Minimum.										Monats- mittel der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Januar . . .	— 8,4	— 1,3	— 5,6	— 6,3	— 7,4	— 4,2	— 5,4	— 5,6	— 7,5	— 2,3	— 5,40
Februar . . .	— 9,0	— 5,8	— 2,0	— 4,3	— 2,5	— 3,1	— 5,6	— 2,6	— 7,3	— 0,7	— 4,29
März . . .	— 0,4	— 1,3	0,4	— 4,2	— 0,5	— 1,6	— 1,5	— 1,1	— 2,5	— 0,9	— 1,36
April . . .	3,5	0,5	1,5	2,7	1,4	2,8	1,8	1,9	2,7	2,5	2,13
Mai . . .	9,2	4,1	7,5	6,7	8,0	8,6	8,4	9,0	5,5	8,3	7,53
Juni . . .	13,1	8,0	11,3	10,2	12,5	10,4	9,7	11,9	10,7	12,2	11,00
Juli . . .	15,2	11,0	12,2	13,1	14,5	11,7	10,2	15,1	12,1	12,0	12,71
August . . .	13,5	9,8	10,8	11,4	13,3	10,3	11,8	12,7	12,6	11,6	11,78
September	8,1	7,0	8,2	7,9	8,9	8,1	7,2	7,1	9,7	8,4	8,06
Oktober . . .	6,7	1,6	5,2	4,2	2,6	3,2	7,6	3,2	5,9	4,5	4,47
November . . .	— 1,1	— 5,4	2,0	— 0,3	0,0	1,8	— 2,4	— 3,9	— 0,2	— 0,6	— 1,01
Dezember . . .	— 2,8	— 6,4	— 2,2	— 1,3	— 2,0	— 5,0	— 3,0	— 5,1	— 1,7	— 0,3	— 2,98
Mittel	4,0	1,8	4,1	3,3	4,1	3,6	3,2	3,5	3,3	4,6	3,55

Es ist demnach der Unterschied zwischen den beiden Minimaltemperaturen im Durchschnitt der 10 Jahre  $0,46^{\circ}\text{C}$ , also etwas geringer als der zwischen den 8 Uhr-Temperaturen, bei denen er  $0,53^{\circ}\text{C}$  beträgt. Am meisten kühlst sich die Luft direkt über dem Erdboden mehr als die höher gelegenen Luftsichten in den Winter- und ersten Frühjahrsmonaten ab, also in den Monaten der Fröste und Nachtfröste; so haben wir von Januar bis April fast gleichmäßig am Boden ein um  $0,75^{\circ}\text{C}$  tieferes Minimum. Dagegen geht in den Herbstmonaten, September bis Dezember, die Temperatur dieser Luftsicht nur um etwa 0,4 bis  $0,5^{\circ}\text{C}$  unter das Minimum der in 1,5 m Höhe gemessenen Luft, und

im Mai, Juni, Juli und August nähern sich die Minima immer mehr. Wenn nun die Methode der Vorausbestimmung von Nachtfrösten aus der Taupunktbestimmung zuverlässig sein sollte, so kann dieses besonders in den Frühjahrs- und Herbstmonaten, in denen die nächtlichen Temperaturminima der oberen und unteren Luftsichten um etwa  $0,8^{\circ}$  C auseinanderliegen, nur in der Weise geschehen, dass man das trockene und feuchte Thermometer auch direkt auf den Boden stellt und aus der hier gefundenen Differenz den Taupunkt bestimmt. Nun hat aber W o l l n y nachgewiesen (Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphysik 1888), dass das nächtliche Minimum der Temperatur auf den mit Früchten bestandenen Boden noch weiter sinken kann, je blattreicher dieselben sind, und je feuchter der Boden ist, dass z. B. direkt über einem feuchten Rasengrund das Temperaturminimum durchschnittlich um  $3-4^{\circ}$  C, an einzelnen Tagen sogar um  $6-7^{\circ}$  C tiefer lag als in 2 m Höhe über demselben. Es müsste daher direkt über den jeweiligen Früchten der Taupunkt bestimmt werden, falls ein Nachtfrost zu erwarten wäre und es sich darum handelt, dessen Folgen abzuwenden. W o l l n y weist aber auch die Unbrauchbarkeit der Taupunkt-Methode nach, insofern als der nachmittags um 5 Uhr des vorhergehenden Tages gefundene Taupunkt sich unregelmässig von dem Minimum der Nacht entfernt, meistens höher liegt und selten mit ihm zusammenfällt. Mit Bestimtheit lassen sich schwache Nachtfröste überhaupt nicht voraussagen, weil die Wirkung der an der Bodenfläche stattfindenden nächtlichen Ausstrahlung, welche hauptsächlich die Abkühlung der untersten Luftsicht veranlasst, infolge des Einflusses der verschiedensten meteorologischen Elemente, wie Bewölkung, Wind, Feuchtigkeit usw. sich nicht bestimmen lässt. Wir können daher uns nur auf Vermutungen stützen und müssen hierbei damit rechnen, dass das Minimum der Luft über dem Boden je nach der Art der Pflanzenbedeckung und dem Feuchtigkeitsgrad desselben eventl. um mehrere Grade unter das Minimum der höher gelegenen Luftsichten sinken wird.

Ganz besonders gross ist nun noch der Unterschied in der Maximaltemperatur der Luft unmittelbar über dem Boden und der von  $1\frac{1}{2}$  m Höhe. Das Maximumthermometer liegt ebenso wie auch das Minimumthermometer in einen Holzrahmen eingekleidet so auf dem Boden, dass das eigentliche Thermometer 2 cm über ihm liegt, also ihm nicht berührt, und andererseits sind die beiden Thermo-

meter mit einem ca. 15 cm hohen nach oben offenen Holzrahmen überdeckt, so dass kein direkter Strahl der Sonne sie treffen kann.

Monat	Temperatur der Luft in $1\frac{1}{2}$ m Höhe °C. Mittleres Maximum.										Monats- mittel der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Januar . . .	- 1,3	5,9	2,0	0,8	0,0	2,7	0,3	1,2	0,1	3,7	1,54
Februar . . .	- 1,2	2,3	6,3	3,8	3,9	3,7	0,7	3,5	- 0,8	6,4	2,86
März . . .	6,2	6,7	11,0	6,5	8,0	7,2	5,9	6,9	4,7	8,3	7,14
April . . .	13,0	10,7	9,9	13,6	10,2	16,5	11,0	10,8	12,9	13,8	12,24
Mai . . .	19,6	14,7	18,8	18,0	18,6	20,3	20,6	19,3	16,8	18,7	18,54
Juni . . .	23,2	21,7	20,7	22,4	23,4	21,1	21,8	23,5	21,6	24,5	22,29
Juli . . .	26,1	21,7	23,1	26,4	25,1	24,8	21,8	24,9	21,6	22,1	23,76
August . . .	23,8	22,3	22,2	24,6	24,3	22,6	22,2	21,6	23,8	22,2	22,96
September . . .	19,3	18,7	20,2	18,7	18,8	17,9	19,9	17,7	20,3	16,9	18,84
Okttober . . .	16,3	10,5	14,6	12,9	8,7	13,7	19,9	14,0	16,7	12,9	14,02
November . . .	6,4	4,2	6,8	5,2	7,2	10,8	5,9	4,3	4,8	5,5	6,11
Dezember . . .	4,0	- 2,0	0,9	4,3	2,9	0,1	2,9	1,2	4,8	5,1	2,42
Mittel	12,9	11,4	13,0	13,1	12,6	13,4	12,7	12,4	12,3	13,4	12,73

Monat	Temperatur der Luft über der freien Erdoberfläche °C. Mittleres Maximum.										Monats- mittel der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Januar . . .	- 1,2	6,8	1,2	- 0,2	- 1,1	2,5	- 0,2	0,0	- 0,5	2,8	1,01
Februar . . .	0,5	4,7	5,4	3,9	2,8	3,7	0,9	2,6	- 0,8	5,2	2,69
März . . .	9,2	10,1	13,3	7,2	9,0	7,2	6,4	8,0	5,0	7,9	8,33
April . . .	19,5	19,3	15,2	18,2	12,0	21,4	13,2	12,5	15,1	14,5	16,09
Mai . . .	32,0	24,9	27,8	28,1	24,7	25,8	25,3	22,4	21,4	21,2	25,36
Juni . . .	35,5	34,5	27,2	31,8	33,1	24,9	27,5	29,9	26,7	28,6	29,97
Juli . . .	42,1	38,1	29,8	32,5	31,5	29,6	25,1	28,2	24,6	24,3	30,58
August . . .	36,3	35,0	26,0	27,0	29,5	26,5	23,9	24,9	24,9	23,2	27,72
September . . .	29,0	28,7	21,8	20,0	22,3	19,4	19,3	18,7	19,7	16,3	21,52
Okttober . . .	20,6	10,6	14,0	12,7	14,2	12,7	17,5	13,2	14,4	12,1	14,20
November . . .	8,5	3,6	6,5	4,5	6,3	9,7	4,7	3,3	3,9	4,2	5,52
Dezember . . .	4,9	- 1,4	1,4	2,9	3,0	0,1	2,2	0,3	3,2	3,7	2,03
Mittel	19,7	17,9	15,8	15,7	15,6	15,3	13,8	13,7	13,1	13,7	15,42

Im Durchschnitt der 10 Jahre ist demnach die Maximaltemperatur der Luft über dem Boden um 2,69° C höher als die der Luft von  $1\frac{1}{2}$  m Höhe. Und diese Differenz gestaltet sich in den einzelnen Monaten recht verschieden. In den beiden ersten und letzten, den kältesten Monaten des Jahres bleibt die Maximaltemperatur über dem Boden, ganz entsprechend der Minimal- und der 8 Uhr-Temperatur, um etwa 0,4° C zurück, um dann im März und Oktober sie allmählich überflügelnd in den mittleren Jahresmonaten, Mai, Juni und Juli, fast gleichmäßig einen um etwa 7° C höheren Stand zu erreichen. Wir sehen hierin wiederum die wärmeausstrahlende Wirkung des Erdbodens, die natürlich insbesondere die nächste

Luftschicht dann bedeutend erwärmen muss, wenn der Boden die grösste Tageswärme erreicht hat und sie wieder ausstrahlt, so dass etwa zwischen 2 und 3 Uhr nachmittags am Tage der Temperaturunterschied zwischen der unteren Luftschicht und der höher gelegenen am grössten sein muss. Ganz entsprechend beeinflusst der Boden zur späteren Nachtzeit die direkt über ihm befindliche Luft, da er alsdann durch die fortgesetzte Ausstrahlung, die grösser ist als die Wärmeaufnahme, seine niedrigste Temperatur erreicht und diese der benachbarten Luft mitteilt. Dass nun die Differenz zwischen den Minima der verschiedenen hoch gelegenen Luftschichten bei weitem geringer ist als die der Maxima, finden wir darin begründet, dass zur Nachtzeit der Boden nur nach erfolgter Wärmeausstrahlung sich selbst und die ihn zunächst umgebende Luft abkühlt, während diese zur frühen Nachmittagszeit durch die Ausstrahlung der bereits aufgenommenen und durch die direkte Zurückstrahlung der Sonnenwärme beeinflusst wird, so dass unter der Einwirkung dieser zwei Faktoren das Temperaturmaximum dieser Luftschicht unmittelbar über dem Boden bedeutend grösser sein muss als das jeder anderen, und zwar um so mehr, je höher die letztere über dem Boden liegt. Bei dieser vergleichsweise hohen Tagestemperatur der unteren Luft wird diese auch nur eine geringe relative Feuchtigkeit enthalten, also ihrer Temperatur gemäss nur wenig mit Wasser gesättigt sein; sie wird daher, je grösser ihre Temperatur wird, um so mehr in dem Streben nach Sättigung Wasser aufnehmen, woher sie dieses auch nur bekommen kann, also zunächst aus dem Boden. In Erkennung dieser Tatsachen muss daher jeder Landwirt und Gärtner, der mit den Wasservorräten seines Bodens haushälterisch umzugehen gezwungen ist, den Zutritt des Bodenwassers zu der Luft durch Unterbrechung der Bodenkapillaren in der obersten Bodenkrume verhindern, so lange nicht eine dichtere Pflanzendecke die direkte Ausstrahlung der Bodenwärme und mithin die starke Erhöhung der Lufttemperatur unmittelbar über dem Boden verhindert.

## 2. Temperatur der Luft unter Früchten.

Der Einfluss der Pflanzendecke wurde ebenfalls in der Art und Weise festgestellt, dass an einem exakten Maximum- und Minimumthermometer von Juni bis Oktober die Temperaturen unter gut schliessenden Früchten abgelesen wurden, und zwar zuerst unter

Winterhalmfrüchten, nach deren Aberntung unter Rüben und schliesslich unter perennierenden Lupinen. Wenn die Temperatur auch unter diesen verschiedenen Früchten ihrer Blattbildung gemäss ein wenig verschieden sein sollte, so wiederholte sich dieser Ortswechsel doch gleichmässig alle Jahre, und er schloss sich eng an die Hauptvegetationszeit der landwirtschaftlich wichtigsten Pflanzentypen an. Da die bisherigen Tabellen uns den Jahresdurchschnitt der verschiedenen Temperaturen angeben, die Temperatur unter Früchten aber nur von Juni bis Oktober festgestellt wurde, so müssen zum Vergleich mit der letzteren die gleichen Monate der bislang angeführten Tabellen noch einmal zusammengestellt werden.

Temperatur der Luft °C.  
Mittleres Minimum.

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monatsmittel der 10 Jahre
Juni . . . .	11,7	10,5	11,4	9,2	12,2	11,4	10,9	11,9	10,2	12,0	11,14
Juli . . . .	13,3	11,7	12,6	11,3	14,4	12,8	11,3	13,2	12,0	11,9	12,45
August . . .	13,0	10,7	12,1	11,1	13,3	11,8	12,2	11,3	12,4	11,6	11,95
September . .	7,8	8,0	8,7	8,1	9,7	9,1	7,8	8,2	9,6	8,6	8,56
Oktober . .	7,1	2,4	6,0	4,7	2,7	4,1	9,1	2,5	5,5	4,4	4,85
Mittel	10,6	8,7	10,2	8,9	10,5	9,8	10,3	9,4	9,9	9,9	9,79

Temperatur auf freier Erdoberfläche °C.  
Mittleres Minimum.

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monatsmittel der 10 Jahre
Juni . . . .	13,1	8,0	11,3	10,2	12,5	10,4	9,7	11,9	10,7	12,2	11,00
Juli . . . .	15,2	11,0	12,2	13,1	14,5	11,7	10,2	15,1	12,1	12,0	12,71
August . . .	13,5	9,8	10,8	11,4	13,3	10,3	11,8	12,7	12,6	11,6	11,78
September . .	8,1	7,0	8,2	7,9	8,9	8,1	7,2	7,1	9,7	8,4	8,06
Oktober . .	6,7	1,6	5,2	4,2	2,6	3,2	7,6	3,2	5,9	4,5	4,47
Mittel	11,3	7,5	9,5	9,4	10,4	8,7	9,3	10,0	10,2	9,7	9,60

Temperatur unter Früchten °C.  
Mittleres Minimum.

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monatsmittel der 10 Jahre
Juni . . . .	13,0	11,0	11,6	10,3	12,7	11,4	11,1	13,2	10,9	12,3	11,75
Juli . . . .	13,5	11,9	13,3	12,0	14,7	13,6	11,6	13,7	12,3	12,0	12,86
August . . .	12,2	11,0	12,6	10,9	13,2	12,2	12,5	11,6	12,7	11,8	12,07
September . .	7,3	8,1	8,5	8,6	10,1	9,2	9,0	13,0	10,2	8,6	9,26
Oktober . .	5,8	5,4	5,9	4,8	3,5	4,8	9,9	3,0	6,2	4,4	5,37
Mittel	10,4	9,5	10,4	9,3	10,8	10,2	10,8	10,9	10,5	9,8	10,26

Im Durchschnitt der Monate Juni bis Oktober ist natürlich das Minimum der Luft in 1½ m Höhe nur wenig höher als das über dem Boden, da dieses ja gerade nur in den hier nicht berücksichtigten

Winter- und Frühjahrsmonaten bedeutend tiefer sinkt. Dagegen bleibt in den gleichen Monaten das Minimum der Luft unter Früchten schon wesentlich höher als das der unteren und oberen Luftsicht über unbedecktem Boden. Dass die grüne Blattdecke der Früchte die Ausstrahlung des Bodens bedeutend vermindert, ist also unverkennbar, zumal wenn wir die Temperaturunterschiede der einzelnen Monate in Betracht ziehen. In dem wärmsten Monat Juli, in dem auch die nächtliche Ausstrahlung des Bodens am geringsten ist, ist das Minimum unter Früchten nur um  $0,15^{\circ}$  C höher als das auf der freien Erdoberfläche, dagegen bleibt es in den übrigen Monaten je nach Abnahme der Temperatur bedeutend über letzterem, im September und Oktober sogar um  $1,2$  bzw.  $0,9^{\circ}$  C. Hieraus ergibt sich auch, dass bei Eintritt des ersten schärferen Frostes im Herbst ein mit Gründüngungspflanzen bestandenes Feld immer noch geplügt werden kann, während ein unbedeckt daneben liegender Acker einen Pflug kaum eindringen lässt.

Um 8 Uhr früh gestaltet sich nun die Temperatur der Luft in den drei verschiedenen Lagen folgendermassen:

Monat	Temperatur der Luft °C. 8 Uhr morgens.										Monats- mitteld der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Juni . . . .	17,7	16,6	16,0	17,1	19,1	16,2	16,6	18,3	16,1	19,2	17,29
Juli . . . .	20,1	17,0	17,7	20,7	19,9	19,3	16,4	18,5	16,7	17,4	18,17
August . . .	17,5	15,2	16,6	17,9	17,7	16,5	16,7	15,9	17,2	16,4	16,76
September . .	12,0	12,1	12,8	12,4	13,2	12,3	12,0	11,5	13,4	11,8	12,35
Oktober . . .	9,6	5,8	8,9	7,1	4,6	6,8	11,8	5,2	8,3	6,8	7,49
Mittel	15,4	13,3	14,4	15,0	14,9	14,2	14,7	13,9	14,3	14,3	14,47

Monat	Temperatur auf freier Erdoberfläche °C. 8 Uhr morgens.										Monats- mitteld der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Juni . . . .	19,3	14,4	16,4	18,3	19,9	15,1	15,6	17,7	16,1	20,7	17,35
Juli . . . .	21,1	16,3	17,3	20,5	18,6	16,8	14,5	19,6	16,7	17,9	17,93
August . . .	17,6	15,0	15,1	17,0	16,8	14,1	14,3	16,4	17,1	17,3	16,07
September . .	11,8	11,3	12,8	12,1	12,5	10,8	9,9	9,9	13,4	11,7	11,62
Oktober . . .	9,2	4,3	7,9	6,5	3,8	5,8	9,5	5,1	8,7	7,2	6,80
Mittel	15,8	12,3	13,9	14,9	14,3	12,5	12,8	13,7	14,4	15,0	13,95

Wie im Jahresschnitt, so ist auch im Durchschnitt der Vegetationsmonate um 8 Uhr früh die Luft über dem Erdboden noch genau um  $0,52^{\circ}$  C kälter als die in  $1\frac{1}{2}$  m Höhe. In den Monaten Juni bis Oktober steigt die höhere Luft von ihrem Minimum von

Temperatur unter Früchten °C.  
 8 Uhr morgens.

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monats- mittel der 10 Jahre
Juni . . . .	17,7	14,6	17,6	17,6	20,0	15,3	15,8	18,6	15,7	19,2	17,21
Juli . . . .	20,5	15,9	19,7	21,6	19,4	18,8	15,7	18,3	15,9	16,7	18,25
August . . .	16,3	11,6	17,8	15,9	16,8	16,3	15,2	16,0	16,3	15,3	15,75
September . .	10,5	11,3	12,6	11,4	12,4	12,3	11,4	11,4	13,6	11,2	11,81
Oktober . . .	8,1	7,5	8,3	6,4	5,7	6,7	11,1	5,7	8,5	7,0	7,50
Mittel	14,6	12,2	15,2	14,6	14,9	13,9	13,8	14,0	14,0	13,9	14,10

9,79° C bis 8 Uhr früh um 4,68° auf 14,47° C und damit schneller als die direkt über dem unbedeckten Boden befindliche Luft, die in der gleichen Zeit sich um 4,35°, von 9,60° auf 13,95° C, erwärmt. Noch langsamer erwärmt sich die Luft in der Frühe des Tages unter Früchten; hier haben wir bis 8 Uhr morgens nur ein Steigen um 3,84° C von dem zwar höher liegenden Minimum von 10,26° auf 14,10° C. Da eben die Pflanzendecke die direkten Sonnenstrahlen vom Boden abhält, so geht dessen Erwärmung und hiermit auch die der über ihm und unter der Pflanzendecke befindlichen Luft, auch wenn sie über Nacht weniger abgekühlt war, doch langsamer vor sich als die der freien Luft.

Im weiteren Verlauf des Tages gestaltet sich die Wärme der Luft an den drei verschiedenen Stellen doch wesentlich anders, wie aus den Maximaltemperaturen hervorgeht.

 Temperatur der Luft °C.  
 Mittleres Maximum.

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monats- mittel der 10 Jahre
Juni . . . .	23,2	21,7	20,7	22,4	23,4	20,1	21,8	23,5	21,6	24,5	22,29
Juli . . . .	26,1	21,7	23,1	26,4	25,1	25,8	21,8	24,9	21,6	22,1	23,76
August . . .	23,8	22,3	22,2	24,6	24,3	22,6	22,2	21,6	23,8	22,2	22,96
September . .	19,3	18,7	20,2	18,7	18,8	17,9	19,9	17,7	20,3	16,9	18,84
Oktober . . .	16,3	10,5	14,6	12,9	8,7	13,7	19,9	14,0	16,7	12,9	14,02
Mittel	21,7	19,0	20,2	21,0	20,1	19,8	21,1	20,3	20,8	19,7	20,37

 Temperatur auf freier Erdoberfläche °C.  
 Mittleres Maximum.

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monats- mittel der 10 Jahre
Juni . . . .	35,5	34,5	27,2	31,8	33,1	24,9	27,5	29,9	26,7	28,6	29,97
Juli . . . .	42,1	38,1	29,8	32,5	31,5	29,6	25,1	28,2	24,6	24,3	30,58
August . . .	36,3	35,0	26,0	27,0	29,5	26,5	23,9	24,9	24,9	23,2	27,72
September . .	29,0	28,7	21,8	20,0	22,3	19,4	19,3	18,7	19,7	16,3	21,52
Oktober . . .	20,6	10,6	14,0	12,7	14,2	12,7	17,5	13,2	14,4	12,1	14,20
Mittel	32,7	29,4	23,8	24,8	26,1	22,6	22,7	23,0	22,1	20,9	24,80

Temperatur unter Früchten °C.  
Mittleres Maximum.

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monats- mittel der 10 Jahre
Juni . . . .	35,7	18,9	23,8	26,6	28,8	21,4	25,0	30,1	23,3	25,0	25,86
Juli . . . .	40,8	21,7	29,7	32,9	28,8	28,1	24,8	31,2	23,4	24,8	28,62
August . . . .	35,2	20,5	26,4	25,7	26,9	27,4	22,7	27,5	26,1	22,9	26,43
September . . .	32,2	19,5	20,6	17,5	19,5	20,4	19,2	20,9	19,4	16,5	20,57
Oktober . . . .	27,2	15,7	14,4	12,7	9,9	14,4	18,0	14,7	14,9	14,2	15,60
Mittel	34,2	19,3	23,0	23,1	22,8	22,3	21,9	24,9	21,4	20,7	23,42

Die Maximaltemperatur auf freier Erdoberfläche ist derjenigen der Luft in  $1\frac{1}{2}$  m Höhe in den Monaten Juni bis Oktober natürlich noch mehr überlegen als im Jahresdurchschnitt, da sie ja, wie schon anfangs erwähnt wurde und wie auch aus den hier angeführten Tabellen hervorgeht, gerade in den Sommermonaten dieselbe so sehr übersteigt. Wenn nun, wie wir im vorigen Abschnitt sahen, die Temperatur der Luft in  $1\frac{1}{2}$  m Höhe von ihrem Minimum bis 8 Uhr morgens am schnellsten gestiegen war und auch den höchsten Stand der drei Beobachtungsstellen erreicht hatte, so ist sie seit dem Zeitpunkt und in dieser Höhe nur noch um  $5,90^\circ$  bis zu der Maximaltemperatur von  $20,37^\circ$  C gestiegen. Auf freier Erdoberfläche dagegen steigt die Temperatur innerhalb derselben Zeit um  $10,85^\circ$  bis auf  $24,80^\circ$  C und unter Früchten um  $9,32^\circ$  bis auf  $23,42^\circ$  C. Hier unter der Pflanzendecke ist die Maximaltemperatur im Juni noch um  $4,11^\circ$  bedeutend, in den nächsten drei Monaten nur etwa um  $1\frac{1}{2}^\circ$ , also wenig niedriger und im Oktober schon um etwa  $1\frac{1}{2}^\circ$  höher als die zu vergleichende Temperatur auf freier Erdoberfläche. Wir müssen daraus entnehmen, wie dies auch aus verschiedenen schon im Mai einiger Jahre angestellten Beobachtungen hervorgeht, dass im Frühjahr der noch wenig erwärmte Boden unter der Pflanzendecke, die die direkte Sonnenwärme von ihm abhält, auch nur eine verhältnismässig geringe Maximaltemperatur aufkommen lässt, dass diese dagegen in den nächsten Monaten schneller steigt, wenn der Boden durchwärmst ist und seine höhere Temperatur längere Zeit beibehält, wie die nachfolgenden Tabellen zeigen werden. Als dann haben wir unter den Früchten ein Maximum, das dem der freien Erdoberfläche viel näher steht als dem Maximum der freien Luft in  $1\frac{1}{2}$  m Höhe, so dass wir auch hier wiederum einen Beweis dafür finden, wie sehr die Wärmeausstrahlung des Bodens die Temperatur der Luft an seiner Oberfläche beeinflusst. Im Oktober wird die Luft unter den Früchten sogar noch wärmer gehalten als die

auf freier Erdoberfläche, da die dem Boden entstrahlte Wärme durch die Pflanzendecke zurückgehalten wird, und da andererseits die direkte Tageswärme in diesem Monat nicht mehr solche Intensität besitzt, um, wie in den vorangehenden Monaten, das Maximum auf dem freien Boden auf einen derartig hohen Stand zu bringen.

So sehen wir, dass unter einer grünen Pflanzendecke die Temperatur der Luft unmittelbar über dem Boden in ihren Tagesschwankungen einen grösseren Ausgleich zeigt gegenüber derjenigen der Luft auf freiem Boden. Das Minimum bleibt besonders in den Herbstmonaten wesentlich höher, bis 8 Uhr morgens nimmt die Temperatur langsamer zu und erreicht eine mehr von der Bodenwärme abhängige Maximaltemperatur, die zwar bedeutend höher ist als das Maximum der freien Luft in  $1\frac{1}{2}$  m Höhe, aber doch auch niedriger als das der Luft direkt über freiem Boden. Die Luft unter den Früchten mit ihrer ausgeglichenen Temperatur hat natürlich auch auf die Temperatur des unter ihr befindlichen Bodens den weitgehendsten Einfluss; sie müssen daher beide in enger Wechselbeziehung zueinander stehen.

### 3. Temperatur der Erdtiefen.

Um das Bild über den Verlauf einer jeden Vegetationsperiode zu vervollständigen, werden auch die Temperaturen des Bodens in den Tiefen gemessen, die für die Vegetation hauptsächlich in Betracht kommen; das ist bei 20, 40, 70, 100 und 130 cm Tiefe. Die diesem Zwecke dienende Anlage ist der Lamont'sche Kasten, der in einem durchlässigen, guten Lehmboden in gleicher Höhe mit dem Niveau der umgebenden Erdoberfläche angebracht ist. Die Thermometer werden an jedem Tage 8 Uhr morgens abgelesen.

Temperatur der Erdtiefen °C.  
20 cm Tiefe

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monatsmittel der 10 Jahre
Januar . . .	- 1,7	3,1	- 0,4	0,2	0,7	0,8	- 0,3	- 0,8	- 0,9	1,7	0,24
Februar . . .	- 1,6	0,6	1,0	1,2	0,5	1,2	- 1,5	0,7	- 1,4	1,9	0,26
März . . .	- 0,2	2,8	4,6	2,5	3,9	2,6	2,5	2,8	- 0,2	3,5	2,48
April . . .	6,8	6,4	6,1	7,8	5,8	7,7	6,9	7,8	6,5	7,7	6,95
Mai . . .	13,9	9,9	12,8	12,0	11,8	13,9	14,3	13,3	11,6	13,5	12,70
Juni . . .	18,3	16,0	16,3	16,6	17,7	15,4	16,8	18,8	16,5	19,1	17,15
Juli . . .	19,9	16,7	17,4	19,1	18,9	18,6	17,1	18,5	17,0	17,2	18,04
August . . .	18,1	15,8	16,3	18,8	18,0	17,4	16,9	16,6	17,6	16,9	17,24
September . . .	12,8	13,4	14,3	14,5	14,1	13,9	13,6	12,9	14,9	13,2	13,76
Okttober . . .	10,7	8,0	10,4	9,7	7,4	9,4	12,5	8,9	10,9	9,4	9,73
November . . .	4,3	2,7	6,1	4,2	4,7	6,4	4,1	1,8	4,3	3,6	4,22
Dezembei . . .	2,1	- 1,1	2,0	2,1	2,5	1,6	2,1	0,8	1,8	2,7	1,66
Mittel	8,6	7,9	8,9	9,1	8,8	9,1	8,8	8,5	8,2	9,2	8,70

Monat	40 cm Tiefe.										Monatsmittel der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Januar . . .	- 0,1	3,7	0,5	1,1	0,9	1,7	0,8	0,8	0,4	2,5	1,23
Februar . . .	- 0,5	1,5	1,0	1,8	0,8	1,8	- 0,2	1,3	- 0,3	2,4	0,96
März . . . .	- 0,1	3,1	4,8	2,9	4,1	3,5	2,9	3,4	- 0,1	4,4	2,89
April . . . .	6,9	6,7	6,5	7,7	6,4	7,8	7,1	6,8	5,8	7,6	6,93
Mai . . . .	13,8	9,9	12,6	11,8	12,1	13,6	13,7	12,7	11,3	13,1	12,46
Juni . . . .	18,3	15,7	16,1	16,4	17,3	15,2	16,5	18,3	16,0	18,6	16,84
Juli . . . .	19,9	16,7	17,1	18,8	18,9	18,6	17,3	18,5	16,9	17,2	17,99
August . . . .	18,7	15,9	16,4	19,0	17,6	17,9	17,0	17,3	17,6	17,2	17,46
September . .	13,9	14,1	14,8	15,2	14,7	14,6	14,3	13,8	15,4	14,0	14,48
Oktober . . .	11,6	9,1	11,2	10,9	8,7	10,4	13,1	10,1	12,0	10,5	10,76
November . .	5,8	4,1	7,0	5,5	5,8	7,2	5,9	3,6	5,7	5,6	5,62
Dezember . .	2,9	0,0	3,0	2,9	3,3	3,1	3,2	2,0	2,5	3,8	2,67
Mittel	9,3	8,4	9,2	9,5	9,2	9,7	9,3	9,1	8,6	9,7	9,19

Monat	70 cm Tiefe										Monatsmittel der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Januar . . .	1,8	4,5	1,6	2,4	2,3	2,9	2,1	2,2	1,6	3,4	2,48
Februar . . .	1,0	2,8	1,5	2,5	1,6	2,6	1,1	2,1	0,7	3,0	1,89
März . . . .	0,6	3,5	4,6	3,3	4,2	4,1	3,2	3,5	0,5	4,7	3,22
April . . . .	6,1	6,5	6,5	7,1	6,4	7,2	6,7	6,3	4,8	7,1	6,47
Mai . . . .	12,1	9,3	11,3	10,9	11,1	12,4	11,9	11,2	10,0	11,6	11,18
Juni . . . .	16,8	14,6	15,0	15,2	15,8	14,2	15,1	16,8	14,4	17,0	15,49
Juli . . . .	18,4	15,8	16,1	17,3	18,4	17,6	16,2	17,1	15,7	16,2	16,88
August . . . .	18,3	15,5	16,0	18,4	17,7	17,6	16,3	16,7	16,5	16,7	16,97
September . .	14,3	14,3	14,8	15,6	14,9	15,0	14,4	14,1	15,1	14,2	14,67
Oktober . . .	12,5	10,0	11,8	11,9	10,1	11,3	13,3	11,2	12,5	11,3	11,59
November . .	7,5	5,7	8,1	7,2	6,8	8,2	7,6	5,3	7,5	6,9	7,08
Dezember . .	4,4	1,4	4,4	4,3	4,5	4,8	4,4	3,3	4,6	4,6	4,07
Mittel	9,5	8,7	9,3	9,7	9,5	9,4	9,4	9,2	8,7	9,7	9,33

Monat	100 cm Tiefe.										Monatsmittel der 10 Jahre
	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	
Januar . . .	3,1	5,0	2,3	3,4	3,4	3,7	3,2	3,4	2,7	4,2	3,44
Februar . . .	2,0	3,6	2,1	3,1	2,4	3,3	2,3	2,9	1,7	3,6	2,70
März . . . .	1,6	3,7	4,4	3,6	4,1	4,2	3,5	3,8	1,2	4,9	3,50
April . . . .	5,5	6,2	6,3	6,5	6,1	6,6	6,4	6,0	4,2	6,7	6,05
Mai . . . .	10,6	8,7	10,1	9,8	10,0	11,2	10,5	9,9	8,9	10,3	10,00
Juni . . . .	15,2	13,2	13,5	13,7	14,2	13,1	13,8	14,8	12,9	15,4	13,98
Juli . . . .	16,8	14,7	14,8	15,7	16,5	16,1	15,3	15,6	14,5	15,3	15,53
August . . . .	17,4	14,8	15,2	17,1	16,6	16,7	15,5	16,0	15,5	15,9	16,07
September . .	14,4	14,1	14,5	15,2	14,7	14,8	14,2	14,1	14,7	14,2	14,49
Oktober . . .	12,7	10,5	12,1	12,3	10,8	11,6	13,2	11,5	12,8	11,8	11,93
November . .	8,5	6,8	8,8	7,6	7,5	8,8	8,8	6,7	8,2	8,0	7,99
Dezember . .	5,3	2,9	5,4	5,2	5,3	5,9	5,4	4,4	5,1	5,5	5,04
Mittel	9,4	8,7	9,1	9,4	9,3	9,7	9,3	9,1	8,5	9,6	9,23

Die Durchschnittstemperaturen der verschiedenen Erdtiefen zeigen mit zunehmender Tiefe eine steigende Tendenz.

Der Boden muss natürlich in der geringeren Tiefe von 20 cm am meisten der Temperatur der Luft folgen, ohne jedoch ihre

## 130 cm Tiefe.

Monat	1901	1902	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910	Monats- mitteldes 10 Jahre
Januar . . .	4,3	5,7	3,3	4,4	4,3	4,5	4,2	4,5	3,7	5,0	4,39
Februar . . .	2,9	4,5	2,8	3,8	3,1	3,9	3,2	3,7	3,1	4,8	3,53
März . . .	2,5	4,2	4,5	4,0	4,3	4,6	4,0	4,3	2,4	5,3	4,01
April . . .	5,1	6,1	6,5	6,2	6,1	6,4	6,2	6,0	4,1	6,7	5,92
Mai . . .	9,4	8,3	9,3	9,2	9,3	10,3	9,7	9,2	8,8	9,6	9,26
Juni . . .	13,8	12,1	12,5	12,6	12,6	12,4	13,0	13,6	11,9	14,2	12,87
Juli . . .	15,5	13,8	14,0	14,6	14,9	15,1	14,6	15,1	13,7	14,7	14,60
August . . .	16,5	14,2	14,5	16,2	15,3	16,0	14,9	15,5	14,8	15,4	15,33
September . . .	14,3	13,9	14,2	14,8	14,1	14,6	14,2	14,2	14,5	14,2	14,30
Oktober . . .	12,9	11,0	12,3	12,5	11,0	11,9	13,3	12,0	13,0	12,2	12,21
November . . .	9,5	8,2	9,5	9,1	8,0	9,3	9,9	7,9	9,4	9,0	8,93
Dezember . . .	6,4	4,0	6,4	6,1	6,3	6,8	6,5	5,5	6,1	6,5	6,06
Mittel	9,4	8,8	9,1	9,5	9,1	9,6	9,5	9,3	8,7	9,8	9,29

Zusammenstellung der monatlichen Mittelzahlen mit den Zahlen der Lufttemperatur in °C.

Monat	Temperatur der Luft				Temperatur der Erdtiefen von				
	unter Früchten 8 Uhr morgens	auf freier Erdober- fläche 8 Uhr morgens	in 1½ m Höhe der Erdoberfl. 8U. morgens	in 1½ m Höhe im Tagesmittel	20 cm	40 cm	70 cm	100 cm	130 cm
Januar . . .		— 3,35	— 2,26	— 1,16	0,24	1,23	2,48	3,44	4,39
Februar . . .		— 1,88	— 1,32	— 0,08	0,26	0,96	1,89	2,70	3,53
März . . .		1,04	1,77	3,42	2,48	2,89	3,22	3,56	4,11
April . . .		6,72	7,18	7,65	6,95	6,93	6,47	6,05	5,92
Mai . . .		13,86	13,43	13,46	12,70	12,46	11,18	10,00	9,26
Juni . . .	17,21	17,35	17,29	16,81	17,15	16,84	15,49	13,88	12,87
Juli . . .	18,25	17,93	18,17	18,05	18,04	17,99	16,88	15,53	14,40
August . . .	15,75	16,07	16,76	17,78	17,24	17,46	16,97	16,67	15,33
September . . .	11,81	11,62	12,35	13,72	13,76	14,48	14,67	14,49	14,30
Oktober . . .	7,50	6,80	7,49	9,36	9,73	10,76	11,59	11,93	12,21
Dezember . . .		1,09	1,61	2,97	4,22	5,62	7,08	7,99	8,98
Mittel		— 1,16	— 0,76	— 0,05	1,66	2,67	4,07	5,04	6,06
Mittel der Monate Juni bis Oktober	14,10	13,95	14,47	15,16	15,18	15,51	15,12	14,40	13,82

Schwankungen bis ins einzelne mitzumachen; er zeigt schon eine grössere Ausgeglichenheit in seiner Tagestemperatur. Seine 8 Uhr-Temperatur hat sich durch mehrmalige Thermometerablesungen bei 20 und 40 cm Tiefe als der Mitteltemperatur des Tages entsprechend herausgestellt, die mehr durch die Temperatur der Luft während des ganzen Tages beeinflusst wird und daher im Jahresdurchschnitt nicht der 8 Uhr-morgens-Temperatur der Luft, sondern dem Durchschnitt des Tagesmittels sehr nahe stehen muss. In den grösseren Tiefen ist die mittlere Jahrestemperatur höher als die der Luft, da hier einerseits die Temperatur des Winters bei weitem nicht den Tief-

stand der Lufttemperatur erreicht, andererseits jedoch die Sommer-temperatur in den Erdtiefen der der Luft sich sehr nähert.

In den Monaten Juni bis Oktober haben wir bei 20 cm Erdtiefe fast genau die gleiche Durchschnittstemperatur wie in der Luft von 1½ m Höhe, bei 40 cm ist sie um 0,35° C höher, da sie in den Spätsommermonaten langsamer sinkt, und es nimmt während dieser Monate in den weiteren Erdtiefen die Durchschnittstemperatur mit zunehmender Tiefe ab, während sie doch in der mittleren Jahres-temperatur infolge der höheren Wintertemperatur mit steigender Tiefe zunimmt.

Den Verlauf dieser Bodentemperaturen im sechsjährigen Durch-schnitt der Jahre 1901—1906 haben nun B. Schulze und H. M e h r i n g im Vergleich zu dem Verlauf der Lufttemperatur aus-führlich behandelt und dieselben in exakter Weise graphisch darge-stellt.<sup>2)</sup> Da nun die jetzt hinzugekommenen Jahre sowohl an der Durchschnittstemperatur der Erdtiefen sowie der Luft nichts geändert haben und der dort unter Berücksichtigung der täglichen Temperatur aufgestellte Kurvenlauf auch aus den hier angeführten mittleren Monatszahlen erkennbar ist, so sind auch hier die dort gefundenen Ergebnisse ohne weiteres verständlich.

Die Erdtiefentemperaturen machen alle Schwankungen der Luft-temperatur mit einer kleinen Verzögerung mit, so dass bei ihnen die Maxima und Minima zeitlich etwa um einen Monat hinter den Ex-tremen der letzteren liegen; am schnellsten folgt natürlich die Tem-peratur der oberen Erdschichten der Lufttemperatur und hält sich auch viel mehr in ihrer Nähe.

Bei einer graphischen Darstellung des Temperaturverlaufs der Luft und der verschiedenen Erdtiefen verläuft die Temperatur bei 130 cm im Winter an der obersten, im Sommer an der untersten Stelle des Kurvenbündels, weil diese tiefere Erdschicht der Abkühlung bezw. Erwärmung der Luft weniger schnell folgt und daher im Winter die höhere, im Sommer aber die niedere Temperatur hat. Daher müssen sich alle Kurven der fünf Erdtiefen alljährlich zweimal schneiden, während sie von der Kurve der mittleren Tagestemperatur je nach deren schnellerem Schwanken mehrmals geschnitten werden können.

---

<sup>2)</sup> Fühlings Landwirtschaftliche Zeitung 1908, Heft 20.

Die Schnittpunkte liegen natürlich da, wo die Temperaturen gleich sind, und das ist in ihrer Gesamtheit (vergl. letzte Tabelle) ungefähr im März-April und im August-September, d. h. weit hinter der Zeit der höchsten und tiefsten Sonnenhöhe und schon nahe an der Tag- und Nachtgleiche der Fall; dies ist also die Zeit, wo die grösste Erdtiefe in ihrer bisherigen höheren Temperatur von den oberen Bodenschichten überflügelt wird bezw. wo die letzteren unter das nunmehr wiederum höher bleibende Niveau der grösseren Erdtiefe sinken.

Aus den hier angeführten Tabellen ergibt sich nun auch, dass in allen Erdtiefen, bis auf die von 20 cm, der mittlere tiefste Thermometerstand erst im Februar, derjenige der Luft schon im Januar eintritt; in der höchsten Sommertemperatur folgen die Erdtiefen, bis auf die von 20 und 40 cm, ebenfalls dem Maximum der Luft erst nach einem Monat.

Des allgemeinen Interesses wegen sei zum Schluss noch erwähnt, dass unsere meteorologischen Beobachtungen in Rosenthal bei Breslau eine weitgehende Uebereinstimmung mit denen der Kgl. Sternwarte in Breslau zeigen <sup>3)</sup>), soweit ein Vergleich nach deren Umfang möglich ist. Der hier im 67 jährigen Durchschnitt der Jahre 1825—1891 festgestellte Barometerstand deckt sich unter Hinzurechnung von 2,90 mm Quecksilberhöhe für die Höhendifferenz der Barometerstandorte bis auf 0,2 mm mit dem 10 jährigen barometrischen Mittel in Rosenthal. Die Niederschlagsmenge der Jahre 1901—1910 ist im Jahressdurchschnitt nur um 1,0 mm geringer als die im Durchschnitt der 37 Jahre von 1855—1891 auf der Breslauer Sternwarte ermittelte. Ein Vergleich der Lufttemperatur ist wegen der Verschiedenheit der Höhenlage beider Beobachtungsorte sowie wegen der voneinander abweichenden Methode der Beobachtung nicht möglich, wenngleich dieselbe in Rosenthal auch nur 0,5° C höher war. Aber immerhin sind doch die angeführten Tatsachen ein Beweis dafür, dass bei meteorologischen Beobachtungen schon ein Zeitraum von 10 Jahren ausreichen kann, um für die klimatischen Verhältnisse einer Gegend treffende Durchschnittszahlen zu erlangen oder um, wie in vorliegender Arbeit, ein klares Bild von dem Verlauf der Temperatur des Bodens und der ihn umgebenden Luft sowie

---

<sup>3)</sup> Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur.

ihrer Beziehungen zueinander zu erhalten, soweit dieses alles für unseren praktischen Pflanzenbau irgendwie von Bedeutung sein kann.

So verständlich nun die in den Tabellen angeführten Zahlen an und für sich und in ihrer Beziehung zueinander erscheinen, so muss man doch unter diesen und insbesondere unter den täglichen Aufzeichnungen manche einfach als Tatsache hinnehmen, ohne für die Ursachen ihrer Grösse einen bestimmten Anhaltspunkt zu finden. Es machen eben die Wirkungen der nächtlichen Wärmeausstrahlungen auf die Temperatur der Luft an der Bodenoberfläche sich in ausserordentlich wechselvoller Weise geltend, und sie sind in ihrer Vielseitigkeit noch nicht genügend erkannt, weil zwischen dem Betrage der Temperaterniedrigung in der untersten Luftsicht und den übrigen meteorologischen Elementen, wie Bewölkung, Luftbewegung, Luftfeuchtigkeit usw. gesetzmässige Beziehungen bisher nicht zu finden waren.

---

## **Die Konsistenz und die Bindigkeit der Böden.**

Von Herrn Albert Atterberg in Kalmar.

Mit 21 Textfiguren.

### 1. Die Konsistenzformen der Bodenarten.

Unter dem Worte Konsistenz wird verstanden: — das Verhalten der Körper zu äusseren Einflüssen, welche auf die Form derselben einwirken können, wie das Verhalten derselben zu der Schwerkraft, zum Druck, zum Stoss, zum Zug und zum Gefühl. Die Körper können flüssige oder feste, lose oder harte, lockere oder kompakte, plastische, weiche und zähe, schmierige und klebende, elastische oder spröde Konsistenz besitzen. Die verschiedene Konsistenz ist eine Folge der verschiedener Kohäsion und Adhäsion der Körper.

Die Konsistenz der Böden ist sehr wechselnd. Trockne Tone zeigen feste oder harte, bisweilen fast steinharte Konsistenz. Nasse Tone zeigen klebende, weiche oder zähe Konsistenz. Trockene Sandböden haben lose, feuchte, feinkörnige Sandböden zeigen ziemlich feste Konsistenz.

Diese Beispiele lehren, dass es sich bei dem Studium der Bodeneigenschaften nicht nur um den Boden handelt, sondern ebenso oft und sogar viel öfter um allerlei Kombinationen von Boden und Wasser. Unter den Bodenarten kommen fast nur die Sandböden in der Natur so wasserfrei vor, dass der Wassergehalt auf die Eigenschaften nicht einwirkt, und zwar nur im trocknen Sommer sind die Sandböden so wasserarm. Im trocknen Zustande sind die Sandböden locker. Sie brauchen aber nur wenig Wasser, um einen gewissen, oft gar nicht kleinen Zusammenhang zu bekommen. Wenn man aus nassem Sand kleine Würfel formt, so behalten die Würfel die Form bis fast der ganze Wassergehalt verdunstet ist.

Bei feinkörnigeren Böden hat schon die hygroskopische Feuchtigkeit auf die Eigenschaften grossen Einfluss. Ich bestimmte im Jahre 1910 die Festigkeit einer Reihe von bei 100° getrockneten Tonproben. Eine Anzahl Tonwürfel wurde dabei unbenutzt gelassen. Ein Jahr später wurden ebenfalls diese Würfel auf ihre Festigkeit untersucht. Folgende Festigkeitsziffern wurden dabei gefunden:

Ein Ton aus Schonen, welcher früher die Festigkeitsziffer 39 gezeigt hatte, zeigte jetzt die Ziffer 20. Ein Ton aus Kalmar, welcher früher die Ziffer 42 zeigte, zeigte jetzt die Ziffer 25. Ein Tonmergel aus Danzig hatte früher die Festigkeit 46 gezeigt, hatte aber jetzt die Festigkeit 24. Ein Sodaboden aus Ungarn, dessen Würfel mit 67 kg belastet werden konnten, ohne dabei gespalten zu werden, wurde jetzt von 39 kg gespalten. Sämtliche Ziffern sind Durchschnittszahlen aus mehreren Bestimmungen. Die letztgenannte Bodenprobe zeigte jetzt 4,6 % an Feuchtigkeitsgehalt.

Schon der hygroskopische Feuchtigkeitsgehalt kann somit einen hohen Einfluss auf die Eigenschaften der Böden ausüben.

Bei höheren Wassergehalten ist die Einwirkung des Wassers noch grösser. Die Eigenschaften der Böden werden oft völlig verändert. Sehr harte trockne Tone werden in nasser Form weich und klebend.

Man muss deshalb darüber ins Klare kommen, dass man bei dem Studium der Bodeneigenschaften in den meisten Fällen nicht mit dem Boden allein, sondern mit der Kombination Boden + Wasser zu tun hat. Diese Kombination oder dieser Komplex ändert die Eigenschaften nach dem Verhältnisse des Bodens zum Wasser im Komplexe.

Bei jedem Studium der Bodeneigenschaften muss darum der Wassergehalt des Bodens genau in Betracht gezogen werden.

Weniger bedeutend ist die Einwirkung des Wassers auf die nicht hygroskopischen groben Bodenformen: Kies und Grobsand. Das Wasser passiert hier leicht zwischen den Körnern, macht sie zwar feucht, füllt aber nicht die Poren. Deshalb sind der Kies und der Grobsand sogar in nassem Zustande recht locker. Die Konsistenz wird durch die Wasserzufuhr nur wenig erhöht.

Ganz andersartig ist das Verhalten der feinkörnigen und der mikroskopischen Sandarten. Auch diese zeigen in trockner Form gar keinen oder (die mikroskopischen Sandkörnungen) nur schwachen Zusammenhang. Wenn dieselben aber feucht werden, steigt die Konsistenz bedeutend, und zwar in um so höheren Grade, je mehr die Poren der Körner mit Wasser gefüllt werden. Sie steigt ebenfalls mit der Feinheit der Körner. Erst bei hohem Wassergehalte fängt die Konsistenz wieder zu sinken an, um schliesslich zu der flüssigen Konsistenzform überzugehen.

Alle übrigen Mineral-Böden verhalten sich in entgegengesetzter Weise. Die Konsistenz ist hier immer am grössten, wenn die Böden trocken sind. Von dem trocknen Zustande aus sinkt die Konsistenz bei steigenden Wassergehalten immer mehr, bis die Böden bei hohen Wassergehalten schliesslich flüssig werden.

Das Sinken der Konsistenz der Böden bei steigenden Wassergehalten ist jedoch nicht ganz regelmässig. Bei fast allen Böden existiert eine Grenze, bei der sich die Abnahme der Konsistenz stossweise ändert. Diese Grenze ist bei den nicht plastischen Böden die Fliessgrenze<sup>1)</sup>. Sie trennt bei diesen Böden zwei ganz verschiedene Zustände und Konsistenzformen des Boden-Wasser-Komplexes: den festen und den flüssigen Zustand, die feste und die flüssige Konsistenzform. Bei Wassergehalten unterhalb der Fliessgrenze sind die Böden fest, oberhalb dieser Grenze flüssig.

Bei den plastischen Böden teilt sich die Fliessgrenze in zwei verschiedene Grenzen, in die eigentliche Fliessgrenze und die Ausrollgrenze<sup>2)</sup>. Bei den Wassergehalten, die zwischen diesen beiden Grenzen liegen, sind die Boden-Wasser-Komplexe weder fest, noch flüssig. Hier tritt ein neuer Zustand auf, der plastische Zustand mit der plastischen Konsistenzform.

Von den beiden Grenzen, welche diesen Zustand begrenzen, ist hier nicht die Fliessgrenze, sondern die Ausrollgrenze die am schärfsten gezogene. Wie unten unter der Rubrik „Die Bestimmung der Zähigkeit“ gezeigt wird, ist es hier nicht die Fliessgrenze,

<sup>1)</sup> Siehe meine Abhandlung „Die Plastizität der Tone“ in dieser Zeitschrift Bd. I. S. 36.

<sup>2)</sup> Siehe dieselbe Abhandlung S. 38.

sondern die Ausrollgrenze, bei der die Konsistenz sich stossweise ändert.<sup>3)</sup> Der plastische Zustand steht darum dem flüssigen Zustande näher, als dem festen Zustande, und kann als eine Abart des flüssigen Zustandes aufgefasst werden.

Da die am schärfsten gezogene Grenze bei sämtlichen Böden denselben Namen besitzen darf, muss ich als eine besondere Grenze die Grenze des festen Zustandes, die Festigkeitsgrenze aufstellen. Diese Grenze fällt dann bei den nicht plastischen Böden mit der Fliessgrenze, bei den plastischen Böden aber mit der Ausrollgrenze zusammen.

Die genannten drei Hauptzustände und Hauptkonsistenzformen können in mehrere Unterabteilungen eingeteilt werden. Diese sind bei den verschiedenen Böden in Zahl verschieden. Bei den plastischen Böden will ich sechs verschiedene Zustände unterscheiden, die nach ihren Konsistenzformen benannt werden mögen. Die Abteilungen sind 1. die dünnflüssige Konsistenzform, 2. die dickflüssige Konsistenzform, 3. die zähflüssige Konsistenzform, 4. die plastische Konsistenzform, 5. die losere feste Konsistenzform und 6. die härtere feste Konsistenzform.

Bei der dünnflüssigen Konsistenzform sind die Komplexe fast so leichtflüssig wie Wasser. Die Bestandteile der Böden, makroskopische, mikroskopische und kolloidale, sind hier in einem Wasserüberschusse aufgeschlämmt. Da die größeren Bestandteile sich aus dem Wasserüberschusse allmählich abscheiden wollen, ist diese Konsistenzform nicht immer haltbar. Die Grenze zwischen dieser Konsistenzform und der folgenden ist meine Grenze der Dünnglüssigkeit.

Die dickflüssige Konsistenzform zeigt lose breiartige Konsistenz, und wird dadurch gekennzeichnet, dass, wenn der Brei in zwei Teile geteilt wird, die beiden Teile zwar wieder zusammenfliessen, aber eine tiefere oder seichtere Furche zwischen sich zurücklassen. Die nordischen Fliesslehme (Flosslehme) gehen bei niederer Temperatur leicht in diese Konsistenzform über. Die Grenze zwischen dieser Konsistenzform und der folgenden ist meine Grenze der Dickflüssigkeit.

