

VERHANDLUNGEN DER VIERTEN KOMMISSION  
DER INTERNATIONALEN BODENKUNDLICHEN  
GESELLSCHAFT

TRANSACTIONS OF THE FOURTH COMMISSION  
OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL  
SCIENCE

COMPTES RENDUS DE LA QUATRIÈME COM-  
MISSION DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE  
DE LA SCIENCE DU SOL

STOCKHOLM 3.—8. VII. 1939

REDIGIERT VON — EDITED — RÉDIGÉS PAR:

*G. TORSTENSSON*

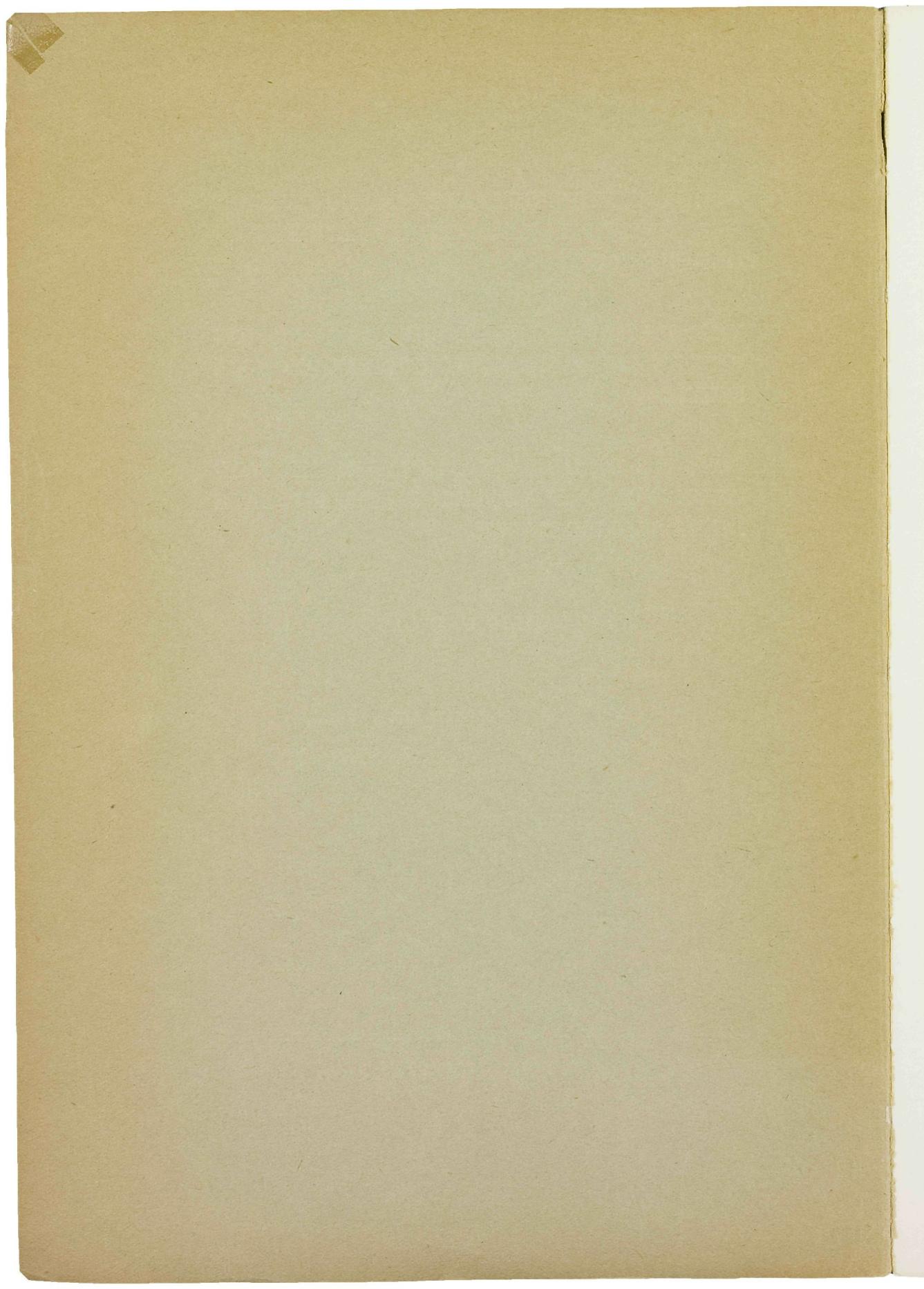
---

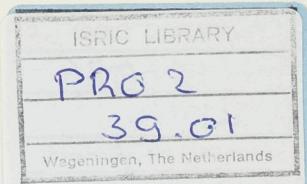
STOCKHOLM 1939

ISRIC LIBRARY

PRO2 - 39.01

Wageningen  
The Netherlands





VERHANDLUNGEN DER VIERTEN KOMMISSION  
DER INTERNATIONALEN BODENKUNDLICHEN  
GESELLSCHAFT

TRANSACTIONS OF THE FOURTH COMMISSION  
OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL  
SCIENCE

COMPTES RENDUS DE LA QUATRIÈME COM-  
MISSION DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE  
DE LA SCIENCE DU SOL

STOCKHOLM 3.—8. VII. 1939

REDIGIERT VON — EDITED — RÉDIGÉS PAR:

*G. TORSTENSSON*

---

STOCKHOLM 1939

*1001*

PRÄSIDENT DER IV. KOMMISSION DER I. B. G.  
ZUR ERFORSCHUNG DER BODENFRUCHTBARKEIT:

PROF. DR. *E. A. MITSCHERLICH* — KÖNIGSBERG (PR).

ÖRTLICHE LEITUNG:

DR. *O. ARRHENIUS* — STOCKHOLM.

PROF. DR. *G. TORSTENSSON* — UPPSALA.

PROF. DR. *O. TAMM* — STOCKHOLM.

PROF. DR. *Å. ÅKERMAN* — SVALÖF.

STATSAGRONOM *O. FRANCK* — STOCKHOLM.

SCHRIFTFÜHRER:

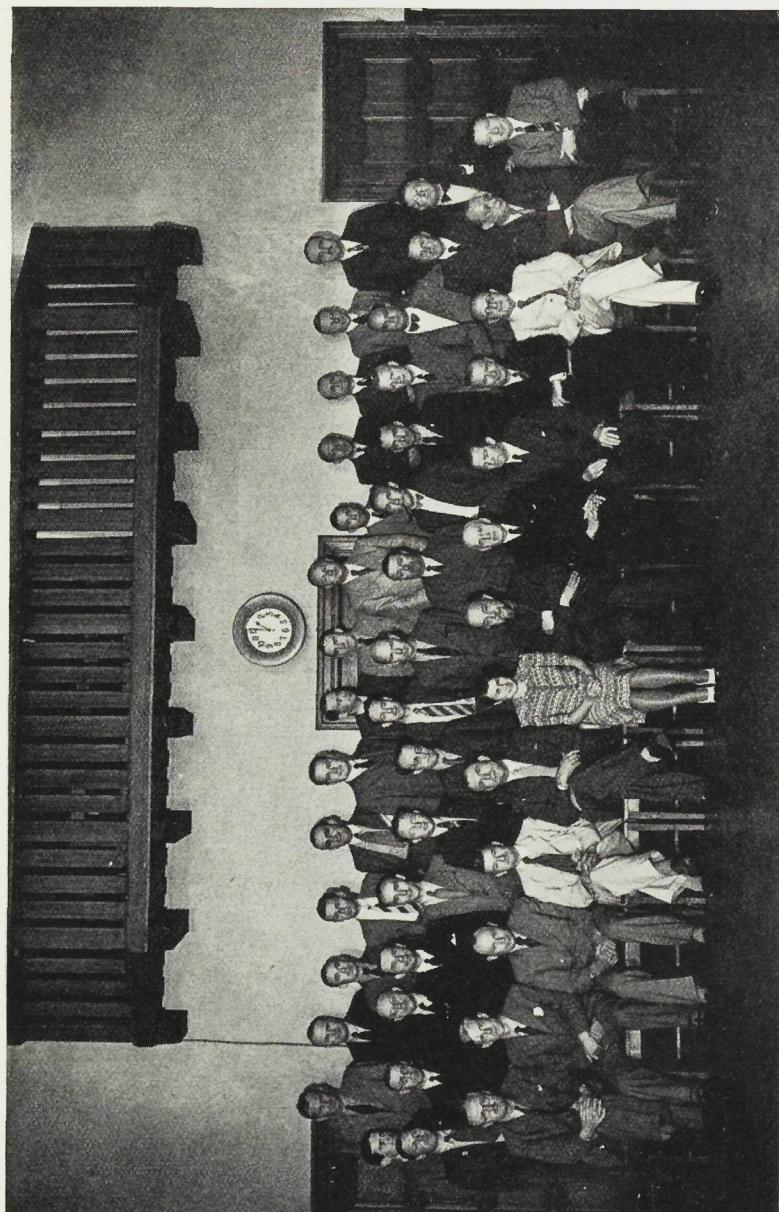
DR. *H. BEUTELSPACHER* — KÖNIGSBERG (PR).

DR. *E. v. BOGUSLAWSKI* — BRESLAU.

★

UPPSALA 1940

ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI-A.-B.



Die Teilnehmer der Tagung.

R. Astley: Exkursion durch das südwestliche Niedersachsen am 3. Juli 1939

1900-1901. 1901-1902.

1901

1901-1902

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Program der Tagung . . . . .	7
Liste der Teilnehmer . . . . .	9

### I. Verhandlungen

zusammengestellt von E. A. MITSCHERLICH und H. BEUTELSPACHER.

O. DE VRIES: Ertragskurven und Ertragsgesetze . . . . .	11
Diskussion . . . . .	22
E. von BOGUSLAWSKI: Die Wasserverhältnisse des Bodens in ihren Beziehungen zum Pflanzenertrag . . . . .	29
Diskussion . . . . .	40
E. A. MITSCHERLICH: Weitere physikalische Bodeneigenschaften in ihrer Beziehung zu den Pflanzenerträgen . . . . .	42
Diskussion . . . . .	50
O. DE VRIES und TH. B. VAN ITALLIE: Ein Vergleich zwischen Gefäßversuch, Schnellmethode und Feldversuch für die Bestimmung der Phosphat- und Kalibedürftigkeit . . . . .	55
Diskussion . . . . .	69
E. RAUTERBERG: Die gegenseitige Beeinflussung der Nährstoffe bei ihrer Wirkung auf die Pflanzen . . . . .	72
Diskussion . . . . .	77
K. SIK: Die Wirkung des Stickstoffkunstdüngers auf Alluvial- und Wiesentonböden in Ungarn . . . . .	81
Diskussion (zu den Ausführungen von Dr. Endredy) . . .	86
E. MÜCKENHAUSEN: Beziehung der Bodendynamik zur Boden- fruchtbarkeit . . . . .	87
L. SMOLÍK: Natural Ferromanganiferous Concretions As Remedy For Chlorosis . . . . .	95

### II. Exkursionen

zusammengestellt von G. TORSTENSSON.

H. ÅSTRAND: Exkursion durch das südwestliche Schonen am 3. Juli 1939 . . . . .	99
---	----

H. ÅSTRAND: Die Bodenuntersuchungen der Schwedischen Zuk-	
kerfabrik A. G. und ihre praktische Verwertung . . . . .	100
G. EKSTRÖM: Exkursion durch das südwestliche Schonen am 4.	
Juli 1939 . . . . .	105
Å. ÅKERMAN: Eine kurze Übersicht zur Orientierung über die	
Wirksamkeit des Schwedischen Saatzuchtvereins . . . . .	109
G. EKSTRÖM: Die Böden auf dem Gute Kagghamra . . . . .	117
O. ARRHENIUS: Einige Daten über Bodenreaktion und Phos-	
phatzustand der Kagghamra Böden . . . . .	120
O. TAMM: Über schwedische Forstböden . . . . .	123
Beschlüsse und Schlusswort . . . . .	129

## PROGRAMM DER TAGUNG.

### *Montag, den 3. Juli:*

- 10.00 Uhr Abfahrt von Hotel Temperance in Malmö zur Feldbesichtigung und Besuch des Zentrallaboratoriums der schwed. Zuckerfabrik A. G. Arlöv.  
13.30 Uhr Lunch.  
14.30 Uhr *Vortrag:* Chefstatistiker HALVDAN ÅSTRAND: »Bodenuntersuchungen der schwed. Zuckerfabrik A. G. und ihre Verwertung in der Praxis.»  
18.30 Uhr Mittagessen im Seebad Bjerred.

### *Dienstag, den 4. Juli:*

- 9.00 Uhr Abfahrt nach Svalöf.  
Vortrag mit Demonstrationen von Bodenprofilen unterwegs bei Gårdstånga Nygård und Skarhult über »Die Böden Schonens» von Dozent Dr. EKSTRÖM.  
Vorträge und Demonstrationen in Svalöf von Prof. Dr. ÅKERMAN und Mitarbeitern über die Wirksamkeit des schwed. Saatzuchtvereins, Svalöf.  
13.00 Uhr Lunch.  
Feldbesichtigung.  
Rückfahrt nach Malmö.  
Abfahrt von Malmö nach Stockholm.

### *Mittwoch, den 5. Juli:*

- 9.30 Uhr Abfahrt von Hotel Ritz in Stockholm nach Skogshögskolan (Forstwirtschaftl. Hochschule).  
Intern. Gemeinschaftsarbeit betr. der chem. Bodenanalyse.  
Einleitung Prof. Dr. MITSCHERLICH.  
Lunch in Skogshögskolan.  
14.00 Uhr *Sitzung der IV. Kommission.*  
O. DE VRIES: »Ertragskurven und Ertragsgesetze.»

### *Donnerstag, den 6. Juli:*

- 9.00 Uhr Abfahrt vom Hotel. Exkursion nach Hamra bei Tumba

(Besitzer A. G. Separator, Güterdirektor Eklundh) und nach Kagghamra (Besitzer Dr. Arrhenius).

Dozent Dr. EKSTRÖM: Demonstrationen mittelschwedischer Böden.

Dr. O. ARRHENIUS: Diskussion über landwirtschaftliche Fragen.

13.00 Uhr Lunch auf Kaggkamra.

Abfahrt nach Vällinge!

*Vortrag* und Demonstration von Prof. Dr. TAMM: »Der Boden als Standort natürlicher Pflanzengesellschaften.«

*Freitag, den 7. Juli:*

9.00 Uhr Fortsetzung der Verhandlungen in Skogshögskolan.

E. v. BOGUSLAWSKI: »Die Wasserverhältnisse des Bodens in ihrer Beziehung zum Pflanzenertrag.«

E. A. MITSCHERLICH: »Weitere physikal. Bodeneigenschaften in ihrer Beziehung zu den Pflanzen.«

13.00 Uhr Lunch in Skogshögskolan.

O. DE VRIES: »Ein Vergleich zwischen Gefäßversuch, Schnellmethode und Feldversuch für die Bestimmung der Phosphat- und Kalibedürftigkeit.«

E. RAUTERBERG: »Die gegenseitige Beeinflussung der Nährstoffe bei ihrer Wirkung auf die Pflanzen.«

K. SIK: »Die Wirkung des Stickstoffdüngers auf Alluvial- und Wiesentonböden in Ungarn.«

E. MÜCKENHAUSEN: »Beziehung der Bodendynamik zur Bodenfruchtbarkeit.«

L. SMOLIK: »Natural ferromanganeseous concretions as remedy for chlorosis.«

18.30 Uhr Mittagessen in Skansen Högløftet.

*Sonnabend, den 8. Juli:*

Abfahrt von Stockholm nach Uppsala.

Besichtigung der landw. Hochschule.

Begrüßungsrede des Prorektors Prof. Dr. FLODKVIST.

Demonstrationen verschiedener Institutionen mit besonderer Berücksichtigung der für das Arbeitsgebiet der IV. Kommission aktuellen Methoden: Prof. Dr. TORSTENSSON, Dr. EGNÉR, Dr. EKMAN u. Dr. PHILIPSSON.

13.30 Uhr Lunch im Restaurant Skarholmen.

Schlussitzung der IV. Kommission.

## LISTE DER TEILNEHMER.

- Dr. ALTEN — Berlin-Lichterfelde-Süd (Deutschland).  
Dr. O. ARRHENIUS — Gl. Haga, Stockholm (Schweden).  
Dozent Dr. BÄR — Berlin (Deutschland)  
Dr. W. U. BEHRENS — Berlin-Karlshorst (Deutschland).  
Dr. H. BEUTELSPACHER — Königsberg (Pr) (Deutschland).  
Dozent Dr. E. v. BOGUSLAWSKI — Breslau (Deutschland).  
Prof. Dr. K. A. BONDORFF — Lyngby (Dänemark).  
Frau Prof. BONDORFF — Lyngby (Dänemark).  
Prof. Dr. O. ECKSTEIN — Saas Fee (Schweiz).  
Laborator H. EGNÉR — Uppsala (Schweden).  
Agr. lic. P. EKMAN — Uppsala (Schweden).  
Dozent Dr. G. EKSTRÖM — Stockholm (Schweden).  
Dr. ENDRÉDY — Budapest (Ungarn).  
Directeur J. F. DE FERRIÈRE — Mulhouse, Le (Frankreich).  
Staatsagronom O. FRANCK — Experimentalfältet (Schweden).  
Prof. Dr. GIESECKE — Berlin-Dahlem (Deutschland).  
Dr. W. HEINZ — Hamburg (Deutschland).  
Dr. HOLZAPFEL — Berlin-Dahlem (Deutschland).  
Dr. KEESE — Ludwigshafen a/Rh. (Deutschland).  
Dr. E. KIVINEN — Helsinki (Finnland).  
Agronom H. LARSEN — Alnarp (Schweden).  
Staatsagronom K. LUNDBLAD — Experimentalfältet (Schweden).  
Direktör E. LUNDING — Köpenhamn (Dänemark).  
Prof. Dr. MATTSON — Uppsala (Schweden).  
Prof. Dr. E. A. MITSCHERLICH — Königsberg (Pr) (Deutschland).  
Dr. MÜCKENHAUSEN — Berlin (Deutschland).  
Prof. Dr. NEHRING — Seestadt Rostock (Deutschland).  
Prof. NOMMIK — Tartu, Raadi (Estland).  
Dr. F. VAN DER PAAUW — Groningen (Holland).  
Dipl. Landwirt PIEGLER — Berlin-Dahlem (Deutschland).  
Reg. Rat Dr. PFEIL — Berlin-Dahlem (Deutschland).  
Dr. E. RAUTERBERG — Berlin-Lichterfelde-Süd (Deutschland).  
Dr. RIEHM — Halle/Saale (Deutschland).

- Cand. agr. M. SALONEN — Helsinki (Finnland).  
Prof. Dr. SCHEFFER — Jena (Deutschland).  
Dozent Dr. SCHMITT — Darmstadt (Deutschland).  
Prof. Dr. F. SCHUCHT — Berlin-Wilmersdorf (Deutschland).  
Dr. K. SIK — Budapest (Ungarn).  
Dr. PH. A. SMITH — Edinburgh (Schottland).  
Dr. PH. A. STEWART — Aberdeen (Schottland).  
Prof. Dr. O. TAMM — Experimentalfältet (Schweden).  
Prof. Dr. G. TORSTENSSON — Uppsala (Schweden).  
Prof. Dr. TRÉNEL — Berlin (Deutschland).  
Hofdirektein Prof. Dr. O. DE VRIES — Groningen (Holland).  
Dr. R. G. WARREN — Harpenden Herts. (England).  
Prof. Dr. Å. ÅKERMAN — Svalöf (Schweden).  
Fil. Kand. H. ÅSTRAND — Arlöv (Schweden).

1. VERHANDLUNGSTAG, MITTWOCH, DEN 5. JULI.

Aula der Forstwirtschaftlichen Hochschule in Stockholm.

*Vorsitzender:* Prof. Dr. E. A. MITSCHERLICH — Königsberg.

Prof. TAMM begrüßte die Anwesenden namens der Forstlichen Hochschule. Prof. MITSCHERLICH eröffnete die Sitzung 9.30 Uhr über die Internationale Arbeitsgemeinschaft zur Prüfung der Laboratoriumsmethoden für die Bestimmung des Kali- und Phosphorsäurebedürfnisses der Böden. Die Verhandlungen, die in einem besonderen Bericht veröffentlicht werden, wurden 13 Uhr beendet.

TAGUNG DER IV. KOMMISSION.

Beginn der Sitzung 14 Uhr. Prof. MITSCHERLICH übergibt den Vorsitz an Prof. BONDORFF — Lyngby.

Vortrag:

ERTRAGSKURVEN UND ERTRAGSGESETZE.

Die gegenseitige Beeinflussung der Wachstumsfaktoren und ihr Effekt auf die Form der Ertragskurven

von

O. DE VRIES

(Rijkslandbouwproefstation, Groningen, Niederlande).

Bekanntlich nahm J. VON LIEBIG in seinem Gesetz des Minimums an dass ein Wachstumsfaktor, der in Verhältnis zu den anderen im Minimum ist, den Ertrag beherrscht und beschränkt und dass steigende Gaben von diesem Wachstumsfaktor den Überschuss der anderen verbrauchen nach je einem festen Verhältnis, als ob eine chemische Verbindung mit konstanter Zusammensetzung gebildet würde. So bald der Überschuss eines der anderen Wachstumsfaktoren in dieser Weise erschöpft ist, kommt dieser ins Minimum und beherrscht den Ertrag; weiterer Zusatz vom ersten Wachstumsfaktor erhöht jetzt den Ertrag nicht mehr, die gradlinig ansteigende Linie geht mit einem scharfem Knick in eine waagerechte über (13).

Aber gleich wie vor einem Drittel Jahrhundert neben dem Reich der kristallinischen Substanzen die Welt der kolloiden Materie sich der Wissenschaft öffnete und die Adsorptionsverbindungen mit je nach Umständen wechselnder Zusammensetzung sich neben den chemischen Werbindungen stellen, so konnte auch ein Gesetz des Minimums in dieser einfachen, strengsten Form nicht standhalten. G. LIEBSCHER (1) erkannte dass ein Einfluss der anderen Wachstumsfaktoren nicht ausser Acht gelassen werden kann und die Höhe des Ertrags bei einer bestimmten Menge des ersten Wachstumsfaktor mit beeinflusst; er gab diesem Befunde in seinem Gesetz des Optimums Ausdruck: der Anstieg durch steigende Mengen des ersten Wachstumsfaktors ist um so grösser (die Ertragskurve steigt steiler an) je nachdem die anderen Wachstumsfaktoren günstiger sind.

Ebenso wird der maximale Ertrag um so weniger steil abfallen, wenn ein Wachstumsfaktor vermindert wird, je reichlicher die anderen Wachstumsfaktoren vertreten sind.

Diese Streuung bedeutete einen merkbaren Vorausgang über die einfache Liebig'sche Form des Ertragsgesetzes; sie wurde weiter ergänzt durch die gebogene Form, wodurch sich durch vieler Arbeit, welche ich hier nicht besprechen kann, die Ertragskurven entwickelten, zusammengefasst in verschiedenen Wirkungsgesetzen, wovon das MITSCHERLICH'sche nicht nur ihm selbst und seiner Schule zu umfangreicher Experimentalarbeit bei den verschiedenartigsten Wachstumsfaktoren Veranlassung gab, sondern auch viele Anderen zu Gedankenaustausch und Bekämpfung an Hand von Experimenten anregte.

Dabei wurde einerseits für die Ertragskurven die allgemeine Formel  $\log (A-y) = \log A - c(x+b)$  aufgestellt, welche sich durch ihre logarithmische Form und mittels ihren drei Parametern den empirisch gefundenen Ertragskurven gut anschliessen lässt. Andererseits stellte MITSCHERLICH das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren auf, nach dem der Wirkungsfaktor  $c$  für einen Wachstumsfaktor als konstant angenommen wird, unabhängig von den anderen Wachstumsfaktoren, welche zwar die Höhe des maximalen Ertrages  $A$  mit bestimmen, aber nicht die Form und den Verlauf der Ertragskurve, welche bei konstantem  $b$  durch  $c$  festgelegt ist.

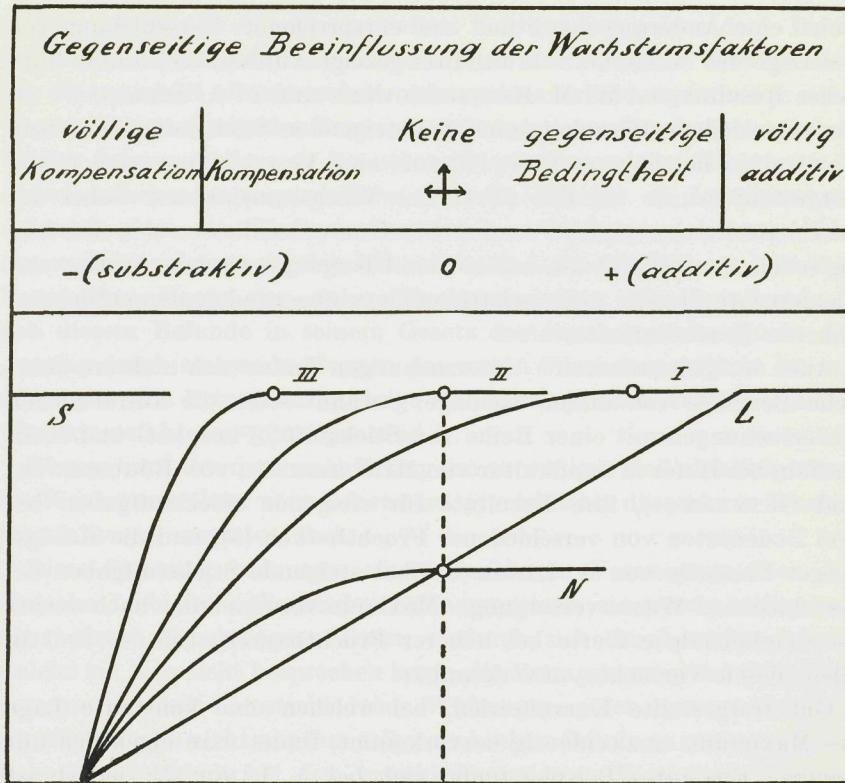
Es stellte sich dann aber durch die Arbeit mehrerer Forscher heraus dass diese einfache Form nicht standhalten konnte bei den physiologischen Prozessen des Pflanzenlebens und bei der kolloidchemischen Natur der Materie, wo gegenseitige Beeinflussung Regel ist und komplizierte Verhältnisse vorwiegen. Aus dem allgemein bekannten Material sei nur erinnert an die Versuche von RIPPTEL, ESTOR und MEYER (2),

wobei eine Änderung von  $c$  und eine entsprechende Verschiebung von der Lage des Maximums einwandfrei gezeigt wurden, und an ein ähnliches Resultat von W. M. KLETSCHKOWSKY und P. A. SHELESNOW (3) für verschiedene Phosphatstufen bei steigenden Stickstoffgaben worin einwandfrei bei höherer Phosphatstufe eine Verschiebung nach rechts festgestellt wurde für den Wert des Wachstumsfaktors, wobei der maximale Ertrag erreicht wurde. Die Kurven schliessen sich den Liebig'schen ziemlich gut an, nur ist der Übergang zwischen Anstieg und waagerechte Strecke nicht scharf, sondern abgerundet, namentlich bei höheren Fruchtbarkeitsstufen.

Auch in MITSCHERLICH's Untersuchungen finden sich mehrere deutliche Beispiele von dieser Sachlage; erwähnt seien die ausführlichen Untersuchungen mit einer Reihe von Stickstoff-, Phosphat- und Kalistaffeln bei Hafer in Sandkultur von MITSCHERLICH, von BOGUSLAWSKI und GUTMANN (4), ihre Resultate für steigende Stickstoffgaben bei drei Bodenarten von verschiedener Fruchtbarkeit (5), und die Königsberger Versuche von A. LANGE (6) über steigende Stickstoffgaben bei verschiedener Wasserversorgung. Maximumverschiebung nach rechts — abnehmende  $c$ -Werte bei höherer Fruchtbarkeitsstufe — sind in allen diesen Versuchen unverkennbar.

Gut festgestellte Kurvenserien, bei welchen eine konstante Lage des Maximums unzweideutig hervorkommt, findet man eigentlich nur wenige. Ein gutes Beispiel findet sich bei A. LANGE (7); jedoch ist in diesem Versuch die Stickstoffgabe mit 3 gr  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  pro Gefäß nicht die maximale, wie aus einer anderen Versuchsreihe hervorgeht, und würde das Bild sich bei anderer Stickstoffstufe zweifellos ändern.

Bei unseren Feldversuchen fand sich nun mehrfach eine andere Änderung in der Form der Ertragskurven bei höherer Fruchtbarkeitsstufe vor, indem das Maximum noch flacher wurde im oben besprochenen Sinne und eine Verschiebung nach links deutlich sich abzeichnete. Mehrere Beispiele (Goldgerste, Roggen, Kartoffeln, Zuckerrüben und Weizen) bei einer Reihe von pH-Staffeln in verschiedenen Jahren wurden von W. C. VISSER (8) gegeben, woran sich ähnliche Resultate von P. BRUIN (9) für Roggen bei einer anderen Gruppe von Versuchsfeldern anschlossen. In den guten Jahren mit höherem Ertrag wurde eine Verschiebung des Maximums nach links gefunden, und deutlicher noch eine stärkere Krümmung der Ertragskurve (grösseres  $c$ ) bei höherem Ertragsniveau. Am deutlichsten zeigt sich dies, wenn man auf die Ertragskurven angiebt den Punkt wo der Ertrag um 10 % niedriger ist als der maximale; diese Punkte zeigen eine deutliche Verschiebung nach links bei höherer Lage der Kurve.



Gegenseitige Beeinflussung der Wachstumsfaktoren.

Diese Verhältnisse kann man übersichtlich zusammenfassen in einem Allgemeinen Schema für die gegenseitige Beeinflussung der Wachstumsfaktoren wie oben.

Dabei findet man rechts bei L die Ertragskurve nach Liebig mit geraden Linien und einem scharfen Knick; der eine Wachstumsfaktor braucht volle Anfüllung von den anderen. Kurven N und I—III zeigen die etwas höhere Lage des Anstiegs nach Liebscher und die abgerundete Form.

Dabei hat Kurve I im Vergleich mit N eine nach rechts verschobene Lage des Punktes, wo der maximale Ertrag erreicht wird. Auch in diesem Falle bedingen die Wachstumsfaktoren sich gegenseitig und müssen sie sich anfüllen: zunehmende Gaben des einen können nur zur Wirkung kommen wenn genügend von den anderen ergänzend dazu kommt. Ein dergleichen Verhältnis zwischen den Wachstumsfaktoren wird manchmal unter den Gesichtspunkt der »Harmonie« gebracht; wenn die Nährstoffe nicht im richtigen Verhältnis zu einander zur

Wirkung kommen können, kann, wie man annimmt, eine Nährstoff-disharmonie entstehen, wodurch die Entwicklung der Pflanze und der Ertrag beeinträchtigt werden.

Fall II stellt die senkrechte Verschiebung des Maximums dar, welche durch das Gesetz der konstanten Wirkungsfaktoren gefordert wird: die Wirkung des einen Wachstumsfaktors ist unabhängig von den anderen. In Fall III sind die Verhältnisse umgekehrt, es wirken die Wachstumsfaktoren nunmehr nicht mehr additiv, sondern es findet eine Kompensation statt, indem bei höherer Fruchtbarkeitsstufe entweder der Boden in irgend einer Weise für den unzureichenden Wachstumsfaktor eine Kompensation liefert, oder die Pflanze sich Kompensation verschaffen kann.

Fall II steht also als Grenzfall oder Sonderfall scharf zwischen den Gebieten, welche unter Fall I bzw. III kommen, und nimmt gewissermaassen die Null-Stelle (keine Beeinflussung) ein.

Bevor wir nun dazu übergehen, und einen Überblick zu verschaffen von den Fällen welche tatsächlich vorkommen, wollen wir noch eine Art von Zusammenfassung besprechen wonach man die Verhältnisse kann studieren bei Versuchen, in denen nicht durch eine Reihe von Staffeln eine Ertragskurve hervorkommt welche die Stelle des Maximums deutlich zeigt, sondern nur Objekte »mit« und »ohne« einen bestimmten Nährstoff verglichen werden, und zwar beim selben Gewachs in einer Reihe von Jahren (welche verschiedene Fruchtbarkeitsniveau's darstellen).

Man kann dazu, wie in einer Graphik gezeigt werden wird (14), den Ertrag »ohne« auf einem Ordinat absetzen und denjenigen »mit« auf einem anderen, und dies für zwei verschiedene Jahre: je nachdem die Linien, welche die beiden Erträge im selben Jahr verbinden, sich schneiden oberhalb, auf, oder unterhalb der Abszisse liegt Fall I (bzw. L), Fall II oder Fall III (und S) vor. Oder man kann die Erträge »ohne« als Ordinat, diejenigen »mit« als Abszisse absetzen: je nach der Lage der Punkte für verschiedene Jahre lässt sich auch daraus schliessen welcher Fall vorliegt. F. VAN DER PAAUW (10) benutzte bei dem Studium eines unserer Versuchsfelder mit dem acht-Objekten Schema von Liebscher (O, N, P, K, NP, NK, PK, NPK) eine noch etwas verfeinerte Methode indem er die Erträge »ohne« bzw. »mit« auf das Jahresmittel für diese Objekte umrechnete, wodurch die verschiedenen Fälle deutlicher auseinander gehalten werden können.

Wir wollen nun erörtern welche von den oben gegebenen, im Allgemeinen Schema angedeuteten Fällen sich tatsächlich vortun, und sammeln dazu vorzugsweise solche Fälle, die durch eine gut gewählte

Tabelle I, Gefässversuche.

No	Forscher	Literatur	Gewachs	Niveau-faktor	Wachstums-faktor (Abszisse)	Fall	Bemerkungen
1	Rippel, Estor & Meyer	Z. Pflz. Ern., D. B A 8 (1926), 72	Hafer	N (2)	K (7)	I	
2	Mitscherlich, v. Boguslawski & Gutmann	Königsb. Gel. Ges. 12 (1935), 51	Hafer	N (12)	K (12)	II	Mit übergängen nach I
3	Mitscherlich	Lwsch. Jahrb. 52, 280	Hafer	N (3)	K (4)	I	Mehrere Versuche bei verschiedener Versuchsanordnung (Mähzeit und Düngezeit), alle deutlich Fall I wie oben
4	S. Landeck	Diss. Königsb. 1937	Festuca pratensis	N (5)	K (5)	I	
5	S. Landeck	id	id	K (5)	N (5)	I	
6	Mitscherlich	Lwsch. Jahrb. 52, 280	Hafer	K (4)	N (3)	I	
7	Mitscherlich, v. Boguslawski & Gutmann	Königsb. Gel. Ges. 12 (1935), 51	Hafer	K (12)	N (12)	I	
8	id	ibid, 55	Gerste	K (8)	N (7)	I	
9	Kletschkowski & Shelesnow	Lwsch. Jahrb. 74, 353	Hafer	N (7)	P (9)	I	
10	Mitscherlich, v. Boguslawski & Gutmann	l. c. 68	Hafer	N (11)	P (11)	I	
11	Kletschkowski & Shelesnow	l. c.	Hafer	P (9)	N (7)	I	
12	Opitz & Rath-sack	Lwsch. Jahrb. 68, 345	Senf	P (2)	N (6)	I	
13	Mitscherlich, v. Boguslawski & Gutmann	l. c. 68	Hafer	P (11)	N (11)	I	
14	id	l. c. 59	id	P (11)	K (11)	I	
15	id	l. c. 59	id	K (11)	P (11)	I	
16	id	l. c. 83	id	Na (4)	K (4)	III	
17	Lemmermann, Hasse & Jessen	Z. Pflz. Ern., D. B. B 7 (1928), 49	Hafer	P, K, Wasser (5)	N (6)	I	
18	Pfeiffer, Blanck & Flügel	Lwsch. Vers. Stat. 67, 1; 76, 1691	Hafer	Wasser (3,20)	N (6, 10)	I	Zwei Versuchsrei-hen
19	A. Lange	Lwsch. Jahrb. 85, 465	Hafer	Wasser (4)	N (10)	I	
20	id	id	id	N (10)	Wasser (4)	I	
21	id	id	id	Wasser (4)	P (9)	II	Dikalziumphosphat
22	id	id	id	(P (9))	Wasser (4)	I	id
23	Mitscherlich	Lwsch. Jahrb. 49, 390	Hafer	Wasser (2)	P (6)	I	Smolensk-Phospho-rit
24	id	id, 353	id	Wasser (2)	P (6)	I	Trikalziumphos-phat

Tabelle I, Forts.

No	Forscher	Literatur	Gewachs	Niveau-faktor	Wachstums-faktor (Abszisse)	Fall	Bemerkungen
25	Mitscherlich	Lwsch. Jahrb. 49, 353	Hafer	Wasser (2)	P (6)	II?	Thomasschlackenmehl Serie Kurz, Resultat unsicher
26	id	id, 358	id	Nährlösung (3)	P (4)	I	Trikalziumphosphat 3 Versuche
27	id	id, 335	id	Volum Sand (5)	Nährlösung (4)	I	Kurve unregelmäsig, Resultat nicht deutlich
28	id	id, 349	Möhren	Volum Sand (5)	Nährlösung (4)	III?	
29	Mitscherlich, v. Boguslawski & Gutmamn	l. c.	Hafer	Bodentyp (3) (Wassermenge)	N (10)	I	
30	T. H. v. d. Honnert	Archief voor de Suiker-industrie in Ned. Indië 1933, 143	Zucker-rohr	pH	P	III	Erhöhter Phosphatertrag bei niedrigerem pH (7.5 bis 4.5) in Wasserkultur

Reihe von Staffeln die Stelle der etwaigen Maxima möglichst unzweideutig zeigen. Tabelle I enthält eine Anzahl solcher Fälle für *Gefäßversuche*; die Zusammenstellung macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit, aber soweit diese geht tritt deutlich hervor dass in Gefäßversuchen mit verschiedenen Faktoren — zwar vorwiegend bei Hafer, aber auch bei anderen Gewächsen — Fall I sehr häufig auftritt: bei 30 Beispielen 24 mal. Fall II wurde zweimal deutlich, einmal etwas zweifelhaft angetroffen, und Fall III auch zweimal deutlich und einmal zweifelhaft.