Die zähflüssige Konsistenzform hat dick-breiartige klebrige Konsistenz und wird dadurch gekennzeichnet, dass

<sup>3)</sup> Siehe Fig. 21 in dieser Abhandlung.

der Komplex in dünner ( $1\frac{1}{2}$  cm hoher) Schicht nicht fliest. Wenn die Höhe der Masse wächst, wird der Komplex zähflüssig. Bei dieser Form der Bodenkomplexe kommen leicht Erdrutsche vor. Die Grenze zwischen dieser Konsistenzform und der folgenden ist meine „Fliessgrenze“ (= die obere Plastizitätsgrenze).

Die plastische Konsistenzform wird durch weiche, teigförmige Konsistenz und dadurch, dass die Tonstücke sich zu Drähten ausrollen lassen, gekennzeichnet.

Die Konsistenzform erinnert in den Eigenschaften sowohl an die flüssigen wie an die festen Konsistenzformen. Die Komplexe fliessen hier nur unter dem Einflusse eines Druckes, und nur so lange der Druck dauert.

Die weiche, teigförmige Konsistenz geht bei den Tonen der ersten Plastizitätsklasse gegen die Fliessgrenze in Klebrigkeit, gegen die Ausrollgrenze dagegen in Zähigkeit über. Die plastische Konsistenzform will somit hier in zwei neue Formen übergehen. In der klebenden Unterform sind die Tone klebend, wie in der zähflüssigen Konsistenzform. In der zähen Unterform kann die Zähigkeit so hoch steigen, dass recht viel Kraft verwendet werden muss, wenn man die Ausrollgrenze, durch Ausrollen des Tonsteiges, bestimmen will. Dass Kraft verwendet werden muss, zeigt, dass die Zähigkeit und darum ebenfalls die Weichheit als innerhalb des plastischen Zustandes auftretende Formen der Festigkeit aufzufassen sind. Die Grenze zwischen der plastischen Konsistenzform und der folgenden ist die Festigungsgrenze (= die Ausrollgrenze, oder die untere Plastizitätsgrenze).

Die lose feste Konsistenzform wird dadurch gekennzeichnet, dass die Komplexe fortwährend so feucht sind, dass dieselben bei schwachem Druck zusammenkleben können. Dazu schwinden hier die Tonstücke beim Trocknen, und bei dem Schwinden tritt keine Luft an die Stelle des verdunstenden Wassers.

Die härtere feste Konsistenzform wird dadurch gekennzeichnet, dass die Komplexe nicht länger bei schwachem Druck zusammenhaften, dass dieselben beim Trocknen nicht schwinden, und dass bei dem Austrocknen Luft an den Platz des verdunstenden Wassers eintritt. Es ist aber noch ungewiss, ob diese drei Kennzeichen einander genau begleiten.

Die Grenze, bei der die Tonkomplexe anfangen Luft anstelle des verdunstenden Wassers aufzunehmen, wird oft dadurch ge-

kennzeichnet, dass die Farbe der Tonstücke von dunkel zu hell übergeht. Das ist der „Umschlagspunkt“ van Bemmelen's.<sup>5)</sup>

Bei den nicht plastischen Böden werden die Konsistenzformen stark verändert. Die plastische Form verschwindet ganz. Die feste Form verliert an Festigkeit, um schliesslich ganz zu verschwinden. Die übrigen Konsistenzformen zeigen ebenfalls Aenderungen. Bei den Böden, bei welchen mikroskopische Sandkörnungen vorherrschen — die Fliesslehme — wird die zähflüssige Konsistenzform hart, ein Verhalten, das ein genaueres Studium verdient.

Bei den obengenannten festen Zuständen und Konsistenzformen sind die Bodenteilchen der Komplexe so dicht aneinander gepackt, als die vorhandene Wassermenge es erlaubt. Das sind die Konsistenzformen der nicht bearbeiteten Böden, die kompakten Konsistenzformen. Bei den durch die Ackerbaugerätschaften bearbeiteten Böden treten andere Konsistenzformen auf, die gelockerten Konsistenzformen. Bei diesen sind die Komplexe zu grösseren oder kleineren, oft fortwährend festen Brocken zerteilt, die von einander durch grössere Zwischenräume getrennt sind. Die gelockerten Konsistenzformen können von mehrerer Art sein. Die Brocken oder Teilchenaggregate können trocken, feucht oder nass sein. Die Zwischenräume können luftgefüllt oder mehr oder weniger wassergefüllt sein. Da der Lockungsgrad sehr wechselt kann, ist eine gute Einteilung der gelockerten Konsistenzformen schwierig durchzuführen.

Die Grenzen, durch welche die Konsistenzformen getrennt sind, mögen Konsistenzgrenzen genannt werden. Die von mir in meiner Abhandlung über die Plastizität aufgestellten Grenzen sind somit Konsistenzgrenzen. Die Fliessgrenze und die Ausrollgrenze (die Festigkeitsgrenze) sind die wichtigsten Konsistenzgrenzen.

Die verschiedenen Konsistenzformen treten bei verschiedenen Bodenarten mit verschiedenem Konsistenzgrade auf. Die Bodenkomplexe können sich mehr oder weniger zähflüssig, mehr oder weniger plastisch, mehr oder weniger zäh und fest zeigen. Die Zähflüssigkeit, die Plastizität, die Zähigkeit und die Festigkeit müssen daher gemessen werden. Dieselben wechseln aber nicht

<sup>5)</sup> Van Bemmelen, Z. f. angew. Chem. 18, 98, 1898.

nur von dem einen Boden zu den anderen; sie wechseln ebenfalls nach niedrigeren und höheren Wassergehalten. Wenn man die Konsistenzgrade messen will, muss man darum stets den Wassergehalt der Bodenproben genau angeben. Will man Ziffern bekommen, die für verschiedene Böden vergleichbar sind, ist es sogar nicht zulässig, die Bestimmungen bei gleichen Wassergehalten auszuführen; denn derselbe Wassergehalt kann z. B. bei einem Boden oberhalb der Fliessgrenze und bei einem anderen Boden unterhalb der Fliessgrenze liegen. Um vergleichbare Ziffern zu bekommen, muss man deshalb die Messungen bei einer der Konsistenzgrenzen oder in bestimmter Beziehung zu diesen Grenzen vornehmen.

Die Frage, wie die Plastizitätsgrade zu messen sind, habe ich in meiner vorigen Abhandlung erörtert; die Frage, wie die Festigkeit und die Zähigkeit der Böden zu messen sind, wird in dieser Publikation behandelt.

Die obige Darstellung der Konsistenzverhältnisse der Bodenarten veranlasst mich, die folgende Behauptung auszusprechen: Wenn man die Eigenschaften eines Bodens kennen lernen will, hat man vor allem die Konsistenzformen, die Konsistenzgrenzen und bei den wichtigeren Konsistenzformen ebenfalls die Konsistenzgrade zu studieren.

## 2. Die Bindigkeit der Böden.

Zahlreiche Böden zeigen eine derartige Konsistenz, dass sie sich nur mit Schwierigkeit durch die Ackerbaugeräte bearbeiten lassen. Solche Böden werden schwere, stark bindige Böden genannt. Böden, die etwas leichter zu bearbeiten sind, werden mittelschwere, bindige Böden genannt. Die Böden, die leichter sich bearbeiten lassen, werden leichte, wenig bindige Böden genannt. Sandböden werden als lose, nicht bindige Böden bezeichnet.

Um ganz sicher und scharf diese Bodengruppen unterscheiden zu können, wäre es notwendig, die Bindigkeitsgrade in Ziffern bestimmen zu können. Derartige Bestimmungen würden grosse praktische Bedeutung besitzen, da die Schwierigkeit, die Böden zu bearbeiten, ja den Hauptunterschied in der landwirtschaftlichen Praxis ausmacht. Die Hauptgruppen der Mineralböden, die Ton-

böden, die Lehmböden und die Sandböden, werden zum grossen Teil durch die verschiedene Bindigkeit von einander unterschieden.

Es ist jedoch mit ganz denselben Schwierigkeiten verbunden, die Bündigkeit der Böden, wie die Konsistenz der Böden zu messen. Der eine Boden kann schwieriger zu bearbeiten sein als der andere, nicht nur da die beiden Böden plastisch, sondern ebenfalls da die Böden in den festen Zustand übergegangen sind. Die Bindigkeit ist darum, wie die Konsistenz, ein kombinierter Begriff. Die schweren Tone werden schwer genannt, sowohl da sie klebend, als auch da sie zähe und hart sind.

Die Klebrigkeiit und die Zähigkeit der Böden machen jedoch die Böden nicht so widerspenstig bei dem Bearbeiten, wie das Erhärten beim Austrocknen. Die Pflüge der Jetzzeit pflügen ohne Schwierigkeit auch stark klebende Tone. Die Zähigkeit ist, wie unten gezeigt wird, nur ein geringer Grad von Festigkeit. Es ist daher hauptsächlich das verschiedene Erhärten beim Trocknen, die höhere und niedrigere Festigkeit, welche die Böden bei dem Trocknen gewinnen, wodurch die grössere oder kleinere Bindigkeit herorgerufen wird. Für die vollständige Behandlung der Bindigkeitsfrage ist es nötig, ebenfalls das Wechselen der Klebrigkeit und der Zähigkeit zu bestimmen. Klebrigkeiit und Zähigkeit scheinen aber im allgemeinen mit der Festigkeit steigen und sinken zu wollen. Der Bindigkeitsgrad kann darum am einfachsten durch die Festigkeitsbestimmung festgestellt werden.

Der Festigkeitsgrad innerhalb der festen Konsistenzform und der Bindigkeitsgrad sind darum mit demselben Mass zu messen.

### 3. Die Festigkeit der Böden.

Ich will somit die Festigkeit als das zuverlässigste Mass der Bindigkeit, d. i. der schwierigeren oder leichteren Bearbeitbarkeit der Böden auffassen.

Die Festigkeit wechselt aber, wie die übrigen Konsistenzformen und alle sonstigen Bodeneigenschaften, stark mit den Wassergehalten der Böden. Um konstante Ziffern für die Festigkeit zu bekommen, ist es darum am einfachsten, den variablen Faktor, den Wasser gehalt, ganz wegzuschaffen und nur die Festigkeit der wasserfreien, d. h. der bei  $100^{\circ}$  getrockneten Böden zu bestimmen.

Gegen die Verwendung von bei  $100^{\circ}$  getrockneten Böden bei den Festigkeitsbestimmungen kann man mit Recht die Einwendung

machen, dass die tonigen Böden in der Natur niemals so trocken vorkommen, und dass darum die Festigkeitsziffern der bei 100° getrockneten Böden unpraktisch hoch ausfallen müssen. Wegen dieser Einwendung habe ich nachzusehen versucht, ob die Festigkeit sich füglich bei einem bestimmten Wassergehalt, z. B. bei einem dicht unter der Grenze des festen Zustandes liegendem Wassergehalte sich bequem bestimmen lasse.

Aus einer unten beschriebenen Untersuchungs-Serie mögen hier folgende Ziffern angeführt werden, welche zeigen, dass solche Bestimmungen mit grossen Schwierigkeiten verbunden sind.

Ein Ton mit der Ausrollgrenze 30 zeigte bei einem Wassergehalt von 31,9 Teilen Wasser bei 100 Teilen trockenen Tones, eine Festigkeitsziffer von 930 g; bei einem Gehalt aber von 25,4 Teilen Wasser zeigte er eine solche von 7 Kilo. Einer Erhöhung des Wassergehaltes von einem Teile Wasser entsprach dann eine mittlere Aenderung der Festigkeit von 0,9 Kilo. — Ein zweiter Ton von der Ausrollgrenze 17 zeigte bei 15 Teilen Wassergehalte die Festigkeit von 1127 g, bei 9,5 Teilen Wasser dagegen eine solche von 12 Kilo. Bei einer Erhöhung der Wassermenge um einen Teil wurde also die Festigkeit um fast 2 Kilo geändert. — Ein dritter Ton von der Ausrollgrenze 26,7 zeigte bei dem Wassergehalte von 25,3 die Festigkeit von 1648 g, bei 18 T. Wasser dagegen eine solche von 19 Kilo. Einer Aenderung des Wassergehaltes um eine Einheit entsprach also die mittlere Aenderung der Festigkeit von 2,4 Kilo.

Bei der Zubereitung eines Tonteiges von gewissem berechnetem Wassergehalte und beim Formen des Tonteiges für die Festigkeitsbestimmungen kann man aber durch Verdunstung des Wassers und andere Ursachen Fehler machen, die sich leicht auf ein Teil Wasser zu 100 Teilen Ton belaufen können. Ein solcher Fehler entspricht nach den gerade angeführten Ziffern einem Fehler in der Festigkeitsziffer von 1 bis 2,4 Kilo. Das ist bei niederen Festigkeitsziffern ein zu grosser Fehler. Es ist darum in derartigen Fällen stets notwendig, den Wassergehalt des geformten Teiges durch besondere Wassergehaltsbestimmungen zu kontrollieren. Man findet aber dann sehr oft einen anderen Wassergehalt des Teiges, als den beabsichtigten. Dadurch werden derartige Festigkeitsbestimmungen sehr erschwert.

Sucht man dagegen den Festigkeitsgrad unter Verwendung von lufttrockenen Böden zu bestimmen, so dürfte die Unsicherheit der Ziffern ebenso gross und wahrscheinlich noch grösser werden. Der Wassergehalt der lufttrockenen Böden fällt verschieden aus, je nachdem die Böden in kalter oder warmer Luft, in etwas feuchter oder sehr trockener Luft getrocknet sind. Da die Festigkeit der wasserfreien Böden nach den oben mitgeteilten Ziffern etwa die doppelte der luftgetrockneten Böden ist, so muss man bei in verschiedener Art luftgetrockneten Bodenproben recht grosse Verschiedenheiten in den Festigkeitsziffern erwarten.

Scharfe Festigkeitsbestimmungen sind darum nur bei wasserfreien Bodenproben zu erwarten.

Da die Festigkeit der bei  $100^{\circ}$  getrockneten Bodenproben meistens höher ist, als die Festigkeit der Böden in der landwirtschaftlichen Praxis, scheint es mir angemessen, für die Festigkeit der bei  $100^{\circ}$  getrockneten Bodenproben eine besondere Bezeichnung zu benutzen. Ich will darum für die Festigkeit der bei  $100^{\circ}$  getrockneten Böden die Bezeichnung „die Festigkeitszahl“ vorschlagen.

Für die Bestimmung der Festigkeitszahl muss die Bodenprobe nicht in irgend einer Weise gelockert sein. Sie muss dagegen die möglichst kompakte Form besitzen. In dieser Form wird die Bodenprobe erhalten, wenn sie erst gepulvert und dann mit der für die Bereitung eines gleichmässigen Teiges gerade notwendigen Wassermenge zusammengeknnetet wird. Wenn ein derartiger Teig bei  $100^{\circ}$  getrocknet wird, bekommt er die richtige Festigkeit.

Unter der Festigkeitszahl verstehe ich darum die Festigkeit, welche ein mit kleinster möglicher Menge Wasser bereiteter und dann (zu Würfeln von  $2 \times 2 \times 2$  cm) geformter Bodenteig nach dem Trocknen bei  $100^{\circ}$  besitzt.

#### 4. Ältere Methoden zur Bestimmung der Festigkeit oder der Bindigkeit der Böden.

Der erste, welcher die verschiedene Bindigkeit der Böden zu bestimmen suchte, war wahrscheinlich Prof. Völcker, welcher

eine Art Spaten konstruierte, dessen Eindringen im Felde durch Gewichte bestimmt wurde.<sup>6)</sup>

Oekonomierat Dr. Meyer benutzte zur Bestimmung der „Konsistenz“ der Böden eine Scheibe, welche an ihren Ecken mit abgerundeten Stahlstiften versehen war. Die Scheibe wurde belastet, bis die Stahlstifte die drei Zoll tiefe Erdschicht durchdrungen hatten.<sup>7)</sup>

Karl Sprengel-Regenwalde empfahl in der Mitte des vorigen Jahrhunderts zur Bestimmung der Bindigkeit einen Kraftmesser, der mit dem Pfluge verbunden wurde. Diese Methode wird von Nowacki<sup>8)</sup> kritisiert.

G. Schübler, Professor der Chemie in Göttingen, war aber der erste, der ausführlichen Untersuchungen über die Konsistenz der Böden anstellte.<sup>9)</sup> Schübler sagt, dass sich die Konsistenz oder Bindigkeit in der Natur in dreifacher Weise äussere, und zwar erst durch die Festigkeit der hartgetrockneten Böden, dann durch die Klebrigkeit der feuchten Böden, und schliesslich durch die Volumenverminderung der austrocknenden Böden.<sup>10)</sup>

Schübler bestimmte die Festigkeit in folgender Weise. Von dem feuchten Boden wurden durch Holz- oder Metallformen kleine Stäbe von 5 cm Länge und 15 mm Durchmesser geformt, welche nach dem Trocknen bei 50—60° durch den hier abgebildeten Apparat auf Festigkeit untersucht wurden. Der Apparat bestand aus einem kleinen, auf einem Hebelarm befestigten Stahlspatel. Das äussere Ende des Hebelarmes trug eine Wagschale. Die Erdstäbe wurden, der eine nach dem anderen, mit ihren Enden auf Widerlager<sup>11)</sup> unter dem Stahlspatel gelegt. Die Wagschale wurde dann

<sup>6)</sup> Neue Mögelinsche Ann. d. L-t, Bd. 4, S. 119, 1819. Eine nähere Beschreibung des Apparates ist in Mitscherlichs Bodenkunde, S. 107—109, 1095 zu finden.

<sup>7)</sup> Anlage zur Flora des Königr. Hannovers, Göttingen 1882, nach Puchner.

<sup>8)</sup> Nowacki, Bodenkunde, 2. Auflage, S. 71, 1892.

<sup>9)</sup> Schübler, Grundsätze der Agrikulturchemie, 2. Auflage 1838, nach Puchner und Nowacki.

<sup>10)</sup> Das entspricht den Eigenschaften meiner beiden festen Zustände und der klebenden Eigenschaft des plastischen Zustandes bei den hochplastischen Tonen.

<sup>11)</sup> Nach Haberlandt, Landw. Pflanzenbau 1875.

belastet, bis die Stäbe durchschnitten wurden. Aus den erhaltenen Ziffern wurde dann die Durchschnittszahl gezogen.

Zur Feststellung der Klebrigkeitsbefestigte Schübler unter der einen Wagschale einer gewöhnlichen Wage eine Scheibe aus Eisen oder Holz, brachte diese mit der durchnässten Bodenprobe in genaue Berührung und belastete die andere Schale, bis die Scheibe

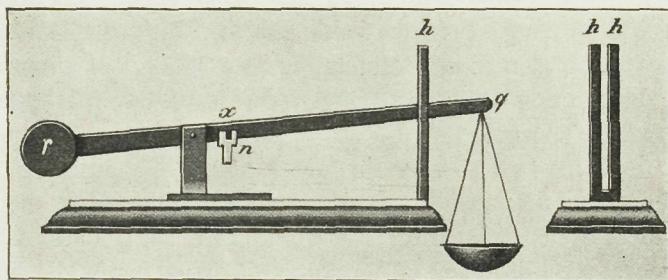


Fig. 1.

sich losriß. — Die Volumenverminderung wurde durch Messen der Schwindung von Bodenwürfeln bestimmt.

In der Arbeit Schübelers (schwedische Uebersetzung) finden sich auf diesem Wege erhaltene Ziffern von 13 Bodenarten angeführt. Hier mögen als Beispiele einige von ihnen angeführt werden:

	Festigkeit in Gramm	Klebrigkeit an Eisen in Gramm
Quarzsand . . . . .	0	170
Gartenerde mit 7,2 % Humus . . . . .	840	290
Ackererde „ 3,4 % „ . . . . .	3 660	260
Magerer Ton . . . . .	6 360	350
Fetter Ton . . . . .	7 640	420
Reiner grauer Ton . . . . .	11 100	1 220

F. Haberlandt in Wien<sup>12)</sup>) führte für den Bindigkeitsbegriff die von Schumacher vorgeschlagene Bezeichnung „Cohärenz“ ein, welche von Hilger in Jb. f. Agr. Ch. 1875 zu „Cohärenz“ verkürzt wurde. Zur Bestimmung der Kohärenz benutzte er die folgenden Methoden.

Die gesiebten Böden wurden in Glasröhren von 15 cm Länge gefüllt. Die Röhren wurden im Wasser gestellt, bis die Böden mit Wasser durchtränkt waren; oder es wurden die durchfeuchten

<sup>12)</sup> Untersuch. a. d. Geb. d. Pflanzenbaues 1875 und Wollnys Forschungen d. Agr. Physik. Bd. I, S. 148. 1878.

Böden in Gläsern eingestampft. Die Bodenzylinder wurden herausgedrückt, teilweise oder völlig ausgetrocknet und dann in 3 cm lange Zylinder geteilt. Diese wurden aufgestellt und so lange belastet, bis sie zerdrückt wurden. Dadurch wurde „die absolute Festigkeit“ der Böden bestimmt.

Später legte er 10 cm lange Bodenzylinder von 2 cm Durchmesser auf zwei 6 cm von einander entfernte Tragbalken. In der Mitte des Zylinders und mittels eines 2 mm breiten Tragbandes wurde eine Wagschale aufgehängt, welche belastet wurde, bis der Zylinder zerbrach. So wurde „die relative Festigkeit“ erhalten. Die Zylinderbruchstücke wurden dann zu 2 cm Länge abgeschnitten und an dem einen Ende wie oben belastet, um „die absolute Festigkeit“ zu bekommen.

Nach diesen Methoden wurden untersucht: teils zahlreiche Siebsortierungen eines Kulturbodens, teils Mischungen von Ackerböden mit Sand, Moorerde und Kalk, dazu Ziegelton und 12 verschiedene Bodenarten. Von den zahlreichen Zifferresultaten mögen die folgenden hier angeführt werden, welche dem grossen Einfluss des Wassergehaltes auf den Festigkeitsziffern illustrieren.

Zylinder von stark gestampfter Gartenerde zeigten:

bei 3,0 %	Wassergehalt	die absolute Festigkeit von	12,0	Kilo
bei 1,9 %	"	"	44,3	"
bei 0,9 %	"	"	52,3	"

Zylinder von stark gepresstem Tone zeigten:

bei 7,2 %	Wassergehalt	die absolute Festigkeit von	21,9	Kilo
bei 2,3 %	"	"	34,0	"
bei 1,8 %	"	"	44,3	"

Derselbe Ton, weniger stark gepresst, zeigte:

bei 15,0 %	Wassergehalt	die relative Festigkeit von	115	g
bei 2,3 %	"	"	1 900	"
bei 0,3 %	"	"	4 400	"

Bei den 12 untersuchten Bodenarten wechselte die „absolute Festigkeit“ zwischen 3,5 und 115 Kilogramm, die „relative Festigkeit“ zwischen 0,7 und 9,25 Kilo.

Unter den schliesslichen Resultaten der Untersuchungen mögen die folgenden hier genannt werden.

Der „Druckwiderstand“ oder „die absolute Festigkeit“ zeigte sich bei verschiedenen Wassergehalten sehr verschieden. Gleichfalls erhöhte sich die Festigkeit, je stärker die Böden gepackt und je feiner sie verteilt waren.

Moorböden von geringem Feinheitsgrade entbehren jeder Festigkeit (Cohäresenz). Moorbodyen von feinstem Korne zeigte höchstens die Cohäresenz von 200 g. Eine Beimengung von 10 % Moorbodyen zu einem Ackerbodyen erniedrigte die Cohäresenz um die Hälfte. 20 % Moorbodyen erniedrigt dieselbe um drei Viertel.

Die absolute und die relative Festigkeit wurden parallel gefunden. „Daraus folgt, dass ein bündiger Boden jeglichem Ackergehärtet höheren Widerstand entgegengesetzt wird.“

„Die für das Karakterisieren der Kohärenz-Verhältnisse üblichen Ausdrücke: bindig, zähe, mürbe, fest u. dgl. genügen nicht. Sie können besser durch eine nach den Methoden Haberlandt's gefundenen Ziffer ersetzt werden.“

H. Puchner<sup>13)</sup> hat ebenfalls sehr umfassende Untersuchungen über die Bindigkeit der Böden angestellt. Er benutzte dabei den hierneben abgebildeten Apparat. Das Gefäß K wurde mit dem Boden gefüllt. Dieser wurde möglichst stark zusammengepresst, worauf dann das Gefäß auf eine Wasserfläche gebracht wurde. Durch den durchlöcherten Boden des Gefäßes konnte dann das Wasser die Bodenprobe durchfeuchten. Nach erfolgter Sättigung mit Wasser wurde die Wagschale F belastet, bis der Keil G in dem Boden eingedrungen war. Dann liess Puchner die Bodenprobe austrocknen, so dass der Wassergehalt nur 80, 60, 40, 20 und 0 % von den ursprünglichen betrug, und es wurde bei sämtlichen Stufen die, „Trennungswiderstand“, benannte Bindigkeit gemessen.

Als Material für die Untersuchungen benutzte Puchner feingeschlämmtten Kaolin, rundkörnigen Quarz von 8 verschiedenen Feinheitsgraden, Kalksand von 5 Feinheitsgraden, extrahierten, feingeriebenen Humus, einen humosen Kalksand und verschiedene Bodengemenge. Diese wurden bei verschiedenen Wassergehalten, bei verschiedener Lockerung und bei verschiedener Zusammenpressung, bei Kali- und Kalk-Zusatz und nach dem Frieren untersucht. Auch wurden die Untersuchungen wiederholt unter Anwendung der Methoden von Haberlandt und von Schübeler. Dabei wurde eine neue verbesserte Form des Apparates Schübeler's benutzt. Diese ist in Puchner's Abhandlung näher beschrieben und abgebildet. In der unten genannten Abhandlung Frankau's wird derselbe als

---

<sup>13)</sup> H. Puchner, Inaugural-Dissertation, Leipzig 1889 und Wollny's Forschungen d. Agr. Phys. Bd. XII, 1889.

„Apparat von Braun“ bezeichnet. Aus seinen Untersuchungen zieht Puchner folgende wichtigere Schlüsse.

Der Widerstand, welcher sich bei dem Eindringen eines keilförmigen Körpers in dem Boden ergibt, ist um so grösser, je feiner die Bodenteilchen sind.

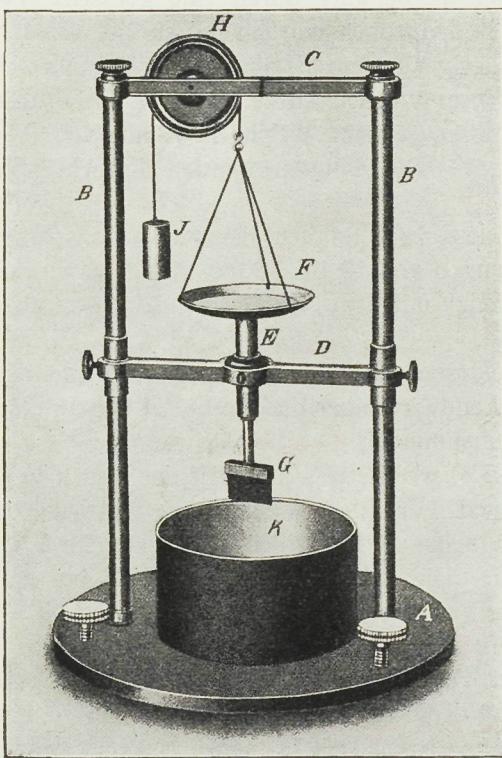


Fig. 2.

Bei einem Gemisch von Kornsortimenten liegt der Widerstand zwischen den Extremen, aber näher dem Wert des feinsten Sortimentes.

Bei den Lehmen erhöht sich der Widerstand mit abnehmendem Wassergehalt.

Kaolinreiche Gemische zeigen die grösste „Kohäresenz“ beim Austrocknen. Quarzsand und Humus zeigen aber die grösste „Kohäresenz“ bei mittleren Wassergehalten.

Zufuhr von Kalk vermindert die Festigkeit des Kaolins in bedeutendem Grade. Zufuhr von Kalihydrat und Kaliumkarbonat erhöhen die Festigkeit des trockenen Kaolins.

S. von Piedzicki<sup>14)</sup> benutzte bei seinen Untersuchungen über die „Bindigkeit oder Kohäreszenz“ den Apparat Schübler's. Der Stahlspatel wurde aber durch eine konische Stahlspitze vertauscht. Die Bodenproben wurden mit so viel Wasser versetzt, als sie ohne schmierig zu werden, aufnehmen konnten. Mit der Hilfe einer Messingform wurden kurze Zylinder von 3 cm Länge und 2 cm Durchmesser geformt, welche in Zimmerluft 8—10 Tage getrocknet wurden. Die Zylinder wurden aufrecht unter die Stahlspitze gestellt.

P. fand, dass zum Spalten der zwölf von ihm untersuchten Böden Belastungen von 15 bis 133 kg nötig waren. Dazu fand er die „Kohäresenz“ mit dem Gehalte der Böden an abschlämmbaren Teilen steigend.

P. klagt indessen, dass die von ihm gewonnenen Ziffern mit den Angaben der Landwirte über die Bindigkeit der untersuchten Böden schlecht übereinstimmten.

Hazar d<sup>15)</sup> wollte die Bindigkeit der Böden in der folgenden Weise bestimmen. Von den Bodenproben wurden Kugeln geformt. Diese wurden nebst zwei ähnlichen Glaskugeln unter eine Holzscheibe gelegt. Die Scheibe wurde belastet, bis die Bodenkugel zerbrach. Der Versuch wurde mehrmals wiederholt und die Mittelzahl der Ziffern genommen.

Schermbek hat im Jahre 1902 zur Bestimmung des „Widerstandes“ der Böden eine „Bodensonde“, d. h. einen belasteten Stab, und Mitscherlich im Jahre 1905 zu demselben Zwecke einen belasteten Glasstab oder Stahldraht empfohlen.<sup>16)</sup>

Will. Bagger (Die Bedeutung gewisser physikalischer Eigenschaften des Bodens, Inaug. Diss. Königsberg 1902) stellte durch Reiben und Schlämmen von mehreren Mineralien feine Schlämmprodukte dar, formte aus denselben mit Wasser kleine Bodenzylinder von 40 mm Länge und 10 mm Durchmesser, trocknete sie, legte die Zylinder auf zwei Prismen, deren obere Kanten

<sup>14)</sup> Unters. üb. die Bindigkeit des Bodens und üb. d. Bodenanalyse in den Mitteilungen d. landw. Instituts Leipzig 1901, S. 14 u. 46—50.

<sup>15)</sup> Landw. Jahrbücher 1900, S. 892.

<sup>16)</sup> Mitscherlich, Bodenkunde, S. 111—112, 1905.

30 mm entfernt waren, und belastete die Mitte der Prismen, bis sie zerbrachen. Folgende Belastungen wurden dabei erfordert:

Bei Quarz von 0,01—0,033 mm . . . . .	29 g
feiner als 0,003 mm . . . . .	472 "
" Orthoklas von 0,01—0,002 mm . . . . .	392 "
" Biotit von 0,05—0,01 mm . . . . .	790 "
" Kreide feiner als 0,005 mm . . . . .	1518 "
" Kaolin von etwa 0,01—0,001 mm . . . . .	3700 "

Für weitere Versuche benutzte B a g g e r die in der Dissertation abgebildete und genau beschriebene Bodensonde S c h e r m b e e k s. Mit der Hilfe dieses Apparates wurde bestimmt, wie viel Belastung in gr per qmm nötig war, um Metallstifte 10 mm tief in Bodenplatten einzupressen. Es wurde erfordert:

Bei Quarzkörner von 0,25—0,05 mm (?) . . . . .	5,1 g
"      "      von 0,05—0,01 mm . . . . .	5,7 "
"      "      von 0,01—0,003 mm . . . . .	106,0 "
"      "      feiner als 0,003 mm . . . . .	354,0 "
Bei Orthoklas von 0,26—0,05 mm (?) . . . . .	6,3 "
"      "      von 0,05—0,01 mm . . . . .	7,6 "
"      "      von 0,01—0,002 mm . . . . .	318,0 "
Bei Kreide von 0,25—0,05 mm (?) . . . . .	8,1 "
"      "      von 0,05—0,01 mm . . . . .	10,6 "
"      "      von etwa 0,001 mm . . . . .	955,0 "
Bei Kaolin von 0,25—0,05 mm (?) . . . . .	4,9 "
"      "      von 0,05—0,01 mm (?) . . . . .	12,1 "
"      "      von 0,01—0,001 mm (?) . . . . .	2819,0 "
Bei Biotit von 0,05—0,01 mm . . . . .	558,0 "
Bei acht natürlichen Böden . . . . .	60 bis 3024,0 "

Weitere Untersuchungen von B a g g e r sind in der Zeitschrift „Der Kulturtechniker 1907“ veröffentlicht.

Die Methode J o c k u m 's zur Bestimmung der „Bruchfestigkeit“ der Tone ist schon in meiner Abhandlung über die Plastizität der Tone beschrieben.

Eine Methode für die Untersuchung der Festigkeit von feingeschichtetem Gesteinmehl ist von dem „R o a d m a t e r i a l a b o r a t o r y“ of the U. S. Departement of Agriculture ausgearbeitet.<sup>17)</sup>

Die durchfeuchtete Probe wird, bei einem Druck von 100 kg auf das qcm, brikettiert, dann bei 100° getrocknet und mit Hammerschlägen behandelt, bis sie zerbricht. Die dabei angewandten Apparate scheinen zu kompliziert zu sein, um allgemeine Anwendung finden zu können.

A. F r a n k a u hat im Jahre 1910 die „Kohäresenz“ und den

<sup>17)</sup> Wiley, Agriculturat Analysis Vol. I, Soils, 1906, S. 117—123.

„Trennungswiderstand“ von neun Böden vermittels der Methoden Puchner's untersucht.<sup>18)</sup>

Fernere Untersuchungen über die Bindigkeit der Böden sind mir nicht bekannt. Die Untersuchungen von Schübler, Haberlandt und Puchner sind von grosser Bedeutung als bahnbrechend in dem Gebiete der Bindigkeitsfragen. — Die Untersuchung Bagger's ergänzt die Untersuchungen Puchner's. Bagger scheint der erste gewesen, welcher die physikalischen Eigenschaften von Mineralkörnungen feiner als 0,01 mm untersucht hat.

### 5. Vorläufige Untersuchungen zur Aufstellung einer neuen Methode der Festigkeitsbestimmungen.

Die von Schübler, Haberlandt, Puchner und Schermbeck angegebenen und benutzten Methoden zur Bestimmung der Konsistenz oder Bindigkeit der Böden haben sich zum Lösen der gestellten Fragen völlig verwendbar erwiesen. Sie sind jedoch nicht einwandfrei. Der Haupteinwand gegen die Methoden Schübler's und (teilweise) Haberlandt's ist der, dass die Bestimmungen nicht bei sehr genau fixierten Wassergehalten der Böden ausgeführt wurden. Ein zweiter Einwand ist der, dass der störende Einfluss der Unterlage der Bodenprobstücke den Versuchsanstellern nicht bekannt war. Die Methode Puchner's passt nur für losere und für sehr nasse Böden, hat aber gerade für diese besondere Vorteile.

Bei der Aufstellung einer neuen Methode wollte ich nicht von der Methode Stebler's ausgehen, denn bei dem Apparate Stebler's sind die Bewegungen des Spatels und der Wagschale nicht gradlinig. Ich bevorzugte das Verfahren Haberlandts, die Bodenproben direkt zu belasten. Vor dem Konstruieren eines guten, endgültigen Apparates müsste aber eine Reihe vorbereitender Untersuchungen mit provisorischen Apparaten angestellt werden.

### Spaltung oder Quetschung.

Ich versuchte erstens, ob die Spaltung von Bodenwürfeln mit einer belasteten Stahlschneide eine andere Kraft erfordern würde, als die Quetschung der Würfel durch Belastung ihrer ganzen Ober-

<sup>18)</sup> A. Frankau, Untersuchung über die Beziehg. d. physik. Bodeneigensch. zu einander und zur mechan. Bodenanalyse, München 1910.

fläche. Zu diesem Zwecke wurde eine Tonprobe mit verschiedener Menge Sand von 0,6—0,2 mm Körnerdurchmesser gemischt. Die Mischungen wurden durchfeuchtet und zu Würfeln geformt, bei  $100^{\circ}$  getrocknet und dann belastet. Folgende Resultate wurden erhalten:

Eine Mischung von	wurde gespalten	wurde gequetscht
1 Teil Ton mit 32 Teilen Sand . . .	von 1 kg	von 2 kg
1 " " 16 "	" 3 "	" 5 "
1 " " 8 "	" 4 "	" 6 "
1 " " 4 "	" 7 "	" 15 "
1 " " 0 "	" 11 "	nichts von 25 kg

Da das Quetschen die doppelte Belastung zu erfordern schien, fand ich die Spaltung der Bodenwürfel vorteilhafter.

#### Die Einwirkung der Unterlage.

Es wurden dann einige Versuche darüber angestellt, wie die Spaltung am besten angeordnet werden sollte.

Einige Bodenproben wurden mit Wasser gemischt und zu

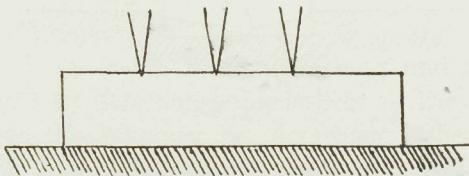


Fig. 3.

vierseitigen Prismen von  $2 \times 2 \times 9$  cm geformt. Nach dem Trocknen bei  $100^{\circ}$  wurden die Prismen auf eine ebene Unterlage gestellt

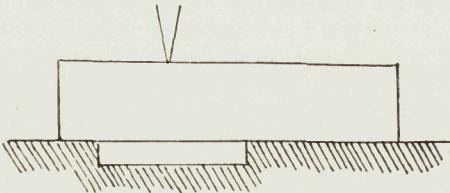


Fig. 4.

und so gespalten, dass die Stücke Würfel bilden sollten (Fig. 3). Beim Wiederholen der Bestimmungen wurden so bei loseren Bodenarten gut stimmende Ziffern erhalten. Bei festeren Böden wurden aber die Differenzen gross. So erforderte ein Ton das erste Mal

18,7 kg, das zweite M al21,6 kg, das dritte Mal 35,0 kg Belastung, um gespalten zu werden.

Dann wurden die Prismen nach dem Vorgange Schübler's und Haberlandt's auf Unterlagen von der Form (Fig. 4) gestellt. Ein Ton, welcher auf ebener Unterlage 40 kg Belastung erforderte,

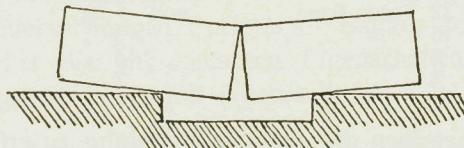


Fig. 5.

wurde jetzt von 24 kg gespalten. Ein zweiter Ton spaltete sich jetzt in zweierlei Art. War der Erfolg der Spaltung wie in Fig. 5,

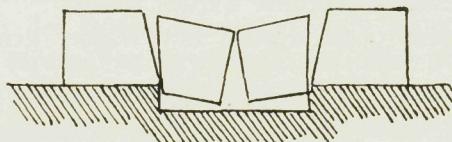


Fig. 6.

so wurden bei drei Versuchen Belastungen von 6, 6 und 7 kg erforderlich. War aber der Erfolg wie in Fig. 6, so wurden 11, 11 und 12 kg für die Spaltung nötig.

Die Unterlage konnte somit einen sehr störenden Einfluss auf die Resultate ausüben. Es wurde darum notwendig, diesen störenden Einfluss möglichst zu eliminieren. Darum gab ich jetzt der Unter-

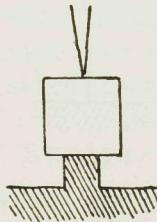


Fig. 7.

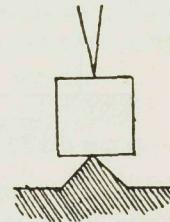


Fig. 8.

lage erst die Form wie in Fig. 7, dann die Form wie in Fig. 8. Die erste Form der Unterlage lässt sich gut bei Zähigkeits-Bestim-

mungen benutzen. Bei Festigkeits-Bestimmungen muss die letztere Form der Unterlage verwendet werden.

#### Die Form der Probekörper.

Ich stellte jetzt mit prismatischen Probekörpern die folgenden Versuche an. Ein Tonprisma von  $2 \times 2 \times 9$  cm wurde bei  $100^\circ$  getrocknet und dann in der Mitte (wie in Fig. 9) gespalten. Die zwei Stücke wurden wieder in der Mitte gespalten, und die vier neuen Stücke wiederum gespalten (wie in Fig. 10 und in Fig. 11). In

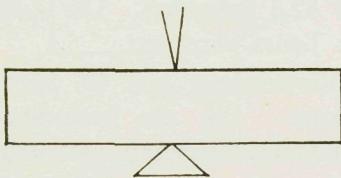


Fig. 9.

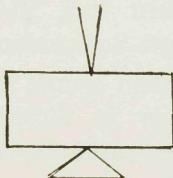


Fig. 10.

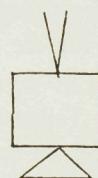


Fig. 11.

dem ersten Falle war eine Belastung von 38 kg zum Spalten nötig; in dem zweiten Falle waren 37 kg Belastung und in dem dritten Falle im Mittel 38 kg Belastung erforderlich. — Die Ziffern sagten, dass prismatische Probekörper bei derartiger Arbeitsart gut verwendbar waren, und spätere Untersuchungen haben dies bestätigt. Wegen der Schwierigkeit, die beiden Enden der Prismen richtig zu stützen, beschloss ich doch anfangs würfelförmige Probekörper anzuwenden.

#### Die für die Bereitung der Probekörper erforderliche Wassermenge.

Wenn man bei plastischen Böden Würfel von dem Wasser gehalte der Ausrollgrenze, und bei nicht plastischen Böden Würfel von dem Wassergehalte der Fliessgrenze durch Vermischen berechneter Mengen von Boden und Wasser bereiten will, so findet man meistens, dass ein gutes Mischen nicht möglich ist. Um einen ganz gleichartigen Teig bereiten zu können, ist mehr Wasser erforderlich. Viel mehr Wasser anzuwenden, als gerade nötig ist, ist auch nicht gut, denn dann schwinden die Probekörper der plastischen Böden beim Trocknen sehr stark, und die Probekörper der nicht plastischen Böden werden leicht zu nass und verlieren leicht die Form verziehen sich beim Trocknen bei höheren Temperaturen. Dazu hat

aus einem anderen Grunde der Wassergehalt einen Einfluss auf die Festigkeitsziffern, wie die folgenden Beispiele lehren.

Ein schwerer Ton von der Fliessgrenze 51 und der Ausrollgrenze 26 wurde mit drei verschiedenen Wassermengen gemischt. Die Wassergehalte der fertigen Mischungen wurden zu 41,4, 35,4 und 29,1 Teilen Wasser auf 100 Teilen trockenen Tones gefunden. Von diesen Mischungen wurden Würfel geformt, und es wurde nach dem Trocknen der Würfel bei 100° ihre Festigkeit bestimmt. Als Mittel aus 6—7 Bestimmungen wurden für die drei Mischungen die Festigkeitsziffern 46,2, 50,0 und 52,5 gefunden. Die Ziffern sind für die erfolgte Schwindung des Tones korrigiert.

Ein zweiter Ton wurde unter Verwendung von 40, 35 und 29,3 Teilen Wasser zu Würfeln geformt. Um die getrockneten Würfel zu spalten, wurde 31, 37 und 47 kg Belastung erforderlich.

Je kleiner die Wassermengen, je höher wurden somit die Festigkeitsziffern gefunden.

Man muss darum nicht mehr Wasser benutzen als gerade die Menge, welche für ein gutes Formen nötig ist. In den meisten Fällen ist nach meiner Erfahrung bei 100 Teilen Boden eine Wassermenge, die mit drei Einheiten den Wasserhalt der Festigkeitsgrenze überschreitet, erforderlich, um ein gutes Mischen des Bodens und Wassers zu ermöglichen. Bei sehr schweren Böden sind aber die drei Teile Wasser nicht immer hinreichend. Man muss 4, 5 und 6 Teile Wasser zu dem Wassergehalte der Festigkeitsgrenze anwenden. Bei Lehmen können bisweilen nur zwei Teile Wasser mehr als die Wassermenge der Festigkeitsgrenze erforderlich sein. Bei der Berechnung der nötigen Wassermenge muss stets der schon vorhandene Feuchtigkeitsgehalt der Böden in Abzug gebracht werden. Wenn z. B. bei einem Boden die Festigkeitsgrenze bei 31 liegt und der Feuchtigkeitsgehalt 2,2 Teile Wasser bei 100 Teilen Boden beträgt, so hat man, um einen passenden Teig zu bekommen, 102,2 Teile des Bodens mit  $31 + 3 - 2,2$ , d. h. mit 31,8 Teilen Wasser zu vermischen.

#### Das Formen der Würfel.

Die Würfel wurden von der Grösse 20 : 20 : 20 mm bereitet. Zu diesem Zwecke wurde bei nicht schwindenden Böden eine zerlegbare Messingform von dem Aussehen der Fig. 12 benutzt. Die

Form wurde auf eine Messingscheibe gestellt, die anfangs innen mit Papier bekleidet wurde, damit die Würfel nicht an den Metallwänden anhafteten sollten. Später wurde die Papierbekleidung als überflüssig befunden, wenn nur die Würfel durch ein viereckiges Messingpistill aus der Form herausgepresst wurden; und wurde dann eine nicht zerlegbare Form (Fig. 13) benutzt. — Für schwindende Böden habe ich eine grössere Form von  $23 \times 23 \times 23$  mm verwendet.

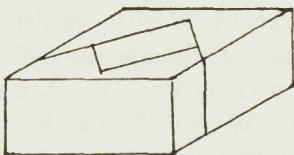


Fig. 12.

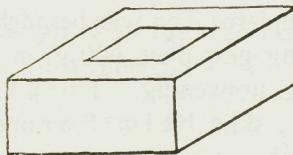


Fig. 13.

Der Bodenteig wurde in die Form mit den Fingern und mit der Hilfe eines Gummipistills sorgfältig eingepresst.

Bei schwindenden Böden wurden die aus der (grösseren) Form herausgenommenen Würfel erst gewogen und dann auf eine Unterlage von Glasstäben zu allseitiger Trocknung gestellt. Da nach wiederholten Wägungen etwas mehr als die Hälfte der Wassermenge verdunstet war, war das Schwinden sicher beendigt. Die Würfel wurde dann mit der Hilfe der zerlegbaren Form (Fig. 12) zu der richtigen Grösse justiert. — Die Würfel vor dem Justieren vollständig trocknen zu lassen, wurde unpraktisch gefunden, denn die Würfel wurden dann oft so hart, dass das Justieren unmöglich wurde.

#### Die Festigkeit der Würfel in verschiedenen Richtungen.

Bei den Bestimmungen der Festigkeit der Würfel wurde oft gefunden, dass die Würfel, in verschiedenen Richtungen gespalten, sehr verschiedene Ziffern zeigten. Wenn man die Würfel von derjenigen Seite aus spaltete, welche beim Formen nach oben gekehrt war, wurden etwa doppelt so hohe Ziffern erhalten, wie wenn man die Würfel parallel dieser Seite spaltete. Als die Ursache dieses unerwarteten Verhaltens wurde gefunden, dass beim Einpressen des Teigs in die Form sich eine Parallelstruktur, winkelrecht gegen die

Richtung des Druckes, in dem Teige bildete. Diese Struktur ist im Inneren der Würfel nicht selten deutlich zu ersehen.

Als Beispiel dafür, wie sehr verschiedene Ziffern bei dem Spalten der Würfel in verschiedenen Richtungen erhalten werden können, mag hier mitgeteilt werden, dass eine Tonprobe bei Spalten in der erstgenannten Richtung eine Belastung von 40 kg, beim Spalten in der zweiten Richtung aber nur 18 kg erforderte. Für einen anderen Ton war bei nicht getrockneten Würfeln, in der ersten Richtung gespalten, 600 g, in der zweiter Richtung nur 390 g Belastung notwendig. Folglich muss man die Würfelseite, die beim Formen der Würfel nach oben gerichtet war, stets besonders markieren, und beim Spalten der Würfel stets diese Seite nach oben wenden.

#### Korrektion für das Schwinden der Würfel.

Das wiederholte Wägen der Würfel vor dem Justieren derselben wurde als recht lästig befunden. Folglich musste die Frage gestellt werden, ob dieses Justieren unterlassen werden, und statt dessen ein Justieren der Festigkeitsziffern nach der Grösse des Schwindens eingeführt werden konnte. Folgende Versuche wurden zur Beantwortung dieser Frage angestellt.

Aus einem Tone wurden Würfel geformt, teils von der Grösse  $20 \times 20 \times 20$  mm, teils von der Grösse  $23 \times 23 \times 23$  mm. Nach dem Trocknen bei  $100^\circ$  erforderten die ersten als Mittelzahl die Belastung von 12,5 kg, um gespalten zu werden; die letzteren erforderten 14,0 kg. Die Gleichung  $20 : 23 = 12,5 : x$  gibt  $x = 14,4$  anstatt 14,0.

Aus einem zweiten Boden (nicht schwindend) wurden Würfel teils von der Grösse  $23 \times 23 \times 23$  mm, teils von der Grösse  $20 \times 20 \times 20$  mm und teils von der Grösse  $15,7 \times 15,7 \times 15,7$  mm geformt. Diese erforderten zum Spalten im Mittel resp. 21,0, 18,7 und 14,3 kg. Die Gleichung  $23 : 20 : 15,7 = 21,0 : x : y$  liefert  $x = 18,3$  anstatt 18,7 und  $y = 14,3$  d. h. gerade die durch das Experiment gefundene Zahl.

Wenn man die Schwierigkeit, derartige Versuche korrekt anzustellen, in Betracht zieht, so darf man wohl als sicher annehmen, dass bei Versuchsanstellungen obiger Art nur die lineare Breite

der Probekörper einen entscheidenden Einfluss auf die Ziffern besitzt. Die Korrektion für das Schwinden der Probekörper ist somit in der Art auszuführen, dass, wenn die Festigkeit von Würfeln von  $20 \times 20 \times 20$  mm zu berechnen ist, die gefundenen Festigkeitsziffern mit 20 multipliziert und mit der Kantenlänge der bei  $100^\circ$  getrockneten Würfel dividiert werden. Bei prismatischen Probekörpern ist mit der Breite der getrockneten Prismen zu dividieren.

#### Prismatische Probekörper.

Bei dem grössten Teile meiner Untersuchungen habe ich würfelförmige Probekörper benutzt. Die oben beschriebenen Versuche, die in den Figuren Nr. 9, 10 und 11 illustriert sind, haben aber gelehrt, dass es von keinem Einfluss auf die Festigkeitsziffern ist, wenn man die Bodenwürfel durch prismatische Bodenkörper ersetzt, unter der Voraussetzung gleichwohl, dass die Prismen denselben Querschnitt wie die Würfel zeigen und dass das Spalten stets von der Seite aus, von welcher der Bodenteig in die Form eingefüllt geworden ist, geschieht. Da jeder Würfel nur einmal sich spalten lässt, die Prismen aber sich, wie in Fig. 9—11, siebenmal spalten lassen, und da es weit schneller geht, ein Prisma als sieben Würfel zu bereiten, so bietet die Prismenform bedeutende Vorteile vor der Würfelform. Das Stützen der Enden der Prismen ist nicht nötig und übrigens nicht erlaubt. Die vierseitigen Prismen werden mit Hilfe von Messingformen (Fig. 14) und mit Hilfe einer Messingplatte

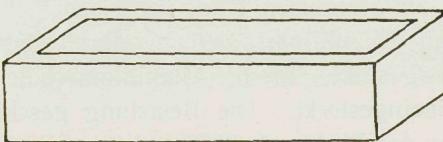


Fig. 14.

als Unterlage bereitet. Durch Unterstellen von Gips- oder Metallprismen derselben Grösse werden die fertigen Bodenprismen aus der Form herausgepresst, um dann bei  $100^\circ$  getrocknet zu werden.

#### Bei sehr hohen Festigkeitsziffern.

Der von mir konstruierte Festigkeitsbestimmungs-Apparat kann höchstens mit 65 kg belastet werden. Ich verwende aber un-

gern so hohe Belastungen, um den Apparat nicht zu riskieren. Wenn Festigkeitsziffern höher als 45 kg zu bestimmen sind, finde ich es vorteilhaft, den Bodenwürfeln und den Bodenprismen nur die halbe Breite zu geben, für welchen Zweck Messingsformen von nur der halben Weite benutzt werden müssen. Wenn die fertigen Probekörper gespalten werden sollen, werden sie auf die hohe Kante gestellt. Nach dem Spalten wird bei den Probekörperstücken die Breite der genannten Kanten genau in zehntel Millimeter abgemessen (= B). Die gefundene Festigkeitsziffer wird mit  $\frac{20}{B}$  multipliziert. Es wird somit die Festigkeit von Probekörpern von 20 mm Breite erhalten.

Festigkeitsziffern von 100 kg lassen sich in dieser Weise bestimmen.

#### 6. Meine Festigkeitsbestimmungs-Apparate.

Nach den Erfahrungen, die bei den oben beschriebenen Untersuchungen gewonnen waren, habe ich meine definitiven Apparate konstruiert. Es sind deren zwei; der eine, kleinere, für Bestimmungen niedriger Festigkeitsgrade und für Zähigkeitsbestimmungen, der andere, grössere, für höhere Festigkeitsziffern.

Der kleinere Apparat hat die Form wie Fig. 15. Er besteht aus einer Aluminiumröhre, an deren unterem Ende ein wenigstens 22 mm breiter keilförmiger Messingspaten von  $15^\circ$  Winkelöffnung befestigt ist, und deren oberes Ende eine Aluminiumschale trägt. Das Gewicht des Apparates beträgt 60 g. Wenn noch niedrigere Festigkeitsziffern zu bestimmen sind, vertausche ich den Messingspaten mit einem Aluminiumspaten, wodurch das Gewicht des Apparates auf 30 g sinkt. In die Aluminiumschale wird ein Aluminiumbecher hineingesteckt. Die Belastung geschieht durch allmähliche Füllung des Bechers mit Bleischrot, bis der Probekörper zerbricht. Der Becher mit dem Schrote wird dann herausgenommen und gewogen. Zu dem gefundenen Gewicht wird das Gewicht des Apparates addiert. Auf den Boden des Bechers wird etwas Baumwolle gelegt. Bei dem Einstellen des Apparates wird der obere Stativarm so gestellt, dass bei dem Spalten des Probekörpers die Schale auf den Stativarm fällt. Die beiden Stativarne tragen durchlöcherte Scheiben, so eingerichtet, dass der Apparat ohne Schwierigkeit herausgenommen werden kann.