Eine starke Tendenz nach einer kleineren oder grösseren Maximumverschiebung nach rechts ist also unverkennbar; die untersuchten Faktoren bedingen sich offenbar gegenseitig und sind einander anfüllend notwendig. Dagegen kommt auch Fall III vor, wobei wir besonders hervorheben No. 16, einen Gefäßversuch mit Hafer von MITSCHERLICH, v. BOGUSLAWSKI und GUTMANN, wobei gesteigerte Kaligaben bei verschiedenen Natriumstufen untersucht wurden. Es kommt eine deutliche Maximumverschiebung nach links zum Vorschein; eine Kompensation von Kalium durch Natrium ist ein bekanntes Phänomen.

Stellen wir nun eine Anzahl Resultate von *Untersuchungen im Felde* zusammen, so ergiebt sich das in Tabelle II sich zeigende Bild, wobei Fall III mehrfach und unzweideutig vorkommt, und zwar bei den 26 Beispielen 14 mal, mit noch drei Zweifelfällen. Daneben kommt auch

Tabelle II, Feldversuche

No	Forscher	Literatur	Gewachs	Niveau-faktor	Wachstums-faktor (Abszisse)	Fall	Bemerkungen
1	F. v. d. Paauw	—	Roggen	P (1×3)	N (3)	I	Versuchsfeld Pr 448, 1938. Nicht ganz sicher.
2	—	—	Kartoffeln	P (3)	K (3)	I	Versuchsfeld 00 51, 1937. Nicht ganz sicher.
3	C. A. Mooers	J. Am. Soc. Agron. 12 (1920), 16	Mais	Boden-güte (2)	Stand-raum (Pflanzen pro Hektar) (7.12)	III	2 Gegende in Tennessee
4	L. W. Osborn	Arkansas Expt. Stat. Bull 200 (1925), 20	Mais	Boden-frucht-barkeit (2×7)	Stand-raum (Pflanzen pro hektar) (5)	III	7 Arten in 2 Fruchtbarkeitsgruppen
5	O. de Vries	—	Kartoffeln	Jahres-wetter (18)	N	II	Versuchsfeld Pr 8, 18 Jahre, je 3 Kombinationen.
6	id	—	id	id	P	?	wie oben; Fall III übergehend in II— I.
7	id	—	id	id	K	I	wie oben.
8	G. Liebscher	J. f. Land-wsch. 43 (1895), 99	Som-merwei-zen, Korn	Jahres-wetter (3)	N	II	Drei Jahre, je 4 Kombinationen.
9	id	id	id	id	K	II— III	id
10	id	id	Som-merwei-zen, Stroh	id	N	III	id
11	id	id	id	id	K	?	id; Fall III bis II.
12	id	ibid 117	Kartoffeln	Jahres-wetter (9)	N	III	id
13	id	id	id	id	K	II	id
14	F. v. d. Paauw	Lbwk. Tijdschr. 50 (1938) 819	Roggen	Jahres-wetter (11)	P	III	Versuchsfeld Pr 8, 11 Jahre, je 3 Kombinationen.
15	id	id	id	id	K	III	Versuchsfeld
16	P. Bruin	—	Roggen, Korn	Jahres-wetter (3)	pH	I	Pr 200, 8 pH-Stufen.
17	id	—	Roggen, Stroh	id	pH	I	

Tabelle II, Forts.

No	Forscher	Literatur	Gewachs	Niveau-faktor	Wachstums-faktor (Abszisse)	Fall	Bemerkungen
18	P. Bruin	—	Kartoffeln	Jahreswetter(3)	pH	I	
19	id	Versl. Lbwk. Onderz. 42 (1936), 773	Roggen	Fruchtbarkeit und Jahreswetter	pH	III	42 Erntejahre von verschiedenen (28) Versuchsfeldern.
20	W. C. Visser	Versl. Lbwk. Onderz. 44 (1938), 341	Roggen	Fruchtbarkeit und Jahreswetter	pH	III	12 Erntejahre.
21	id	id, 334—338	Kartoffeln	id	pH	III	29 Erntejahre.
22	id	id	Gerste	id	pH	III	9 Erntejahre.
23	id	id	Weizen	id	pH	III	23 Erntejahre.
24	id	id, 328	Zucker-rübe	id	pH	III	13 Erntejahre.
25	H. A. Wallace	Wallace's Farmer 50 (1925), 641	Mais	Jahresertrag	Standraum (Pflanzen pro Pflanzstelle) (5)	III	Erträge von 21 Jahren (Ohio) in 3 Fruchtbarkeitsgruppen.
26	W. M. Jardine	J. Am. Soc. Agron. 8 (1916), 165	Winterweizen	Saatzeit (8)	Saatmenge	III	Mittel von 3 Jahren (Kansas)

Fall I vor (6 mal), und weiter auch Fall II (3 mal), so weit das letztere sich bei den ziemlich grossen Versuchsfehlern feststellen lässt. Jedenfalls ist der von anderen Forschern bis jetzt noch nicht hervorgehobene und wohl noch nicht deutlich erkannte Fall III gar nicht selten und bei einigen Faktoren-Kombinationen in Tabelle II sogar vorwiegend. Dies lässt sich, bei dem allgemeinen Vorkommen von Anpassungsscheinungen in der Physiologie und in der Landwirtschaft, leicht verstehen.

Wir greifen als Beispiel heraus No. 25, wobei der Einfluss erörtert wurde von guten Jahren mit grosser Ernte, bezw. schlechten Jahren, auf das Maximum der Maiserträge bei verschiedenem Standraum; auch hier giebt die höhere Fruchtbarkeit in den guten Jahren eine deutliche Maximumverschiebung nach links. Mehrere von den in Tabelle II angegebenen Fällen beziehen sich auf einfachere Versuchsfelder wo keine gestaffelte Serien untersucht wurden, sondern nur Düngungen »ohne« und »mit« bestimmten Bestandteilen. Dass man auch bei solchen einfachen Versuchen sich nach den oben angedeuteten Verarbeitungsweisen befriedigend über die Verhältnisse orientieren kann, wenn nur

genügend Erntejahren mit demselben Gewachs vorliegen, wurde oben auseinandergesetzt.

So weit das hier gesammelte, beschränkte Tatsachenmaterial geht, würde es scheinen dass Fall I bei Gefässversuchen vorherrscht, während Fall III bei Feldversuchen in den Vordergrund tritt. Mann könnte dafür auch leicht eine zwanglose Erklärung finden, indem man denkt an den kleinen Wurzelraum in den Gefässen gegenüber den grossen Wurzelraum und die Möglichkeit von Anpassung im Felde. Sollte sich die Schlussfolgerung bestätigen, dass in Gefässversuchen Fall I (bis II) vorherrscht, aber im Felde Fall III sehr oft auftritt, so würde dies die Gültigkeit der Resultate von Gefässversuchen einschränken und würde man vorsichtig sein müssen mit der Verallgemeinerung dieser Resultate auf die Verhältnisse im Felde. Dies scheint vorderhand aber nicht die meist warscheinliche Schlussfolgerung; es ist zu bemerken dass bei den in Tabelle I gesammelten Gefässversuchen die *pflanzenernährenden Wachstumsfaktoren* vorherrschen, Faktoren also worauf die Pflanze reagiert indem sie etwas zu sich nimmt; bei den in Tabelle II erwähnten Feldversuchen sind vielfach Milieu-Faktoren im Spiele, wobei die Pflanze auf einen Zustand des Milieus reagirt.

Es ist als warscheinlich zu betrachten dass die Art, in der die Wachstumsfaktoren einander beeinflussen, in erster Linie durch ihre eigene Natur bedingt sein wird, und dass die charakteristischen Unterschieden zwischen Gefässversuch und Feldversuch erst in zweiter Linie von Bedeutung sind. Es ist sehr erwünscht dass das experimentelle Material in dieser Beziehung sowohl für Gefäss- als für Feldversuche vervollständigt wird, so dass man sehen kann ob und in welcher Richtung ein fundamenteller Unterschied vorhanden ist.

Welche Faktoren-Kombinationen sich gegenseitig ergänzen müssen, bei welchen und unter welchen Umständen eine Kompensation möglich ist, wird näher zu erforschen sein. Es ist aber wichtig um hervorzuheben dass in der Praxis sich manchmal Anklänge sowohl an Fall I als an Fall III finden.

Wenn man sich mit der Harmonie der Nährstoffe beschäftigt und zu erörtern versucht, in welchem Verhältnis Stickstoff, Phosphorsäure und Kali in der Düngung gegeben werden müssen, so denkt man sich diese Nährstoffe als additiv, einander anfüllend, wirksam; es liegt dann Fall I vor. Bei stärkerer Stickstoffdüngung wird man, bewusst oder unbewusst diesem Prinzip folgend, mehr Phosphat und Kali geben; umgekehrt ist es gut bekannt dass man, um Kalimangel-Erscheinungen deutlicher sichtbar zu machen, die Kali-armen Parzellen stark mit Stickstoff und Phosphat düngen muss. Bei höherem Ertragsniveau

und stärkerer Entwicklung der Pflanze wird der Einfluss eines Kalimangels grösser, der Ertragsabfall steiler; es herrschen also die Verhältnisse von Fall I.

Daneben stehen andere Erfahrungen, nämlich dass die Pflanze einen Schaden oder einen Mangel besser verträgt, wenn die sonstigen Umstände günstiger sind und der Ertrag höher. In guten Jahren kann auf einem bestimmten Felde der Einfluss eines Kalimangels oder eines Phosphatmangels weniger gross sein, in schlechten Jahren kann dieser stark hervortreten: man schliesst dass in schlechten Jahren Kalio- oder Phosphatdünger stärker wirken und grösseren Effekt geben (11). Bei höherem Ertragsniveau also ein flacheres Maximum und ein geringerer Ertragsabfall: es liegt dann Fall III vor. So kann auf fruchtbarem Boden der schädliche Erfolg von einem niedrigen pH weniger gross sein als auf schlechtem Boden; W. C. VISSER (12) schliesst z. B. dass auf unseren Sandböden Roggen in weniger günstigen Fällen, wo der Ertrag relativ niedrig ist, ein pH (in Wasser) von 6 bis 6.5 verlangt, während auf ähnlichen, aber fruchtbaren Böden das pH bis 4.8 sinken kann ohne dass ein Ertragsabfall zu fürchten sei.

Es ist klar dass die Dünungswirtschaft und die Beratung je nach der Sachlage auf ganz andere Basis gestellt werden müssen; praktische Erfahrung hat wohl schon meistens das richtige gelehrt, aber Klarheit in den Gesichtspunkten und genauere Kenntnis der Verhältnisse sind sehr erwünscht. Das Studium von den wichtigsten Kombinationen von Wachstumsfaktoren von den oben entwickelten Gesichtspunkten aus erscheint sehr wünschenswert.

#### LITERATURVERZEICHNIS

1. G. LIEBSCHER: Journ. f. Landwirtsch. 43 (1895), 216.
2. A. RIPPET; W. ESTOR und R. MEYER: Zeitschr. Pfl. ern. D. u. B. A 8 (1926), 72.
3. W. M. KLETSCHKOWSKY und P. A. SHELESNOW: Landwsch. Jahrb. 74 (1931), 353.
4. E. A. MITSCHERLICH, E. v. BOGUSLAWSKI und A. GUTMANN: Schriften d. Königsb. Gelehrten Ges. 12 (1935), 63.
5. E. A. MITSCHERLICH, E. v. BOGUSLAWSKI und A. GUTMANN: Schriften d. Königsb. Gelehrten Ges. 12 (1935), Seite 99.
6. A. LANGE: Landw.sch. Jahrb. 85 (1938), 481.
7. A. LANGE: Landw.sch. Jahrb. 85 (1938), Seite 481.
8. W. C. VISSER: Verslagen van Landbouwk. Onderzoeken 44 (1938), 313 (mit Englischer Zusammenfassung).
9. P. BRUIN: Versl. v. Landbouwk. Onderzoeken 42 (1936), 814.
10. F. VAN DER PAAUW: Landbouwk. Tijdschr. 50 (1938), 795.

11. E. J. RUSSELL: Die Ernährung der Pflanze 24 (1928), 259.
12. Verslagen van Landbouwk. Onderzoeken 44 (1938), 344.
13. O. DE VRIES: Bodenk. u. Pflz. ern. 14 (1939), 1.
14. O. DE VRIES: Landbouwkundig Tijdschrift 51 (1939), 745.

### Diskussion.

MITSCHERLICH: Leider muss ich jetzt auf die Auffindung des Ertragsgesetzes zurückkommen: Der Ertrag der Pflanze ist eine Grösse, die von einer grossen Zahl variabler Faktoren, den Wachstumsfaktoren, bedingt wird. Wollten wir nun feststellen, wie die Ertragssteigerung mit der Steigerung eines einzelnen dieser Faktoren verläuft, so mussten wir — zunächst unbedingt — alle anderen bis auf diesen einen Faktor konstant halten. — Wir taten dies und kamen zu der von de Vries aufgeschriebenen Gleichung:

$$\log (A-y) = \log A - c.x$$

Aus dieser Gleichung folgt nun rein mathematisch (Es ist das nicht wie de Vries meint ein neues Gesetz!), dass der Wirkungswert eines Wachstumsfaktors konstant sein *muss!* — Das ist nun aber, wie de Vries mit Recht zeigt, nur »in erster Annäherung« der Fall; und so gilt auch die logarithmische Gleichung überhaupt nur als »erste Annäherung!« — Wenn wir uns fragen, warum das so ist, so erkennen wir bald, dass eine der Grundlagen, unter deren Voraussetzung das Gesetz entwickelt wurde, *nicht* zutrifft: »Die verschiedenen Wachstumsfaktoren sind *nicht unabhängig von einander!*« — Andererseits hätten wir das Gesetz überhaupt nicht finden können, wenn wir nicht zunächst diese Voraussetzung gemacht hätten! — Wir fanden so, dass der Wirkungsfaktor der Kohlensäure z.B. steigt mit der Intensität des Lichtes und dass der Wirkungsfaktor des Wassers z.B. steigt mit den in diesem gelösten Nährstoffmengen! — Andererseits fanden wir auch das, was Ihnen Herr de Vries in seinen Kurvenpaaren darstellen wollte, nur, dass wir es nicht graphisch, sondern mathematisch, nämlich in der Veränderung des *c*-Wertes ausdrückten, wie Sie das z.B. auch aus unserer Ihnen zugegangenen Internationalen Arbeit, die wir mit Gefässversuchen durchführten, entnehmen können. Ist irgend ein Wachstumsfaktor in sehr ungünstigen Mengen im System; fehlen z.B. von einem zweiten Nährstoffe sehr grosse Mengen, oder ist die Wachstumstemperatur für die betreffende Kulturpflanze unglücklich, sodass dadurch der Höchstertrag *A* niedrig werden muss; dann wird der Wirkungswert des gesteigerten Nährstoffes z.B. hoch sein; und er wird umso mehr fallen, je besser sich alle anderen Wachstumsfaktoren gestalten, bis er

möglichst unter besten Wachstumsbedingungen allmählich einen niedrigsten Wert annimmt, *der dann konstant bleibt*. — Diesen Beziehungen hätte de Vries wohl noch weiter nachgehen können. — Der Umstand, dass unter günstigen allgemeinen Bedingungen der Wirkungswert »c« als konstant anzusetzen ist, ermöglicht uns unsere Gefässversuche zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes des Bodens und für die landwirtschaftliche Praxis entsprechend auszunutzen!

DE VRIES: De Vries konstatiert mit grosser Genugtuung, dass schon in grossem Masse Übereinstimmung besteht. Die Annahme, dass c konstant ist, gilt auch nach Mitscherlich nur, wenn sehr bestimmte Bedingungen erfüllt sind; also dies ist ein Spezialfall, wie auch im allgemeinen Schema (siehe oben) gezeigt wurde. Maximumverschiebung nach rechts — abnehmendes c bei höherem Fruchtbarkeitsniveau — hat Mitscherlich auch reichlich konstatiert. Redner ist überzeugt, dass Mitscherlich bei Fortsetzung seiner Untersuchungen, auch Fälle von Maximumverschiebungen nach links finden wird, und er hofft, dass Mitscherlich uns auch auf diesem Gebiet ebenso schöne und ausführliche Beiträge bringen wird, wie er es namentlich bei den N-P-K-Staffelversuchen tat.

RAUTERBERG: Versuchsergebnisse über den Einfluss der Nährstoffmenge auf den Ertrag dürfen nur dann nach der logarithmischen Gleichung ausgearbeitet werden, wenn die Beziehung zwischen Nährstoffmenge und Ertrag in diesem Falle auch wirklich durch die logarithmische Gleichung wiedergegeben wird. Da beim Wachstum der Pflanze durch klimatische Faktoren oder andere Faktoren Störungen in den Wachstumsverlauf kommen können, kann nicht immer die Beziehung zwischen Wachstumsfaktor und Ertrag durch die logarithmische Gleichung wiedergegeben werden.

Es ist bei entsprechender Wahl der Nährstoffmengen, die in unterschiedlicher Menge verabfolgt werden, aber möglich, verhältnissmässig einfach festzustellen, ob die Beziehung zwischen Wachstumsfaktor und Ertrag durch die logarithmische Gleichung wiedergegeben wird. Gleichzeitig ist es möglich, den Höchstertrag und den Wirkungsfaktor c unabhängig von jeglicher Annahme zu berechnen. Wird nämlich die Nährstoffmenge in geometrischer Reihe mit dem Faktor 2 verabfolgt, z. B. bei Gefässversuchen 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 g pro Gefäss, so ist der Höchstertrag A aus der Formel

$$A = \frac{y_1^2}{2.y_1 - y_2}$$

zu berechnen. Diese Formel wird wie folgt erhalten, wenn  $x_2 = 2x_1$  ist.

$$\begin{aligned}
 x_1 c + b c &= \lg A - \lg (A - y_1) \\
 b c &= \lg A - \lg (A - y_0) \\
 x_1 c &= \lg (A - y_0) - \lg (A - y_1) \\
 x_2 c &= \lg (A - y_0) - \lg (A - y_2) \\
 x_2 &= 2 x_1 \\
 2 &= \frac{\lg (A - y_0) - \lg (A - y_2)}{\lg (A - y_0) - \lg (A - y_1)} \\
 2 \lg (A - y_0) - 2 \lg (A - y_1) &= \lg (A - y_0) - \lg (A - y_2) \\
 \lg (A - y_0) &= 2 \lg (A - y_1) - \lg (A - y_2) \\
 A - y_0 &= \frac{(A - y_1)^2}{A - y_2} \\
 A^2 - A y_0 - A y_2 + y_0 y_2 &= A^2 - 2 A y_1 + y_1^2 \\
 2 A y_1 - A y_2 - A y_0 &= y_1^2 - y_0 y_2 \\
 A &= \frac{y_1^2 - y_0 y_2}{2 y_1 - y_0 - y_2}
 \end{aligned}$$

Eine Berechnung von A kann nach dieser Formel nur dann erfolgen, wenn in nährstoff-freiem Quarzsand gearbeitet wird. Enthält der Sand Nährstoffe oder wird mit Boden gearbeitet, so ist nach Mitscherlich ein »b« vorhanden. Es ist aber auch hier möglich, A zu berechnen. Es sind freilich 3 Versuche durchzuführen, und zwar ein Versuch ohne Nährstoffgabe, also  $x_0$  und 2 Versuche mit  $x_1$  und  $x_2$ , wo auch  $x_2 = 2x_1$  sein muss. A kann nach der Gleichung

$$A = \frac{y_1^2 - y_0 y_2}{2 y_1 - y_0 - y_2}$$

berechnet werden.

Diese Gleichung wird wie folgt erhalten:

$$\begin{aligned}
 x_1 c &= \lg A - \lg (A - y_1) \\
 x_2 c &= \lg A - \lg (A - y_2) \\
 x_2 &= 2 x_1 \\
 2 &= \frac{\lg A - \lg (A - y_2)}{\lg A - \lg (A - y_1)} \\
 2 \lg A - 2 \lg (A - y_1) &= \lg A - \lg (A - y_2) \\
 \lg A &= 2 \lg (A - y_1) - \lg (A - y_2) \\
 A &= \frac{(A - y_1)^2}{A - y_2} \\
 A^2 - A y_2 &= A^2 - 2 A y_1 + y_1^2
 \end{aligned}$$

$$2 A y_1 - A y_2 = y_1^2$$

$$A = \frac{y_1^2}{2 y_1 - y_2}.$$

»b« kann in diesem Falle auch unabhängig von c berechnet werden; nach einer Gleichung, die wie folgt abzuleiten ist:

$$c(x_1 + b) = \lg A - \lg(A - y_1)$$

$$c(x_2 + b) = \lg A - \lg(A - y_2)$$

$$x_2 = 2 x_1$$

$$\frac{x_1 + b}{2 x_1 + b} = \frac{\lg A - \lg(A - y_1)}{\lg A - \lg(A - y_2)}$$

$$x_1 \lg A - x_1 \lg(A - y_2) + b \lg A - b \lg(A - y_2) =$$

$$= 2 x_1 \lg A - 2 x_1 \lg(A - y_1) + b \lg A - b \lg(A - y_1)$$

$$b \lg(A - y_1) - b \lg(A - y_2) = x_1 \lg A - 2 x_1 (A - y_1) + x_1 \lg(A - y_2)$$

$$b = \frac{x_1 [\lg A - 2 \lg(A - y_1) + \lg(A - y_2)]}{\lg(A - y_1) - \lg(A - y_2)}$$

Liegen Versuchsergebnisse vor, bei denen die Nährstoffmengen eine geometrische Reihe mit dem Faktor 2 bilden, so werden die A-Werte aus  $x_1 x_2$ ,  $x_2 x_3$ ,  $x_3 x_4$  usw. berechnet. Sind diese A-Werte praktisch gleich, also z. B. 60, 62, 58 g pro Gefäß, so ist gezeigt, dass die Beziehung zwischen Wachstumsfaktor und Ertrag durch die logarithmische Gleichung wiedergegeben ist. Werden dagegen A-Werte erhalten, die einen Gang haben, z. B. aus  $x_1 x_2 50$ , aus  $x_2 x_3 60$ , aus  $x_3 x_4 65$  usw., so wird die Beziehung zwischen Wachstumsfaktor und Ertrag nicht durch die logarithmische Gleichung wiedergegeben, und es ist auch zwecklos, an einem derartigen Versuch untersuchen zu wollen, ob der Wirkungsfaktor c konstant ist oder nicht.

Ausführlich habe ich diese Fragen in einer Arbeit behandelt: Über die Beziehung zwischen Wachstumsfaktor und Ertrag unter besonderer Berücksichtigung der Berechnung der Konstanten A und c in der logarithmischen Gleichung von Mitscherlich. Die Arbeit erscheint in der Zeitschrift: »Bodenkunde und Pflanzenernährung«, 14. (59.) Band, Heft 1/2, Seite 10—28, 1939.

DE VRIES: de Vries dankt für die Auseinandersetzung über die Berechnungsmethode. Dies geht neben dem von ihm Vorgebrachten hin; er möchte nur noch ausdrücklich darauf hinweisen, dass seine Betrachtungen ganz unabhängig davon sind, ob man die Ertragskurve in eine Formel zusammenfasst oder nicht. In Groningen nimmt man die Tatsachen wie man sie findet, zeichnet Ertragskurven und vergleicht diese

graphisch, ohne eine mathematische Formulierung zu benutzen. Das allgemeine Schema gilt dabei unverändert, man kann die Maximumverschiebung und die Wechselwirkung der Wachstumsfaktoren studieren usw.

Übrigens ist die Mitscherlichsche logarithmische Formel mit ihren drei Parametern wenigstens ebenso gut geeignet wie eine andere, um, wenn man das will, Ertragskurven mathematisch zu formulieren,

v. BOGUSLAWSKI: Die Beeinflussung der Kaliwirkung durch Natrium ist ganz entsprechend den Darlegungen von de Vries vor langer Zeit von Mitscherlich festgestellt und auch bei der Ermittlung des Wirkungsfaktors für Kali bei der Anwendung der Gefäßmethode zur Ermittlung der Düngerwirkung berücksichtigt worden. Ich habe diese Wechselwirkung nicht nur im Sand sondern auch bei der Ausnutzung des Bodenkalis durch Hafer (Landw. Jahrb. Bd. 83 1936 S. 755/67) studiert und gefunden, dass sowohl der Kaliumtausch, wie die Kaliaufnahme und schliesslich die Kaliverwertung in der Pflanze durch verschiedene Natriumgaben deutlich beeinflusst werden können. Indessen erhalten wir über die Beeinflussung und die Maximumverschiebung erst ein klares Bild, wenn wir alle drei Grössen (Umtausch, Aufnahme, Verwertung) gegenüberstellen. Zunächst können Kaliaufnahme und Verwertung durch Natrium äusserlich in ganz ähnlicher Weise beeinflusst werden wie durch verschiedene Stickstoffdüngung. Nur wurden die absoluten Höchsterträge in den angeführten Beispielen nicht verschoben, während ich dies in den genannten Gefäßversuchen feststellen konnte. Hierin liegt m. E. oft der einzige Unterschied zwischen Gefäß- und Feldversuch, bei welchem gerade in besonders günstigen Jahren der e-Wert stärker verschoben wird als der Höchstertrag, so dass praktisch eine Düngewirkung nicht errechnet werden kann. Ich sehe also zwischen Gefäß- und Feldversuch in diesem Punkt keinen prinzipiellen Unterschied. Auch kann dieselbe Beeinflussung oder Kompensierung abwechselnd als Fall 3 und Fall 1 (n. de Vries) beobachtet werden. Die beiden Begriffe Kompensierung und additive Wirkung der Faktoren dürften m. E. pflanzenphysiologisch oft schwer voneinander zu trennen sein. Welche Ursachen nun zu der geschilderten Maximumverschiebung des Falles 3 führen, muss natürlich näher geklärt werden. Sicher dürfte es sich oftmals um die indirekte Beeinflussung der Nährstoffwirkung durch Erhöhung des Wurzelwachstums und der Wachstumsintensität handeln. Dass daneben eine ganze Reihe von anderen uns bisher wenig bekannten Wirkungsfaktoren organischer Herkunft (neben den Spurenelementen) in Frage kommen, kann jeder beobachten, der mit derselben Pflanze Untersuchungen auf Sand und

Boden gleichzeitig durchführt. Im Boden wirken sicher mehrere bisher unkontrollierte Faktoren.

BEHRENS: Aus dem Vortrag von de Vries habe ich entnommen, dass in Gefässversuchen Fall III, in Feldversuchen Fall I am häufigsten ist. Wahrscheinlich steht hiermit in Verbindung, dass in Gefässversuchen keinerlei Kompensation der Wirkungen der Kernnährstoffe zu beobachten ist, dass jedoch in Feldversuchen eine Düngung mit einem Kernnährstoff eine bessere Aufnahme der anderen Nährstoffe zur Folge hat. Die Ursache für diese Verschiedenheit sehe ich in der Verschiedenheit der Löslichkeit der Nährstoffe: im Gefässversuch geben wir Sand und leicht lösliche Nährstoffe, im Feldversuch kommen die schwer löslichen Bodenstoffe zur Wirkung und dies hat eine bessere Versorgung mit einem Nährstoff, eine Kräftigung der jungen Pflanze und eine bessere Aufnahme der übrigen Nährstoffe zur Folge. Die höhere Aufnahme der Bodenphosphorsäure bei Stallmistdüngung hat zu der irrigen Ansicht geführt: die Wirkung der mineralischen Phosphorsäuredünger sei der Wirkung der Stallmistphosphorsäure unterlegen.

Bei der Berechnung der Konstanten der logarithmischen Gleichung von Mitscherlich bieten die von mir vor etwa 10 Jahren in den »Fortschritten in der Landwirtschaft« angegebenen graphischen Methoden den Vorteil, dass *sämtliche* Beobachtungswerte der Versuchsreihe berücksichtigt werden.

STEWART: Prof. de Vries has pointed out that different types of growth curves are obtained in field and pot experiments. I think that this difference may be accounted for to some extent by ordinary experimental errors which we find most difficult to control in pot experiments. Generally we find that the final yield in the pot experiment dependent largely on germination and this in turn is regulated by factors such as a) temperature, b) water content and c) nutrient concentration. Germination is poor if the nutrient concentration is too high or unbalanced. To counteract this, water has to be added, but if too much water is added in the early stages, growth is adversely affected. In sand cultures we usually find a high »c« value, especially for  $P_2O_5$ , and this is to be associated with too low a value for the maximum yield, A, in sand due to poor germination. In soils on the other hand, the pot experiments generally indicate a much greater  $P_2O_5$ -deficiency than exists in the field e. e. »b— $P_2O_5$ « is too low, and in our experience the low  $P_2O_5$  value is not associated with any subsoil effect. In the no-phosphatepots it appears that in the presence of a high water content there is a possibility microbiological activity being

reduced, particularly if the temperature is low, and as a result of this the soil phosphate is only partially utilised.

v. BOGUSLAWSKI: Nach meinen Erfahrungen wird insbesondere die Jugendentwicklung aller kleinsamigen Pflanzen im Gefässversuch leicht beeinträchtigt. Und zwar ist gewöhnlich der zwei bis drei cm hohe Gefässrand daran schuld, dass ein ungünstiges Kleinklima an der Bodenoberfläche entsteht und insbesondere dadurch Schädigungen durch Pilze gefördert werden (bei Lein, Senf, Klee usw.) Das Auftreten dieser Schädigungen, die sehr leicht zum Absterben der feinstengeligen, jungen Pflanzen führen können, wird zugleich durch zu starke Bewässerung begünstigt. Ich wende deshalb bei einem Teil unserer Versuche ein spezielles »Giessrohr« an, welches es gestattet, dass das Wasser ohne grosse Aufwendungen möglichst direkt in den Boden gelangt, und zwar so, dass das gegebene Wasser mit dem gesamten Boden des Gefässinhaltes sofort in Berührung kommt. Damit konnte zugleich die erste Voraussetzung für die Durchführung der Wasserhaushaltsversuche geschaffen werden. Als zweite Vorsichtsmassnahme ist die Aussaat der kleinsamigen Pflanzen und u.a. auch von Soja in eine dünne aufgeschüttete Sandschicht auch nach meiner Erfahrung richtig.

Scheffer verweist auf das harmonische Verhältnis der Nährstoffaufnahme und stellt zur Diskussion, ob dieses im Boden oder in der Pflanze zu studieren ist.

DE VRIES: Wenn man über Nährstoffharmonie redet, hat man einen Fall I (Maximumverschiebung nach rechts) vor sich. Die Frage, ob man harmonische Verhältnisse in der Pflanze, in der Bodenlösung oder im Boden selbst studieren soll, kann besser bei anderer Gelegenheit besprochen werden. de Vries dankt den Diskussionsrednern für ihre interessante Beispiele und hofft, dass durch weitere Untersuchungen von mehreren Seiten das interessante und praktisch wichtige Problem näher studiert werden wird.

Schluss der Sitzung 15,45 Uhr.

## 2. VERHANDLUNGSTAG, FREITAG, DEN 7. JULI.

### a) Vormittagssitzung, Beginn 9.30.

Prof. MITSCHERLICH schlägt vor, ein Begrüßungstelegramm an den leider erkrankten Professor HESSELMAN zu senden.

Prof. MITSCHERLICH übergibt sodann die Leitung der Sitzung Herrn Prof. Dr. O. de Vries.

### Vortrag:

#### DIE WASSERVERHÄLTNISSE DES BODENS IN IHREN BEZIEHUNGEN ZUM PFLANZENERTRAGE.

E. von BOGUSLAWSKI. Breslau.]

Wir wollen uns heute mit dem Wasserfaktor und damit mit einem der wichtigsten Fruchtbarkeitsfaktoren im Boden beschäftigen. Der Wasserfaktor nimmt in seiner stofflichen und physiologischen Wirksamkeit eine offensichtliche Sonderstellung ein. Andererseits ist für uns sein Zusammenwirken mit anderen Faktoren im vielgestaltigen Kraftfeld der Bodenfruchtbarkeit evident. Uns interessiert der Wasserfaktor vornehmlich in zweierlei Richtung; einmal in seiner indirekten Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch sein Mitwirken bei allen physikalisch-chemischen und biologischen Vorgängen im Boden und zweitens in seiner direkten Wirkung auf das Wachstum und die Ertragsbildung der Pflanze. Ich werde mich hier auf einige den letzten Punkt berührende Fragen beschränken.

Die Geschichte über die wissenschaftliche Erkenntnis zu diesem Thema zeigt, dass die Formulierung über die Wechselwirkung zwischen dem Wasserfaktor und dem Pflanzenwachstum sowohl gedanklich wie experimentell lange Zeit hindurch unklar geblieben ist. Die Ursache liegt m. E. weniger in der Unvollkommenheit bzw. Fortentwicklung der Grundwissenschaften als in der Einseitigkeit und Begrenzung von Problemstellung und Experiment, ohne die wir aber keinen steten Aufbau in der Forschung treiben können.

So wurden einerseits ohne jede Rücksicht auf die natürliche Lagerung des Bodens im gewachsenen Profil Proben entnommen und im Labor

nach künstlicher Zerstörung der Struktur auf ihr Verhalten gegenüber dem Wasserfaktor studiert. Es entstanden Vorstellungen und Begriffe, z. B. über die Wasserkapazität bzw. »maximale Wasser-Kapazität« des Bodens sowie über die Kapillar-Wirkungen und ihre Bedeutung bei der Wasserversorgung der Pflanze, die wir heute als überwunden bezeichnen. Alle Wasserhaushaltsuntersuchungen der letzten Zeit, wie u. a. die umfangreichen Versuchsreihen von FRECKMANN und BAUMANN (1) sowie MITSCHERLICH und BEUTELSPACHER (2) zeigten z. B., dass die Wasserkapazitätsbestimmung im gewachsenen Boden wesentlich niedrigere Werte liefert als die der Laboratoriums-Methoden. Wir folgern daraus, dass wir nur bestimmte Boden-Wasser-Größen (wie Hygroskopizität und min. Wasser-Kapazität (3) bzw. moisture equivalent) im Labor ermitteln können und für die meisten Fragen Methoden entwickeln müssen, die im gewachsenen Boden angewendet werden können.

Andere Schwierigkeiten traten bei der Beurteilung des Wasserhaushaltes der Pflanze ein. Zwar hat sich in der Agrikultur-Botanik sehr frühzeitig die Forderung nach der Beziehung zwischen Wasserhaushalt und »Ertragshöhe« durchgesetzt. So wurde von verschiedenen Forschern wie von HELLRIEGEL, WOLLNY, v. SEELHORST, REMY, MITSCHERLICH und ihren Schülern in Deutschland sowie vor allem von BRIGGS und SCHANTZ in Amerika ein wertvolles und umfangreiches Material über den »relativen Wasserverbrauch« bzw. »Water requirement

Gesamt-Transpiration  
Gesamt-Trockensubstanz

erarbeitet. Dieser unter den verschiedensten Versuchsbedingungen ermittelten Größe kann für uns heute nur noch den Wert einer »Faustregel« insbesondere bei der Unterscheidung stark differenzierter Arten besitzen. Dasselbe gilt von den aus dem relativen Wasserverbrauch häufig durch Berechnung abgeleiteten Bedarfs-Wassermengen in mm pro Vegetation; also von Zahlen, die ein praktisches Ziel der Forschung in Richtung der Berechnung darstellen. Mehrfach haben die Untersuchungen im gewachsenen Boden gezeigt, dass eine einfache und enge Beziehung zwischen Erschöpfung des Wasservorrates und der Ertragsbildung schwer abzuleiten ist. (1) (2). Wir wissen heute, dass die physiol. Wirkung des Bodenwassers von allen mitwirkenden Klima- und Bodenfaktoren sowie von den inneren Faktoren der Pflanze abhängt, dass wir also keineswegs eine für alle Verhältnisse geltende Beziehung von Wasserbedarf und Ertragsbildung aufstellen können. An sich hatte MITSCHERLICH verhältnismässig früh durch die Übertragung seines Ertragsgesetzes auch auf die Beziehungen zwischen Wassermenge und Pflanzenertrag einen Weg für die notwen-

digen Erkenntnisse gewiesen. Schliesslich können wir aus den letzten Ergebnissen, die ich in dieser Richtung gemeinsam mit MITSCHERLICH und GUTMANN verarbeitete, folgern, dass auch zwischen aufgenommener Wassermenge und Substanzbildung keine gradlinige Beziehung besteht, indem die Verwertung (Transpiration) mit steigender Aufnahme eines Faktors abnimmt.

Indessen bietet die Übertragung dieser Zusammenhänge auf das Gebiet des Wasserhaushaltes insofern Schwierigkeiten, als die Pflanze niemals gleichmässig mit Wasser versorgt wird und anderseits entwicklungs-physiologisch ausserordentlich empfindlich auf die Art der Nachlieferung im Boden und auf das Auftreten von Wassermangel reagiert. Hiermit berühren wir alle Fragen der Dürreerscheinungen und Dürreresistenz, die für grosse Anbaugebiete von ausschlaggebender Bedeutung sind. Umgekehrt kann auch bei sehr starker Zufuhr von Wasser die physiologische Leistung bestimmter Pflanzen »anormal« gehoben werden. So konnte ich (4) kürzlich an Grünlandpflanzen zeigen, wie bei starker Zufuhr von Rieselabwasser die Verwertung mit zunehmender Wasserversorgung nicht herabgesetzt sondern sogar erheblich gesteigert werden konnte gegenüber unbewässertem Grünland. (13,49 kg/mm gegenüber normal 8,33 kg/mm).

In all diesen nur kurz angedeuteten Erscheinungen, die uns experimentell zunächst ausserordentliche Schwierigkeiten bereiten, kommt die spezifische Funktion der Wasserwirkung im Organismus und das biologische Prinzip zum Ausdruck, mit dem wir es hier beim Pflanzenwachstum zu tun haben. Der allgemeine Schluss aus diesen Befunden muss sein, dass wir *im Zusammenhang mit der Bodenfruchtbarkeit nur die Methoden und Grössen des Wasserhaushaltes des Bodens bewerten können, die sich mit dem Wasserhaushalt der Pflanze in eine direkte Beziehung bringen lassen.*

Die hieraus zu ziehenden bezw. bereits entwickelten Folgerungen sind naturgemäß verschieden. Ich erinnere nur an das Vorgehen P. VAGELERS und F. ALTENS (5), die unter Zugrundelegung der Kenntnisse über die Oberflächenkräfte des Bodens und des Wurzeldruckes der Pflanze die Nutzungsgrenze des Bodenwassers bezw. das »tote Bodenwasser« zugleich unter Ausbau des Mitscherlich'schen Hy-Wertes berechnen. Somit kommen sie zu der Feststellung des »statisch-verfügbaren Bodenwassers«. Einen anderen Weg geht SCHOFIELD (6), indem dieser Forscher unter Zugrundelegung des Saugdruckes in cm Wassersäule die  $p_f$ -Skala aufstellt und die mit den verschiedensten Modell-Versuchen ermittelten Saugwerte und auch pflanzenphysiologischen

Grössen (»Wilting-point«, »permanent wilting-point«) bestimmten  $p_f$ -Werten zuordnet. Ich erwähne ferner Arbeiten von v. NITZSCH und die eleganten Versuche SEKERAS (7), der aufbauend auf Arbeiten von LIVINGSTON, GRADMAN, u. FISCHER in Modell-Versuchen neuerlich eine Strukturanalyse des Wasser liefernden Kapillar-Systems des in natürlicher Struktur erhaltenen Bodens durchführt. Auf diese Weise gewinnt SEKERA einen Maßstab für die Beweglichkeit des von ihm sogenannten »dynamisch« wirksamen Bodenwassers. Einen ähnlichen Weg beschritt ROGERS (8) durch die Feststellung der Beweglichkeit des Bodenwassers mit einer neueren Tonzellenmethode.

Selbstverständlich kann die Brauchbarkeit dieser z. T. sehr schnell arbeitenden Methoden sowie die mit ihrer Entwicklung entstandenen Begriffe und Beziehungen nur im physiologischen Versuche und zwar möglichst auf dem gewachsenen Boden entschieden werden. Für spezielle Fragen sind naturgemäß Versuche in Lysimeter-Gefässen und gewöhnlichen Gefässversuchen möglich und oft sogar unentbehrlich. Erfreulicherweise sind in den letzten Jahren die klassischen Untersuchungen v. VON SEELHORST und ROTMISTROFF in starkem Masse wieder aufgenommen und ausgebaut worden. In Deutschland besteht im Forschungsdienst eine entsprechende Arbeitsgemeinschaft, aus der bereits einige Arbeiten hervorgingen. (Siehe FRECKMANN und BAUMANN (1), MITSCHERLICH und BEUTELSPACHER (2), v. BOGUSLAWSKI (9)).

Einige der neuen Ergebnisse habe ich oben schon genannt. Eine Beobachtung kommt in allen einschlägigen Arbeiten eindeutig zum Ausdruck: der zeitliche Wasserentzug im Boden ist in erster Linie vom Entwicklungsrhythmus der Pflanze abhängig. Abgesehen von dem abweichenden Einfluss der Pflanzenarten macht sich die Stärke der Entwicklung, d. h. die Höhe des Ertrages erst verhältnismässig spät bemerkbar (1) (2). Die Feststellung umschliesst auch die Austrocknung des Bodens in vertikaler Richtung, die von der Entwicklung des Wurzelsystems abhängt. So kommen viele Autoren zu dem Schluss, dass die Wassernachlieferung durch stärkere Bewegung des Bodenwassers allgemein von untergeordneter Bedeutung ist. *Wenn der Rhythmus und im Laufe der Vegetation auch die Stärke des Wasserentzuges durch die oberirdische Entwicklung bestimmt wird, so ist der Vorgang des Wasserentzuges im Profil vornehmlich eine Funktion der Entwicklung und Verteilung des Wurzelsystems.* CONRAD und VEIHMEYER (10) haben einmal gefolgert, dass die Korrelation zwischen Wurzelentwicklung und Wasserentzug so eng ist, dass man die Wassergehaltsbestimmungen im Boden als Mass für die Wurzelausbreitung benutzen kann.

Nachdem wir vornehmlich aus den Untersuchungen von URSPRUNG

und BLUM wissen, dass die wasseraufnehmenden Teile der Wurzel relativ begrenzt hinter der Spitze der wachsenden Feinwurzeln lokalisiert sind, können wir uns erklären, dass die Schicht des Hauptwasserentzuges sukzessiv in vertikaler Richtung verschoben wird, was mit den tatsächlichen Feuchtigkeitsbestimmungen im Boden übereinstimmt. Da bei neu eintretenden Niederschlägen auch die Wassernachlieferung von oben nach unten (siehe auch MITSCHERLICH (2)) sehr gering ist, können im Laufe der Vegetation ausgesprochene Trockenhorizonte entstehen.

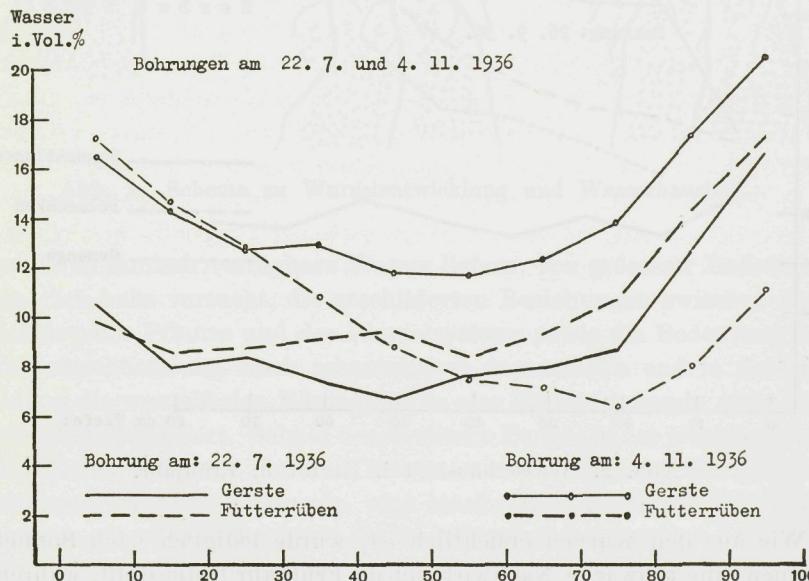


Abb. 1. Wasserhaushalt 1936.

Ich zeige dies an einem Beispiel, das aus unseren Versuchen stammt und den Wasserstand von Getreide und Hackfrucht zu verschiedenen Zeiten wiedergibt.

MITSCHERLICH folgert, dass man die Wiederauffüllung der Trockenhorizonte durch Bodenbearbeitung beschleunigen kann. Auf dem von mir untersuchten Sandboden komme ich vorläufig zu dem Schluss, dass hier durch das Zusammentreffen von starker Austrocknung mit geringer Regenkapazität im Wasserhaushalt eine Nachwirkung der Trockenhorizonte auf die Wasserversorgung der nächsten Vegetation kaum eine Bedeutung zukommt. Ich füge hierzu noch ein krasses Beispiel aus einer Versuchsreihe an, bei welcher der Boden nach einer normalen Getreideernte durch eine zweite Futterernte im Herbst noch stark ausgetrocknet wurde, sodass alle Herbst-Niederschläge verloren gingen.

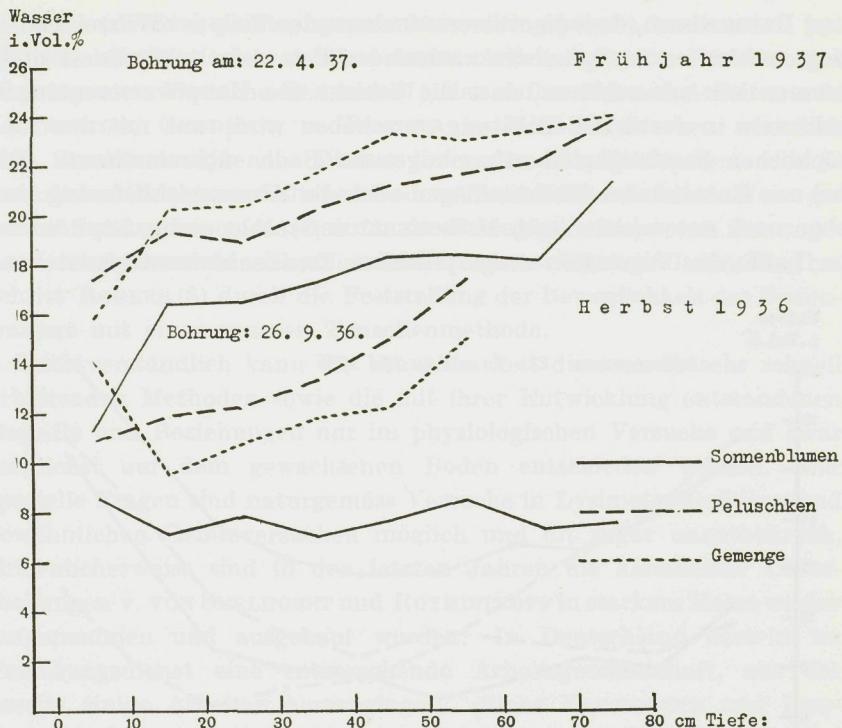


Abb. 2. Wasserhaushalt i. Herbst u. Frühjahr.

Wie aus den Kurven ersichtlich ist, wurde lediglich nach Sonnenblumen eine schwache Nachwirkung im Frühjahr festgestellt, während bei allen anderen Pflanzen (in der Abbildung nur zwei) der Wasserhaushalt innerhalb der natürlichen Schwankungen ausgeglichen war.

Zweifellos könnten wir uns über den Vorgang der Wasserversorgung der Pflanze besser orientieren, wenn wir über die Eigenschaften der Wurzelsysteme bei den verschiedenen Pflanzen genauere Kenntnisse hätten. Leider fehlen hier noch viele Grundlagen. Auch können wir, wie ich mich selbst überzeugen konnte, die klassischen Messungen ROTMISTROFFS nicht auf die Böden des gemässigten und semi-humiden Klimas übertragen. Ich beziehe diese Feststellung wie alle meine Ausführungen zunächst auf grundwasserfreie Böden. Auch aus den bekannten Wurzelzahlen SCHULZE's ist dies ersichtlich.

Aber auch bei geringerer Tiefenentwicklung des Wurzelsystems ist dasselbe nicht homogen im Profil verteilt. Deshalb dürfte mit abnehmender Durchwurzelung der tiefen Horizonte die Wassernachlieferung aus den mittleren und feineren Kapillaren des Bodens, die das soge-

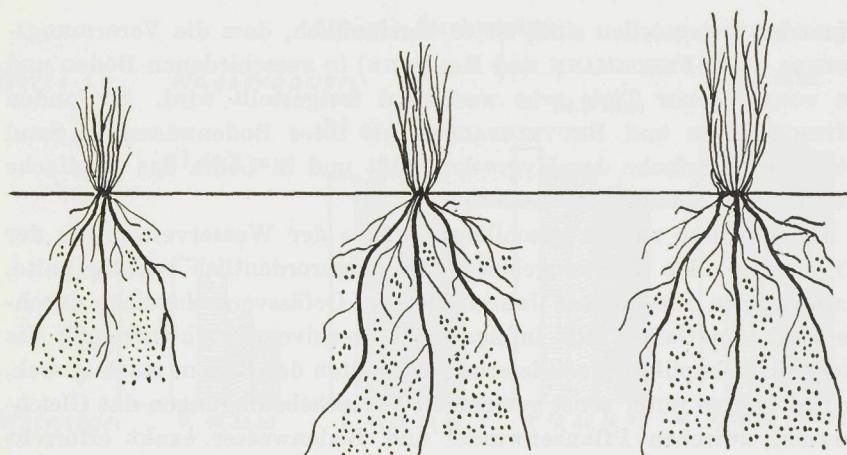


Abb. 3. Schema zu Wurzelentwicklung und Wasserhaushalt.

nannte dynamisch verfügbare Wasser liefern, von grösserer Bedeutung sein. Ich habe versucht, die geschilderten Beziehungen zwischen Entwicklung der Pflanze und des Wurzelsystems sowie die Bedeutung der Wassernachlieferung stark schematisiert darzustellen und in der Abbildung die wurzelfreien Räume, in die also die Saugwurzeln nicht hineinreichen, punktiert. Sobald der »kritische Punkt« in der Nachlieferung erreicht ist, setzt, wie dies auch SEKERA unter besonderen Versuchsverhältnissen nachweisen konnte, eine starke Einschränkung der Transpiration ein. Zweifellos spielt die Ermittlung dieses Punktes besonders auf den Böden eine Rolle, bei denen eine künstliche Bewässerung eingesetzt werden kann. So wären wir durch die Anwendung des Modellversuchs einmal in die Lage versetzt, bestimmte Kulturmassnahmen abzuleiten und den Zeitpunkt der Bewässerung richtig zu treffen.

In normalen Ackerböden, bei denen keine Bewässerung möglich ist, setzt nun nach der Erreichung dieser Nachlieferungsgrenze allerdings eine weitere sehr wichtige Periode ein. In allen Gebieten, in denen grössere Trockenheitsperioden die Regel sind, sind diese oft ausschlaggebend für den gesamten Ackerbau. Es ist deshalb unsere Aufgabe, auch für diese Fälle der starken Wasserverarmung die richtigen Kulturmassnahmen und insbesondere die richtige Pflanzenwahl zu erforschen und damit der Praxis zu helfen. In allen dicht durchwurzelten Schichten und im Laufe der Zeit auch in den tiefen Horizonten wird nun unter Zurücktreten der Nachlieferung das statische Gleichgewicht zwischen Wurzeldruck und Saugdruck des Bodens hergestellt. Zumal beide Vorgänge der Wasserverarmung zeitlich ineinander übergehen und neben-

einander festzustellen sind, ist es verständlich, dass die Verarmungsgrenze (nach FRECKMANN und BAUMANN) in verschiedenen Böden und in verschiedener Tiefe sehr wechselnd festgestellt wird. So fanden MITSCHERLICH und BEUTELSPACHER als totes Bodenwasser in Sand etwa das Vierfache der Hygroskopizität und in Lehm das Zweifache der Hygroskopizität des Bodens.

Da ich diese zuletzt geschilderte Phase der Wasserversorgung der Pflanze in allen Trockengebieten für ausserordentlich wichtig halte, haben wir in Breslau seit Jahren kleinere Gefässversuchsreihen durchgeführt. Im Gefäss tritt infolge sehr intensiver Durchwurzelung des Bodens die kapillare Nachlieferung von seiten des Bodens stark zurück, sodass hierbei unter sonst geeigneten Versuchsbedingungen das Gleichgewicht zwischen Pflanzenwurzel und Bodenwasser exakt erforscht werden kann. Im Gegensatz zu ähnlichen früheren Versuchen und zu dem Vorgehen, wie es kürzlich KELLER (11) wieder aufgenommen hat, wurde bei unseren Versuchen Wert darauf gelegt, dass die Pflanzen in möglichst normaler Entwicklung erhalten blieben, d. h. keine extremen Welkezustände durchmachten. Ohne jetzt auf die erforderlich gewesenen methodischen Arbeiten einzugehen, will ich noch einige Ergebnisse nennen. Die Versuchspflanze war So.-Weizen (Peragis). Es wurde in dem zuerst zu nennenden Beispiel von verschiedenem künstlich reguliertem Feinerdegehalt des Bodens und verschiedenen Wassergaben ausgegangen. Von einer bestimmten Entwicklungsstufe an erhielten die verschiedenen Böden stets gleiche Wassermengen, so dass der in Zusammenstellung 1 mitgeteilte absolute Wasserverbrauch und seine starke Differenzierung bei den verschiedenen Böden lediglich auf die Nutzungsgrenze und das tote Bodenwasser zurückzuführen sind.

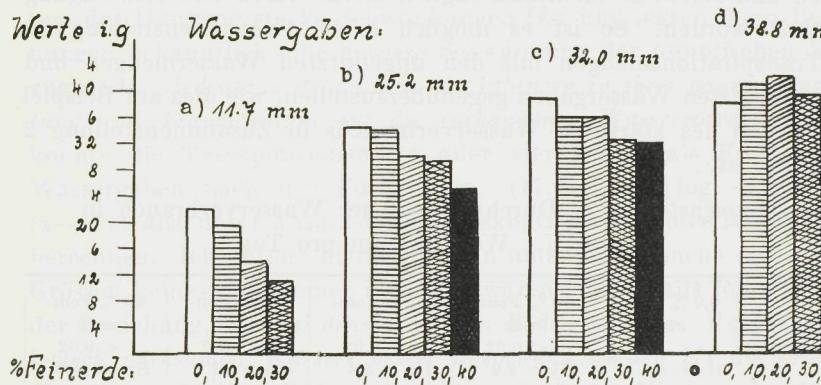
*Zusammenstellung 1 Wasserverbrauch in mm*

Wassergabe mm	0 % Feinerde	10 % Feinerde	20 % Feinerde	30 % Feinerde	40 % Feinerde
11,7	408	326	192	134	
25,2	823	684	532	527	462
32,0	864	822	766	678	648
38,8	910	881	837	762	737

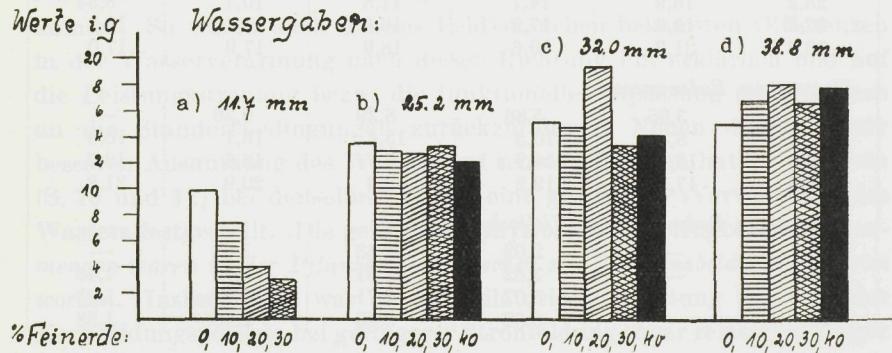
Beim Vorhandensein dieser grossen Differenzen in der Wasserausnutzung ist es nun überraschend, wie wenig mit Ausnahme der ersten anormal niedrigen Wasserstufe die Erträge beeinflusst wurden.

In den drei höheren Wasserstufen (b, c, d) sind vornehmlich die vegetativen Teile der Pflanze, also die Strohernten, stärker beeinflusst wor-

Abb. 4. Stroherträge:



Kornerträge:



den, während die Kornerträge unter Beachtung ihrer Schwankungen durch die sehr abnehmenden Wasserverbrauchszahlen kaum erniedrigt wurden. Es hat den Anschein, als ob bei der Wassergabe c u. 20 % Feinerdegehalt des Bodens ein Kulminationspunkt in der Ertragskurve gefunden wird. Jedoch war auch dieser Befund zahlenmässig nicht ganz gesichert. Die Ergebnisse lassen die grosse Bedeutung der funktionalen bzw. ökologischen Anpassung der Pflanze erkennen, indem im mittleren Falle mit 50—75 % des Wasserverbrauchs nur sehr geringe Ertragsdifferenzen verbunden sind. *Wir können folgern, dass die Pflanze ihren Blatt- und Stengelapparat verkleinert und mit diesem dieselbe physiologische Leistung in der Kornausbildung zustande bringt wie bei voller Versorgung.* Demnach wird das Wasser bei schweren Böden besser »verwertet«. Mit diesem Befund werden die obigen Ausführungen nochmals unterstrichen.

Die Wasserausnutzung ist nun während der ganzen Versuchszeit

täglich und zeitweise mehrmals täglich direkt durch Differenzwägung ermittelt worden. So ist es möglich (siehe Zusammenstellung (2), die Transpirationsmengen mit den ungenutzten Wassermengen und den zugeführten Wassergaben gegenüberzustellen, wie dies am Beispiel der Dekade des stärksten Wasserverbrauchs in Zusammenstellung 2 geschehen ist.

*Zusammenstellung 2 Durchschnittlicher Wasserverbrauch in Dekade V. Werte i. mm pro Tag*

Wassergabe i. mm	0,0 % Fein- erde < 0,02 Hy = 0	10 % Fein- erde < 0,02 Hy = 2,9	20 % Fein- erde < 0,02 Hy = 5,8	30 % Fein- erde < 0,02 Hy = 8,7	40 % Fein- erde < 0,02 Hy = 11,6
<i>Absoluter Wasserverbrauch:</i>					
11,7	7,75	5,84	3,41	2,34	—
25,2	16,9	14,7	11,8	10,1	8,34
32,0	19,9	17,3	16,3	15,4	13,3
38,8	21,3	19,6	18,9	17,9	17,0
<i>Ungenutztes Bodenwasser:</i>					
11,7	3,95	5,86	8,29	9,36	—
25,2	8,30	10,5	13,4	15,1	16,9
32,0	12,1	14,7	15,7	16,6	18,7
38,8	17,5	19,2	19,9	20,9	21,8
<i>Ungenutztes Bodenwasser i. Vielfachen der Hy.:</i>					
11,7	—	2,02	1,43	1,08	—
25,2	—	3,62	2,31	1,74	1,45
32,0	—	5,07	2,71	1,91	1,61
38,8	—	6,62	3,43	2,40	1,88

Die Differenzen zwischen den Böden sind hier naturgemäß grösser als bei den oben genannten Zahlen der Gesamtvegetation. Als Maßstab für das ungenutzte Wasser wird dieses im letzten Teil der Zusammenstellung im Vielfachen der Hygroskopizität angegeben. So zeigt sich, dass als äusserster Wert der Wasserausnutzung ungefähr die einfache Hygroskopizität festgestellt wird, und dass die Ausnutzungsgrenze mit dem Sandgehalt und der Wassergabe steigt. Diese Gesetzmässigkeit ist auffallend einheitlich in der ganzen Versuchsreihe wiederzufinden. In den hier nicht angeführten übrigen Dekaden wurde ein ganz ähnliches Bild festgestellt. Dabei entsprechen die mittleren Wassерstufen am meisten den normalen Wachstums- und Ertragsverhältnissen des gewachsenen Bodens.

Allgemein wäre also festzustellen, dass die Grenze der Nutzbarkeit, wie dies schon SHIVE (12) und LIVINGSTON beobachteten, nicht scharf abgegrenzt ist. Man könnte die Ursache in der Anpassung des Wurzeldruckes an die Bodenart suchen, wie dies FOSCHUM (13) u. a. schon

beobachtet hat. Auch VAGELER und ALTEN stellten in Abhängigkeit von der Düngung starke Schwankungen fest und legten ihren Berechnungen bekanntlich eine gewisse Schwankung der osmotischen Werte zugrunde. *Jedenfalls stellen sich die Pflanzen in ihrer ganzen Entwicklung und Transpiration auf die vorhandenen Wasservorräte ein.* Ich konnte die Transpirationswerte aller vier Böden als Funktion der Wassergaben nach der Formel  $\log. (47,0 - y) = \log. 47,0 - 0,007 (x - Hy)$ , also unter Ansatz der Hygroskopizität als »totes Bodenwasser« berechnen. Ich betone hierzu, dass in anderen Versuche diese beiden Grössen keineswegs immer identisch waren. Jedenfalls folgt aber aus der Beziehung, *dass bei den schwereren Böden geringere Mengen physiologisch wirksamen Wassers besser ausgenutzt werden als die grösseren Vorräte der leichten Böden.* Auch innerhalb der Werte jedes Bodens kann aus den Zahlen dieselbe Gesetzmässigkeit abgeleitet werden, die schliesslich auch im Wirkungsgesetz von Mitscherlich zum Ausdruck kommt. So wären auch die aus Feldversuchen bekannten Differenzen in der Wasserverarmung nach dieser Richtung hin erklärlich und auf die Leistungsstreuung bezw. die funktionelle Anpassung der Pflanzen an die Standortbedingungen zurückzuführen. Neben dieser relativ besseren Ausnutzung des Wassers auf schweren Böden hatten wir oben (S. 10 und 11) bei denselben Böden eine günstigere »Verwertung« des Wassers festgestellt. Die geringeren physiologisch verfügbaren Wassermengen waren in der Pflanze ökonomischer zur Substanzbildung verwertet worden. Insbesondere war die assimilatorische Leistung während der Kornbildungsperiode bei geringerer Strohbildung sogar relativ günstiger gewesen.

So komme ich zu dem Ergebnis, dass wir den physiologischen Eigenchaften der »Wasserausnutzung und der Wasserverwertung durch die Pflanze« erhöhte Aufmerksamkeit schenken müssen; denn schon die Sorten derselben Art verhalten sich nach meinen weiteren Untersuchungen nicht gleich. Wir müssen die »Leistungsstreuung«, worunter ich die Höchstertragsgrenze sowie die erbliche und funktionelle Variationsbreite verstehe, für die verschiedenen Pflanzenarten und Rassen näher kennen lernen, damit wir die zweckmässigsten Kulturmassnahmen und die richtige Pflanzenwahl für die Ausnutzung eines gegebenen Wasserhaushaltes erforschen können. Derartige Befunde werden zusammen mit der oben besprochenen Eigenschaft des Wurzelwachstums uns eher in die Lage versetzen, für die Modellversuche Grenzwerte abzuleiten. Auch diese werden wir dann mit grösserer Treffsicherheit zum Nutzen der praktischen Landwirtschaft unserer Länder einsetzen können.

## LITERATUR

1. W. FRECKMANN und H. BAUMANN: Zeitschrift für Bodenkunde und Pflanzenernährung. 2 (1937) 127—166.
2. E. A. MITSCHERLICH und H. BEUTELSPACHER: Zeitschrift f. Bodenkunde und Pflanzenernährung, 9/10 (1938) 337—395.
3. P. VAGELER: »Der Kationen- und Wasserhaushalt des Bodens.« Berlin 1932.
4. E. v. BOGUSLAWSKI und B. NEWRZELLA: »Landw. Jahrbücher.« 88 1939 623—651.
5. P. VAGELER: »Der Kationen- und Wasserhaushalt des Bodens.« Berlin 1932 S. 260 ff.
6. R. K. SCHOFIELD: Transactions of the 3. Intern. Congress of Soil-Science. Vol. I 1935 S. 30.
7. F. SEKERA: u. a. Zeitschr. f. Pflanzenernährg., Düngung u. Bodenkunde, A 22, (1931) S. 87—111. — Zeitschr. f. Bodenkunde u. Pflanzenernährg. 6 (1938) 288—311.
8. W. G. ROGERS: Journ. of Agr. Science 25 (1935) 326—343.
9. E. v. BOGUSLAWSKI: Pflanzenbau 13 (1937) 369—385.
10. I. CONRAD und F. S. VEIHMEYER: Hilgardia, Vol. 4 (1929) 113—134.
11. H. KELLER: Zeitschr. f. Bodenkunde u. Pflanzenernährg. 6 (1937) 37—47.
12. I. SHIVE und B. E. LIVINGSTON: Plant World 17 (1914) 81 ff.
13. B. FOSCHUM: Forschritte d. Landw. (1928) 1014.
14. W. v. NITZSCH: RKTL-Schriften Heft 41 (1933) und Heft 70 (1937.)

## Diskussion:

MITSCHERLICH: Mir erscheint es doch wichtiger den Wasserverbrauch der Pflanzen von ihrer oberirdischen Entwicklung und nicht von ihrer Wurzelentwicklung in Abhängigkeit zu bringen; denn je nach der Pflanzenart und je nach ihrer Blattentwicklung muss ja die Wasserverdunstung bei gleichen klimatischen Verdunstungsbedingungen eine andere werden. Aus welchen Erdschichten dabei die Pflanze das Wasser entzieht, ist eine sekundäre Frage, die wohl mit der Ausbreitung des Wurzelsystems im Boden zusammenhängt, wobei aber wiederum zu berücksichtigen ist, dass die Pflanzen ihr Wurzelsystem gerade in den Erdschichten am meisten ausbreiten, in denen ihnen die erforderlichen Wasser- und Nährstoffmengen vornehmlich zur Verfügung stehen.

SCHEFFER: Die Pflanzen trocknen den Boden zuweilen so stark aus, dass der Wassergehalt des Bodens bis auf 3—4 % sinkt. Dabei werden wichtige physikalische Eigenschaften des Bodens, vor allem das Wasserhaltungsvermögen des Bodens, sehr stark beeinflusst. In zahlreichen Versuchen auf Lehmböden wurde festgestellt, dass die Getreidepflanzen den Boden stärker austrocknen als z. B. den Acker gleichmässig be-

deckende Pflanzen wie Rüben oder Erbsen. Der einmal stark ausgetrocknete Boden hat z. T. sein Wasserhaltungsvermögen verloren und zeigte in unseren Versuchen stets eine um mehrere % niedriger liegende Wasserkapazität. Dieses Ergebnis stimmt mit der Erfahrung überein, dass die Drainagen nach einem trockenen Sommer im Winter bei reichlichen Niederschlägen sehr stark laufen. Aus diesen Versuchen folgern wir weiter, dass eine starke Austrocknung des Bodens durch die Pflanzen möglichst vermieden werden muss, was in der Praxis durch geeignete Massnahmen wie Schälen, Pflügen, Eggen u. s. w. oder durch Anbau geeigneter Pflanzen soweit wie möglich angestrebt werden muss. Der Frage der Kapillarität im Boden wird vom Referenten keine Bedeutung beigemessen, was allgemein mit den modernen Anschauungen über Wasser- und Nährstoffversorgung der Pflanzen übereinstimmt. Ein sehr gutes Beispiel hierfür geben die Böden des ewigen Roggenbaus in Halle/S. Auf einigen Parzellen hat sich in der Ackerkrume eine Reaktion von rd. 5 pH, in der Pflugsohle eine Reaktion von 7,0 pH und im Untergrund von 22 cm Tiefe an eine Reaktion von über 7,0 pH eingestellt. Wäre eine Kapillarität wenigstens in dem in der Literatur oft dargestellten Umfange im Boden vorhanden, dann wäre in diesen Böden ein Austausch der Ca-Ionen aus der Pflugsohle zur Ackerkrume erfolgt und die Unterschiede in den Reaktionszahlen sicherlich nicht aufgetreten.

von BOGUSLAWSKI: Auch bei den geschilderten Versuchen lässt sich der Rhythmus des Wasserverbrauches nach dem Wachstumsgesetz berechnen. Das Wurzelwachstum ist m. E. insofern mitbestimmend für den Wachstumsrhythmus als bei den einzelnen Pflanzenarten und Böden die tieferen Horizonte in ganz verschiedener Intensität und Geschwindigkeit für die Wasserversorgung der Bestände erschlossen werden.

Ich habe betont, dass der Schluss über die geringe Nachwirkung der Austrocknung tieferer Horizonte nur für den geprüften Boden und auch nur für den nächstjährigen Wasserhaushalt und Ertrag gilt. Der untersuchte Boden hat einen derart labilen Wasserhaushalt, dass für den Fall, dass jede Austrocknung eine Nachwirkung haben soll, eine permanente ungünstige Beeinflussung von Boden und Pflanze vorliegen würde. Ertragsstatistisch lässt sich hierüber aber nichts nachweisen.

DE VRIES dankt für die interessanten Ausführungen und betont, dass wir uns bemühen müssen, auf diesem Gebiete weiterzukommen.

## Vortrag:

WEITERE PHYSIKALISCHE BODENEIGENSCHAFTEN IN  
IHRER BEZIEHUNG ZU DEN PFLANZENERTRÄGEN.

von EILH. ALFRED MITSCHERLICH — Königsberg i. Pr. (Deutschland).

Im vorigen Punkte unserer Verhandlungen haben wir die Wasser-  
verhältnisse des Bodens behandelt, und gesehen, dass der Pflanzen-  
ertrag von denjenigen Wassermengen bedingt wird, welche den Pflan-  
zen in einer bestimmten Bodenschicht momentan, u. zw. als Integral  
über die ganze Wachstumszeit, zur Verfügung stehen.

Wenn wir jetzt an die Besprechung der weiteren Bodeneigenschaften  
herangehen, welche ihrerseits noch einen Einfluss auf den Pflanzener-  
trag ausüben, so kommen als solche zunächst die in Betracht, welche  
die Bereitstellung des Bodenwassers während der Vegetationszeit in  
möglichst hohem Masse ermöglichen, und dabei dafür sorgen, dass  
dieses Bodenwasser auch noch in grösseren Tiefen »gesund«, d. h. aus-  
nutzbar für die Pflanzenwurzeln, bleibt! — Denn bilden sich in den  
tieferen Bodenschichten z.B. Bodensäuren, so hört in diesen das Wach-  
stum der Pflanzenwurzeln auf, unser Boden wird dann »physiologisch-  
flachgründig« und kommt somit in diesen Schichten nicht mehr für  
den Pflanzenwuchs in Betracht; ähnlich, wie wenn Gesteine den Unter-  
grund bilden würden.

Dabei ist es wesentlich, dass wir das Wasser unseren Kulturpflan-  
zen möglichst in der obersten Erdschicht zur Verfügung stellen; denn,  
wenn unsere Pflanzen hier das erforderliche Wasser und damit auch  
die erforderlichen Nährstoffe vorfinden, brauchen sie nicht erst noch  
tieferen Erdschichten hierzu aufzusuchen. Sie ersparen also Energie-  
mengen, die sie sonst zum Längenwachstum der Wurzeln unnötig  
hergeben müssen, und können diese zum Endzweck alles Daseins, zur  
»Arterhaltung« oder, wie wir Landwirte sagen, zur »Ertragsbildung«,  
ausnutzen! Wir fanden so, dass Haferpflanzen, wenn ihnen das Wasser  
in den obersten Erdschichten, die damit gesättigt wurden, zur Ver-  
fügung stand, bei halber Wassermenge gleich hohe Erträge zeigten,  
als wenn sich das zur Verfügung stehende Wasser auf die ganze Tiefe  
der Krumenschicht verteilte! (1).

Es kommt also zunächst darauf an, das Wasser den Pflanzen mög-  
lichst in den obersten Erdschichten bereit zu stellen. Das kann man  
tun, indem man diese Erdschichten in Krümelstruktur bringt, wobei  
darauf zu achten ist, dass diese Krümel zunächst in sich möglichst  
locker gefügt sind, dass also in ihnen die engsten Hohlräume möglichst

weit sind — denn dann können sie möglichst viel Wasser aufnehmen! —, und ferner darauf, dass die Krümel selbst nicht allzu gross sind!

Sind die Krümel nämlich zu gross, dann bilden sie zwischen sich weite Hohlräume und das Regenwasser wird schnell durch diese in die unteren Erdschichten absickern; sind die Krümel dagegen weniger gross, so können die Hohlräume zwischen den einzelnen Krümeln den Regenwasserabfluss derart verlangsamen, dass stets die Zeit bleibt, dass sich die Krümel selbst dabei erst voll mit Wasser sättigen, ehe das weitere Wasser tiefer eindringt! Das ist demnach pflanzenphysiologisch erforderlich!

Um dabei eine pflanzenphysiologische Tiefgründigkeit des Bodens zu ermöglichen, und somit möglichst hohe Erdschichten mit gesundem Wasser zu erfüllen, muss das überschüssige Wasser, welches wir nicht mehr in dem gekrümelten, d. h. bearbeiteten Boden zurückhalten können, freien Abfluss in die tieferen Erdschichten haben. Bildet sich hier irgendwie eine Pflugsohle, od. dgl., so ist es darum notwendig diese mit dem Untergrundhaken aufzureißen, ohne allerdings dabei den Untergrundboden als solchen nach oben zu bringen! — Wir sehen hier also, welche Bedeutung pflanzenphysiologisch einer richtigen Krümelbildung des Bodens zukommt.