Der grössere Apparat ist in Fig. 16 abgebildet. Sein Hauptteil besteht aus einem 63 cm langen und 3 cm weiten Messingrohr, welches vier Messingplatten trägt. Die oberste Platte ist für kleinere Gewichte bestimmt; die zwei mittleren Platten sollen grössere Gewichte von 5 kg tragen. Die unterste Platte ist viereckig ( $10 \times 4$  cm).

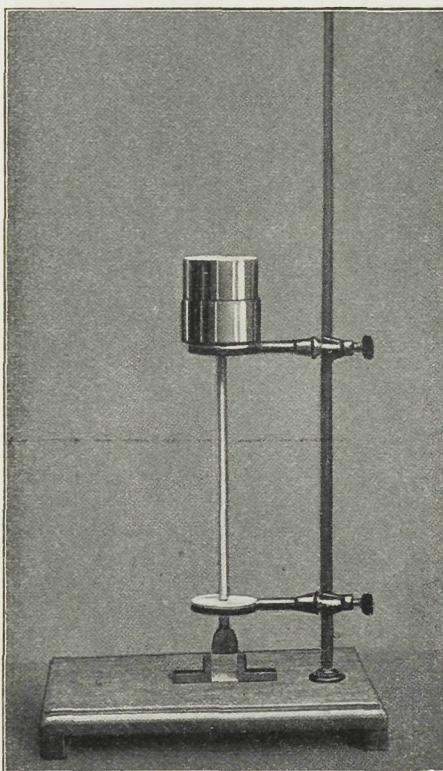


Fig. 15.

Sie hat zwei untergestellte Gummistücke, welche die bei der Spaltung der Probekörper entstehenden heftigen Stösse des Apparates aufnehmen. In der Mitte der unteren Seite der letztgenannten Platte ist ein Stahlkeil mit der Winkelöffnung von 15 Graden befestigt.<sup>19)</sup> Die

<sup>19)</sup> Wenn prismatische Probekörper benutzt werden, soll man den Stahlkeil winkelrecht gegen die Stellung, welche dieselbe in Fig. 16 besitzt, befestigen.

oberste Platte ist mit einem Loch versehen, um Bleischrot in den Apparat zum Justieren des Gewichts einzufüllen zu können. Mein Apparat ist zu dem Gewichte von 2 kg justiert.

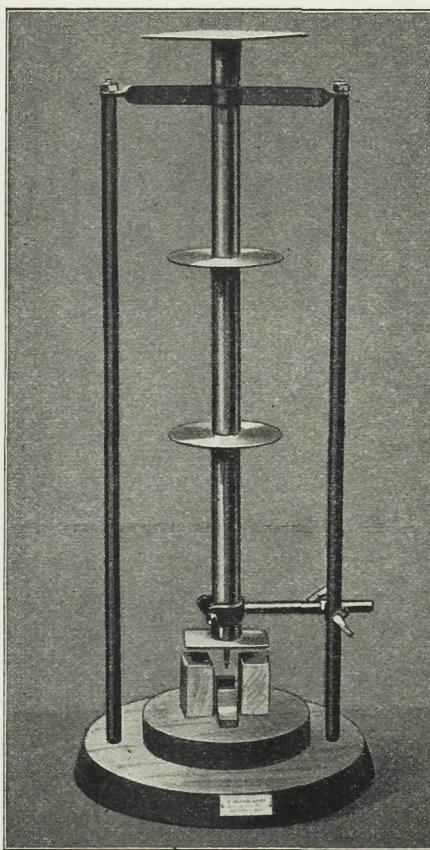


Fig. 16.

Der Apparat kann sowohl oben wie unten durch Schrauben an dem Stative befestigt werden. Um die senkrechte Einstellung des Apparates zu ermöglichen und diesen aus dem Stative herausnehmen zu können, ist der Apparat unten mittels zwei Schrauben in einem gabelförmigen Arme, welcher sich in jede Lage einstellen lässt, befestigt. Zur senkrechten Einstellung des Apparates dienen ferner zwei in der Figur nicht abgebildete Lote, die auf einem losen Arm befestigt sind.

Das Stativ ist aus Eisen und wird auf eine sehr stark gebaute, etwa 0,6 m hohe Holzbank gestellt. Auf der Bodenplatte des Stativs liegt eine runde Holzscheibe, welche die Unterlage des Probekörpergestells und die zwei Gummikissen zu tragen hat.

Die für die Belastung des Apparates benutzten 5 kg-Gewichte sind aus Blei verfertigt und zeigen U-förmige Gestalt, damit dieselben auf die mittleren Scheiben des Apparates placierte werden können. (Fig. 17.)

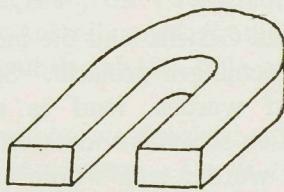


Fig. 17.

#### Die Aufstellung der Probekörper.

Wie aus den oben beschriebenen Untersuchungen hervorgeht, muss die Unterlage der Probekörper einer der wichtigsten Teile des Apparates sein, und es muss besondere Sorgfalt auf die Konstruktion desselben angewandt werden. Ich habe dreierlei Formen von Probekörper-Gestellen benutzt. Die erste Form, die fortwährend bei den Zähigkeits-Bestimmungen benutzt wird, hat die Gestalt wie Fig. 12.

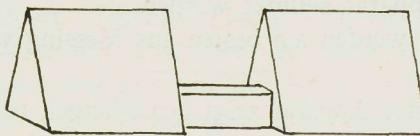


Fig. 18.

Das Mittelstück, welches den Würfel tragen soll, hat platte Form und die Breite von 1 cm. Die hohen Seitenstücke dienen dazu, um das Gestell und den Würfel genau unter dem Stahlspatel des Apparates einstellen zu können.

Das später konstruierte Gestell der Probekörper hat die Form wie in Fig. 19. Der mittlere Teil besteht hier aus einem dreiteiligen Prisma, in der oberen Kante den Winkel von  $90^\circ$  zeigend. Für die genaue Einstellung des Gestells unter dem Stahlkeil sind die hohen Seitenstücke mit schwarzen Mittellinien versehen. Damit die

Würfel auf dem scharfen Rand des Gestells ihre Lage bewahren können, wurden die hohen Seitenstücke anfangs mit einem Gummiring umspannt. Später wurde der Ring überflüssig gefunden.

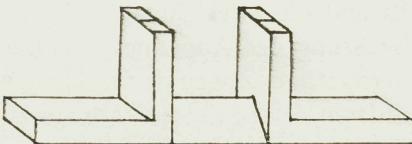


Fig. 19.

Mit der Hilfe dieses Gestells sind die meisten der unten angeführten Festigkeitsbestimmungen gemacht. Später, als prismatische Probekörper eingeführt wurden, fand es sich notwendig, teils die Lage des Stahlkeils so zu ändern, dass er winkelrecht gegen die frühere Lage befestigt wurde; teils wurde ein drittes Gestell eingeführt.

Dieses Gestell hat die Form wie in Fig. 20. Die Platten des Gestells werden in die Holzscheibe niedergesenkt und mit Hilfe

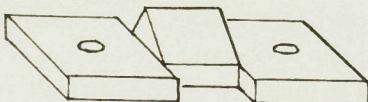


Fig. 20.

von Schrauben befestigt. Ein ähnliches Gestell kann ebenfalls für den kleineren Apparat benutzt werden.

Die Gestelle werden am besten aus Messing verfertigt.

Mein grösserer Apparat zeigt den Mangel, bei festeren Böden sehr hohe Gewichtsmengen zur Belastung des Apparates zu erfordern. Durch Verwendung von halbwürfelförmigen Probekörpern und von Halbprismen habe ich die nötigen Gewichtsmengen herabsetzen können. Ich habe vergebens versucht praktische Apparate anderer Art zu konstruieren. Das Handhaben meiner Apparate bietet keine besonderen Schwierigkeiten.

#### 7. Vorschriften für die Festigkeitsbestimmungen.

Nachdem ich beschlossen habe, prismatische Probekörper anzuwenden, will ich den folgenden Gang der Festigkeitsbestimmungen empfehlen.

Von der luftgetrockneten Bodenprobe werden 200 g in einer Reibschale so fein gerieben, dass das Pulver, bei schwereren Böden, Siebe von 0,2 oder 0,3 mm Maschenweite passieren kann. Bei leichteren Böden können gröbere Siebe mit Maschen von 0,6 mm benutzt werden. Gröbere Teile werden abgesiebt. Sehr schwere Tone müssen vor dem Zerreiben bei etwa 50° getrocknet werden, denn sonst klebt das Tonpulver an der Reibschale fest.

Bei der gepulverten und dann wohl gemischten Probe werden jetzt der Feuchtigkeitsgehalt, die Fliessgrenze und bei plastischen Böden ebenfalls die Ausrollgrenze (Festigkeitsgrenze) bestimmt. Die Ziffern werden sämtlich auf 100 Teile des wasserfreien Bodens berechnet.

130 g der Bodenprobe werden jetzt mit so viel Wasser, wie oben vorgeschrieben ist, versetzt. Durch sorgfältiges Zusammenkneten sucht man sich einen homogen luftfreien Teig zu bereiten. Findet man die berechnete Wassermenge unzureichend, wird vorsichtig mehr Wasser, jedesmal 2 bis 1 cc, zugesetzt und mit dem Teige gemischt. Wird der Teig zu weich, so wird mehr Bodenpulver zugesetzt. Das Mischen geschieht am besten in einer flachen Porzellanschale und mit der Hilfe eines starken Nickelspatels.

Von dem Teige werden jetzt mit der Hilfe von Messingformen (Fig. 14) Prismen von  $2 \times 2 \times 9$  cm geformt. Der Teig muss sehr genau in die Form eingepackt werden, damit das Bodenprisma fehlerfrei wird. Mit der Hilfe eines dünnen Nickelspatels wird die Oberfläche korrigiert. Dieselbe Fläche wird mit einem Ritze markiert. Die gefüllte Form wird über den Rand der Messingscheibe gezogen, damit der Teig sich von der Scheibe ablöse. Dann wird durch ein Metall- oder Gypsprisma (papierbekleidet) das Bodenprisma aus der Form herausgeschoben.

Zwei Bodenprismen werden in dieser Art bereitet. Dieselben werden bestens auf einer dünnen Metall-(Aluminium)platte aufgestellt und bei 100° getrocknet. In noch heissem Zustande werden sie dann in eine bedeckte Glasschale gebracht, damit sie nicht Feuchtigkeit aus der Luft aufnehmen. Sehr schwere Tone müssen erst luftgetrocknet werden. Die Prismen werden sonst rissig.

Nachdem das Probekörpergestell genau unter den Stahlkeil des Apparates eingestellt worden ist, wird das Bodenprisma so placiert, dass der Keil nach dem Niedersinken auf der Mitte des Prismas ruht. Die Gummistücke werden an ihren Plätzen angebracht, und

der Apparat wird belastet, bis das Spalten stattfindet. Die beiden Prismateile werden ebenfalls in der Mitte gespalten, und die vier neuen Teile noch einmal ebenso gespalten. Die nicht gespaltenen Stücke werden in die Glasschale hineingelegt, bis sie an die Reihe kommen.

Es ist oft genügend, nur ein Prisma zu spalten. Stimmen aber die Ziffern schlecht, so wird das zweite Prisma in derselben Weise behandelt. Schlecht stimmende Ziffern werden kassiert (als aus Fehlern in der Bereitung oder der Aufstellung der Probekörper herrührend) und es wird die Mittelzahl aus den besser stimmenden Ziffern gezogen. Zu der Mittelzahl wird das Gewicht des Apparates (2 kg) zugelegt.

An den Prismastücken wird jetzt die Breite des getrockneten Prismas in Zehntel Millimeter abgelesen. Die direkt gefundene Festigkeitszahl wird mit Hilfe der so gemessenen Prismabreite in oben angeführter Weise korrigiert.

Wenn, wie oben für hohe Festigkeitszahlen vorgeschrieben ist, Prismen von nur der halben Breite benutzt werden, sind nur 70 g der Bodenprobe zu dem Bereiten der Prismen nötig. Die Untersuchung wird in ganz derselben Weise wie hier beschrieben ist, ausgeführt.

#### 8. Einige Beispiele von nach dieser Methode bestimmten Festigkeitsziffern.

Hier will ich eine Reihe von durch mich bestimmten Festigkeitszahlen mitteilen. Die plastischen Böden sind nach ihren Plastizitätsklassen geordnet. Innerhalb der Klassen sind sie aber nach der verschiedenen Festigkeit geordnet. Die nicht plastischen Böden sind nach den Festigkeitszahlen geordnet. Um der Tabelle mehr Inhalt zu geben, sind ebenfalls die Plastizitätszahlen und die beiden Plastizitätsgrenzen in die Tabelle aufgenommen.

Tone der Extra-Plastizitäts- klasse	Festigkeits- zahl	Plastizitäts- zahl	Plastizitäts- grenzen
146. Terra Rossa aus Ungarn <sup>20)</sup> . .	64	40	77 u. 37

<sup>20)</sup> Ein Boden aus dem Nildelta, mir zugesandt durch Professor W. F. Hume, zeigte ebenfalls die hohe Plastizitätszahl von 40. Die Festigkeitszahl schien ziemlich niedrig zu sein, konnte aber nicht bestimmt werden, da die Bodenwürfel und Bodenprismen stets rissig wurden.

**Tone der ersten Plastizitäts-  
klasse**

	Festigkeits- zahl	Plastizitäts- zahl	Plastizitäts- grenzen
144. Sodaboden aus Ungarn . . . . .	82	25	45 u. 20
162. Oberer brauner Ton aus Ugerup . . . . .	80	21	49 u. 28
123. Oberer Ton aus Svedala . . . . .	75	27	60 u. 33
132. Brachwasserton aus Wien . . . . .	68	23	44 u. 21
84. Roter Ton aus Silurkalk, Oeland . . . . .	65	26	67 u. 41
163. Oberer Ton aus Hyllinge . . . . .	64	27	53 u. 26
160. Bänderton aus Angelskog . . . . .	60	28	60 u. 32
126. Binnenseeton, Kalmar . . . . .	60	18	44 u. 26
83. Glazialton Bergkvara . . . . .	53	25	51 u. 26
86. Intramoränen-Bänderton, Kalmar . . . . .	52	21	44 u. 23
85. Postglazialton, Saltkällan . . . . .	46	16	42 u. 26
234. Glazialer Mergelton, Södertelje . . . . .	39	16	39 u. 23

**Tone der zweiten Plastizitäts-  
klasse**

133. Terra Rossa aus Krain <sup>21)</sup> . . . . .	65	14	42 u. 28
97. Ackerboden aus Gisselö . . . . .	52	12	30 u. 18
1. aus Akerstad . . . . .	46	9	31 u. 22
138. Oberdilur, Tonmergel, Danzig . . . . .	46	15	36 u. 21
139. Bänderton, Danzig . . . . .	44	13	34 u. 21
87. Binnenseeton, Nygärde, humos . . . . .	42	15	52 u. 37
34. Ackerboden, Marieberg, Schanen . . . . .	40	12	42 u. 30
166. Glazialton, Hyllinge, tiefere Lage . . . . .	41	14	34 u. 20
163. Glazialton, Uperup, tiefere Lage . . . . .	39	8	25 u. 17
88. Schluffreicher Ton, Dalarne . . . . .	28	6	32 u. 26
98. Ackerboden, Gisselö . . . . .	24	9	34 u. 25
168. Silurton, Hafdhem, Gotland . . . . .	24	9	29 u. 20
125. Humoser Postglazialton, Skalby . . . . .	21	10	45 u. 35

**Tone der dritten Plastizitäts-  
klasse**

93. Glazialmergel, Oeland . . . . .	44	7	30 u. 23
95. Gelber Glazialton, Oeland . . . . .	37	7	28 u. 21
35. Ackerboden, Lomma . . . . .	36	6	27 u. 21
37. Tungelsta . . . . .	33	4	22 u. 18
16. Stark humoser Ton, Harg . . . . .	31	6	58 u. 25
167. Oberer Silurton, Hafdkem . . . . .	30	7	27 u. 20
142. Ackerboden, Tungelsta . . . . .	29	2	19 u. 17
30. Stark humoser Boden, Tungelsta . . . . .	28	5	33 u. 28
141. Ackerboden, Mälhammar . . . . .	22	4	30 u. 26
94. Dunkler Glazialton, Oeland . . . . .	20	2	22 u. 20
40. Schluffreicher Ton, Dalarne . . . . .	16	5	30 u. 25
2. Stark humoser Boden, Wahholm . . . . .	12	6	64 u. 58

**Feste, nicht plastische Böden**

	Festigkeits- zahl	Plastizitäts- zahl	Fliessgrenze
109. Glaziallehm, Svartingstorp . . . . .	28	0	18
31. Humoser toniger Lehm, Knutstorp . . . . .	20	0	35
185. Feinsandiger Lehm, Johannishus . . . . .	18	0	25
39. Schlufflehm, Dalarne . . . . .	17	1	30
28. Lehmboden, Tungelsta . . . . .	16	0	20
131. Löss aus Wien . . . . .	16	0	41

<sup>21)</sup> Es wurde fast ebenso schwierig gefunden, die Plastizitätszahl dieser Terra Rossa, als die der ungarischen Terra Rossa sicher zu bestimmen.

**Lose, nicht plastische Böden**

	Festigkeits-	Plastizitäts-	Fliessgrenze
	zahl	zahl	
100. Schluffboden, Högsly . . . . .	15	0	18
118. Feinsandiger Boden, Kalmar . . .	13	0	25
4. Humusreicher Lehm, Moholm . . .	12	1	31
111. Flieslehm, Forsse . . . . .	12	0	24
107. Kaolinhaltiger Glazialsand, Blekinge	12	0	23
91. Sandiger Lehmaccker Svarntingtorp	11	0	21
5. Humusreicher Lehmboden u. Vara	10	0	30
117. Fliesslehm, Kosta . . . . .	10	0	21
115. Humoser Fliesslehm, Forsse . . . .	8	0	41

**Grobsandige Böden, feinsand.**

**Böden und Schluffböden**

110. Fliesslehm, Högsby . . . . .	6	0	31
89. Fliesslehm, Trehörningsojö . . . .	5	0	31
102. Feiner Schluffsand, Kosta . . . .	5	0	23
92. Grobsandiger Ackerboden, stark humos Ljungbyholm . . . . .	3	0	28
104. Grobsandiger Ackerboden Wass- molösa . . . . .	2	0	23
108. Feinsandiger Boden aus „Nipa“, Solleftea . . . . .	2	0	16
101. Feinsandiger Fliesslehm, Ramsjö	2	0	18

Die Klassen zeigen somit die folgenden mittleren Festigkeiten:

Die erste Plastizitätsklasse . . . . .	64
Die zweite        "        . . . . .	39
Die dritte        "        . . . . .	28
Die festeren, nicht "plastischen Böden .	19
Die loseren,     "     Schluffböden    . . . . .	11
Die Sand- und     "     . . . . .	3

Die mittleren Festigkeitszahlen sinken somit mit den mittleren Plastizitätszahlen in den drei Plastizitätsklassen. Jedoch sind die beiden Zahlenreihen gar nicht gleichlaufend. So hohe Festigkeitszahlen, wie 65, können ebenfalls in der zweiten Plastizitätsklasse vorkommen, und Festigkeitszahlen, so niedrig als 12, kommen schon in der dritten Plastizitätsklasse vor. Man muss daraus den Schluss ziehen, dass hohe Festigkeitszahlen und hohe Plastizitätszahlen auf verschiedenen Ursachen beruhen müssen.

Die erste Plastizitätsklasse zeigt ausschliesslich sehr hohe Festigkeitszahlen. In dieser Klasse kommen darum nur wirklich „schwerere“ Böden vor. In der zweiten Plastizitätsklasse können dagegen die Festigkeitszahlen bis zu 21, und in der dritten bis zu 12 sinken. Diese Ziffern sind so niedrig, dass derartige plastische Böden schwerlich schwere Böden genannt werden können. Die Begriffe „Plastische Böden“ und „Schwere Böden“ sind somit nicht gleichzustellen.

## 9. Die Einwirkung einer Sandbeimischung auf die Festigkeit der Tone.

Als ich meine Untersuchung über die Plastizität der Tone angefangen hatte und nach Methoden, die Tone einzuteilen, suchte, vermischt ich eine Reihe von Tonen mit Sand und untersuchte die Plastizitätsgrenzen und Plastizitätszahlen der Mischungen. Gleichzeitig untersuchte ich auch die Festigkeitszahlen der Mischungen. Hier mögen einige Ziffernresultate dieser Untersuchung mitgeteilt werden. Der in den Mischungen benutzte Sand zeigte die Korngrösse 0,3—0,1 mm.

Der Name des Tones	des unvermischten Tones	Festigkeitszahlen		
		1 Ton + 1/2 Sand	1 Ton + 1 Sand	1 Ton + 2 Sand
Koberg . . . . .	53	—	—	31
Bergkvara . . . . .	53	—	—	26
Saltkkällan . . . . .	46	—	—	25
Akerstad . . . . .	46	—	33	—
Marieberg . . . . .	40	—	29	23
Gelber Glazialton . . . . .	37	35	—	—
Lomma . . . . .	36	—	—	25
Gisselö II . . . . .	34	—	25	—
Wassbo . . . . .	28	28	—	—
Harg . . . . .	31	31	—	—
Moholm . . . . .	12	12	—	—

Ein Vermischen der Tone mit der halben Gewichtsmenge Sand senkte somit kaum die Festigkeitsziffern. Ein Vermischen mit der gleichen Menge Sand senkte die Ziffern mit 23 %. Ein Vermischen mit der doppelten Menge senkte im Mittel die Ziffern mit 31 %. Es ist darum in der Praxis unmöglich, einen „schweren“ Tonboden durch Sandzufuhr „leichter“ zu machen. — Und stark sandgemischte Tone können sich als sehr schwere Tone verhalten.

## 10. Die Bestimmung der Zähigkeit.

Die Zähigkeit ist, wie oben gesagt, als eine innerhalb des plastischen Zustandes auftretende Form der Festigkeit zu betrachten. Als eine Form der Festigkeit wird sie am einfachsten in der selben Weise wie die Festigkeit gemessen.

Als Unterlage der Würfel<sup>22)</sup> bei den Zähigkeitsbestimmungen benutze ich, wie schon gesagt, das Gestell Fig. 18, bei welchem

<sup>22)</sup> Prismen sind hier von mir nicht benutzt worden.

die Würfel auf einer planen Oberfläche von 1 cm Breite aufgestellt werden. Wenn aus plastischem Teige bereitete Würfel auf diesem Gestell placiert und dann belastet werden, sinkt der Metallspaten des (kleineren) Apparates erst langsam, dann bei steigender Belastung schneller durch den Würfel, bis der Spaten die Mitte des Würfels passiert hat. Dann hört das Sinken auf, und es wird viel stärkere Belastung erfordert, damit der Spaten die untere Seite des Würfels erreichen kann. Als Beispiele dieses Verhaltens mögen die folgenden Versuchsziffern angeführt werden.

Aus einem Tone wurden mit Wassermengen von 45, 40 und 34,2 Teilen Wasser, auf 100 Teile des trockenen Tones berechnet, Würfel geformt. Bei den mit 45 Teilen Wasser bereiteten Würfeln sank der Metallspaten zu der Mitte der Würfel bei der Belastung von 130 g, zu der Basis der Würfel bei der Belastung von 220 g. Bei den mit 40 Teilen Wasser bereiteten Würfeln sank der Spaten zu der Mitte bei 290 g und zu der Basis bei 490 g Belastung. Bei der mit 34,2 Teilen Wasser bereiteten Würfeln sank der Spaten zu der Mitte bei 339 g, zu der Basis erst bei 604 g.

Dass der Spaten die Mitte schnell passiert und dann stehen bleibt, um darnach viel höhere Belastung zu erfordern, beleuchtet noch ferner den oben erwähnten grossen Einfluss der Form der Unterlage auf die Versuchsziffern.

Bei Zähigkeitsbestimmungen nach dieser Methode belaste ich darum die Würfel, bis der Spaten die Mitte des Würfels passierthat. Diese Belastung in Gramm gibt die „Zähigkeit“ des Bodens an.

Die obigen Ziffern zeigen übrigens, dass ein plastischer Ton-Teig bei Wasserverlust immer zäher wird. Die folgenden Versuche ergeben ähnliche Resultate.

Ein mit der gleichen Menge Sand von 0,6—0,2 mm vermischter Ton zeigte, wenn die Würfel mit der Wassermenge 19,5 (die Klebegrenze) bereitet wurden, die Zähigkeit 540; wenn dieselben aber bei der Wassermenge 14,0 (die Ausrollgrenze) bereitet wurden, die Zähigkeit 1517.

Derselbe Ton, mit der gleichen Menge Sand von 0,06—0,02 mm gemischt, zeigte bei der Klebegrenze (23,0) die Zähigkeit 512, bei der Ausrollgrenze (16,6) die Zähigkeit 1140.

Ein zweiter Ton von der Fliessgrenze 42 und der Ausrollgrenze 30 zeigte die folgenden Zähigkeits- und Festigkeitsziffern:

Bei 42 Teilen Wasser	Zähigkeit	=	179 g
" 36 "	"	=	342 g
" 31,9 "	"	=	930 g
" 25,4 "	Festigkeit	=	7 kg
" 19,5 "	"	=	18 kg
" 10,4 "	"	=	34 kg
" 0,0 "	"	=	60 kg

In der beigefügten Fig. 21 sind diese Ziffern graphisch dargestellt. Die Figur zeigt den scharfen Knick der Zähigkeits- und Festigkeits-Kurve bei der Festigkeitsgrenze.

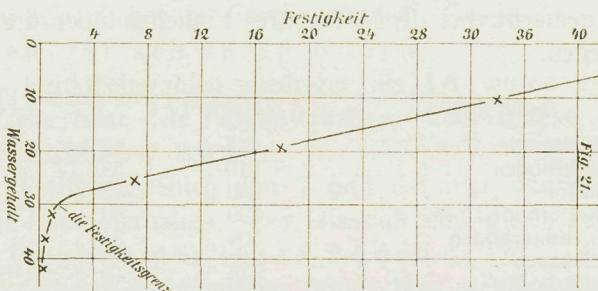


Fig. 21.

Ein Ton von den Plastizitätsgrenzen 26 und 17 zeigte folgende Ziffern:

Bei 26 Teilen Wasser	Zähigkeit	=	181 g
" 19,9 "	"	=	437 g
" 15,0 "	Festigkeit	=	1127 g
" 9,5 "	"	=	12 kg
" 0,0 "	"	=	39 kg

Wenn der Wassergehalt zu 9 Teilen sank, wurde die Farbe des Tones von dunkel zu hell verändert. Das ist der Umschlagspunkt van Bemmelen's.

Ein Ton von den Plastizitätsgrenzen 53 und 26,7 zeigte die Ziffern:

Bei Gehalt an 44,7 Teilen Wasser	Zähigkeit	=	251 g
" " 33,4 "	"	=	599 g
" " 25,3 "	Festigkeit	=	1648 g
" " 18,0 "	"	=	19 kg
" " 0,0 "	"	=	55 kg

Die Zähigkeitsziffern wechselten bei den drei letztgenannten Tonen von etwa 180 g bei der Fliessgrenze bis zu 1 kg oder höher bei der Ausrollgrenze.

Die Ziffern aller drei Serien sagen, dass die Zähigkeit innerhalb des Plastizitätsgebiets bei sinkenden Wassergehalten nur langsam steigt. Wenn aber die Ausrollgrenze passiert worden ist, steigt bei sinkenden Wassergehalten die Festigkeit ausserordentlich rasch (Fig. 21). Die Festigkeitsgrenze ist darum, bei den plastischen Bodenarten, die am schärfsten ausgeprägte Grenze.

Die Ziffern sagen übrigens ganz klar, dass die Zähigkeit der Tone innerhalb des Plastizitätsgebiets das Bestellen der Tonäcker nicht so schwierig machen kann, als die hohe Festigkeit es tut, welche die Tone bei dem Austrocknen gewinnen.

Die folgenden Zähigkeits-Bestimmungen sind bei Wassergehalten gemacht, bei denen die drei Einheiten über der Ausrollgrenze liegen.

Tone aus	Zähigkeit	Festigkeitszahl	Plastizitätszahl
Kalmar, intramoräner Ton . . . . .	915 g	52 kg	21
Gisselö, Kulturboden . . . . .	919 "	53 "	12
Oeland, Silurton . . . . .	880 "	42 "	27
Akerstad, Kulturboden . . . . .	790 "	46 "	10
Gisselö (II), Kulturboden . . . . .	500 "	34 "	7
Ugerup in Schanen . . . . .	437 "	39 "	8
Lomma, Kulturboden . . . . .	330 "	36 "	6
Tungelsta (27), Kulturboden . . . . .	300 "	33 "	4
Moholm, Kulturboden . . . . .	150 "	12 "	1
Knutstorp, Kulturboden . . . . .	120 "	18 "	0

Die Zähigkeit scheint darum der Festigkeitszahl annähernd proportional zu sein.

#### 11. Die „Reibprobe“ als qualitative Festigkeitsprobe.

Die in meiner Abhandlung über die Plastizität der Tone in dieser Zeitschrift Bd. I. S. 16 beschriebene Reibprobe ist in deren erstem Teile eine qualitative Probe von der mechanischen Zusammensetzung der Böden. Bei dem Reiben einer trockenen Bodenplatte mit dem Finger findet man meistens leicht, ob der Hauptbestandteil des Bodens aus grobem oder feinem Sand oder aus Schluff besteht.

In dem zweiten Teile ist die Reibprobe dagegen eine qualitative Festigkeitsprobe, durch welche die verschiedene „Schwere“, die verschiedene „Bindigkeit“ der Böden qualitativ bestimmt werden kann. Da ich jetzt die Festigkeitszahlen einer Reihe von Böden bestimmt hatte, war es von Interesse, die Angabe der Reibprobe mit den Festigkeitsziffern zu vergleichen.

Zu diesem Zwecke wurden die Bodenproben nach den Festigkeitszahlen geordnet. Auf den ebenen Flächen der zu Platten geformten Bodenproben wurden mit dem abgerundeten Glasstäbe Furchen gezogen. Der Stab wurde dann ohne Verwendung stärkeren Druckes erst zurück und dann einmal hin und zurück in der Furche geschoben.

Die Furche wurde schmal und flach bei allen Böden, die höhere Festigkeitszahlen als 30 zeigten. Das ist die Gruppe der schweren Böden.

Die Furche wurde wesentlich breiter, nicht aber tiefer, bei Böden von den Festigkeitszahlen 30 bis 15. Dazu wurde reichlich Mehl beim Ziehen der Furche erhalten. Das ist die Gruppe der weniger schweren Böden.

Bei Festigkeitszahlen niedriger als 15 wurde gleich beim ersten Ziehen eine tiefe Furche erhalten. Das ist die Gruppe der leichteren Böden.

Bei Festigkeitszahlen von 7 und darunter wurde nicht eine wirkliche Furche erhalten. Der Glasstab sank gleich zu tief. Das ist die Gruppe der losen Böden.

Die Gruppe der schweren Böden lässt sich noch weiter ein teilen.

Bei Festigkeitszahlen, die 40 überstiegen, war die Furche stets schmal, und das Ziehen mit dem Glasstäbe musste meistens dreimal erneuert werden, damit eine nennenswerte Menge Mehl sich bildete. Das wird die Gruppe der sehr schweren Böden.

B<sup>e</sup>diesen Böden zeigte sich die Furche im allgemeinen glänzend. Nach starker Sommerhitze war der Glanz nicht so ausgeprägt, wie wenn die Bodenproben in kälteren Zimmern gelagert waren. Die verschiedene Feuchtigkeit der Böden wirkt somit auf den Glanz der Furche ein. Da die Bodenbestandteile kolloidalen Feinheitsgrades es sind, welche viel Feuchtigkeit anziehen, so ist der Glanz der Furche ein Anzeichen von bedeutendem Gehalte an kolloidalen Bestandteilen.

Die Böden, welche Festigkeitszahlen von 40 bis 30 zeigten, lieferten bei dem Ziehen mit dem Glasstäbe leichter viel Mehl, als die vorigen. Die Furche war dazu bei dem ersten Ziehen zwar schmal und glänzend, bei fernerem Ziehen wurde sie aber breiter und matt. Dass die Furche später matt wurde, zeigt, dass die

Teilchen kolloidaler Feinheit bei dem Trocknen der Bodenprobe sich in der Oberfläche der Probe konzentriert hatten. Diese Oberfläche war dann oft sehr hart. Wurde aber die Oberfläche mit dem Glasstäbe durchbrochen, so wurde das Innere loser gefunden. Die verschiedenen Seiten der Bodenplatte zeigten dann oft für die Glasstäbe verschiedene Festigkeit. Solche Böden sind Böden mittlerer Schwere.

Die Reibprobe ist somit eine sowohl über die mechanische Zusammensetzung als über die Bindigkeit oder die Feuchtigkeitsgraden der Böden sehr belehrende Probe. Mit Hilfe dieser Probe habe ich fünf verschiedene Festigkeitsgruppen aufstellen können.<sup>23)</sup>

Damit die Reibprobe zuverlässige Resultate leiste, müssen die Bodenplatten mit der kleinsten erforderlichen Wassermenge geformt werden.

#### 12. Schlusswort.

Die Hauptresultate dieser Untersuchungen sind die folgenden:

Da die Böden in der Natur meistens mehr oder weniger wasserhaltig sind und weniger oft ganz wasserfrei vorkommen, so hat man bei dem Studium der Bodeneigenschaften meistens nicht mit den Böden allein, sondern mit allerlei Komplexen von Böden und Wasser zu tun. Die wichtigsten Eigenschaften dieser Komplexe sind deren Konsistenzformen. Die Konsistenzformen werden von Konsistenzgrenzen begrenzt und nach Konsistenzgraden gemessen.

Die Konsistenzformen sind nicht bei allen Bodenarten dieselben. So fehlt die plastische Konsistenzform bei zahlreichen Böden, und wird die härtere feste Konsistenzform bei manchen Böden vermisst.

Von den Konsistenzgrenzen sind die Fliessgrenze und die Festigkeitsgrenze (die Ausrollgrenze) die wichtigsten.

---

<sup>23)</sup> Ich habe gedacht, dass diese Probe sich vielleicht zu einer quantitativen Probe herausbilden lasse. Bei näherem Erwägen fand ich aber, dass bei dem Ausführen der Probe zwei Arten von Druck, ein vertikaler und ein horizontaler, zur Wirkung kommen. Da bei einer quantitativen Methode diese beiden Druckwirkungen jeder für sich bestimmt werden müssen, dürfte sich eine solche recht kompliziert gestalten. — Wenn man die Festigkeit einer Bodenplatte mittels Durchbohrung derselben bestimmen will, kommen ebenfalls zwei verschiedene Druckarten vor.

Von den Konsistenzgraden sind der Plastizitätsgrad und der Festigkeitsgrad die wichtigsten. Zu ihrer Messung dienen die Plastizitätszahlen und die Festigkeitszahlen.

Da die genannten Grenzen und Zahlen durch Ziffern ausgedrückt werden, liefern sie eine wertvolle Hilfe zur scharfen Charakteristik und zur detaillierten Klassifikation der Bodenarten.

Die Festigkeitszahlen liefern einen zuverlässigen Massstab der verschiedenen „Schwere“ oder „Bindigkeit“ der Böden. Darum wird man den Festigkeitszahlen grosse praktische Bedeutung zugesprechen können.

Nach den Festigkeitszahlen lassen sich die Mineralböden in die Gruppen: — sehr schwere Böden, Böden mittlerer Schwere, weniger schwere Böden, leichtere Böden und lose Böden, — einteilen.

Meine Festigkeitsbestimmungsmethode ist jetzt so ausgebildet, dass sie in der Ausführung keine besondere Schwierigkeiten zeigt. Der grössere Apparat kann jedoch wahrscheinlich noch etwas verbessert und bequemer gemacht werden.

---

## **Introduction of a new terminology in indicating the chemical composition of minerals and soils.**

By Dr. Alexius A. J. de' Sigm on d , Budapest.

In my report „Contribution to the unification of terms in soil- and mineral analysis“, I have proposed to the VII. Intern. Congress of Applied Chemistry, held in London the year 1909, a new terminology, with the purpose of better characterising the chemical composition of minerals and soils, than before. Unfortunately I could not attend the Congress personally, and according to the statutes of the Congress, only short abstracts of those papers could be printed in the proceedings, the author of which did not attend the meetings. In this way my report and proposition on this subject failed to become known at all. In the „Proceedings of the Seventh International Congress of Applied Chemistry“, London May 27 th to June 2 nd 1909 — Section VII. only the following short abstract was reported :

„The author first points out the reasons in treating the unification of terms in the chemical soil analysis on a purely scientific basis. He then gives some examples of the proposed new terminology for some well-known silicates and the acid-soluble mineral part of the soils. The new terminology embraces the percentage of positive and negative radicals, the gram-equivalents of the radicals, and the percentages of the gram-equivalents. The author's intention was to prove the advantages of the proposed terminology as regards the characterising of minerals and soils“.

Since that time I was frequently asked about this new terminology, and as my original paper on this subject has not yet been published in any international language, but in Hungarian <sup>1)</sup>, I feel

---

<sup>1)</sup> Read at the meeting of the Chemical and Mineralogical Section of the Roy. Hungarian Society of Natural Sciences at Budapest, November 28 th, 1905.

accomplish a duty of somewhat general scientific interest, in giving here a detailed description and interpretation of this new terminology.

The old way, as we know, consists in reproducing the chemical composition of minerals as well as of soils by the oxides of metals and metolloids, and the anhydrids of acids respectively. I think it unnecessary to give here further arguments about the misleading character of this old terminology. The only argument in keeping still this old way of terminology may be, that almost all analyses of the past and present time are reproduced in that way, and it would need a good deal of mathematical work, to calculate all data for comparison with the new way of terminology. For that reason I may propose provisionally to use both, the old and new terminology side by-side in the reproduction of the chemical composition of minerals and soils.

There are two tendencies among those who tend to change the old terminology in soil analysis. One party supports the most absolute way, reproducing the elementary composition of the soil; the other is occupied in introducing the theories of ions in soil analysis.

The elementary reproduction is absolutely correct but hardly enough to characterise the soil. On the other hand the introduction of the ions is somewhat arbitrary, less correct, but more characterising.

The late Professor K. Thán proposed as early as in 1864, to change the terminology of the chemical composition of mineral waters, and to use instead of the oxides and anhydrids, the metal and acidradicals. A somewhat similar terminology was proposed by Professor Dr. V. W arth a<sup>2)</sup> for the reproduction of the chemical composition of minerals and rocks. In 1904, at the meeting of the Chemical and Mineralogical Section of the Royal Hungarian Society of Natural Sciences on January 26 th, Professor L. de Illosvay proposed to introduce the new chemical terms as largely as possible for the reproduction of the chemical composition of salts and minerals.

At the V. Congress of applied chemistry at Berlin Prof. W. Fresenius proposed to use the name „Jouand“ for the components of soils, and at the VI. Congress at Rome he declared

<sup>2)</sup> Liebig's Annalen der Chemie und Pharmacie. Neue Reihe 94, p. 330.

himself satisfied to accept the names as „sulphaterest“ ( $\text{SO}_4$ ) nitrate rest ( $\text{NO}_3$ ) etc. But the proposition of W. Fresenius is incomplete, as for the silicates he proposed to use temporarily  $\text{SiO}_2$  and the residual amount of oxygen. This lack should be eliminated as soon as we will be able to determine quantitatively the true radicals of the silicates such as  $\text{SiO}_3$ ,  $\text{SiO}_4$ ,  $\text{Si}_3\text{O}_8$  etc.

In the case of mineralwaters and simple salts the transformation from the old dualistic system to the new therminology, based upon the new theories on the solutions was not difficult, because in the water solutions of the salts we in fact determine the true positive or negative radicals, or ions. But in the case of the silicates and soils the problem is not so easy to solve, as we have no reliable method to determine the silicicacid radicals. Nevertheless in the case of some well known silicates and the soluble silicates of the soils I have tried to apply this new method using some rational calculations I shall exemplify hereafter.

In table No. 1 I have reproduced the characteristics of the chemical composition of some well-known feldspars. The first and second column represents the data in the old way, in the following columns the results of the calculations on the new basis are reported, that is: in the third column we find the chemical formulas of the radicals headed with their equivalent numbers; in the fourth column the corresponding values of the radicals in procents are registered; in the fifth column the gram-equivalent values are reported and in column six we find the sum of both the positive and negative gram equivalents; finally in column seven I have reproduced the relativ values of gram-equivalents in procents of the

Table No. 1.  
The chemical composition of some well known feldspars.

1 Old terminology of the constituents	2 %	3 New terminology of the con- stituents	4 %	5 Gram- equivalents of the con- stituents	6 Total of the posi- tive and negative gramequi- valents	7 Gramequi- valent-% of the constituents
Adular						
$\text{K}_2\text{O}$	14,8	$\text{K}^I$	12,29	0,3148		21,80
$\text{Na}_2\text{O}$	1,3	$\text{Na}^I$	0,96	0,0417		2,89
$\text{CaO}$	0,3	$\text{Ca}^{II}$	0,21	0,0105		0,72
$\text{Al}_2\text{O}_3$	18,4	$\text{Al}^{III}$	9,80	1,0769		74,59
$\text{SiO}_2$	64,5	$\text{Si}_3\text{O}_8^{IV}$	76,41	1,4439	1,4439	100,00
Total	99,3		99,67			

1. Old terminology of the constituents	2. % of the constituents	3. New terminology of the constituents	4. % of the constituents	5. Gram- equivalents of the con- stituents	6. Total of the posi- tive and negative gramequi- valents	7. Gramequi- valent % of the constituents
Albite	Na <sub>2</sub> O	11,04	Na <sup>I</sup>	8,19	0,3564	20,21 0,73 0,11 100
	CaO	0,32	Ca <sup>II</sup>	0,22	0,0110	
	MgO	0,03	Mg <sup>II</sup>	0,02	0,0017	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,53	Al <sup>III</sup>	10,40	1,1428	78,95 100,00
	SiS <sub>2</sub>	68,75	{ Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> <sup>IV</sup> SiO <sub>2</sub>	80,01 0,81	1,1519	
Total	99,67		99,65			
Oligoklas	K <sub>2</sub> O	0,8	K <sup>I</sup>	0,66	0,0169	0,95 17,66 5,65 1,13 100
	Na <sub>2</sub> O	9,7	Na <sup>I</sup>	7,20	0,3133	
	CaO	2,8	Ca <sup>II</sup>	2,00	0,1003	74,61 74,47 25 53 100
	MgO	0,4	Mg <sup>II</sup>	0,24	0,0200	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,6	Al <sup>III</sup>	12,04	1,3231	
Total	100,6		102,44			
Andesine	K <sub>2</sub> O	0,08	K <sup>I</sup>	0,07	0,0017	0,09 11,16 13,21 75,54 100
	Na <sub>2</sub> O	7,28	Na <sup>I</sup>	5,40	0,2351	
	CaO	7,25	Ca <sup>II</sup>	5,18	0,2596	47,80 52,20 100
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,35	Al <sup>III</sup>	13,51	1,4842	
	SiO <sub>2</sub>	60,48	{ Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> <sup>IV</sup> SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup> SiO <sub>2</sub>	50,12 23,73 2,43	0,9472 1,0334	
Total	100,44		100,44			
Labradorite	K <sub>2</sub> O	1,13	K <sup>I</sup>	0,94	0,0241	1,04 6,27 17,65 75,04 100
	Na <sub>2</sub> O	4,50	Na <sup>I</sup>	3,94	0,1453	
	CaO	11,42	Ca <sup>II</sup>	8,16	0,4090	29,23 70,77 100
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29,71	Al <sup>III</sup>	15,83	1,7345	
	SiO <sub>2</sub>	54,19	{ Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> <sup>IV</sup> SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup>	35,86 37,66	0,6776 1,6403	
Total	100,95		101,79			
Bytownite	K <sub>2</sub> O	0,38	K <sup>I</sup>	0,315	0,0081	0,33 3,71 20,76 1,77 100
	Na <sub>2</sub> O	2,82	Na <sup>I</sup>	2,093	0,0911	
	CaO	14,24	Ca <sup>II</sup>	10,171	0,5098	72,62 16,16 83,84 100
	MgO	0,87	Mg <sup>II</sup>	0,522	0,0436	
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,80	Fel <sup>II</sup>	0,560	0,0200	
Total	96,96		98,146			
Anorthite	CaO	18,31	Ca <sup>II</sup>	13,08	0,6556	23,94 76,06 100
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,57	Al <sup>III</sup>	18,95	2,0824	
	SiO <sub>2</sub>	45,06	{ SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup> SiO <sub>2</sub>	62,86 4,05	2,7380	2,7380
Total	98,94		98,94			

sum of the foregoing column. The basis of my calculations was the hypothesis that all the feldspars are the isomorph combinations of the three main minerals: adular ( $K Al Si_3 O_8$ ), albite ( $Na Al Si_3 O_8$ ) and anorthite ( $Ca Al_2 Si O_4 s$ ). On this basis I have calculated the values of the radicals  $Si_3 O_8^{IV}$  and  $Si O_4^{II}$  respectively.

From the above data we see, that:

1. Starting with adular the sum of gram-equivalents is gradually increasing, reaching its highest value in the composition of anorthite.

2. As regards the relative values of the equivalents of the positive radicals, the  $Al^{III}$  with the addition of  $Fe^{III}$  averages very nearly 75 % of the total of the positive equivalents. The relative values of the gram-equivalents of single valences are decreasing with the increase of the total of the gram-equivalents, but on the other hand the respective values of the components of II valences are steadily increasing.

3. The relative quantity of the negative radicals  $Si_3 O_8$  and  $Si O_4$  is characterised too in a more instinctive way, than by the old method in registering only the amount of  $Si O_2$ .

I have tested the same way of calculation in some well known metasilicates, orthosilicates, zeolithes and kaolinites, and have found this method of reproduction more characteristic of the chemical composition of these minerals, than the old method of reproduction.

The corresponding data are given in table No. 2, 3, 4 and 5. In table 2 the quantity of the metasilicate radical  $Si O_3^{III}$  in the

Table No. 2.  
The chemical composition of some well known metasilicate.

1. Old terminology of the constituents	2. %	3. New terminology of the con- stituents	4. %	5. Gram- equivalents of the con- stituents	6. Total of the posi- tive resp. negative gramequi- valents	7 Gramequi- valent % of the constituents
Bronzite	MgO	31,5	Mg <sup>II</sup>	18,90	1,579	86,38 8,91 4,71 100 100,00
	FeO	6,5	Fe <sup>II</sup>	4,55	0,163	
	MnO	3,3	Mn <sup>II</sup>	2,37	0,083	
	SiO <sub>2</sub>	56,4	{ SiO <sub>3</sub> <sup>III</sup>	69,35	1,828	
	H <sub>2</sub> O	2,3	{ SiO <sub>3</sub> <sup>III</sup>	1,63	1,828	
Total	100,00	Total	100,00			

Old terminology of the constituents	1. %	2. %	3. New terminology of the con- stituents	4. %	5. Gram- equivalents of the con- stituents	6. Total of the posi- tive resp. negativ gramequi- valents	7. Gramequi- valent % of the constituents
Diopside	CaO	22,9	Ca <sup>II</sup>	16,36	0,8200	1,7973	45,62
	MgO	17,8	Mg <sup>II</sup>	10,68	0,8922		49,64
	FeO	3,4	Fe <sup>II</sup>	2,38	0,0851		4,74
	SiO <sub>2</sub>	54,7	{ SiO <sub>3</sub> <sup>II</sup> SiO <sub>2</sub>	68,19 0,85	1,7973	1,7973	100,00
Total		98,8	Total	98,46			
Augite	CaO	22,9	Ca <sup>II</sup>	16,36	0,8200	2,0072	40,85
	MgO	14,4	Mg <sup>II</sup>	8,64	0,7218		35,96
	FeO	6,2	Fe <sup>II</sup>	4,34	0,1553		7,73
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,3	Al <sup>III</sup>	2,82	0,3101		15,46
	SiO <sub>2</sub>	50,9	{ SiO <sub>3</sub> <sup>II</sup> O <sup>II</sup>	64,45 2,46	1,6988 0,3084	2,0072	84,63
	Total		99,7	Total	99,07		15,37
Actinolite	CaO	13,4	Ca <sup>II</sup>	9,57	0,4797	1,7962	26,71
	MgO	22,5	Mg <sup>II</sup>	13,50	1,1612		64,65
	FeO	6,2	Fe <sup>II</sup>	4,34	0,1553		8,64
	SiO <sub>2</sub>	55,5	{ SiO <sub>3</sub> <sup>II</sup> SiO <sub>2</sub>	68,15 1,69	1,7962	1,7962	100,00
	H <sub>2</sub> O	1,2	H <sub>2</sub> O	1,20			
	Total		98,8	Total	98,45		
Amphibole	CaO	10,2	Ca <sup>II</sup>	7,29	0,3654	2,2091	16,54
	MgO	18,4	Mg <sup>II</sup>	11,04	0,9223		41,75
	FeO	17,4	Fe <sup>II</sup>	12,18	0,4357		19,72
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,3	Al <sup>III</sup>	4,42	0,4857		21,99
	SiO <sub>2</sub>	46,0	{ SiO <sub>3</sub> <sup>II</sup> O <sup>II</sup>	58,25 5,38	1,5354 0,6737	2,2091	69,50
	Total		100,3	Total	98,56		30,50

minerals such as the bronzite, diopside and actinolite very nearly corresponds with the theoretical quantity. On the other hand the augite and amphibol, which are rich in Al<sup>III</sup>, but relatively poor in SiO<sub>3</sub><sup>II</sup>, seem very likely to represent some basic metasilicate, and their basicity might be expressed by the residual oxide equivalents (O<sup>II</sup>), which are wanted to equalise the sum of the negative equivalents with the sum of the positive equivalents.

From the above data we see, that the oxivalue (O<sup>II</sup>) is less in the augite, than in the amphibol, which fact is quite in accordance with the theoretical composition of the above named minerals.

In table 3 olivine is a well-known representative of a true orthosilicate, the others are of more complicated and of a chemical nature not yet perfectly understood.

Table No. 3.  
The chemical composition of some orthosilicate.

1. Old terminology of the constituents	2. %	3. New terminology of the constituents	4. %	5. Gram- equivalents of the con- stituents	6. Total of the posi- tive and negative gramequi- vals	7. Gramequi- valent % of the constituents
Olivine						
MgO	46,7	Mg <sup>II</sup>	28,02	2,3408	2,6488	88,37
FeO	12,3	Fe <sup>II</sup>	8,61	0,3080	2,6488	11,63
SiO <sub>2</sub>	40,3	{ SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup> SiO <sub>2</sub>	60,81 0,62	2,6488	2,6488	100,00
Total	99,3	Total	98,06			
Muscovite						
Na <sub>2</sub> O	1,4	Na <sup>I</sup>	1,04	0,1596	1,80	
K <sub>2</sub> O	10,6	K <sup>I</sup>	8,80	0,2254	8,96	
CaO	0,9	Ca <sup>II</sup>	0,64	0,0321	1,27	
MgO	0,3	Mg <sup>II</sup>	0,18	0,0150	0,59	100
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,5	Fe <sup>III</sup>	2,45	0,1315	5,23	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	35,3	Al <sup>III</sup>	18,81	2,0670	82,15	
SiO <sub>2</sub>	44,6	{ SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup> SiO <sub>2</sub>	57,77 6,91	2,5162	2,5162	100,00
H <sub>2</sub> O	2,8	H <sub>2</sub> O	2,80			
Total	99,4	Total	99,40			
Biotite						
K <sub>2</sub> O	7,5	K <sup>I</sup>	6,23	0,1596	6,19	
MgO	25,9	Mg <sup>II</sup>	14,54	1,2982	50,35	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,9	Fe <sup>III</sup>	3,23	0,1841	7,14	100
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,0	Al <sup>III</sup>	8,52	0,9367	36,32	
F	0,6	F <sup>I</sup>	0,60	0,0314	1,22	
SiO <sub>2</sub>	42,6	{ SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup> SiO <sub>2</sub>	58,48 3,84	2,5472	2,5162	98,78
Total	96,9	Total	99,66			
Klinochlor						
MgO	33,1	Mg <sup>II</sup>	19,36	1,6591	57,27	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,8	Fe <sup>III</sup>	3,36	0,1202	4,15	100
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,1	Al <sup>III</sup>	10,18	1,1187	38,58	
SiO <sub>2</sub>	30,1	{ SiO <sub>4</sub> <sup>V</sup> O <sup>II</sup>	46,09 7,09	2,0093 0,8887	2,8980	69,32
H <sub>2</sub> O	12,5	H <sub>2</sub> O	12,50		2,8980	30,68
Total	99,6	Total	99,12			

In table 4 the chief representatives of the zeolites are tabulated. A striking feature we can see from these data is, that the equivalent-procent of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is as a whole nearly 75 %, the same case as with the feldspars above given.

Table No. 4.  
The chemical composition of some zeolite.

1 Old terminology of the constituents	2 % %	3 New terminology of the con- stituents	4 % %	5 Gram- equivalents of the con- stituents	6 Total of the posi- tiv resp. negativ gramequi- valents	7 Gramequi- valent-% of the constituents
Thomsonite	Na <sub>2</sub> O	6,2	Na <sup>I</sup>	4,60	0,2002	8,12 18,29 73,50 100,00
	CaO	12,6	Ca <sup>II</sup>	9,00	0,4511	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,0	Al <sup>III</sup>	16,52	1,8154	
	SiO <sub>2</sub>	37,0	{ SiO <sup>IV</sup>	56,63	2,4667	
	H <sub>2</sub> O	12,2	SiO <sub>2</sub>	0,05	2,4667	
Total		99,0		99,00		
Natrolite	Na <sub>2</sub> O	16,2	Na <sup>I</sup>	12,02	0,5231	25,71 74,29 100,00 156,50
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,8	Al <sup>III</sup>	13,75	1,5110	
	SiO <sub>2</sub>	47,7	{ SiO <sup>IV</sup>	46,70	2,0341	
	H <sub>2</sub> O	9,3	SiO <sub>2</sub>	17,23	1,1843	
			H <sub>2</sub> O	9,30		
Total		99,0		99,00		
Phyllipsite	K <sub>2</sub> O	5,28	K <sup>I</sup>	4,38	0,1122	6,85 15,28 77,87 100,00 102,50
	CaO	6,99	Ca <sup>II</sup>	4,99	0,2501	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	21,88	Al <sup>III</sup>	11,66	1,2747	
	SiO <sub>2</sub>	49,65	{ SiO <sub>3</sub> <sup>II</sup>	62,11	1,6370	
	H <sub>2</sub> O	16,16	or SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup>	0,61	1,6370	
Total		99,96		99,91		
Analcite	Na <sub>2</sub> O	12,1	Na <sup>I</sup>	8,98	0,3907	21,92 1,78 0,39 75,91 100,00 206,7
	K <sub>2</sub> O	1,5	K <sup>I</sup>	1,24	0,0318	
	CaO	0,2	Ca <sup>II</sup>	0,14	0,0070	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,1	Al <sup>III</sup>	12,31	1,3527	
	SiO <sub>2</sub>	55,2	{ SiO <sub>3</sub> <sup>II</sup>	67,62	1,7822	
Total		99,7		99,70		
Chabasite	Na <sub>2</sub> O	1,96	Na <sup>I</sup>	1,45	0,0631	4,42 19,58 76,00 100,00 233,6
	CaO	7,80	Ca <sup>II</sup>	5,57	0,2792	
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,50	Al <sup>III</sup>	9,86	1,0835	
	SiO <sub>2</sub>	49,90	{ SiO <sub>3</sub> <sup>II</sup>	54,09	1,4258	
	H <sub>2</sub> O	20,70	or SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup>	7,19	1,4258	
Total		98,86		98,86		

Old terminology of the constituents	1 %	2 %	3 New terminology of the con- stituents	4 %	5 Gram- equivalents of the con- stituents	6 Total of the posi- tiv resp. negativ gramequi- valents	7. Gramequi- valence % of the constituents
Stilbite	Na <sub>2</sub> O	0,4	NaI	0,30	0,0130	1,2315	1,05
	K <sub>2</sub> O	0,9	KI	0,75	0,0192		1,55
	CaO	8,0	CaII	5,71	0,2862		23,24
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,6	AlIII	8,31	0,9131	1,2315	74,16
	SiO <sub>2</sub>	58,2	{ Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> IV SiO <sub>2</sub> or SiO <sub>4</sub> SiO <sub>2</sub>	65,17 2,86 28,27 39,75	1,2315 2,6546		100,00
	H <sub>2</sub> O	18,0	H <sub>2</sub> O	81,00		3,8861	315,5
	Total	101,1		101,1			100,00 215,5
Heulandite	Na <sub>2</sub> O	0,4	NaI	0,30	0,0130	1,1675	1,11
	K <sub>2</sub> O	2,3	KI	1,91	0,0489		4,19
	CaO	6,2	CaII	4,43	0,2221		19,02
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,1	AlIII	8,04	0,8835	1,1675	75,68
	SiO <sub>2</sub>	59,6	{ Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> IV SiO <sub>2</sub> or SiO <sub>4</sub> IV SiO <sub>2</sub>	61,78 7,14 26,80 42,12	1,1675 2,8118		100,00
	H <sub>2</sub> O	15,4	H <sub>2</sub> O	15,40		3,9793	340,8
	Total	99,1		99,00			100,0 240,8

As in most cases, we do not know exactly in what from the silicicacid-radical in the structur of the zeolithes is represented I have calculated for these instances with both radicals, i. e. SiO<sub>4</sub><sup>IV</sup> resp. SiO<sub>3</sub><sup>III</sup> and the residual SiO<sub>2</sub>, too, for both cases. If it should prove correct, that the zeolithes should be regarded as almost orthosilicates, then they should be very acid salts, as shown by the data of the 7 th column.

In table 5 is given the composition of a kaolinite and a kollirite.

From the above data we perceive, that the kollirite should be a basic-aluminiumsilicate.

The analytical data of all the above minerals were taken from the Mineralogy of the late Professor Dr. J. de Szabó.

As a whole we observe, that the new terminology, as well as the old one, can successfully be applied in the case of minerals of a well known chemical structur, but is not suitable for minerals of complicated chemical composition or for socles.

In the case of soils, the problem might be somewhat simplified by the supposition, though not exact, in assuming with some certainty, that the soluble silicates in soils are nearly always the

Table No. 5.  
The chemical composition of some Kaolines.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Old terminology of the constituents	%	New terminology of the con- stituents	%	Gram- equivalents of the con- stituents	Total of the posi- tive resp. negative gramequi- valents	Gramequi- valent % of the constituents	
Kaolinite	CaO	0,9	Ca <sup>II</sup>	0,64	0,0321	2,2411	1,43
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37,9	Al <sup>III</sup>	20,19	2,2190		98,57
	SiO <sub>2</sub>	43,1	HSiO <sub>4</sub> <sup>III</sup>	69,34	2,2411		100,00
	H <sub>2</sub> O	15,0	H <sub>2</sub> O <sup>2</sup>	0,35			
	Total	98,9	Total	98,81			
Kolomite	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	45,0	Al <sup>III</sup>	23,97	2,634	2,634	100,00
	SiO <sub>2</sub>	14,0	SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup>	21,46	0,935		35,50
			O <sup>II</sup>	13,57	1,699		64,50
	H <sub>2</sub> O	41,0	H <sub>2</sub> O	41,00			100,00
	Total	100,00	Total	100,00			

results of rockweathering factors, and consequently they should be chiefly orthosilicates. Based upon this possibly somewhat arbitrary-hypothesis, I have reproduced in a similar manner to the above in the case of minerals, the average composition of American humid or arid soils, as given in table 6, based on the data of Professor Dr. E. W. Hilgard (California).

Table No. 6.  
The chemical composition of American humid and arid soils (Hilgard).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Old terminology of the constituents	%	New terminology of the con- stituents	%	Gram- equivalents of the con- stituents	Total of the posi- tive resp. negative gramequi- valents	Gramequi- valent % of the constituents	
Average composition of humid soils							
Na <sub>2</sub> O	0,091	Na <sup>I</sup>	0,067	0,00291	0,35573	0,82	
K <sub>2</sub> O	0,216	K <sup>I</sup>	0,178	0,00456		1,28	
CaO	0,108	Ca <sup>II</sup>	0,077	0,00386		1,08	
MgO	0,225	Mg <sup>II</sup>	0,131	0,01094		3,07	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,131	Fe <sup>III</sup>	2,192	0,07843		22,05	
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,133	Mn <sup>III</sup>	0,096	0,00349		0,98	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,296	Al <sup>III</sup>	2,289	0,25154		70,72	
SO <sub>3</sub>	0,052	SO <sub>4</sub> <sup>III</sup>	0,062	0,00129		0,36	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,113	PO <sub>4</sub> <sup>III</sup>	0,152	0,00481		1,35	
SiO <sub>2</sub>	4,212	SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup>	6,446	0,28117		79,05	
		O <sup>II</sup>	0,546	0,06846		19,24	
Loss on ignition	3,644	Loss on ign.	3,644				
Insol residue	84,031	Insol residue	84,031				
Total	100,252		99,951				

1 Old terminology of the constituents	2 %	3 New terminology of the con- stituents	4 %	5 Gram- equivalents of the con- stituents	6 Total of the posi- tiv resp. negativ gramequi- valents	7 Gramequi- valent-% of the constituents
average composition of arid soils.						
Na <sub>2</sub> O	0,264	Na <sup>I</sup>	0,196	0,00852		1,19
K <sub>2</sub> O	0,729	K <sup>I</sup>	0,605	0,01550		2,17
CaO	1,362	Ca <sup>II</sup>	0,973	0,04877		6,82
MgO	1,411	Mg <sup>II</sup>	0,846	0,07068	0,71517	9,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,752	Fe <sup>III</sup>	3,027	0,10830		15,14
Mn <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,059	Mn <sup>III</sup>	0,042	0,00150		0,21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,888	Al <sup>III</sup>	4,203	0,46187		64,59
SO <sub>3</sub>	0,041	SO <sup>IV</sup>	0,049	0,00102		0,14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,117	PO <sup>IV</sup>	0,156	0,00493		0,69
CO <sub>2</sub>	0,316	CO <sup>III</sup>	1,792	0,05989	0,71517	8,37
SiO <sub>2</sub>	7,266	SiO <sup>IV</sup>	11,136	0,48504		67,83
		O <sup>II</sup>	1,311	0,16429		22,97
Loss on ignition	4,945	Loss on ign.	4,945			
Insol. residue	70,565	Insol residue	70,565			
Total	101,715		99,846			

Besides the characteristic differences pointed out by Prof. Hilgard in his book on „Soils“, the total of the gramequivalents, as well as the gramequivalent %s show us some further marked differences between the humid and arid soils. It might be pointed out, that the total amount of the equivalents in arid soils is about double that in humid soils; then again the accumulation of the Ca<sup>II</sup>, Mg<sup>II</sup> and CO<sub>3</sub><sup>II</sup> in the arid soils, whereas the dominant amount of the Al<sup>III</sup>, Fe<sup>III</sup> and SiO<sub>4</sub><sup>IV</sup> is highly evidenced by the percentage amount of gramequivalents.

In the following tables I reproduce the composition of the main soil types of the Hungarian alkaline soils, the so called „szik“-soils, the chief characteristics of which I have described already in my paper: „Erfahrungen über die Verbesserung von Alkaliböden“.<sup>3)</sup> In table 7 we see the chemical composition of the subtypes of the main soil type: heavy sziksoil; the soil „Puszta-Décs“ belonging to the 1. subtype, under the so called „productive szik“-soils; the two others are both unproductive with the difference, that in the soil „ösipuszta“ the sulphates, in the soil „Békés-Csaba“ the water soluble carbonates are dominant. In table 8 again the typical soda-soils are represented, the soil „Tetétlen-puszta“ being

<sup>3)</sup> Dieselbe Zeitschrift I (1911). S. 44—66.

Table No. 7.  
The chemical composition of some typical „szik“-soil from the  
main class of „heavy szik“-soil.

1 Old terminology of the constituents	2 %	3 New terminology of the con- stituents	4 %	5 Gram- equivalents of the con- stituents	6 Total of the pos- itiv resp. negative gramequi- valents	7 Gramequi- valent-% of the constituents
a) Productive szik-soil at Puszta-Décs.						
Na <sub>2</sub> O	0,335	NaI	0,249	0,01083		1,74
K <sub>2</sub> O	1,017	KI	0,844	0,02162		3,47
CaO	0,630	CaII	0,450	0,02255	0,62292	3,62
MgO	0,706	MgII	0,424	0,03542		5,69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,653	FeIII	0,457	0,01635		2,62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,897	AlIII	4,697	0,51615		82,86
SO <sub>3</sub>	0,125	SO <sub>4</sub> II	0,150	0,00313		0,50
SiO <sub>2</sub>	4,294	SiS <sub>4</sub> IV OII	6,579 2,759	0,28653 0,33326	0,62292	46,00 53,50
Loss on ignition	6,120	Loss on ignit.	6,120			
Insoluble matter	73,792	Insol. matter	73,792			
Water	4,290	Water	4,290			
Total	100,859		100,711			
b) unproductive szik-land at Oesi-puszta.						
Na <sub>2</sub> O	0,276	NaI	0,205	0,00892		1,56
K <sub>2</sub> O	0,916	KI	0,780	0,01946		3,40
CaO	0,325	CaII	0,232	0,01163	0,57196	2,03
MgO	0,058	MgII	0,035	0,00992		0,51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,725	FeIII	1,908	0,06826		11,93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,871	AlIII	4,193	0,46077		80,57
SO <sub>3</sub>	0,058	SO <sub>4</sub> II	0,070	0,00146		0,25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,092	PO <sub>4</sub> III	0,123	0,00349	0,57196	0,38
SiO <sub>2</sub>	25,186	SiO <sub>4</sub> IV SiO <sub>2</sub>	13,009 16,688	0,56561		99,07
Loss on ignition	7,601	Loss on ignit.	7,601			
Insoluble matter	50,140	Insol. matter	50,140			
Water	4,032	Water	4,032			
Total	99,280		99,006			
c) Irrigated szik-land at Békés-Csaba.						
Na <sub>2</sub> O	0,554	NaI	0,411	0,01176		2,05
K <sub>2</sub> O	0,742	KI	0,616	0,01578		2,76
CaO	2,270	CaII	1,621	0,08125	0,57244	14,19
MgO	1,267	MgII	0,760	0,06349		11,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,200	FeIII	2,941	0,10522		18,38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,037	AlIII	2,684	0,29494		51,53
SO <sub>3</sub>	0,137	SO <sub>4</sub> II	0,164	0,00342		0,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,092	PO <sub>4</sub> III	0,138	0,00291	0,57422	0,51
CO <sub>2</sub>	1,330	CO <sub>3</sub> II	1,812	0,06056		10,58
SiO <sub>2</sub>	9,608	SiO <sub>4</sub> IV SiO <sub>2</sub>	11,607 2,035	0,50555		88,31
Loss on ignition	4,410	Loss on ignit.	4,410			
Insoluble matter	64,048	Insol. matter	64,049			
Water	6,590	Water	6,590			
Total	100,331		99,837			

very clayey, whereas that of the neighborhood of „Szeged“ is nearly pure sand, both infiltrated by soda and common salt (Na Cl).

Table No. 8.  
The chemical composition of two typical soda-soils.

Old terminology of the constituents	1 %	2 %	3 New terminology of the con- stituents	4 %	5 Gram- equivalents of the con- stituents	6 Total of the posi- tiv resp. negative gramequi- valents	7 Gramequi- valent-% of the constituents
a) heavy clay soda-soil at Tetétn-puszta.							
Na <sub>2</sub> O	0,022		Na <sup>I</sup>	0,016	0,00069		0,06
K <sub>2</sub> O	1,503		K <sup>I</sup>	1,248	0,03196		2,82
CaO	10,950		Ca <sup>II</sup>	7,821	0,39203	1,13243	34,62
MgO	3,636		Mg <sup>II</sup>	2,181	0,18220		16,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,785		Fe <sup>III</sup>	3,350	0,17983		15,88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,905		Al <sup>III</sup>	3,146	0,34572		30,53
Cl	0,037		Cl <sup>II</sup>	0,037	0,00105		0,09
SO <sub>3</sub>	0,125		SO <sub>4</sub> <sup>II</sup>	0,150	0,00313		0,28
CO <sub>2</sub>	9,352		CO <sub>3</sub> <sup>II</sup>	12,741	0,42576	0,13243	37,60
SiO <sub>2</sub>	2,736		SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup>	4,193	0,18264		16,13
			Off	4,148	0,51985		45,90
Chem. combined water	4,744		Chem. com- bined water	4,744			
Humus	1,060		Humus	1,060			
Insoluble matter	53,700		Insol. matter	53,700			
Humidity	3,291		Humidity	3,291			
Total	101,846			101,826			
Cl = O	0,008						
Marad	101,838						
b) sandy soda soil near Szeged.							
Na <sub>2</sub> O	0,298		Na <sup>I</sup>	0,221	0,00961		1,75
K <sub>2</sub> O	0,623		K <sup>I</sup>	0,517	0,01324		2,41
CaO	7,450		Ca <sup>II</sup>	5,321	0,26672	0,55074	48,43
MgO	2,539		Mg <sup>II</sup>	1,523	0,12723		23,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,500		Fe <sup>III</sup>	1,050	0,05636		10,23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,325		Al <sup>III</sup>	0,706	0,07758		14,08
Cl	0,080		Cl <sup>II</sup>	0,080	0,00226		0,41
SO <sub>3</sub>	0,020		SO <sub>4</sub> <sup>II</sup>	0,023	0,00050		0,09
CO <sub>2</sub>	7,218		CO <sub>3</sub> <sup>II</sup>	9,834	0,32862	0,55074	59,67
SiO <sub>2</sub>	2,289		SiO <sub>4</sub> <sup>IV</sup>	3,508	0,15280		27,74
			Off	0,531	0,06656		12,09
Chem. combined water	0,895		Chem. com- bined water	0,895			
Humus	0,368		Humus	0,368			
Insoluble matter	75,541		Insol. matter	75,541			
Humidity	0,932		Humidity	0,932			
Total	101,078			101,051			
Cl = O	0,018						
Marad	101,060						

We see from the above data of tables 7 and 8 what striking differences exist in the chemical composition of these alkaline soils, which differences are on the one hand in close connection with their respective genetic factors, and on the other hand with the general character of these peculiar soil types, as I have shown already in the paper on this subject previously referred to. All these soils are under semi-arid conditions, and still the chemical composition, a chiefly characterised by the relative values of equivalents, is highly different. The soil a) and b) of table 7 show a high grade leaching of Ca, Mg and CO<sub>3</sub>, probably due to their genetic conditions, as we have some evidences by which we may suppose that in previous times they were under the dissolving action of a swampy timber vegetation. On the other hand in table 8 the soils show the accumulation of the above named constituents, probably due to the conditions which enabled by surface evaporation the salts of lowland water to accumulated in these soils. The soil at Békés-Csaba in Table 7 c is about in the middle of the two extremities.

---

## **Verwitterung der Mineralien eines Märkischen Dünensandes unter dem Einfluss der Waldvegetation.**

Von den Herren Kurt Vogel von Falckenstein und  
Hans Schneiderhöhn.

Vor kurzem ist von einem von uns<sup>1)</sup> das mit Kiefern bestandene Flugsandgebiet von Melchow bei Eberswalde i. d. Mark ( $52^{\circ}41'$  n. Br.,  $13^{\circ}40'$  östl. L. v. Gr.) chemisch-bodenkundlich bearbeitet worden. Es wurde dabei festgestellt, dass gute und beste Walderträge auch auf sehr mineralstoffarmen Sanden erhalten werden, dass überhaupt auf diesen Dünensandböden die erzielte Waldertragsklasse nicht der Menge der vorhandenen Mineralnährstoffe proportional ist, wie früher behauptet wurde<sup>2)</sup> und noch jetzt vielfach angenommen wird.<sup>3)</sup>

Bei der chemischen Untersuchung mehrerer Waldbodenprofile ergab sich weiter die bekannte Tatsache, dass die Bodenoberschichten gegenüber den in 1—2 m Tiefe anstehenden relativ unverwitterten Sanden an den Hauptnährstoffen Kalk, Kalil und Magnesia verarmt waren. Dagegen ist Ton und Eisenoxyd in verschiedenen Höhen ungleichmäßig verteilt. Diese Bestandteile kommen zwar als Nährstoffe weniger in Betracht, können aber die physikalische Beschaffenheit des Bodens entweder günstig beeinflussen — Krümelstruktur —, oder durch Bodenverdichtung einzelner Schichten eine höchst unerwünschte Wirkung hervorbringen.

War so in verschiedenen Schichten eines dieser Probenprofile

---

<sup>1)</sup> Kurt Vogel von Falckenstein: Untersuchung von märkischen Dünensandböden mit Kiefernbestand. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. 1912. Heft 6. 23 S.

<sup>2)</sup> R. Schütze: Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen. 1869. I. S. 500. 1871. 3. S. 367.

<sup>3)</sup> F. Ramann: Bodenkunde. 1911. S. 273.

der quantitative Anteil an den der Vegetation zugänglichen Mineralnährstoffen analytisch bestimmt worden, so fehlte doch eine Uebersicht über die Verteilung der Nährstoffe auf die verschiedenen bodenbildenden Mineralien und über die Art und den Umfang der Verwitterung dieser Mineralien unter dem Einfluss der Waldvegetation.

Diese Veränderungen der Mineralien des Dünensandbodens unter dem Einfluss der Waldvegetation petrographisch zu untersuchen, ist der Zweck vorliegender Arbeit.

Wir gingen dabei von der Voraussetzung aus, dass ein Waldboden unter Altbestand sehr lange Zeit, ohne durch Eingriffe des Menschen (Umackern, Düngung) gestört zu werden, in seiner natürlichen Lagerung verharrt. Es wurde demnach angenommen, dass die Bodenoberschicht ursprünglich ebenso zusammengesetzt war, wie der Untergrund, und erst nachträglich durch die Einwirkung der Vegetation verändert wurde. Wir vergleichen daher denselben Sand im unverwitterten und im verwitterten Zustand, und stellen fest: Die Art und die prozentuale Beteiligung der vorhandenen Mineralien und ihren Verwitterungszustand

in dem unverwitterten Sand Su, 1,60—2,0 m  
unter der Oberfläche,  
und in einer der Waldvegetation zugänglichen Oberschicht So, 0,15—0,40 m  
unter der Oberfläche.

Entstehung und Verbreitung der quartären norddeutschen Sande. Diese Sande gehen zurück auf die mächtigen Geschiebemassen nordischer Gesteine, die die Inlands-gletscher der Eiszeiten nach Norddeutschland verfrachtet haben. Die Verwitterungsrückstände der abgelagerten Gletschertransportmassen sind die Talsande der Urstromtäler, die eine grosse forstwirtschaftliche Bedeutung besitzen, weil mehr als die Hälfte aller Waldbestände Preussens auf ihnen stockt. Die Dünensande, von denen wir ein Beispiel zur Bearbeitung hatten, sind Windumlagerungsprodukte dieser Talsande und stellen infolgedessen eine nach Korngrösse und Mineralbestand

sehr gleichartige Durchschnittsprobe der verbreiteten Bodenart dar. Deshalb dürfte die Untersuchung der Melchower Sande in der angedeuteten Art und Weise mehr als lokales Interesse besitzen.

Untersuchungsmethode. Mineralogisch wurden bodenbildende Sande schon wiederholt untersucht<sup>4)</sup>), doch war der Zweck der ausgeführten Arbeiten meist die Feststellung des Alters und der Ursprungsgegend des Sandmaterials bei geologischen Kartierungen. Die dabei zur Anwendung gekommene Methode — Trennung der Mineralien nach dem spezifischen Gewicht und Auszählung — war naturgemäß dem von uns angewandten Verfahren sehr ähnlich. Es erscheint jedoch angebracht, auf die Ausführung unserer Untersuchungen etwas ausführlicher einzugehen.

Die geringen tonigen Bestandteile der Sande wurden im Schöne'schen Trichter durch Abschlämmen entfernt. Sie blieben bei den folgenden Untersuchungen unberücksichtigt und sollen später besonders bearbeitet werden. Die noch zurückbleibenden gröberen organischen Bestandteile wurden mit einer Lösung von Bromoform und Benzol von 2,38 sp. Gew. abgetrennt. Die weiteren Untersuchungen wurden mit dem so erhaltenen reinen Mineralsand von der Korngrösse 0,5—0,05 mm vorgenommen.

Von beiden Sanden, Su und So, wurden je 50 g mit Hilfe von entsprechend schweren (vergl. Tab. I) Lösungen von Bromoform und Benzol oder von Methylenjodid in mehrere Fraktionen zerlegt und diese gewogen. Für die erste Abtrennung und bei

<sup>4)</sup> J. L. C. Schroeder van der Kolk: Beiträge zur Kartierung der quartären Sande. N. Jahrb. f. Min. etc. 1895, I, 272—276. — Beiträge zur Kartierung der quartären Sande. Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Ges. 1896, 48. 773—807. — Bydrage tot de Karteering onzer Zandgronden. I. Verh. kon. Ak. v. Wetensch. Amsterdam. 1895. II. Verh. kon. Ak. v. Wetensch. Amsterdam. 1897. III. Verh. kon. Ak. v. Wetensch. Amsterdam. 1898. — Een mogelijke oorzaake der ongelijke vruchtbaarheid in Duinen en Gestronden. Tydschr. Nederl. Heidemaatschappij 1895, 1. 8 p.

I. W. Retgers: Ueber die mineralogische und chemische Zusammensetzung der Dünensande Hollands und über die Wichtigkeit von Fluss- und Meeressanduntersuchungen im allgemeinen (dort auch ältere Lit.). N. Jahrb. f. Min. etc. 1895, I, 16—74.

A. Sauer: Geologische Spezialkarte des Grossherzogtums Baden. Blatt Neckargemünd.

P. S a b b a n: Die Dünen der südöstlichen Heide Mecklenburgs und über die mineralogische Zusammensetzung diluvialer und alluvialer Sande. Mitt. d. Gross. Mecklb. Geol. Landesanstalt. 1897. 8. 52 p.

grösseren Mengen benutzten wir dabei den H a r a d a 'schen Trennungstrichter, während für kleinere Mengen der Apparat von E. Kaiser<sup>5)</sup> sich als der geeignete erwies. Jede Fraktion wurde drei- bis viermal durchgeschüttelt und zeigte dann genügende Reinheit.

Die Mineralien der einzelnen Fraktionen und ihre Beteiligung am Gesamtgewicht beider Sande zeigt folgende Tabelle:

T a b e l l e I.

Fraktion	Spez. Gewicht	Mineralien	Unter- grund $S_u$ %	Ooer- schicht $S_o$ %
1	< 2,60	Kalifeldspäte. Kaolinisierte Kalknatronfeldspäte. Quarze mit Einschlüssen und Ton- häutchen auf der Oberfläche.	5,12	11,31
2	— 2,60 — 2,63	Kaolinisierte Kali- und Kalknatron- feldspäte. Quarze mit Einschlüssen und Ton- und Eisenhydroxydhäutchen.	14,05	30,96
3	— 2,63 — 2,69	Quarz. Kalifeldspat mit Mineraleinschlüssen und Ton- und Eisenhydroxyd- häutchen. Saure Kalknatronfeldspäte.	79,50	56,66
4	— 2,69 — 2,83	Basische Kalknatronfeldspäte. Serizitisierte Kalifeldspäte. Muskovit. Biotit. Chlorit.	0,38	0,19
5	— 2,83 — 3,20	Apatit. Augit. Hornblende.	0,34	0,30
6	> 3,20	Hornblende. Granat. Titanit. Erze.	0,61	0,58

Bei dieser Trennung werden also die Mineralien zum grossen Teil nicht nach dem spezifischen Gewicht der reinen Mineralsubstanz, sondern nach einem durch Beimengung von

<sup>5)</sup> E. Kaiser: Ein verbesserter Trennungsapparat für schwere Lösungen. Zbl. f. Min. 1906, 475—477.

Einschlüssen und Verwitterungsprodukten modifizierten spezifischen Gewicht getrennt. So störend dieser Umstand für gewöhnlich auch ist, gibt er aber gerade für unsern Fall zu sehr interessanten Feststellungen Anlass, und lässt z. B. schon unmittelbar aus Tab. I die starke Zunahme der Kaolinisierung der Feldspäte in der Oberschicht erkennen.

Da also in allen Fraktionen sehr verschiedenartige und in verschiedenen Fraktionen z. T. die gleichen Bestandteile vereinigt sind, erschien es angezeigt, die einzelnen Mineralien jeder Fraktion besonders zu bestimmen, um die Summen der überhaupt vorhandenen Mineralien festzustellen. In den in Kanadabalsam oder Nelkenöl eingebetteten Durchschnittsproben jeder Fraktion wurde die Beteiligung der einzelnen Mineralien durch Auszählen unter dem Mikroskop bestimmt. Dabei bereitete eine gewisse Schwierigkeit die Unterscheidung von Quarz und Orthoklas, da sich besonders in der verwitterten Oberschicht Ton und Eisenhydroxyd auf der Oberfläche der Mineralkörper niedergeschlagen hatte<sup>6)</sup>, so dass der Quarz äußerlich oft zersetzen Orthoklas sehr ähnlich war. Durch einstündiges Kochen mit HCl vom spez. Gew. 1,15 liessen sich aber die dadurch von ihren Häutchen befreiten klaren Quarzkörper leicht von den stark angegriffenen Feldspäten unterscheiden.

Gute Dienste bei der Untersuchung von Quarze und Feldspat leistete uns auch der aufs Mikroskopular zu setzende Blendschieber, der vor kurzem von einem von uns<sup>7)</sup> angegeben wurde.

Die Einzelresultate der mikroskopischen Untersuchung und Auszählung der Mineralien der verschiedenen Fraktionen ergibt folgende Tabelle II:

Wenn die Prozentzahlen der Tab. II auf die Gewichtsverhältnisse der Tab. I umgerechnet werden, so erhält man folgende Tab III, die also die Gesamtübersicht über die Mineralverteilung in beiden Sanden gibt.

<sup>6)</sup> Analog wie Calciumkarbonat in Löss als dünner Ueberzug auf den Quarzkörnern vorkommt.

<sup>7)</sup> H. Schneiderhöhn: Die Beobachtung der Interferenzfarbenschiefer Strahlenbündel als diagnostisches Hilfsmittel bei mikroskopischen Mineraluntersuchungen. Zeitschr. f. Krist. 1912. **50.** 331—341.

T a b e l l e II.

Faktion	Spez. Gewicht	Mineralien	Untergrund Su	Oberschicht S <sub>0</sub>
1 < 2,60		Orthoklas . .	% 60 Z. T. unverwittert, z. T. spärlich kaolinisiert	% 47 stark u. gleichmässig kaolinisiert
		Anorthoklas . .	2 sehr wenig kaolinisiert	1 stark u. gleichmässig kaolinisiert
	Mikroklin . .	30 ganz unverwittert	25	fast unverwittert
	Quarz . . .	—	22	mit Flüssigkeits- einschl. und Ton- häutchen auf der Oberfläche
	Plagioklas . .	8 Albit u. Oligoklas; ziemlich stark kaolinisiert	5	Albit u. Oligoklas; stark kaolinisiert
2 2,60— 2,63	Quarz . . .	55 mit Gas-, Flüssig- keits- u. Mineral- einschl. u schwach. Ton- u. Eisen- hydroxydhäutchen auf der Oberfläche	70,5	mit Gas-, Flüssig- keits- u. Mineral, einschl. u. dicken Ton- u. Eisen- hydroxydhäutchen auf der Oberfläche
	Orthoklas . .	15 ziemlich zersetzt	16,5	stark zersetzt
	Mikroklin . .	10 frisch	—	
	Plagioklas . .	20 Oligoklas; stark zersetzt	13	Oligoklas; fast voll- kommen zersetzt
3 2,63— 2,69	Quarz . . .	80 wenig Einschlüsse, ohne Häutchen	92	mit starken Häut- chen, die sehr viel Eisenhydroxyd enthalten
	Orthoklas . .	8 ziemlich frisch mit vielen Mineral- einschlüssen	—	
	Plagioklas . .	12 Oligoklas und Andesin; ziemlich frisch	8	Oligoklas und Andesin; zersetzt mit Eisenhydroxyd- und Tonhäutchen
4 2,69— 2,83	Orthoklas . .	40 stark serizitisiert	50	stark serizitisiert
	Plagioklas . .	25 Labrador bis An- orthit; etwas zersetzt	10	Labrador bis An- orthit; stark zersetzt
	Chlorit . . .	30 feinkörnige grüne Aggregate; ziemlich frisch	30	stark zersetzt, z. T. ausgebleicht
	Muskowit . .	5 frisch	10	etwas trübe

Fraktion	Spez. Gewicht	Mineralien	Untergrund S <sub>u</sub>		Oberschicht S <sub>o</sub>	
5	2,83— 3,2	Hornblende .	70	ziemlich frisch (z. T. Glaukophan)	76	meist noch ziemlich frisch
		Augit . . .	10	frisch (z. T. Aegirin)	15	frisch
		Apatit . . .	20	zieml. frisch; scharfe Kristallformen	10	zersetzt; korrodierte Kristallformen
6	> 3,2	Hornblende .	20	frisch	20	meist frisch
		Granat . . .	30	frisch	30	stark verwittert
		Titanit . . .	5	frisch	5	frisch
		Erze u seltene Mineralien	45	meist frisch	45	etwas zersetzt

Aus Tabe. III ist leicht zu ersehen, eine wie weit gehende Mineralzersetzung der ursprüngliche Sand S<sub>u</sub> in der Oberschicht S<sub>o</sub> erfahren hat. Besonders aus der Zusammenstellung in der Mittelkolonne von Tab. III geht direkt der Verlust des zerstörten Sandes S<sub>o</sub> an Mineralien und Mineralnährstoffen hervor.

Zu den einzelnen Mineralien der Sande sei noch folgendes bemerkt.

**Quarz.** Die Melchower Sande bestehen vorwiegend (70—80 %) aus Quarz, der zwar auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens wesentlichen Einfluss ausübt, als Pflanzennährstoff hingegen nicht in Betracht kommt. In der Verwitterungsschicht S<sub>o</sub> tritt wegen der geringen chemischen Angreifbarkeit des Quarzes eine prozentuale Anreicherung in Erscheinung (76 % gegen 71 %). Nach seinem spez. Gew. gehört der Quarz in Fraktionen 3, 2,63—2,69. Auch in dem verhältnismässig reinen Sande S<sub>u</sub> sind nicht unbedeutende Mengen Quarz durch Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse spezifisch leichter geworden und finden sich in Fraktion 2. Noch mehr ist das spez. Gew. des Quarzes von S<sub>o</sub> verändert, da dort neben den Einschlüssen noch Ton- und Eisenhydroxydhäutchen gewichtsverändernd wirken.

**Feldspäte.** Eine dominierende Rolle im Haushalte der Forstgewächse spielen die Feldspäte. Sie sind in den Melchower Sanden in relativ bedeutender Menge (20—25 %) vorhanden und bilden die

Tabelle III.

Fraktion	Unverwitterter Sand $S_u$						Summen der einzelnen Mineralien			Verwitterter Sand $S_o$						
	1	2	3	4	5	6	$S_u$	%	Ca-träger	$S_o$	1	2	3	4	5	6
Plagioklas . . .	0,41	2,80	9,55	0,10	—	—	<b>12,86</b>	<b>Ca-träger</b>	<b>9,16</b>	0,57	4,03	4,54	0,02	—	—	—
Orthoklas . . .	3,18	2,11	6,40	0,15	—	—	<b>11,84</b>	K-träger	<b>10,62</b>	5,42	5,11	—	0,09	—	—	—
Mikroklin . . .	1,53	1,40	—	—	—	—	<b>2,93</b>	—	<b>2,84</b>	—	—	—	—	—	—	—
Chlorit . . .	—	—	—	0,11	—	—	<b>0,11</b>	—	—	—	—	—	0,06	—	—	—
Hornblende . . .	—	—	—	—	0,25	—	<b>0,37</b>	Mg- u. Fe-träger	<b>0,35</b>	—	—	—	—	0,23	0,18	—
Augit . . .	—	—	—	—	0,03	—	<b>0,03</b>	—	<b>0,04</b>	—	—	—	—	0,04	—	—
Erze . . .	—	—	—	—	—	0,28	<b>0,28</b>	—	<b>0,26</b>	—	—	—	—	—	0,26	—
Apatit . . .	—	—	—	—	—	0,06	—	<b>0,06</b>	P-träger	<b>0,03</b>	—	—	—	—	0,03	—
Granat . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<b>0,17</b>	—	—	—	—	—	0,17
Titanit . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	<b>0,03</b>	—	—	—	—	—	0,03
Muskovit und Blotit . . .	—	—	—	—	—	—	0,02	<b>0,02</b>	—	—	—	—	0,02	—	—	—
Quarz . . .	—	7,74	63,55	—	—	—	<b>71,29</b>	physikal. Grundmaterial	<b>76,42</b>	2,48	21,82	51,12	—	—	—	—
										<b>100,00</b>	Summe	<b>100,00</b>				

wichtigsten Kalk- und Kali quelle dieser Böden. Die im Laufe der Jahrhunderte langsam fortschreitende Verwitterung bewirkt eine sehr sparsame und haushälterische Abgabe beider Nährstoffe. Die gleichzeitige Tonbildung kann wesentlichen Einfluss auf die physikalische Beschaffenheit der Sandböden gewinnen, die sich gelegentlich günstig (Krümelstruktur) oder verhängnisvoll (Bodenverdichtung) zu äussern vermag.

Da Calcit nicht nachgewiesen wurde, kommen als Kalkträger vor allem die Plagioklasse in Betracht. Schon in der vorhergehenden chemisch-bodenkundlichen Bearbeitung wurde darauf aufmerksam gemacht, dass der Kalkverbrauch der Waldbäume sehr bedeutend ist.<sup>8)</sup> Dementsprechend zeigen die Kalknatronfeldspäte eine starke Verwitterung, die so weitgeht, dass der Sand der Oberschicht über 30 % Plagioklas weniger enthält als der des Untergrunds.

Die Kaliträger Orthoklas und Mikroklin zeigen verschiedene Widerstandsfähigkeit gegenüber den verwitternden Einflüssen der Waldvegetation. Während der stark angegriffene kaolinisierte Orthoklas in der Oberschicht S<sub>0</sub> einen Mineralverlust von 10 % aufweist, blieb der Mikroklin relativ frisch und zeigte nur eine Abnahme von weniger als 4 %. Es scheint dies mit den bisherigen Beobachtungen in Widerspruch zu stehen, die besagen, dass Orthoklas und Mikroklin die gleiche Verwitterbarkeit aufweisen.<sup>9)</sup> Auch ist die Angreifbarkeit des Orthoklas in Salzsäure eine bedeutend grössere als des Mikroklin.

**Magnesia- und Eisenträger.** Als Hauptquellen der Magnesia und des Eisens sind hier die Hornblenden und die chloritischen Zersetzungspprodukte, sowie die Eisenereze anzusehen. Die hier beobachteten Augite zeigten keine wesentlichen Veränderungen.

Da diese Mineralien nur in geringer Menge in den untersuchten Sanden vorkommen, dürfte ihr Einfluss auf die Pflanzenernährung nur gering sein. Die stärksten wahrnehmbaren Veränderungen haben die chloritischen Bestandteile erlitten.

**Phosphorträger.** Trotz sehr geringer Menge kommt dem Apatit als Phosphorträger eine ziemliche Bedeutung zu. Dass nicht unbedeutende Umsetzungen stattgefunden haben, erhellt aus

<sup>8)</sup> K. Vogel von Falckenstein: I. c. S. 6.

<sup>9)</sup> H. Rosenbusch: Mikr. Phys. d. Min. 1905. I. 2. S. 324.

dem Umstand, dass etwa die Hälfte aller Apatite in der veränderten Oberschicht verschwunden sind, während die noch vorhandenen Kristalle starke Korrosionserscheinungen zeigen.

#### Zusammenfassung.

Mehr als die Hälfte aller Waldungen Preussens steht auf quartären Sanden, deren Material vorwiegend nordischen Ursprungs ist. Die vorliegende Arbeit hatte den Zweck, an Hand eines Beispiels die mineralogische Zusammensetzung dergleicher Sande und ihre Verwitterung unter dem Einfluss der Waldvegetation zu untersuchen. Es wurde derselbe Sand im unverwitterten und im verwitterten Zustand petrographisch untersucht.

Es ergab sich, dass Kalk und Kali im wesentlichen von den reichlich vorhandenen Feldspäten geliefert werden, die ausserdem durch beträchtliche Tonbildung die physikalische Beschaffenheit des Bodens stark beeinflussen. Dabei wurde beobachtet, dass Mikrolin unter den gleichen Umständen bedeutend schwerer angreifbar ist als Orthoklas.

Als Quelle für Magnesia und Eisen kommen die Hornblenden und die chloritischen Zersetzungprodukte in Betracht, auch Eisenerze können eine gewisse Rolle spielen.

Trotz geringer Menge ist der Apatit als Träger der Phosphorsäure von Wichtigkeit.

Es wurde in vorliegender Arbeit versucht, auf rein petrographischem Wege — durch Trennung der Mineralien nach dem spezifischen Gewicht und Auszählen unter dem Mikroskop — einen qualitativen und quantitativen Ueberblick zu gewinnen über die mineralische Zusammensetzung des Bodens und über den Grad und die Art der Verwitterung, den ein unverwitterter Boden unter dem Einfluss der Vegetation erleidet. Es dürfte sich bei Bodenuntersuchungen empfehlen, diese petrographische Methode mit den chemischen Bausch- und Partialanalysen zu kombinieren.

Berlin, Mineralogisch-Petrographisches  
Institut der Universität, Juni 1912.

## **Untersuchungen über den Einfluss von Humusstoffen auf die Verwitterung der Silikate.**

Von Herrn H. Niklas.

Um geeignetes und genügendes Untersuchungsmaterial zu gewinnen zur Beantwortung der Frage, welche Veränderung Silikatgesteine durch langandauernde Einwirkung von humosen Substanzen erleiden, wurden von Prof. Dr. Ramann, der sich schon sehr früh mit dem Gedanken trug, die dabei vor sich gehenden Umsetzungen analytisch zu verfolgen, bereits im Jahre 1901 folgende Anordnungen getroffen:

Je 15 g fein gepulverte Substanz der Silikate Feldspat, Augit, Hornblende, Olivin, Glimmer und Labradorit wurden mit je 300 g Moostorf, der dem Chiemseemoor bei Bernau aus einer Tiefe von einigen Metern entnommen war, gut vermischt und in entspr. Glasgefäßen unter Luftabschluss, was durch Ueberziehen des Deckels derselben mit Paraffin ermöglicht wurde, mehrere Jahre aufbewahrt. Luft, Wasser, Salze und andere Stoffe, die ja bei der Verwitterung der Gesteine an der Erdoberfläche mitbeteiligt sind, konnten nicht hinzutreten.

Die im Jahre 1908, also nach einem Zeitraum von 7 Jahren, erfolgten Untersuchungen dieser Proben (es wurden 1901 von jedem Silikate deren 2 angesetzt), hatten zur Aufgabe, die in den in Moor eingebetteten Silikatpulvern eventuell vor sich gegangenen Veränderungen und Zersetzung quantitativ festzustellen. Konnten solche nachgewiesen werden, so ist wohl ersichtlich, dass diese fast ausschliesslich der Einwirkung der humosen Stoffe auf die Gesteinspulver zugeschrieben werden mussten.

Als Ziel und Zweck der Untersuchungen schwiebte uns die Bestimmung folgender Grössen vor:

- I. Die Mengen der einzelnen Bestandteile des Silikats, die durch Einwirkung von Moor allein löslich wurden.
- II. Die Mengen, die durch Moor in 2 % HCl löslich wurden.
- III. Die Quantitäten, die durch Vermischen und Einäschern mit Moor in 2 % HCl löslich wurden.
- IV. Die Quantitäten, die nach dem Verglühen des Moores in 2 % HCl in Lösung gingen.
- V. Die Mengen, die durch Moor bei andauernder Wasser-einwirkung in Lösung gingen.
- VI. Die Mengen, die durch Elektrolyse sich lösten und trans-portabel wurden.

Es wurden nun zur Ermittelung dieser Größen nacheinander folgende Operationen ausgeführt:

1. Von den 1901 angesetzten Proben von 15 g Silikatpulver + 300 g Moor wurde jedes einzelne mit Wasser zu 1 l aufgefüllt und nach 3 stündigem Stehen filtriert. Das Filtrat wurde einer quantitativen Analyse unterzogen.
2. Der dabei verbleibende Filterrückstand wurde mit 2 l einer 2 % HCl 3 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt und filtriert. Dieses Filtrat wurde ebenfalls untersucht.
3. Der aus 2. verbleibende Filterrückstand wurde verascht und diese Asche mit 2 l einer 2 % HCl ebenfalls 3 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt und abfiltriert. Dieses Filtrat wurde auch einer chemischen Prüfung unterstellt.
4. Je 15 g der betr. fein gepulverten Silikate wurden mit je 300 g Moor versetzt und dieses verascht. Die dabei verbleibende Asche nebst dem Silikatpulver wurden mit 2 l einer 2 % HCl 3 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt, filtriert und das Filtrat untersucht.
5. Je 15 g der Silikatpulver wurden mit 300 g frischem Moor vermischt und einer andauernden Wassereinwirkung dadurch ausgesetzt, dass man das zugesetzte Wasser nach einiger Zeit abfiltrierte und durch frisches ersetzte. Die Einwirkung wurde noch durch häufiges Schütteln verstärkt. Die einzelnen Filtrate wurden gesammelt, eingedampft und ebenfalls untersucht.
6. Die im Jahre 1901 bereitete 2. Probe der Mischung 15 g Silikat + 300 g Moor wurde der Elektrolyse unterworfen. Näheres darüber siehe später unter Abschnitt VI, der eine ausführliche Beschreibung enthält.

7. Von jedem einzelnen Silikate wurde eine Bauschanalyse gemacht, um dessen Zusammensetzung zu ermitteln.

8. Je 15 g der einzelnen Silikate wurden 3 Stunden lang der Einwirkung von 1 l Wasser ausgesetzt und dann filtriert. Im Filtrat wurden die in Lösung gegangenen Bestandteile ermittelt.

9. Je 15 g der Silikatpulver wurden 3 Stunden lang auf dem Wasserbade mit 2 % HCl gekocht, dann filtriert und das Filtrat untersucht.

10. 300 g Moor wurden verascht und diese Asche mit 2 % HCl 3 Stunden lang auf dem Wasserbade gekocht, abfiltriert und das Filtrat untersucht. Aus mehreren solchen Bestimmungen wurde ein Mittelwert berechnet.

11. 300 g Moor wurden mit Wasser zu 1 l aufgefüllt und der Gehalt des nach 3 Stunden abfiltrierten Auszuges quantitativ bestimmt.

12. 300 g Moor wurden mit 2% HCl zu 2 l aufgefüllt, 3 Stunden lang auf dem Wasserbade gekocht und das Filtrat davon untersucht.

13. 300 g Moor wurden mit Wasser versetzt und der Elektrolyse unterzogen. Das hierdurch transportierte Wasser, das stets durch frisches nachgefülltes in Bewegung erhalten wurde, wurde gesammelt, eingedampft und untersucht. Die Elektrolyse ging ca. 1 Woche ununterbrochen vor sich.

Die unter 11., 12. und 13. aufgeführten Bestimmungen wurden mehrmals vorgenommen, um Mittelwerte daraus berechnen zu können.

Zu den unter 1. bis 13. aufgeführten vorgenommenen Operationen dienen folgende Erläuterungen:

Der Herstellung möglichst einwandfreier Filtrate von den Wasserauszügen der Silikate und des Moores musste besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden. Im ersten Falle haben wir es mit Suspensionen, im letzteren mit kolloiden Lösungen zu tun. Allen Bemühungen zum Trotz gelang es deshalb auch nicht, ein wasserklares Filtrat von den wässrigen Moorauszügen zu erhalten. Stets gingen kolloid gelöste Humusstoffe durch, die das Filtrat bräunlich färbten. Ich begnügte mich deshalb damit, möglichst farblose Filtrate zu erhalten, die nach dem Eindampfen leicht geäugt wurden, um die organische Substanz zu zerstören. Um die Kieselsäure abzuscheiden ist mehrstündiges Erhitzen im Trocken-

schrank auszuführen, wobei indes die Temperatur  $120^{\circ}$  nicht übersteigen darf, damit sich kein säureunlösliches  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bilden kann.

Das Filtrat von dem Kieselsäurerückstand wurde auf 500 ccm aufgefüllt und in geeigneten Portionen hiervon Eisen, Aluminium, Calcium, Magnesium und die Alkalien bestimmt.

Die Bestimmung erfolgte nach den bekannten Methoden. Eisen und Aluminium wurden mit Ammoniak ausgefällt und in die Oxyde übergeführt. Der Kalk wurde mit Ammonoxalat gefällt und als  $\text{CaO}$  bestimmt. Die Magnesia<sup>1)</sup> wurde durch Dinatriumphosphat und Ammonchlorid zur Fällung gebracht und durch Glühen in  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  übergeführt.

In einer eigenen Probe wurde die Trennung von Eisen und Aluminium durchgeführt durch Behandeln der Hydroxyde mit Kalilauge. Ich hielt mich dabei an die Vorschriften, die vom anorganischen Laboratorium der hiesigen technischen Hochschule für diese Trennungsmethode ausgearbeitet wurden.

Ebenfalls in einer eigenen Probe wurden die Alkalien bestimmt. Es wurden durch Ammoniak, Ammonkarbonat und Ammonoxalat heiss Eisen, Aluminium und Kalk gefällt, dann in der Kälte mit Ammonphosphat die Magnesia. Im Filtrat hiervon wurde nach dem Eindampfen und Abrauchen der Ammonsalze mit Wasser aufgenommen und dann die Fällung der Phosphorsäure mit Baritwasser nach dem bekannten Verfahren vorgenommen: Entfernung des überschüssigen Bariums mit Ammonkarbonat und nochmaliges Eindampfen und Glühen. Dann mit etwas HCl die Chloride der Alkalien hergestellt und diese nach der Chlorplatinmethode bestimmt. Sehr zweckmässig erwies es sich, hierbei die Phosphorsäure mit essigsarem Blei und das überschüssige Blei mit Ammonkarbonat hinwegzunehmen, um so die Acetate und daraus die Chloride zu erhalten.

Die Zusammensetzung der Silikate wurde durch die sogenannte Bauschanalyse bestimmt.

Das betr. Silikat wurde zu diesem Zwecke einmal mit Kalienatronkarbonat aufgeschlossen und dann die Kieselsäure und im Filtrat die Basen mit Ausnahme der Alkalien bestimmt. Zur Bestimmung der letzteren musste ein Teil des Silikats durch Fluorwasserstoff aufgeschlossen werden, was in Bleitöpfen geschah. Das

<sup>1)</sup> Natürlich in der von Eisen, Aluminium und Kalk befreiten Lösung.

feingepulverte Silikat wurde in einem Platinschälchen mit konz.  $H_2SO_4$  befeuchtet und auf eine Siebplatte des Bleitopfes aufgestellt, an dessen Boden durch Flusspatpulver und konz. Schwefelsäure Fluorwasserstoff durch gelindes Erwärmen erzeugt wurde, der dann ca. 2 Tage auf das Silikat einwirken konnte. Nach dem Abrauchen der Schwefelsäure wurde in Salzsäure gelöst und darin die Alkalien bestimmt.

Es wäre endlich noch zu bemerken, dass bei den Fällen, wo Kieselsäurebestimmungen nötig waren, nicht nur die Gesamtkiesel säure, sondern auch die in KOH lösliche und unlösliche Kieselsäure nach einem bereits von van Bemmelen vorgeschlagenen Verfahren bestimmt wurden.

Nach diesem Verfahren wurde die Kieselsäure nach ihrer Abscheidung einige Minuten mit KOH auf ca.  $70^\circ$  erwärmt, dann abfiltriert, geblüht und gewogen. Die dabei durch Kalilauge in Lösung gegangene Kieselsäure wurde aus dem Filtrat durch Zusatz mit HCl ausgefällt und ebenfalls filtriert, geblüht und gewogen und ergab so den löslichen Teil.

#### Besprechung der Analysenresultate.

##### I. Die Mengen der einzelnen Bestandteile der Silikate, die durch Einwirkung von Moor allein löslich wurden.

Um diese Mengen zu finden, müssen wir von den Zahlen, die wir durch Analyse des Wasserauszuges von dem 1901 hergestellten Gemisch (Silikat + Moor) gefunden haben, die Zahlen abziehen, die uns die Analyse des Wasserauszuges von Moor liefert und ferner die Werte, die wir bei der Untersuchung der Wasserauszeuge der Silikate gefunden haben.

Denn es ist wohl ersichtlich, dass der dem Moore zugeführte Liter Wasser sowohl aus den Silikaten gewisse Mengen in Lösung brachte als auch auf die im Moore als Verunreinigung oder zufällige Beimischung enthaltenen mineralischen Bestandteile lösend einwirkte. Da wir nur die Mengen zu kennen wünschen, die vom Moor allein gelöst, so müssen diese beiden letzten Faktoren, wie oben bemerkt, in Abrechnung gebracht werden.

I a) 300 g Moor wurden 3 Stunden lang der Einwirkung von 1 l Wasser ausgesetzt und das Filtrat untersucht. Das Mittel aus mehreren solchen Bestimmungen ergab folgende Größen:

$\text{CaO} = 0,0202 \text{ g}$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0133 \text{ g}$
$\text{MgO} = 0,0055$	$\text{SiO}_2 = 0,0072$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0232$	$1.^{\text{u}}\text{SiO}_2 = 0,0052$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0100$	

I b) Je 15 g Silikat wurden 3 Stunden lang der Einwirkung eines Liters Wassers ausgesetzt. In den Filtraten wurden gefunden:

Feldspat	Augit	Hornblende
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0020 \text{ g}$	$\text{CaO} = 0,0260 \text{ g}$	$\text{CaO} = 0,0035 \text{ g}$
$\text{MgO} = 0,0035$	$\text{MgO} = 0,0013$	$\text{MgO} = 0,0013$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0140$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0094$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0330$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0104$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0061$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0184$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0036$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0033$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0146$
		$\text{SiO}_2 = 0,0084$
		$1.^{\text{l}}\text{SiO}_2 = 0,0071$
Olivin	Glimmer	Labradorit
$\text{CaO} = 0,0065 \text{ g}$	$\text{CaO} = 0,0190 \text{ g}$	$\text{CaO} = 0,0090 \text{ g}$
$\text{MgO} = 0,0020$	$\text{MgO} = 0,0050$	$\text{MgO} = 0,0030$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0375$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0305$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0205$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0119$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0177$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0065$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0256$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0128$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0135$
	$\text{SiO}_2 = 0,0041$	$\text{SiO}_2 = 0,0011$
	$1.^{\text{l}}\text{SiO}_2 = 0,0020$	
Phonolith		
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0110 \text{ g}$		
$\text{CaO} = 0,0255$		
$\text{MgO} = 0,0095$		
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0350$		
$\text{K}_2\text{O} = 0,0231$		
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0119$		

c) Die alten Gemische (15 g Silikat + 300 g Moor) wurden mit Wasser zu 1 l aufgefüllt und nach 3 Stunden filtriert. Die Filtrate ergaben bei der Untersuchung folgende Zahlen:

Feldspat	Augit	Hornblende
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0055 \text{ g}$	$\text{CaO} = 0,0290 \text{ g}$	$\text{CaO} = 0,0300 \text{ g}$
$\text{MgO} = 0,0150$	$\text{MgO} = 0,0076$	$\text{MgO} = 0,0028$
$\text{CaO} = 0,0300$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0150$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0470$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0195$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0080$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0307$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0140$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0070$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0163$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0055$	$\text{SiO}_2 = 0,0082$	$\text{SiO}_2 = 0,0286$
$\text{SiO}_2 = 0,0150$	$1.^{\text{l}}\text{SiO}_2 = 0,0122$	$1.^{\text{l}}\text{SiO}_2 = 0,7241$
Olivin	Glimmer	Labradorit
$\text{CaO} = 0,0150 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0010 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0025 \text{ g}$
$\text{MgO} = 0,0130$	$\text{CaO} = 0,0290$	$\text{CaO} = 0,060$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0631$	$\text{MgO} = 0,0045$	$\text{MgO} = 0,0050$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0321$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0590$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0411$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0310$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0328$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0105$
$\text{SiO}_2 = 0,0438$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0262$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0296$
$1.^{\text{l}}\text{SiO}_2 = 0,0290$	$\text{SiO}_2 = 0,0224$	$\text{SiO}_2 = 0,0217$
	$1.^{\text{l}}\text{SiO}_2 = 0,0160$	$1.^{\text{l}}\text{SiO}_2 = 0,0238$

<sup>2)</sup> Lies stets für 1 = lösliche Kieselsäure, für u = unlösliche Kieselsäure.