Diese hat aber pflanzenphysiologisch noch eine zweite Bedeutung:

Unsere Pflanzenwurzeln gehen nicht nur in die Tiefe, sondern müssen gleichzeitig oder gleich darauf auch ein Dickenwachstum eingehen, welches bei den Pflanzen besonders stark wird, die in ihren Wurzeln zur vegetativen Fortpflanzung Reserveorgane ausbilden. Die Energie Mengen, die die Pflanze hierzu gebraucht, sind ausserordentlich gross. Wir kennen alle die Erscheinung des Aufreissens der Kartoffeldämme nach der Blütezeit, legen ja auch, um den Pflanzen diese Arbeit zu erleichtern, diese Dämme an, ja, wir sind auch dazu übergegangen, Kulturpflanzen, die ein besonderes Dickenwachstum der Wurzeln zeitigen, darum derart zu züchten, dass dieses Dickenwachstum, möglichst über der Erde, also in der Luft stattfindet, wo es keinen Widerstand findet. — Ich denke an die Futterrunkelrüben. — Selbstverständlich arbeitet jedwede Bodenbearbeitung den Pflanzen vor, um diese Energieverluste auf ein Minimum herabzudrücken! Doch wird und kann dieses nie vollständig gelingen, da ja die Witterung während der Vegetationszeit wieder viel zerstört, was zuvor auch gut vorbereitet war.

Wenn nun die Pflanzenwurzel ein Dickenwachstum eingeht, so streckt sie sich gleichzeitig und dehnt sich seitlich aus. Dabei muss sie notgedrungen Bodenteilchen, die ihr im Wege stehen, beiseite

drängen. Wäre der Boden nun nicht in Krümelstruktur, sondern in Einzelkornstruktur, so müssten dabei soviel Bodenteilchen bis an die Erdoberfläche heraufgedrückt werden, wie das Dickenwachstum an Platz benötigt. Haben wir dagegen den Boden bereits in Krümelstruktur, so haben die Pflanzenwurzeln nur die Aufgabe, diese Krümel zu zerdrücken. Dabei werden die einzelnen Bodenteilchen in die weiteren Hohlräume, die sich zuvor zwischen den Krümeln befanden, ausweichen können. Je fester nun dabei das ganze Krümelgefüge ist, je grösser ist naturgemäß der Energieaufwand, den die Pflanze dabei leisten, und der ihr so wiederum für die Ertragsbildung verloren gehen muss! — Es kommt also bodenkundlich wieder auf die Krümelstruktur an, und zwar darauf dass uns eine lockere Krümelstruktur möglichst während der ganzen Vegetationszeit in unserem Boden erhalten bleibt!

Damit kommen wir also gleichzeitig zu den Grundlagen für die Bodenbearbeitung:

Die Krümelbildung ist zunächst eine Funktion der Bodentextur.

Je feiner die Bodenteilchen sind, umso grösser ist die Anzahl der gegenseitigen Berührungs punkte in der Volumenmasseinheit Boden, umso grösser also unter sonst gleichen Umständen die gegenseitige Berührungsfläche, an der die Kohäsion stattfindet und umso fester ist demgemäß das Bodenkrümel selbst. Wir haben uns zunächst mit der Bestimmung der Bodentextur zu befassen, und wir greifen hier nicht zurück auf die sogenannte »mechanische Bodenanalyse«, da die Sieb- wie die Schlämm-Methode nur dann die Bodenteilchen wirklich nach ihrer »Korngrösse« beurteilen lässt, wenn alle Teilchen das gleiche spezifische Gewicht hätten und gleichzeitig Kugelgestalt haben würden. Ich konnte nun nachweisen, dass beides nicht der Fall ist (2), und dass so nach diesen Analysen bei jedem Boden andere Voraussetzungen vorliegen. Es würde zu weit führen, hier auf Einzelheiten einzugehen, sie mögen der Diskussion vorbehalten bleiben. Wir bestimmen die Bodenoberfläche, d. i. die Summe der Oberflächen der einzelnen Bodenteilchen im Bodenvolumen (oder zunächst in der Gewichtseinheit Boden). Diese ist ja gleichbedeutend mit der Oberfläche des Hohlraumvolumens des Bodens, in welchem alle pflanzenphysiologischen Prozesse stattfinden! Die einfachste Bestimmungsart hierfür ist die Bestimmung der Hygroskopizität, einer ihr proportionalen Grösse. Diese Bestimmung ist jetzt durch meinen Mitarbeiter, Herrn Dr. BEUTELSPACHER noch wesentlich vereinfacht worden, so dass sie leicht als Massenuntersuchung durchgeführt werden kann. (Weiteres Seite 50 in der Diskussion!) Schon EWALD WOLLNY zeigte (3), dass die Pflanzenerträge mit der Feinheit der Teilchen eines Bodens zunehmen, und auch wir konn-

ten zeigen, dass sie mit der Hygroskopizität des Bodens entsprechend dem Wirkungsgesetze der Wachstumsfaktoren steigen (4). Inwieweit hier nun die andere wasserfassende Kraft des Bodens, welche mit durch die andersartige Oberfläche bedingt wird, und inwieweit die früher angegebenen Faktoren eine Rolle spielen, muss hier zunächst untersucht bleiben! Werden doch gleichzeitig mit der Hygroskopizität auch andere pflanzenphysiologisch besonders wichtige Bodeneigenschaften verändert, so vor allem die Absorptionsfähigkeit eines Bodens für die Pflanzennährstoffe, u.a.m. von dem auch Herr BEUTELSPACHER in der anschliessenden Diskussion sprechen kann, der hier spezielle Forschungen an das Material unserer ersten Gemeinschaftsarbeit angeschlossen hat, und damit so manches klären konnte, was heute noch nebeneinander wissenschaftlich beachtet und betrachtet wird.

Haben wir es mit nur äusserlich benetzbaren Bodensubstanzen zu tun, also mit solchen mineralischen Ursprungs, und sind diese auf das dichteste gelagert, so wie das im Untergrunde der Fall zu sein scheint, so ist die Hygroskopizität eines Bodens in der Volumeneinheit auch massgebend für die Durchlässigkeit eines Bodens; denn an der Bodenoberfläche findet naturgemäß die Reibung des Wassers im Boden statt, und je grösser diese Oberfläche ist, je grösser muss die Reibung und damit die Undurchlässigkeit eines Bodens für Wasser sein. Wollen wir hier einer Versauerung des Wassers und damit einer physiologischen Flachgründigkeit vorbeugen, so müssen wir, wie wir sahen, das überschüssige Wasser dem Boden entziehen, was man bekanntlich durch Anlage von Dränungen bewerkstelltigt. Dabei werden diese Dränstränge, wie wir gezeigt haben (5), umso dichter gelegt werden müssen, je grösser die Hygroskopizität des betreffenden Bodens im Untergrunde ist:  $d = 30 - \log w/0.05$ ; worin »d« der Dränabstand in m bedeutet und »w« die Hygroskopizität in %.

Die Hygroskopizität eines Bodens je Volumenmasseinheit wird nun naturgemäß verringert, wenn der betreffende Boden geringere oder grössere Mengen an Steinen enthält, da die Oberfläche der Steine gegenüber der des Bodens ganz verschwindend klein ist. So konnte auch bereits EWALD WOLLNY (6) durch zahlreiche Versuche nachweisen, dass der Pflanzenertrag mit dem Steingehalte des Bodens ganz wesentlich zurückgeht. Das ist pflanzenphysiologisch auch wieder anders leicht zu erklären:

Steine nehmen ein Hohlraumvolumen ein, welches sonst den Pflanzenwurzeln zugänglich wäre, wo sie das erforderliche Wasser und die für sie erforderlichen Nährstoffe vorfinden würden. Fehlt ihnen dieses so müssen sie es in tieferen Schichten suchen; es tritt also notwendig

ein grösseres Längenwachstum der Wurzeln ein, und damit Energieverluste. In reiner Nährlösung bilden die Pflanzen ja bekanntlich nur ein ganz geringes Wurzelsystem aus, das umso grösser wird, je mehr es der Pflanze an einem oder dem anderen Nährstoffen gebreicht. Finden die Pflanzen so in einer höheren Bodenschicht nicht die genügenden Wasser- und Nährstoffmengen, so suchen sie weiter mit ihren Wurzeln; dringen auch, wenn es die dürftigen Wasser- und Nährstoff-Verhältnisse gestatten durch eine harte, nährstoffarme Erdschicht hindurch, um sich dann in einer tiefergelegeneren, in der sie die erforderlichen Stoffe finden, von Neuem auszubreiten und zu entfalten. Sehr instruktiv sind in dieser Beziehung die schönen Wurzel- und Pflanzenpräparate in der Kopenhagener Landbau- und Veterinärhochschule!

Da das Wurzelsystem der Pflanzen nun bereits bei einjährigen Kulturgewächsen Längen von 1 bis 2 Meter aufweist, so können schon diese das erforderliche Wasser und die Nährstoffmengen auch aus derartigen Tiefen aufnehmen, und wir haben so letzthin zeigen können (7), dass Nährstoffaufnahmen bis zu einer Tiefe von 110 cm mit Sicherheit erfolgen! Aber stets werden die Pflanzenerträge höhere sein, wenn die Pflanzen nicht gezwungen werden, in derartige Tiefen einzudringen, sondern wenn ihnen das Wasser und die erforderlichen Nährstoffe in leicht erreichbarer Nähe zur Verfügung gestellt werden können!

Bei ein und demselben Boden spielt darum nächst der Bodentextur auch die Bodenstruktur pflanzenphysiologisch eine besonders grosse Rolle.

Durch jedwede Bodenbearbeitung verändern wir die Bodenstruktur. Wir führen zunächst den zusammengeschlängelten und damit in Einzelkornstruktur übergeführten Boden, der so am dichtesten gelagert ist, in Krümelstruktur über, indem wir die Kruste, die sich beim Austrocknen dieses Bodens gebildet hat, brechen, ihn auch von seiner unterliegenden Schicht mit dem Pfluge, ... abheben. Der Boden bricht dabei, wie auch bei jeder weiteren Bodenbearbeitung stets an den Stellen auseinander, wo die Bodenteilchen am lockersten aneinander gelagert sind. Wenn wir nun diese Bodenbearbeitung weiter fortsetzen, um die sich bildenden Bodenkrümel immer weiter zu verfeinern, so wiederholt sich dieser Prozess dauernd, so dass wir endlich eine Krümelmasse erzielen, die ein besonders festes Gefüge in sich bietet, also innerhalb des einzelnen Krümels eine »geschlossene Bodenstruktur« besitzt. Würden die Bodenkrümel bei einem sehr schweren Boden, d. h. bei einem solchen von grosser äusserer Oberfläche, in diesem Zustande trocknen, so würden die Krümel für die Pflanze kaum etwas anderes sein als grobe feste Bestandteile wie die Steine und kaum pflanzen-

physiologischen Wert besitzen. Trotz Aufwands aller Energie wird sie die Pflanze nicht zerbrechen können. Darum ist es von besonderer Wichtigkeit, dass wir das Gefüge dieser Krümel lockern, sie zerbrechlicher machen! Hier, zur Erreichung einer gesunden Bodenstruktur innerhalb der Bodenkrümel, helfen uns andere Kräfte, »Frost« und »Gare«, die wir nach Möglichkeit bei der Bodenbearbeitung, und auch sonst, voll ausnutzen müssen (8). Im tropischen Klima wird diese Hilfskraft die tropische Sonne sein. Es würde zu weit führen, hier auf die Einzelheiten dieser Erscheinungen einzugehen; auch das mag, falls es erwünscht erscheint, der anschliessenden Diskussion vorbehalten bleiben.

Pflanzenphysiologisch hat EWALD WOLLNY auch hier zahlreiche Versuche angestellt, auf deren Ergebnisse ich nur kurz hinweisen will:

Im Mittel von Versuchen (9), die er mit 19 verschiedenen Kulturpflanzen anstellte, fand er, dass der Boden dadurch, dass er von der Einzelkornstruktur in die Krümelstruktur überführt wurde um fast 60 % höhere Erträge brachte. — In Versuchen (10), die er mit zehn verschiedenen Kulturpflanzen durchführte, stellte WOLLNY fest, dass, wenn er den Boden 18 cm tief bearbeitete, sich eine Ertragssteigerung um ca. 25 % einstellte, dass aber bei einer Bearbeitung bis zu 36 cm Tiefe der Ertrag des unbearbeiteten Bodens um fast 46 % gesteigert wurde.

Je tiefer wir also unseren Boden in Krümelstruktur überführen, und damit den Pflanzenwurzeln vorarbeiten, je höher werden unsere Pflanzenerträge! Dem sind naturgemäß praktisch Grenzen gesetzt!

Um einen Einblick über den Einfluss der Ausnutzung von Frost und Gare zu geben, gehen wir wieder auf WOLLNY'sche Versuche zurück:

Er fand bei mit sechs verschiedenen Feldfrüchten angestellten Feldversuchen (11), dass die Erträge um 21 % gesteigert wurden, wenn er bei der Bodenbearbeitung die Frostwirkung ausnutzte, d. h. wenn er zu den Sommerfrüchten nicht im Frühjahr, sondern im Herbst die Pflugfurche gab. Gab er dann ausser der Herbstfurche noch eine Frühjahrsfurche, so dass er auch noch die Frühjahrs-gare besser verwertete, so stieg der Ertrag gegenüber dem der reinen Frühjahrsfurche gar um fast 32 %.

Es ist sehr bedauerlich, dass diese überaus wertvollen Arbeiten WOLLNY's mehr und mehr in Vergessenheit geraten sind, und nicht in viel höherem Masse pflanzenphysiologisch für die Bodenkunde und die Bodenbearbeitung ausgewertet wurden. Denn so, wie diese Versuche vorliegen, sind es eigentlich erst »Tastversuche«, die nur unter bestimmten Bedingungen mit bestimmten Bodenarten ausgeführt

wurden, und die darum noch in weitgehendster Weise erweitert werden müssten, um für all das eine breitere wissenschaftliche Grundlage zu schaffen und damit auch für die Praxis eine Verallgemeinerung dieser grundlegenden Forschungsergebnisse zuzulassen! Denn man wird von der Praxis aus verstehen, dass man z.B. auf leichtem Boden sicher nicht nach einer Herbstfurche, z.B. noch eine Frühjahrsfurche folgen lässt, da man dadurch feuchten Boden nach oben bringt, wo er wesentliche Wasserverluste erleidet, die wir bei einem solchen Boden, bei dem es vor allem darauf ankommt, die Winterfeuchtigkeit pflanzenphysiologisch voll auszunutzen, nie eintreten lassen dürfen.

Überhaupt kommt es ja ferner darauf an, die Krümelstruktur, die wir mit aller Mühe durch die richtige und rechtzeitige Bodenbearbeitung geschaffen haben, dem Boden auch während der ganzen Vegetationszeit zu erhalten! Das wird immer in den Fällen besonders schwer sein, wo wir die Bodenkrümel wegen der Feinheit der Saat sehr fein herstellen mussten, und, wo der Boden auch entsprechend schwer ist. Kommt hier, z.B. nach der Rübensaat, ein Platzregen, so wird unser Boden oben verschwemmt, und es bildet sich bereits vor dem Auflaufen der zarten Pflänzchen eine »Kruste«, die wir nun unbedingt brechen müssen, da die jungen Pflanzen von sich aus nicht die Energie besitzen hier hindurch zu stossen. Sie wissen, dass man hier die Pflanzreihen z.B. dadurch zeichnet, dass man gleichzeitig eine Pflanze, säet, die eine stärkere Triebkraft besitzt (weissen Senf) und dann wenn diese aufgegangen ist, »blind hackt«, um so den Rübenkeimlingen den Weg an die Erdoberfläche frei zu machen.

Jedweder Regen wird durch mechanischen Aufprall auf den Boden, leicht die Krümelstruktur zerstören, und das ist umso nachteiliger je schwerer ein Boden ist. Alle Pflanzen, welche so erst nach längerer Zeit den Boden decken und damit den Aufprall des Regens auf den freien Boden mit ihren Blättern auffangen, dürften so noch leicht eine Hacke benötigen; so kann auch das Behacken von Getreide auf schwerem Boden durchaus angebracht sein, wenn dieser verschlämmt wurde. Damit wird nicht nur der Eintritt des Regens in den Boden selbst erleichtert und einer weiteren Verschlämzung des Bodens vergebeugt, sondern es wird gleichzeitig auch die Wasserverdunstung aus dem Boden ganz wesentlich eingeschränkt, da das Wasser nicht mehr kapillar bis an die Erdoberfläche herankommt, sondern die gebildeten Krümel selbst eine Isolationsschicht für den Wasserdampf nach der Atmosphäre hin bilden.

Immerhin wird bei Halmfrüchten, die ja ihre Blätter und Stengel vertikal stellen, der Regen leichter direkt auf den Boden fallen und

es wird nach der Reife zu, die oberste Bodenschicht stark austrocknen da auch der Wind und die Sonne mehr in diese Pflanzenbestände Eingang finden! Unter den Blattfrüchten hingegen, die ihre Blätter horizontal stellen, bilden diese gleichfalls noch eine Isolationsschicht gegen die Atmosphäre, sie halten damit nicht nur den Aufprall der Regentropfen auf, sondern bilden unter ihren Blättern nach dem Boden zu eine eigene mikroklimatische Zone, in der auch die obersten Erdschichten nicht nur locker, sondern auch mit Feuchtigkeit gesättigt bleiben. Hier wird auch nach den neuesten Untersuchungen von BEUTELSPACHER, über welche in der Diskussion gesprochen werden sollte, notwendig die Bodenstruktur erhalten, die uns unter den Halmfrüchten verloren gehen muss! Mögen dabei auch noch Gareerscheinungen auftreten, so sind sie doch nicht das Wesentliche, was die sogenannte »Schattengare« des Bodens unter den Blattfrüchten bedingt!

In meinen Ausführungen habe ich nun eine grosse Reihe von Problemen angeschnitten, die hier in unserer Internationalen Tagung noch nie zur Diskussion standen, und die doch einer wissenschaftlichen Bearbeitung von allen Seiten wert erscheinen dürften. — Ich könnte das Material naturgemäß noch nach mancher Richtung hin erweitern, glaube aber, dass der gegebene Stoff mehr als ausreichend für unsere Diskussion ist, und dass wir dann daraus entnehmen können, welche Fragen wir im kommenden Jahre auf unserem internationalen Kongresse weiter behandeln möchten.

#### SCHRIFTTUM.

Die unten eingeklammerten Zahlen (Bodk....) geben die Seiten an, auf denen die betreffenden Arbeiten in meiner Bodenkunde für Land- und Forstwirte weiter verarbeitet wurden.

1. EILH. ALFRED MITSCHERLICH: Bodenkunde für Land- und Forstwirte, Verlag Paul Parey, 4. Auflage (1923) S. 114.
2. ebenda S. 49—58.
3. EWALD WOLLNY: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik Band XX. (1897/1898) S. 319 u. f. (Bodenkunde S. 167).
4. E. A. MITSCHERLICH: Bodenkunde S. 253.
5. ROBERT BREITENBACH: Die Bestimmung der Dränentfernung auf Grund der Hygroskopizität des Bodens. Inaug. Diss. Königsberg 1911. (Bodk. S. 241—242).
6. EWALD WOLLNY: 1. c. Bd. XX, S. 363 u. f. (Bodk. S. 166).
7. EILH. ALFRED MITSCHERLICH und HANS BEUTELSPACHER: Unters. über den Wasserverbrauch verschiedener Kulturpflanzen, . . . Ztschr. Bodenkunde und Pflanzenernährung; 9./10. Band (1938), S. 380—392.

8. E. A. MITSCHERLICH: Bodenkunde S. 96/97 und 101—104.
9. EWALD WOLLNY, 1. c. Bd. XX, S. 66 u. f. (Bodenkunde S. 116).
10. EWALD WOLLNY, 1. c. Bd. XX, S. 306 u. f. (Bodk. S. 116).
11. EWALD WOLLNY, 1. c. Bd. XX, S. 250 u. f. (Bodk. S. 295).

### Diskussion.

BEUTELSPACHER berichtet ausführlich über die Methoden zur Bestimmung der Hygroskopizität. Da diese Fragen mehr in den Rahmen der 1. Kommission der I. B. G. gehören, soll hier auf die einzelnen Punkte nur kurz verwiesen werden. Unter Hygroskopizität versteht man nach Mitscherlich das isotherme Gleichgewicht des Bodens über 10 %iger Schwefelsäure. Diese Methode hat in den letzten Jahrzehnten, angeregt durch die theoretischen Betrachtungen von Ehrenberg, der sich auf die Theorie von R. SZYGMONDY und seiner Schüler stützte verschiedene Modifikationen erfahren. Mitscherlich zeigte dagegen bereits vor 38 Jahren, dass die Eigenschaften des Bodens nicht mit denen des Kieselsäuregels verglichen werden können, das Szygmondy bei seinen Untersuchungen hauptsächlich angewandt hat. Der Vortragende verweist dabei besonders auf die verschiedenen Benetzungskurven und Dampfdruckisothermen. Die S-Form der Adsorptionsisotherme bei den Böden röhrt von den physikalisch-chemischen Eigenschaften der angewandten Schwefelsäure-Wassergemische her, die einen ganz ähnlichen Verlauf zeigen. Der Wendepunkt der Schwefelsäure-Wassergemische fällt mit dem Umschlagspunkt der Adsorptionskurven bei Böden zusammen. Er hat nichts mit der Kapillarkondensation zu tun! Die zahlreichen Adsorptionskurven bestätigen die Ansicht von G. WIEGNER, dass die kolloiddisperse Phase des Bodens einen vorwiegend extramizellaren Aufbau zeigt.

An Hand der Untersuchungen der 1. Gemeinschaftsarbeit konnte gezeigt werden, dass die adsorbierte Wassermenge des Bodens über 10 %iger Schwefelsäure mit den Hydratationswerten der sorbierten Kationen übereinstimmt. Da auf ein Milli-Äquivalent der Kationen ca 6 Milli-Mol Wasser kommen, können wir aus der Hygroskopizität direkt den T-Wert berechnen. Im Weiteren wurde auf die enge Beziehung zwischen der Hygroskopizität und dem Austauschvermögen einerseits und dem Tonanteil andererseits aufmerksam gemacht.

Um die Methode zu vereinfachen schlägt Beutelspacher vor, die 10 %ige Schwefelsäure durch eine konzentrierte Salzlösung gleicher Dampfspannung zu ersetzen. Nach zahlreichen Versuchen dürfte sich hierfür Natriumsulfat und Kalumbiphosphat (nach Sörensen) besonders

eignen. Da die Dampfspannung über der gesättigten Salzlösung stets gleich bleibt, fällt jetzt die Einstellung und das Auswechseln der Schwefelsäure fort. Der Dampfspannungsausgleich erfolgt bereits nach 3 Tagen, und die einmal mit der übersättigten Salzlösung beschickten Mitscherlich-Exsikkatoren können fortlaufend benutzt werden, da je nach der Masse des verbrauchten Wassers Salz auskristallisiert.

DE VRIES: de Vries weist darauf hin, dass man Steine im Boden nicht zu leicht oder zu allgemein als Verlust betrachten sollte. Bei Baumkulturen z. B. sind Steine oft gewollt, um den Boden kühl und feucht zu halten und vor zu grossem Austrocknen zu schützen. In den Kautschukplantagen auf Ceylon hat man sogar relativ grosse Blöcke nicht ungern und die Erträge sind dadurch nicht niedriger.

Zweitens möchte er hinweisen auf die grosse Bedeutung einer Trockenzeit zum Erlangen von einer guten Krümelstruktur bei schweren Böden, neben Frost und Gare. Die Risse, welche beim Austrocknen entstehen, geben eine ziemlich tiefgehende Bodenbearbeitung; wenn der ausgetrocknete Ton durch Regen nass wird, fällt er oft in schöne Krümel auseinander. Bei der Tabakkultur auf Java, wo eine ausgezeichnete Krümelung notwendig ist, hat man bei gewissen schwer zu bearbeitenden Tonböden eine spezielle Methode von Bodenbearbeitung (Gollan), wobei grosse Klumpen einfach mit Eisenstangen losgewirkt und umgedreht werden, in der Trockenzeit ganz eintrocknen und dann beim ersten Regen in die schönsten Krümel zerfallen, die man sich denken kann.

BEUTELSPACHER: Das starke Austrocknen der Ackerschicht vor Regengüssen wirkt sich leider bei den Böden der gemässigten Zone sehr zum Nachteil der Bodenstruktur aus. Wirft man lufttrockene Bodenkrümel in Wasser, so zerfallen sie ziemlich rasch. — Werden sie aber kapillar mit Wasser erst angefeuchtet, so zerfallen sie viel schwerer, sind aber immerhin gegen mechanische Einflüsse empfindlich. Im Vakuum benetzte Krümel bleiben auch bei starken Turbulenzströmungen beständig. An der Zerstörung der Struktur beteiligt sich, wie durch Versuche gezeigt wurde, die vom Boden sorbierte Luft, welche durch das plötzliche Anfeuchten ausgetauscht und vom Krümel eingeschlossen wird. Durch die gebildete Benetzungswärme wird das Luftvolumen vergrössert und zerreißt die verketteten Teilchen, wie man sich aus der fortlaufenden Luftentweichung beim trockenen Krümel leicht überzeugen kann. Die Schattengare findet durch diese Versuche ihre Begründung. Unter dem Pflanzenbestand trocknet der Boden nie so stark aus, als auf dem unbestellten Felde. Der Aufprall

der Regentropfen wird durch die Pflanzen gebremst. Wir haben natürliche Bodenkrümel von einem cem durch Tropf-versuche von einem Meter Fallhöhe auf ihre Widerstandskraft geprüft. Wir kamen dabei, um ein Beispiel herauszugreifen zu folgenden Ergebnissen: Bei lufttrockenen wurden 20 cem, bei kapillargesättigten 80 und beim evakuierten Krümel 1400 cem Tropfwasser verbraucht.

Die quantitative Bestimmung der »wasserbeständigen und wasserunbeständigen Krümel«, wie sie von A. TJULIN vorgeschlagen wurde, scheint uns nicht brauchbar, da die Ergebnisse stark von den gewählten Versuchsbedingungen abhängen. Z. B. wurden Krümel über 5 mm Durchmesser nach der entsprechenden Vorbehandlung 30 Mal im automatischen Apparat getaucht.

Krümelgrösse: in mm	Lufttrock. Krümel auf ein. halb. Std. ins Wasser geworf.	Die Krümel kapillar mit Wasser 12 Std. gesättigt.	Die Krümel im Vakuum be- netzt.
> 3	10,8	59,0	95,7
3—0,25	64,4	33,9	4,1
< 0,25	24,8	7,1	0,2

Die Stabilität der Krümel wird auch von den sorbierten Kationen beeinflusst, der Vortragende zeigt Versuche mit evakuierten künstlichen Krümeln, die mit Wasserstoff, Natrium und Kalzium gesättigt waren. H- und Ca-Ton blieben beständig, der Natrium-Ton zerfloss trotz dem vorhergehenden Evakuieren. Ob im Boden wasserbeständige neben wasserunbeständigen Krümel existieren, scheint allerdings fraglich zu sein, da wir es hier mit einem dynamischen Gleichgewicht zu tun haben.

ALLEN fragt wie die Tone hergestellt wurden.

BEUTELSPACHER: Sie wurden mit Chloridlösung 20 Mal behandelt und dann mit dest. Wasser so lange ausgewaschen bis das Chlor nicht mehr nachgewiesen werden konnte.

RAUTERBERG fragt ob die Stabilität bei Calciumton nicht auf die  $\text{CaCO}_3$ -Bildung zurückgeführt werden kann.

BEUTELSPACHER: Bestätigt diesen Faktor als Strukturbildner. Verweist aber auch auf den H-Ton, der sich ähnlich wie Ca-Ton verhält. Die wichtigste Ursache bei der Strukturbildung sieht er aber in der Ionen-Hydratation der sorbierten Kationen.

TORSTENSSON: Auch wir haben feststellen können, dass die Ergebnisse der Aggregatanalyse sehr stark von den Versuchsbedingungen

abhängig sind. So haben wir bei den Untersuchungen über die Einwirkung von Frost auf die Bodenstruktur die Ergebnisse verändern können durch Veränderung des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens, durch seinen Packungsgrad, sowie durch die Art des Frierenlassens. Man kommt zu anderen Ergebnissen, wenn man langsam oder schnell bei verschiedenen Temperaturen usw. gefrieren lässt. Ich teile aber trotzdem nicht die Ansicht von Dr. Beutelspacher, dass die Aggregatanalyse wertlos ist, sondern halte sie für spezielle Zwecke brauchbar. Es ist aber notwendig, dass man die Begrenzung der Methode kennt und sie dann entsprechend verwendet.

BEUTELSPACHER: Ich lehne die Aggregatanalyse nicht ab, betone aber, dass die bis jetzt vorgeschlagenen Versuchsbedingungen leicht zu irrtümlichen Schlussfolgerungen führen können. Vergleichende Untersuchungen mit lufttrockenem, künstlich angefeuchteten und natürlich feuchten Böden lassen sich nicht ausführen, wie dies vielfach geschah, um Schlussfolgerungen über die Dynamik der Bodenstruktur während der Vegetationszeit zu ziehen. Wir dürfen die Gasphase des Bodens nicht unberücksichtigt lassen! Bei dieser Methode müssen die lufttrockenen Krümel im Vakuum angefeuchtet werden. Auch wir haben zahlreiche Aggregatanalysen mit gefrorenen Krümeln ausgeführt und dabei festgestellt, dass das Gefüge durch den Frost gelockert wird.

ECKSTEIN: Zu der Bemerkung von Prof. de Vries über die in speziellen Fällen vorhandenen positiven Werte der Steine für die Bodenfruchtbarkeit möchte ich erwähnen, dass wir in Wallis die Gewohnheit haben, mit grossem Arbeitsaufwand, Steine auf an und für sich fruchtbaren Boden zu schaffen, um ihn für gewisse Ernten ertragsreicher zu gestalten. Es dürfte sich allerdings bei der erwiesenermassen günstigen Wirkung dieser Steinzufuhr um die verbesserte Sonnenwärme-Accumulation durch die Steine handeln.

KIVINEN: Die Steine üben eine beachtenswerte Wirkung auf den Wärmehaushalt des Bodens aus, dieses kann man insbesondere während der Frostnächte im Norden beobachten. Nach einem finnischen Sprichwort »Hindern die Steine das Wachstum des Getreides nicht.«

MÜCKENHAUSEN: Herr Prof. Mitscherlich führte aus, dass ein Boden, der im Untergrund stark entbast ist, wie ein flachgründiger Boden wirkt, der die Wurzeln nicht in die stark entbastete Schicht hineingehen lässt. Dafür kann ich ein gutes Beispiel anführen: Im Buzialen Lande kann an gewissen Hangflächen der Weizen nicht in die Fruchtfolge eingeschaltet werden. Die Bauern sagen, dass es sich hier um einen

leichten Boden handle. In Wirklichkeit handelt es sich hier wie auf anderen Flächen, wo der Weizen gut gedeiht, um Lösslehm mit gleichem Tongehalt. Aber in 50 cm Tiefe ist der erwähnte Boden sehr stark entbast, sodass die Wurzeln des Weizens nicht in die Schicht hineingehen. Zudem ist der Boden in dieser Tiefe stark plattig, was auf den Durchtritt des Hangwassers an sich und die dadurch bedingte Entbasung (Komplexzerfall) zurückzuführen ist. Obwohl dieser Boden in der Oberschicht nass ist, wäre für die Gesundung des Untergrundes eine Dränage erforderlich, damit die Ursache der Untergrunderkrankung abgestellt wird. Erst dann kann durch eine regelmässige Kalkung der Untergrund gesunden. Dann wird auch hier der Weizen wieder in der Fruchtfolge möglich sein. Durch eine Dränage würde der Boden nicht zu trocken, da der Lösslehm viel Wasser speichert und die Niederschläge reichlich (90—100 mm) sind.

**MITSCHERLICH:** Es ist mir wohl bewusst, dass auch bei uns in Deutschland Schiefersteine in unsere Weinberge getragen werden und dass das alle drei Jahre von neuem erfolgt, wenn inzwischen die Steine verwittert sind. Es trifft hier das zu, was für Weinberge, für Forst- und Obstkulturen von besonderer Bedeutung ist. Die Steine wirken an der Erdoberfläche durchaus günstig, wenn sie nicht den Kulturpflanzen, die geringe Standraumansprüche stellen, Platz wegnehmen. — Sie tragen durchaus zur Erwärmung des Bodens bei; sie bilden aber auch eine Wasserdampfisolationsschicht nach der Atmosphäre hin, sodass der Boden darunter feuchter bleibt. — Das mag auch in den Tropen von Bedeutung sein.

Hinsichtlich der Ausführungen über die Konsistenz der Krümel scheinen mir noch Unklarheiten zu herrschen. Die von Dr. Beutelspacher vorgelegten Krümel waren ganz gleicher Art, das eine aber ganz trocken, das zweite vor der Bewässerung evakuiert, sodass keine Luft im System war. Die Struktur des letzten Krümels blieb erhalten; das erstere benetzte sich natürlich von aussen, sodass Luft eingeschlossen wird. Diese erwärmt sich bei der Benetzung und brachte durch den so entstehenden Überdrück die Krümel zum Bersten, zum Zerfall.

Schluss der Sitzung 13.05 Uhr.

b) *Nachmittags-Sitzung*, Beginn 14 Uhr.

Am Nachmittag verlas Herr Mitscherlich ein Danktelegramm von Herrn Hesselman und begrüsste sodann den jetzt erschienenen Dr.

h. c. Elofson. Er betonte dabei, dass dieser sich um die Erforschung und Bewirtschaftung des Grünlandes ganz besondere Verdienste erworben hat. So ist die Gründung des N. J. F. (Verein landw. Forscher Skandinaviens) sein Werk. Auch die Arbeitsgemeinschaft »Internationale Grünlandkongresse« ist durch ihn ins Leben gerufen worden. Deutschland hat dies anerkannt, indem ihm die Leipziger Universität die Doktorwürde ehrenhalber verlieh.

Prof. MITSCHERLICH übergibt sodann die Leitung der Tagung Herrn Prof. Dr. Torstensson.

Vortrag:

EIN VERGLEICH ZWISCHEN GEFÄSSVERSUCH, SCHNELLMETHODE UND FELDVERSUCH FÜR DIE BESTIMMUNG DER PHOSPHAT- UND KALI-BEDÜRFTIGKEIT

von

O. DE VRIES und TH. B. VAN ITALLIE.

(Rijkslandbouwproefstation, Groningen, Niederlande).

Für praktische Bestimmung der Phosphat- und Kali-Bedürftigkeit der Böden kommen in erster Linie die sogenannten Laboratorium- oder Schnellmethoden in Betracht. Ihre Auswertung ist nur möglich unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Düngungsversuchen auf dem Felde und Erfahrungen in der Praxis. Der Zusammenhang zwischen den Ertragsergebnissen der Feldversuche und den im Laboratorium bestimmten P- oder K-Zahlen ist aber öfters kompliziert und schwierig zu deuten. Man kann diesen Zusammenhang betrachten (1—3) als einen Teil eines polydimensionalen Problems, wobei die Schnellmethode nur einen Teilaspekt der P- oder K-Bedürftigkeit gibt, während beim Feldversuch alle Faktoren zusammen in Betracht kommen, welche mitwirken bei dem Zustandekommen der für die Praxis so wichtigen Ertragszahlen.

Zur besseren Klärung dieser Zusammenhänge wurde eine möglichst vielseitige Untersuchung bei verschiedenen Bodentypen vorgeschlagen. Neben Feldversuchen, Untersuchung der Böden nach möglichst vielen Methoden und chemischen Analysen des Pflanzenmaterials sollte (1) bei dieser Untersuchung auch bezogen werden der Vegetationsversuch mit Böden ausserhalb ihrer natürlichen Lage. Stufenweise die Versuchs-umstände mehr komplizierend hat man als Methode, welche theoretisch am einfachsten ist, die Wasserkultur mit ständig fliessender Nähr-

lösung zu betrachten; dann folgt die schon etwas kompliziertere Methode der Wasserkultur, wobei die Nährlösung nur von Zeit zu Zeit oder gar nicht erneuert wird. Es kommt dann die schon etwas der Bodenkultur sich nähernde Sand-Wasserkultur, ev. mit Zufügung von zeolithischem oder humusartigem Material. Die Wachstumsfaktoren noch mehr komplizierend kommt man dann zu Versuchsanordnungen, bei denen durch Heranziehen von Boden die Verhältnisse viel verwickelter liegen; es sind dies zuerst die Gefäßversuche mit Sandverdünnung und mit Wasserversorgung bei maximaler Kapazität nach MITSCHERLICH, oder solche mit kleinerer konstant bleibender Wasserversorgung; weiter Gefäßversuche mit reinem Boden, und dann, sich logisch anschliessend, die sogen. Parzellversuche in mit Boden angefüllten Kästen auf Sandunterlage, welche im Freien gehalten werden unter natürlichen klimatischen Verhältnissen.

Es ist klar, dass ein derartiger ausgedehnter Untersuchungsplan infolge methodischer Schwierigkeiten sich nicht mit einer beliebigen Zahl Böden ausführen lässt. Wir beschrieben hier eine solche Untersuchung bei drei Bodentypen. Das hier Mitgeteilte wäre als Beispiel zu betrachten und dürfte als Diskussionsgrundlage dienlich sein können.

Die wichtigsten allgemeinen Eigenschaften der benutzten drei Böden findet man in Tabelle I.

Tabelle I. Bodencharakterisierung

	1 Sandboden	2 Savelboden	3 Tonboden
Humusgehalt	5,8	1,2	1,4
Tongehalt < 20	—	27,7	34,7
Feinsandgehalt 20—100	—	54,1	34,2
Grobsandgehalt > 100	—	14,1	27,4
CaCO <sub>3</sub>	0	2,7	2,2
pH in Wasser	4,9	7,4	7,5
pH in KCl	4,2	6,5	7,2

Alle drei Böden entstammen Versuchsfeldern; leider waren nicht drei P- und K-arme Versuchsböden zur Verfügung, worauf sowohl ein P- als ein K-Düngungsversuch angelegt war. Der Versuchstyp NPK, NP, NK, PK, usw. ist in den Niederlanden nicht häufig vertreten; meistens werden die Phosphorsäure- und Kalifragen gesondert auf Feldern mit mehreren P- oder K-Staffeln studiert.