Phonolit

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0300$ g
$\text{CaO} = 0,0280$
$\text{MgO} = 0,0095$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0867$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0329$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0538$
$\text{SiO}_2 = 0,1$

Durch Ausführen der Subtraktion c — (a + b) ergibt sich:

Tabelle I a.

I. Durch Moor wurden löslich:

	Feldspat	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	+ 0,0035	—	—	—	+ 0,0010	+ 0,0025	- 0,0050
$\text{CaO}$	+ 0,0098	- 0,0172	+ 0,0063	- 0,0117	- 0,0172	- 0,0232	- 0,0175
$\text{MgO}$	+ 0,0060	+ 0,0008	- 0,0040	+ 0,0055	- 0,0060	- 0,0035	+ 0,0005
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	- 0,0177	- 0,0176	- 0,0092	+ 0,0024	+ 0,0053	- 0,0026	- 0,0112
$\text{K}_2\text{O}$	- 0,0065	- 0,0081	+ 0,0023	+ 0,0102	+ 0,0021	- 0,0060	- 0,0209
$\text{Na}_2\text{O}$	- 0,0115	- 0,0096	- 0,0116	- 0,0079	+ 0,0001	+ 0,0028	- 0,0003
$\text{SiO}_2$	+ 0,0077	+ 0,0010	+ 0,0130	+ 0,0366	+ 0,0111	+ 0,0134	+ 0,0630
1. $\text{SiO}_2$	—	—	+ 0,0118	+ 0,0238	+ 0,0088	+ 0,0126	—

d) Bauschanalysen der Silikate:

Feldspat	Augit	Hornblende	Labradorit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 18,29\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 24,28\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 21,13\%$	
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 17,69$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 8,1$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 10,47$	
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,33$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 16,40$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 9,99$	
$\text{CaO} = 0,64$	$\text{CaO} = 19,22$	$\text{CaO} = 13,59$	
$\text{MgO} = 0,45$	$\text{MgO} = 3,89$	$\text{MgO} = 15,52$	
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 14,37$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 3,85$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 8,2$	
$\text{K}_2\text{O} = 11,7$	$\text{Na}_2\text{O} = 2,05$	$\text{K}_2\text{O} = 4,5$	
$\text{Na}_2\text{O} = 1,55$	$\text{K}_2\text{O} = 1,80$	$\text{Na}_2\text{O} = 3,7$	
$\text{SiO}_2 = 64,62$	$\text{SiO}_2 = 46,85$	$\text{SiO}_2 = 43,22$	
Olivin	Glimmer	Labradorit	
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 15,85\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 25,72\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 32,30\%$	
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 11,89$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 18,95$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 30,5$	
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 3,74$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 6,38$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,5$	
$\text{CaO} = 4,35$	$\text{CaO} = 2,95$	$\text{CaO} = 11,06$	
$\text{MgO} = 33,5$	$\text{MgO} = 10,91$	$\text{MgO} = 0,46$	
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 4,73$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 9,03$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 3,18$	
$\text{K}_2\text{O} = 2,10$	$\text{K}_2\text{O} = 7,05$	$\text{K}_2\text{O} = 0,43$	
$\text{Na}_2\text{O} = 2,63$	$\text{Na}_2\text{O} = 1,98$	$\text{Na}_2\text{O} = 2,75$	
$\text{SiO}_2 = 44,62$	$\text{SiO}_2 = 48,96$	$\text{SiO}_2 = 54,69$	
Phonolit			
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 17,68\%$			
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 11,21$			
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 7,02$			
$\text{CaO} = 1,74$			
$\text{MgO} = 1,70$			
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 34,31$			
$\text{K}_2\text{O} = 14,77$			
$\text{Na}_2\text{O} = 19,54$			
$\text{SiO}_2 = 44,82$			

Tabelle I b.  
I. Durch Moor wurden löslich in %.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	+ 0,12						- 0,19
CaO	- 10,21	- 0,59	+ 0,3	- 1,79	- 3,78	- 1,39	- 6,7
MgO	+ 8,95	+ 0,13	- 0,17	+ 0,11	- 0,36	- 5,07	+ 0,16
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	- 0,82	- 3,05	- 0,75	+ 0,3	+ 0,39	- 0,55	- 0,21
K <sub>2</sub> O	- 0,37	- 3,04	+ 0,34	+ 3,2	+ 0,48	- 9,37	- 0,94
Na <sub>2</sub> O	- 4,91	- 3,12	- 2,11	- 2,0	0	+ 0,68	- 0,01
SiO <sub>2</sub>	+ 0,08	+ 0,02	+ 0,3	+ 0,1	+ 0,15	+ 0,16	+ 0,89

Diese beiden Tabellen, von denen die erstere die absoluten Größen der durch Moor löslich gewordenen Bestandteile der Silikate, die zweite dagegen diese in Prozente umgerechnet enthält, zeigen uns ziemlich deutlich, dass durch Moor allein keine nennenswerte Beträge in Lösung gebracht werden.

Bei Feldspat ist es auf den ersten Blick auffällig, dass wir bei CaO Zahlen wie - 10,21 %, bei MgO + 8,95 % und bei Na<sub>2</sub>O - 4,90 % erhalten, Zahlen, die über den sonstigen Durchschnitt hinausragen. Indes macht uns die Betrachtung der prozentualen Zusammensetzung des Feldspats dies ohne weiteres klar. Im Feldspat sind nur 0,64 % CaO enthalten, also ist der absolute Betrag von CaO in den 15 g Feldspat nur 0,096 g. Bei diesem geringen Gehalt an CaO in demselben ist es demnach nicht verwunderlich, wenn bei der Bestimmung der Einwirkung der Humusstoffe in diesem Falle eine Abweichung von 10,21 % auftritt. Dies tritt noch um so klarer hervor, wenn man berücksichtigt, dass aus 300 g Moor durch 1 l Wasser 0,0202 g CaO in Lösung ging, wie durch mehrere Durchschnittsanalysen gezeigt wurde. Mit anderen Worten: Das im Moor als Verunreinigung enthaltene CaO beträgt allein schon fast 20 % des in 15 g Feldspat enthaltenen CaO.

Der Gehalt des Feldspats an MgO beträgt nur 0,45 %. Aus dem gleichen Grunde wie oben ist demnach eine Abweichung von 8,95 % absolut nichts abnormes. Das Gleiche gilt für eine Abweichung von 4,9 % Na<sub>2</sub>O, dessen prozentualer Anteil im Feldspat nur 1,55 % beträgt.

Die Alkalien im Augit weichen um ca. 3 % ab. Ein Blick auf die prozentuale Zusammensetzung desselben lehrt uns aber auch, dass der betreffende Augit nicht reich an Alkalien, daher diese Abweichungen selbstverständlich sind.

Im übrigen zeigen die Tabellen I a und b, dass auch bei grösseren prozentualen Differenzen die entsprechenden absoluten Grössen nicht so gross sind, dass wir daraus auf eine auflösende Wirkung des Moores auf die Silikate schliessen könnten. Alles in allem ergibt sich höchstens eine nur sehr geringe Einwirkung des Moores auf die Silikate.

Es ist von besonderem Interesse, die Zahlen zu betrachten, die die Einwirkung des Moores auf die in den betreffenden Silikaten enthaltene Kieselsäure veranschaulichen. Fast alle untersuchten Silikate enthalten nahezu die Hälfte ihres Gewichtes oder mehr an Kieselsäure. Die Versuchsfehler treten daher bei diesen Mengen sehr zurück, desgleichen die durch die unvermeidlichen Beimengungen des Moores entstehenden abweichenden Zahlen für kleinere prozentuale Gehalte. Es ergibt sich beim Betrachten der Tabelle I b, dass Moor allein aus der Kieselsäure der Silikate, Phonolit ausgenommen nur ca. 0,1—0,2 % in Lösung brachte; man kann also auch hier höchstens von einer sehr geringen Einwirkung des Moores sprechen.

## II. Die Mengen der einzelnen Bestandteile der Silikate, die durch Einwirkung von Moor in 2 % HCl löslich wurden.

Wie bereits bemerkt, verwendete ich zur Bestimmung dieser Mengen den 2 % HCl Auszug aus dem Filterrückstand, der nach dem Behandeln des Moores mit 1 Liter Wasser und darauf folgendes Filtrieren desselben verblieb. Dieser Auszug wurde nach dreistündigem Erhitzen auf dem Wasserbade filtriert und dann untersucht.

Es ist für die Berechnung folgendes zu beachten:

Die Stoffe, die aus dem Gemisch „Moor + Silikat“ bereits durch ein Liter Wasser bei dreistündiger Einwirkung in Lösung gegangen, müssen zu denen addiert werden, die durch die 2 % HCl aus ihm in Lösung gegangen sind, da diese 2 % HCl selbstverständlich auch noch die bereits durch Wasser gelösten Mengen ausgezogen hätte. Andererseits muss in Abzug gebracht werden alles, was diese Salzsäure bei dreistündigem Erwärmern aus Moor allein entnimmt, sowie die Stoffe, die sie aus 15 g der betreffenden Silikate allein bei derselben Behandlungsweise entzieht.

Man muss also addieren:

1. Wasserauszug von Moor + Silikat und 2 % HCl - Auszug

von Moor + Silikat, dann 2. 2 % HCl - Auszug von Moor + 2 % HCl - Auszug von 15 g Silikat und alsdann 2 von 1 subtrahieren.

II c. 2 % HCl - Auszug von 300 g Moor. Das Mittel aus mehreren solchen Analysen ergab:

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0680 \text{ g}$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0115 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0270$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0138$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0410$	$\text{SiO}_2 = 0,0173$
$\text{CaO} = 0,0520$	l. $\text{SiO}_2 = 0,0101$
$\text{MgO} = 0,0117$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0105$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0253$	

II a. 15 g der Silikate wurden mit 2 % HCl drei Stunden lang auf dem Wasserbade behandelt und das Filtrat untersucht. Gefunden wurden folgende Zahlen:

Feldspat	Augit	Hornblende
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0840 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,5300 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4800 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0675$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2390$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2310$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0250$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2730$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2740$
$\text{CaO} = 0,1252$	$\text{CaO} = 0,0900$	$\text{CaO} = 0,1265$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0395$	$\text{MgO} = 0,0146$	$\text{MgO} = 0,0111$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0285$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0129$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1169$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0110$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0050$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0662$
$\text{SiO}_2 = 0,1245$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0079$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,1507$
l. $\text{SiO}_2 = 0,1090$	$\text{SiO}_2 = 0,1906$	$\text{SiO}_2 = 0,3072$
u. $\text{SiO}_2 = 0,0155$	l. $\text{SiO}_2 = 0,1818$	l. $\text{SiO}_2 = 0,2915$
	u. $\text{SiO}_2 = 0,0088$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0064$

Olivin	Glimmer	Labradorit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7275 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6210 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7080 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,1095$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,3095$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,5005$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6260$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3435$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1010$
$\text{CaO} = 0,7230$	$\text{CaO} = 0,1095$	$\text{CaO} = 0,3500$
$\text{MgO} = 0,4450$	$\text{MgO} = 0,2070$	$\text{MgO} = 0,0130$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1545$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,2514$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,2430$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0758$	$\text{K}_2\text{O} = 0,1887$	$\text{K}_2\text{O} = 0,1015$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0787$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0627$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,1415$
$\text{SiO}_2 = 2,1686$	$\text{SiO}_2 = 0,3072$	$\text{SiO}_2 = 0,3048$
l. $\text{SiO}_2 = 2,1421$	l. $\text{SiO}_2 = 0,2628$	l. $\text{SiO}_2 = 0,2815$
u. $\text{SiO}_2 = 0,0170$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0344$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0175$

Phonolith
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,4970 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,8225$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7505$
$\text{CaO} = 0,2415$
$\text{MgO} = 0,0135$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 3,0677$
$\text{K}_2\text{O} = 1,0109$
$\text{Na}_2\text{O} = 2,0568$

II b. Der Filterrückstand vom Wasserauszug von 300 g Moor + 15 g Silikat wurde drei Stunden lang mit 2 % HCl in der Wärme (100°) extrahiert. Für die Filtrate aus diesen Auszügen wurden folgende Werte gefunden:

Feldspat	Augit	Hornblende
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1255$ g	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,5490$ g	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4370$ g
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0770$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,1680$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,1597$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0420$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3865$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2637$
$\text{CaO} = 0,1507$	$\text{CaO} = 0,1100$	$\text{CaO} = 0,1296$
$\text{MgO} = 0,0208$	$\text{MgO} = 0,0406$	$\text{MgO} = 0,0358$
$\text{K}_2\text{P} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0468$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0165$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1277$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0310$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0090$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0574$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0158$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0075$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0703$
$\text{SiO}_2 = 0,1330$	$\text{SiO}_2 = 0,1730$	$\text{SiO}_2 = 0,1073$
l. $\text{SiO}_2 = 0,1115$	l. $\text{SiO}_2 = 0,1665$	l. $\text{SiO}_2 = 0,0872$
u. $\text{SiO}_2 = 0,0215$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0065$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0330$
Olivin	Glimmer	Labradorit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7840$ g	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6088$ g	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7425$ g
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,1355$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2305$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,6055$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6435$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3403$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1205$
$\text{CaO} = 0,8020$	$\text{CaO} = 0,1238$	$\text{CaO} = 0,3520$
$\text{MgO} = 0,5230$	$\text{MgO} = 0,1540$	$\text{MgO} = 0,0145$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1309$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,2412$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,2347$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0730$	$\text{K}_2\text{O} = 0,1890$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0685$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0579$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0522$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,1662$
	$\text{SiO}_2 = 0,2555$	$\text{SiO}_2 = 0,2853$
	l. $\text{SiO}_2 = 0,2341$	l. $\text{SiO}_2 = 0,2445$
	u. $\text{SiO}_4 = 0,0379$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0260$
Phonolit		
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,6350$ g		
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,9020$		
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7730$		
$\text{CaO} = 0,2810$		
$\text{MgO} = 0,0150$		
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 3,2061$		
$\text{K}_2\text{O} = 1,6628$		
$\text{Na}_2\text{O} = 1,4433$		

Durch Ausführung der folgenden Subtraktion (II b + I c) — (II a + II c) ergibt sich:

II a. Durch Moor in 2 % HCl wurden löslich:

	Feldspat	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	- 0,0210	- 0,0490	- 0,1110	- 0,0115	- 0,0792	- 0,0310	+ 0,1000
$\text{Al}_2\text{O}_3$	- 0,0175	- 0,0980	- 0,0738	- 0,0010	- 0,1060	- 0,0120	+ 0,0620
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	- 0,0240	+ 0,0085	- 0,0513	- 0,0235	- 0,0442	- 0,0125	+ 0,0010
$\text{CaO}$	+ 0,0035	- 0,0030	- 0,0189	+ 0,0420	- 0,0157	- 0,0440	+ 0,0155
$\text{MgO}$	+ 0,0241	+ 0,0210	+ 0,0158	+ 0,0793	- 0,0607	- 0,0052	- 0,0007
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	+ 0,0015	- 0,0067	+ 0,0325	+ 0,0142	+ 0,0235	+ 0,0075	- 0,1998
$\text{K}_2\text{O}$	+ 0,0050	+ 0,0005	+ 0,0104	+ 0,0178	+ 0,0216	- 0,0340	—
$\text{Na}_2\text{O}$	- 0,0035	- 0,0072	+ 0,0221	- 0,0036	+ 0,0019	+ 0,0405	—
$\text{SiO}_2$	+ 0,0062	- 0,0267	- 0,0980	—	- 0,0466	- 0,0151	+ 0,0752
l. $\text{SiO}_2$	- 0,0076	- 0,0254	- 0,0984	—	- 0,0228	- 0,0233	+ 0,0344
u. $\text{SiO}_2$	- 0,0045	- 0,0128	+ 0,0315	—	+ 0,0015	- 0,0083	- 0,0567

## II b. Durch Moor wurden löslich in %.

	Feld-spat	Augit	Horn-blende	Olivin	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	— 0,77	— 1,34	— 3,50	— 0,49	— 2,05	— 0,64	+ 3,77
$\text{Al}_2\text{O}_3$	— 0,66	— 8,09	— 4,98	— 0,18	— 3,73	— 0,26	+ 3,71
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	+ 47,06	+ 0,35	— 3,42	— 1,32	+ 4,62	— 5,60	+ 0,14
$\text{CaO}$	+ 3,46	— 0,10	— 0,92	+ 6,45	— 3,55	— 2,64	+ 0,59
$\text{MgO}$	+ 35,70	+ 3,76	+ 0,68	+ 1,58	— 3,71	— 0,32	— 0,27
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	— 0,07	— 1,16	+ 2,64	+ 2,00	+ 1,74	+ 1,65	— 3,94
$\text{K}_2\text{O}$	+ 0,23	+ 0,19	+ 1,56	+ 5,65	+ 2,04	— 52,71	—
$\text{Na}_2\text{O}$	— 1,51	— 2,34	+ 3,58	— 0,91	+ 0,65	+ 9,83	—
$\text{SiO}_2$	+ 0,06	— 0,38		— 0,91	+ 0,65	+ 0,18	+ 1,12

Die Zahlen dieser Tabellen sollen uns einen Massstab dafür geben, ob durch die, über die Zeitdauer von sieben Jahren sich erstreckende Einwirkung des Moostorfes auf die verschiedenen Silikate die Angreifbarkeit derselben zugenommen hat oder nicht. Sie beantworten uns mit anderen Worten die Frage, ob die während sieben Jahren der Einwirkung von humosen Stoffen ausgesetzten Silikate von 2 % heißer HCl leichter angegriffen werden als frische Gesteine.

Die in den beiden Tabellen II a und II b zusammengestellten Zahlen zeigen uns, dass wir keinesfalls von einer deutlich in die Erscheinung getretenen Einwirkung des Moostorfes auf unsere Gesteinspulver reden können. Wir können höchstens und auch da nicht ohne gewisse Reserve feststellen, dass eine ganz geringfügige Steigerung in der Angreifbarkeit der Silikate gegen 2 % heiße HCl dadurch eingetreten, dass sie während eines Zeitraumes von über sieben Jahren mit Moorsubstanz vermischt aufbewahrt wurden, und selbst da wissen wir nicht, ob nicht andere Stoffe, wie z. B. das im Moor stets vorhandene Wasser usw. an dieser geringen Zersetzung mitbeteiligt waren, d. h. hierzu beigebracht haben.

Jedenfalls lehren uns die in den Tabellen öfters vorkommenden negativen Werte, dass beispielsweise in dem Moostorf vorhandene Verunreinigungen, die zwar, wie uns mehrere Untersuchungen ergeben, nur in unbedeutenden Mengen vorkommen, aber nie ganz fehlen, schon genügen, um in zahlreichen Fällen den erlittenen Zersetzungsgrad der einzelnen Silikatbestandteile zu verdecken, bzw. sogar ins Gegenteil umzukehren.

So zeigt uns besonders Tabelle II a, dass der Unterschied in der

Angreifbarkeit von frischen Silikaten und denen in Moor aufbewahrten gegen 2 % heisse HCl kein grosser ist und mithin die bereits erwähnten, im Moore stets vorhandenen Verunreinigungen sowie auch der Umstand eine grosse Rolle spielen müssen, dass es niemals möglich ist, Wasser und 2 % HCl in allen Fällen gleich stark einwirken zu lassen. Es müssen stets kleine Abweichungen in deren anzuwendenden Quantitäten, der Temperatur, der Zeit und der Konzentration usw. auftreten, die sich nie ganz vermeiden lassen.

Zum Schlusse auch hier wieder der Hinweis, dass die Silikatbestandteile, die in grossen Mengen in den betreffenden Gesteinen vorhanden sind, laut den Zahlen der Tabelle II b eine nur sehr geringfügige Veränderung, die sie durch Moor erlitten, erkennen lassen. Vergl. die Zahlen für  $\text{SiO}_2$ .

**III. Die Mengen der einzelnen Silikatbestandteile, die durch Vermischen der Silikate mit Moostorf und Einäschern in 2 % HCl löslich wurden.**

Je 15 g der betreffenden Silikate wurden mit je 300 g Moor vermischt und dieses verascht. Der Rückstand daraus wurde drei Stunden lang mit zwei Liter 2 % heisser Salzsäure behandelt und dann filtriert. Die Filtrate wurden auf ihren Gehalt an in Lösung gegangenen Stoffe untersucht.

Von den so gefundenen Zahlen muss man alles das abziehen, was 2 % heisse HCl (2 l) in drei Stunden aus 15 g Silikatpulver entnimmt und ferner den in 2 l heisser 2 % HCl in drei Stunden löslichen Aschengehalt des Moorbodens.

Denn es handelt sich hier nicht darum, festzustellen, was 2 % heisse HCl aus den Silikaten in Lösung bringt, sondern darum, die Beträge der einzelnen Silikatbestandteile zu ermitteln, die lediglich durch Vermischen der Gesteine mit Moor und das darauf folgende Veraschen desselben, also durch die hierbei auftretende Verbrennungswärme des Moores sich in 2 l 2 % heisser HCl in drei Stunden lösen.

Es ist selbstverständlich, dass die im Moore vorhandenen Verunreinigungen, d. h. die Menge der in 2 % HCl löslichen Asche derselben in Abzug gebracht werden müssen.

III a. 300 g Moor verascht und mit 2 l 2 % heisser HCl auf dem Wasserbade drei Stunden lang behandelt. Das Filtrat hiervon wurde analysiert. Aus mehreren solchen Bestimmungen ergab sich im Mittel:

$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0990 \text{ g}$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0278 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0355$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0158$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0700$	$\text{SiO}_2 = 0,0319$
$\text{CaO} = 0,0525$	l. $\text{SiO}_2 = 0,0136$
$\text{MgO} = 0,0209$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0124$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0436$	

Die in 2 1 2 % heißer HCl löslichen Silikatbestandteile sind in II a bereits aufgeführt.

III b. Je 15 g Silikat wurden mit je 300 g Moor vermischt, dann verascht und der Rückstand mit 2 % HCl drei Stunden lang auf dem Wasserbade behandelt. Die in den Filtraten gefundenen löslichen Bestandteile folgen sogleich in der Zusammenstellung:

III b. Feldspat	Augit	Hornblende
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2380 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6126 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7243 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,1170$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2915$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,3120$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1065$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3170$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4260$
$\text{CaO} = 0,1905$	$\text{CaO} = 0,1750$	$\text{CaO} = 0,1920$
$\text{MgO} = 0,0340$	$\text{MgO} = 0,0560$	$\text{MgO} = 0,0505$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0934$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0644$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1414$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0610$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0410$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0805$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0321$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0234$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0609$
$\text{SiO}_2 = 0,1410$	$\text{SiO}_2 = 0,2436$	$\text{SiO}_2 = 0,2212$
l. $\text{SiO}_2 = 0,1298$	l. $\text{SiO}_2 = 0,2029$	l. $\text{SiO}_2 = 0,2095$
u. $\text{SiO}_2 = 0,0112$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0306$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0084$
Glimmer	Labradorit	Phonolith
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,9245 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,8585 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,6975 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,4580$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,5620$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,9500$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,5075$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3015$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,9505$
$\text{CaO} = 0,1500$	$\text{CaO} = 0,4140$	$\text{CaO} = 0,2750$
$\text{MgO} = 0,1434$	$\text{MgO} = 0,0313$	$\text{MgO} = 0,0075$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,2936$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,3312$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 3,2380$
$\text{K}_2\text{O} = 0,2075$	$\text{K}_2\text{O} = 0,1268$	$\text{K}_2\text{O} = 1,2724$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0801$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,2044$	$\text{Na}_2\text{O} = 1,9656$
$\text{SiO}_2 = 0,2783$	$\text{SiO}_2 = 0,2734$	$\text{SiO}_2 = 3,3555$
l. $\text{SiO}_2 = 0,2410$	l. $\text{SiO}_2 = 0,2540$	
u. $\text{SiO}_2 = 0,0173$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0146$	

Durch Ausführung der Subtraktion: III b — (III a + II a) ergibt sich:

Tabelle III a.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Glimmer	Labradorit	Phonolith
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	+ 0,0550	- 0,0164	+ 0,1453	+ 0,2045	+ 0,0515	+ 0,1015
$\text{Al}_2\text{O}_3$	+ 0,0135	+ 0,0170	+ 0,0455	+ 0,1125	- 0,0640	- 0,0080
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	+ 0,0115	+ 0,0300	+ 0,0820	+ 0,0940	+ 0,1305	+ 0,13
$\text{CaO}$	+ 0,0128	+ 0,0325	+ 0,0130	- 0,0120	+ 0,0115	- 0,0190
$\text{MgO}$	+ 0,0131	+ 0,0104	+ 0,0185	- 0,0850	- 0,0026	- 0,0269
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	+ 0,0100	+ 0,0079	- 0,191	- 0,0014	+ 0,0446	+ 0,1276
$\text{K}_2\text{O}$	+ 0,0047	+ 0,0082	- 0,0135	- 0,0090	- 0,0025	+ 0,2327
$\text{Na}_2\text{O}$	+ 0,0053	+ 0,0003	- 0,0055	+ 0,0086	+ 0,0471	- 0,1070
$\text{SiO}_2$	+ 0,0154	+ 0,0211	- 0,0273	- 0,0233	- 0,0633	+ 0,0703
l. $\text{SiO}_2$	+ 0,0072	+ 0,0075	- 0,0037	- 0,0354	- 0,0411	
u. $\text{SiO}_2$	- 0,0167	+ 0,0094	- 0,0104	- 0,0295	- 0,0513	

T a b e l l e III b in %.

	Feldspat	Augit	Horn-blende	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit			
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	+	2,03	— 0,45	+ 4,59	+ 5,33	+	1,06	+	3,83
$\text{Al}_2\text{O}_3$	+	0,51	+ 1,39	+ 2,89	+ 3,96	—	1,38	+	0,49
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	+	22,55	+ 0,67	+ 5,47	+ 9,82	+	58,0	+	12,35
$\text{CaO}$	+	13,33	+ 1,12	+ 0,63	— 2,71	+	0,69	—	7,28
$\text{MgO}$	+	19,41	+ 1,79	+ 0,79	— 5,19	—	3,77	—	10,54
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	+	0,46	+ 1,36	— 1,55	— 0,10	+	9,35	—	1,42
$\text{K}_2\text{O}$	+	0,27	+ 3,04	— 2,00	— 0,84	—	3,87		
$\text{Na}_2\text{O}$	+	2,28	+ 0,09	— 1,02	+ 2,94	+	11,42	—	10,64
$\text{l. SiO}_2$	—	0,16	— 0,30	— 0,42	— 0,31	—	0,77	+	1,04
$\text{u. SiO}_2$									

Von einer Besprechung der Zahlen dieser beiden Tabellen kann Abstand genommen werden, da diese ermittelten Grössen nicht Selbstzweck besitzen, sondern für die in No. IV aufzufindenden Zahlen nötig sind.

#### IV. Die Mengen des Silikats, die nach dem Verglühen des Moers aus dem alten Gemische löslich wurden in 2 % HCl.

Da von dem Untersuchungsmaterial nur eine beschränkte Anzahl von Gemischen seinerzeit hergestellt und deswegen sparsam mit demselben zu Werk gegangen werden musste, so stellte ich aus einer solchen Probe zuerst einen Wasserauszug, aus dem Filterrückstand davon einen 2 % HCl - Auszug her und veraschte erst dann den restierenden Rückstand. Diese so hergestellte Asche wurde ebenfalls wieder mit 2 Liter 2 % HCl auf dem Wasserbade extrahiert und das Filtrat davon untersucht.

Im vorhergehenden Abschnitt III handelte es sich bekanntlich darum, festzustellen, um welchen Betrag die Vermischung der frischen Silikate mit frischem Moore und darauffolgendes Veraschen desselben die Angreifbarkeit der betreffenden Silikate steigert. Hier in IV handelt es sich darum, um wie viel die Angreifbarkeit der Silikate dadurch gestiegen ist, dass sie sieben Jahre in Moor gebettet waren und dieses dann verascht wurde. Mit anderen Worten: Dieses langjährige Einwirken des Moores auf die Silikate hat im Vereine mit der beim Veraschen desselben erzeugten hohen Temperatur wohl in dem Sinne auf die Gesteine eingewirkt, dass nunmehr von 2 % HCl viel mehr von denselben in Lösung geht, da deren Widerstandskraft durch diese Operationen eingebüßt hat.

Es ist leicht einzusehen, dass wir infolge unserer Versuchsanstellung zu unseren durch Analyse der veraschten Rückstände gefundenen Zahlen diejenigen addieren müssen, die sich aus den Analysen des Wasserauszuges und dann des 2 % HCl - Auszuges aus dem alten Gemisch (Moor + Silikat) bereits früher ergeben, da wir ja so verfuhren, dass wir zuerst mit Wasser, dann mit 2 % HCl auszogen und erst dann veraschten.

Andererseits müssen wir die in III ermittelten Analysenresultate für die Gemische: 15 g Silikat + 300 g frisches Moor, dieses verascht und dann mit 2 % HCl extrahiert, in Abzug bringen, da wir die durch lang andauernde Mooreinwirkung gesteigerte Angriffbarkeit der Silikate kennen zu lernen wünschen.

Die Analysen der Wasserauszüge aus den Gemischen: Moor + Silikat sind bereits unter I c aufgeführt.

Die Analysen der 2 % HCl - Auszüge aus Moor + Silikat sind unter II b aufgeführt.

IV a. Der Rückstand aus dem 2 % HCl - Auszug von Moor + Mineral wurde verascht und die Asche mit 212 % heißer HCl drei Stunden lang extrahiert, dann filtriert und das Filtrat untersucht. Es wurden folgende Zahlen ermittelt:

Feldspat	Augit	Hornblende
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1350 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3350 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,4930 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0875$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2205$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2050$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0450$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0840$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,3060$
$\text{CaO} = 0,0400$	$\text{CaO} = 0,1215$	$\text{CaO} = 0,2130$
$\text{MgO} = 0,0102$	$\text{MgO} = 0,0145$	$\text{MgO} = 0,0645$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0767$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0411$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1092$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0558$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0278$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0615$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0219$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0133$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0477$
$\text{SiO}_2 = 0,0872$	$\text{SiO}_2 = 0,1048$	$\text{SiO}_2 = 0,2906$
1. $\text{SiO}_2 = 0,0720$	1. $\text{SiO}_2 = 0,1005$	1. $\text{SiO}_2 = 0,2192$
u. $\text{SiO}_2 = 0,0152$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0063$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0432$

Glimmer	Labradorit	Phonolith
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7506 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6512 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2120 \text{ g}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,2680$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,4587$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,1250$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,555$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1960$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0725$
$\text{MgO} = 0,0593$	$\text{CaO} = 0,3030$	$\text{CaO} = 0,0340$
$\text{CaO} = 0,0265$	$\text{MgO} = 0,0098$	$\text{MgO} = 0,0110$
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1906$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,2136$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1979$
$\text{K}_2\text{O} = 0,0992$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0584$	$\text{K}_2\text{O} = 0,1171$
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0814$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,1452$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0808$
$\text{SiO}_2 = 0,2088$	$\text{SiO}_2 = 0,1866$	$\text{SiO}_2 = 0,1771$
1. $\text{SiO}_2 = 0,1744$	1. $\text{SiO}_2 = 0,0323$	1. $\text{SiO}_2 = 0,1671$
u. $\text{SiO}_2 = 0,0310$	u. $\text{SiO}_2 = 0,1664$	u. $\text{SiO}_2 = 0,0090$

Die Analysenresultate aus den Aschengehalten des frischen Gemisches (Mineral + Moor) in 2 % HCl wurden bereits unter III b aufgeführt.

Durch Ausführen der Subtraktion (I c + II b + IV a) — III b erhält man folgende Zahlen, die in der Tabelle IV a vereinigt sind.

T a b e l l e IV a.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Glimmer	Labradorit	Phonolith
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	+ 0,0380	+ 0,2714	+ 0,2057	+ 0,4351	+ 0,5377	+ 0,1795
$\text{Al}_2\text{O}_3$	+ 0,0575	+ 0,0970	+ 0,1437	+ 0,1405	+ 0,5222	- 0,0850
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	- 0,0195	+ 0,1035	+ 0,0727	+ 0,1378	+ 0,0240	+ 0,1570
$\text{CaO}$	+ 0,0302	+ 0,0855	+ 0,1806	+ 0,0233	+ 0,2470	- 0,0680
$\text{MgO}$	+ 0,0129	+ 0,0067	+ 0,0526	+ 0,0744	- 0,0020	+ 0,0280
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	+ 0,0599	+ 0,0082	+ 0,1425	+ 0,1972	+ 0,1582	+ 0,2527
$\text{K}_2\text{O}$	+ 0,0398	+ 0,0038	+ 0,0691	+ 0,1035	+ 0,0106	+ 0,2404
$\text{Na}_2\text{O}$	+ 0,0211	+ 0,0044	+ 0,0734	+ 0,0837	+ 0,1666	+ 0,0123
$\text{SiO}_2$	+ 0,0942	+ 0,0424	+ 0,2053	+ 0,1759	+ 0,2202	+ 0,1674
l. $\text{SiO}_2$	+ 0,0537	+ 0,0763		+ 0,1462		
u. $\text{SiO}_2$	+ 0,0255	- 0,0066		+ 0,0601		

T a b e l l e IV b.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Glimmer	Labradorit	Phonolith
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	% + 1,40	% + 7,45	% + 6,49	% + 11,29	% + 11,11	% + 6,77
$\text{Al}_2\text{O}_3$	+ 2,16	+ 8,81	+ 4,63	+ 14,39	+ 10,98	+ 8,07
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	- 38,28	+ 4,19	+ 9,59	+ 4,44	+ 10,66	+ 9,34
$\text{CaO}$	+ 31,46	+ 2,96	+ 8,86	+ 5,04	+ 14,89	+ 26,05
$\text{MgO}$	+ 17,77	+ 1,15	+ 2,26	+ 4,54	- 2,89	+ 10,98
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	+ 2,78	+ 1,42	+ 11,58	+ 14,56	+ 33,17	+ 8,75
$\text{K}_2\text{O}$	+ 2,28	+ 1,41	+ 10,23	+ 9,78	+ 16,43	+ 15,37
$\text{Na}_2\text{O}$	+ 9,09	+ 1,43	+ 13,22	+ 28,56	+ 40,39	+ 1,42
$\text{SiO}_2$	+ 0,07	+ 0,60	+ 3,17	+ 2,30	+ 2,68	+ 2,49
l. $\text{SiO}_2$						
u. $\text{SiO}_2$						

Aus beiden Tabellen IV a und IV b geht hervor, dass wir in diesem Falle eine Angreifbarkeit sehr wohl feststellen können. So berechnet sich dieselbe für die einzelnen Silikatsbestandteile durchschnittlich wie folgt:

$$\begin{aligned}\text{Al}_2\text{O}_3 &= 5,5 \% \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 7 \% \\ \text{CaO} &= 11 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{MgO} &= 3 \% \\ \text{K}_2\text{O} &= 9 \% \\ \text{Na}_2\text{O} &= 15 \%\end{aligned}$$

Allerdings ist es nicht berechtigt, aus diesen einzelnen Bestandteilen Durchschnittswerte zu ziehen, da dieselben in den Silikaten in sehr verschiedenen Mengen vorkommen und grössere Zahlen hier unbedingt ganz anders ins Gewicht fallen müssen wie kleinere, bei

denen die vorhandenen Verunreinigungen sehr grosse Schwankungen im Prozentgehalt ergeben. Immerhin gewähren die oben aufgeführten Durchschnittswerte den Vorteil, dass wir die Resultate mit einem Blick sofort übersehen können.

Wenn wir diesesmal aus den gefundenen Werten auf eine etwas vermehrte Angreifbarkeit der Silikate schliessen können, dürfen wir nicht vergessen, dass diese Zahlen uns nur die Endresultate einer Reihe von Operationen ergeben, die wie jede analytische Tätigkeit mit Versuchsfehlern behaftet sind, weshalb wir auch bei jeder und sei es der sorgsamst ausgeführten Analyse von vornherein eine gewisse Fehlergrenze zulassen. Um die Mooraschen herzustellen, war ich gezwungen, höhere Temperaturen anzuwenden und hat es sich selbstverständlich meiner Kontrolle vollständig entzogen, welche Wärmemengen hierzu im einzelnen Falle benötigt wurden, sowie welche Veränderungen dieselben in der Konfiguration und Angreifbarkeit der Silikate hervorgerufen. Es ist deshalb auch nicht ausgeschlossen, dass die Versuchsfehler ziemlich grosse sind und dürfen wir daher die Zahlen der Tabellen IV a und IV b, die erst das Ergebnis einer Reihe von umständlichen und zeitraubender chemischen Operationen sind, nur mit einer gewissen Reserve aufnehmen. Sie beantworten unsere Frage dahin, dass durch das längere Zusammenlagern von Moor mit Silikat letzteres, wenn man die Veraschung des Moores durchgeführt, gegen angreifende Agentien, z. B. 2 % HCl etwas von seiner Widerstandsfähigkeit eingebüßt hat. Voraussetzung dabei ist indes, dass die beim Veraschen zugeführte Wärme die Silikate stets gleichmässig beeinflusst, eine Bedingung, die wahrscheinlich nicht erfüllt wird.

Ein weiterer Punkt, der uns bei der Auswertung der Resultate unsere Tabelle zur Vorsicht zwingt, ist der, dass wir aus dem Material zuerst einen Wasserauszug, dann einen 2 % HCl - Auszug machen und erst dann veraschen und ohne weiteres annehmen, dass dies den gleichen Effekt ergibt wie das sofortige Veraschen des alten Gemisches. Leider konnte aber diese Veraschung erst nach Ausführung der oben erwähnten Wasser- und HCl - Auszüge geschehen, da nicht genügend Versuchsmaterial vorlag. Aus letzterem Grunde war es auch nicht möglich, für das Silikat Olivin die betreffenden Zahlen zu geben, da durch einen Unfall die Bestimmung misslang und es an weiterem Materiale gebrach.

## V. Die Mengen, die durch Moor unter andauernder Wassereinwirkung löslich wurden.

Wir liessen uns bei Ausführung der Versuche zur Ermittlung einer solchen Versuchsreihe von folgenden Erwägungen leiten:

Da wir bei der Untersuchung der Frage, ob Moor allein Silikate anzugreifen vermag, eine nennenswerte Angreifbarkeit derselben durch Moostorf nicht beobachten konnten, erweist es sich unbedingt als nötig, festzustellen, ob nicht die Anstellung unserer Versuche daran mit Schuld trägt. Es liegt dabei ganz besonders nahe, Vergleiche mit diesbezüglichen Vorgängen in der Natur zu ziehen, die alle mehr oder weniger, wenn auch in grossen Zeiträumen zur Ausbleichung und Auslaugung der unter Moor oder humosen Substanzen lagernden Silikate führen, die dadurch zustande kommt, dass Eisen und andere Mineralbestandteile fortgeführt werden.

Es erschien vor allem der Umstand von Bedeutung, dass der mit dem Silikatpulver vermengte Moostorf die ganze Zeit über in Ruhe belassen wurde, so dass auch bei einer eventuellen Einwirkung desselben auf das Gestein die gebildeten Zersetzungspprodukte nicht weggeführt werden konnten und eine weitere Einwirkung damit unterbunden blieb. Es ist eine dem Chemiker unter dem Namen „chemische Massenwirkung“ wohlbekannte Erscheinung, dass sich zwischen Stoffen, die chemisch aufeinander einwirken ein Gleichgewichtszustand herausbildet, so dass eine weitere Einwirkung damit in vielen Fällen verhindert wird. Dadurch, dass Gelegenheit gegeben wird, Bestandteile des einen dieser Stoffe wegzuführen, verschiebt sich das Gleichgewicht zu seinen Ungunsten, d. h. es unterliegen weitere Teile von ihm der Einwirkung des andern Stoffes.

Ist es nun bei den von uns angestellten Versuchen möglich, die eventuell von Moor angegriffenen, d. h. aufgelösten Bestandteile der Silikate wegzuführen, so verschieben wir gleichfalls das Gleichgewicht zu Ungunsten der Silikate, d. h. es können stets neue Mengen angegriffen und zersetzt werden.

Wir nähern uns damit zugleich den sich in der Natur abspielenden Vorgängen, bei der bekanntlich nie Ruhe herrscht, sondern alles in Bewegung ist.

So werden durch das dem Boden aus der Atmosphäre zugeführte Wasser die aus den Gesteinen durch Verwitterung löslich gewordenen Bestandteile fortgeführt und neue Angriffsflächen für

die Zersetzung geschaffen. Daher sind humide Gebiete, d. h. solche, bei denen die Niederschläge die Verdunstung überwiegen, meist arm an Salzen im Boden.

Die in einem zylindrischen Gefäss befindliche Mischung (Moor + Mineral) wurde einem kontinuierlichen hohen Wasserdrucke dadurch ausgesetzt, dass aus einem in der Höhe von einigen Metern sich befindenden grösseren Glasgefäß stets Wasser auf das Moor herabfliessen konnte. Obgleich der berechnete Wasserdruck ein sehr grosser war, gelang es jedoch nicht, grössere Wassermengen durch das Moor hindurchzupressen und so für eine stete Abfuhr der Lösungsprodukte zu sorgen. Es benötigte eines Zeitraums von mehreren Wochen, bis etwa  $\frac{1}{2}$  l auf diese Weise weggeführt wurde. Eine Erklärung findet diese Erscheinung der grossen Undurchlässigkeit des Moores in dessen hohem Gehalt an Kolloiden, die die Durchlässigkeit sehr bedeutend herabsetzen.

Wir mussten infolgedessen eine andere Anordnung treffen und verfahren folgendermassen:

In Glasgefässen von ca. 1 l Inhalt mit sehr weiter Oeffnung oben, die durch einen Glasstopfen gut verschliessbar war, wurde die Mischung Moor + Silikat + Wasser gegeben und nach tüchtigem Durchschütteln abfiltriert, die abfiltrierte Lösung durch frisches Wasser ersetzt und nach kräftigem Schütteln wieder abfiltriert und dieses sehr oft während der Zeitspanne von mehreren Wochen wiederholt. Die Filtrate wurden gesammelt und untersucht.

Die so gefundenen Werte müssen indes nach folgenden Gesichtspunkten ausgewertet werden:

In Abzug gebracht muss alles werden, was Wasser aus den Silikaten sowie aus dem Moore löst.

Um das Ausgangsmaterial für die in Abschnitt VI beschriebenen Elektrolysen zu sparen, wurden je 15 g der Silikatpulver mit 100 g Moor vermengt und aus diesen Proben die oben beschriebenen Wasserauszüge entnommen. Zu der Mischung Phonolit + Moor wurden 200 g Moor benutzt.

Die Mengen der Verunreinigungen, die mithin durch Wasser aus dem beigefügten Moore entnommen wurden, ergeben sich demnach aus den in I a aufgeführten Zahlen durch deren Division durch 3, während bei Phonolit, nachdem 200 g Moore benutzt wurden nur durch  $\frac{2}{3}$  zu teilen ist.

Wir haben dann V a.

für 100 g Moor		für 200 g Moor	
CaO = 0,0067 g		CaO = 0,0134 g	
MgO = 0,0018		MgO = 0,0036	
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O = 0,0077		K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O = 0,0154	
K <sub>2</sub> O = 0,0033		K <sub>2</sub> O = 0,0066	
Na <sub>2</sub> O = 0,0044		Na <sub>2</sub> O = 0,0088	
SiO <sub>2</sub> = 0,0024		SiO <sub>2</sub> = 0,0048	

Die durch Wasser aus je 15 g Silikatpulver in Lösung gegangenen Mengen sind unter I b aufgeführt.

V b. Die Mischung 15 g Silikat + 100 g Moor wurde an dauernder Wassereinwirkung ausgesetzt und die Filtrate gesammelt und analysiert. Aus diesen Analysen ergeben sich folgende Zahlen:

Feldspat	Augit	Hornblende
CaO = 0,0180 g	CaO = 0,0238 g	CaO = 0,0160 g
MgO = 0,0060	MgO = 0,0054	MgO = 0,0099
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O = 0,0708	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O = 0,0726	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O = 0,1188
K <sub>2</sub> O = 0,0279	K <sub>2</sub> O = 0,0216	K <sub>2</sub> O = 0,0423
Na <sub>2</sub> O = 0,0429	Na <sub>2</sub> O = 0,0510	Na <sub>2</sub> O = 0,0765
SiO <sub>2</sub> = 0,0132	SiO <sub>2</sub> = 0,0383	SiO <sub>2</sub> = 0,0363
Olivin	Glimmer	Labradorit
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,0030 g	CaO = 0,0099 g	CaO = 0,0181 g
CaO = 0,0114	MgO = 0,0104	MgO = 0,0060
MgO = 0,0156	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O = 0,0664	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O = 0,0935
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O = 0,0984	K <sub>2</sub> O = 0,0404	K <sub>2</sub> O = 0,0348
K <sub>2</sub> O = 0,0162	Na <sub>2</sub> O = 0,0261	Na <sub>2</sub> O = 0,0568
Na <sub>2</sub> O = 0,0822	SiO <sub>2</sub> = 0,0307	SiO <sub>2</sub> = 0,0270
SiO <sub>2</sub> = 0,0651		
Phonolith		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 0,0160 g		
CaO = 0,0095		
MgO = 0,0046		
K <sub>2</sub> O + Na <sub>3</sub> O = 0,3852		
K <sub>2</sub> O = 0,1881		
Na <sub>3</sub> O = 0,1971		
SiO <sub>2</sub> = 0,1993		

Durch Ausführen der Subtraktion: V b — (V a + I b) ergeben sich folgende Zahlen:

T a b e l l e V a.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolith
CaO	+ 0,0093	- 0,0089	+ 0,0058	- 0,0018	- 0,0158	+ 0,0024	- 0,0264
MgO	+ 0,0007	+ 0,0023	+ 0,0068	+ 0,0118	+ 0,0036	+ 0,0012	- 0,0049
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	+ 0,0491	+ 0,0555	+ 0,0781	+ 0,0532	+ 0,0282	+ 0,0653	+ 0,3195
K <sub>2</sub> O	+ 0,0142	+ 0,0122	+ 0,0206	+ 0,0016	+ 0,0206	+ 0,0250	+ 0,1526
Na <sub>2</sub> O	+ 0,0349	+ 0,0433	+ 0,0575	+ 0,0522	+ 0,0089	+ 0,0407	+ 0,1668
SiO <sub>2</sub>	+ 0,0108	+ 0,0552	+ 0,0255	+ 0,0627	+ 0,0232	+ 0,0235	+ 0,1191

Tabelle Vb.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolith
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$				— 0,01			— 0,4
CaO	+ 9,07	— 0,31	+ 0,28	— 0,27	— 3,57	+ 0,15	— 12,72
MgO	+ 1,05	+ 0,31	+ 0,29	+ 0,23	+ 0,22	+ 1,74	— 1,92
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	+ 2,26	+ 9,61	+ 6,35	+ 7,50	+ 2,08	+ 13,68	+ 6,21
$\text{K}_2\text{O}$	+ 0,81	+ 4,52	+ 3,09	+ 0,31	+ 1,96	+ 39,06	+ 6,88
$\text{Na}_2\text{O}$	+ 15,06	+ 14,14	+ 10,36	+ 13,50	+ 2,97	+ 9,88	+ 5,69
$\text{SiO}_2$	+ 0,11	+ 0,71	+ 0,39	+ 0,93	+ 0,32	+ 0,29	+ 1,77

Die Tabelle Va zeigt, dass zwar die absoluten Grössen der in Lösung gegangenen Stoffe nicht ungewöhnlich gross sind, doch lässt sich ersehen, dass durch andauernde Wassereinwirkung weit mehr gelöst wird<sup>3)</sup>, als dies durch Moor + Wasser geschieht. Besonders gilt dies für die Alkalien und die Kieselsäure, während Kalk und Magnesia weniger angegriffen werden als jene.

Immerhin sind die in der Tabelle V a zusammengestellten Beiträge doch zu gering, um von einer nennenswerten Vergrösserung der Angreifbarkeit der Silikate reden zu können.

#### VI. Die Mengen, die aus Silikat durch Moor unter Mitwirkung der Elektrolyse löslich wurden.

Bereits im Jahre 1840 hat Brogniart die Theorie aufgestellt, dass die Kaolinisierung der Feldspate in der Natur z. T. von den elektrischen Wirkungen bedingt wird, die die Erdströme auslösen. Es gelang ihm auch zu zeigen, dass feiner Feldspatstaub in einer U-Tube durch den elektrischen Strom eine Zersetzung erleidet.

Eingehendere Versuchung nach dieser Richtung hin führte Cushman<sup>4)</sup> aus, der feststellte, dass die durch Einwirkung des Wassers auf Feldspatpulver auf dessen Oberfläche gebildete kolloide Aluminiumkieselsäure die ebenfalls durch Einwirkung des Wassers gebildeten Alkalisilikate durch Absorption festhalte. Diese können

<sup>3)</sup> Und zwar zeigt die Tabelle, dass dies bei allen Bestandteilen, also auch beim Kalk und der Magnesia der Fall ist.

<sup>4)</sup> Cushman: U. S. Dep. of Agr. Bureau of Chemistry. Bull 92 (1905).

indes durch Elektrolyse wieder losgelöst werden und wandern dann zur Kathode.

Es lag daher nahe, die Elektrolyse auch für unsere Zwecke zu benützen und trafen wir daher folgende Anordnung:

Die zu solchen Versuchen eigens aufbewahrten, im Jahre 1901 angesetzten 2. Mischungen eines jeden Silikats (15 g) mit je 300 g Moor wurden als Versuchsmaterial benützt.

In einem grösseren Glasgefäß wurde die Mischung (15 g Silikat + 300 g Moor) mit etwas Wasser versetzt und gut durchgemischt. Dann wurde als Innen- oder Kathodenraum ein Tonzyylinder, der etwas destilliertes Wasser enthielt, eingefügt und mit dem Pole eines Kreisstromes von 110 Volt Spannung verbunden. Der von dem grösseren Glasgefäß eingeschlossene Raum diente als Anodenraum. Der Strom wurde durch 2 Platinelektroden eingeführt, die an Platindrähten befestigt waren. Um die zur Einleitung der Elektrolyse benötigte Stromstärke von etwa 0,05 Amp. zu erreichen, waren durch elektrische Glühlampen, die in den Stromkreis beliebig eingeschaltet werden konnten, geeignete Rheostate vorhanden.

Die Elektrolyse war zugleich von Endosmose begleitet, d. h. es trat bei geschlossenem Strom fortwährend Wasser von der Anode zur Kathode über, das nach einiger Zeit aus dieser zwecks chemischer Untersuchung entnommen wurde. In den Aussenraum oder die Anode musste andrerseits von Zeit zu Zeit frisches Wasser gegeben werden, um die Elektrolyse und die damit verbundene Endosmose in Tätigkeit zu erhalten.

Die Stromstärke war am Anfange eines jeden Versuches beträchtlich grösser als später. Es ist dies damit zu erklären, dass durch die dem Moore beigemischten 15 g Silikat eine nicht unbedeutende Menge von Elektrolyten vorhanden waren, die bekanntlich die Leitfähigkeit erhöhen, den innern Widerstand aber erniedrigen. Unsere Elektrolysenflüssigkeit besass demnach eine gute Leitfähigkeits und einen geringen innern Widerstand.

Nach dem bekannten Ohm'schen Gesetz:

$$J = \frac{E}{W}$$

musste deshalb unsere Stromstärke anfangs etwas grösser sein.<sup>5)</sup>

Es wurden daher zu Beginn einer jeden Elektrolyse mehrere

<sup>5)</sup> In einigen Fällen bis zu 1 Amp.

Glühlampen in den Stromkreis eingeschaltet, um dadurch den äussern Widerstand, d. h. den der Stromleitung zu erhöhen und die Stromstärke bis zu einem gewissen Betrage (0,05 Amp.) herabzudrücken.

Nach einiger Zeit vergrösserte sich der innere Widerstand, d. h. der der Elektrolysenflüssigkeit von selbst dadurch, dass die Elektrolyte an die Kathode geführt und hier durch Entnahme der Kathodenflüssigkeit weggeführt wurden.

Hand in Hand mit dieser Verarmung der elektrolysierten Flüssigkeit an Elektrolyten ging eine ganz bedeutende Verlangsamung der Endosmose. Während zu Beginn der Elektrolyse das vom Anoden- in den Kathodenraum transportierte Wasser diesen in etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde füllte, so dass man es abheben musste, ging die Endosmose schliesslich so weit zurück, dass es ca. 6 Stunden und länger dauerte, bis der Kathodenraum wieder gefüllt war.

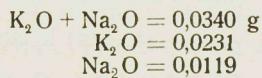
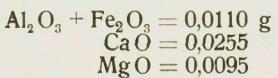
Die Elektrolyse dauerte bei den einzelnen Versuchen 8—14 Tage, evtl. noch länger und es wurden in diesem Zeitraum etwa 5—8 l Flüssigkeit an der Kathode entnommen und gesammelt. Ueber Nacht wurde der Strom natürlich unterbrochen.

Die in der Kathode angesammelte Flüssigkeit war beinahe wasserklar und nicht durch Humusstoffe gefärbt.

Es wurden der Reihe nach folgende Operationen ausgeführt:

a) 300 g Moor allein wurden mit Wasser versetzt und der Elektrolyse unterworfen. Die an die Kathode übergeführte Flüssigkeit (ca. 6 l) wurde analysiert und dabei folgende Mengen an Basen gefunden:

VI a.



b) Die Mischungen 15 g Silikat + 300 g Moor wurden jede für sich der Elektrolyse unterworfen.

Die an der Kathode gesammelte Flüssigkeit (nicht unter 5 l im einzelnen Falle) wurde untersucht. Die alkalische Reaktion konnte durch Phenolphthalein stets festgestellt werden. Doch war, da keine Eisenreaktionen festgestellt werden konnten, es wahrscheinlich, dass das Eisen in komplexer Bindung vorhanden war. Nach dem Eindampfen einer kleinen Probe und gelindem Glühen konnte es nachgewiesen werden.

Es wurde daher die Kathodenflüssigkeit in einer Platinschale eingedampft und der Rückstand gelinde gegläut, dann in HCl aufgenommen und untersucht. Gefunden wurde:

	VI b.		
Feldspat	Augit	Labradorit	
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0428 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0470 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0459 \text{ g}$	
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0230$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0380$	$\text{CaO} = 0,0991$	
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0245$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0115$	$\text{MgO} = 0,0149$	
$\text{CaO} = 0,0743$	$\text{CaO} = 0,0790$		
$\text{MgO} = 0,0330$	$\text{MgO} = 0,0620$		
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0881$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0879$		
$\text{K}_2\text{O} = 0,0542$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0322$		
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0339$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0557$		
Hornblende	Glimmer	Phonolit	
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0623 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,1248 \text{ g}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0910 \text{ g}$	
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0290$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0610$	$\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,0710$	
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0415$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0730$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0155$	
$\text{CaO} = 0,0743$	$\text{CaO} = 0,0438$	$\text{CaO} = 0,0146$	
$\text{MgO} = 0,0220$	$\text{Mg} = 0,1111$	$\text{MgO} = 0,0164$	
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,0918$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 0,1284$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} = 1,4528$	
$\text{K}_2\text{O} = 0,0380$	$\text{K}_2\text{O} = 0,0687$	$\text{K}_2\text{O} = 0,1542$	
$\text{Na}_2\text{O} = 0,0538$	$\text{Na}_2\text{O} = 0,0597$	$\text{Na}_2\text{O} = 1,2986$	

Die Mengen, die durch Wasser aus den Silikaten ausgezogen werden, und von obigen Zahlen in Abrechnung gebracht werden müssen, sind bereits in I b aufgeführt.

Desgleichen müssen die aus Moor durch Elektrolyse entfernten Stoffe subtrahiert werden. Die Zahlen für den Moorauszug durch Elektrolyse stehen unter VI a.

Durch Vornahme der Subtraktion: VI b — (I b + VI a) ergeben sich folgende 2 Tabellen:

I. Durch Elektrolyse aus Moor + Silikat ergibt sich:

a) In absoluten Zahlen:

T a b e l l e VI a.

	Feldspat	Augit	Horn-blende	Labra-dorit	Glimmer	Phono'it
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	+ 0,0298	+ 0,0360	+ 0,0513	+ 0,0349	+ 0,1138	0,0780
$\text{Al}_2\text{O}_3$	+ 0,0175	+ 0,0325	+ 0,0235		+ 0,0555	0,0600
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	+ 0,0190	+ 0,0060	+ 0,0360		+ 0,0675	0,0045
$\text{CaO}$	+ 0,0598	+ 0,0275	+ 0,0454	+ 0,0646	- 0,0007	+ 0,0995
$\text{MgO}$	+ 0,0200	+ 0,0512	+ 0,0112	+ 0,0024	+ 0,0966	+ 0,0027
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	+ 0,0491	+ 0,0535	+ 0,0338		+ 0,0629	+ 1,3853
$\text{K}_2\text{O}$	+ 0,0307	+ 0,0130	+ 0,0065		+ 0,0379	+ 0,1156
$\text{Na}_2\text{O}$	+ 0,0184	+ 0,0400	+ 0,0273		+ 0,0350	+ 1,2697

Tabelle VI b.

b) In %:

	Feldspat	Augit	Hornblende	Labradorit	Glimmer	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	+ 1,09	+ 0,99	+ 1,62	+ 0,72	+ 2,95	2,94
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,67	2,68	1,49		1,95	3,58
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	37,27	0,24	2,43		7,05	0,42
$\text{CaO}$	62,29	0,95	2,23	3,89	— 0,16	38,12
$\text{MgO}$	29,85	8,78	0,48	3,48	+ 5,92	1,06
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	2,23	9,27	2,75		+ 4,66	26,92
$\text{K}_2\text{O}$	1,75	4,82	0,97		3,58	5,22
$\text{Na}_2\text{O}$	7,93	13,19	4,92		11,66	43,32

Die Anwendung der Elektrolyse erfolgte insbesondere aus dem Grunde, weil dadurch die Menge der Stoffe ermittelt werden kann, die zur Kathode wandern. Dies ist aber alles, was in den betr. Silikaten nicht mehr fest gebunden ist, oder in unserem Falle, was durch den Einfluss des Moores aus ihnen gelöst wurde. Wie die Elektrolyse geeignet ist, eventuell zur Bestimmung der absorptiv gebundenen Stoffe im Boden herangezogen werden, so kann sie zweifellos auch mit Erfolg dazu herangezogen werden, den Einfluss der Verwitterung auf Silikatgesteine festzustellen, wie dies in unserem Falle auch geschehen ist.

Aus Tabelle VI b ist zunächst zu ersehen, dass unter dem Einflusse der Elektrolyse bei sämtlichen Silikaten Eisen und Aluminium an die Kathode geführt wurden, d. h. wenn dieselben längere Zeit mit Moor eingebettet waren.

Wurden die Silikate für sich allein der Elektrolyse ausgesetzt, so dialysierten Eisen und Aluminium nicht. Dies spricht jedenfalls dafür, dass nur unter dem Einflusse von Moor Eisen und Aluminium in Bewegung gesetzt werden, d. h. dass Moor eben nach einiger Zeit kleinere Beträge an diesen beiden Stoffen derartig angegriffen und aus ihrem Verbande in Silikat gelöst hat, so dass sie durch den elektrischen Strom an die Kathode geführt werden. Wie Tabelle VI b zeigt, machen diese dialysierten Beiträge auch bei den andern Stoffen ein bis mehrere Prozente aus. Es ist dies somit ein Weg, zu zeigen, dass Moostorf nicht ohne Einfluss auf eingebettete Silikate ist, oder mit andern Worten, dass durch ersteren letztere angegriffen wurden.

Zum Schlusse möchte ich noch einen kleinen Ueberblick über die von mir benützten Methoden geben, durch deren Verwendung ich den Einfluss der Humusstoffe auf die Verwitterung der Silikate feststellen wollte. Bestimmt wurde:

I. Die Menge der Stoffe der betr. Silikate, die unter dem Einfluss von Moor in Wasser löslich wurden.

II. Die Mengen, die durch Moor in 2 % Salzsäure löslich wurden.

III. Die Mengen, die durch Vermischen des Silikats mit frischem Moostorf nach dem Einäschern desselben in 2 % Salzsäure löslich wurden.

IV. Die Mengen, die nach dem Einäschern des Moores, das seinerzeit beigemischt wurde, in 2 % HCl löslich wurden.

V. Die Mengen, die durch Moor unter länger andauernder Behandlung mit Wasser in Lösung gingen.

VI. Die Mengen, die durch Moor unter Anwendung von Elektrolyse in Lösung gingen.

Im folgenden führe ich die Bezeichnung dieser sechs Methoden die Ziffern I, II, III, IV, V u. VI ein.

Aus den betreffenden Tabellen ist zu ersehen, welche Grössen durch Anwendung dieser Methoden ermittelt werden konnten. Es dürfte sich somit noch erübrigen, eine kurze Uebersicht nebst einem Vergleich der Resultate derselben zu geben.

Ich habe bereits früher darauf hingewiesen, dass ein event. Einfluss von Moostorf auf die Silikate am besten und einwandfreiesten für die Bestandteile der letzteren nachgewiesen werden kann, die in grösserer Menge in denselben vorhanden sind.

So enthalten z. B. die verwendeten Silikate Augit 19,22 % CaO, Hornblende 13,59 % CaO und Labradorit 11,06 % CaO. Durch Methode I konnte gezeigt werden, dass durch Moor allein hiervon im ersten Falle — 0,59 %, also unter 0, im zweiten Falle + 0,3 % und im dritten — 1,39 % in Lösung ging.

II (Moor in 2 % HCl) für Augit ebenfalls für CaO: — 0,10 %; Hornblende — 0,92 %; Labradorit — 2,64 %.

III. Augit . . . . .	1,12 %	CaO in Lösung
Hornblende . . . . .	0,63 %	" " "
Labradorit . . . . .	0,69 %	" " "
IV. Augit . . . . .	2,96 %	CaO in Lösung
Hornblende . . . . .	8,86 %	" " "
Labradorit . . . . .	14,89 %	" " "

V.	Augit . . . . .	— 0,31 % CaO in Lösung
	Hornblende . . . . .	+ 0,28 % " "
	Labradorit . . . . .	+ 0,15 % " "

VI.	Augit . . . . .	0,95 % CaO in Lösung
	Hornblende . . . . .	3,23 % " "
	Labradorit . . . . .	2,89 % " "

Bezüglich des Gehaltes an Magnesia können die Silikate Olivin und Hornblende herangezogen werden, von denen ersterer 33,5 % MgO, letztere 15,52 % hiervon enthält.

In Prozenten lösten sich von MgO

bei Olivin durch I	+ 0,11 % MgO
" II	+ 1,58 % "
" V	+ 0,23 % "

bei Hornblende durch I	— 0,17 % MgO
" II	+ 0,68 % "
" III	+ 0,79 % "
" IV	+ 2,26 % "
" V	+ 0,29 % "
" VI	+ 0,48 % "

Bezüglich des Gehaltes an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> stehen die Silikate Labradorit, Glimmer und Feldspat obenan, von denen ersterer 30,5 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Glimmer 18,95 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und Feldspat 17,69 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> enthält.

Hier ergibt sich:

Bei Labradorit wurden gelöst

durch II	— 0,26 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
" III	+ 1,38 % "
" IV	+ 10,98 % "
" VI	+ 0,32 % "

Bei Glimmer:

durch II	— 3,73 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
" III	+ 3,96 % "
" IV	+ 14,39 % "
" VI	+ 1,95 % "

Bei Feldspat:

durch II	— 0,66 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
" III	+ 0,51 % "
" IV	2,16 % "
" VI	0,67 % "

Einen grösseren Gehalt an Kali (K<sub>2</sub>O) weisen die Silikate Feldspat und Glimmer auf und zwar enthält ersterer 14,37 %, letzterer 7,05 % hiervon.

Es lösten sich

bei Orthoklas durch	I	+ 0,37 % K <sub>2</sub> O
"	II	0,23 % "
"	III	+ 0,27 % "
"	IV	2,28 % "
"	V	0,81 % "
"	VI	1,75 % "

bei Glimmer durch	I	+ 0,48 % K <sub>2</sub> O
"	II	2,04 % "
"	III	- 0,84 % "
"	IV	9,78 % "
"	V	1,96 % "
"	VI	3,58 % "

Endlich möge noch die Löslichkeit der Kieselsäure durch folgende Tabelle vor Augen geführt werden:

	Ortho- klas	Augit	Horn- blende	Olivin	Glimmer	Labra- dorit	Phonolit
Methode I	0,08	0,01	0,2	0,1	0,15	0,16	0,89
" II	- 0,06	- 0,38	-	0,91	0,65	0,18	1,12
" III	- 0,16	- 0,30	- 0,42	-	- 0,31	- 0,77	+ 1,04
" IV	2,97	2,60	3,17	-	2,39	2,68	2,49
" V	0,11	0,71	0,39	0,93	0,32	0,29	1,77

Allgemein lässt sich feststellen, dass durch Anwendung der Methoden I u. II eine Einwirkung des Moostorfes auf die Silikate nur sehr schwer feststellbar ist. Die Differenzen sind zu gering, um deutlich in Erscheinung zu treten. Methode IV zeigt grosse Differenzen, aus denen der Einfluss des Moores sehr stark hervortritt. Indessen sind gerade die Resultate dieser Gruppe nur mit Vorsicht aufzunehmen aus Gründen, die ich bereits aufgeführt.

Dagegen zeigen auch die Resultate aus den Methoden V u. VI, dass eine Einwirkung des Moostorfes auf die betreffenden Silikate stattgefunden hat, und dass diese nachweisbar ist. Von besonderem Interesse ist jedenfalls der Umstand, dass Eisen und Aluminium der betreffenden Silikate bei Anwendung der Elektrolyse nur dann an die Kathode wanderten, wenn diese Silikate der Einwirkung von Moor ausgesetzt waren. Da die Elektrolyse nur Stoffe zur Wanderung bringt, die sich nicht mehr im festen Verbande befinden, also durch irgendwelche Ursachen losgelöst wurden, so lässt sich hiermit feststellen, dass die Elektrolyse geeignet ist, die Angreifbarkeit der Silikate durch Moor, auch wenn diese nur gering ist, nachzuweisen.

Im Anhange befinden sich die Tabellen, in denen die Zahlen der früheren Tabellen statt auf 15 g der Silikate auf 100 g umgerechnet sind.

Tabelle I.

	Ortho- klas	Augit	Horn- blende	Olivin	Glimmer	Labra- dorit	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	0,0231				+ 0,0066	+ 0,0165	- 0,0330
$\text{CaO}$	0,0647	- 0,1135	+ 0,0415	- 0,0772	- 0,1135	- 0,1531	- 0,1155
$\text{MnO}$	0,0396	0,0052	- 0,0264	+ 0,0363	- 0,0396	- 0,0231	+ 0,0026
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	- 0,1168	- 0,1161	- 0,0607	+ 0,0158	+ 0,0349	- 0,0172	- 0,0739
$\text{K}_2\text{O}$	- 0,0422	- 0,0534	0,0151	+ 0,0673	+ 0,0336	- 0,0396	- 0,1379
$\text{Na}_2\text{O}$	- 0,0752	- 0,0633	- 0,0765	- 0,0521	+ 0,0007	+ 0,0185	- 0,0019
$\text{SiO}_2$	+ 0,0514	+ 0,0066	+ 0,0858	+ 0,2415	+ 0,0732	+ 6,0884	+ 0,4158
i. $\text{SiO}_2$			+ 0,0779	+ 0,1571	+ 0,0581	+ 0,0827	
u. $\text{SiO}_2$			+ 0,0614	+ 0,0237	- 0,0053	+ 0,0403	

Tabelle II.

	Ortho- klas	Augit	Horn- blende	Olivin	Glimmer	Labra- dorit	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	- 0,1386	- 0,3234	- 0,7326	- 0,0759	0,5227	- 0,2076	+ 0,6600
$\text{Al}_2\text{O}_3$	- 0,1155	- 0,6468	- 0,4871	- 0,0066	- 0,6996	- 0,0792	+ 0,4125
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	- 0,1584	+ 0,0561	- 0,3385	- 0,1551	- 0,2917	- 0,0825	+ 0,0099
$\text{CaO}$	+ 0,0231	- 0,0198	- 0,1247	+ 0,2772	- 0,1036	- 0,2904	+ 0,1023
$\text{MgO}$	+ 0,1591	+ 0,1445	+ 0,1043	+ 0,5234	- 0,4006	- 0,0343	- 0,0046
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	+ 0,0099	- 0,0442	+ 0,2145	+ 0,0937	+ 0,1551	+ 0,0495	- 1,3186
$\text{K}_2\text{O}$	+ 0,0330	+ 0,0033	+ 0,0686	+ 0,1175	+ 0,1425	+ 0,2244	-
$\text{Na}_2\text{O}$	- 0,0231	- 0,0475	+ 0,1459	- 0,0237	- 0,0125	- 0,2673	-
$\text{SiO}_2$	+ 0,0409	- 0,1762	- 0,6468		- 0,3075	- 0,0997	+ 0,4963
i. $\text{SiO}_2$	- 0,0501	- 0,1676	- 0,6494		- 0,1504	- 0,1538	+ 0,2270
u. $\text{SiO}_2$	- 0,0297	- 0,0844	- 0,2079		+ 0,0099	+ 0,0548	- 0,3742

Tabelle III.

	Ortho- klas	Augit	Horn- blende	Glimmer	Labra- dorit	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	0,363	- 0,1082	+ 0,9590	1,3497	0,3399	0,6699
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,0891	+ 0,1122	0,3003	0,7455	- 0,4224	- 0,0528
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,0759	+ 0,1980	0,5412	0,6204	0,8613	0,8580
$\text{CaO}$	0,0845	+ 0,2145	0,0858	- 0,0792	0,0759	- 0,1254
$\text{MgO}$	0,0885	+ 0,0693	0,1221	- 0,5610	- 0,0172	- 0,1775
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	0,0660	+ 0,0521	- 0,1260	- 0,0092	0,2943	0,8421
$\text{K}_2\text{O}$	0,0310	+ 0,0541	- 0,0891	- 0,0594	- 0,0165	1,5358
$\text{Na}_2\text{O}$	0,0350	+ 0,0019	- 0,0369	0,0587	0,3108	- 0,7062
$\text{SiO}_2$	+ 0,1012	+ 0,1393	- 0,1801	- 0,1548	- 0,4177	0,4639
i. $\text{SiO}_2$	- 0,1102	+ 0,0495				
u. $\text{SiO}_2$		+ 0,0620				

Tabelle IV.

	Ortho- klas	Augit	Horn- blende	Glimmer	Labra- dorit	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	0,2508	1,7912	1,3695	2,9816	3,5488	1,1847
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,3795	0,6402	0,9484	0,9273	3,4465	— 0,5319
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	— 0,1287	0,6831	0,4798	0,9095	0,1584	1,0362
$\text{CaO}$	0,1993	0,5643	1,1919	0,1471	1,5302	— 0,4488
$\text{MgO}$	0,0792	0,0442	0,3471	0,4910	— 0,0132	0,1848
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	0,3953	0,0541	0,9405	1,3015	1,0441	1,6678
$\text{K}_2\text{O}$	0,2626	0,0250	0,4560	0,6831	0,0699	1,5866
$\text{Na}_2\text{O}$	0,1392	0,0290	0,4824	0,5524	1,0995	0,0811
$\text{SiO}_2$	— 0,6217	0,2798	1,3550	1,1609	1,4533	1,1048
l. $\text{SiO}_2$	0,3544	0,5035		0,9649		
u. $\text{SiO}_2$	0,1683	— 0,0435		0,3966		

Tabelle V.

	Ortho- klas	Augit	Horn- blende	Olivin	Glimmer	Labra- dorit	Phonolit
$\text{CaO}$	0,0614	— 0,0587	0,0382	— 0,0118	— 0,1042	0,0158	— 0,1742
$\text{MgO}$	0,0046	+ 0,0151	0,0448	0,0778	0,0237	0,0079	— 0,0323
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	0,3240	0,3663	0,5154	0,3511	0,1861	0,4310	2,1127
$\text{K}_2\text{O}$	0,0937	0,0805	0,1360	0,0060	— 0,0039	0,1650	1,0071
$\text{Na}_2\text{O}$	0,2303	0,2868	0,3795	0,3445	0,1807	0,2686	1,1008
$\text{SiO}_2$	0,0712	0,3643	0,1683	0,4138	0,1531	0,1551	0,7860

Tabelle VI.

	Ortho- klas	Augit	Horn- blende	Labra- dorit	Glimmer	Phonolit
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	0,1967	0,2370	0,3385	0,2303	0,7510	— 0,0033
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,1155	0,2145	0,1551		0,3663	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,1254	0,0396	0,2376		0,4455	
$\text{CaO}$	0,9226	0,1815	0,2989	0,4263	0,0046	0,6677
$\text{MgO}$	0,1320	0,3379	0,0739	0,0158	0,6375	0,0178
$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	0,3240	0,3531	0,2230		0,7451	9,1492
$\text{K}_2\text{O}$	0,2026	0,1858	0,0429		0,2501	0,7629
$\text{Na}_2\text{O}$	0,1214	0,2673	0,1801		0,4950	8,3800

## **English Work on Pasture Soils.**

By C. T. Gimingham F. I. C.

(University of Bristol.)

There can be no possible doubt regarding the important place taken by grass land in British husbandry; indeed, if the area of each crop grown throughout the country is a measure of its relative importance, grass comes first of all. The annual returns for the acreage of land under permanent grass in Great Britain have shown a steady increase for the last 60 years and, since 1870, the area has increased from 12 072 856 to 17 446 870 acres — an addition of 5 374 014 acres. In 1911 the returns show that out of a total of 32 094 658 acres under all kinds of crops, there were 2 799 082 acres more devoted to permanent grass than to all other kinds of crops put together. In Ireland, the proportion of grass to arable land is almost exactly two to one; and in some English counties the land is almost entirely occupied by pasture: for example, Somersetshire in 1911 returned 682 342 acres as permanent grass and only 170 451 acres arable land. All these figures are exclusive of the rough grass land which is catalogued as „Mountain and Heath Land used for Grazing“ and which in Great Britain amounts to another 12 875 660 acres.

A great deal of this large area consists of grass land of somewhat inferior quality and especially is this true of the part laid down within recent years. Although some heavy clay land in various parts of the country which was found too expensive to cultivate was converted into permanent grass and now makes excellent strong pasture, yet, for the most part, the land was originally very poor arable and having been allowed to fall down to grass without special care or treatment is at present worth little for grazing. Under proper treatment a good deal of the poorer type

of pasture land in the country is unquestionably susceptible of considerable improvement; and well planned and carefully carried out practical experiments have already yielded valuable results in this direction.<sup>1)</sup>

We are however here concerned with more purely scientific soil investigations and it must be admitted that on the whole in England, up to the present, work on pasture soils and their special problems has not bulked very largely. All the important contributions to our general knowledge of the factors governing soil fertility have resulted from the study of arable soils, which so far have almost monopolised attention. It is natural that arable soils should have been the first to be studied in detail; but we have to recognise, in applying results to the case of soils which are permanently occupied by grass, that a number of new conditions are introduced which exert an influence in various directions on the processes going forward in the soil and considerably modify the nature of the problems with which we have to deal. It is most important to know how far our conclusions obtained by the study of arable soils are directly applicable to the conditions obtaining in pasture soils and how far the same methods of investigation can properly be employed in both cases.

In dealing with grass land we have primarily to take account of the fact that the soil is occupied by a crop continuously; and we cannot consider it, as is possible with an arable soil, apart from the crop. What then is the effect of the long-continued action of the same crop upon the soil? What differences does its continuous presence make to a soil from the biological, chemical and physical points of view? There is indeed extremely little detailed knowledge available upon these points and we can still scarcely do more than point out a few of the possibilities and suggest some of the lines along which investigation is still needed.

In the first place, the continuous action of the roots of the same species of plants, always absorbing food and water, always respiring and excreting, by its effect upon the atmosphere and the reaction of the soil, must certainly exert a direct influence upon the

---

<sup>1)</sup> See especially the account of Experiments on „The Influence on the Production of Mutton of Manures applied to Pasture“, by Somerville: Supplement to the Journal of the Board of Agriculture Vol. 17 No. 10.

nature of the living organisms, and especially of the bacterial flora. In what direction this influence acts can be at present a matter of speculation only; it is possible that it tends to make a more fixed and unvarying flora which does not undergo the constant changes and fluctuations which take place in arable soils. It would seem probable too that a crop which is almost continually requiring food would render impossible any considerable accumulation of readily available plant food in the surface soil such as takes place under certain conditions in arable soils. In this connection we may note that we are at present without precise knowledge as to the form in which the pasture grasses take up their nitrogen. Recent work on the assimilation of nitrogen by plants has shown that many more types of compounds are available as sources of nitrogen than was formerly supposed<sup>2)</sup> but almost all the experimental work has been carried out with cereals and leguminous plants. There is evidence, however, that ammonium salts as such, in addition to nitrates, can serve as food, at all events for some species of pasture grasses. On those grass plots of the Rothamsted Experimental Station which receive heavy dressings of ammonium salts annually, it has been found<sup>3)</sup> that nitrification takes place only to a very slight extent, and is probably confined to the immediate neighbourhood of the scattered particles of calcium carbonate present, since the prevailing reaction of the soil is acid. None the less, on these plots there is a fairly heavy crop of coarse grasses, consisting almost entirely of three species — *Holcus lanatus*, *Alopecurus pratensis*, and *Arrhenatherum avenaceum* — growing in tufts with bare patches of peaty decayed vegetation between.

Perhaps the most obvious results of the continual occupation of the land by a crop are concerned with the physical condition of the soil. The surface of grass land receives only the minimum of disturbance and consequently its physical condition and texture are quite different to that of a well-tilled arable field on the same soil. This has far reaching effects. The undisturbed condition of the surface and consequent slight aeration has a large

---

<sup>2)</sup> See Hutchinson and Miller, Jour. Agric. Sci. Vol. IV p. 282 for bibliography.

<sup>3)</sup> Hall, Miller and Gimingham Proc. Roy. Soc. B. 80. 1908.

share in determining what will be the predominant types of bacteria; and one of the evident results of this is, that those types are favoured which cause the decay of organic matter to proceed much less quickly than in well-aerated soils; and there is always a certain accumulation of humus. This is especially seen in grass land on heavy clay soils and on soils deficient in lime. The importance of such an accumulation of humus in modifying soil texture need not be enlarged upon.

In view of these and many other factors at work and interacting upon one another, certain questions at once arise. For example, Does mechanical analysis which has given such valuable results in the study of arable soils, afford equally useful indications with pasture soils? Is chemical analysis a useful guide? and if so, can the large amount of data obtained from arable soils be taken as standards? To put the whole matter as briefly as possible, how far, in considering pasture soils, must we modify our ideas of the relative importance of the various factors which go to make up what we term the fertility of the soil?

Such are shortly some of the more general questions. In addition, a large number of local problems of considerable complexity arise in connection with pasture land and, as has often happened in like cases, the detailed investigation of some of these has served to throw light on the larger problems.

#### Pasture-soil Analysis.

The value of soil analysis as a guide to the manurial treatment of poor pastures has been dealt with by Wood & Berry<sup>4)</sup> of the Cambridge University School of Agriculture, the work arising out of a series of experiments on methods for the improvement of poor grazing land, the agricultural results of which are given by Middleton.<sup>5)</sup> The soils from a number of centres at which the experiments were carried out were examined in order to ascertain whether the results of the soil analysis could be correlated with the results of the various methods of treatment. Of the latter, the most important was the remarkable improvement effected in almost all cases by the use of basic slag, but determinations of the total phos-

<sup>4)</sup> Jour. Agric. Science Vol. I p. 114.

<sup>5)</sup> I bid. Vol. I p. 122.

phate present in the soils gave no indication of deficiency in phosphoric acid. On the other hand the figure for „available“ phosphates (i. e. soluble in 1 % citric acid) was of greater value and appeared to be a reliable guide as to which soils might be expected to respond to phosphatic manuring, „if for pasture soils the limit below which „available“ phosphate may be considered deficient is fixed as high as 0—02 %“. Other results indicated that the figures for total nitrogen, total potash and lime were not of much help in determining the best methods of manuring; but if the soil contains not more than . 01 % potash soluble in 1 % citric acid (available) the authors consider an application of potash salts is likely to be useful. With regard to lime, unless a pasture soil contains less than . 25 % it seems improbable that liming is necessary.

The mechanical composition of the soil is probably the factor which is of prime importance in attempting to improve poor pasture. A fairly good mechanical condition is essential: soils with a very high proportion of either the coarsest or the finest grades of particles are never likely to make really useful grazing land whatever the manurial treatment.

A further paper by S. F. Armstrong<sup>6)</sup> (also from the Cambridge School of Agriculture) deals primarily with the botanical and chemical composition of the herbage of pastures and meadows, but includes some observations on the soils of the grass lands investigated. It was apparent that at all events in the English Midlands the choicest grazing land was invariably associated with soil rich in „available“ phosphates, and here again the importance of good physical condition and of an abundant supply of „available“ phosphoric acid for the production of good pasture land is emphasized.

To what extent these conclusions hold good for pasture soils generally can only be determined when we are in possession of many more data on the subject.

#### Romney Marsh Soils.

Among important local problems which have received attention, the investigation recently carried out by Hall and Russ-

<sup>6)</sup> Jour. Agric. Science Vol. II p. 283.

see<sup>7)</sup>) of the Rothamsted Experimental Station on the pasture soils of Romney Marsh is the most complete. Romney Marsh, which has an area of nearly 120 square miles, is part of the large stretches of alluvial land which, to a great extent, border the coasts of Kent and Sussex. It is only slightly elevated above high water mark but having been elaborately drained is now dry and no longer can properly be called a marsh. It is almost entirely grass land and in spring and summer the fields are occupied by great numbers of sheep and form some of the best grazing land in the south of England, many of the pastures being famous for their richness. The best land will fatten as many as ten sheep per acre during the summer without the aid of any artificial feeding; but all the pastures are by no means equally good, and adjoining fields in some places show the most marked differences in feeding value. Surrounding the most valuable fields for fattening purposes will often be found land which can only be used for breeding upon or will just keep sheep growing. These two types of land are referred to as „fattening“ and „non-fattening“ pastures and the immediate object of the work undertaken by the authors was an attempt to discover the causes underlying these remarkable differences.

The plan of experiment was as follows. Samples of the grass were obtained from fields at various centres, representative of both fattening and non fattening pastures at different times of the year, and were examined botanically and chemically. Soil samples of each foot of soil down to the water level (usually about 8 feet) were also taken for mechanical and chemical analysis and borings made for the determination of the water content of the soil at various depths at different seasons. Further, during 1909 and 1910, regular observations were taken of the water level in the fields and of the temperature at 12 feet and 6 feet below the surface. By these means it was hoped to detect any differences which might lead towards an explanation of the obvious differences in feeding value between the two types of pasture.

The investigation of the botanical composition of the herbage from the various fields showed that the most abundant grass throughout was *Lolium perenne* which formed from one-third to four-fifths of the total herbage. *Agrostis alba* and

<sup>7)</sup> Jour. Agric. Science 1912, Vol. 4. No. 4.

*vulgaris* were regular constituents up to 20 % and there was also a fair proportion of white clover though this is not evident from the analyses owing to the creeping habit of the plant which made it difficult to include it in the samples. The floral type was on the whole remarkably similar in fatting and non-fatting fields. No differences were brought to light which could at all account for the higher feeding value of fatting fields.

There were however certain differences in the herbage, evident to the eye, which were not brought out by the botanical analysis. On the good land, the grasses grew essentially leafy and covered the ground much more effectively than on the bad land where a marked tendency to the production of stemmy herbage with abundant flower heads was noticeable. This was seen very remarkably in one case where a non-fatting field was covered with the yellow blossoms of buttercups when the adjoining fatting field showed none, whilst on analysis of the herbage there proved to be almost exactly the same percentage in both fields. The characteristic leafiness in the one case and stemminess in the other was the chief difference between the good and bad fields and was quite independent of the floral type.

Three other differences more or less marked were noted — in any pair of fields the good one had more clover in the herbage, showed less tendency to burn in Summer, and probably gave a slightly higher yield of grass.

The soils next claim attention. Speaking generally, the surface soil in Romney Marsh is of a heavy close-grained type (though in a few places a lighter soil occurs) and is made up largely from the clay, derived from the heavy soils of the lower Wealden strata, which has been deposited by subsidence. The soils differed a good deal at the three selected centres in the Marsh at which the investigations were carried out but as these differences seemed to have no bearing on the present problem they need not detain us. At centre No. 1 (Orgarswick) the soils proved to be very uniform in mechanical composition to a considerable depth and the fatting and non-fatting fields showed no significant differences whatever in this respect. The soil was heavy, containing no coarse sand and about 25 % of the clay fraction; and below 7 feet peat was reached saturated with water. Mechanical analysis of the soils failed to reveal

any reason for the superiority of one field over another, poor and rich land showing almost identical compositions.

The water content of the soils of both fields at different dates was always practically the same, the fattening field being perhaps a little moister in early summer and somewhat dryer later on.

There was a small difference in the level of the water which was always higher in the fattening field. On the whole the soil of the fattening field tended to keep a little dryer and to get rid of its surface water rather more quickly and thoroughly. This may probably be taken as indicating some difference in texture not revealed by mechanical analysis. Differences in soil temperature were very slight but regular, the soil of the good field proving to be a little warmer than the other.

Chemical analysis of the two soils gave very similar results; but a slightly higher percentage of nitrogen and phosphoric acid (especially the latter) was noted in the good soil. Lime was present in abundance in the subsoil in both cases; and, quoting from the paper under review, „as regards mechanical and chemical composition, temperature and moisture determinations, little can be found to discriminate between the two soils, and though some of the factors of production are slightly better in the good soil the differences seem too small to be significant.“

Further examination however enabled the authors to account to some extent for the differences in the type of growth of the herbage observable in the fattening and non-fattening fields. The soils of the good fields possess one marked characteristic: they contain definitely more free ammonia and more nitrate in the early part of the season, though the difference disappears later.

At the same time, it was found that soil from the good field was capable of a greater rate of nitrification than that from the bad field. These are the most significant differences observed. It is evident that the better type of grass in the fattening fields is produced as a result of a greater food supply, though the floral type remains the same.

With minor divergences, all the details here given hold equally for the soils of the other two centres, whether the physical conditions of the soils in the pairs of fields were similar or dissimilar. In the authors words, „. . . . the amount of nitrates and ammonia-

The accompanying table gives the figures obtained.  
**Nitrogen as nitrate and ammonia in parts per million of dry soil 1910.**

	March 16		May 13		June 22		Sept. 14	
	Nitrate	Ammonia	Nitrate	Ammonia	Nitrate	Ammonia	Nitrate	Ammonia
ORGARSWICK Surface soil								
Fattening	15,8	11,0	14,6	7,0	1,4		9,4	6,0
Non-Fattening . .	10,4	11,0	8,9	3,0	3,0		58,4	22,0
MIDLEY Surface soil								
Fattening	12,4		24,2	6,5	6,4		15,4	
Non-Fattening . .	6,3		12,5	2,8	2,7		21,7	
WESTBROKE Surface soil								
Fattening	23,6	8,0	21,5	20,8	2,3		9,4	
Non-Fattening . .	13,0	6,0	7,9	6,0	2,0		8,2	

in the good soils is always far above the quantities found in the bad soils in the early part of the year. Here is probably the causal factor which accounts both for the greater amount of growth on the fattening fields and its green broad leafy character. But accepting this more rapid production of available nitrogen as the determining factor giving rise to the herbage, it is still impossible to see from the other determinations made why the formation of available nitrogen compounds should be more rapid in the one case than in the other. The difference apparently lies in the nature of the soil organic matter."

From what has been said, it might be expected that the chemical composition of the herbage from the two kinds of fields would be markedly different, especially as regards the percentage of fibre; but this proved not to be the case. The amount of phosphoric acid and nitrogen is slightly higher in the good than in the poor herbage but the difference is by no means enough to account for the contrasts in feeding value. The conclusion is reached that the ordinary methods of food analysis need much refinement in order to give useful results in such cases as this.

This investigation draws attention to the very important practical consideration that in dealing with the feeding value of pasture grass it is necessary to distinguish between the effect due to the

botanical composition of the herbage (the floral type) and that due to the habit of growth. These are dependent on different sets of conditions. The floral type is more influenced by local climate, situation and management than by soil and may vary considerably on the same field from year to year. The habit of growth in the cases here dealt with appears to be chiefly determined by the supply of nitrates and ammonia in the soil i. e. by the rate of decomposition of the organic matter.

From the point of view of the soil investigator the work indicates forcibly the limitations of the methods of mechanical analysis. Differences in the physical properties and texture of pasture soils exist which are not revealed by mechanical analysis and indeed, speaking widely, „soil analysis does not give as clear indications with pasture soils as it does with arable soils“. This conclusion receives confirmation in some work now to be referred to.

#### The Scouring \*) Lands of Somerset.

(„Scouring“ is an English agricultural word for acute diarrhoea.)

A somewhat similar problem has recently been gone into anew by the present writer.<sup>8)</sup> This concerns a considerable area of pasture land in the middle of Somersetshire in a district given up almost entirely to dairy farming. Here again are marked differences in the feeding value of closely adjoining pastures; but in this case the bad fields are actually injurious. In these districts the herbage of much of the grazing land has the property of causing cattle feeding there to scour very seriously indeed at certain times of the year, such pastures being known locally as „teart“ or „turt“ land. Their presence naturally lowers the value of the farms on which they are situated though the extent to which the scouring properties of the herbage are developed varies greatly in different places; and good and bad fields are often intermixed in a very intricate manner. Cows in milk suffer most severely but all kinds of cattle may be affected; lambs also scour badly whilst sheep and horses are for the most part, exempt. The scouring is usually most prevalent in the autumn — when cattle are feeding on the aftermath — and as a rule the more abundant the growth the more serious the trouble becomes, varying with the season. Individual animals vary greatly in the degree to which they may be affected.

<sup>8)</sup> Gingham, Jour. Board of Agric. Vol. 17. 1910. p. 529.

Such scouring on the „teart“ lands has been attributed to a variety of causes, among them, the presence of some particular plant in the herbage, or a bad water supply. Neither of these explanations however can be substantiated.

Nor does the trouble suggest a specific disease and attempts to isolate a responsible organism have proved useless. Infection never travels from a „teart“ field to a neighbouring sound field even though only a ditch may separate the two; nor do cattle transferred from „teart“ to sound pastures ever bring infection to healthy cattle with which they may come in contact. The usual result of the application of manures to „teart“ pastures is to make matters worse with the increased growth, and where large numbers of sheep are fed in these fields the same result is noticed. On the other hand, the first two or three sharp frosts remove all tendency to cause scouring from the autumn herbage.

Teart' land in Somerset is entirely confined to one geological formation, the Lower Lias. The typical surface soil on the Lower Lias here is an extremely stiff unyielding clay, with the blue or yellow lias clay subsoil not far below. At the same time, a considerable part of this district, which lies at a low elevation, is covered by an alluvial deposit, varying from a few inches to many feet in depth; and pastures on this alluvial soil are invariably free from any tendency to cause scouring, even though the typical Lower Lias clay may lie not far below the surface. The division between good and bad land is in many places very sharp and indicates accurately the boundary between Lias and Alluvium. Where the layer of alluvium is deep the differences in the surface soils of the two kinds of fields are very obvious; and, even where the soils are in most respects very similar, the surface of the good fields is noticeably darker in colour and looser in texture and, further, the ground has an indefinitely different and more springy „feel“ to the foot.

In order to further investigate this difference in texture between sound and „teart“ land, determinations of the densities \*) of some of the soils *i n s i t u* were made and with only slight irregularities the surface soils of the sound fields show consistently a definitely lower density than those of „teart“ fields from the same neighbour-

---

\*) Details not yet published.

hood. The sound soils have also a greater capacity for holding moisture.

Ordinary chemical analysis of both types of soil has not revealed anything that could account for the observed effects and there is no obvious peculiarity in the composition of the „teart“ fields. A large number of samples were also submitted to mechanical analysis with the result that all the soils, whether from good or bad land, were found to be of the same general type, so that the observed differences in physical condition and texture cannot be accounted for by referring them to the ultimate mechanical compositions of the soils.

These analyses have however brought out the fact that there is, almost invariably, a considerably higher percentage of organic matter in the good soils; and there is no doubt that, to a great extent, the dark colour, the texture and the different appearance and „feel“ of the soil of these fields is due to the influence of the higher proportion of organic matter on the nature of the compound soil particles.

The only significant difference discoverable between sound and „teart“ soils lies then in their physical condition. Hence the production of scouring herbage must be determined to a great extent at least by the special texture of the soil. How then does the soil texture affect the physiological properties of the herbage in this manner? Chemical analysis has not so far succeeded in demonstrating the presence of unusual substances in the herbage to which the scouring might be attributed. The ordinary methods of food analysis are not sufficiently refined to detect such differences in feeding value as these; but there must necessarily be a difference somewhere in the proximate constituents of grass from good and from scouring fields. It can only be concluded that under special soil conditions some abnormal constituent is present in the herbage with the physiological action to which the scouring is due; and further that the texture determines these special soil conditions.

Some evidence is already forthcoming that modifications of the soil texture remove the conditions giving rise to scouring herbage.

In the two investigations here summarised, it is evident that important differences in the textures of the respective types of soils undoubtedly existed which were not indicated by the results of the analyses; and we cannot but draw the conclusion that mechanical

analysis according to our present methods is not of the same value in the study of pasture soils as it has proved to be in the case of arable soils. This is probably due to the controlling influence exercised by the organic matter in pasture soils and a place of primary importance must be assigned to this constituent of the soil in determining the type and composition of the herbage. Physical properties which, from analogy with arable soils, might reasonably be inferred from the results of mechanical analysis are at present entirely in the dark. Analyses of the herbage by the influence of the organic matter present. No doubt the undisturbed condition of the surface soil and the consequent slow rate of decay of the humus account for this.

As to the manner in which the action becomes operative we are at present entirely in the dark. Analyses of the herbage by our present methods have led to nothing and it seems probable that before it will be possible to throw much light on this point we shall need to possess more delicate methods of food analysis and to know much more of the nature and properties of the organic matter as it exists in pasture soils.

---

## Deli-Böden.

Von den Herren J. G. C. Vriens und S. Tijmstra Bz.

(Fortsetzung.)

### Kapitel IV.

24. Nachdem wir bis jetzt die chemischen Eigenschaften der Böden mit einander verglichen haben, werden wir nun die physikalischen Eigenschaften und zum Schluss beide zusammen betrachten.

25. Zuerst wollen wir hier bemerken, dass sich allmählich das Bedürfnis fühlbar gemacht hat, die verschiedenen physikalischen Eigenschaften genauer kennen zu lernen, besonders hat man festzustellen, was unter jeder dieser Eigenschaften zu verstehen ist.

Wir wollen hier unsere Bedenken gegen viele dieser Grössen nicht auseinandersetzen, sondern nur andeuten, dass wir es für notwendig halten, alle einer durchgreifenden Revision zu unterziehen, wobei ohne Zweifel neue Untersuchungsmethoden sich als notwendig erweisen werden.

26. Dem Zusammenhang der physikalischen Eigenschaften mit den chemischen, und demjenigen der ersteren untereinander, ist eine ganz verschiedene Bedeutung beizumessen.

Bobachten wir die Analysen, so stellt es sich heraus, dass die chemischen Bestandteile, welche wir nach der früher dargelegten Methode bestimmten, nämlich Stickstoff, Phosphorsäure, Kali, Kalk und Chlor, nur ungefähr 1 % des Bodens bilden. Es versteht sich von selbst, dass diese geringen Quantitäten keinen grossen Einfluss haben können auf die physikalischen Eigenschaften; es ist also nicht anzunehmen, dass die physikalischen Eigenschaften aus den chemischen hervorgehen würden. Eher ist das umgekehrte der Fall, dass die chemischen Eigenschaften aus den physikalischen hervorgehen. Natürlich ist dieser Ausspruch „cum grano salis“ aufzufassen, denn

falls man den physikalischen Zustand ändert, wird selbstredend dadurch die chemische Zusammensetzung nicht sofort umgestaltet werden. Man denke sich die Sache so: der Boden hat sich durch Verwitterung aus Gesteinen gebildet. Ein bestimmtes Gestein kann je nach den Umständen besonders von Temperatur und Feuchtigkeit, im allgemeinen also von dem Klima beeinflusst, in verschiedener Weise verwittern. Durch gewisse Einflüsse z. B. wird eine tief eingreifende Zersetzung stattfinden, welche bei vielem Regen außerdem zusammengehen wird mit starker Auswaschung. An einer anderen, oder an derselben Stelle, aber dann um eine andere Zeit (als ein anderes Klima herrschte) wird die Verwitterung des Gesteins eine ganz andere Richtung genommen haben, so dass z. B. die Auswaschung minimal gewesen ist, und die chemischen Veränderungen durch Fehlen von Feuchtigkeit oder sonstige Ursachen ganz anders verlaufen sind. Das Resultat ist, dass ein anderer Boden entstanden ist, von ersteren ganz verschieden. Dieser hat z. B. eine hohe, jener eine geringe Wasser-Kapazität, dieser eine geringe, jener eine grosse Porosität, usw. Böden der einen Gattung sind nun z. B. von einer chemischen Zusammensetzung a), Böden der anderen Gattung von einer ganz verschiedenen Zusammensetzung b), ohne dass selbstverständlich die Zusammensetzungen a und b direkt hervorgehen aus den verschiedenen physikalischen Eigenschaften der beiden Böden. Wohl sind a und b direkt abhängig von der Weise, in welcher das Gestein verwittert und der Boden entstanden ist, während auch die physikalischen Eigenschaften hiervon abhängig sind.

Durch absichtliche Änderung der chemischen Zusammensetzung wird man die physikalischen Eigenschaften nicht oder ganz wenig ändern, da man sodann nur in 1 % der Bestandteile des Bodens eine Änderung hervorbringt. Durch Bearbeitung des „Restes“ des Bodens, der übrigen 99 %, bestehend aus Silikaten, Kieselsäure, zum Teil verwitterten oder unverwitterten Teilen, usw. können dagegen grosse Änderungen eintreten, und ihrerseits können diese Änderungen verursachen, dass die stets fortschreitende Verwitterung einen anderen Lauf nimmt, wodurch also allmählich auch die chemische Zusammensetzung sich ändert.

Während man bei Änderung der Quantität eines chemischen Bestandteils (durch Düngung z. B.) nicht gleichzeitig die Quantität der übrigen Bestandteile ändert, liegt es bei den physikalischen

Eigenschaften ganz anders. Ist man imstande, eine der physikalischen Eigenschaften bewusst beliebig zu ändern, z. B. den Absorptionskoeffizienten, so ändert sich auch die Wasserkapazität, das Aufsaugungsvermögen usw. Das Vorstehende zeigt, dass die physikalischen Eigenschaften die bedeutendsten Faktoren des Bodens sind.

27. Jahrelang haben denn auch verschiedene Forscher sich damit beschäftigt, und besonders studiert, welchen günstigen oder ungünstigen Einfluss diese verschiedenen Eigenschaften auf die Qualität oder Brauchbarkeit des Bodens ausüben. Wir würden es vorziehen, genau zu prüfen, nicht nur in welchem Masse man eine gewisse physikalische Grösse beliebig ändern kann, sondern speziell welchen Einfluss<sup>1)</sup> dieses gleichzeitig hat auf andere physikalische Eigenschaften und auf die stets fortschreitenden chemischen Aenderungen.

Soweit man die willkürliche Aenderung einer physikalischen Grösse ins Auge fasst, ist es deutlich, dass man diese selbst erst völlig erkennen muss, nicht nur wie gross dieselbe ist für einen gewissen Boden, sondern welchen Ursachen der Charakter dieser Grösse zuzuschreiben ist und welches ihr Einfluss ist auf andere Eigenschaften. Um ein Beispiel zu nennen: das Volumen-Gewicht ist abhängig vom spezifischen Gewicht des Bodens und vom Raum, welchen die Poren einnehmen, so dass wir diese Grösse durch folgende Formel ausdrücken können:  $v = s(1-p)$ , worin v das Volumengewicht, s das spezifische Gewicht und p das Volumen der Poren des Bodens angibt. Die Wasserkapazität dagegen können wir bei weitem nicht so genau definieren und deshalb dieselbe auch nicht durch eine Formel ausdrücken. Die sich unserem Zweck am besten eignenden Eigenschaften sind also diejenigen, von welchen die Definition so scharf wie möglich gegeben werden kann, und welche also die grösstmögliche Einfachheit werden besitzen müssen. Dieses kann man von der Wasserkapazität nicht sagen, da sie von zu viel Nebenumständen abhängt, z. B. von der Feinheit des Materials, von der Adhäsion, von dem grösseren oder weniger grossen Gehalt an Kolloiden, und von noch einer Anzahl unter einander nicht weniger heterogenen Einflüssen.

<sup>1)</sup> Vgl. A. Frankau, Z. f. angew. Chem. 24, 804, und Biedermeier, Z. f. agr. Chem. 39, 359, 360.

28. Wir bemerkten bereits (§ 25), dass wir es für wünschenswert halten, die physikalischen Eigenschaften, welche man gegenwärtig anwendet, einer Revision zu unterziehen, wobei also der Zweck sein muss, die Eigenschaften so durchsichtig wie möglich zu wählen; die grösste Einfachheit macht es möglich, die schärfste Definition zu geben, wodurch ein gegenseitiger Zusammenhang zwischen verschiedenen Eigenschaften auch sofort ersichtlich wird. Wir werden Gelegenheit finden, im Nachstehenden hierauf zurückzukommen.

29. Als erste physikalische Eigenschaft haben wir E, Fein-Erde. Wir werden diese nacheinander mit F, G, H usw. kombinieren, um darnach in alphabetischer Reihenfolge F mit den übrigen, G mit den anderen usw. zu prüfen.

Die Kombinationen von E, Fein-Erde, mit den übrigen physikalischen Eigenschaften sind aufgestellt in Tabelle VI, deren Ziffern die Anzahl Böden angeben, welche gewissen Kombinationen entsprechen.

In der letzten Spalte sind wieder die Ziffern angegeben, welche die Wahrscheinlichkeitsrechnung ergibt. Die Summe dieser wahrscheinlichen Ziffern ist stets für jeden Fall, z. B. Ec Fa, gleich der Summe der in Wirklichkeit gefundenen Ziffern, wobei also nicht besonders berechnet worden ist, in welcher Weise im Fall Ec Fa die zwei Böden, wovon F nicht bestimmt worden ist, über die vier Fälle Fa, Fb, Fc und Fd verteilt sind, da dieses für unsren Zweck sich völlig erübrigert. War die gefundene Ziffer bedeutend höher als die ausgerechnete, so sind beide *fett* gedruckt (also falls die Kombination eine Präferenz zeigte).

Wir haben hier nicht stets die Ziffern für die einzelnen Landschaften aufgenommen, sondern sofort die Gesamtziffer angegeben, nur für E, F stehen die Einzel Ziffern angegeben, um das System klarzulegen. Die Verteilung in Landschaften kann hier ruhig unterbleiben, da wir uns in diesen Fällen doch nicht daran wagen werden, Folgerungen zu ziehen über die verschiedenen Landschaften, da die Anzahl Böden dort zu klein wird, als dass wir der wahrscheinlichen Ziffer viel Wert beimesse können. Diese Ziffern bleiben im Portefeuille, bis wir sie s. Zt. benötigen.

Tabelle VI zeigt uns, dass bei einem kleinen Absorptionskoeffizienten für Stickstoff vorzugsweise ein Prozentgehalt an Fein-Erde

Tabelle VI.

		Langkat	Deli.	Serdang.	Padneol Bed.	Batoe Bahra	Asahan.	Bataklander	Bandar.	Atjeh.	Tamiang.	Gefunden	Berechnet
Ea	Fa	1	0	3	4	0	0	0	0	0	0	8	3
b		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	3
c		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
d		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Eb	Fa	9	1	11	21	3	11	2	3	0	0	61	35
b		3	16	9	5	1	0	0	0	0	0	34	35
c		5	13	1	4	0	1	0	0	0	0	24	35
d		0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	17
Ec	Fa	31	7	21	14	9	15	1	0	0	0	98	129
b		32	54	18	14	4	6	2	0	1	0	131	129
c		45	76	11	4	3	3	1	0	0	1	144	130
d		12	43	12	4	2	0	1	0	2	1	77	62
				Gefunden	Berechnet							Gefunden	Berechnet
Ea	Ga		5		1		Ea	Ka	0			2	
b		7		9			b	b	5	+ 4?		5	
c		0		2			c	c	3			1	
Eb	Ga	30		15			Eb	Ka	16			26	
b		80		92			b	b	62	+ 35?		55	
c		12		15			c	c	9			6	
Ec	Ga	37		55			Ec	Ka	114			102	
b		351	+ 2?	338			b	b	216	+ 107?		222	
c		62		57			c	c	15			21	
Ea	Ha	7		9			Ea	La	1			1	
b		5		2			b	b	7	+ 1?		7	
c		0		1			c	c	3			3	
Eb	Ha	81		89			Eb	La	1			7	
b		35		26			b	b	51	+ 52?		45	
c		6		7			c	c	18			18	
Ec	Ha	339	+ 2?	329			Ec	La	37			30	
b		84		96			b	b	185	+ 157?		191	
c		27		25			c	c	73			74	
Ea	Ia	2		1			Ea	Na	0			0	
b		7		7			b	b	2	+ 10?		2	
c		3		4			c	c	0			0	
Eb	Ia	7		8			Eb	Na	6			6	
b		59	+ 10?	66			b	b	37	+ 66?		40	
c		46		38			c	c	13			10	
Ec	Ia	30		30			Ec	Na	23			23	
b		262	+ 20?	255			b	b	152	+ 24?		149	
c		140		147			c	c	32			35	

unter 100 % vorkommt (Ea oder Eb), und dass umgekehrt ein hoher Absorptionskoeffizient zusammengeht mit einem Gehalt an Fein-

Erde von 100 % (Ec, Fd). Bei einem Gehalt an Fein-Erde unter 100 % ist die Wasserkapazität vorzugsweise klein (Ea, Ga und Eb, Ga); ein Gehalt an Fein-Erde von 100 % hat meistens eine mittlere oder auch eine hohe Wasserkapazität neben sich (Ec, Gb oder Ec, Gc).

Ein Zusammenhang zwischen Gehalt an Fein-Erde und Dauer der Wasserkapazität oder der dabei eintretenden Volumenänderung zeigt sich nicht deutlich.

Merkwürdigerweise besteht dem Anscheine nach kein Zusammenhang zwischen Fein-Erde und Porosität. Vermutlich gleichen sich die hierbei in Betracht kommenden Einflüsse in ihrer Wirkung aus.

Uebrigens sei hier bemerkt, dass theoretisch die Porosität bei Teilchen gleicher Grösse, von dieser Grösse unabhängig ist, vorausgesetzt, dass sie stets in dem möglichst kleinsten Volumen untergebracht sind. Es ist also einerlei ob die Teile gross oder klein sind, wenn sie nur gleicher Grösse sind. Diese Tatsache, welche viele Forscher, wie wir bemerkten, sehr sonderbar finden, erklärt sich vielleicht noch am besten (ausser der mathematischen Erklärung) dadurch, dass man sich zuerst die Teilchen an und für sich so nah wie möglich gelagert denkt. Es wird sodann ein gewisses Verhältnis zwischen dem Total-Volumen und dem Poren-Volumen bestehen. Denken wir uns jetzt dieses System durch ein Vergrösserungsglas betrachtet, so sind die Teilchen vergrössert, aber das Verhältnis zwischen Total-Volumen und Poren-Volumen ist daselbe geblieben.