Boden I ist ein sehr armer, diluvialer Humussandboden von einem in 1936 angelegten P-Versuchsfelde im Norden der Provinz Drenthe; der Boden ist mässig wasserhaltend und arm nicht nur an Phosphorsäure sondern auch an allen austauschbaren Basen. Boden 2 ist ein ziemlich

junger, gesättigter leichter Savelboden im Nordwesten der Provinz Groningen; auf diesem Boden, der sehr gut wasserhaltend ist und worauf bis daher niemals Kali und nur mässig Phosphorsäure angewandt war, wurde in 1935 ein langjähriges Kaliversuchsfeld angelegt. Boden 3 ist ein alter grobsandiger Flusstonboden im Rheindeltagebiete (Betuwe) in der Provinz Gelderland, weniger gut wasserhaltend und von weniger guten Struktur als Boden 2. In 1930 wurde auf diesem Boden vom Reichslandwirtschaftskonsulent in diesem Gebiete ein allgemeiner Düngungsversuch nach dem Schema NPK, NP, NK, PK und ungedüngt angelegt. Die Bodenproben wurden sämmtlich im Frühjahr 1938 der Ackerkrume dieser Versuchsfelder entnommen und in diesem Jahre zu den Vegetationsversuchen benützt. Die hier benutzten Ergebnisse der Feldversuche, welche mit drei Wiederholungen angelegt waren, beziehen sich auf vorhergehende Versuchsjahre 1935 oder 1936 und 1937. Der Parzellenversuch wurden in Betonparzellen, von  $6.25 \text{ dm}^2$  Oberfläche, gefüllt mit 14—16 kg lufttrocknem Boden, genommen, die Topfversuche in Mitscherlichgefäß von  $3.08 \text{ dm}^2$  Oberfläche mit 6 kg Boden, resp. 2 kg Boden + 4.66 kg Hohenbockaer Sand. Alle Vegetationsversuche wurden in dreifacher Wiederholung angestellt.

Ausserdem wurden Bodenproben der Böden 1 und 2 auch nach der Methode Mitscherlich in Königsberg bzw. Bukarest untersucht, wofür wir an dieser Stelle Prof. Dr. E. A. MITSCHERLICH und Prof. Dr. G. IONESCU-SISESTI freundlichst danken möchten. Die Ergebnisse dieser Versuche nach der Methode MITSCHERLICH an drei verschiedenen Stellen stimmen im allgemeinen sehr gut überein; nur eine Ertragszahl von der Phosphorsäure-Untersuchung bei Boden 2 weicht von den beiden Anderen ab.

Wir werden jetzt die gesammte P- und K-Untersuchungen, die an diesen drei Böden vorgenommen wurden, gesondert besprechen, wobei wir mit Phosphorsäure anfangen.

#### *Phosphorsäure.*

Sämmtliche Ertragsergebnisse der Phosphorsäureversuche sind in Tabelle II eingetragen.

Wie bekannt sind die Erträge von Parzell- und Topfversuchen mit der starken MITSCHERLICH'schen Stickstoffdüngung von 1.08 g N pro Gefäß (über 300 kg N pro ha), speziell bei maximaler Wasserversorgung, viele Male grösser als beim Feldversuch. Trotzdem zeigt sich bei Boden 3 in allen Versuchsserien eine fast gleich grosse relative Phosphorsäurewirkung. Überführung des Bodens vom Felde in Parzellen mit nährstoffarmem Sand als Untergrund, oder in Gefässen mit beschränktem

Tabelle II. Ertragszahlen der Phosphorsäureversuche.

Bodenvolum sowie Verdünnung mit Sand und Steigerung der Wasser-versorgung, hat deshalb, wenigstens in diesem Falle, kaum Einfluss auf den relativen Ertragsverlauf.

Bei Boden 2 steht die Sache ganz anders. Phosphorsäure-Düngungs-Versuche auf benachbarten Schlägen vom selben Typus und gleichen P-Werten bei der Bodenuntersuchung haben uns gelehrt, dass auf diesen Böden eine Ertragssteigerung durch P-Düngung selten über 10 % hinausgeht. Auch im Parzellversuch sieht man eine Übereinstimmung mit Boden 3, aber im Gefässversuch mit steigenden Erträgen nimmt ohne P der relative Ertrag sprungartig ab. Eine Viertelgabe der P-Düngung genügt bei der Methode MITSCHERLICH nicht zum Höchstertrag.

Der Humussandboden 1 ist deutlich der ärmste an Phosphorsäure. Von den sieben P-Staffeln beim Feldversuch sind hier nur vier angeführt; jährlich mindestens 100 kg  $P_2O_5$  pro ha ist hier nötig um einen Vollertrag zu erhalten. Parzell- und Topfversuche mit doppeltem bis siebenfachem Ertrag bei Volldüngung zeigen ohne P nur mangelhaftes Wachstum mit schweren P-Mangelerscheinungen und relativ niedrigen Erträgen. Die P-Düngung nach 75 kg  $P_2O_5$  pro ha ist hier noch völlig ungenügend.

Von besonderer Bedeutung ist jetzt bei der weiteren Entfaltung dieses Bildes die Bestimmung der durch die Pflanzen in den verschiedenen Versuchen entzogenen P-Mengen, die in Tabelle III eingetragen sind in mg pro 100 g Boden sowie auch in kg pro ha. Erstere Zahlen sind also bezogen auf Bodenmengen [2 Millionen kg pro Hektare Ackerkrume im Feldversuch (Sandboden), und 14—16,6 bzw. 2 kg in Parzellkästen und Gefässen]; die letzteren sind, wie die Ertragszahlen, berechnet auf Oberfläche (6,25 bzw. 3,08 dm<sup>2</sup> in den Parzellkästen bzw. Gefässen).

Tabelle III. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Ertrag in mg pro 100 g Boden und in kg pro ha

Versuche	1. Sandboden				2. Savelboden				3. Tonboden			
	ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		mit 300 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		mit 300 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		ohne P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		mit 300 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha
Feldversuch												
Kartoffeln	0,7	14	0,8*	16*	—	—	—	—	—	—	—	—
Roggen	0,6	12	0,9*	18*	—	—	—	—	—	—	—	—
Parzellversuch	0,6	15	2,1	50	1,5	36	3,5	83	2,2	54	3,6	86
Gefässversuch:												
Boden	3,0	58	3,3	65	2,0	39	6,8	132	4,9	96	7,4	144
Boden-Sand (50 % Wasserkap)	4,4	28	11,5	74	2,6	17	18,4	119	10,0	65	22,9	148
Boden-Sand (100 % Wasserkap)	4,3	28	13,2	89	2,1	14	24,5	159	12,6	81	28,2	183

\* mit 140 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Von den Feldversuchen liegen nur für Boden 1 Analysenzahlen vor; aus anderen Versuchen auf Tonboden können wir aber mit genügender Sicherheit für die Böden 2 und 3 im Feldversuch einen Entzug von 1,5 bis 2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro 100 g Boden annehmen. Beim Parzellversuch mit Hafer kommen die ohne P-Düngung aufgenommenen P-Mengen nicht über die des Feldversuches hinaus. Beim Gefässversuch mit beschränkter Bodenmenge aber mit hohen Erträgen ist auch bei den Böden 1 und 2 mit relativ niedrigen Ertragswerten ohne P der Entzug pro Bodenmenge deutlich höher. Bei den Boden-Sandgemischen mit nur 2 kg Boden sind natürlich die Düngermengen und Entzugszahlen, bezogen auf 100 g Boden, höher als beim Versuch mit 6 kg unverdünnten Boden. Ohne P-Düngung entziehen in diesem Falle die niedrigeren Erträge des Sandbodens mehr P als diejenige des Savelbodens 2, während Boden 3 auch ohne P-Düngung im Mitscherlich-Versuch viel grössere Mengen liefern kann als die beiden anderen Böden. Weiter sieht man dass bei Volldünnung die Haferpflanzen auf den zwei Tonböden fast gleiche

P-Mengen aufnehmen, während beim Sandboden scheinbar viel mehr der gegebenen Düngermenge festgelegt wird. Auf Oberfläche bezogen liegen die Verhältnisse der P-Aufnahme natürlich anders; ohne P-Düngung werden in diesem Fall beim Gefässversuch mit nur Boden die höchsten Ertragszahlen gefunden. Mit Hilfe der Phosphorsäure-Gehaltszahlen in den Ernten der Vegetationsversuche können wir jetzt das Bild der verschiedenen Weisen der P-Aufnahme bei den drei Böden sehr schön vervollständigen (siehe Tabelle IV).

Tabelle IV.  $P_2O_5$ -Gehalt der Trockensubstanz beim Vegetationsversuch

	1. Sandboden		2. Savelboden		3. Tonboden	
	Korn	Stroh	Korn	Stroh	Korn	Stroh
<i>Parzellversuch</i>						
0 $P_2O_5$	0,69 %	0,05 %	0,61 %	0,09 %	0,96 %	0,13 %
75	0,62	0,06	0,83	0,10	0,96	0,14
300	0,91	0,19	1,07	0,31	1,15	0,29
<i>Topfversuch Boden</i>						
0	0,81	0,16	0,45	0,01	0,76	0,01
300	0,60	0,01	0,96	0,08	0,93	0,12
<i>Topfversuch 1 T. Boden + 2 T. Sand</i>						
(50 % Wasserkap)						
0	0,76	0,07	0,52	0,005	0,56	0,005
300	0,72	0,04	0,94	0,06	0,93	0,17
<i>Topfversuch 1 T. Boden + 2 T. Sand</i>						
(100 % Wasserkap)						
0	0,74	0,10	0,38	0,03	0,56	0,02
75	0,54	0,02	0,47	0,02	0,67	0,02
300	0,64	0,03	0,77	0,21	0,90	0,21

Zum besseren Verständnis dieser Zahlen muss vorausgehen, dass bei genügender P-Versorgung das Haferkorn mindestens 0,90 %  $P_2O_5$ , das Stroh 0,15 %  $P_2O_5$ , berechnet auf Trockensubstanz, enthält. Man sieht, dass Boden 1 nur bei Volldüngung im Parzellversuch genügend mit P versorgt war. Mit Ausnahme dieses Objekts zeigt sich hier überall der merkwürdige Fall, dass der Gehalt ohne P-Düngung und bei offenbarem P-Mangel höher liegt als derjenige bei 75 bzw. 300 kg  $P_2O_5$ . Savelboden 2 zeigt dagegen bei den Gefässversuchen ohne P noch bedeutend niedrigere Gehalte als Boden 1; die Volldüngung aber hat ausser bei der letzten Serie genügende P-Versorgung der Pflanzen gegeben. Boden 3 zeigt im Parzellversuch auch ohne P ziemlich hohe Gehaltszahlen; bei den drei Gefäss-serien scheint aber ohne P, bzw. mit 75 kg die P-Versorgung wieder ungenügend. In Gegensatz zu den ärmeren Böden 1 und 2 ist hier auch bei der vierten Serie mit dem höchsten Ertrag die P-Versorgung mit 300 kg  $P_2O_5$  ausreichend.

Die verschiedene Weise der P-Aufnahme lässt sich in folgender Weise deuten. Beim sehr phosphorsäurebedürftigen und P-festlegenden Sandboden 1 tritt ohne P-Düngung beim Anfang des Wachstums schon schwerer P-Mangel auf, wodurch die vegetative Entwicklung stark geschädigt wird; später kann durch grössere Wurzelaktivität noch soviel Phosphorsäure nachgeliefert werden, dass die Kornproduktion im Vergleich mit der mangelhaften Strohentwicklung noch verhältnismässig hoch ist (Korn-Strohverhältnis 60 gegen 69 bei Volldüngung) und die P-Gehalte in Korn und Stroh höher werden als bei den Pflanzen mit P-Düngung, die ja im Anfang keinen P-Mangel haben, aber doch grosse Mühe haben sowohl beim Feld- als Topfversuch die benötigte P-Menge aufzunehmen.

Beim Boden 2 steht die Sache ganz anders. Ohne P-Düngung steht besonders beim Gefässversuch mit verdünntem Boden auch nur eine sehr geringe P-Menge zur Verfügung, die aber vom Anfang an besser den Pflanzen zugänglich ist als beim Sandboden. Die vegetative Entwicklung ist daher auch bei starkem P-Mangel besser, aber bei der Kornbildung stellt sich dann der P-Defizit stärker heraus; das Korn-Strohverhältnis ist hier beim P-Mangel niedriger als beim Boden 1 (51 gegen 76 bei Volldüngung) und die P-Gehalte sind hier extrem niedrig. Eine gegebene P-Düngung wird hier aber infolge der geringeren Festlegung besser ausgenützt.

Der Boden 3 mit grösserem P-Vorrat zeigt zwar auch beim Mitscherlich-Versuch keine grössere P-Wirkung als im Feldversuch, aus den niedrigen Gehalten ohne P-Düngung in diesem Falle sieht man aber, dass der verfügbare P-Vorrat mit 12,6 mg pro 100 g Boden (siehe Tabelle III) auch erschöpft sein wird.

Vergleichen wir jetzt die Ergebnisse der Erträge und der Phosphorsäure-Aufnahme mit denen der Bodenuntersuchungen in Tabelle V.

Tabelle V. Bodenuntersuchung auf Phosphorsäure in mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pro 100 g Boden

Festlegungszahl	1. Sandboden	2. Savelboden	3. Tonboden
	88 %	48 %	64 %
P-Zahl (CO <sub>2</sub> -halt Wasser)	0 mg	0 mg	1 mg
P-Dirks u. Sch. (Wasser bezw. Bikarb.)	0,2	0,2	0,6
P-Egnér (Milchsäure)	7	14	20
P-Truog (Schwefels. + Amm.sulf.)	8	20	33
P-citr. (1 % Zitrons.)	16,5	30	41
P-HCl (0,1 n HCl; 3 Extrakt.)	14—7—4	31—14—8	23—13—11
P-total (Königswasser)	55	90	158
P-Neubauer	0	2,5	9
P-Aspergillus	20,5	17	34
P-Mitscherlich (b-Wert)	4	2 (4)	27,5

Wir haben hier auch die errechneten b-Werte des Mitscherlich-Versuches mit einbezogen. Der Zwischenstaffel 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gibt dabei die Möglichkeit zuerst die c-Konstanten zu errechnen. Für Böden 1 und 3 stimmen diese ziemlich gut mit dem Mitscherlich'schen Wert 0.6 (in dz/ha) überein (0.47 und 0.40), bei Boden 2 ist c grösser (1.04). Der in Klammern gesetzte b-Wert ist bei diesem Boden mit der c-Konstante nach Mitscherlich (0.6) errechnet.

Diejenigen Bestimmungsmethoden, die nur geringe Mengen Phosphorsäure angeben (P-Zahl, P-Dirks u. Sch., P-Mitscherlich), zeigen fast gleiche niedrige Werte für Böden 1 und 2; bei der Neubauermethode sieht man schon einen Unterschied, der deutlicher zu Tage kommt bei allen Bestimmungsmethoden welche an sich höhere P-Mengen angeben. Nur die Aspergillus-Methode zeigt für Boden 2 keinen höheren Wert als für 1. Boden 2 hat also einen grösseren P-Vorrat als Boden 1, aber die Verfügbarkeit für die Pflanzen scheint auch in diesem Falle nur klein zu sein. Boden 3 dagegen zeigt besonders nach NEUBAUER und MITSCHERLICH viel höhere Werte als die beiden anderen; der Unterschied zwischen 2 und 3 bei den Methoden mit kräftigerer Extraktion ist auch wohl deutlich, aber relativ viel kleiner. Die erste Extraktion mit HCl gibt sogar den höchsten Wert bei Boden 2. Man bekommt also den Eindruck, dass bei Boden 3 zwar der P-Vorrat grösser ist als bei 2, besonders aber eine viel grössere Menge leicht verfügbarer Phosphorsäure vorliegt.

Diese Ergebnisse der Bodenuntersuchung stimmen ganz gut mit denen der Vegetationsversuche überein. Im Feld- und Parzellversuch wird man in erster Linie zwischen Böden 2 und 3 mit ziemlichem P-Vorrat nicht viel Unterschied finden, obwohl ohne P-Düngung im Parzellversuch die Gehaltzahlen und damit die Entzugszahl bei Boden 2 schon deutlich niedriger sind. Erst bei forciertem Pflanzenanbau in Gefässversuchen kommt der Unterschied im Gehalt an leicht löslicher Phosphorsäure deutlich zum Vorschein. Dabei ist bemerkenswert, dass der maximale P-Entzug ohne P-Düngung bei den beiden Tonböden im Mitscherlichversuch (2 bzw. 12.5 mg/100 g Boden) sich schön bei den nach NEUBAUER gefundenen Zahlen 2 1/2 bzw. 9 anschliesst.

Zwischen den Böden 1 und 2 wird der Unterschied in P-Wirkung im Feld- und Parzellversuch grösser sein als zwischen 2 und 3. Die geringe Verfügbarkeit, die starke Festlegung und der kleine Vorrat verursachen beim Sandboden auch bei mässiger P-Düngung eine schlechte P-Versorgung, während beim Savelboden auch ohne P-Düngung nur geringe Ertragsabfälle auftreten werden. Bei den Gefässversuchen näheren sich die beiden Böden, was ihr P-Mangel be-

Dün  
kg/ha

Als  
Schw-  
fels.-I

0  
80  
180  
480

ohne  
150 a  
K-Ma-  
sia be-  
40 %  
Dün

trifft. Die geringe Verfügbarkeit, die beide Böden gemein haben, macht sich in einem gleich starken Ertragsabfall bemerkbar. Die starke Festlegung beim Sandboden verursacht extremen P-Mangel im Anfang und etwas günstigere Nachieferung am Ende der Vegetation; beim Boden 2 hemmt der etwas grössere Vorrat das Wachstum im Anfang weniger, reicht aber am Ende gar nicht aus und liefert niedrigere Körnerträge, wobei die Körner ohne P nur ganz wenig Phosphorsäure enthalten.

*Kali.*

Die Ertragszahlen sämmtlicher Kaliversuche sind in Tabelle VI gegeben.

Tabelle VI. Ertragszahlen der Kaliversuchen

Obwohl es aus den spärlichen hier angeführten Ertragszahlen der beiden Kali-Feldversuche nicht deutlich hervorgeht, ist die Kaliwirkung im allgemeinen bei Boden 2 grösser als bei 3, obwohl auch dieser Boden ziemlich starke K-Mangelerscheinungen zeigt. Legumi-

nosen und Getreidearten mit grösserem Kalibedarf als Weizen, wie zum Beispiel Gerste und Kanariengras, geben aber auf Boden 2 grössere Ertragsabfälle als auf Boden 3. Im Parzellversuch mit Hafer zeigt keine der drei Böden sich kalibedürftig. Wir sind geneigt die im Verhältnis zu den anderen Serien niedrigen Ertragszahlen ohne Kali bei Boden 3, die auch beim P-Versuch auftraten, einem geringen Wassermangel zuzuschreiben, den dieser Boden, infolge seiner Grobkörnigkeit, bei hoher Lage über das Wasserniveau im Parzellversuch empfand.

Im Gefässversuch mit 6 kg Boden ist schon die Reihenfolge der Böden 1, 2 und 3 nach abnehmendem Kalibedarf ersichtlich, welche sich in den zwei Serien mit Sandverdünnung viel deutlicher ausprägt.

Betrachten wir jetzt zunächst wieder den K-Entzug bei den verschiedenen Versuchen. Diese Zahlen sind in Tabelle VII erwähnt, bezogen auf Bodenmenge sowie auf Oberfläche.

Tabelle VII.  $K_2O$ -Ertrag in mg pro 100 g Boden und in kg pro ha

Versuche	1. Sandboden				2. Savelboden				3. Tonboden			
	ohne $K_2O$		mit 480 kg $K_2O$		ohne $K_2O$		mit 480 kg $K_2O$		ohne $K_2O$		mit 480 kg $K_2O$	
	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha	mg 100 g	kg/ha
Feldversuch:												
Kartoffeln	—	—	—	—	3,8	96	9,8	245				
Weizen	—	—	—	—	2,6	64	3,8	95				
Parzellversuch:	4,4	106	8,5	203	4,6	111	7,5	181	5,2	124	8,1	194
Gefässversuch:												
Boden	4,3	84	16,6	324	6,8	133	15,4	300	10,4	210	20,2	396
Boden-Sand	6,1	40	43,6	283	10,0	65	56,2	364	18,4	119	62,6	406
(50 % Wasserkap.)												
Boden-Sand	7,4	48	58,6	380	11,1	72	67,0	435	24,4	158	71,4	464
(100 % Wasserkap.)												

Die Entzugswerte für Kartoffeln, bezw. Weizen aus dem Feldversuch auf Boden 2 können als Durchschnittszahlen für Versuche auf kaliarmen Böden der Typen 1 und 3 betrachtet werden. Man sieht dann, dass im Parzellversuch der Hafer etwas mehr Kali aufnimmt, als Getreide im Feldversuch. Bei zunehmenden Erträgen steigt, auch ohne Kali, bei den Gefäss-serien der Kali-Entzug in mg pro 100 g Boden in allen drei Böden, im Gegensatz zu den Phosphorsäureversuchen. Die in der letzten Serie erreichten Entzugswerte von 7.4 bezw. 11.1 bei Böden 1 bzw. 2 werden wahrscheinlich wohl das Maximum des verfügbaren Kalis bei diesen Böden angeben. Sehr gross ist auch bei dieser Serie die Ausnützung des gegebenen Düngerkalis (75 mg pro

100 g Boden); beim Boden 2 ist hier die Ausnützung 75 %. Auf Oberfläche bezogen ist ohne Kalidüngung der Ertrag, wie bei Phosphorsäure für Böden 2 und 3, am höchsten beim Gefäßversuch mit reinem Boden, für Boden 1 beim Parzellversuch.

Tabelle VIII.  $K_2O$ -Gehalt der Trockensubstanz beim Vegetationsversuch

	1. Sandboden		2. Savelboden		3. Tonboden	
	Korn	Stroh	Korn	Stroh	Korn	Stroh
<i>Parzellversuch</i>						
0 $K_2O$	0,70 %	1,54 %	0,75 %	1,06 %	0,78 %	1,47 %
120	0,71	1,87	0,70	1,35	0,70	1,72
480	0,68	3,08	0,75	2,06	0,77	2,23
<i>Gefäßversuch Boden</i>						
0	0,74	0,18	0,73	0,45	0,78	0,80
480	0,77	1,95	0,75	1,50	0,75	2,04
<i>Gefäßversuch 1 T. Boden + 2 T. Sand (50% Wasserkap.)</i>						
0	0,72	0,20	0,68	0,12	0,79	0,22
480	0,97	1,54	0,84	1,82	0,83	1,95
<i>Gefäßversuch 1 T. Boden + 2 T. Sand (100% Wasserkap.)</i>						
0	0,66	0,23	0,74	0,28	0,70	0,38
120	0,74	0,36	0,75	0,54	0,69	0,68
480	0,75	1,47	0,71	1,64	7,00	1,73

Ein deutlicheres Bild der K-Aufnahme bekommen wir mittels der Kaligehaltzahlen (siehe Tabelle VIII). Man sieht, dass die  $K_2O$ -Gehalte des Haferkorns verhältnismässig konstant sind; ein Gehalt von 0,70 % kann als normal betrachtet werden. Nur beim Boden-Sandgemisch mit 50 % Wasserkapazität mit Kalidüngung liegt der Korngehalt bei allen drei Böden bedeutend höher; eine Erklärung lässt sich dafür nicht finden. Beim Stroh liegen aber ganz grosse Unterschiede in Kaligehalt vor, die wir jetzt näher betrachten; 1,8—2,0 %  $K_2O$  kann hierbei als normal gelten. Im Parzellversuch sind nur die Gehalte beim Boden 2 niedrig, während beim Boden 1 der hohe Gehalt mit vollständiger Kalidüngung auffällt. Aus vielen anderen Versuchen ist uns bekannt, dass die kali-armen Tonböden das Kalium ziemlich schwierig zur Verfügung stellen auch wenn grössere Mengen als Düngung gegeben werden, während bei Sandböden sowohl kleine Kalireserven im Boden als gegebene Düngermengen sehr leicht von den Pflanzen aufgenommen werden. Auch bei der Gefäßserie mit nur Boden sieht man mit Kalidüngung in dieser Hinsicht noch einigen Unterschied, bei Sandverdünnung wird aber auch beim Boden 2 das Düngerkalium gut ausgenützt.

Bei der ersten Gefäss-serie sieht man wie im Ertrag in Gehaltszahlen die Folge der Böden 1, 2 und 3 im abnehmenden Kalibedarf; beim Sandboden ist der Gehalt hier schon extrem niedrig. Bei den höheren Erträgen und kleineren Bodenmengen der beiden anderen Gefäss-serien ist die K-Versorgung bei allen drei Böden ungenügend, wie aus den niedrigen Gehalten ersichtlich ist; auch 120 kg Kali genügt bei der letzten Serie nicht. Im Gegensatz zu der P-Volldüngung ist aber die K-Volldüngung auch für den ärmsten Boden ausreichend.

Fassen wir die gesammten Ergebnisse der Vegetationsversuche zusammen, so wäre die folgende Charakterisierung des Kalihaushalts zu geben. Der Sandboden 1 ist ziemlich kaliarm; beim Getreidebau, besonders beim Hafer, wird der Ertragsabfall im Feldversuch nicht gross sein; bei erschöpfendem Entzug wie in den Gefässversuchen zeigt sich dass der den Pflanzen verfügbare Vorrat nur klein ist. Boden 2 hat einen viel grösseren Kalivorrat, wie bei einem Savelboden mit mehr als 25 % Ton begreiflich ist; für verschiedene Kulturpflanzen wie Kartoffel, Leguminosen, Kanariengras ist dieses Kali aber schwer zugänglich. Besonders beim Mitscherlichversuch zeigt sich der aufnehmbare Kalivorrat als völlig ungenügend. Tonboden 3 zeigt sich am kalireichsten obwohl auch hier beim Feldversuch Mängelscheinungen bei verschiedenen Kulturen auftreten. Wie bei Phosphorsäure sind aber die Reserven so gross, dass auch im Mitscherlich-Versuch der Ertragsabfall noch klein bleibt; die K-Versorgung ohne K-Düngung ist aber auch hier völlig ungenügend.

Stellen wir dieser Charakterisierung jetzt die Bodenuntersuchung auf Kali in Tabelle IX gegenüber.

Tabelle IX. Bodenuntersuchung auf Kali in mg  $K_2O$  pro 100 g Boden.

	1. Sandboden	2. Savelboden	3. Tonboden
K-Gehalt 0,1 n HCl (1:10) 3 Extraktionen	6—2— $\frac{1}{2}$	10—9—3	13—4—2
K-Zahl 0,1 n HCl (6,25 g Humus auf 300 g Säure) 3 Extraktionen	5—2— $\frac{1}{2}$	—	—
K-5 % HCl	32	180	173
K-Neubauer	4 $\frac{1}{2}$	20	26 $\frac{1}{2}$
K-Aspergillus	12	22	20 $\frac{1}{2}$
K-Mitscherlich (b-Wert)	5 $\frac{1}{2}$	7	21 $\frac{1}{2}$

Auch hier haben wir den Mitscherlichschen b-Wert errechnet, wobei eine gut übereinstimmende c-Konstante von 0.67 für die drei Böden benutzt wurde. Bei den Sandböden bestimmen wir meistens die K-Zahl durch Salzsäure-Extraktionen bezogen auf eine konstante Hu-

musmenge; zum Vergleich sind hier auch die dreimaligen Extraktionszahlen, auf eine konstante Bodenmenge bezogen, angeführt. Obwohl diese Zahlen für alle Böden ziemlich niedrig sind, sieht man doch deutlich den Unterschied zwischen dem sehr armen Sandboden und den beiden reicheren Tonböden. Extrahiert man mit starker Salzsäure, dann zeigt sich deutlich die geringe Kalimenge im humusarmen Sandboden. Bei der Methode NEUBAUER wie auch (sei es etwas weniger deutlich) bei der Aspergillus-Methode, ist der Unterschied zwischen Sand- und Tonböden sehr gross, während beim Mitscherlichversuch, wie auch aus den Ertragszahlen schon ersichtlich war, die Böden 1 und 2 dicht bei einander liegen. Zwischen den beiden Tonböden ist nur nach Mitscherlich ein grosser Unterschied; erste Salzsäureextraktion und Neubauermethode zeigen Boden 3 als etwas reicher wie Boden 2 an, wie auch aus Feld- und Vegetations-Versuchen hervorgeht.

Auch bei den Kaliuntersuchungen sehen wir also im allgemeinen eine gute Übereinstimmung zwischen Bodenuntersuchung und Vegetationsergebnissen und bekommen wir somit aus dem gesammten Material ein abgerundetes Bild des Kalihaushalts. Nur bekommt man den Eindruck, dass der Mitscherlichversuch hier eigentlich zu grosse Unterschiede zwischen den beiden Tonböden vorausahnt, die im Feld- oder Parzellversuch und in der Bodenuntersuchung nicht gefunden werden. Die maximalen K-Entzugszahlen stimmen bei dem Mitscherlichversuch gut überein mit den b-Werten, die aus diesem Versuch errechnet werden. Dieser b-Wert ist beim Sandboden ungefähr der Neubauerzahl und der einmaligen Salzsäure-Extraktionszahl gleich; beim Savelboden 2 ist aber dieser b-Wert etwas kleiner als der HCl-Gehalt und viel kleiner als die Neubauerzahl. Beim Boden 3 ist der b-Wert wieder viel höher als die einmalige HCl-Extraktion und kommt dem höheren Neubauerwert gleich. Man sieht, dass die Bedeutung des b-Wertes bei den verschiedenen Bodentypen nicht dieselbe ist.

#### *Schlussfolgerungen.*

Bei der Zusammenfassung der Ergebnisse dieser vielseitigen Bodenuntersuchung lassen sich in erster Linie zwei Fragen stellen.

1. In welcher Hinsicht hat diese Untersuchung nach mehreren Seiten hin uns mehr gelehrt über den P- und K-Haushalt dieser Böden als der Feldversuch zusammen mit den Erfahrungen der landwirtschaftlichen Praxis?
2. Welche der angewandten Methoden hat die beste Übereinstimmung mit Feldversuch und Praxis gegeben?

Es ist klar, dass sich diese Fragen auf Grund dieses beschränkten Materials nicht in allgemeinem Sinne beantworten lassen. Bestimmte Andeutungen lassen sich aber ganz gut herausholen. Wir müssen dabei bedenken, dass nur die Ackerkrume untersucht wurde, sodass wir über den Einfluss des Untergrundes auf den P- und K-Haushalt dieser Böden keine Aussprache tun können. Mit dieser Beschränkung lässt sich sagen, dass diese Untersuchung uns in erster Linie einen besseren Eindruck über Vorrat und Verfügbarkeit der Phosphorsäure und des Kalis in den verschiedenen Böden gegeben hat. So zeigt sich bei dem Sandboden deutlich, dass nicht nur der totale P-Vorrat sehr gering ist, aber dass auch durch starke Festlegung die Düngergaben sehr schlecht ausgenützt werden; weiter sieht man, dass die Verfügbarkeit der Phosphorsäure bei P-Mangel beim Anfang des Wachstums relativ am grössten ist. Dagegen findet man beim Savelboden zwar einen grösseren P-Vorrat, aber eine geringe Verfügbarkeit, die erst im Mitscherlich-Versuch und bei Bestimmung von der leichtlöslichen Phosphorsäure (Methode NEUBAUER, Methode DIRKS u. SCHEFFER) hervortritt. Dass die P-Mangelerscheinungen auf diesem Bodentypus im Feldversuch nicht so stark auftreten, lässt sich ausser durch Nachlieferung aus dem Untergrund vielleicht erklären durch die ökonomische Ausnützung der geringen verfügbaren P-Mengen, wie es sich bei den Vegetationsversuchen mit diesem Boden zeigt. Bei Tonboden 3 bekommt man den Eindruck, dass unter Umständen eine P-Düngung eine gewisse günstige Wirkung zeigen kann; mit allen Methoden zeigt sich aber trotzdem eine ziemlich grosse P-Reserve. Beim Kali sind alle drei Böden düngungsbedürftig. Während beim Boden 1 aus Bodenuntersuchung und Vegetationsversuch ein äusserst geringer Kalivorrat aber eine gute Ausnützung dieser geringen Menge sowie derjenigen einer normalen Düngergabe hervorgeht, haben Böden 2 und 3 mit wenig verschiedenen Tongehalten ungefähr gleich grosse Vorräte, die aber wahrscheinlich auf etwas verschiedener Weise zur Verfügung kommen. Die meisten Untersuchungsmethoden und auch die hierbei bezogenen Feldversuche zeigen in dieser Hinsicht nur einen geringen Unterschied; nur die Methode MITSCHERLICH gibt für Boden 2 einen viel niedrigeren Vorrat an Kali an als für Boden 3.

Wir kommen somit zu der zweiten Frage, welche der angewandten Methoden die beste Übereinstimmung mit Feldversuch und Praxis gibt. Der Gefässversuch nach MITSCHERLICH mit oder ohne Berechnung des b-Wertes hat den grossen Vorteil, dass durch die ziemlich extremen Versuchsbedingungen immer ein deutlich ausgeprägtes Bild der Bodenvorräte gegeben wird. Man bekommt aber im allgemeinen den Ein-

druck, dass die Farben, womit das Bild dabei gemalt ist, öfters etwas zu hell oder zu dunkel gewählt sind, wodurch die Gegensätze zu gross werden.

Der Gefässversuch mit nur Boden, kombiniert mit chemischer Analyse der Ernten, also wie damals von LIEBSCHER und von HELLRIEGEL vorgeschlagen wurde, scheint uns dagegen — wie auch aus anderen eigenen Versuchen hervorgeht — eine sehr zuverlässige Methode zur Feststellung der P- oder K-Bedürftigkeit der Böden.

Eine Aussprache über den Wert der einzelnen Schnellmethoden lässt sich auf Grund dieser Versuche nicht geben. Für Phosphorsäure hat die Methode NEUBAUER sowie die Säure-Extraktionen mit Zitronensäure und Milchsäure hierbei die Unterschiede zwischen diesen Böden, wie diese aus den Ergebnissen der Vegetationsversuche hervorgehen, am besten charakterisiert; für Kali geben die Zahlen nach Neubauer und nach der 0.1 n Salzsäure-Extraktion eine gute Übereinstimmung mit den Vegetationsversuchen. Die Aspergillusmethode zeigt im Vergleich mit den chemischen Extraktionsmethoden ein etwas undeutlicheres Bild.

Die Absicht der hier gegebenen Ausführungen über den Zusammenhang der Ergebnisse verschiedener Untersuchungsmethoden für die Düngerbedürftigkeit bei drei Bodentypen war zu zeigen, wie man mit einer Reihe von Arbeitsmethoden, sich ausdehnend von Beobachtungen im Felde bis zu chemischen Bodenuntersuchungen im Laboratorium, eine wertvolle Übersicht über den P- und K-Haushalt verschiedener Bodentypen bekommen kann. Neben Vergleichsuntersuchungen an möglichst vielen Bodenmustern, wie dies in schöner Weise schon durch die internationale Arbeitsgemeinschaft in Angriff genommen wurde, scheint uns eine mehrseitige Untersuchung, wie hier beschrieben, für die Lösung der schwierigen Fragen über die Düngerbedürftigkeit der Böden von Bedeutung.

#### LITERATURVERZEICHNIS.

- (1). O. DE VRIES: Ernähr. d. Pflanze 30, 374 (1934).
- (2). O. DE VRIES: Transact. 3rd Int. Congr. Soil Sc. III, 220, Oxford 1935.
- (3). Erster Bericht über die Arbeiten und über die Tagung der Arbeitsgemeinschaft zur Prüfung der Laboratoriumsmethoden für die Bestimmung des Kali- und Phosphorsäurebedürfnisses der Böden, Königsberg 1936.

#### Diskussion.

v. BOGUSLAWSKI: Es muss wohl betont werden, dass diese interessanten Versuche von de Vries ein gänzlich anderes Ziel verfolgen als

der Methodenvergleich in der bisherigen Gemeinschaftsarbeit. Hierbei kam es lediglich auf die qualitativen Ausschläge und auf die Brauchbarkeit der Grenzwerte ohne Rücksicht auf die jeweils gelösten Nährstoffmengen an. Aus den eben geschilderten Ergebnissen können wir nun ersehen, wie verschiedene Mengen bei den einzelnen Methoden in Vergleich gestellt werden.

Für die Bewertung solcher Zahlen ist es nun einmal wichtig, ob wir den Nährstoffvorrat der Böden oder die wahrscheinliche Nährstoffversorgung innerhalb *einer Vegetation unter natürlichen Bedingungen* erfassen wollen.

Zweitens sollte man m. E. bei den Ergebnissen der Feld-, Parzellen- und Gefäßversuche die jeweilige Aufnahme mit den Erträgen sowie den ermittelten »b«-Werten in Vergleich setzen, weil dann das Bild noch wesentlich klarer wird. Ich konnte früher bereits zeigen, wie (Landw. Jahrb. Bd. 83, 1936, S. 711) bei verschiedenen Boden 1 Sandgemischen nicht nur die Ausnutzung des Bodenkalis sondern oft noch deutlicher die *Verwertung in der Pflanze* offenbar durch die gleichzeitige Variierung anderer Faktoren (CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O) beeinflusst wird. Auch in dem vorliegenden Material lassen sich scheinbar bei der P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Wirkung auf den drei Böden ähnliche Ausschläge ableiten.