Es sind hier die folgenden Aversionen zu konstatieren:

Ec Fa, Ec Ga, Ea Kb, Eb Ka, Ea La und Eb La, oder mit Worten: ein Gehalt an Fein-Erde von 100 % geht schwer zusammen mit einem niedrigen Absorptionskoefizienten und einer niedrigen Wasserkapazität; ebenso gehen schwer zusammen ein Gehalt an Fein-Erde unter 100% (Ea oder Eb) und ein kleines Volumen-Gewicht oder ein niedriges Aufsaugungsvermögen.

30. In Tabelle VII ist der Absorptionskoefizient für Stickstoff kombiniert mit den übrigen physikalischen Eigenschaften.

Ein niedriger Absorptionskoefizient für Stickstoff (Fa) geht zusammen mit einer geringen Wasserkapazität (Fa, Ga).

Zwischen dem Absorptionskoefizienten und der Dauer der Wasserkapazität gibt es nur einen schwachen Zusammenhang; eine änderung, welche bei der Bestimmung der Wasserkapazität eintritt

T a b e l l e VII.

		Gefunden	Berechnet			Gefunden	Berechnet
Fa	Ga <sup>a)</sup>	<b>44</b>	<b>21</b>	Fa	Ka	31	37
	b	111	125		b	82 } + 42?	80
	c	12	21		c	12 }	8
Fb	Ga	16	21	Fb	Ka	46	41
	b	126	125		b	85 } + 30?	88
	c	25	21		c	6 }	8
Fc	Ga	9	21	Fc	Ka	40	37
	b	131	127		b	84 } + 43?	81
	c	29	21		c	2 }	8
Fd	Ga	3	10	Fd	Ka	13	15
	b	70	61		b	32 } + 29?	34
	c	8	10		c	7 }	3
Fa	Ha	123	122	Fa	La	4	13
	b	37	35		b	97 } + 41?	81
	c	7	10		c	25 }	32
Fb	Ha	134	122	Fb	La	5	11
	b	29	35		b	72 } + 59?	70
	c	4	10		c	31 }	27
Fc	Ha	121	123	Fc	La	11	9
	b	38	36		b	48 } + 81?	57
	c	10	10		c	29 }	22
Fd	Ha	49	59	Fd	La	<b>19</b>	<b>6</b>
	b	20	17		b	26 } + 27?	35
	c	<b>12</b>	<b>5</b>		c	9 }	13
Fa	Ia	<b>26</b>	<b>11</b>	Fa	Na	4	6
	b	85 } + 5?	96		b	47 } + 108?	43
	c	51	55		c	8 }	10
Fb	Ia	12	12	Fb	Na	5	9
	b	98 } + 2?	97		b	55 } + 89?	56
	c	55	56		c	18 }	13
Fc	Ia	1	11	Fc	Na	8	10
	b	108 } + 12?	93		b	70 } + 74?	69
	c	48	53		c	17 }	16
Fd	Ia	0	5	Fd	Na	<b>12</b>	<b>4</b>
	b	37 } + 9?	43		b	19 } + 48?	24
	c	<b>35</b>	<b>24</b>		c	2 }	5

lange Dauer (Hc) geht vorzugsweise zusammen mit einem hohen Absorptionskoeffizienten (Fd).

Viel deutlicher ist der Zusammenhang zwischen der Volumen-(I) und dem Absorptionskoeffizienten für Stickstoff. Ist letzterer gering, so ist es meistens eine Volumen-Abnahme (Fa, Ia), während

<sup>a)</sup> In F, G, H, I, K, L und N fehlen die beiden Nummern von Böden 141 und 142; folglich sind hier  $586 - 2 = 584$  Böden untersucht worden. Die Nummern 141 und 142 sind in unsere Abhandlungen irrtümlicherweise aufgenommen worden, obgleich mehr als 4 Analysendaten fehlten.

Volumen-Vermehrung vorzugsweise mit hohem Absorptionskoeffizienten zusammengeht (Fd, I c). Wir finden dieses besonders bei Paja-Böden, welche verglichen werden können mit Torf oder mit einem Schwamm, welcher schwilkt, wenn man Wasser darauf giesst.

Zwischen dem Absorptionskoeffizienten und dem Volumen-Gewicht ist kein deutlicher Zusammenhang.

Ein geringes Aufsaugungsvermögen hat Präferenz für einen hohen Absorptionskoeffizienten (Fd, La).

Eine geringe Porosität geht oft zusammen mit einem sehr hohen Absorptionskoeffizienten (Fd, Na).

Dieses trifft zu bei Tonböden, wo natürlich durch die vielen äusserst feinen Teile, die Porosität minimal geworden ist; diese äusserst feinen Teile vergrössern außerdem die innere Oberfläche des Bodens bedeutend, es ist daher sehr wahrscheinlich, dass gerade von dieser Oberflächengrösse der Absorptionskoeffizient für Stickstoff abhängt, da diese Absorption keine rein-chemische, sondern mehr eine Wirkung der Oberfläche ist.

T a b e l l e VIII.

		Gefunden	Berechnet		Gefunden	Berechnet	
Ga	Ha	53	53	Gb	Ka	80	
	b	17	15		b	229 } + 100?	
	c	2	4		c	20 } 20	
Gb	Ha	330	320	Gc	Ka	46	
	b	85	93		b	13 } + 15?	
	c	23	25		c	0 } 4	
Gc	Ha	44	54	Ga	La	3	
	b	22	16		b	46 } + 10?	
	c	8	4		c	13 } 40	
Ga	Ia	7	5	Gb	La	33	
	b	37	43		b	177 } + 164?	
	c	28	24		c	64 } 177	
Gb	Ia	25	29	Gc	La	3	
	b	244 } + 24?			b	20 } + 34?	
	c	145	141		c	17 } 26	
Gc	Ia	7	5	Ga	Na	2	
	b	47 } + 4?			b	17 } + 52?	
	c	16	24		c	1 } 15	
Ga	Ka	4	15	Gb	Na	26	
	b	41 } + 20?			b	158 } + 234?	
	c	7	3		c	20 } 147	
Gc						35	
Gc				Gc	Na	1	
					b	16 } + 33?	
					c	24 } 30	
Gc						7	

Ferner haben wir die folgenden Aversionen: Fc Ga, Fd Ga, Fb Hc, Fc Ia, Fd Ia, Fa La und Fb La, d. h. ein hoher Absorptionskoeffizient für Stickstoff (Fc oder Fd) geht schwer zusammen mit einer niedrigen Wasserkapazität oder mit Volumen-Abnahme; ein niedriger Absorptionskoeffizient (Fa oder Fb) hat eine Aversion für ein geringes Aufsaugungsvermögen, und ein ziemlich niedriger Absorptionskoeffizient (Fb) eine Aversion für eine lange Dauer der Wasserkapazität (Hc).

Tabelle VIII zeigt uns, dass zwischen Wasserkapazität (G) einerseits und ihrer Dauer (H) oder der dabei eintretenden Volumenänderung (I) anderseits kein deutlicher Zusammenhang besteht.

Wir werden später sehen, dass die beiden letzteren Eigenschaften untereinander wohl bestimmt zusammenhängen, so dass tatsächlich allem Anschein nach die Charakteristik der Wasserkapazität weniger in der Quantität Wasser liegt, welche der Boden aufnimmt, als in der Dauer<sup>3)</sup>, welche beansprucht wird um das Wasser aufzunehmen, und in der eintretenden Volumenänderung. Wir bemerkten bereits, dass die Wasserkapazität eine schwer zu definierende Eigenschaft ist; ob und eventl. in welcher Weise sie von bestimmten Einflüssen abhängt, ist noch grösstenteils unbekannt. Vielleicht gibt Vorstehendes einigermassen die Richtung an, in welche weiter zu forschen ist.

Eine hohe Wasserkapazität geht zusammen mit einem geringen Volumengewicht (Gc Ka). Hier besteht ein sehr grosser Unterschied zwischen der ausgerechneten und der gefundenen Ziffer, also eine starke Abhängigkeit der beiden Eigenschaften.

Dem Anschein nach besteht zwischen Wasserkapazität und Aufsaugungsvermögen kein Zusammenhang.

Was den Zusammenhang mit Porosität betrifft, ist besonders bemerkenswert die starke Neigung einer hohen Wasserkapazität mit einer grossen Porosität zusammenzugehen (Gc Nc). Dieses ist leicht zu erklären; denn, je mehr Poren es in dem Boden gibt, desto grösser ist die Porosität, selbstverständlich wird auch der Boden desto mehr Wasser aufnehmen.

Als Aversionen sind hier zu erwähnen: Gc Kb, Gc Kc und Ga Ka, also eine hohe Wasserkapazität geht schwer zusammen mit einer mittleren oder hohen, und eine niedrige Wasserkapazität schwer mit einem niedrigen Volumen-Gewicht.

<sup>3)</sup> Vgl. R. D. Watt, The conservation of Soil Moisture. The Agric. Gaz. of New South Wales, 22, Part I (1911). p. 1—23.

32. Die Dauer der Wasserkapazität (siehe Tabelle IX) zeigt einen innigen Zusammenhang mit der dabei eintretenden Volumenänderung. Eine kurze Dauer geht am meisten zusammen mit einer Volumen-Abnahme (Ha la); eine lange Dauer geht zusammen mit einer Volumen-Vermehrung (Hb lc und Hc lc), während keine Änderung des Volumens noch am meisten mit einer kurzen Dauer zusammengeht (Ha lb), also eher sich der Volumen-Abnahme anschliesst. Dieses Verhalten ist in der Tat leicht erklärlich. Um dieses anzugeben, wollen wir untersuchen, was bei der Durchführung der beiden folgenden Experimente stattfindet.

T a b e l l e IX.

		Gefunden	Berechnet			Gefunden	Berechnet
Ha	la	<b>38</b>	<b>29</b>	Ha	La	25	32
b		<b>282</b>	<b>248</b>	b		196	198
c		100	143	c		86	77
Hb	la	1	8	Hb	La	9	6
b		<b>41</b>	<b>64</b>	b		46	41
c		<b>67</b>	<b>37</b>	c		8	16
Hc	la	0	2	Hc	La	5	0
b		<b>5</b>	<b>16</b>	b		1	4
c		<b>22</b>	<b>9</b>	c		0	2
Ha	Ka	89	90	Ha	Na	16	19
b		201	197	b		131	123
c		16	19	c		24	29
Hb	Ka	29	31	Hb	Na	6	7
b		70	68	b		46	48
c		6	6	c		14	11
Hc	Ka	12	8	Hc	Na	7	3
b		12	19	b		14	20
c		5	2	c		7	5

1. Man nehme eine grosse Anzahl dünne Fäden und spanne diese in Entfernung von z. B. 0,5 mm in vertikaler Richtung aus, so dass dieselben zusammen ein zylindrisches Bündel von parallelen Fäden bilden. Am Fusse sind die Fäden alle in den entsprechenden Entfernung befestigt auf einem Stück Kupfergaze. Senken wir dieses Bündel in Wasser, so werden sich die einzelnen Fäden schnell zusammenziehen, und gleichsam ein Ganzes bilden. Die zwischen den Fäden bestehenden Kanäle hatten sich mit Wasser gefüllt, und die sodann auftretenden Kapillarkräfte zogen die Fäden zusammen.

Wir stellten diesen Versuch wiederholt an, und konstatierten stets das Zusammenziehen der Fäden.

2. Man nehme eine dicke Schnur, gut trocken und stark geflochten. Die Fäden sind also praktisch so nah wie möglich zusammen. Legen wir diese Schnur in Wasser, so wird sie, nachdem Wasseraufnahme stattgefunden hat, wahrnehmbar dicker geworden sein. Die zwischen den Fäden befindlichen äusserst feinen Kanäle haben Wasser aufgesogen, und dieses hat sich sozusagen mit Mühe in die Kanäle gedrängt, diese dadurch ausgeweitet und also die Schnur dicker gemacht.

Ganz analog ist es bei den Böden. Wenn in den Böden viele und grosse Poren vorhanden sind, wird das Wasser schnell hineindringen können; es gibt also eine kurze Dauer der Wasserkapazität; sind die Poren gefüllt, so ziehen die Kapillarkräfte die Teile zusammen, daher die Volumen-Abnahme. Gibt es viele äusserst feine Kanäle im Boden, wodurch dieser also langsam Wasser aufnimmt, so ist die Dauer der Wasserkapazität lang, und beim Füllen der äusserst feinen Kanäle mit Wasser werden die Poren etwas ausgeweitet werden, die Teilchen entfernen sich von einander, daher eine Volumen-Vermehrung.

Das Volumengewicht ( $K$ ) scheint keinen Einfluss auf die Dauer der Wasserkapazität auszuüben.

Von der Kombination  $H L$  ist nur zu erwähnen, dass ein niedriges Aufsaugungsvermögen ( $L_a$ ) zusammengeht mit einer langen Dauer der Wasserkapazität ( $H_c$ ), was ohne weiteres zu verstehen ist, denn ein niedriges Aufsaugungsvermögen bedeutet, dass der Boden langsam Wasser aufnimmt.

Zwischen Porosität und Dauer der Wasserkapazität hat sich kein deutlicher Zusammenhang gezeigt, was wahrscheinlich einem grossen Mangel an Daten für Porosität zu zuschreiben ist.

33. Aus Tabelle X geht hervor, dass zwischen Volumenänderung, eintretend bei der Bestimmung der Wasserkapazität, und dem Volumengewicht, ein derartiger Zusammenhang besteht, dass eine Volumen-Abnahme zusammengeht mit hohem Volumengewicht ( $I_a K_c$ ) und dass Volumen-Vermehrung ( $I_c$ ) mit einem mittleren Volumengewicht zusammengeht ( $I_c K_b$ ).

Eine Volumen-Vermehrung zeigt Präferenz für ein kleines Aufsaugungsvermögen ( $I_c L_a$ ). Dieses ist völlig übereinstimmend mit dem was wir früher fanden. Denn eine Volumen-Vermehrung ( $I_c$ ) ging gerne zusammen mit einer kleinen Porosität ( $N_a$ ), welche

Tabelle X.

		Gefunden	Berechnet			Gefunden	Berechnet
Ia	Ka	13	10	Ib	La	21	26
	b	14	21		b	161	164
	c	5	1		c	72	64
Ib	Ka	80	66	Ic	La	16	10
	b	129	141		b	65	62
	c	7	9		c	15	24
Ic	Ka	32	50	Ia	Na	2	1
	b	126	107		b	12	14
	c	6	7		c	4	3
Ia	La	2		Ib	Na	6	8
	b	17	17		b	84	85
	c	7	7		c	22	19
Ic	Na			Ic	Na	9	8
	b				b	84	81
	c				c	14	18

ihrerseits Präferenz hatte für eine lange Dauer der Wasserkapazität (Hc) und diese für ein niedriges Aufsaugungsvermögen (La). Das lässt sich durch folgendes Schema ausdrücken:



Wir lesen hieraus, dass Ic für Na und La Präferenz hat, und diese beide wieder gerne zusammengehen mit Hc. Wir werden nächstens sehen, dass ein solches Schema nicht stets geschlossen zu sein braucht.

Zwischen Volumen-Aenderung und Porosität ist kein Zusammenhang ausfindig zu machen.

Die folgenden Aversionen sind zu erwähnen: Ic Ka, Ic Lc und Ic Nc. Eine Volumen-Vermehrung geht also schwer zusammen mit einem kleinen Volumengewicht, einem hohen Aufsaugungsvermögen, oder einer hohen Porosität.

34. Tabelle XI zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen Volumengewicht und Porosität. Ein niedriges Volumengewicht geht zusammen mit einer hohen Porosität (Ka Nc), ein mittleres Volumengewicht mit einer mittleren Porosität (Kb Nb) und ein hohes Volumengewicht mit einer niedrigen Porosität (Kc Na). Dieses ist sehr erklärlich, denn je mehr Poren es gibt, je grösser also die Porosität, desto weniger feste Teile enthält der Boden,

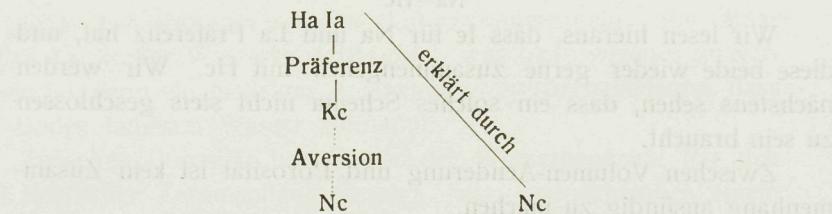
desto geringer also ist das Gewicht der Volumen-Einheit. Vorstehend (Tabelle IX) sahen wir, dass Ha und Ia Präferenz für einander haben; wir haben die Ursache davon erklärt. Tabelle X zeigt uns, dass Ia eine Präferenz hat für Kc. Tabelle XI zeigt, dass Kc eine Aversion für Nc hat.

Tabelle XI.

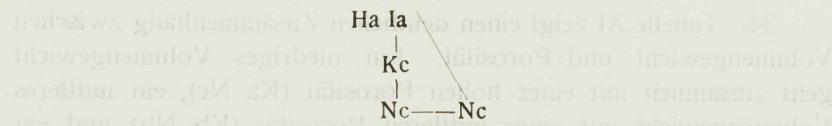
		Gefunden	Berechnet			Gefunden	Berechnet
Ka	La	17? + 6	7	Ka	Na	0	8
	b	85? + 47	53		b	30	52
	c	42? + 24	17		c	42	12
Kb	La	17? + 15	13	Kb	Na	14	19
	b	85? + 102	98		b	160	128
	c	42? + 26	32		c	3	30
Kc	La	17? + 1	1	Kc	Na	15	1
	b	85? + 9	8		b	1	12
	c	42? + 2	3		c	0	3

Die Kombination Ha Ia ist oben erklärt; sie zeigte sich als eine Folge von Nc.

Schematisch also:



Ausser mit Ha kommt Ia auch gerne vor mit Kc; wenn nun Kc ihrerseits gerne zusammenging mit Nc, so hatten wir einer geschlossenen Kreislauf:



Dieses ist jedoch, wie das erste Schema zeigt, nicht der Fall. Aus diesem Grunde sind aber unsere Erklärungen keineswegs unrichtig. Man bedenke hier, dass jede Eigenschaft, welche wir be-

nutzen, aus verschiedenen Elementen (Faktoren) zusammengesetzt ist. So ist die Wasserkapazität z. B. abhängig von der Porosität, von dem Gehalt an Kolloiden, von der Adhäsion, von der Feinheit des Materials usw. Eines dieser Elemente benutzen wir zur Erklärung einer Regelmässigkeit, welche auftritt bei der Kombination der fraglichen Eigenschaft mit einer anderen; in diesem Fall haben dann diese beiden betrachteten Eigenschaften auch nur durch dieses Element Zusammenhang, oder jedenfalls hauptsächlich durch dasselbe. Kombinieren wir dagegen die erste Eigenschaft mit einer anderen, einer dritten Eigenschaft, so ist es sehr gut möglich, dass diese beiden durch ein ganz anderes Element der ersten Eigenschaft zusammenhängen. Das Nichtgeschlossensein des Schemas ist also eine Folge der Tatsache, dass die von uns benutzten Eigenschaften nicht einfach sind, sondern mehrfach, komplex. Wir nannten es schon wünschenswert, so viel wie möglich einfache (durchsichtige) Eigenschaften zu wählen, wodurch ein gegenseitiger Zusammenhang am besten an's Tageslicht tritt.

35. Tabelle XII vermag uns über den Zusammenhang zwischen Aufsaugungsvermögen und Porosität nichts zu sagen, vielleicht, weil von vielen Böden diese Eigenschaften nicht bestimmt worden sind; nur von ca. 60 Böden wurden diese zwei Eigenschaften beider bestimmt.

T a b e l l e XII.

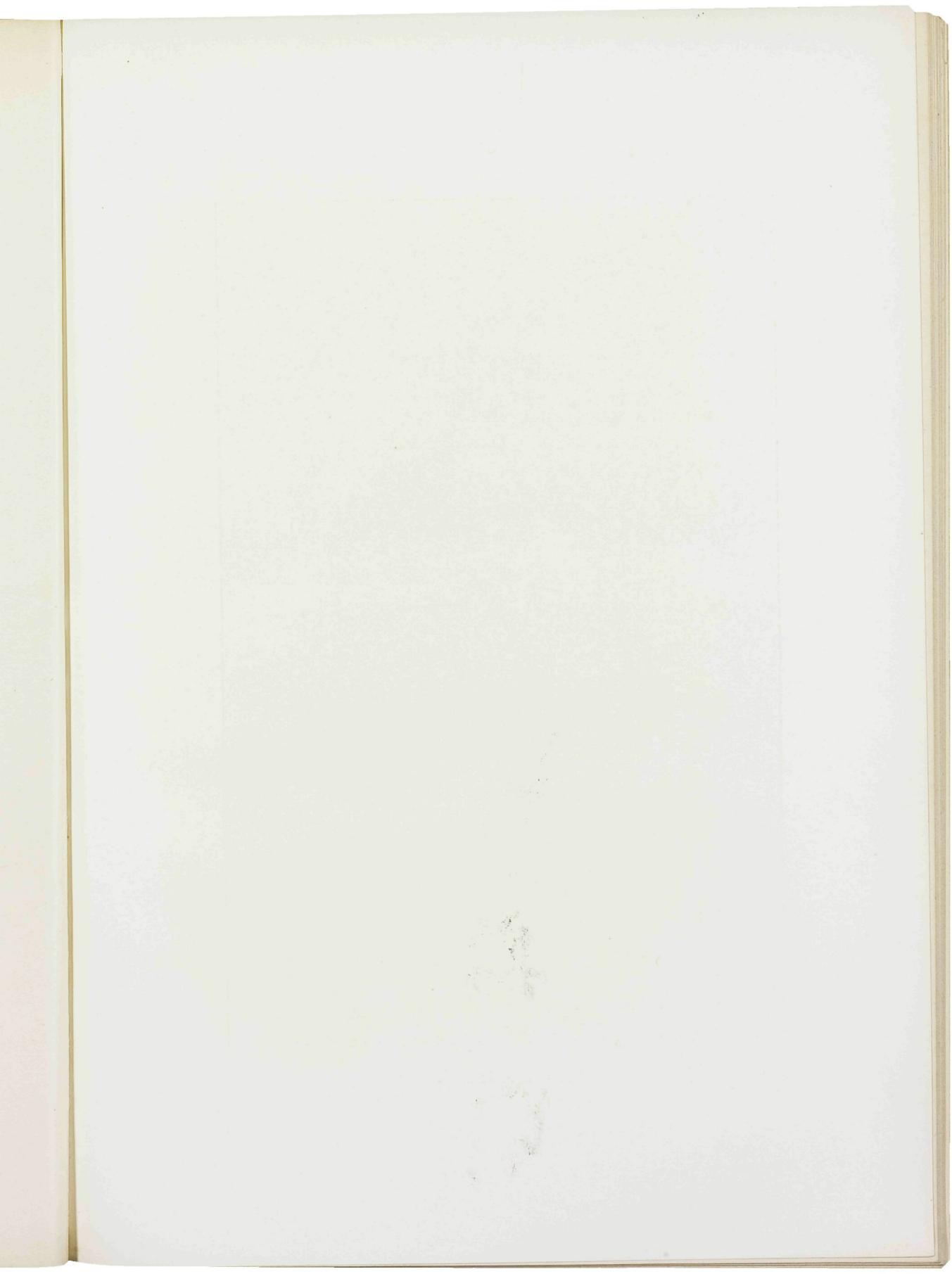
		Gefunden	Berechnet
La	Na	26? + 0	0
	b	147? + 7	5
	c	32? + 0	2
Lb	Na	26? + 2	2
	b	147? + 26	24
	c	32? + 5	7
Lc	Na	26? + 1	1
	b	147? + 11	15
	c	32? + 8	4

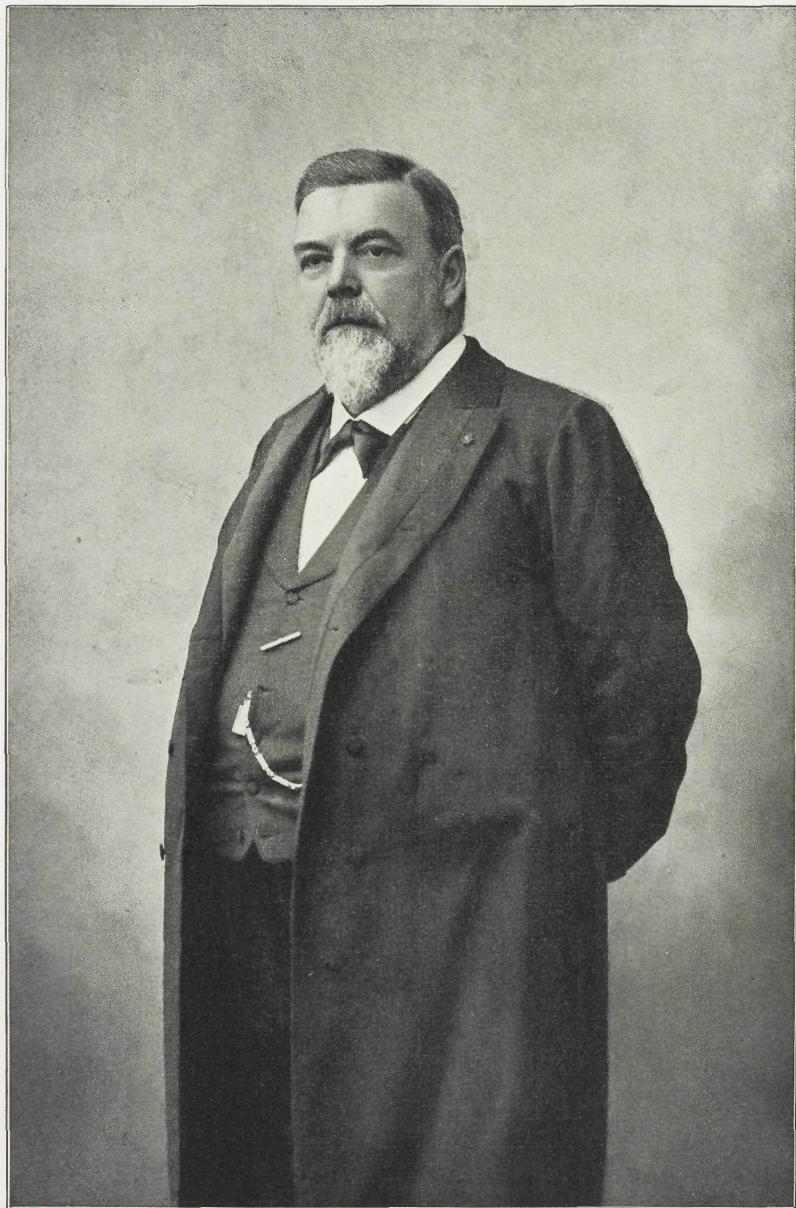
In Tabellen XI und XII kommt in der Spalte der gefundenen Ziffern, sowohl vor, wie hinter diesen Zahlen eine andere Ziffer vor, die mit einem Fragezeichen versehen ist. Die letztere Ziffer, welche wir auch in den anderen Tabellen antreffen, bedeutet, wie bereits bemerkt, dass ein Frage-

zeichen ein Loch im Streifen bedeckt. Bei La Na (siehe Tabelle XII) bedecken also 32 Fragezeichen von Na 32 Löcher von La (Na liegt über La). Die erstere Ziffer gibt nun an, wieviel Fragezeichen von La durch Löcher von Na bedeckt werden; wir sehen also, dass 26 Löcher von Na zusammenfallen mit ebenso vielen Fragezeichen von La. In der Tabelle ist nicht aufgenommen, wieviel Fragezeichen von beiden Streifen einander bedecken. Jedoch ist dieses aus den Ziffern zu berechnen. Denn La N (a, b oder c) + Lb N (a, b oder c) + Lc N (a, b oder c) muss alle Böden enthalten; aus der Tabelle sehen wir, dass dieses  $(26 + 147 + 32) + (0 + 7 + 0) + 32$ :  $+ (2 + 26 + 5) + 210 + (1 + 11 + 8) + 74 = 581$  Böden sind. Es gibt jedoch 586 Böden, sodass 5 Fragezeichen von L durch 5 Fragezeichen von N bedeckt werden, wobei es natürlich gleichgültig ist, welche der Indikatoren a, b oder c man nimmt, denn Fragezeichen kommen an derselben Stelle und in gleicher Anzahl sowohl auf Streifen a wie auf b oder c vor (vgl. § 10).

(Fortsetzung folgt.)

---





Louis Grandéau †.

## Mitteilungen und wissenschaftliche Nachrichten.

Louis Grandeau (†).

La science agrologique a perdu l'un de ses meilleurs pioniers en Louis Grandeau, mort à Interlaken (Suisse), le 22 septembre dernier, à l'âge de 78 ans. Ses obsèques ont eu lieu à Nancy, dans la plus grande simplicité, suivant le désir formel qu'il en avait exprimé.

Né à Pont-à-Mousson (Meurthe-et-Moselle) il était demeuré attaché à son pays natal, partageant son exigence entre Paris et la Lorraine où il allait se reposer.

A peine sorti du collège, il se fit remarquer par son travail et son intelligence en acquérant, en peu d'années, les diplômes de docteur ès-sciences, de docteur en médecine et de pharmacien de première classe. Il fut attiré par Henri Sainte-Claire Deville et Claude Bernard, qui aimèrent à suivre l'éclosion de cette brillante intelligence (1857—1868) et il publia sous la direction de ces illustres maîtres plusieurs mémoires à l'Académie des Sciences: sur la présence du rubidium et du caesium dans certaines eaux alcalines, sur l'analyse spectrale, les méthodes de l'analyse des eaux, etc.

Entraînn> vers les études de chimie organique et de physiologie il fut frappé, après un voyage en Allemagne, des applications de la chimie à l'agriculture dans ce pays et il se donna la tâche gigantesque de doter la France de stations agronomiques analogues à celles dont le pays voisin était légitimement fier.

Les premiers efforts de Grandeau pour introduire l'enseignement agricole dans l'Université française datent de 1868. Il installe la chaire de chimie et physiologie appliquées à l'agriculture à la Faculté des Sciences de Nancy, puis il organise la station agronomique de l'Est, la première qui ait fonctionné en France. Il poursuit la même propagande ailleurs et devient, en 1881, inspecteur général de ces stations françaises. Sous son influence on a créé (1882), l'école pratique d'agriculture de Tomblaine près de Nancy où Grandeau avait son champ d'expériences.

Il se livre d'abord à Nancy à la physiologie végétale où il poursuit des recherches sur le rôle des matières organiques (la matière noire) du sol dans la nutrition des végétaux, sur la végétation forestière, sur les

lichens; il entreprend des expériences sur l'influence de l'électricité atmosphérique sur la nutrition des plantes.

Il poursuit en même temps des expériences sur le rôle des fumures. Partant des théories de Liebig, il arrive à des résultats positifs sur l'emploi des engrais minéraux. Il fut l'un des premiers à préconiser les scories phosphoreuses et plus tard proposa l'emploi du nitrate de calcium.

En 1872, la Compagnie générale des voitures de Paris décidait de créer un laboratoire de recherches sur l'alimentation rationnelle des chevaux et en confiait l'organisation et la direction à Grandea u. Il sortit de ce nouveau centre d'activité de beaux travaux sur le rationnement des chevaux, la valeur de l'avoine, etc., qui furent d'une grande utilité pour tous ceux qui ont des chevaux à nourrir.

Il ne négligeait pas, pendant ce temps, l'essor des stations agronomiques pour lesquelles il a écrit son *Traité d'analyse des matières agricoles*, devenu classique et immédiatement traduit en allemand et en italien. A la suite de ses nombreuses recherches il a établi des méthodes d'analyse originelles et précises, et surtout ses idées et ses méthodes pour l'analyse de la matière noire de sols sont universellement suivies et admises.

Si Grandea u fut un grand savant, il fut aussi un grand professeur et un écrivain de talent. Sa parole était facile, sa plume claire et précise; il aimait passionnément à enseigner et à écrire.

Dès l'âge de vingt-cinq ans il était professeur à l'Association philosophique de Paris pour l'instruction gratuite des ouvriers. Pendant vingt ans il fut professeur à la Faculté des Sciences de Nancy, enseignant en même temps à l'Ecole nationale forestière. Lorsqu'il vint se fixer à Paris, en 1890, quand on a transféré la Station agronomique de l'Est à Paris, il fut appelé à la succession de Lecouteux à la chaire d'agriculture du Conservatoire des arts et métiers, qu'il n'abandonna qu'un an avant sa mort, lorsqu'il fut immobilisé par la maladie. Et partout il fut aimé de ses élèves, qu'il charmait par l'élégance et la solidité de son exposé.

En dehors de ses nombreux mémoires et de son traité spécial d'analyse, Grandea u a publié ses cours, qui ont servi après à tout le monde: *Cours d'agriculture de l'Ecole forestière* (1879); il a publié encore: *Chimie et physiologie appliquées à l'agriculture et à la sylviculture* (1879); *Etudes agronomiques en France et à l'Etranger* (1865—1895, 7 vol.); *Les champs d'expériences de la Station agronomique de l'Est* (1892—1895). Grandea u a dirigé aussi la publication de „La petite Encyclopédie agricole“ (10 vol.).

Grandea u avait trouvé dans la presse une arme puissante pour la propagation des progrès des sciences agronomiques. Il fut l'un des premiers collaborateurs du Temps à sa création, en 1861, dont il continua d'intéresser les lecteurs par ses revues agronomique, qui eurent un grand retentissement; il collaborait aussi au „Soir“ et „Globe“. Dès 1867, il devient l'un des écrivains les plus appréciés du *Journal d'Agriculture pratique*, où il prit, en 1893, la lourde succession de Lecouteux comme rédacteur en chef. Il fondait en 1884 les *Annales de la Science*

agronomique française et étrangère, dont le but était de donner un organe aux stations agroéconomiques. C'est encore dans le même but de propagande qu'il provoquait et dirigeait, en 1881 et en 1889, les „Congrès internationaux des stations agronomiques“. Enfin lorsque fut fondée en 1892 „l'Association de la Presse agricole“, celle-ci s'empressa de lui conférer le titre de vice-président.

Comme membre du Jury international des Expositions Universelles de 1889 et 1900, Grandea u a publié des rapports très instructifs, spécialement celui de 1900 intitulé „Les Institutions agricoles du monde entier“, (en 4 gros volumes) qui est une encyclopédie spéciale et un magazine très riche en tout sorte de données, qu'on connaît jadis, sur l'agriculture dans le monde entier.

L'autorité qu'il avait acquise était universelle; elle s'étendait non seulement en France où il faisait partie de la Société centrale d'Agriculture de Nancy, du Conseil supérieur de l'Agriculture, de la Société nationale d'Agriculture de France, etc., mais à l'étranger où il comptait parmi les membres de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, de la Société impériale d'agriculture de Moscou, de l'Académie royale d'agriculture de Turin, etc.

La Science appliquée perd en Grandea u l'un de ses plus éminents ouvriers. Son exemple a été fécond et son nom restera gravé en lettres d'or dans les annales de l'agronomie scientifique<sup>1)</sup>. Louis Gentil.

<sup>1)</sup> Je remercie M. Henry Sagnier, l'éminent rédacteur en chef du „Journal de l'agriculture pratique“ qui a bien voulu me donner des détails précis sur la vie scientifique de son illustre collaborateur et maître.

#### Einige Entgegnungen betreffend unsere chemische Bodenanalyse.<sup>1)</sup>

In den „Mededeelingen van het Proefstation voor de Java-Suiker-industrie“, No. 45, hat sich Th. Marr mit unserer „neuen Bodenuntersuchung“<sup>2)</sup> beschäftigt.

Die Arbeit bringt im allgemeinen keinen wesentlichen Fortschritt auf dem besagten Arbeitsgebiet, was namentlich auf S. 632 klar ausgesprochen wird, wo Marr selbst zugibt, dass er nicht weiß, was er mit den Resultaten der Extraktionen bei verschiedenem Wasserverhältnisse anfangen soll.

Zum ersten Male finden sich aber in der Arbeit wiederholte Extrakte (S. 634) mit der gleichen Bodenprobe. Hätte Marr diese an der Hand unserer Lösungsgleichung weiter verarbeitet, so hätte er uns z. B.

<sup>1)</sup> Die chemischen Analysen in der vorliegenden Abhandlung wurden von Herrn Dipl.-Ing. Dr. phil. W. Simmernacher ausgeführt.

<sup>2)</sup> Proeven met de nieuwe methode van grondonderzoek volgens Mitcherlich.

mit Leichtigkeit den Nachweis erbringen können, dass sich durch wiederholte Extraktionen viel mehr Nährstoffe lösen, als bei einmaligen Extraktionen nach unserer Lösungsgleichung im Maximalfalle löslich sein sollten; er hätte uns den Nachweis erbringen können, dass unsere Lösungsgleichung nur innerhalb bestimmter Grenzen richtig ist, u. a. m. — Wir werden auf diese Lösungsercheinungen in einer weiteren, umfangreicheren Mitteilung zurückkommen, in welcher wir Arthur Rindell<sup>3)</sup> gleichzeitig den Beweis erbringen werden, dass wir uns doch nicht so im Widerspruch mit den „geltenden Lehren der Lösungstheorie“ befinden. Wir geben dabei aber Rindell durchaus darin recht, dass er das, was wir gerade für unsere Arbeiten benötigen, noch nicht in der theoretischen Chemie von Nernst und zwar weder in den älteren noch in der neuesten Auflage dieses äusserst wertvollen Buches finden kann.

Auf die Arbeit von Th. Marr haben wir hier aber noch ausführlicher einzugehen, weil dieser Forscher unsere Methode der Phosphorsäureanalyse angreift, auf welcher wir bereits ganz umfangreiches Arbeitsmaterial aufgebaut haben. Es berührt mich diese Entgegnung umso schmerzlicher, als Herr Marr seinerzeit selbst hier in unserem Institute arbeitete und die Methode kennen lernte.

Zu Marr's Entschuldigung kann ich nur angeben, dass wir unsere Methode einmal — um an Reagentien zu sparen — änderten, und dass Marr dadurch, dass er beide Variationen zusammenwarf, eine Methode herausfand und uns als „unsere Methode“ unterschob, die allerdings vollkommen unbrauchbar ist.

Nach der ersten Methode<sup>4)</sup> wurde nach Stutzer-Wagner die Molybdänlösung zur Fällung der Phosphorsäure hergestellt:

„150 g molhybdänsaures Ammon werden in möglichst wenig Wasser gelöst, 400 g Ammonnitrat zugefügt und sodann die Lösung zu 1 l Salpetersäure von 1,19 spezifischem Gewicht eingegossen und auf 60° C erwärmt.“ (Vergl. König, Unters. landw. wichtiger Stoffe, 4. Auflage, Berlin 1906, S. 724).

Wir gaben seinerzeit die Vorschrift, dass 75 ccm eingedampfter Bodenextrakt, aus dem die Kieselsäure abgeschieden war, erst ammoniakalisch, dann schwach salpetersauer gemacht, schliesslich zum Sieden erhitzt und mit 50 ccm dieser Molhybdänlösung gefällt werden sollten.

Dass diese erste Methode brauchbare Resultate ergeben musste, konnte der Leser leicht aus unserer eigenen Prüfung der Methode l. c. S. 328—331 ersehen.

Die Modifikation<sup>5)</sup> sei nun dieser ersten Methode gegenübergestellt.

Die Molybdänlösung wurde, wie folgt, bereitet:

<sup>3)</sup> Akademische Einladungsschrift „Ueber Löslichkeitsbestimmungen in der Agrikulturchemie.“ S. 45.

<sup>4)</sup> Erste Mitteilung landw. Jahrb. 1907, Bd. XXXVI, S. 318.

<sup>5)</sup> Sechste Mitteilung ebenda Bd. XXXIX, 1910, S. 306, 307.

„150 g molybdänsaures Ammon werden mit ca.  $\frac{3}{4}$  l destilliertem Wasser zum Sieden erhitzt, bis zur völligen Lösung des Salzes. Diese Lösung wird sodann in 1 l Salpetersäure von 1,19 spezifischem Gewicht eingegossen. Man fügt 200 g festes Ammonnitrat dazu und füllt das ganze zu 2 l auf. Die Flüssigkeit wird dann im Wasserbade langsam auf 60° C erhitzt. Man lässt sie dann erkalten und filtriert sie durch eine Pukall'sche Zelle“.

Für die Verwendung dieser Lösung geben wir folgende Vorschrift: Der eingedampfte Bodenextrakt, aus welchem die Kieselsäure mittelst Salpetersäure ausgeschieden ist, wird mit 5 ccm verdünnter Salpetersäure<sup>6)</sup> gekocht, abfiltriert, auf 25 ccm gebracht und mit 25 ccm dieser letzten Molybdänlösung gefällt.

Auch diese Vorschrift haben wir, wie dies aus unserer Mitteilung ersichtlich ist, eingehend vor unserer Veröffentlichung geprüft.

Marr benutzt nun die zweite Molybdänlösung, behandelt sie aber nach der Anweisung, die wir seinerzeit für die erste Molybdänlösung gaben, indem er zu dem Bodenextrakt nicht 5 ccm verdünnte Salpetersäure zusetzt, sondern diesen nur „Mit Salpetersäure schwach sauer macht“. (l. c. S. 589 u. 590). Dadurch gelangt Marr zu Resultaten, die nach seinen Untersuchungen völlig unbrauchbar sind, und in Tabelle III Werte ergeben, die nur gerade um 100 % die Werte übersteigen, welche Marr mit einer anderen Molybdänlösung erhielt, auf die wir gleich eingehen wollen. Wir nehmen natürlich an, dass hier seitens Marr kein Rechenfehler oder dergl. vorliegt, was beinahe den Anschein haben könnte. Denn wenn man die Resultate, welche Marr mit unserer starken Molybdänlösung erhielt, durch 2 dividiert, so erhält man folgende Werte aller seiner Beobachtungen bei verschiedenen Bodenextrakten:

Tabelle I.

Boden von	$\% \text{ P}_2\text{O}_5$	
	mit starker Molybdänlösung $\%$	mit schwacher Molybdänlösung $\%$
Sewoegalor . . . . .	0,00125	0,00126
Winongan . . . . .	0,00051	0,00044
Sempalwadak . . . . .	0,00082	0,00081
Watoetoelis . . . . .	0,00103	0,00090
Gending . . . . .	0,00086	0,00085
Kandangdjatti . . . . .	0,00104	0,00089
Soemberkareng . . . . .	0,00485	0,00497
Bangsal . . . . .	0,00049	0,00050
Brangkal . . . . .	0,00033	0,00034
Prambon . . . . .	0,00460	0,00468
dgl. . . . .	0,00155	0,00152
Watoetoelis . . . . .	0,00385	0,00388
im Mittel . . . . .	0,001765	0,001753

Doch, wie gesagt, wir konnten nicht annehmen, dass bei einer so scharfen Entgegnung ein Rechenfehler vorliegt, und haben somit von

<sup>6)</sup> Nach dem Chemiker-Kalender: Spec. Gewicht = ca. 1,2.

neuem unsere und die Marr'sche Methode eingehend geprüft, indem wir uns bei unserer Methode naturgemäß an unsere Vorschrift in unserer sechsten Mitteilung hielten.

Nach der Marr'schen Modifikation wird die Phosphorsäure in dem Bodenextrakte nach schwachem Ansäuern mit Salpetersäure mit einer um 3 bis 4 mal schwächeren Molybdänlösung gefällt, welche im Gegensatz zu unserer Lösung folgende Zusammensetzung hat:

	Ammonium-molybdat	Ammonium-nitrat	Salpeter-säure
nach Marr . . . . .	2,5	20	18,3
nach Mitscherlich . . . . .	7,5	10	18,3

Wir benutzen zunächst zur Untersuchung reines Dinatriumphosphat und zwar ausgesucht reine Krystalle. Wir lösten von diesen 10,1 g zu einem Liter und dampften von dieser Lösung je 50 ccm zur Trockne. Der Abdampfrückstand betrug:

Versuch 1	0,1873
" 2	0,1879
" 3	0,1874
" 4	0,1874
" 5	0,1873
im Mittel	0,18746

entsprechend 2,0017 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> im Liter.

Ein Teil dieser Lösung wurde auf das zehnfache Volumen gebracht und in 10 bzw. 1 ccm dieser verdünnten Lösung die Phosphorsäure einmal mit der Marr'schen und dann mit unserer Molybdänlösung gefällt.

Die Resultate folgen in Tabelle II.

Tabelle II.

**Phosphorsäureanalysen von Normallösungen.**

Sollwerte: 0,0507 resp. 0,00507 g Niederschlag.

Niederschlag stand	nach Marr		nach Mitscherlich		{ vor der Filtration
	2 Stunden	18 Stunden	2 Stunden	18 Stunden	
10 ccm =	{ 0,0491	0,0510	0,0507	0,0514	
	{ 0,0496	0,0506	0,0510	0,0515	
1 ccm =	{ 0,0036	0,0051	0,0047	0,0053	
	{ 0,0047	0,0048	0,0047	0,0053	

Hiernach sind beide Lösungen als gleichwertig zu betrachten. Die Marr'sche gibt nicht so sichere Resultate, und diese erst, wenn der Niederschlag längere Zeit gestanden hat. Unsere Molybdänlösung gibt die Sollwerte eher und zeigt nach längerem Stehen eine Abscheidung von geringen Mengen von Molybdän, wodurch die Resultate dann etwas zu hoch ausfallen. Die nachträglich abgeschiedene Menge beträgt bei unserer Lösung 0,0006 g Niederschlag. Wenn wir vor der Fällung mit unserer Molybdänlösung den Bodenextrakt nur — wie Marr dies falscher Weise tat! — schwach sauer machen, so erhalten wir in der Tat zu hohe Werte.

Hier einige Belegzahlen für die Richtigkeit der Marr'schen Untersuchung mittelst der uns fälschlich untergeschobenen Methode.

Tabelle III.

g. Niederschlag.

Sollwert	nach Marr	nach der falschen Methode
0,0507	0,0502	0,0551
0,0254	0,0231	0,0280
0,0127	0,0123	0,0139
0,0063	0,0058	0,0074

Die Methoden waren nun für Bodenextrakte auf ihre Brauchbarkeit hin zu prüfen. Zu dem Zweck wurden von je 200 ccm von 64 Bodenextrakten die Kieselsäure abgeschieden und die organische Substanz in üblicher Weise zerstört. Die schwach salpetersauren Filtrate wurden vereinigt, auf ein Liter gebracht und auf Phosphorsäure analysiert u. zw.

- 2 mal je 400 ccm nach der Citratmethode  
4 mal je 25 ccm nach der Marr'schen und  
3 mal je 25 ccm nach unserer Molybdänmethode.

Tabelle IV.

Untersuchung eines Bodenextraktes.

(g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> im Liter).

Versuch	nach der Citratmethode	Molybdänmethode	
		nach Marr	nach Mitscherlich
1	0,0542	0,0145	0,0540
2	0,0545	0,0208	0,0521
3	—	0,0164	0,0520
4	—	0,0496	—
Mittel	0,0544	0,0253	0,0527

Bei Bodenextrakten lässt uns also die Marr'sche Molybdänlösung vollkommen im Stich. Wir haben schon vor Jahren auch mit der Molybdänlösung variiert, um an Molybdän zu sparen. Das Resultat dieser vielen Versuche war damals unsere zweite Vorschrift, bei der wir zur Fällung nur die Hälfte der Molybdänmenge gegen die erste Vorschrift benutzten. Theoretisch ist allerdings nur eine sehr viel geringere Menge Molybdat erforderlich. In der Tat reichen diese Mengen aber nicht dazu aus, die Fällung quantitativ zu gestalten; so also auch nicht die Marr'sche Modifikation.

Sehr deutlich tritt dies gerade bei den Analysen der Bodenextrakte in Erscheinung, bei denen nicht nur die Methode Marr sehr viel niedrigere Resultate ergibt, sondern auch bedeutende Schwankungen in Parallelversuchen mit verschiedenen Proben des gleichen Bodens aufweist:

Tabelle V.  
Untersuchung verschiedener Bodenextrakte.  
(Vergleichbare Niederschlagsmenge (g Molybdänpyrophosphat).

Boden No.	nach Mitscherlich	nach Marr	Boden No.	nach Mitscherlich	nach Marr
I a	0,0528	0,0290	VIII a	0,0742	0,0371
b	0,0568	0,0442	b	0,0743	0,0616
II a	0,0922	0,0617	IX a	0,1257	0,0687
b	0,0929	0,0563	b	0,1278	0,0215
III a	0,1224	0,0938	X a	0,0436	0,0095
b	0,1256	0,0968	b	0,0492	0,0172
IV a	0,1150	0,0732	XI a	0,0498	0,0150
b	0,0993	0,0902	b	0,0478	0,0085
V a	0,0470	0,0415	XII a	0,0533	0,0463
b	0,0423	0,0106	b	0,0493	0,0446
VI a	0,0700	0,0613	XIII a	0,0728	0,0642
b	0,0716	0,0400	b	0,0722	0,0703
VII a	0,0128	0,0109	c	0,0749	—
b	0,0131	0,0067			

Die Fällung nach beiden Methoden wurden stets aus dem gleichen Extrakt nach der Abscheidung der Kieselsäure ausgeführt. a und b sind hierbei aber zwei von verschiedenen Proben des gleichen Bodens stammende Extrakte. Die Bodenarten waren stark mit Thomasmehl gedüngt worden. —

Diese Analysen zeigen, dass wir die Marr'sche Modifikation der Molybdänlösung nicht gebrauchen können, sondern bei unserer eigenen Vorschrift verbleiben müssen.

Dafür, dass nach unserem Verfahren die Kieselsäure nicht genügend abgeschieden wird — wir dampfen jetzt den Bodenextrakt zweimal unter Zusatz von Salpetersäure zur Trockne ein — scheint uns jeder Beweis zu fehlen<sup>7)</sup>, umso mehr müssen wir die Annahme Marr's, dass wir es bei unserer Molybdänlösung mit einem Niederschlag von einer Verbindung mit Kieselsäure zu tun haben, als durchaus fraglichinstellen, zumal Marr selbst hier auch keine Beweisführung angetreten hat.

Wenn Marr endlich bei Extraktionen bei einem Wasserverhältnis zum Boden wie 10 : 1 noch nicht einmal den 2,5 ten Teil an Phosphorsäure findet, wie bei einem Verhältnis wie 25 : 1, so ist das das beste Zeichen für das Fehlerhafte seiner Phosphorsäureanalysen. Es tritt diese Erscheinung bei 38 seiner 57 Bodenuntersuchungen auf, und hätte dem Forscher, der mit den Lösungstheorien vertraut ist, wohl Veranlassung zum Nachdenken geben können, zumal diese Erscheinung bei den Kalium- und Stickstoff-Analysen nur ganz vereinzelt zu finden ist.

Noch auf einen Punkt der Marr'schen Arbeit<sup>8)</sup> müssen wir hier näher eingehen. Wir gehen bei allen Bodenuntersuchungen auf den trockenen Bodenzustand zurück, indem wir bei einer Bodenprobe den Wassergehalt

<sup>7)</sup> vergl. unsere 6. Mitteilung.

<sup>8)</sup> I. c. S. 612.

bestimmen und diesen bei den lufttrockenen Boden, den wir zu unseren Analysen verwenden, mit in Rechnung ziehen. Marr meint, man müsste das Wasser des lufttrockenen Bodens als einen integrierenden Bestandteil des Bodens betrachten. Er übersieht dabei vollkommen, dass der Wassergehalt des lufttrockenen Bodens nicht konstant ist, sondern, dass dieser mit der Luftfeuchtigkeit grossen Schwankungen unterliegt, und dass somit im gleichen Augenblick, wo er dieses Wasser vernachlässigt, das Ausgangsmaterial für seine Arbeiten kein konstantes mehr sein kann. Ein derartiges Verfahren verbietet sich somit u. E. von selbst.

Zum Schluss sei es uns erlaubt, auch noch zu den Ausführungen von O. Lemmermann<sup>9)</sup> Stellung zu nehmen.

Nicht zu den persönlichen Vorwürfen<sup>10)</sup>, die — wie mir jeder Vorurteilsfreie zugeben muss, — völlig unberechtigt sind und mich darum in keiner Weise berühren können, sondern zu den objektiven Ausführungen zur Bodenanalyse.

Dass Lemmermann es fertig bringt, nochmals die Brauchbarkeit der Salzsäureextraktionsmethode des Bodens auf den Schild zu heben, nimmt in den Kreisen, welche auf diesem Gebiete wissenschaftlich arbeiten, allgemein Wunder. Da Th. Pfeiffer hierauf schon ausführlich einging, wollen wir hier nur sagen, dass wir diesen Ausführungen Pfeiffer's<sup>12)</sup> völlig zustimmen.

Dass Lemmermann hiergegen über die absolut neue Art unserer Extraktionsmethode, wie über unsere Bemühungen, hier die reinen physikalisch-chemischen Gesetze zu ermitteln, vollkommen stillschweigend hinweggeht, kann uns keineswegs verwundern.

Was Lemmermann über die wiederholte Extraktion der gleichen Bodenprobe sagt, will ich in gleicher Weise wie bei Marr anerkennen.

Eine Entgegnung aber verlangt Lemmermann von mir für das Neue, was er uns in diesem Abschnitte bringt. Er will nämlich, um bessere Mittelwerte zu erzielen, statt 100 g 1 bis 10 Kilogramm Boden zur Analyse verwenden. Wir wollen uns hier nicht mit den technischen Problemen befassen, welche notwendig eine derartige Massnahme stellt, sondern lediglich erörtern, ob diese Massnahme erforderlich ist.

Es ergibt sich dies aus den Fehlern der Probeentnahme. Wir<sup>13)</sup>

<sup>9)</sup> O. Lemmermann, O. Foerster und A. Einecke: „Unters. über das Kalkbedürfnis der Ackerböden auf Grund von Bodenuntersuchungen und Vegetationsversuchen.“ Landw. Jahrb. 1911. Bd. XL, S. 257—261.

<sup>10)</sup> „Mitcherlich spricht sich wiederholt sehr lobend über seine Arbeiten aus . . .“<sup>11)</sup>

<sup>11)</sup> Die Literaturangaben hierzu fehlen! Warum?