DE VRIES. Beim Vergleich der Methoden ist es wichtig wenn hier und da evidente Abweichungen vorkommen. So giebt die Mitscherlich-Gefäßmethode beim Ton (Tabelle 3) relativ viel höhere Werte im Vergleich zu der Kali-Aufnahme im Parzellversuch, als bei den beiden anderen Böden: es scheint dass der sehr intensive Angriff aus dem Ton mehr Reserve-Kali herausholt, welche Reserven beim Sand und Savel nicht vorhanden sind. Die Neubauer- und Aspergillusmethode geben beim Savel etwa ebensoviel Kali als beim Ton. In solchen Fällen giebt die Anwendung zweier Methoden uns eine Möglichkeit um eine solche Bodeneigenschaft festzustellen.

SCHEFFER: Der Vergleich zwischen Feldversuch, Gefäßversuch, Neubauer-Versuch und den chemischen Methoden ist streng genommen nicht möglich, da die einzelnen Methoden etwas Verschiedenes bestimmen. Die chemischen Verfahren ermitteln eine Nährstoffmenge oder=Masse eines Bodens und fragen nicht danach, wie sie im Boden wirken. Die Gefäß- und Feldversuche dagegen ermitteln die Wirkung der vorhandenen Nährstoffmengen, d. h. die Kraft, die den Pflanzenertrag erzeugt. Da aber Kraft=Masse mal Beschleunigung ist, kann aus der Masse erst auf den Ertrag geschlossen werden, wenn die Beschleunigung, die die Nährstoffmengen im Boden erfahren, bekannt ist. Nach

den verschiedensten Untersuchungen scheint aber die Beschleunigung in den einzelnen Böden je nach Bodenart, Bodentyp usw. sehr verschieden zu sein, so dass entsprechend die Nährstoffwirkung, d. h. der Ertrag gleichfalls verschieden ist. Ein Vergleich zwischen den physiologischen und den chemischen Methoden ist daher streng genommen nur dann möglich, wenn die genannten Faktoren bekannt sind. Aber auch die physiologischen Methoden untereinander arbeiten verschieden. Der Neubauer-Versuch greift die Bodenteilchen, vor allem die kalihaltigen Bestandteile sehr energisch an, so dass nach den Untersuchungen in Jena nicht nur leicht lösliches, austauschbares Kali, sondern auch nicht austauschbares Kali in beträchtlichen Mengen aufgenommen wird. Im Gefässversuch nach Mitscherlich liegen völlig andere Verhältnisse vor (andere Wurzelmassen, andere Bodeneigenschaften, zumeist durch Sand verdünnter Boden), die schliesslich im Feldversuch wiederum andere werden. Die Nährstoffaufnahme erfolgt im Feldversuch schwächer als im Gefässversuch und hier wiederum — das gilt vor allem für den Nährstoff Kali — schwächer als im Neubauerversuch. Die physiologischen Methoden ermitteln daher nicht nur verschiedene, sondern auch verschiedene wirksame Nährstoffmengen.

**DE VRIES.** Die Betrachtungen über Masse und Wirkung sind sicher interessant. In dieser Richtung ist noch viel auszubauen; die Gefässmethode nach Mitscherlich rechnet (als Abszisse) mit Düngergaben (also Masse) und nicht mit der Wirkung dieser Gaben im betreffenden Boden. Auch sollte bei der Wirkung auf die Pflanze nicht nur auf den Ertrag an Trockensubstanz geachtet werden, sondern immer auch die chemische Zusammensetzung, wobei also auch die Kali- (bezw. Phosphat-) Ernte (= Kali-Entzug) festgestellt wird.

**MITSCHERLICH:** Wir haben bei allen Vergleichen zu berücksichtigen, dass wir in jedem Falle mit verschiedenem Bodenmaterial arbeiten. Scheffer hat wohl recht, dass in freiem Lande die Wurzeln nicht so intensiv mit dem Boden in Berührung kommen, wie bei den Gefässen; dafür stehen ihnen aber auch verschieden tiefe Bodenschichten, grössere Bodenmengen, zur Verfügung. Ob sich das irgendwie bei der Nährstoffaufnahme ausgleicht ist sehr die Frage. Ebenso steht den Pflanzen, wenn im Kulturgefäß 1 Teil Boden mit 2 Teilen Sand gemengt werden, nur ein Drittel der Nährstoffe zur Verfügung wie wenn man die Gefässer mit reinem Boden füllt!

**DE VRIES.** Die Bedeutung des Untergrundes beim Feldversuch wurde in Königsberg schon ausführlich diskutiert. Wir haben in der

Praxis nun einmal auch mit dem Untergrund zu tun; nötigenfalls soll man diesen auch untersuchen. Manchmal ist der Untergrund aber nicht so wichtig und ernährt die Pflanze sich überwiegend aus der Krume; so auf den leichten Böden Hollands. In anderen Fällen wirkt der Untergrund stark mit, z.B. bei Tonböden: da macht es aber einen Unterschied ob es eine Trockenzeit gab, wobei der Untergrund tief gelockert wurde und die Wurzeln nachher tief eindrangen, oder ob der Winter oder Frühling sehr feucht war, wonach die Wurzel in den pappigen Untergrund viel weniger tief eindringen. Ein leichter Boden mit saurem Untergrund wird in guten Jahren eine höhere Kalidüngung brauchen, während ein guter Tonboden in guten Jahren tiefgründiger ist und dann vielleicht gerade weniger Kalidüngung braucht (Maximumverschiebung nach rechts bzw. links).

Der Gesichtspunkt Mitscherlich's, dass die Neubauermethode höhere Zahlen giebt als die Mitscherlich'sche Gefässmethode, wird durch die gegebene Zahlen (Tabelle 3) nur in einem Fall bestätigt; es zeigt sich ein Unterschied bei diesen drei Böden, der einer systematischen Untersuchung bedarf.

TORSTENSSON schliesst mit bestem Dank für die gegenseitige Anregung diese Diskussion.

### Vortrag.

#### DIE GEGENSEITIGE BEEINFLUSSUNG DER NÄHRSTOFFE BEI IHRER WIRKUNG AUF DIE PFLANZEN.

Von E. RAUTERBERG.

Arbeiten aus der Landwirtschaftlichen Versuchsstation des Deutschen Kalisyndikates, Berlin-Lichterfelde-Süd.

Bei Felddüngungsversuchen und bei Düngungsversuchen in Vegetationsgefässen wird häufig die Beobachtung gemacht, dass der Pflanzenertrag bei einer hohen Nährstoffgabe geringer ist als bei mittleren Gaben. An Hafer wurden z. B. aus Vegetationsgefässen bei 1 g N 34,7 g getrocknete Pflanzensubstanz geerntet, bei 2 g N war die Erntemenge 29,7 g und bei 3 g N 23,5 g. Aus der Literatur können in genügender Menge Beispiele für eine derartig ungünstige Wirkung hoher Nährstoffgaben gebracht werden.

Welches ist nun der Grund für diese Ertragsdepressionen bei den hohen Nährstoffgaben? Ist es immer richtig, dass die Pflanzen durch die hohe Nährstoffgabe in ihrer Entwicklung geschädigt wurden, wie

meistens angenommen wird, oder müssen wir für eine derartig ungünstige Wirkung der hohen Nährstoffgaben nach anderen Gründen suchen?

Die eben erwähnten Erträge 34,7 g bei 1 g N, 29,7 bei 2 g N und 23,5 bei 3 g N, entstammen einem Vegetationsversuch, von dem weitere Gefäße in früherem Zeitpunkt geerntet wurden und zwar erfolgte die Ernte 50, 60 Tage usw. nach der Saat. Die bei den verschiedenen Ernten erreichten Erträge sind in der Tabelle 1 zusammengestellt:

Tabelle 1.

Erträge von Hafer in verschiedenem Alter bei steigenden Stickstoffgaben. (Die Zahlen in Klammern: prozentualer Ertrag für einen Ertrag bei 1 g N gleich 100).

Alter der Pflanzen Tage	Erträge bei g N pro Gefäß		
	1	2	3
50	2,7	3,2 (118)	3,2 (118)
60	8,5	7,4 (87)	7,4 (87)
70	15,3	13,9 (91)	11,2 (73)
80	19,7	16,5 (84)	11,9 (60)
90	23,7	19,7 (83)	16,7 (71)
130	34,7	29,7 (86)	23,5 (68)

Die Zahlen zeigen, dass sich die ungünstige Wirkung der hohen Nährstoffgaben am stärksten bei den späten Ernten bemerkbar macht. In der Tabelle sind neben den Erträgen bei 2 und 3 g N Zahlen in Klammern aufgeführt, welche angeben, wie hoch der prozentuale Ertrag ist, wenn der Ertrag bei 1 g N gleich 100 gesetzt wird. Diese in Klammern aufgeführten Zahlen werden im Durchschnitt mit zunehmenden Alter der Pflanzen kleiner. Wenn nun angenommen wird, dass durch die hohen Nährstoffgaben hier also 3 und 3 g N pro Gefäß, die Pflanzen geschädigt wurden, so musste sich dieses besonders bald nach der Düngung zeigen und die Pflanzen hätten sich in späterer Zeit wieder erholt. Durch die bessere Nährstoffversorgung würden sie wahrscheinlich sogar kräftiger wachsen.

In der Tabelle 2 sind die Erträge von einer anderen Reihe aus dem gleichen Versuche aufgeführt, den Pflanzen stand nur eine andere Grunddüngung zur Verfügung. Auch hier sind die Erträge nach 50 und 60 Tagen bei 3 g N geringer als bei 1 g N; nach 70, 80, 90 und 130 Tagen sind die Erträge aber hier höher als bei 1 g N. Wie schon erwähnt, unterscheiden sich die Versuchsreihen durch verschiedene Grunddüngungen. Die bei der geringen Grunddüngung durch erhöhte Stickstoffgaben hervorgerufenen Ertragsdepressionen treten bei der hohen Grunddüngung bei 2 g N überhaupt nicht und bei 3 g N im Vergleich zu 1 g N nur bei den ersten beiden Ernten auf. Wir könnten nun den Schluss ziehen, dass die Pflanzen bei kleiner Grunddüngung

Tabelle 2.

Erträge von Hafer in verschiedenem Alter bei steigenden Stickstoffgaben (hohe Grunddüngung).

Alter der Pflanzen Tage	Erträge bei g N pro Gefäß		
	1	2	3
50	6,0	6,4	5,3
60	17,2	18,8	16,5
70	34,4	38,4	36,2
80	51,4	67,3	59,9
90	71,5	97,8	82,6
130	105,0	132,2	123,6

in stärkerem Masse durch hohe Stickstoffgaben geschädigt werden als bei grosser Grunddüngung. Diese Erklärung dürfte aber nicht richtig sein, denn wir müssen uns fragen, ob wir es überhaupt mit einer Schädigung der Pflanzen durch die hohe Stickstoffgabe zu tun haben, oder ob nicht andere Gründe für die geringen Erträge bei der hohen Stickstoffgabe verantwortlich sind.

Tabelle 3.

Erträge von Korn und Stroh und Korn-Strohverhältnis bei kleiner und grosser Grunddüngung bei verschiedenen Stickstoffgaben.

	1 g N	2 g N	3 g N
<i>kleine Grunddüngung</i>			
Kornertrag	13,4	8,8	4,7
Strohertrag	21,3	20,9	18,8
Korn-Stroh-Verh.	1,59	2,38	4,00
<i>grosse Grunddüngung</i>			
Kornertrag	48,5	60,2	57,8
Strohertrag	56,5	72,0	65,8
Korn-Stroh-Verh.	1,16	1,20	1,14

In der Tabelle 3 haben wir neben den Gesamterträgen der letzten Ernte auch die Erträge an Korn und Stroh und das Korn-Strohverhältnis (Korn = 1) aufgeführt. Wir sehen bei der grossen Grunddüngung ist das Korn-Strohverhältnis bei den 3 Stickstoffgaben praktisch gleich; bei der kleinen Grunddüngung nimmt das Korn-Strohverhältnis dagegen mit steigender Stickstoffgabe zu. Bei 1 g N ist es 1,59: bei 2 g N 2,38 und 3 g N 4,00. Das Korn-Strohverhältnis ist nun aber ein Massstab für die normale Entwicklung der Pflanzen. Um dieses zu zeigen, sollen einige Zahlen besprochen werden, die aus einer Arbeit: »Studien über die Ernährung der Pflanzen und die Ertragsbildung bei verschiedener Düngung« von MITSCHERLICH, BOGUSLAWSKI und GUTMANN (1) stammen.

In der Tabelle 4 sind die Erträge bei steigenden Kaligaben bei einer kleinen Grunddüngung 0,5 g N und 0,5 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> und bei einer grossen Grunddüngung 2,5 g N und 2,5 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aufgeführt, ausserdem ist das Korn-Strohverhältnis angegeben.

Tabelle 4.

Pflanzenertrag und Korn-Strohverhältnis bei steigender Kaligabe bei verschiedener Grunddüngung mit N und  $P_2O_5$  (g pro Gefäss).

$K_2O$	$P_2O_5$	N	0,5	2,5
			0,5	2,5
0,125		40,4	1,5	8,6
0,25		52,5	1,3	13,8
0,50		60,1	1,3	46,5
0,75		63,6	1,3	61,9
1,00		66,3	1,3	96,3
1,50		66,4	1,4	116,5
2,50		64,8	1,5	153,2

Bei einer Kaligabe von 0,75 g pro Gefäss sind die Erträge bei der kleinen und grossen Grunddüngung ungefähr gleich 63,6 g und 61,9 g, das Korn-Strohverhältnis ist in beiden Fällen aber sehr unterschiedlich. Bei der kleinen Grunddüngung ist es 1,3 und bei der grossen Grunddüngung 2,0. Wenn wir uns jetzt die Erträge und das Korn-Strohverhältnis bei den verschiedenen Kaligaben ansehen, so stellen wir fest, dass bei der grossen Grunddüngung die Erträge mit steigenden Kaligaben immer weiter zunehmen und dass das Korn-Strohverhältnis immer geringer wird. Bei der kleinen Grunddüngung wird der höchste Ertrag praktisch schon bei 1 g  $K_2O$  erreicht und das Korn-Strohverhältnis ist auch bei den mittleren Kaligaben am kleinsten, während bei den höheren Kaligaben das Korn-Strohverhältnis wieder grösser wird.

Wie kommt es nun, dass bei der hohen Grunddüngung das Korn-Strohverhältnis bei 0,75 g  $K_2O$  so hoch ist, oder aus welchem Grunde haben sich nur so wenig Körner bei der relativ grossen Menge Stroh gebildet? Eine Salzschädigung der Pflanzen kann für das hohe Korn-Strohverhältnis nicht verantwortlich gemacht werden, denn die Salzschädigung müsste bei 2,5 g  $K_2O$  neben den 2,5 g N und 2,5 g  $P_2O_5$  noch grösser sein als bei 0,75 g  $K_2O$ . Es muss also ein anderer Grund vorliegen. Da das Korn-Strohverhältnis mit steigenden Kaligaben abnimmt, müssen wir wohl die Kaliversorgung der Pflanzen in dieser Versuchsreihe für das Korn-Strohverhältnis verantwortlich machen. Das hohe Korn-Strohverhältnis bei den geringen Kaligaben können wir uns nun wie folgt erklären: Die Pflanzen entwickeln sich bei den hohen Gaben an Stickstoff und Phosphorsäure im Jugendstadium sehr gut und nehmen möglichst viel Kali aus dem Boden auf. Enthält der Boden nun nur wenig Kali, so wird die Kaliaufnahme bei der weiteren Entwicklung der Pflanze immer geringer. Die von der Pflanze vor dem Schossen gebildete Pflanzensubstanz kann sich in der Menge nicht weiter entwickeln und es werden weniger Körner gebildet, als bei der

vorhandenen Blattmenge eigentlich gebildet werden müsste, das Korn-Strohverhältnis wird gross.

Für das hohe Korn-Strohverhältnis ist also nicht die grosse Gabe eines Nährstoffes verantwortlich, sondern das hohe Korn-Strohverhältnis ist auf Mangel an einem anderen Nährstoff nach dem Schossen zurückzuführen. Wenn die Pflanzen die vorhandenen Nährstoffe sehr schnell aufnehmen können, z. B. bei Vegetationsversuchen in Quarzsand, kann sich der Nährstoffmangel bei der späteren Entwicklung der Pflanze bei einer grossen Grunddüngung so stark auswirken, dass die Erträge bei der grossen Grunddüngung geringer werden als bei einer kleinen Grunddüngung.

Die Erträge, über die zu Beginn des Berichtes gesprochen wurde, waren, wie erwähnt, bei geringer und höherer Grunddüngung erzielt worden. Die Grunddüngungen unterschieden sich nur im Kaligehalt. Bei der kleinen Grunddüngung waren pro Gefäß 0,1 g K<sub>2</sub>O verabfolgt und bei der grossen Grunddüngung waren 2 g K<sub>2</sub>O pro Gefäß gegeben worden. Bei 0,1 g K<sub>2</sub>O ist bei den nach 50 Tagen geernteten Pflanzen noch keine Ertragsdepression festgestellt worden, es zeigt sich also noch kein Kalimangel. Nach 60 Tagen ist bei den höheren Stickstoffgaben schon ein gewisser Kalimangel wahrnehmbar, der sich bei den späteren Ernten immer stärker zeigt und schliesslich in dem Korn-Strohverhältnis 4,00 bei 3 g N und 2,38 bei 2 g N sehr stark hervortritt. Die Ertragsdepression bei hohen Nährstoffgaben braucht man also nicht immer auf Salzschäden zurückzuführen. Der Mangel eines anderen Nährstoffes kann auch dafür verantwortlich sein.

Ein Nährstoffmangel in der Grunddüngung ruft bei steigenden Gaben eines anderen Nährstoffes nun nicht nur Ertragsdepressionen hervor es kann auch die Qualität der Pflanze bei steigenden Gaben eines Nährstoffes sinken, wenn ein Nährstoffmangel in der Grunddüngung vorhanden ist. Es sinkt also der Gehalt an einem wertbestimmende Bestandteil der Pflanze, wenn bei kleiner Grunddüngung durch starke Gaben mit einem Nährstoff hohe Erträge erzielt werden. In der Tabelle 5 ist der Gehalt an Eiweisstickstoff von Hafer bei steigenden Kali-gaben aufgeführt und zwar standen den Pflanzen 1, 2 und 3 g N pro Gefäß zur Verfügung.

Tabelle 5.

Eiweisstickstoff in Hafer bei verschiedener Versorgung mit Stickstoff und Kali.

gN	gK <sub>2</sub> O	0,1	0,2	0,5	1	2	3
1		1,05	0,98	0,79	0,57	0,58	0,54
2		1,22	1,13	1,06	0,96	0,84	0,97
3		1,23	1,19	1,13	1,13	1,16	1,17

Die Pflanzen entstammen demselben Versuch, dem die Pflanzenerträge entnommen wurden, über die oben berichtet ist. Es handelt sich hier um den Gehalt an Eiweisstickstoff der Pflanzen, welche nach 90 Tagen geerntet sind. Die Zahlen zeigen, dass der Gehalt an Eiweisstickstoff abnimmt, wenn den Pflanzen nur wenig Stickstoff in der Düngung zur Verfügung steht, bei der höchsten Stickstoffgabe ist der Gehalt der Pflanzen an Eiweisstickstoff praktisch unabhängig von der Kaliversorgung der Pflanzen.

Die Zahlen, die hier besprochen wurden, entstammen Vegetationsversuchen, bei denen sich ein Nährstoffmangel im allgemeinen stärker auswirkt als bei Feldversuchen. Wir machen aber auch bei Feldversuchen häufig die Beobachtung, dass durch steigende Gaben mit einem Nährstoff die Erträge nicht besser, sondern schlechter werden und dass der Eiweisgehalt nicht höher, sondern geringer wird. Wir müssen uns beim Auftreten derartiger Versuchsergebnisse überlegen, ist wirklich der in grosser Menge gegebene Nährstoff für die Ertragsdepression und für die Qualitätsverschlechterung verantwortlich, oder fehlt es vielleicht an einem anderen Nährstoff oder sind sonstige Wachstumsbedingungen für die Pflanzen so ungünstig, dass der in steigender Menge gegebene Nährstoff die Entwicklung der Pflanzen in einem Zeitpunkt vortreibt, der für die ganze Pflanzenentwicklung nicht richtig ist. Die Pflanze muss von allen Nährstoffen in genügender Menge aufnehmen, sie muss die Nährstoffe aber auch zur richtigen Zeit aufnehmen können. Es genügt nicht, dass die Pflanzen im Jugendstadium Nährstoffe aufnehmen, ihr müssen auch später zur kräftigen Weiterentwicklung ausreichend Nährstoffe zur Verfügung stehen.

#### LITERATUR.

1. E. A. MITSCHERLICH, E. v. BOGUSLAWSKI und A. GUTMANN: Schriften der Königsberger Gelehrten Gesellschaft, 12. Jahrgang Naturwissenschaftliche Klasse Heft 2 1935, Verlag: M. Niemeyer Halle/S.

#### Diskussion:

SCHMITT: In dem Suchen nach der sichersten und zweckmässigsten Methode zur Untersuchung des Bodens auf seinen Fruchtbarkeits- und Nährstoffzustand sind wir — so glaube ich — in ein Stadium getreten, das uns anregen sollte, Betrachtungen anzustellen über den Quellungszustand des Plasmas und über die damit zusammenhängenden Ionenwirkungen, Reduktions- und Aufbau-, Oxydations- und Abbau-Reaktionen in der Pflanze. Wir gelangen hierdurch zu einer neuen Deutung der Wirkung der Pflanzennährstoffe, wie sie kürzlich mein Mitarbeiter

Dr. M. Ott vorgenommen und an unserer Anstalt Anlass zur Inangriffnahme ausgedehnter Arbeiten gegeben hat. Danach lässt die Tatsache, dass es nicht gelingt, ausserhalb enger Grenzen den Mineralstoffgehalt der Samen und anderer Reserveorgane zu verändern, die bisherige Nährstofftheorie unbefriedigend erscheinen und weist auf eine Art Durchgangsfunktion der Mineralstoffe während der eigentlichen Vegetationsperiode der Pflanzen hin.

Die Funktion der mineralischen Nährstoffe besteht demnach in erster Linie in der *Regulierung des »Milieu«*, das durch  $P_H$ ,  $R_H$  und Quellungszustand des Plasmas gegeben ist. Dieser ist nur in bestimmten ziemlich engen Grenzen variabel und innerhalb dieser für verschiedene Funktionen optimal. Die optimalen Bedingungen sind in den verschiedenen Pflanzen bei verschiedenen Milieuwerten gegeben, also bei verschiedener  $P_H$ -, Redox- und Quellungspufferung. Als Quellungspuffer können die Sterine angesehen werden. Allgemein begünstigt die *Entquellung* die *Oxydation*, wahrscheinlich durch Aktivitätssteigerung der Peroxydasen d. h. exotherme Redoxprozesse wie z. B. die Atmung und hemmt den Aufbau hochmolekularer Stoffe, wie Stärke und Eiweiss, begünstigt oder bedingt vielleicht sogar deren Abbau.

Die *Quellung* dagegen begünstigt die *Assimilation* d. h. die endothermen Redoxprozesse vielleicht durch Aktivitätssteigerung der Redoxfermente Chlorophyll-Proteid und Katalase und den Aufbau hochmolekularer Stoffe.

Somit ist die Hauptfunktion der Basen Kali und Kalk für die Pflanze bezeichnet. Durch ihr Zusammenwirken bestimmen sie den Quellungsgrad und damit die Richtung des Stoffwechsels. Sie sind also biologisch gesehen keine Antagonisten, sondern Synergisten. Ihr Verhältnis zueinander ist je nach der Art der Pflanze und nach der gewünschten Stoffwechselreaktion ein verschiedenes. Offenbar verfügt die Pflanze selbst zum mindesten zu einem gewissen Grade über die Fähigkeit dieser Regulierung; denn wenn sich beispielsweise nicht mehr genug Sauerstoff zur Atmung in der Bodenluft befindet, stellt die Pflanze die Kali-aufnahme ein, sie erreicht dadurch eine Entquellung des Plasmas und damit eine Aktivierung der Peroxydase, ihres wichtigsten Atmungsfermentes. Das gleiche wie für das Kali gilt für die Aufnahme von Nitrat- und Halogen-Ionen, die ebenfalls Quellung des Plasmas hervorrufen. Den Basen Kalk und Kali kommt daneben auch noch die Funktion der Schaffung und Erhaltung des günstigen  $P_H$  und dem Kali ausserdem wahrscheinlich noch eine spezifische stimulierende Wirkung auf alle Stoffwechsel- und Wachstumsvorgänge zu.

Wie schon eben angedeutet, besteht die Funktion des Stickstoffs,

der vorwiegend als Nitration aufgenommen wird, zunächst ebenfalls in seiner Wirkung auf den Quellungszustand. Danach bei seiner Reduktion beeinflusst er das Redoxpotential direkt und nach seinem Einbau in organische Verbindungen als puffernde Aminosäure das  $P_H$ , um schliesslich zu hochmolekularen Verbindungen aufgebaut, selbst kolloidal, quellungsabhängig und integrierender Pflanzenbestandteil zu werden. Als solchem kommen ihm nun Spezialfunktionen zu. Das Nitration begünstigt also zuerst durch seinen Einfluss auf die Quellung der Kolloide seine Reduktion und zugleich den Aufbau hochmolekularer Substanzen z. B. des Eiweisses, wird aber, wenn keine entquellenden Ione vorhanden sind, die Reife verzögern. Dies entspricht der Beobachtung, dass bei starker Stickstoffdüngung ohne gleichzeitige Anwesenheit von Phosphationen tatsächlich dauernd Stickstoff aufgenommen und zu Eiweiss aufgebaut wird, ohne dass es zu einer Reife kommt. Wird jedoch mit zu starken Phosphatgaben gedüngt, kommt es zu einem Stillstand der Stickstoffaufnahme und zu einer frühzeitigen Reife.

Das Phosphation wirkt also, wie daraus hervorgeht, ähnlich wie das Calcium entquellend; es erfährt in der Pflanze keine Reduktion; wie der Stickstoff ist es ein Aufbaustoff und zwar besonders für das Eiweiss der Zellkerne. Auffallend ist seine Beteiligung an einer grossen Zahl von Abbaureaktionen wie der Gärung, der Glykolyse und der Atmung. Es ist wichtiger Bestandteil verschiedener Fermente, wie der Cymase, der Karboxylase, des gelben Ferments und anderer. Auch die Umwandlung der Kohlehydrate zu Fetten ist an die Anwesenheit des Phosphations gebunden.

Ähnlich wie das Phosphation verhält sich das Sulfation, es unterliegt aber wie das Nitrat einer Reduktion, um dann ebenfalls in Eiweissbausteine und verschiedene andere Stoffe bestimmter Wirksamkeit wie z. B. das Vitamin  $B_1$  und das Insulin eingebaut zu werden. Auch das Magnesium und das Bor scheinen in erster Linie auf die Quellung einzuwirken und zwar einander entgegengesetzt. Das Magnesium ist überdies als ein ausgesprochener Aufbaustoff (Chlorophyllbildung) zu betrachten.

Man ist angesichts dieser Betrachtungsweise geneigt, mehr als einen Zufall in der Tatsache zu sehen, dass die der Pflanze leicht zugänglichen Nährstoffe im Ganzen genommen die Bildung des Plasmas und damit die Assimilation und den Aufbau hochmolekularer Stoffe begünstigen, während das entgegengesetzt wirkende Phosphation und bis zu einem gewissen Grade auch das Calcium erst im Laufe der Vegetationszeit voll zur Ausnutzung gelangen, um gegen deren Ende, wenn

die Hauptmengen der leichterfassbaren Nährstoffe aufgebraucht sind, in ein gewisses Maximum zu geraten. In diesem Stadium bewirken sie durch Entquellung des Plasmas den Stillstand des Wachstums und schliesslich die Reife, jenen Zustand, in dem die Entquellung einen solchen Grad erreicht, dass weder die Assimilation noch eine wesentliche Atmung die Reservestoffe des Samens verändern.

Auch die selektive Aufnahme der Nährstoffe durch die Pflanze gewinnt anhand dieser Darstellungsweise eine ganz neue Bedeutung.

Ich glaube, dass wir uns in dieser Kommission in Zukunft mit den angeschnittenen Fragen mehr befassen müssen, da ich annehme, dass hierdurch weitere Bausteine zur Lösung der uns gestellten Probleme geliefert werden können.

Zu den Ausführungen von Herrn SCHMITT sprachen noch die Herren Scheffer, Rauterberg und Mitscherlich.

von BOGUSLAWSKI: Dass der Eiweissgehalt in der gezeigten Tabelle bei niedriger Stickstoffdüngung mit zunehmender Kalidüngung abnahm, liegt m. E. daran, dass die Erträge mit der Kalidüngung stiegen, ohne dass genügend Stickstoff im System vorhanden war, um höhere Stickstoff- und Eiweissgehalte zu ermöglichen.

Prinzipiell legen wir im Pflanzenbau Wert auf eine möglichst einfache und leicht zu kontrollierende Beziehung zwischen Düngung, Nährstoffaufnahme und Ertrag. Ich zeige die Beziehung an dem früher veröffentlichten Kurvenpaar [siehe Königsberger Gelehrte Gesellschaft, Jahrgang 12. (1935)]. Bei steigender Aufnahme nimmt die Verwertung des variierten Faktors mit zunehmender Düngung ab, dieser Abfall erfolgt nach einer nicht immer ganz regelmässigen Kurve. Indessen konnten wir in Gefässversuchen bisher kein »optimales« Nährstoffverhältnis für die Erzielung von Höchsterträgen ableiten. Z. B. wurde das Höchstertragsgebiet bei gegenseitiger Verschiebung der Stickstoff- und Kalidüngung bei den einzelnen Stickstoffstufen mit folgenden Kaligaben bzw. folgendem Nährstoffverhältnis in der Düngung erzielt.

N:	0,01	0,08	0,185	0,43	1,06
N/K <sub>2</sub> O	1/1,60	1/1,45	1/1,42	1/1,43	1/1,43

Was nun die praktische versuchstechnische Folgerung anbetrifft, so kann ich die Meinung Herrn Rauterbergs durchaus bestätigen, muss jedoch gerade aus den Wasserversuchen folgern, dass es schwierig ist, die richtige Anfangsgabe bzw. Anfangskonzentration im Versuch zu wählen, denn diese ist für die Jugendentwicklung und bis zu einem gewissen Ausmass für die gesamte vegetative Entwicklung der Pflanze von starkem Einfluss.

## Vortrag:

DIE WIRKUNG DES STICKSTOFFKUNSTDÜNGERS AUF  
ALLUVIAL- UND WIESENTONBÖDEN IN UNGARN.

Von

KARL SIK,

(Kgl. Ung. Geologisches Institut, Budapest.)

Die ungarische Regierung lässt — um die Produktion richtig zu gestalten, und auch um eine Mehrproduktion zu erreichen — das ganze Gebiet Ungarns bodenkundlich kartographieren und verwirklicht überdies die Bewässerung der grossen ungarischen Tiefebene, Alföld genannt. Die bodenkundliche Kartierung wird unter Leitung des Obergeologen Dr. LUDWIG KREYBIG von der Abteilung für Bodenkunde des Kgl. Ung. Geologischen Institutes vorgenommen.

Vier Monate im Jahr sind wir — sieben meiner Kollegen und ich — mit Aufnahmen im Freien beschäftigt. In den übrigen Monaten des Jahres werden die gesammelten Bodenprofile aufgearbeitet. Auf Grund der Aufnahmen im Freien und der Untersuchungen im Laboratorium konstruieren wir übersichtliche Karten der aufgenommenen Gebiete im Maßstabe von 1:25.000. Diese Karten gelangen mit einem erläuternden Text zur Veröffentlichung. Aufnahme, Konstruktion und Druckkosten betragen pro kat. Joch 12—14 Heller (14—16 öre). Die über die Bodenprofile angefertigten Karten werden mit Nummern versehen und der erläuternde Text enthält, unter der entsprechenden Nummer angeführt, die Daten der Lokalaufnahmen, sowie die Ergebnisse der Laboratoriumsuntersuchungen. Auf Grund dieser wird der Leser ausführlich über die bodenkundlichen Verhältnisse des betreffenden Gebietes unterrichtet. Auf den Karten selbst wird nicht nur der Typus angedeutet, es werden vielmehr auch die landwirtschaftlich verschiedenenartigen Gebiete gegeneinander abgegrenzt. Das Hauptziel ist, innerhalb eines Types die lokalen Variationen zu veranschaulichen, zumal diese lokalen Verschiedenheiten den Produktionserfolg in sehr beträchtlichem Masse beeinflussen. In Anbetracht der besonderen Verhältnisse in Ungarn würde man durch reine Typenkarten der Landwirtschaft nur geringe Dienste erweisen, da an den meisten Stellen in der Schichtung des Bodenprofils zwei, mitunter sogar drei übereinander angeordnete Typen zu beobachten sind, oft 100 bis 150 cm tief reichend. In der Produktion kommt dennoch ihre gemeinsame Wirkung zur Geltung. Diese übereinandergeschichtete Typenbildung wird durch die Auffüllung alter Flussbetten, anderenorts wieder durch das teilweise

Wegwaschen des vorhandenen Bodenprofils und durch neue Ablagerungen verursacht. Deshalb ist es im Interesse der Produktion nicht zweckmässig, über Gebiete, wo verschiedene Typen übereinander gelagert erscheinen, reine Typenkarten anzufertigen. Ich erlaube mir, eine nach den erwähnten Grundsätzen angefertigte bodenkundliche Karte mit dem dazugehörenden erläuternden Text vorzuzeigen. Die blaue, gelbe und rote Farbe bezeichnet die chemischen Eigenschaften je nach dem Kalkzustand. Die violette Farbe bezeichnet die Soda-Böden. Die Linierungen drücken den physikalischen Zustand unter Berücksichtigung des kapillaren Wasserhubes aus. Gesamtnährstoffe, sowie der Humus werden durch in die Quadrate eingetragene Ziffern bezeichnet. Hier geben wir auch den äussersten Wert der Humusschicht-Stärke innerhalb des abgegrenzten Gebietes an, sowie die Tiefe des Untergrundwassers. Die römischen Ziffern bezeichnen die Sigmund'schen Bodentypen.

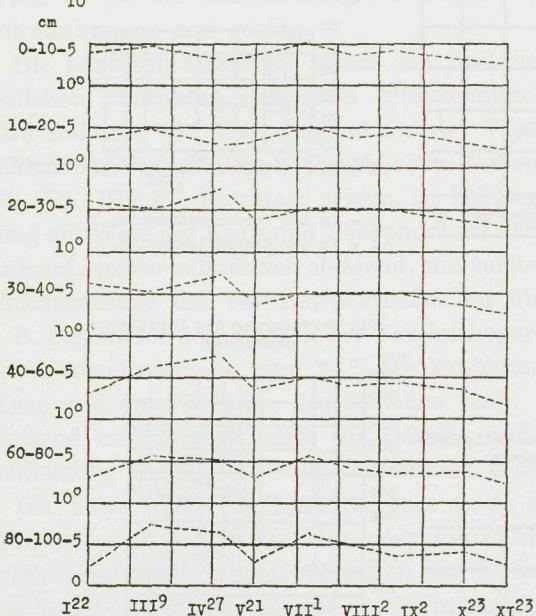
Ich erachtete es als notwendig, diese kurze Erläuterung unseren Bodenkarten vorauszuschicken, da meine Arbeit, über die ich berichten will, mit der Kartographie zusammenhängt. Wir befassen uns nämlich auch mit der Untersuchung der leichtlöslichen Nährstoffe in verschiedenenartigen Böden, wiewohl diese Werte auf den Karten nicht verzeichnet sind. Auf Grund unserer bisherigen Untersuchungen fanden wir, dass die leicht löslichen Nährstoffe zu verschiedenen Jahreszeiten stets sich ändernde Werte ergeben. Deshalb haben wir davon abgesehen, diese Werte zu kartographieren, trachten aber, die Veränderungen — an verschiedenen Pflanzen beobachtend — zu systematisieren. Mit dieser Arbeit befassen wir uns seit dem Jahre 1934, dürften aber noch zwei Jahre brauchen, um unsere Beobachtungen aus der Fülle der an Ort und Stelle und im Laboratorium durchgeführten Untersuchungen zu ordnen und einheitlich zusammengefasst zu publizieren. Meine Arbeit, über die ich hier mit einigen Worten berichten werde, ist ein eigenes Glied in der Kette dieser langjährigen Untersuchungen.

Meine Aufgabe ist, das Verhalten der Stickstoff-Dünger in den Bodenprofilen verschiedener ungarischer Böden, sowie deren Wirkung — nämlich die der Dünger — auf löslichen Phosphor und lösliches Kali festzustellen. Meine Untersuchungen führte ich mit grösseren Mengen Stickstoffdüngers durch, um die periodischen Schwankungen des löslichen Stickstoffes, Phosphors und Kalis gut beobachten zu können.

Für den Alluvialboden habe ich solche Mengen Stickstoffkunstdüngers genommen, dass die Gesamtmenge des Nitrogens in der Schicht von 0 bis 10 cm um 0.01 % erhöht werde. Um im Wiesentonboden noch grössere Änderungen wahrnehmen zu können, habe ich die Menge des Gesamtnitrogens in der Schicht von 0—10 cm um 0.1 % erhöht.