<sup>12)</sup> Pfeiffer und Blanck: „Die Säureausscheidung der Wurzeln . . .“ Landw. Vers.-Stat. 1912, Bd. LXXVII, S. 227—228.

<sup>13)</sup> E. A. Mitcherlich und E. Merres: „Der Fehler der Bestimmung des Stickstoffs im Boden.“ Siebente Mitteilung. Landw. Jahrb. 1910, Bd. XXXIX, S. 349—354.

haben Gesamtstickstoff-Bestimmungen von einem Gartenboden ausgeführt, und zwar jedesmal nur je 5 g Boden zur Analyse verwendet.

Wenn wir von diesem Boden einige Kilogramm lufttrocken machten und durch ein 1,5 mm Rundlochsieb absiebten, fanden wir in einer gut entnommenen Durchschnittsprobe von 5 g = 6,699 mgr Stickstoff. Der Fehler der Probeentnahme inklusive dem Analysenfehler betrug nur  $\pm 0,0232$  mgr, also noch nicht  $\frac{1}{2}\%$ !

Wenn wir die 5 g aus unserem frischen Boden entnahmen, und den nassen durch das Sieb durchgeschlemmtten Boden unter Berücksichtigung des Wasser- und Steingehaltes des frischen Bodens untersuchten, ergaben je 5 g trockener Boden 6,658 mgr Stickstoff mit einem Fehler von

0,139 mg, also ca. 2 %. Der Fehler ist erheblich grösser, weil man aus dem naturfrischen, nicht abgesiebten Boden keine so gute Durchschnittsprobe ziehen kann.

Andere Bodenarten zeigten ähnliche Fehler, z. B.:

Boden	B	C
5 g enthalten mg Stickstoff:		
1. frisch untersucht . . . . .	64,0 $\pm$ 0,43	4,54 $\pm$ 0,0227
2. lufttrocken untersucht . . . . .	64,1 $\pm$ 0,23	4,53 $\pm$ 0,0227

Pfeiffer<sup>14)</sup> erzielte bei Anwendung von 25 g Boden und einer anderen Methode kaum höhere Fehler.

Wenn der Fehler der Probeentnahme nur ca. 1 % bei einer Anwendung von derart geringen Bodenmengen beträgt, glaube ich, dass man zweckmässig auch nur mit solchen Mengen (eventuell bis 100 g) arbeitet, und nicht Methoden für grössere Bodenmengen (1 bis 10 kg) ausarbeitet, die naturgemäss wiederum grössere methodische Fehler einschliessen müssen, selbst wenn wir ganz von der Handlichkeit der Apparate und allem Anderen absehen wollten.

Königsberg i. Pr., den 27. August 1911.<sup>15)</sup>

#### Nachtrag.

Soeben, wie mir das Manuskript meiner vor ca. 10 Monaten eingereichten Entgegnung nochmals zur Einsicht vorliegt, erscheint eine weitere einschlägige Arbeit von J. G. Maschaupt und Dr. L. R. Sinnige<sup>16)</sup>. Es freut mich ganz ausserordentlich, dass ich den Verfassern in den Fehlern, die sie uns bei unserer Düngemittelanalyse vorwerfen, recht geben kann. Auch uns sind die Fehler seit Jahr und Tag bereits bekannt. Sie sind bereits richtig gestellt im Manuskript unserer

<sup>14)</sup> Die Stickstoffbestimmung des Ackerbodens. Mitt. der landw. Institute. Breslau. 1909, Bd. IV, S. 370.

<sup>15)</sup> Die Drucklegung dieser Erwiderung hat sich leider dadurch sehr verzögert, dass das Manuskript verlegt war. Die Redaktion.

<sup>16)</sup> Over de Bepaling van de waarde voor den plantengroei van plantenvoedende stoffen in boden en meststoffen, voor zooverre deze afhankelyk is van de oplosbaarheid dier stoffen." Verslagen van Landbouwkundige onderzoeken der Rijkslandbouwproefstations. No. XI, 1912.

neuen Düngemittelanalyse, das bislang nur aus dem Grunde noch nicht veröffentlicht wurde, weil es uns darum zu tun war, noch ein umfangreicheres Material an Vegetationsergebnissen zur Beweisführung beizubringen.

Leider gehen die Verfasser auch noch nicht näher auf die vorliegenden Lösungsgesetze ein, da ihnen diese durch die gleichzeitige Lösung anderer vorhandener Salze zu kompliziert erscheinen. Die Verfasser zeigen dann, wie die Löslichkeit der Phosphate in kohlensäuregesättigtem Wasser bei Gegenwart von Kalk abnimmt. Auch hier besteht eine gute Uebereinstimmung mit unserer letzten diesbezüglichen Veröffentlichung<sup>17)</sup>, wenngleich die Versuchsanordnung von **M a s c h - h a u p t** und **S i n n i g e** eine andere ist, insofern sie nicht nur den ersten Extrakt berücksichtigen, sondern wie **M a r r** und **L e m m e r m a n n** wiederholt extrahieren.

Auch in dem, was **M a s c h - h a u p t** gegen den pflanzenphysiologischen Teil unserer früheren Arbeiten sagt, möchte ich ihm grösstenteils beipflichten. Wir können so diese Arbeit den Lesern, welche sich für das Löslichkeitsproblem der Pflanzennährstoffe interessieren, durchaus zum Studium empfehlen, da sie sicher einen weiteren Fortschritt über unsere Arbeiten hinaus auf dem an und für sich recht schwierigen Gebiete bedeutet. Eilh. Alfred Mitscherlich, Königsberg i. Pr.

---

#### Die Bestimmung der Drainentfernung auf Grund der Hygroskopizität des Bodens.

In Band I, Heft 3/4 dieser Zeitschrift (S. 376) hat E. Krüger meine unter voranstehendem Titel erschienene Arbeit einer Kritik unterzogen, wozu mir nachstehendes zu erwidern erlaubt sei.

Zunächst wird bemängelt, „dass die Strangentfernung ohne Rücksicht auf die Draintiefe zur Hygroskopizität in Beziehung gebracht werden soll“. Das ist nicht zutreffend; vielmehr ist als Tiefe der Drains die bei uns übliche Normaltiefe von 1,25 m angenommen worden. Nur als Ausnahme glaube ich auf S. 6 ff nachgewiesen zu haben, dass für Tonböden eine geringere Tiefe von 1,0 bis 1,10 m zweckmässiger sei. Weiter ist auf S. 5 hervorgehoben worden, dass der Einfluss der Tiefe auf die Wirkungsweite der Drains in sehr schwerem Tonboden ein verhältnismässig geringer ist, so lange es sich nur um geringe Tiefenunterschiede von 0,10 bis 0,20 m handelt. Aus diesem Grunde ist bei der Entwicklung der Kurve von einer besonderen Berücksichtigung der für Tonboden vorgeschlagenen geringeren Tiefenlage Abstand genommen worden. Würde man dies nicht als zulässig erachten wollen, so würde die Kurve am Anfang

---

<sup>17)</sup> Wilh. Simmermacher: „Einwirkung des kohlensäuren Kalkes bei der Düngung von Haferkulturen mit Mono- und Dicalciumphosphat“. Inaug. Diss. Königsberg 1912. S. 28.

eine etwas flachere Lage erhalten, im übrigen aber an der ganzen Sache nichts Wesentliches geändert werden.

Dass sodann das Verfahren, sämtliche in der Tabelle S. 39 enthaltenen Werte graphisch aufzutragen und aus den gefundenen Punkten eine Kurve zu konstruieren, zu keinem Ergebnis führen kann, dafür hat Verfasser der Kritik selbst den Beweis geliefert. (S. 377.)

Im Weiteren wird es für unzulässig erklärt, die vorliegenden praktischen Erfahrungen für die neue Methode zu verwerten. Dem ist zu entgegnen, dass wir heute irgend welche anderen Anhaltspunkte überhaupt nicht haben, dass aber auch ferner m. E. gerade darin die Bedeutung der ganzen Sache liegt, dass es sich nicht um rein theoretische Untersuchungen handelt, sondern, dass diese mit den praktischen Erfahrungen Hand in Hand gehen. Es dürfte auch kaum anders möglich sein, zu einem brauchbaren Resultat zu kommen. Was nützt alle Theorie, die mit der Wirklichkeit nicht in Einklang zu bringen ist! An diesem Mangel leiden alle bisher unternommenen Versuche. der Entfernung der Drains eine wissenschaftliche Grundlage zu geben; daher hat sich auch noch keine Methode praktisch verwerten lassen.

Wenn ich nun auch unsere heutige Methode, die lediglich auf praktischen Versuchen und Jahrzehnte langen Erfahrungen beruht, als unzulänglich bezeichnet habe, so sind die Resultate, die wir damit erzielt haben, doch geeignet, um daran weitere exakte Untersuchungen anknüpfen zu können, besonders, wenn wir die Fälle auswählen, in welchen durch die Drainage ein gutes und befriedigendes Ergebnis erzielt wurde. Dadurch erklärt es sich auch, dass diejenigen Bodenproben als ungeeignet zur Erlangung sicherer Anhaltspunkte ausgeschlossen werden mussten, bei welchen die Drainage teilweise oder ganz versagt hat. Im allgemeinen gebe ich zu, dass wir bei mittleren und leichten Böden nach der heute üblichen Methode eine zweckentsprechende Drainierung erreichen können. Das schliesst aber keineswegs aus, dass man eben so oft zu eng wie zu weit drainiert, wie man anderseits auch das Richtige trifft. Wir haben aber keinen Anhalt zu beurteilen, ob nicht durch eine etwas grössere oder kleinere Entfernung der Drains nicht auch noch eine befriedigende Wirkung erzielt werden würde, wenn nicht direkt Versuche mit verschiedener Drainentfernung angestellt werden, was aber gewöhnlich nicht geschieht.

Nehmen wir nun an, dass eine Anzahl von Flächen mit einer bestimmten Drainentfernung drainiert sind und dass die Drainage ihren Zweck vollkommen erfüllt, so ist doch auch die Annahme berechtigt — und die Versuche bestätigen dies — dass der Boden dieser Flächen in physikalischer Hinsicht nicht vollkommen gleichartig sein wird, sondern, dass bei genauer Untersuchung sich Unterschiede ergeben werden, die sich in bestimmten Grenzen bewegen. Das Optimum muss doch aber in der Mitte oder im Schwerpunkt der gefundenen Untersuchungs- bzw. hier Hygroskopizitätswerte liegen. Die auf solche Weise von den „mittleren Böden“ gewonnenen Mittelwerte sind als festliegende Punkte für die gezeichnete Kurve verwertet worden.

Von den leichten Bodenarten, welche für den weiteren Verlauf der Kurve nach rechts in Frage kommen, lag, da die leichten Böden bei uns viel seltener vorkommen, vor allem aber verhältnismässig selten drainiert werden, naturgemäss weniger Versuchsmaterial vor. Es wurden deshalb als zuverlässige Anhaltspunkte die Bodenproben 5 und 6 bzw. ihre Hygroskopizitätswerte herangezogen, weil für sie die oben gestellten Bedingungen zutrafen.

Am schwierigsten gestaltete sich die Gewinnung zuverlässiger Zahlen für die schweren Tonböden, weil man bei diesen in der Praxis über das Probieren noch nicht hinausgekommen ist. Nur in Einzelfällen hat man durch praktische Versuche die zweckmässigste Strangentfernung für Tonboden — ohne Rücksicht auf die hohen Kosten — herausgefunden. Proben solcher Böden wurden mir aus verschiedenen Gegenden Deutschlands bereitwilligst übersandt. Allerdings konnten diese Proben nicht nach der von mir angewandten Methode entnommen werden, sondern die Probeentnahme fand in einfachster Weise an einzelnen bestimmten Stellen statt. Hierdurch ist auch ein kleiner Irrtum bei den Proben 43 und 44 unterlaufen, indem die Beschreibung des Bodens S. 26 nicht ganz korrekt wiedergegeben ist. Die beiden Proben sind demselben Schlag, der welliges Gelände darstellt, entnommen und zwar die eine Probe von einer höher liegenden Stelle, die andere aus einer Terrainmulde. Ueber den Erfolg der Drainage möge die wörtliche Wiedergabe der den Proben beigegebenen Erläuterung gestattet sein. Die Gutsverwaltung von Gross-Peterwitz in Schlesien schreibt: „Ich habe die auf 12 m drainierten Schläge auf 6 m zwischendrainiert, neue Drainagen zum Teil auf 10 m, z. T. auf 8 m und stellenweise auf 6 m neu drainiert, bei einer Tiefe von 90—100 cm und hierbei die Erfahrung gemacht, dass ich das schnelle Abtrocknen der Aecker, auf das ich so grossen Wert lege, nur auf den Schlägen erzielt habe, die auf 8 bzw. 6 m drainiert sind.“

Auf S. 26 und 39 müsste es demnach in Spalte 3 und 4 bzw. 7 an den betreffenden Stellen heissen: 6—8 m Entfernung. Durch dieses Versehen wird aber das Endresultat in keiner Weise beeinflusst.

Da die beiden Proben bei der Untersuchung eine sehr verschiedene physikalische Beschaffenheit zeigten, so konnte ich die mir gemachten Angaben nur so auffassen, dass bei dem schwereren Boden No. 44 die engere und bei dem leichteren die grössere Drainentfernung sich als richtig bewährt hat. Die Hygroskopizitätswerte 19,55 und 14,56 der beiden Proben sind demgemäß direkt als weitere Anhaltspunkte für die Kurve angenommen worden, weil es an weiteren Bodenproben, welche ein Mittelungsverfahren ermöglicht hätten, fehlte.

Nachdem auf die dargestellte Weise 12 bis 14 zuverlässige Werte gefunden waren, wurden dieselben graphisch aufgetragen. Die Verbindungsline dieser Punkte ergab die auf der Tafel gestrichelte „Bestimmungskurve“, für welche unter Anlehnung an die Benetzungsgleichung von Mitscherlich<sup>1)</sup> die Gesetzmässigkeit gefunden wurde, welche in der Gleichung  $\log w_0 - \log w_1 = c (d_1 - d_0)$  zum Ausdruck gelangt. Bei der Bestimmung des Proportionalitätsfaktors  $c$  wurden die Werte  $d_1$  an der

Kurve abgelesen. Nachdem also mit Hilfe dieser Kurve die Beziehung gefunden war, welche zwischen den Ausgangspunkten besteht, war es möglich, für sämtliche Hygroskopizitätswerte, die diesen entsprechenden Drainentfernungen zu ermitteln und graphisch aufzutragen. Daraus ergab sich dann die zweite Kurve, die auf der graphischen Tafel voll ausgezogen worden ist. Es sind also nicht beide Kurven nach derselben Formel, sondern mit Hilfe der ersten ist die andere berechnet worden.

Ebenso ergibt sich aus vorstehendem von selbst, dass die Annahme, die zweckmässigste Strangentfernung für alle Bodenarten sei von dem einen einzigen Hygroskopizitätswert 19,55 des Bodens 44 hergeleitet worden, ein schwerer Irrtum ist.

Nach alledem glaube ich den Nachweis erbracht zu haben, dass von willkürlichen Annahmen nirgend die Rede sein kann, sondern dass die Hygroskopizität uns tatsächlich einen untrüglichen Maßstab für die Beurteilung der physikalischen Beschaffenheit des Bodens und daher auch eine sicherere Grundlage für die Bestimmung der Drainentfernung bietet, als es nach dem heutigen Stand der Sache durch irgend eine andere Untersuchungsmethode möglich ist.

Krüger meint, dass wir überhaupt nicht dazu berechtigt sind, die Hygroskopizität als einen Maßstab für die Entfernung der Drainstränge anzusetzen. Er übersieht jedoch dabei, dass wir hierzu, aufbauend auf den physikalischen Grundlagen der Hygroskopizitätsbestimmung, überhaupt physikalisch keinen besseren Maßstab finden könnten.

Die Hygroskopizität bildet einen Maßstab für die Bodenoberfläche; des Eindringens des Wassers in den Boden muss aber darum von dieser in direkter Weise abhängig sein, weil, je grösser die Bodenoberfläche ist, umso grösser die Reibung des Wassers im Boden und dementsprechend umso geringer naturgemäß die Durchflussgeschwindigkeit des Wassers durch den Boden sein muss.

Welchen Einfluss die von Krüger herangezogene Grösse der Luftkapazität auf den Boden resp. auf die Pflanzen ausüben soll, und was diese als Maßstab bei der Drainage für eine physikalische Bedeutung hier beanspruchen soll, können wir zunächst nicht einsehen, zumal hier jedwede pflanzenphysiologischen Belege fehlen.

Es ist ferner bereits von Fauser nachgewiesen worden, dass die Bestimmung der Luftkapazität kaum zu einem brauchbaren Ergebnis führen wird. (S. 19 ff.)

Ebenso wenig vermochte ich aus der Wasserkapazität gesiebter Bodenproben eine Beziehung zur Strangentfernung herzuleiten. (S. 31.)

Da meine Untersuchungen trotz der nun wohl aufgeklärten scheinbaren Mängel eine Beziehung zwischen der Hygroskopizität des Bodens und der Drainentfernung unzweifelhaft ergeben haben, so möchte ich

auch an dieser Stelle den Wunsch wiederholen, durch praktische Versuche die Sache auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Dass wir dadurch zu einer gewissen Kreisbewegung gelangen, will ich durchaus nicht bestreiten. Ich halte aber eine solche nicht für „verhängnisvoll“, sondern für geradezu notwendig. Denn nur auf diese Weise erhalten wir eine „Probe auf das Exempel!“

R. Breitenbach, Königsberg i. Pr.

---

Agrogeologisches Laboratorium in Serbien. Seitens des Ministers für Landwirtschaft Milan Kapitanowic ist Lazar Obican mit der Ausführung agrogeologischer Arbeiten beauftragt worden; diese erstrecken sich sowohl auf eine sechsmonatliche Aufnahmetätigkeit, wie auch auf Arbeiten im Laboratorium. Im kommenden Herbst wird diese Neueinrichtung durch Gesetz eine dauernde werden.

\*

Dem Agricultural Board of Jalisco in Mexiko wurde ein Besitztum von San Raefal zu Guadalajara überwiesen, um dort eine landwirtschaftliche Versuchsstation zu errichten.

---

Geh. Rat Prof. Dr. Ferdinand Zirkel †. Am 11. Juni abends verstarb in Bonn am Rhein, seinem Geburts- und jetzigem Aufenthaltsorte, der seit 1. Oktober 1909 im Ruhestand lebende frühere ordentliche Professor der Mineralogie und Geognosie an der Universität Leipzig Geheimer Rat Dr. phil. et sc. Ferdinand Zirkel. Am 20. Mai 1838 geboren, war es ihm vergönnt, im Jahre 1908 in Leipzig, wo er 40 Jahre hindurch eine äusserst segensreiche Wirksamkeit entfaltete, seinen 70. Geburtstag feierlich zu begehen. Als Ordinarius der Mineralogie und Geognosie war er gleichzeitig Direktor des Mineralogischen Museums und Instituts der Universität Leipzig gewesen.

Nach berg- und hüttenmännischen, sowie mineralogischen Studien an der Universität seiner Vaterstadt und in Wien, und nachdem er 1860 eine wissenschaftliche Reise nach Island unternommen hatte, war er 1861 zunächst in Bonn tätig und führte dann am Hof-Mineralien-Kabinett und an der Geologischen Reichsanstalt in Wien mineralogische und geologische Untersuchungen aus. 1863 wurde er als ausserordentlicher Professor an die Universität Lemberg berufen und erhielt zwei Jahre danach die ordentliche Professur. Michaelis 1868 kam er als Ordinarius nach Kiel und 1870 in gleicher Eigenschaft an die sächsische Landesuniversität Leipzig. Zirkel hat sich mit Vorliebe dem mikroskopischen Studium der Beschaffenheit und Struktur der Mineralien und Felsarten zugewandt. Die Ergebnisse dieser Arbeiten sind in zahlreichen Abhandlungen in Fachzeitschriften, z. B. im Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie und in der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft usw., niedergelegt. An grösseren Werken schrieb er: „Reise nach Island im Sommer 1860“; „Lehrbuch der Petrographie“; „Untersuchungen über die

mikroskopische Zusammensetzung und Struktur der Basaltgesteine“; „Die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine“. Am bekanntesten ist er geworden durch die Herausgabe und Neubearbeitung von Naumanns „Elementen der Mineralogie“, ein Buch, das auf diesem Gebiete geradezu klassisch genannt werden kann und 1907 bereits in 15. Auflage erschienen ist.

\*

Dr. Albert Atterberg, Vorstand der staatlichen agrikulturchemischen Versuchsstation Kalmar, Schweden, erhielt von der Regierung einen Beitrag von 1000 Kr. zur Fortführung seiner Untersuchungen über Bodenanalysen und die schwedischen Bodenarten.

\*

Dr. Walter Hausmann, Privatdozent an der Hochschule für Bodenkultur in Wien, ist als Privatdozent an der Wiener Universität zugelassen worden.

\*

Der Bibliothekspraktikant Dr. Johann Nowak wurde als Privatdozent für Geologie und Paläontologie an die philosophische Fakultät der Universität in Lemberg berufen.

\*

Prof. Dr. G. Loges, Vorstand der Landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Pommritz, wurde zum Hofrat, und Prof. Dr. Steglich, Vorstand der Landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Dresden, zum Regierungsrat ernannt.

\*

Professor Dr. Peter Claussen, Privatdozent für Botanik an der Berliner Universität, wurde zum kaiserlichen Regierungsrat und Mitglied der kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in Berlin-Dahlem ernannt.

\*

Dr. Seidler, früherer Assistent am agrikulturchemischen Institut zu Königsberg, folgt einem Rufe als Professor der Agrikulturchemie an die neugegründete Landwirtschaftliche Hochschule in Porto Allegro, Brasilien.

\*

Die Kgl. Bezirksgeologen Dr. F. Schucht und Dr. O. Fliegel erhielten vom Herrn Minister für Landwirtschaft mit Beginn dieses Sommersemesters einen Lehrauftrag an der Kgl. Landwirtschaftlichen Hochschule in Berlin, ersterer für geologisch-agronomische Bodenaufnahme und wissenschaftliche Bodenkunde, letzterer für Geologie und Mineralogie.

\*

Den Privatdozenten und Adjunkten an der Hochschule für Bodenkultur in Wien Dr. Milan Stritar, Dr. Hermann Kaserer und Dr. Richard Fanto wurde der Titel eines ausserordentlichen Professors verliehen.

\*

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Röhrig, Mitglied der Kaiserl. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in Dahlem erhielt den Roten Adlerorden 4. Klasse.

\*

G. A. Roush, Chemiker der West Virginia Agricultural Experiment Station, ist zum assistant-Professor an der Lehigh University ernannt worden.

\*

L. J. Cross, bisher Instruktor der Agrikulturchemie an der Cornell-Universität, ist zum Assistant-Professor befördert worden.

---

**Druckfehler-Berichtigungen.**

Herr Prof. Hilgard - Berkeley weist darauf hin, dass in seiner Arbeit „Die Böden arider und humider Länder“, Bd. I, H. 5, durch unrichtige Dezimalstellen sinnentstellende Druckfehler entstanden sind. Es soll heissen

S. 7, 6. Zeile des letzten Paragr. statt 24 % = 0,24 %

S. 11, 2. " " " " 7 % = 0,7 %

S. 11, 8. " " " " 2 % = 0,2 %

\*

Herr Dr. v. Feilitzen - Jönköping teilt mit, dass es in seinem Aufsatz Heft I, Bd. II auf S. 49, Zeile 17 von unten heissen muss: „Sandmischkultur war ziemlich klein“; auf Seite 51, Zeile 6 von unten: „die Zahlen im Diagramm (Seite 50)“.

---

## Referate.

**Ueber die Erhöhung der ammoniakbindenden Kraft des Bodens unter dem Einfluss von kohlensaurem Kalk.** Von O. Lemmerman und L. Fresenius. Mitteilung der agrikulturchemischen Versuchsstation Berlin, Institut für Versuchswesen und Bakteriologie der Kgl. Landwirtschaftlichen Hochschule. (Fühlings landwirtschaftliche Zeitung, 61. Jahrgang 1912, Heft 7.)

In vielen Fällen liefert der Boden nach Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak geringere Erträge als nach der Düngung mit Salpeter. Einige Forscher waren der Ansicht, dass das Ammoniakkalz im Boden sich mit kohlensaurem Kalke umsetze und das entstehende kohlensaure Ammoniak sich zum Teil verflüchtige.

Die Verfasser haben zur weiteren Aufklärung dieser Frage das Verhalten des Ammoniak-Stickstoffes im Boden unter dem Einflusse von kohlensaurem Kalk studiert. Sie setzten den Bodenproben kohlensaures Ammoniak und kohlensauren Kalk zu und konstatierten, dass gekalkter Boden stärker Ammoniak bindet als ungekalkter. Das Resultat überrascht zunächst wegen der bekannten ammoniakentbindenden Kraft des  $\text{Ca CO}_3$ .

„Die physikalischen Adsorptionsvorgänge dürften als Erklärung für die beobachtete Kalkwirkung im vorliegenden Falle kaum heranzuziehen sein, denn infolge der koagulierenden Wirkungen des Kalkes auf die Bodenkolloide erleiden deren absorbierende Wirkungen infolge verringelter Oberfläche eine Abschwächung und keine Verstärkung. Ausserdem zeigt der Versuch, dass trotz der Alkoholbehandlung des Bodens, durch die ebenfalls manche Bodenkolloide ausgeführt werden, die Absorptionskraft des Bodens für Ammoniak in keiner Weise gelitten hat.“

Die Annahme ist wahrscheinlicher, dass die Zeolithe des Bodens durch den kohlensauren Kalk in Kalkzeolithe umgewandelt werden. Diese tauschen ihre Base leichter gegen Ammoniak aus als die Zeolithe von Kalium, Natrium usw., die ursprünglich im Boden enthalten waren.

Ferner wurde festgestellt, dass durch Behandeln mit Alkohol die Absorptionskraft des Bodens kaum verändert, durch Glühen und Dämpfen dagegen stark vermindert wird. Kohlensaurer Kalk beförderte auch in dem mit Alkohol behandelten, sowie in dem gedämpften Boden die Absorption, nicht jedoch im geglühten Boden und im Sand.

Aetzkalk hat die entgegengesetzte Wirkung wie  $\text{Ca CO}_3$ .

Die bei Zusatz von Gips und Chlorcalcium beobachteten Wirkungen dürften auf direkte Umsetzungen dieser Salze mit Ammoniumkarbonat zurückzuführen sein.

Schwefelsaure Magnesia, kohlensaure Magnesia und das Oxyd vermindern, Magnesiumchlorid erhöht die Ammoniakabsorption, Kalium- und Natriumverbindungen, Kainit und Thomasmehl setzen sie herab.

Der Ammoniakverlust des Bodens ist bei stärkerer Durchlüftung grösser.

Der Charakter des Bodens spielt bei der Ammoniakabsorption sowohl als auch bei der Wirkung des Kalkes auf diese eine grosse Rolle. Entsprechend der Bodenart kann der Kalk die Ammoniakabsorption steigern, vermindern oder gar nicht beinflussen.

H. Pfeiffer.

\*

**Wie unsere Ackererde geworden ist.** Von Dr. E. Blanck. Naturwissenschaftl.-Technische Volksbücherei der Deutschen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft. No. 2.

Ein zur ersten Einführung in bodenkundliche Probleme geeigneter Aufsatz, welcher die verschiedenen Vorgänge bei der Bodenbildung in leicht verständlicher Form zur Darstellung bringt. Herm. Fischer.

\*

**Die Hygroskopizitätsbestimmung, ein Maßstab zur Bonitierung des Ackerbodens.** Von Richard Floess. (Inaug.-Diss., Königsberg 1912.)

Der Verfasser betont in der Einleitung die Bedeutung der Probeentnahme für die Feststellung der physikalischen Eigenschaften eines Ackerbodens. Ausgehend von bereits von E. A. Mitscherlich gemachten Feststellungen wird gezeigt, dass bei Feldern von 10 bis 15 ha Grösse in gleichen Abständen mindestens 50 Proben entnommen werden müssen, um zu einem brauchbaren Durchschnittswert zu gelangen. Damit ist aber auch die von A. v. Sigmund auf dem zweiten Internationalen Agrogeologenkongress zu Stockholm 1911 geforderte Feststellung der Probeentnahme für die chemische Bodenanalyse gegeben.

In einem zweiten Kapitel werden die Vorzüge der Hygroskopizitätsbestimmung der Schlämmanalyse gegenüber gestellt. Zunächst konnte der Verfasser beim Vergleich zwischen Hygroskopizitätszahlen und Werten der Schlämmanalyse nach Kühn bei seinen Böden nicht jenes gleichmässige Steigen und Fallen beobachten, wie es nach Vergleichen Eberhardts und Frankaus zwischen Schlämmmethode nach Kühn und Schöne, sowie zwischen Schlämmmethode Schöne und Hygroskopizitätsbestimmung anzunehmen wäre. Der Grund liegt in dem Humusgehalt der untersuchten Böden. Es wird nun weiterhin gezeigt, dass dem Schlämmrückstand nach Kühn infolge dieses Gehaltes an Humusteilchen noch ein Hygroskopizitätswert zukommt, während doch theoretisch nur Sand zurückbleiben sollte, welcher die Hygroskopizität 0 hat. Daher kommt die geringe Uebereinstimmung zwischen den Werten für die abschlämmbaren Teile und den Hygroskopizitätszahlen, wofür die auffallendsten Unterschiede unter 132 Versuchsresultaten angegeben sein mögen.

Abschlämmbare Teile	Hygroskopizität
19,42 pCt.	4,01 pCt.
19,38 "	1,96 "
22,90 "	4,05 "
22,60 "	1,79 "
26,06 "	5,47 "
26,62 "	2,70 "

Ueberhaupt hält der Verfasser das Ausführen der Schlämmethoden für sehr individuell, wodurch die grossen Schwankungen der Resultate mit verschuldet würden. Für die Bonitierung des Ackerbodens sei also die Schlämmanalyse unbrauchbar. Trotzdem ist der Wert der Schlämmanalyse für die petrographische Bodenanalyse nicht zu unterschätzen, namentlich in den Fällen, wo es sich darum handelt, die zu erwartenden Veränderungen des Bodens festzustellen. Da aber die Hygroskopizitätsbestimmung einen Anhaltspunkt für die Bestimmung der Bodenoberfläche gibt, so werden sich Veränderungen der letzteren auch in den Hygroskopizitätszahlen äussern. Wir können so, wofür der Verfasser Beispiele aus Arbeiten Mitcherlichs und eigene Versuche anführt, eine dem Boden zugeführte Gründüngung nachweisen, andererseits ergeben sich Veränderungen des Bodens durch Austrocknen aus den Hygroskopizitätszahlen, wofür Czermak (vergl. das Referat über die einschlägige Arbeit) weitere Belege gibt. Schliesslich wird darauf hingewiesen, dass eine Modifikation der Hygroskopizitätsbestimmung nach dem von Ehrenberg und Pick vorgeschlagenen Verfahren praktisch nicht brauchbar ist, weil bei der langen Zeit, welche der nasse Boden zum Dampfspannungsausgleich über 10 %iger Schwefelsäure braucht, doch wieder andere Veränderungen des Bodens, wie Bildung von Schimmelpilzen usw., das Resultat beeinflussen.

Der Wert der Hygroskopizitätsbestimmung für die Bonitierung des Bodens muss sich in einem Zusammenhang zwischen Hygroskopizität des Bodens und seinen Erträgen zeigen, d. h. die Höhe des Ertrages muss sich als Funktion der Hygroskopizität darstellen lassen. In weiterer Linie müssen, wenn alle anderen Vegetationsfaktoren ins Optimum treten, die Beziehungen zwischen Bodenoberfläche und den Erträgen dem von Mitscherlich aufgestellten Gesetz des Minimum folgen. Nach der Gleichung:

$$\log(A - y) = \log(A - a) - c \cdot x$$

(wobei A der Höchstbetrag, a der Mindestbetrag, y die Erträge in Prozentzahlen bei der Hygroskopizität x, c der Proportionalitätsfaktor sind) wurden die Mittelzahlen mehrjähriger Topf- und Röhrenversuche verarbeitet und dabei eine Uebereinstimmung zwischen gefundenen und berechneten Erträgen festgestellt, welcher erkennen lässt, dass mit zunehmender Hygroskopizität auch eine Ertragssteigerung nach dem Gesetz des Minimum stattfindet. Auch an Beispielen aus der Praxis konnte dieser Nachweis geliefert werden, soweit Halmfrüchte in Betracht kamen. Da aber für die Bonitierung des Bodens auch die Bearbeitbarkeit in der Praxis sehr ins Gewicht fällt, welche sich schwer in Beziehung zur Hygroskopizitätsbringen lässt, so wird sich eine gleichmässige Steigerung der Ernten mit

zunehmender Hygroskopizität nur innerhalb weiter Grenzen in der Praxis feststellen lassen, abgesehen von der Frage, ob es dem Landwirt praktisch möglich sein wird, die Pflanzennährstoffe immer in genügender Menge seinem Boden zuzuführen.

Herm. Fischer.

\*

**Ueber die petrographischen und Bodenverhältnisse der Buntsandsteinformation Deutschlands.** Von Dr. E. Blanck in Breslau. (Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württemberg 1910, S. 408 und 1911, S. 1.)

Eine in übersichtlicher Weise durchgeführte Zusammenstellung der wichtigsten geologischen und bodenkundlichen Arbeiten über den Buntsandstein und ergebnisreiche Compilation der aus diesen Arbeiten entnommenen Resultate. In der Einleitung betont Blanck die Berechtigung der reinen Bodenkunde gegenüber der angewandten Bodenkunde, welch' letztere den landwirtschaftlichen Disziplinen zugezählt werden müsse. Eine Bodenklassifikation sei auf historischer Grundlage zu schaffen, d. h. durch Feststellung der geologischen Entstehung der Böden. Als Beispiel für eine solche Betrachtung wurde der Buntsandstein und die aus ihm entstehenden Böden gewählt, „weil dieser wohl die allereinförmigste petrographische Ausbildung zeigt, so dass er sich für die Frage nach der Anwendbarkeit der geologisch-historischen Methode in der Bodenkunde als besonders geeignet erweist, sodann aber auch, weil der weitaus grösste Teil des gebirgigen Deutschlands Böden dieser Formation liefert.“

1. Einer geologischen Uebersicht folgt zunächst die petrographische Schilderung des unteren Buntsandsteins nach der vorhandenen Literatur. Die Betrachtung des Analysenmaterials führt Blanck zu dem Schluss, dass bei einer grossen Uebereinstimmung im Gehalt an  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  unter sich die Sandgesteine des unteren Buntsandsteins durchschnittlich weniger  $\text{SiO}_2$  und mehr Tonerde enthalten als die Sandsteine des mittleren Buntsandsteins; ebenso mehr Kali und Phosphorsäure, auf welch' letztere Erscheinung bereits Brähäuser aufmerksam gemacht hat. Gleichwohl dürfen aus Analysenzahlen im Sinne dieser Feststellung keine Schlüsse gemacht werden, bezüglich der Herkunft der Gesteine. Blanck spricht so zwei Analysen Hilgers von Erlabrunner Buntsandstein dem unteren Buntsandstein zu, während tatsächlich dortselbst mitten im Muschelkalkgebiet nur oberer Buntsandstein als sattelförmige Emporwölbung zu Tage tritt. Der relativ geringe Kieselsäuregehalt der Gesteine des unteren Buntsandsteins bedingt naturgemäß Tiegründigkeit und Fruchtbarkeit des Bodens. Angeführte Analysen von anstehendem Ge-stein, Untergrund und Obergrund verschiedener Vorkommen zeigen eine nicht verkennbare Beziehung der Analysenzahlen unter sich, dass nämlich eine grosse Verschiedenheit zwischen Gesteinen und Verwitterungsböden eigentlich nicht besteht. Im weiteren wird eine Uebersicht der Böden des unteren Buntsandsteins gegeben und Mitteilungen über die wirtschaftliche Ausnutzung derselben in einzelnen Gebieten.

2. Unter dem angeführten Analysenmaterial von mittlerem Buntsandstein finden wir Analysen von A. Bauer, welche eine Beziehung zwischen der Höhe des Kieselsäuregehaltes und der in an Kohlensäure gesättigtem Wasser gelösten Substanz erkennen lassen. Dass aus dem SiO<sub>2</sub> reicheren mittleren Buntsandstein weniger Substanz in Lösung geht, fand auch M. Dietrich und E. Haselhoff. Die Arbeit des letzteren Autors über „Das Düngerbedürfnis einiger typischer hessischer Böden und Versuche zur Ermittlung desselben“ gibt auch weiterhin Anhaltspunkte über die Frage, welche Nährstoffmengen aus Buntsandstein im Vergleich zu anderen typischen Gesteinen durch die Atmosphäritien mobilisiert werden können. Mit der relativ leichten Löslichkeit der Nährstoffe im Buntsandstein geht eine schnelle Ausnutzung durch die Pflanze Hand in Hand. Die Haselhoff'schen Zahlen zeigen dies in übersichtlicher Weise. Für die leichte Löslichkeit der Nährstoffe im Buntsandsteinboden spricht das an diesen Boden vorzüglich geknüpfte Vorkommen des Ortsteins, dem eine eingehende Besprechung gewidmet ist. Während ferner der Zerfall des Buntsandsteins anderen Gesteinen gegenüber ein ziemlich rascher ist (im Vergleich zu anderen Sandsteinen allerdings ein langsamer!), geht die chemische Verwitterung nur sehr langsam vorwärts. Die Verwitterung des mittleren Buntsandsteins und die Umwandlung in Ackerboden hat Blanck selbst an einem Profil des Versuchsfeldes der Versuchsstation in Kaiserslautern studiert. Eine Uebersicht über die wirtschaftliche Ausnützung des mittleren Buntsandsteinboden, welche infolge seiner Unfruchtbarkeit das Ueberwiegen des Waldes verständlich macht, und ein Hinweis auf die Bodenflora beschliesst den Abschnitt.

3. Für den oberen Buntsandstein stellt Blanck Durchschnittswerte von Sandsteinanalysen ebensolchen von mittlerem und unterem Buntsandstein gegenüber. Interessant ist vor allem das Verhältnis der Pflanzennährstoffe.

Werte aus 9 Analysen	Su	Sm	So
	8 Analysen	4 Analysen	
K <sub>2</sub> O . . . .	2,5	1,8	4,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .	1	Spuren	0,4
Ca O . . . .	1	0,1	0,4
Mg O . . . .	1	0,15	0,5

Versuche von E. v. Wolff zeigen von neuem, hier speziell für Platten-sandsteine, dass die absoluten Mengen der verschiedenen Pflanzennährstoffe in den Gesteinen und in der Feinerde des Untergrundes ziemlich übereinstimmend sind. Für die Böden des oberen Buntsandsteins ist zusammengehend mit der Zunahme an Pflanzennährstoffen der grosse Tongehalt charakteristisch und, wenn der Tongehalt durch sandige und lettige Zwischenschichten gemildert ist, für den Pflanzenwuchs nur günstig. Infolgedessen kann der Röt-boden zur Melioration schlechterer Böden gut verwendet werden. Röt liefert auch für anspruchsvollere Kulturgewächse noch einen günstigen Nährboden. In Franken fällt mit seiner Grenze an vielen Orten auch die des Weinbaus zusammen. Zum Schlusse weist

Blanck nochmals auf den kausalen Zusammenhang hin, der zwischen Ge-  
stein, Boden und Anbaufähigkeit desselben besteht, der sich schon bei  
dem wenig differenzierten Buntsandstein erkennen lässt, umso mehr also  
bei Formationen mit stark ausgeprägten Gesteinsunterschieden in Er-  
scheinung treten muss.

Herm. Fischer.

\*

**Brasilien. Ein Land der Zukunft.** Von Heinrich Schüler. Mit zahl-  
reichen Textillustrationen, Kunstbeilagen und Karten. Geheftet 16.— M.,  
geb. 12.— M. Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt.

Der Verfasser, ein gründlicher Kenner des Landes, bringt in diesem  
seinen Werke alles Wissenswerte über dies zukunftsreiche Land. Von  
besonderem Interesse sind für uns die Kapitel über Bevölkerung und Ein-  
wanderung, die Erleichterungen, welche der brasilianischen Regierung den  
ackerbauenden Kolonisten bei der Erwerbung von Gütern gewährt, ferner  
die Kapitel über brasilianisches Pflanzerleben, Viehzucht und die Erzeug-  
nisse des Landes (Kaffee, Tabak, Kautschuk, Baumwolle, Parametee,  
Zuckerrohr, Weinbau, Holz, Kern- und Hülsenfrüchte, Obstkultur). Für den  
deutschen Kolonisten ist dies Werk von hervorragendem Wert. x.

\*

**Vorkommen, Beschaffenheit und Gewinnung von Bausteinen.** Von Berg-Rat  
Prof. Dr. A. Steuer. Sonderausgabe des XIV. Kap. aus „Handbuch  
der Ingenieurwissenschaften. (IV. Teil.) 4. Bd. II. Aufl. Verlag von W.  
Engelmann, Leipzig. 1911.

Das mit zahlreichen Abbildungen versehene Buch führt in leichtver-  
ständlicher und doch streng wissenschaftlicher Weise in die Gesteinslehre  
ein. Wenn das Buch auch in erster Linie für den Ingenieur bestimmt ist,  
so ist es doch auch dem Landwirt, der sich mit der Entstehung, dem Vor-  
kommen und der Verwaltung der wichtigsten Gesteine vertraut machen  
und in das Wesen der Gesteinskunde eindringen will, als ein sehr geeig-  
netes Lehrbuch zu empfehlen.

Die einzelnen Kapitel umfassen 1. einen allgemeinen Teil, 2. eine  
Beschreibung der wichtigsten natürlichen Gesteine, 3. die technische Unter-  
suchung der Gesteine, 4. ihr Aufsuchen und ihre Gewinnung. x.

\*

**Vergletscherung und Moorbildung in Salzburg mit Hinweisen auf das Moor-  
vorkommen und das nacheiszeitliche Klima in Europa.** Schreiber, H.,  
Oesterr. Moorzeitschr., p. 1—42, A. 19—21, 1 Karte, 2 Tabellen.

Es handelt sich wesentlich um eine Darstellung der vom Verf. vor-  
genommenen Moorkartierung im Salzburgischen, bei der er auch Be-  
ziehungen zu den von Penck und Brückner begründeten Oszillationen  
und zu den Verhältnissen der Moore im übrigen Europa auffand, die ihn  
auch zu der posglazialen Klimafrage Stellung nehmen liessen. Verf. bietet  
zunächst einen allgemeinen Einblick in die Vergletscherungerscheinungen

der Alpen und begründet seine Ausdrücke: *Talstufenmoore* (d. h. auf alten Talterrassen in Altwassern entstehende), *Muldenmoore* (in Seen am Grunde der Taltröge), *Talmoore* usw. und bespricht dann speziell die Vergletscherung des Salzburgischen während der letzten (Würm-) Eiszeit; für das Gebiet kommen der Salzach-, Traun-, Inn- und Murgletscher mit ihren Seitengletschern in Frage mit Eismächtigkeiten von 1250 bis ca. 800 m über der Talsohle.

Nach dem Vorkommen kann man dort unterscheiden: Moore im End-, Grundmoränengebiet des Vorlandes, in Seen aller Art (mit geringem Zufluss), auf Talstufen usw. Das Profil der Salzburger Moore ist im Prinzip folgendes:

Rezenter Bruchtorf (= Waldtorf) . . . . .	Gegenwart
Jüngerer Moostorf . . . . .	(3.) Daunstadium
" Bruchtorf . . . . .	3. Zwischenstadium
Aelterer Moostorf . . . . .	(2.) Gschnitzstadium
" Bruchtorf . . . . .	2. Zwischenstadium
" Riedtorf . . . . .	(1) Bühlstadium

Bei den höher gelegenen Mooren (1000 bis einmal 2200 m) sind nur die oberen Stadien vorhanden. Nach Verf. decken sich also die Woldtorfe jeweils mit den mehr trockenen, wärmeren Zwischeneiszeiten; den Vorstossen des Gletschers entsprechen Moos- und Ried-Torfe. Verf. begründet dann die Parallelisierung an den einzelnen Torfarten näher (der ältere Bruchtorf ist echter Waldtorf, ohne Buche; der ältere Moostorf ist Sphagnetumtorf; jüngerer Bruchtorf besteht meist aus Kleinsträuchern; der rezente Bruchtorf ist nach den Angaben des Verf. zu schlissen Zwischenmoortorf).

Verf. bespricht dann einige in weiterer Entfernung von Salzburg gelegene Diluvialmoore und geht dann dazu über, eine Parallelisierung zwischen den Salzburgischen und den übrigen europäischen Mooren zu versuchen, die er in einer grossen Tabelle vorführt. Im Erzgebirge, wo Verf. die Moore ebenfalls genauer studiert, lässt sich leicht dieselbe Schichtenfolge in den Mooren feststellen, wie in Salzburg. Aus der ausführlichen Tabelle heben wir hervor, dass der Grenzhorizont der norddeutschen Moore (und das Upper forestian Geikies) mit dem jüngeren Bruchtorf der Salzburger Moore parallelisiert wird. Auf weitere Details kann hier nicht eingegangen werden.

Die Zwischenstadien (Gschnitz- und Daun-) waren nach Verf. wohl trockener und wärmer als Gegenwart, nur das erste (Würm-, Bühlstadium) lässt sich nach den Mooren nicht beurteilen. Die Eiszeiten waren niederschlagsreich, im Gegensatz zu dem kontinentalen Klima der Zwischenstadien. Bezuglich der Ursachen und Dauer der Eiszeit möchte sich Verf. am ehesten der Hypothese Ekholms anschliessen, wonach die Schwankungen der Erdachse zur Ebene der Erdbahn die Hauptursache bilden, daneben sind die Verteilung von Wasser und Land sehr wichtig. Die einzelnen Eiszeiten würden danach eine Periode von ca. 40 000 Jahren haben.

Verf. glaubt jedenfalls in seinen vier Torfschichten ein Mittel gefunden zu haben, die postglazialen Ablagerungen Europa zeitlich fixieren und vergleichen zu können. Er wird nun sein Studium auf die interglazialen Moore ausdehnen. — Ref. möchte am Schluss die Frage stellen, wie die Vergleichung mit den Mooren Norddeutschlands ausfallen soll, die keinen Grenztorf haben. Verf. steht zwar auf dem Standpunkt, dass diese eben dann nur jüngeren Moostorf enthalten; ob dies aber wirklich einwandfrei nachzuweisen ist?

W. Gothan.

\*

**Die Säureausscheidung der Wurzeln und die Löslichkeit der Bodennährstoffe in kohlensäurehaltigem Wasser.** Von Th. Pfeiffer und E. Blanck. Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen, Band LXXVII, Heft III u. IV.

Die Beteiligung der Pflanzenwurzel an der Aufschliessung der unlöslichen Bodenbestandteile, die man früher hauptsächlich der sauren Reaktion der Pflanzensaftes zuschrieb, wird neuerdings lediglich auf die Wirkung der ausgeatmeten Kohlensäure zurückgeführt.

Besonders Mitscherlich vertritt diesen Standpunkt; seine Ansicht geht dahin, dass das Maximum der unseren Kulturpflanzen zur Verfügung stehenden Salze des Bodens die in mit  $\text{CO}_2$  gesättigten Wasser löslichen Salze bilden.

Die Verfasser geben eine kritische Uebersicht über die vorliegenden Untersuchungen, besprechen besonders die Arbeiten Mitscherlichs über die Ausnutzungsfähigkeit verschiedener Phosphate, welche den Beweis dafür bringen sollen, dass die durch die Pflanze aufgenommene Nährstoffmenge gleich derjenigen ist, welche unter gleichen Löslichkeitsbedingungen in kohlensäurehaltigem Wasser löslich ist. Aus den Versuchen Mitscherlich's geht hervor, dass der Hafer dieselbe  $\text{P}_2\text{O}_5$  Mengen während der Vegetationszeit aufgenommen hat, die in entsprechenden mit  $\text{CO}_2$  gesättigten Wassermengen löslich sind.

Verfasser folgern nun, dass eine Mehrproduktion von  $\text{CO}_2$  bei einer anderen Pflanzenart keine erhöhte Nährstoffaufnahme verursachen kann. Da aber andere Pflanzen der gleichen Bodenart andere Nährstoffmengen entziehen, müssen neben der Kohlensäureausscheidung noch andere Faktoren massgebend sein.

Auf Grund ihrer mehrjährigen Pflanzenversuche, die mit Hafer und Lupinen resp. Erbsen angestellt wurden, kommen Verfasser zu folgenden Resultaten:

Die aufschliessende Wirkung der Pflanzenwurzel ist nicht allein auf die ausgeatmete Kohlensäure zurückzuführen, sondern auch organische Säuren spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Die künstliche Zufuhr von  $\text{CO}_2$  bewirkt nur bei leichtlöslichen Phosphaten eine geringe günstige Wirkung, nicht bei Phosphoriten, die aber von den Pflanzen erheblich ausgenutzt werden; also müssen in den Wurzeln stärkere Säuren zur Geltung kommen.

Die Verschiedenheit im Aufschliessungsvermögen der Zerealien und Leguminosen lässt sich durch künstliche Zufuhr von  $\text{CO}_2$  nicht aufheben, und auch durch grosse Verschiedenheit des Wasserverbrauches oder der Wurzelmasse nicht erklären; sie spricht ebenfalls für die Beteiligung stärkerer Säuren an den Lösungsvorgängen im Boden.

Durch Mehltau geschädigte Wasserpflanzen, die auf Zugabe von  $\text{Ca HPO}_4$  eine leidliche Ernte gaben, nutzen Phosphorite trotz künstlicher  $\text{CO}_2$  Zuführung nicht so aus, wie unter normalen Umständen; ein Beweis, dass die gesunde Haferwurzel über ein stärkeres Lösungsmittel verfügt als  $\text{CO}_2$ .

Ausser durch die Wurzeltätigkeit werden die Lösungsvorgänge im Boden noch von zahlreichen anderen Faktoren beeinflusst. Die Wirkung verschiedener Düngungsmittel, die lösenden und zugleich festlegenden Eigenschaften der Humusbestandteile sind zu berücksichtigen.

In Anbetracht der analytischen Schwierigkeiten, die geringen aber sehr wesentlichen Unterschiede im Nährstoffgehalt des Bodens unter Anwendung von verdünnten Lösungsmitteln festzulegen, sind die Verfasser der Ansicht, dass die Bodenanalyse mit der Zeit von der Pflanzenanalyse verdrängt wird.

M.

---

### Bücherschau.

(Der Redaktion eingesandte Schriften.)

Angelis d'Ossat, G. de. — Di un Igrolisimetro. Mit einer Tafel. Applicazioni della Geologia. Annali di Botanica. Vol. X. Roma 1912.

\*

Biéler-Chatelan, Th. — Rôle des Micas dans la terre arable. Extrait des procès-verbaux de la Société vaudoise des sciences nat. de Lausanne 1910. Sep.-Abdr. p. I—IV.

\*

— Châtaigniers calcicoles. Ibidem. Sep.-Abdr. p. I—II.

\*

— Les principes de la Classification des sols d'après les climats. Ibidem. p. I—III.

\*

Feilitzen, Hj. von. — Explosion d'un bateau à vapeur norvégien chargé de cyanamide de calcium. Aus: Les Mercuriales Agricoles. Nr. 13, Vol. 1. Anvers. 1912.

\*

— Ueber die Explosion eines mit Kalkstickstoff (Calciumcyanamid) beladenen Frachtdampfers. S. A. Chemiker-Zeitung 1912, Nr. 62.

\*

Feilitzen, H. von. — Ueber angebliche schädliche Wirkungen bei der Verwendung von Torfstreudünger. Sonder-Abdruck aus Heft 12 der „Mitt. des Ver. zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche“.

\*

— Die Entnahme der Durchschnitts-Torfproben und deren Vorbereitung zur Analyse. S. A. aus Heft 11, Jahrg. 1912 der „Mitt. d. Ver. zur Förd. d. Moorkultur im Deutschen Reiche“.

\*

Lemmermann, O. — Zur Frage der Ammoniakverdunstung aus dem Boden. Sonderabdruck aus „Fühlings Landw. Zeitung“, 61. Jahrg. 1912, Heft 12. S. 414—428.

\*

Niklas, H., Chemische Verwitterung der Silikate und Gesteine mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Humusstoffe. Verlag für Fachliteratur, Berlin W. 30. 1912.

---

---

**Paul Bunge, Hamburg 23, Ottostr. 13**

Gegründet  
1866

Mechanisches Institut

Gegründet  
1866

Aeltestes Konstruktionsbureau für kurzarmige Wagen empfiehlt seine  
**Originalkonstruktionen in physikalischen und analytischen Wagen**  
in vorzüglicher Ausführung und in allen Preislagen.

**Nur erste Preise auf sämtlichen beschickten Ausstellungen.**

*Preislisten in drei Sprachen kostenfrei.*

## Buchhandlung für Fachliteratur, Berlin W. 30.

Durch uns sind folgende Werke zu beziehen:

### Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung

von

Geh. Bergrat Prof. Dr. Felix Wahnschaffe

Mit 54 Textabbildungen

1903 — Preis 5,— M.

### Die Oberflächengestaltung des Norddeutschen Flachlandes

auf geologischer Grundlage dargestellt

von

Geh. Bergrat Prof. Dr. Felix Wahnschaffe

Dritte neubearbeitete und vermehrte Auflage mit 24 Beilagen und  
39 Textbildern

1909 — Preis 11,— M.

### Bodenkunde

von

Dr. E. Ramann, Professor an der Universität München  
Dritte umgearbeitete und verbesserte Auflage mit 63 Textabbildungen  
und 2 Tafeln

1911

### Biochemischer Kreislauf des Phosphat-Jons im Boden

von

K. k. Hofrat Dr. Julius Stoklasa

Mit 12 Tafeln

1911

### Bodenkunde für Land- und Forstwirte

von

Prof. Dr. Eih. Alfred Mitscherlich

1905 — Preis 9,— M.

### Die Klimaveränderungen in Deutschland seit der letzten Eiszeit

S. A. aus der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft  
Bd. 62, Heft 2, Berlin 1910.

### Die Veränderung des Klimas seit dem Maximum der letzten Eiszeit

11. Internationaler Geologischer Kongress  
Stockholm 1910