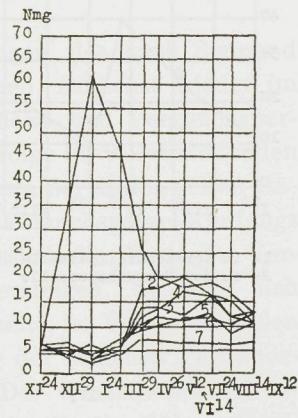
I.

Die Veränderung des löslichen Stickstoffes  
in der Kontrollparzelle in Tiszaderzs.  
Alluvialboden.



II.

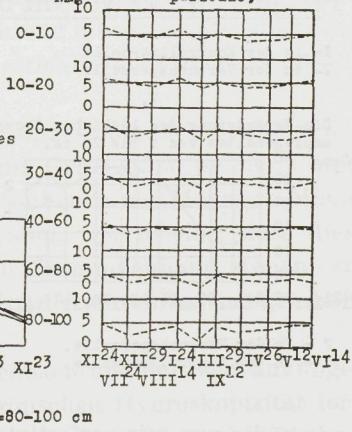
Die Veränderung des löslichen  
Stickstoffes in der Versuchs-  
parzelle.



- 1 = 0-10 cm
- 2 = 10-20 "
- 3 = 20-30 "
- 4 = 30-40 "
- 5 = 40-50 "
- 6 = 60-80 "
- 7 = 80-100"

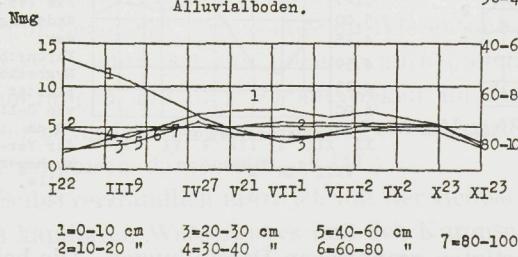
II/A.

Die Veränderung des löslichen  
Stickstoffes in der Kontroll-  
parzelle.



I/A.

Die Veränderung des löslichen Stickstoffes  
in der Versuchsparzelle in Tiszaderzs  
Alluvialboden.



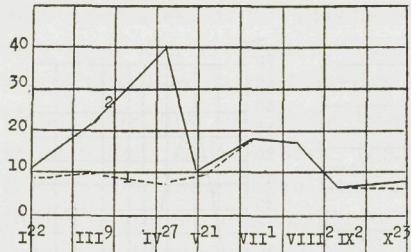
- 1=0-10 cm      3=20-30 cm      5=40-60 cm      7=80-100 cm
- 2=10-20 "      4=30-40 "      6=60-80 "

Die Experimente habe ich im Jahre 1937 auf Alluvialböden der Theiss-Gegend, im Jahre 1938 auf gebundene Wiesentonböden eingestellt gehabt.

Die auf Grund der Untersuchungen beobachteten Veränderungen

## III.

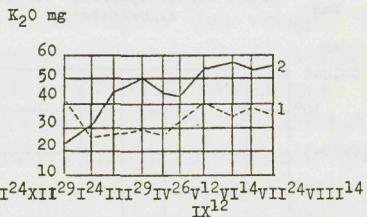
Die Veränderung des löslichen Phosphor-säuregehaltes von 0 bis 20 cm in Tiszaderzs.  
 $P_{2O_5}$  mg  
 Alluvialboden.



1= in der Kontrollparzelle  
 2= in der Versuchsparzelle

## VI.

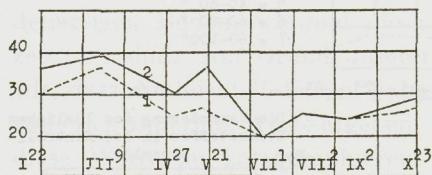
Die Veränderung des löslichen Kaligehaltes von 0 bis 20 cm.



2 = In der Versuchsparzelle,  
 1 = In der Kontrollparzelle,

## IV.

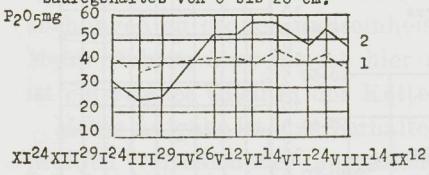
Die Veränderung des löslichen Kaligehaltes von 0 bis 20 cm in Tiszaderzs.  
 $K_2O$  mg  
 Alluvialboden.



1= in der Kontrollparzelle  
 2= in der Versuchsparzelle

## V.

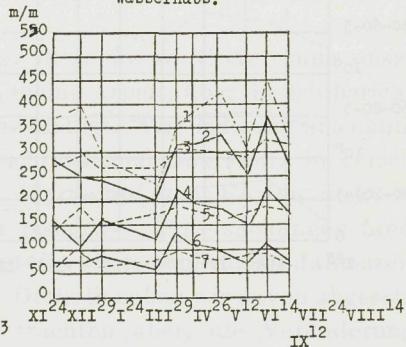
Die Veränderung des löslichen Phosphor-säuregehaltes von 0 bis 20 cm.



2 = In der Versuchsparzelle,  
 1 = In der Kontrollparzelle.

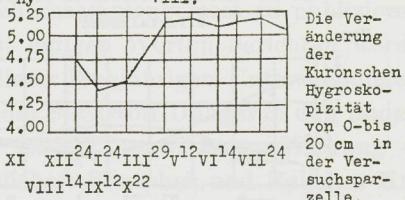
## VII.

Die Veränderung des Kapillaren Wasserhubs.



6=0-10 cm      Nach 5 St.  
 7=10-20 "      "      "  
 4=0-10 "      " 20 "  
 5=10-20 "      "      "  
 2=0-10 "      " 100 "  
 3=10-20 "      "      "  
 1=0-10 "      Endwert.

## VIII.



Die Veränderung der Kuronschen Hygroskopizität von 0- bis 20 cm in der Versuchsparzelle.

zeigen die von mir verfertigten graphischen Darstellungen. Die beiden ersten (I, I/A) veranschaulichen die Veränderungen des löslichen Stickstoffes im Theiss-Alluvialboden auf der Versuchs- und Vergleichsparzelle, während die beiden anderen (II, II/A) in der gleichen Reihenfolge die Änderungen im Wiesentonboden zeigen. Wir sehen, dass

der Wert des aufnehmbaren Stickstoffes — dem ausgestreuten Kunstdünger entsprechend — zu Beginn nur in der oberen Schicht steigt, während später, im Laufe eines Jahres der Stickstoff in beide Bodenarten ca 80 cm tief eindringt. Auf der Vergleichsparzelle sind die Schwankungen nur gering.

Die nächsten Graphika sollen die Änderungen des nach Sigmund löslichen Phosphors und Kalis veranschaulichen, zunächst wieder im Alluvialboden der Theissgegend auf der Versuchs- und Vergleichsparzelle (III, IV) und dann in der gleichen Reihenfolge im Wiesentonboden (V, VI). Wie die Resultate zeigen, ist bei Beginn der stufenweisen Gärung der Wert des Kalis und Phosphors auf der Versuchsparzelle anfangs sinkend, später allmählich steigend, um schliesslich die Werte der Vergleichsparzelle um ein Beträchtliches zu übersteigen. So zeigt sich z. B. gegenüber den Werten der Vergleichsparzelle, im Wiesentonboden der Versuchsparzelle eine 24 %-ige Erhöhung der löslichen Phosphorsäure und eine 50 %-ige des löslichen Kali. Der Wertzuwachs ist bedeutend und beweist, dass die Gärung und somit die Nährstoffaufschliessung durch den Stickstoff erhöht wurde.

Ich habe ferner beobachtet, dass auch die kapillare Wasserhubfähigkeit des Wiesentonbodens den Schwankungen der Nährstoffaufschliessung folgt. Die Änderungen der Wasserhubfähigkeit in Schichten von 0—10 cm und 10—20 cm Tiefe nach fünf, zwanzig und hundert Stunden sind auf der hier gezeigten graphischen Darstellung (VII) zu sehen. Die strich-punktierte Linie deutet den letzt errechneten Wert der 0 bis 10 cm tiefen Schicht an, während die nicht unterbrochenen Linien die 0—10 cm tiefen Schichten, die strichlierten Linien die 10—20 cm tiefen Schichten bedeuten.

Ausserdem habe ich an den einzelnen eingesammelten Mustern den Wert der Kuronschen Hygroskopizität zum Gegenstand meiner Untersuchung gemacht. Ich konnte im Wiesentonboden von Monat zu Monat gewisse leichte Schwankungen wahrnehmen. Es scheint, dass diese Änderungen mit der Bodentätigkeit im Zusammenhang stehen, zumindest in der obersten Humus-Schicht. Auch diese Änderungen habe ich graphisch dargestellt. (VIII.)

Selbstverständlich fahre ich mit der Beobachtung der Schwankungen des kapillaren Wasserhubes und der Kuronschen Hygroskopizität fort, um aus möglichst viel Untersuchungen ein genaues Bild von den Wesenszügen dieser Änderungen zu erhalten. In Ermangelung von Mustern war ich nämlich im Jahre 1938 nicht in der Lage, die Änderungen der Vergleichsparzelle zu untersuchen. Ich hoffe, dass ich beim nächsten Kongress schon in der Lage sein werde, über meine weiteren Resultate zu berichten.

Es folgt der Vortrag von Dr. ENDREDY, der nicht eingesandt wurde.

Er behandelte allgemeine Düngungsprobleme und Erfahrungen in Ungarn.

**Diskussion:**

**TORSTENSSON:** *Zu den Ausführungen von Dr. Endredy.* Durch eine grosse Zahl von Untersuchungen von Franck und von uns aus den letzten Jahren haben wir feststellen können, dass die Düngungsphosphorsäure in den verschiedenen schwedischen Böden recht wenig beweglich ist. Wie ich an einer anderen Stelle berichtet habe, haben wir versucht die Düngungstechnik danach anzupassen.

Für viele Böden scheint es auch bei Kali ähnlich zu sein.

Der Nitratstickstoff wandert selbstverständlich in unseren Böden ebenso wie in anderen. Betr. der Wassermengen will ich aber anschliessend zu Dr. Endredy einiges mitteilen. Wir sprechen bei uns von humidem Klima, was auch richtig ist, wenn wir den Jahresschnitt berücksichtigen. Während der Vegetationszeit ist aber der Klimatyp anders und erst gegen Herbst haben wir mit einer Nitratauswaschung zu rechnen. Das ist besonders bei der bei uns ziemlich allgemein vorkommenden Vollbrache der Fall. Bei dieser wird der Nitritstickstoff niedergewaschen und soweit es die Drainleitungen oder das Grundwasser erreicht ausgewaschen. Der Teil davon, der aber nicht so weit in den Boden gesunken ist, kommt, wie Simon Johansson bereits 1913 nachweisen konnte, durch die Wasserhebung bei der Eisbildung wieder hinauf in die Ackerkrume, wo es nach dem Auftauen des Bodens im Frühjahr wieder den Pflanzen zur Verfügung steht. Diesen Verlauf konnten wir wiederholt sowohl im Felde wie im Labor nachweisen. Dieser Vorgang ist unzweifelhaft von grosser praktischer Bedeutung und zeigt uns die Erklärung, weshalb der N-Bedarf der Wintergetreide im zeitigen Frühjahr so gering ist.

Zum Schluss dieser Tagung berichtet Herr Holzapfel über die für 1940 vorgesehenen Sitzungen und Veranstaltungen des IV. Internationalen Bodenkundlichen Kongresses in Deutschland.

Es wird beschlossen, die Kommissionsvorschläge hierzu kurz vor dem Abschluss der Tagung in Ultuna zusammenzustellen.

Schluss der Sitzung 17.45 Uhr.

Es folgen zwei Vorträge der Herren Mückenhausen — Berlin, und Smolík — Brünn, die eingegangen waren, aber nicht vorgetragen wurden.

## BEZIEHUNG DER BODENDYNAMIK ZUR BODENFRUCHT- BARKEIT.

Von E. MÜCKENHAUSEN, Berlin.

Es ist bekannt, dass die statischen Versuche in Halle und Lauchstädt (SCHEFFER 1), wovon langjährige Versuchsergebnisse vorliegen, zeigten, dass trotz gleichbleibender Düngung und Pflege die Erträge zurückgingen. Ebenso hat ROEMER (2) darauf hingewiesen, dass vor allem die Zuckerrübenerträge in der Provinz Sachsen zurückgegangen sind. Diese örtlich nachgewiesene Verminderung der Leistungsfähigkeit des Bodens wird heute auf innere Vorgänge im Boden zurückgeführt, die wir unter dem Begriff »Bodendynamik« zusammenfassen. Die Vorgänge spielen also für eine *augenblickliche* Erhöhung oder Ver- minderung der Erträge weniger eine Rolle, wohl aber auf *lange Sicht* betrachtet. Wir müssen bei der Bodenfruchtbarkeit mithin zwei wesentliche Punkte unterscheiden:

1. die augenblickliche Beeinflussung der Fruchtbarkeit, wie es z. B. die Handelsdünger vermögen,
2. die langsame und nachhaltige Beeinflussung der Fruchtbarkeit d. h. die Lenkung der Bodendynamik.

Mit letzterer wollen wir uns heute beschäftigen.

Die *inneren Vorgänge im Boden* geben sich bekanntlich *äusserlich durch bestimmte Merkmale zu erkennen*, die zur Systematik der Bodentypen führen. Wir erkennen daraus, welcher Wert den Bodentypen beizumessen ist, wenn wir sie als äussere Erkennungsmerkmale innerer Bodenvorgänge sehen. Nach dem heutigen Stande der Bodenforschung dürfen wir *nur* von diesem Standpunkt aus die Bodentypen betrachten. Wenn früher die Bodentypen in der bodenkundlichen Wissenschaft zunächst vielfach nur nach äusseren Merkmalen gekennzeichnet wurden, wobei jedoch immer die Gliederung nach der Praxis, d. h. hauptsächlich nach der Ertragsfähigkeit orientiert wurde, so sind wir uns im klaren darüber, dass damals die Bodentypenlehre sich im beschreibenden und sammelnden Stadium befand, so wie jede wissenschaftliche Disziplin ein deskriptives Stadium durchläuft, um dann ins kausale Stadium überzugehen. Wir sind heute in der Bodentypenlehre so weit, dass wir bereits viele Zusammenhänge zwischen den äusseren Merkmalen und den inneren Vorgängen im Boden kennen, uns also im kausalen Stadium befinden. Erstaunlich ist, dass viele der ehemals aufgestellten Bodentypen und auch Untertypen einen bestimmten inneren Zustand des Bodens wiedergeben, so dass nach den neueren

Erkenntnissen diese Begriffe bestehen bleiben können. So ist es gerade jetzt, wo wir immer mehr in die Dynamik des Bodens eindringen, ungeheuer wertvoll, dass wir auch in Deutschland ein umfangreiches Beobachtungsmaterial besitzen, das in erster Linie STREMME (3) und seine Schule gesammelt haben. Es ist nun die Aufgabe der bodenkundlichen Wissenschaft, bei der Ergründung der Zusammenhänge zwischen äusseren Bodenmerkmalen und inneren Vorgängen das erarbeitete Material auszuschöpfen und darauf weiter aufzubauen.

Eingangs sagte ich, dass die örtlich beobachteten Ertragsrückgänge auf innere Vorgänge im Boden selbst zurückgeführt würden (SCHEFFER 1). Wir können nicht umhin, anzunehmen, dass in diesen Fällen unter Verkennung der Bodendynamik in irgend einer Form Raubbau getrieben wurde, d. h. durch eine bestimmte Nutzungsart wurde die natürliche Fruchtbarkeit des Bodens geschädigt.

Wir müssen uns mit dem Wesen der Bodenfruchtbarkeit beschäftigen, um daraus den Wert der Bodendynamik und des Bodentyps zu erkennen. Die wichtigsten *Träger der Bodenfruchtbarkeit* bilden die *adsorbierenden Bodenkomplexe*, die Ton- und Humuskomplexe und deren mittelbare und unmittelbare Wirkung.

Die Abhängigkeit der Bodenfruchtbarkeit von der Bodendynamik lässt sich am klarsten darstellen, indem wir zwei bekannte, charakteristische Bodentypen mit verschiedenartiger Dynamik nebeneinander betrachten, die *Schwarzerde* und die *Braunerde*.

Das *Schwarzerdeprofil* zeigt eine mächtige, grauschwarze, humose Oberschicht, den A-Horizont, unmittelbar auf dem unveränderten Ausgangsmaterial, dem C-horizont. Der A-Horizont ist kalkhaltig, porös und krümelig. Er besitzt alle Eigenschaften des guten Bodens. Bekanntlich entsteht die Schwarzerde vorwiegend auf kalkhaltigen Substraten, hauptsächlich auf Löss, im semihumiden Klima, das eine Steppengras-Vegetation bedingt.

Das *Braunerdeprofil* unterscheidet sich grundsätzlich von der Schwarzerde durch die braune Farbe und die Horizont-Gliederung in A = Auswaschungs-Horizont, B = Einwaschungs-Horizont und C = unverändertes Ausgangsmaterial. Die erste Vorbedingung der Braunerdebildung schafft ein humides Klima. Waldvegetation fördert die Entwicklung dieses Bodens, wodurch er auch den Namen »Brauner Waldboden« erhalten hat.

Es sei nun kurz dargestellt, wie in der Schwarz- und Braunerde die Träger der Fruchtbarkeit, d. h. die Ton- und Humuskomplexe, beschaffen sind, womit wir im wesentlichen den Fruchtbarkeitswert der beiden Böden erfassen.

Zunächst zur Beschreibung des Tonkomplexes in diesen beiden Bodentypen:

In der *Schwarzerde* erfolgt durch die geringe Niederschlagsmenge, oder besser die kleine Versickerungsmenge eine geringe Auswaschung der Basen, von denen das Kalzium die Hauptrolle spielt. Das gelöste Kalziumbikarbonat hemmt die Tonbildung aus den primären Aluminosilikaten, in erster Linie der Feldspäte, so dass in der echten Schwarzerde nicht alle primären Tonminerale aufgeschlossen werden. Die dennoch verwitternden Aluminosilikate, die das Ausgangsprodukt der Tonkomplexe darstellen, bauen in der Anwesenheit der Basen Tonkomplexe mit einem hohen  $\text{SiO}_2$ /Sesquioxid-Verhältnis auf. In der Schwarzerde wird also ein Tonkomplex gebildet, der viel Kieselsäurekolloid im Verhältnis zum Sesquioxdkolloid enthält, was LAATSCH (4) in einer neueren Arbeit auf Grund der Untersuchungen von MATTSON umfassend dargestellt hat. Das Verhältnis von  $\text{SiO}_2$  zu Sesquioxid ist in der Schwarzerde etwa 3,5—4,5:1. Ein Tonkomplex mit dieser Zusammensetzung besitzt ein grosses Kationenbindungs- und Austauschvermögen, stellt somit einen für die natürliche Fruchtbarkeit wertvollen Bestandteil dar.

Der *Tonkomplex der Braunerde* setzt sich anders zusammen. Da im humiden Klima ein verhältnismässig grosser Teil der Niederschläge versickert, geht eine dauernde Entbasung des Bodens vor sich. Die Folge davon ist ein energischer Aufschluss der Aluminosilikate durch die Agenzien der Verwitterung. Im Gegensatz zur Schwarzerde werden bald die primären Tonsilikate vertont. Die gebildeten Tonkolleide besitzen ein niedriges Verhältnis von  $\text{SiO}_2$ /Sesquioxid, etwa 2,5—3,5:1. Verbunden damit ist ein geringerer Fruchtbarkeitswert des Komplexes, da das Kationenbindungs- und Austauschvermögen geringer ist. Die Entbasung und damit die Umbildung des Tonkomplexes in eine weniger wertvolle Form geht um so schneller vor sich, je leichter die Bodenart und je höher der Durchfeuchtungswert des Bodens ist, d. h. je mehr Wasser versickert.

Wir sehen also, dass in den beiden Bodentypen von Natur aus verschiedenwertige Tonkomplexe entstehen, womit eine verschiedenartige Fruchtbarkeit verbunden ist.

Die *Humuskomplexe*, die in den beiden Bodentypen entstehen, sind ebenso verschieden aufgebaut. In der basischen *Schwarzerde* entsteht ein hochwertiger *Dauerhumus*, der einen grossen Anteil widerstandsfähiger Humusstoffe, sogenannte *Grauhuminsäure* (SPRINGER 5), besitzt. Während der Humus in anderen Böden zum Teil aus Rotteprodukten besteht, die erst durch vollständige Humifizierung in echte

Humusstoffe übergehen müssen, hat der Schwarzerdehumus einen hohen Humifizierungsgrad erreicht. Ferner haben neuere Arbeiten von SPRINGER (5) und SIMON (6) gezeigt, dass die echten Humusstoffe der Schwarzerde an basischen Tonmineralien gebunden sind, wozu vor allem die Grauhuminsäure besonders befähigt ist. Auf dieser Bindung beruht ebenso die Widerstandsfähigkeit des Schwarzerdehumus.

Die *Humusstoffe der Braunerde* enthalten in geringerem Masse die beständige Grauhuminsäure, sondern mehr die weniger dauerhafte *Braunhuminsäure* (SPRINGER 5), die nur eine schwache Bindung mit Tonmineralien eingehen kann. Der Humuskomplex der Braunerde ist daher nicht so beständig, und der natürliche Fruchtbarkeitswert ist geringer.

Nun wollen wir untersuchen, welche *Folgerungen aus der Eigenart dieser beiden Bodentypen für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit* zu ziehen sind. Wir wissen heute, dass zur Erhaltung der Fruchtbarkeitsträger, der Komplexverbindungen, die zweiwertigen Basen die wichtigste Voraussetzung sind; denn die Basen verleihen den Komplexen ihre Stabilität. Wenn der *Tonkomplex* eine bestimmte Entbasung erreicht hat, etwa pH 4—5, so zerfällt er in seine Bestandteile, Kieselsäure, Tonerde und Eisenoxyd, die mit dem Sickerwasser in den Untergrund wandern. Dieser Vorgang findet bei der *Degradation der Braunerde* statt, kann aber im Extremfall auch im *Degradationsprozess der Schwarzerde* erfolgen. Das Weittragende dieses Prozesses muss darin gesehen werden, dass er *nicht rückläufig* gemacht werden kann. Wohl ist es möglich, einen gewissen Entbasungsgrad durch Kalkzufuhr wieder vollständig auszugleichen. Aber sobald der Komplexzerfall eingesetzt hat, können wir zwar den Vorgang durch Kalken aufhalten, aber nicht mehr die ursprüngliche Fruchtbarkeit des Tonkomplexes wiederherstellen. So erklärt sich auch die Beobachtung, dass eine Kalkung auf einem extrem entbasten Boden nicht immer sofort den erhofften Erfolg verzeichnet. Auf diesen Erkenntnissen beruht der ungeheure Wert der Reaktionsuntersuchungen und der Kalkung an sich. So wichtig es nun ist, die Degradation des Bodens durch Zufuhr von Kalk aufzuhalten, so wichtig ist es andererseits, den bereits degradierten Boden vorsichtig in eine bessere Entwicklung zu führen, d. h. die Kalkgaben müssen möglichst verteilt werden. Auch in der Degradation befindet sich der Boden in einem Gleichgewicht, und die Störung dieses Gleichgewichtes durch die plötzliche Zufuhr von aktivem Material muss sich nachteilig bemerkbar machen.

Auch der *Humuskomplex* muss *bewusst erhalten* werden, was zunächst durch Kalk oder auch durch die Zufuhr von organischer Substanz, von

Nährhumus, erreicht wird; denn der dauernde Humusabbau muss ergänzt werden. Nicht allein für die Braunerde, sondern auch für die Schwarzerde sind die Erhaltungsmassnahmen von grösster Bedeutung. Mit der Entbasung der Schwarzerde wird der Humuskomplex umgebildet, er geht in eine geringwertigere Form über, die nach STEBUTT (7) nicht wieder in die ursprüngliche Dauerhumusform zurückverwandelt werden kann. SIMON (8) ist der Auffassung, dass die echte Schwarzerde keine unausgereiften Zwischenformen des Humus duldet, sondern die zugesetzte organische Masse ebenso zu hochwertigem Humus aufbaut. Daraus müssen wir andererseits schliessen, dass die Schwarzerde dazu nicht mehr in der Lage ist, wenn eine gewisse Degradation stattgefunden hat, womit die echten Humusstoffe eine negative Formänderung erfahren. Das erste äusserliche Kennzeichen der Schwarzerde-Degradation wird durch das Braunwerden der Krume angezeigt. Nicht allein durch ein feuchtes Klima kann eine derartige Degradation eingeleitet werden, sondern auch durch eine intensive Ackerkultur, die in dem Glauben an die Uner schöpflichkeit dieser Böden viel Bodenkapital entzieht, aber nicht genügend ersetzt.

Die Braunerde ist im humiden Klima der Degradationsgefahr noch mehr ausgesetzt. Auch bei der Braunerde wird der Humuskomplex durch die Entbasung in seinem Wert gemindert, wenn der Mensch diese Tendenz nicht erkennt und ihr nicht entgegenarbeitet. Als Zeichen der Degradation der Braunerde tritt eine Strukturverschlechterung ein. Es bildet sich eine gebleichte Oberschicht und der B-Horizont wird stärker ausgeprägt.

Aus diesen Darlegungen erkennen wir, dass es nicht allein wertvoll ist, die inneren Vorgänge im Boden zu erforschen, sondern auch die äusseren Zeichen dafür im Bodenprofil zu erkennen.

Indem die Wissenschaft die inneren Vorgänge des Bodens immer mehr erforscht, beginnen gleichzeitig die *Bemühungen, den Boden in Richtung der besten oder wenigstens einer besseren Bodenbildung zu beeinflussen*. Ich erinnere nur an die Arbeiten von SIMON (8), SPRINGER (9) und MEYER (10). Besonders gehen die *Bemühungen* dahin, *einen hochwertigen Humus zu schaffen*. Im Boden selbst ist das nur möglich, wenn der Bodenzustand die Voraussetzung dafür bietet, z. B. in der echten Schwarzerde. Im übrigen muss der Humus, *bevor* er in den Boden kommt, in eine bessere Form übergeführt werden, z. B. durch die Stapelung des Stallmistes. Eine hochwertige Humusform kann dadurch geschaffen werden, indem bei der Stallmiststapelung schichtweise basische Tonsilikate zugesetzt werden, z. B. adsorptionsstarke Tone in der Form des Montmorillonits; das sind Tonkomplexe, die in

ähnlicher Zusammensetzung in der Schwarzerde vorkommen und sich mit dem Humus zu Dauerhumus verbinden.

Für die in dieser Richtung liegenden Bemühungen ist wiederum jeweils die Erkenntnis des Bodenzustandes an äusseren Merkmalen, d. h. der Bodentypen, von grösster Bedeutung. Selbstverständlich kann uns auch eine einfache Reaktionsuntersuchung sehr viel über den Bodenzustand aussagen, aber nicht alles. Die Reaktion kann durch Kalkung korrigiert sein. Das ändert jedoch nichts an den zurückliegenden Entwicklungsphasen des Bodens, deren Erkennung für die Behandlung des Bodens auf lange Sicht sehr wertvoll ist.

In der Gegenüberstellung der Schwarz- und Braunerde habe ich bewusst zwei Bodentypen herausgestellt, die sich in ihrer Dynamik und ihrer äusseren Erscheinung sehr gut unterscheiden lassen. Jeder, der einmal Böden kartiert hat, weiss, dass diese wie andere Typen in reiner Ausbildung verhältnismässig selten vorkommen, dass dagegen aber alle möglichen *Übergänge im dynamischen Verhalten* und dementsprechend auch *in der profilmässigen Ausbildung* bestehen. Diese Übergänge werden durch mannigfache Kombinationen der bodenbildenden Faktoren, des Klimas, der Vegetation, der Wasserverhältnisse usw. hervorgerufen. Einmal gibt es *räumliche Übergänge*, beispielsweise treten im Übergangsgebiet von Schwarz- und Braunerde alle möglichen Übergangstypen auf. Andererseits gibt es *zeitliche Übergänge*, d. h. es setzt durch die Veränderung der Bodenbildungsfaktoren eine andere Bodenbildung ein, womit sich andere dynamische Vorgänge einstellen, die sich wiederum äusserlich durch bestimmte Merkmale anzeigen. Z. B. finden in einem mineralischen Grundwasserboden, in dem das Grundwasser gesenkt ist, Prozesse statt, die denen auf derselben grundwasserfreien Bodenart des betreffenden Klimas entsprechen. Derartige Umstellungen in der Bodenbildung nennt STEBUTT (7) Bodenmetamorphose. Bei einer Kartierung in Nordwestdeutschland hat der Verfasser (11) eine Reihe von solchen Bodenmetamorphosen beschrieben. Wenn man die bodenbildenden Kräfte in ihrer Wirkung auf die Bodendynamik und die Profilgestaltung kennt, so ist es verhältnismässig einfach, auch die Übergänge der Bodentypen richtig zu deuten und entsprechende Schlussfolgerungen für die Praxis zu ziehen. Wie verschieden oft die Bodenentwicklung, die Dynamik des Bodens, sein kann, trotzdem der Boden oberflächlich zunächst gleich erscheint, lehrt uns sehr eindringlich eine Arbeit von STEBUTT (12) über die schwarzen Böden Jugoslaviens. Durch Humusuntersuchungen hat HOCK (13) nachgewiesen, dass auch in der Schwarzerdebildung Unterschiede vorhanden sind, die sich auf bestimmte Einflüsse der

Bodenbildungskräfte zurückführen lassen. Ebenso haben die bekannten Forscher der Bodenkunde wie AARNIO, FROSTERUS, MARBUT, MATTSON, SCHUCHT, STREMME, TAMM, TILL, TREITZ und viele andere in ihren Arbeiten auf die Mannigfaltigkeit der Bodenentwicklung hingewiesen.

Mit einigen Beispielen will ich den *praktischen Wert der Bodendynamik für die Bodenfruchtbarkeit* hervorheben:

Auf die Nachteile der Degradation der Schwarz- und Braunerde und die Massnahmen, diesem Prozess entgegenzuarbeiten, habe ich bereits aufmerksam gemacht. Ich deutete an, dass die Verwertung der organischen Düngemittel, also in erster Linie des Stallmistes, in der Schwarzerde in bester Form erfolgt. Dagegen werden Böden, die dazu neigen, geringwertigere Humuskörper aufzubauen, die zugeführte organische Substanz schlechter verwerten. Diesen Böden muss infolgedessen umso mehr die organische Substanz in veredelter Form zugeführt werden. Die Adsorptionskraft des Bodens hängt nicht allein von der Bodenart, sondern auch von der Dynamik des Bodens ab. Wir werden also bei der Düngung mit allen leicht auswaschbaren Düngemitteln auf adsorptionsschwachen Böden Vorsicht üben müssen. Sehr instruktiv für die Bedeutung der Bodendynamik in praktischer Hinsicht sind die Ausführungen über Phosphorsäuredüngung in Russland von PRJANISCHNIKOW (14). Für die nördlichen Podsole mit ihrer starken Aktivierung werden die billigen Rohphosphate empfohlen, dagegen auf den südlichen Schwarzerden mit ihrer schwachen Aktivierung das teurere, aber leicht lösliche Superphosphat. Im Übergangsgebiet zwischen Schwarzerde und Podsol, also auf Böden mit mittlerer Aktivierung, ist im Hinblick auf die Löslichkeit das Thomasmehl am Platze.

In Erkenntnis der Bedeutung der Bodendynamik hat das Deutsche Reichsfinanzministerium die Berücksichtigung des Bodenprofiles bei der neuen Reichsbodenschätzung in die Beurteilung des Bodens mit-einbezogen (ROTHKEGEL und HERTZOG 16). Mit Rücksicht auf die unterschiedliche Vorbildung der vielen Bodenschätzer können zwar im einzelnen die Bodentypen nicht festgestellt werden, statt dessen wird der allgemeine Entwicklungszustand, die sogenannte Zustandsstufe des Bodens, bestimmt. Von allen wichtigen Böden werden Klebprofile nach der Methode NIKLAS-HOCK hergestellt, um die Profilbilder der deutschen Böden gesammelt zur Hand zu haben.

Immer mehr gewinnt das Bodenprofil und die dadurch verkörperte Bodendynamik Raum im landwirtschaftlichen Beratungswesen. In allen Fragen des Acker- und Pflanzenbaues soll man sich zuerst das

Bodenprofil bis wenigstens 1 m Tiefe ansehen. Unter Umständen ist es nicht allein notwendig, die Krume auf Reaktion und Nährstoffe untersuchen zu lassen, sondern auch die Schichten des Untergrundes; denn nur so können wir den Standort und seine Fruchtbarkeit ganz erkennen und eine Bodenpflege auf lange Sicht einleiten. Verdichtungen, die durch die Ackerkultur unter der Krume gebildet werden können oder durch Umlagerung der Kolloide in tieferen Schichten entstehen, zeigt uns das Profil. Zeitweilige oder dauernde Nässe können wir ebenso im Profil an charakteristischen fahlen oder rostbraunen Flecken erkennen, so dass wir auch danach die Meliorationspläne ausrichten können.

Betonen will ich, dass man im Bodenprofil nicht allein die Dynamik und den Bodentyp ermitteln soll; denn im Gesamtbild »Boden« stellt die Dynamik nur einen Teil dar. In vielen Fällen sind andere Bodeneigenschaften viel entscheidender. Beispielsweise ergeben Bodenartenschichtung, Pflugsohlenbildung usw. Wertunterschiede, deren Berücksichtigung ebenso wichtig ist wie die Dynamik des Bodens.

Dass man in unmittelbarer Verbindung mit der Praxis mit dem wissenschaftlichen Begriff der Dynamik zurückhalten muss, weil der Praktiker sich nichts darunter vorstellen kann, ist selbstverständlich.

Die *wissenschaftliche Bedeutung der Bodendynamik und der Bodentypen* für die Bodenkunde selbst, für die Geologie, für die Pflanzengeographie und die Vorgeschichte sei nur angedeutet. Ich denke hier z.B. an die Ausführungen von SCHUCHT (15) über die verschiedenartige Profilausbildung der Alt- und Jungmoräne in Norddeutschland.

Ich hoffe, mit diesen Ausführungen den Wert der Bodendynamik und des Bodentyps für die Bodenfruchtbarkeit klargestellt zu haben. Die Bodenfruchtbarkeit ist auf derselben Bodenart oft vom Entwicklungszustand, von der Dynamik des Bodens, abhängig, die an bestimmten Merkmalen des Bodenprofiles zu erkennen ist. Wenn wir die natürliche Fruchtbarkeit des Bodens auf lange Sicht lenken wollen, wenn wir sie zu erhalten und mehren bemüht sind, so müssen wir u. a. auch die früheren und jetzigen Vorgänge am Bodenprofil ablesen, um daraus entsprechende Massnahmen der Bodenhygiene ergreifen zu können.

#### SCHRIFTTUM.

1. SCHEFFER, F.: Über das Problem der Bodenfruchtbarkeit. (Archiv für Pflanzenbau, Bd. 8, S. 127, 1932.)
2. ROEMER, TH.: Sinken unsere Zuckerrübenerträge in der Provinz Sachsen? (Zuckerrübenbau, Jg. 10, S. 147, 1928.)
3. STREMME, H.: Die Böden des Deutschen Reiches und der Freie Stadt Danzig. (Verlag Justus Perthes, Gotha, 1936.)

4. LAATSCH, W.: Dynamik der deutschen Acker- und Waldböden. (Verlag Steinkopff, Dresden, 1938.)
5. SPRINGER, U.: Über Typen der echten Humusstoffe, ihre Charakterisierung, Trennung und Bestimmung in Böden. (Fortschritte der landw.-chem. Forschung, 1937, S. 38, Verlag J. Neumann, Neudamm, 1938.)
6. SIMON, K.: Die charakteristischen Humusstoffe, ihre Beurteilung und ihre Bedeutung im Stalldünger. (Bodenk. u. Pflern. Bd. 1, S. 257, 1936.)
7. STEBUTT, A.: Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. (Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin, 1930.)
8. SIMON, K.: Die wichtigsten Eigenschaften der charakteristischen Humusstoffe und ihre Bedeutung für den Landbau. (Forschungsdienst, Sonderheft 6, 1937, S. 84.)
9. SPRINGER, U.: Über den Einfluss der Düngung auf die organische Substanz des Bodens. (Forschungsdienst, Sonderheft 2, S. 144, 1936.)
10. MEYER, L.: Darstellung von Ton-Humus-Gemischen als Träger von Pflanzennährstoffen und als Bodenverbesserungsmittel. (Z. f. Pflanzenern. Dgg. und Bodk., Bd. 39, S. 211, 1935.)
11. MÜCKENHAUSEN, E.: Die Bodentypenwandlungen des norddeutschen Flachlandes und besondere Beobachtungen von Bodentypenwandlungen in Nordniedersachsen. (Jb. d. Pr. Geol. Landesanstalt, Bd. 56, S. 460, 1935.)
12. STEBUTT, A.: Die schwarzen Böden Jugoslaviens. (Die Ern. d. Pfl., Bd. 32, H. 22, S. 376, 1936.)
13. HOCK, A.: Humus-Untersuchungen an typischen Schwarzerde-Bodenbildungen. (Ern. d. Pflanze, Bd. 33, S. 337 u. S. 367, 1937.)
14. PRJANISCHNIKOW, N.: Die Düngerlehre. (Verlag Parey, Berlin, 1923.)
15. SCHUCHT, F.: Geologische Betrachtungsweise in bodenkundlichen Fragen. (Forschungsdienst, Sonderheft 11, S. 23, 1938.)
16. ROTHKEGEL, W. und HERZOG, H.: Das Bodenschätzungsgegesetz, Kommentar. (Verlag Carl Heymann, Berlin, 1935.)

#### NATURAL FERROMANGANIFEROUS CONCRETIONS AS REMEDY FOR CHLOROSIS.

By LADISLAV SMOLÍK,  
Agricultural Experiment Institute, Brünn-Brno. Protectorat  
Bohemia-Moravia.

There are many causes of chlorosis and for that reason we have also various remedies for this disease.

To a great extent as main cause of chlorosis is often considered an abnormal amount of Fe (1), Mn (2), Cu (3), Ca (4), Mg, N, B (5), Zn (6) a.s.o. in the soil.

B. E. BROWN, G. V. C. HOUGHLAND, ORA SMITH and R. L. CAROLUS (7) give us that chlorosis of potatoes grown on an acid (4.2 pH) sandy loam was successfully cured by Mg-phosphate. P. SORAUER 1924 quotes

a Luedecke's paper (8), in which there are presented chemical analysis of some vineyard soils with and without chlorosis. Soil with chlorotic vine was very rich in Ca but very poor in Fe. The »Eisenvitriol« was good remedy in this case.

In my short paper will not be given exhausting literature dealing with chlorosis and soil chemistry, but only results of experimental work done in our country will be presented, of course with being fully aware that the problem of chlorosis by this will not be solved.

In the Southern Moravia strong chlorosis appeared not only upon apple-trees, pear-trees, plum-trees but also upon weeping willow, acacia and maple. Very little chlorotic were cherry-trees.

The author was cartographing soils belonging to the Pomological School in Valtice and at this occasion he tried to investigate various recommended means for chlorosis of fruit-trees, of course, only such means which should help through the soil. Here in there will be described only the effect of natural concretions separated from podsols and podsolized soils upon chlorosis.

Literature dealing with natural concretions, as secondary minerals originated and originating in soil propile, shows us that these are very rich in Fe, Mn, P etc., see K. GLINKA (9), M. TRESH (10), J. A. ZVORYKIN (11), J. PELÍŠEK (12) a. s. o. Although that the most known concretions are those from podsols, we know that also other climato-genetical soil types give rise to analogous secondary minerals, f. i. blacksoils (13). We are interested, of course, mainly in concretions originated in podsols.

Also my own analysis (14) showed that these concretions are not only rich in Fe, Mn, etc. but even in Ti.

We decided to separate concretions in larger amount and to add them to the roots of chlorotic young (two years old) pear-trees du Lectier.

The ferromanganiferous concretions have been isolated from Žďár's podsols and podsols from Jemnice. The separated concretions (shots) had diameter until 26 mm; their hardness was very different. They were washed out upon 1 and 2 mm sieves by ordinary tap water, let to dry in laboratory air and after that crushed for very fine powder. Without any further treatment this powder was used as an artificial fertilizer, namely put to the roots of young trees.

On May 15th 1930 leaves of those little trees were light yellow, their tops brown. On this day 3 kgs of concretion powder was added to 6 pear-trees; after leveling soil 18 l local water was poured on. Other young pear-trees of the same age being in the same row were treated

with  $\text{CuSO}_4$  and  $\text{FeSO}_4$  solutions of different concentrations. For control were left 6 little trees without any chemical treatment.

On May 26th 1930 there was no difference among differently treated young pear-trees; on July 11th 1930 the leaves on the trees fertilized with ground natural concretions were slightly greener; in May 1931 they were normally green, while the leaves on other pear-trees were remaining yellow, some of which became brown and finally dropped. In May 1932 all the six young pear-trees which were treated with concretions in 1930 had normal green appearance—while the other remaining trees i. e. those untreated and treated with  $\text{CuSO}_4$  and  $\text{FeSO}_4$  lost all their leaves.

Chemical analysis of chlorotic leaves (taken in May) showed that the amount of ashes, especially of alkaly metals, was higher than those in leaves normaly green [these were very rich in Ca and Mg what agrees very well with Wall's results (15) — our chemical and microscopical examination of leaves was carried out in the Agricultural Experiment Institute at Brno].

The here in described experiment led me to establishing a further experiment. Near to Břeclav 3 kgs of grounded concretions was added to the roots of an accacia about 10 years old in March 1932 while the other tree being 6 metres apart got nothing. Result in May 1934: striking contrast was between these two accacia-trees. The treated one was much greener than the other one. Further observing of both trees was impossible for they were in autumn cut down.

Positive results with grounded concretions was also ascertained on chlorotic fruit trees in Češov. The older trees, the weaker and slower reaction. Plum-trees did not react with concretions added so good as the other trees did.

### *Summary.*

Grounded natural ferromanganeseous concretions originated from podsols and podsolized soils were added to young strongly chlorotic pear-trees of du Lectier and it was found that during two years they became normally green.

In the given case the concretions were so remedy for chlorosis.

All the experiments were carried out upon loamy humus-carbonate soil, or loamy carbonate soils having about 8% calcium carbonate.

## REFERENCES.

1. THOMAS, E. E., HAAS, A. R. C. 1928: Injection method as a means of improving chlorotic orange trees, *Bot. Gaz.*, 86: 355.
2. BASIL E. GILBERT et al.; A deficient disease, the lack of available manganese in lime-induced chlorosis *Soil Sci.* 1928, 24: 27.
3. ALLISON etc.: The stimulation of plant response on the saw peat soils of the Florida Everglades through the use of copper sulphate and other chemicals. *Univ. Florida Agr. Exper. Sta. Bul.* 1927, No. 190.
4. KLEBAHN: *Grundzüge d. allgem. Phytopathologie* 1912, Berlin. Hilgard E. W. 1906, Marly subsoils and the chlorosis or yellowing of citrus trees. *Calif. Agr. Exper. Sta. Cir.* 27.
5. MCHARGUE J. S. et al.; The effect of manganese, Cu, Zn, Boron and Arsenic on the growth of oats, *Jour. Amer. So. Agr.* 930, 22.
6. BARNETT, R. M., 1935: A response of chlorotic corn plants to the application of zinc sulphate to the soil, 39: 145. Yavillier M, *Intern. Cong. Appl. Chem. orig. comm.* 1912, 15.
7. BROWN, B. E., HOUGHLAND, G. V. C., SMITH, ORA, and CAROLUS, R. L.: The influence of magnesia on different potato soil types, *American Potato Jour.* vol. X, No. 4.
8. SORAUER, P.: *Zeitschr. f. d. landw. Ver. d. Grossherg. Hessen* 1892 No. 41, 1893: No. 2.
9. GLINKA, K.: *Die Typen der Bodenbildung*, Berlin.
10. TRESH, M.: Manganese nodules in Essex, *Essex Nat.* 12.
11. ZVORYKIN, J. A.: *Prispěvek ke složení konkreci v některých řeckých červenozemích*. *Bull. Czechoslov. Academy of Agric.* 1934, 10: 11.
12. PELÍŠEK, J.: *Bull. Czechoslov. Academy of Agr.* 1936.
13. MARBUT, C. F.: A scheme for soil classification, *Proc. First. Internat. Soil Sci. Cong.*
14. SMOLÍK, L.: On iron shots in Czechoslovak soils, *Bull. Czechoslovak Academy Agr.* 1936.
15. WALLACE, T., MANN, C. E., 1925: Investigations on chlorosis of fruit trees. *Jour. Beth. and West and South Counties Soc.* 20.

## VORTRÄGE UND DEMONSTRATIONEN ANLÄSSLICH DER EXKURSIONEN

## EXKURSION DURCH DAS SÜDWESTLICHE SCHONEN AM 3. JULI 1939.

unter Führung von H. Åstrand.

Route: Malmö—Petersborg—Hököpinge—Vellinge—*Bolmers hög*—Ö. Grevie—Arrie—Skabersjö—*Kädarp*—Torup—Vinninge—Staffans-torp—*Uppåkra*—Åkarpen—Alnarp—Arlöv: 75 km.

*Bolmers hög.* In dieser Gegend gibt es seit mehr als 4,000 Jahren eine wohnhafte Bevölkerung. Die Stein- und Bronzealtersiedelungen sind an Hand von ARRHENIUS' Phosphatkarte leicht zu erkennen. Der Berggrund besteht aus Kreide, der mit einem bis zu 50 m dicken Lager kalkreichem, leichtem Moränlehm bedeckt ist, die sogenannte Kreide-Ton-Moräne (Baltische Moräne). Die durchschnittliche Jahrestemperatur ist  $7.5^{\circ}$ , Niederschläge sind 550 mm und die Vegetationszeit berechnet man 250 Tage. Ein grösserer Teil der Böden wurde in den siebziger Jahren mit Ziegelröhren entwässert. Die Fruchtfolge ist gewöhnlich siebenjährig. Je etwa 20 % des Ackerareals werden mit Zuckerrüben, Gerste und Wintergetreide bebaut. Die Verwendung von Kunstdünger verteilt sich so, dass Stickstoffdüngemittel überall gebraucht werden, Phosphat zu ca. 90 %, Kali aber nur zu 30 %. Die Zuckerrübendüngung besteht durchschnittlich aus 450 kg Stickstoffdünger, davon etwa 75 % Chilesalpeter, 230 kg Superphosphat und 31 kg 40 % Kali. Diese Zusammensetzung der Rübendüngung entspricht ungefähr den Mengen, die in den Feldversuchen als die Besten ermittelt wurden. Kaliwirkung in den Versuchen zeigte sich oft direkt negativ. Die Ernte des Jahres 1935, die als relativ gut betrachtet werden muss, ergab: Zuckerrüben 414 dt, Winterweizen 35 dt und Gerste 37 dt per Hektar.

*Kädarp.* Den Boden hier bezeichnet man als Tonschiefer-Gneis-Moräne. Er ist an sich nicht sehr reich an Phosphorsäure oder Kali und die Bodenveränderungen sind bedeutend. Hier wurden die Zuckerrüben mit 25 Tonnen Stallmist und dazu noch 400 kg Superphosphat, 300 kg Kali und 400 kg Chilesalpeter gedüngt. Die Ernte ist dann auch

recht gut. Ein Boden-Betrieb ohne Viehzucht ergibt hier nach wenigen Jahren schlechte Ernten, während eine viehlose Landwirtschaft auf Kreide-Ton-Moräne noch nach vielen Jahren ebenso gute Ernten ergibt wie eine solche mit Viehzucht.

*Uppåkra.* Hier findet man einen Boden der allerältesten Kultur. Das schwarze Kulturlager hat eine Mächtigkeit von über zwei Metern. Der Phosphatgehalt ist enorm hoch, an einigen Stellen sogar über 500 oder mehr als 0.5 %  $P_2O_5$ . Interessant ist, dass dieser Boden schon vor irgend einem Feldversuch oder irgendeiner Bodenanalyse als nicht phosphatbedürftig bezeichnet wurde. Es kommen hier bisweilen sogar direkte Ertragsdepressionen durch Superphosphat vor.

*Alnarp.* Im Vorbeifahren gab Professor TORSTENSSON eine kurze Übersicht der Entwicklung des hiesigen landwirtschaftlichen Instituts.

#### DIE BODENUNTERSUCHUNGEN DER SCHWEDISCHEN ZUCKERFABRIK A.-G. UND IHRE PRAKTISCHE VERWERTUNG.

Von Halvdan Åstrand.

Die Bodenuntersuchungen der Schwedischen Zuckerfabrik-Aktiengesellschaft sind nur ein Teil der umfassenden Massnahmen für die Förderung des Zuckerrübenbaues in Schweden, die diese Gesellschaft seit etwa zwanzig Jahren ausgeführt hat. Ehe ich auf die Einzelheiten der Bodenuntersuchungen eingehe, will ich deutlich hervorheben, dass wir uns hier nur wenig mit den rein wissenschaftlichen Problemen der Bodenanalyse beschäftigt haben; vielmehr haben wir uns die Lösung einer Anzahl bestimmter, praktisch-landwirtschaftlicher Fragen mit Hilfe der Bodenuntersuchungen als Ziel gesetzt. Ich möchte auch gleich hervorheben, dass unsere Bodenuntersuchungen schon vor vier Jahren zu einem gewissen Abschluss gekommen waren; was seitdem hier bodenkundlich festgestellt worden ist, ist nur als Versuchsarbeit zu betrachten. Eine Hauptaufgabe bei der Fortsetzung der Arbeiten war die statistische Untersuchung des Verhältnisses zwischen Bodenanalyse und Düngung, Ernte, Rübenqualität u. s. w. Diejenigen, die eine allgemeine Orientierung über Rübenanbau etc. in Schweden wünschen, verweise ich auf meinen Aufsatz: »Unsere Arbeiten zur Förderung des Rübenbaues in Schweden« (Centralblatt der deutschen Zuckerindustrie Nr. 29—30, 1938).

Die erste Anregung zu unseren Bodenuntersuchungen gab die starke Verbreitung einer Pilzkrankheit in Halland (Westschweden), der durch Kalkung entgegengearbeitet wurde. Eine nun mit Dr. O. ARRHENIUS

begonnene Zusammenarbeit resultierte 1923 in der ersten grossen ph-Untersuchung. Während der Jahre 1923—26 wurden mehr als 200.000 Proben aus schwedischen Zuckerrübenfeldern auf ph nach der kolorimetrischen Methode von GILLESPIE untersucht. Die Bodenproben wurden von den Feldmessern der Fabriken genommen und die Analysen durch die Fabrikchemiker ausgeführt. Daneben begann man auch mit einer einfachen Bodenklassifizierung. Die Analysenwerte, auf kleinen Karten notiert, wurden den Anbauern nebst einer Kalkungsanweisung zugestellt. Unserer Propaganda für Kalkung begegnete man anfangs mit viel Misstrauen, — man glaubte, wir suchten nur Absatz für unseren Schlammkalk, — aber allmählich führte man eine regelmässige Kalkung der Felder nach der ph-Karte ein.

Der Erfolg der ph-Untersuchungen verursachte, dass man im Jahre 1929 mit noch umfangreicheren Arbeiten begann. Nicht nur die Zuckerrübenfelder, sondern das gesamte Ackerareal der Rübenanbauer wurde nun untersucht. In einer Bodenprobe per Hektar sollten ausser ph auch zitronensäurelösliche Phosphorsäure, Nitratproduktion und Chlorgehalt bestimmt werden. Das Untersuchungs-Resultat wurde den Anbauern auf Karten mit farbigen Markierungen zugestellt. (Angabe der Analysenwerte und Bezeichnung der Stellen mit verschiedenen bunten Punkten, an denen die Bodenprobe genommen wurde). Die gesamte Untersuchung, etwa eine halbe Million Bodenproben und mehr als 2 Millionen Analysen, war in vier Jahren durchgeführt worden. — Ueber die Einrichtung des Laboratoriums in Staffanstorp berichtet Dr. O. ARRHENIUS in der Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde B. 10 Band (1931). Von den Analysenmethoden wird die Phosphatanalysmethode von ARRHENIUS in der bevorerwähnter Zeitschrift B 14 Band (1929) beschrieben. Die Apparatur für ph-Bestimmungen und die Nitratanalysmethode behandelt H. RIEHM (Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 44. Band, Seite 84—94, 1936 und Zeitschrift für analytische Chemie, Band 81). Die Nitratproduktion ist die Differenz zwischen Nitratgehalt der frischen Bodenprobe und Nitratgehalt derselben Probe nach 30tägiger Aufbewahrung in feuchtem Zustand unter konstanter Temperatur. Der Chlorgehalt wurde in Glaubersalzextrakt nach Zusatz von Silbernitrat mit Hilfe von Kaliumbichromat ermittelt. Man setzte soviel Silbersalz zu, dass nur Böden mit mehr als 50 mg Cl per Kilo Boden klare Lösungen gaben.

Zu den Resultaten dieser Arbeiten, die 1934 ihren Abschluss fanden, sei Folgendes erwähnt: In Tabelle I ist die prozentuale Verteilung der ph-Werte in einem typischen Fabriksdistrikt, nach den Analysen der

Jahre 1924 und 1932, wiedergegeben. Man sieht, dass die ph-Werte durch die Kalkung stark, — in einigen Fällen zu stark, — erhöht wurden.

Tabelle I.

Wirkung der Kalkungspropaganda, Säbyholm. (% der Analysen)

ph	5,5—5,9	6,0—6,4	6,5—6,9	7,0—7,4	7,5—7,9	8,0—8,4
1924	5,7	21,9	47,9	23,6	0,9	0,0
1932	3,7	14,6	29,4	35,3	16,5	0,5

Untersucht man den Zusammenhang zwischen ph und Ernte per Hektar für einen Fabriksdistrikt, bekommt man fast ausschliesslich Tabellen wie nachstehend (tab. II).

Tabelle II.

Relative Ernte (Mittelwert des Distrikts = 100) bei verschiedener ph Staffanstorp.

ph	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
Relative Ernte	81	92	103	107	104

Es ist noch zu bemerken, dass ph und Nährstoffgehalt des Bodens gewöhnlich recht stark korreliert sind. Tabelle III gibt dafür ein typisches Beispiel.

Tabelle III.

Verteilung der ph- und Phosphatanalysen im Distrikt Arlöv 1932. Die Zahlen geben 0,1 % an. Die Tabelle stützt sich auf 21419 Bodenproben.

Phosphatgrad = 1/1000 % zitronensäurelöslicher  $P_2O_5$ .

pH	0—	10—	20—	30—	40—	50—	60—	70—	80—	90—	100—	110—	120—	130—	140—	150—	$\Sigma$	
	122	910	2641	2534	1446	829	494	283	199	144	90	43	42	29	38	156		
4,6—		1															1	
4,8—		1	1														2	
5,0—	1	4	2	1	1	1											8	
5,2—	4	5	2	1													14	
5,4—	3	9	8	3	2	1		1									27	
5,6—	6	14	16	6	2	2				1							47	
5,8—	8	31	35	22	7	4	3										110	
6,0—	13	48	76	49	22	5	4	3	1	1							222	
6,2—	7	82	170	124	48	21	9	7	1	2	1	1	1	1	2		477	
6,4—	6	126	289	207	75	45	29	11	9	8	2	1	2	1	3		814	
6,6—	9	132	380	312	149	72	47	19	14	10	6	5	2	1	1	4		1103
6,8—	8	134	460	460	249	134	63	36	27	15	10	4	3	2	3	14		1622
7,0—	7	88	402	414	253	148	90	45	31	16	16	6	5	3	5	20		1549
7,2—	14	93	361	417	276	163	94	55	41	29	19	7	11	5	10	41		1636
7,4—	12	76	259	306	211	124	82	53	41	34	18	10	13	13	7	45		1304
7,6—	16	49	141	165	100	78	53	41	24	22	12	7	3	2	7	20		740
7,8—	7	15	34	39	42	24	16	11	8	6	4	1	1	1	2	5		216
8,0—	1	2	5	8	9	7	4	1	2	1	1	1	2	1	1	2		48
$\Sigma$		122	910	2641	2534	1446	829	494	283	199	144	90	43	42	29	38	156	10000

Im Distrikt Staffanstorp findet man sogar folgende Mittelwerte für Phosphatgrad bei gegebener ph (Tabelle IV).

Tabelle IV.

Phosphatgrad bei gegebener ph. Staffanstorp 1931.

ph	5,0	6,0	7,0	8,0
P <sup>0</sup>	5	32	49	60

Die ph-Ernte-Kurve ist also absolut keine reine Kalkeffektkurve; es liegt ohne Zweifel ein wesentlicher Teil der scheinbaren ph-Wirkung in dem Nährstoffgehalt der Böden. Man kann die entsprechenden Beziehungen zwischen Phosphatgrad und Ernte, bezw. Nitratproduktion und Ernte, in ihrer Abhängigkeit von einander und von ph untersuchen und findet dabei, dass sie alle einen inneren Zusammenhang haben, der aber nicht so stark wie zwischen ph und Phosphatgrad ist. So ist z. B. die Nitratproduktion von ph fast unabhängig, wobei doch zu bedenken ist, dass der Humusgehalt der Böden gewöhnlich mit ph negativ korreliert ist. Man findet, dass sehr phosphatreiche Böden (p-Grad über 150) durchschnittlich nicht so gute Ernten geben wie die mit etwas niedrigerem Phosphatgehalt. Die erstgenannten sind unsere allerältesten Kulturböden und vielleicht an gewissen Nährstoffen erschöpft. Sie eignen sich deshalb besonders gut für Prüfungen von allerlei Nebennährstoffen.

Es hat sich gezeigt, dass sich der »Phosphat-Grad« eines Bodens nur ziemlich langsam verändert, was ja ganz klar ist, wenn man die absoluten Mengen pro Hektar von Phosphorsäure im Citronensäureextrakt mit den von den Pflanzen aufgenommenen Mengen vergleicht. Die

Tabelle V.

Kunstdünger per Hektar für Zuckerrüben. 1924—1938.

Jahr	Stickstoff als Chilesalpeter gerechnet	Phosphorsäure als Superphosphat gerechnet	Kali als 40 % Kalisalz gerechnet
1924	292	279	94
1925	315	290	108
1926	Nur sehr wenig Rübenanbau.		
1927	328	294	92
1928	327	291	101
1929	336	287	95
1930	347	284	91
1931	350	255	75
1932	377	222	58
1933	392	202	51
1934	406	185	50
1935	429	197	58
1936	432	218	56
1937	438	223	62
1938	462	239	62

Nitratproduktion wechselt aber sehr stark mit den klimatischen Verhältnissen und die Analysenwerte haben darum nur sehr beschränkte Gültigkeit.

Man kann die direkte Wirkung unserer Bodenanalysen sehr gut in Tabelle V studieren, worin der durchschnittliche Kunstdüngerverbrauch in Schonen seit 1924 wiedergegeben ist.

Wir ersehen aber aus dieser Tabelle auch die Wirkung der im Jahre 1928 begonnenen Tätigkeit der Versuchsringe, mit denen unsere Gesellschaft in enger Zusammenarbeit steht.

Die Beurteilung der Analysen gründet sich vollständig auf die Vergleiche mit Feldversuchen. Ursprünglich wurden diese Vergleiche nur mit Rücksicht auf Rübenernten durchgeführt. Seit 1933 werden aber von unseren Laboratorien Rübenproben aus allen Feldversuchen Schwedens analysiert, sodass dadurch die Möglichkeit für einen Vergleich auf Grund der Zuckerernten gegeben ist. Dabei hat es sich gezeigt, dass die oekonomisch optimalen Düngergaben von Salpeter niedriger, die von Phosphat und Kali dagegen höher veranschlagt werden müssen, wenn man anstatt mit Rübenernte mit Zuckerernte rechnet. Die Phosphat- und Kaligaben sind während der letzten Jahre auch erhöht, und die Salpeterdüngung ist auch noch immer im Steigen begriffen. Mischdünger wird hier nicht verwendet, — dafür wechselt der Bedarf der verschiedenen Nährstoffe zu sehr, — und ist auch zu genau bekannt. Borax wird in Gegenden, wo die Herzfäule verbreitet ist, viel angewandt. Bor mit Superphosphat im festem Verhältnis gemischt, wird aber nicht verwendet. Es wäre ja ein fast unglaublich glücklicher Zufall, wenn Bor- und Superphosphatbedarf auch in dem von Fabrikanten hergestellten Verhältnis stände. Übrigens zeigt eine statistische Bearbeitung der nahezu 500 Borversuche, die unsere Gesellschaft 1935 ausführen liess, dass Bor durchschnittlich eine bessere Wirkung auf phosphatreiche Böden hat, wahrscheinlich darum, weil diese reichen, sehr alten Kulturböden während der Jahre an Bor erschöpft worden sind.

Durch die Arbeiten von FRANCK ist man immer mehr zu der Einsicht gekommen, dass die Analysen nach ph, Bodenart etc. umgerechnet werden müssen, sodass sich für verschiedene Gegenden recht verschiedene Grenzwerte ergeben. Besonders, die schon an sich gute EGNÉRSche Laktatmethode für Phosphatbestimmung, wurde in dieser Richtung ausgebaut. Die Bodenuntersuchungen, die wir jetzt nur in geringer Anzahl durchführen, umfassen außer ph-Bestimmungen auch laktatlösliche Phosphorsäure, Gehalt von Calciumkarbonat und eine einfache Bodenklassifizierung.

Man fragt sich, ob unsere Bodenuntersuchungen, die bestimmt eine sehr erhebliche Rationalisierung der Düngeranwendung herbeigeführt haben, auch in durchschnittlich gesteigerten Ernten eine Wirkung zeigen können. Anscheinend sind hier enorme Fortschritte gemacht worden. Gegenüber der Periode 1926—31 zeigt die Periode 1932—37 eine um 37 % gesteigerte Ernte. Die entsprechenden Zahlen sind für Dänemark 27 %, für Belgien 22 %, für Holland 17 % und für Deutschland 5 %. Untersucht man aber den Zusammenhang zwischen klimatischen Verhältnissen und Ernten unterliegt es keinem Zweifel, dass wir unsere Erntesteigerung hauptsächlich günstigeren Witterungsverhältnissen zuzuschreiben haben.

Wenn man die Resultate landwirtschaftlicher Forschungen in der Praxis verwendet und ihre Wirkung in den Ernten studieren will, stösst man immer wieder auf die Tatsache: die Witterungsverhältnisse der einzelnen Jahre bedeuten viel mehr für die Ernten als unsere Massnahmen und sie reproduzieren sich niemals. Darum glaube ich, dass ein genaues Studium der Relation zwischen klimatischen Faktoren und der Wirkung anbautechnischer Massnahmen von grosser Bedeutung ist. Deshalb werden wir uns hier immer weiter mit derartigen Untersuchungen beschäftigen.

EXKURSION DURCH DAS SÜDWESTLICHE SCHONEN AM 4.  
JULI 1939

unter Führung von G. EKSTRÖM.

Reiseroute siehe Kartenskizze Seite 108.

Während der Reise von Malmö nach Svalöv wurde eine Moränenlandschaft passiert, und diese Moränenlandschaft ist wie im allgemeinen durch schwach wellige Oberflächengestaltungen gekennzeichnet. Die Bodenarten sind durchgehend hauptsächlich Moränenböden.

*Das Tal des Kävlingeflusses* wurde passiert. Das Tal ist alt, von präglazialem Alter, aber es wurde in spätglazialer Zeit durch die Abfällung eines grossen Eissees erheblich vertieft. Die Böden des Tales sind von alluvialer Bildung, Schwemmlablagerungen, humöse Sandböden, gyttjahaltige (sapropelhaltige) Tone usw. Auch Gyttja, Ton-gyttja und Torf kommen vor.

Auf dem Gute *Gårdstånga Nygård* wurden zwei Bodenprofile demonstriert. Zuerst wurde doch im allgemeinen über die Bodenarten Schönen gesprochen. Diese Bodenarten sind hauptsächlich Moränenböden

und sind in Bezug auf ihre mechanische Zusammensetzung, ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften von dem festen Gesteinsgrund — Muttergestein — bedingt.

Eine Berggrundskarte über Schonen wurde kurz demonstriert. Im nordöstlichen Schonen findet man Gneis und im mittleren Schonen kambrischen Sandstein und kambro-silurischen Tonschiefer und Kalkstein. Die kohlenführende Formation Schonens und kretacische Gesteine kommen auch in grösseren Gebieten vor.

Die Moränen Schonens sind von mehreren Eisströmen gebildet worden. Man kann von dem grossen Nordosteis und von den baltischen Eisströmen sprechen. Das Nordosteis durchzog Schonen in nordöstlich-südwestlicher Richtung. Die Moränen, die von diesem Nordosteis gebildet wurden, sind: die Gneismoräne, die Kreide-Gneismoräne, die Sandsteinmoräne und die Tonschiefer-Gneismoräne. Die Namen geben an, von welchen Gesteinen die verschiedenen Moränen gebildet worden sind. Diese Moränen weisen alle einen grossen Gehalt an Block und Stein auf und sind, mit Ausnahme der Tonschiefer-Gneismoräne, tonfreie Bodenarten. Als Ackerböden sind sie mittelgute bis ziemlich schlechte Böden. Am schlechtesten ist die Sandsteinmoräne, weil sie von einem harten, quarzreichen und pflanzennährstoffarmen Sandstein gebildet ist. Diese Moräne ist auch ungeheuer steinig.

Die Moränen, die von den baltischen Eisströmen abgelagert wurden, sind die Kreide-Kambrosilurmoräne, die Kreide-Tonmoräne und die Kreide-Liasmoräne. Sie sind alle mehr oder weniger von Kreidegesteinen gebildet worden. Diese baltischen Moränen sind Moränentone (Geschiebelehm). Sie haben oft einen hohen Tongehalt und weisen einen niedrigeren Gehalt an Block und Stein auf. Sie werden durch verschiedene baltische Leitgeschiebe charakterisiert. Diese Leitgeschiebe sind vor allem Kreidegesteine mit einfarbigem Feuerstein, graue und rote ordovicische Kalksteine, Ålandgeschiebe, braune und rote Ostseequarzporphyre usw. Besonders die schwarzen, in der Tertiärzeit gerollten Feuersteine (Feuersteingerölle, mit fein und dicht geritzter Oberfläche und von etwa Walnussgrösse) sind charakteristisch. Die baltischen Moränen sind sehr gute Ackerböden.

Das Gut Gårdstånga Nygård liegt an der Grenze zwischen der baltischen Moräne und der Nordostmoräne. Eine agrogeologische Karte über diese Gegend im Maßstab 1:20.000 wurde demonstriert. Solche Karten werden nun über gewisse Gegenden Schonens von der Geologischen Landesanstalt Schwedens ausgeführt. Die Karten sind Untergrundkarten, und die verschiedenen Farben geben die verschiedenen Bodenarten nach der mechanischen Zusammensetzung an. Gelbe Far-

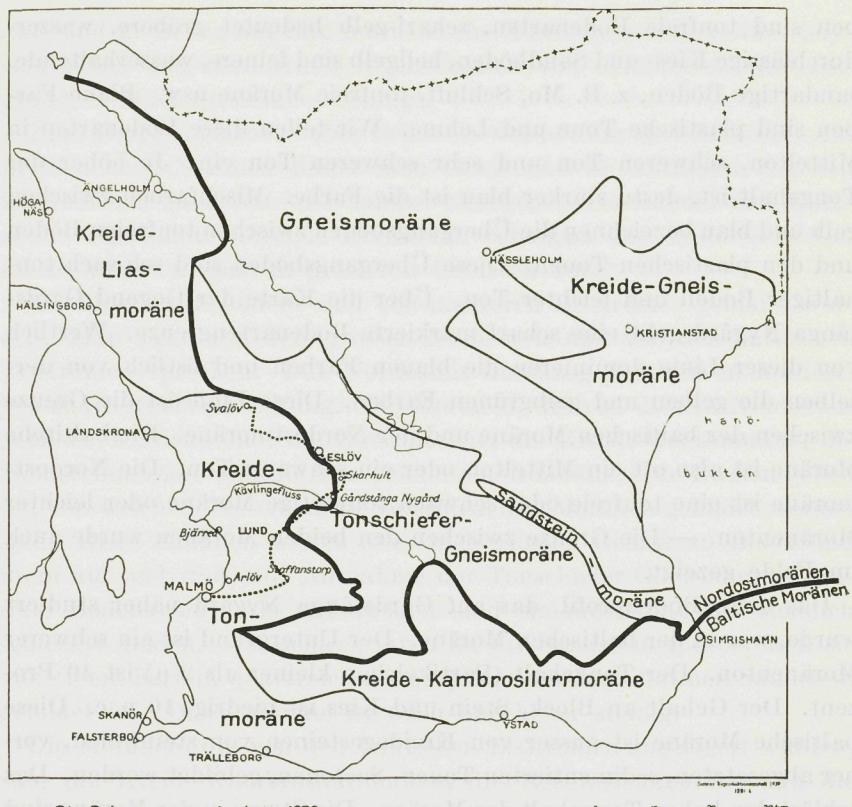
ben sind tonfreie Bodenarten, scharf-gelb bedeutet gröbere, wasser-durchlässige Kies- und Sandböden, hellgelb sind feinere, wasserhaltende, sandartige Böden, z. B. Mo, Schluff, tonfreie Moräne usw. Blaue Farben sind plastische Tone und Lehme. Wir teilen diese Bodenarten in Mittelton, schweren Ton und sehr schweren Ton ein. Je höher der Tongehalt ist, desto stärker blau ist die Farbe. Mischfarben zwischen gelb und blau bezeichnen die Übergangsböden zwischen tonfreien Böden und den plastischen Tonen. Diese Übergangsböden sind schwach tonhaltiger Boden und leichter Ton. Über die Karte der Gegend Gårdstånga Nygård geht eine scharf markierte Bodenartengrenze. Westlich von dieser Linie dominieren die blauen Farben und östlich von derselben die gelben und gelbgrünen Farben. Diese Linie ist die Grenze zwischen der baltischen Moräne und der Nordostmoräne. Die baltische Moräne ist also oft ein Mittelton oder ein schwerer Ton. Die Nordostmoräne ist eine tonfreie oder schwach tonhaltige Moräne oder leichter Moränenton. — Die Grenze zwischen den beiden Moränen wurde auch im Felde gezeigt.

Das erste Bodenprofil, das auf Gårdstånga Nygård näher studiert wurde, war in der baltischen Moräne. Der Untergrund ist ein schwerer Moränenton. Der Tongehalt (Partikelchen kleiner als 2  $\mu$ ) ist 40 Prozent. Der Gehalt an Block, Stein und Kies ist niedrig, 10 p. c. Diese baltische Moräne ist ausser von Kreidegesteinen von steinfreien, vorher abgesetzten, sedimentierten Tonen, Seetonen, gebildet worden. Das erklärt den hohen Tongehalt der Moräne. Die Steine in der Moräne sind im allgemeinen einfarbige Feuersteine und dieser Umstand — nebst anderen Kreidegesteinen und auch Kreide selbst, die man in der Moräne findet — zeigt, dass diese Bodenart von Kreidegesteinen gebildet worden ist.

Die Grundmoräne weist auch durchgehend einen hohen Kalkgehalt (etwa 20 p. c.) auf. In den oberflächlichen Schichten ist jedoch der Kalk mehr oder weniger ausgelaugt. Der Mergelboden beginnt hier 1 m unter Flur. Die Bodenreaktion,  $p_H$ , ist in der Bodenkrume 7,5 und im Untergrund 7,6—7,8; also ein alkalischer Boden.

Die Bodenkrume hat eine Mächtigkeit von etwa 40 cm. Der Humusgehalt ist niedrig, nur 2 v. H. Wir bezeichnen darum die Bodenkrume als einen humusarmen (mullarmen) Moränenmittelton. Die baltische Moräne ist von phosphat- und kalireichen Gesteinen gebildet worden, und darum hat dieser Boden einen hohen Gehalt von Phosphorsäure und Kali. Die baltischen Moränenböden sind im allgemeinen nur für Stickstoffdüngung dankbar.

Das nächste Bodenprofil war in der Nordostmoräne. Das gesamte



.....Die Reisetour, am 4. Juli 1939.

0 10 20 30 km

Profil war hier tonfrei. Der Untergrund ist sehr sandig und wird als sandige Moräne klassifiziert. Die Moräne ist hauptsächlich von Gneis und etwas Tonschiefer gebildet worden. Die Bodenreaktion ist doch hier an diesem Platz ungewöhnlich hoch: 7,4 in der Bodenkrume und auch im Untergrund bis 60 cm unter Flur. Das beruht darauf, dass der Boden stark mit Kalk gedüngt ist. Im tiefen Untergrund oder 1 m unter Flur liegt pH bei 6,7.

Die Bodenkrume hat auch hier eine Mächtigkeit von etwa 40 cm. Der Humusgehalt ist wie im allgemeinen in der Nordostmoränen ziemlich hoch, 4 v. H., und die Bodenkrume wird als eine humushaltige, sandige Moräne klassifiziert. Der Bodentyp ist eine schwach gelb gefärbte Braunerde mit einem ziemlich hohen Gehalt an Verwitterungskolloiden bis 60 cm unter Flur und darunter liegt die unverwitterte Bodenart.

Das Profil war aber nicht ganz typisch für eine Nordostmoräne. Die Oberflächenschichten bis 40 cm sind nämlich von Schmelzwasser-

strömen des baltischen Eises hierher transportiert worden. Mehrere baltische Gesteine z. B. Feuersteine, findet man nämlich in dieser Bodenkrume. Das nächste Profil in Skarhult war dagegen ein typisches Profil der Nordostmoräne.

*Das Profil auf Skarhult Södergård.* Man konnte hier sogleich sehen, dass die Nordostmoräne sehr steinig ist. Unter den Steinen dominiert der Gneis und andere Urgesteine oder kristallinische Gesteine z. B. Diabase. Die Feuersteine, die hier vorkommen, sind nicht einfarbig wie in der baltischen Moräne sondern weissfleckige Feuersteine, die von dem Nordosteis vom nordöstlichen Teil Schonens hierher transportiert worden sind.

Das Bodenprofil war folgendes: Der flache Untergrund bis etwa 60 cm ist eine graugelbe, tonfreie, sandige Moräne. Das ist also die Obermoräne. Die darunter liegende Grundmoräne ist eine schwach tonhaltige Moräne oder leichter Moränenton mit einem Tongehalt von 10—17 v. H. Das Profil ist sehr typisch für grosse Gebiete der Nordostmoräne: eine tonfreie Obermoräne bis etwa 60 cm und darunter die tonige Grundmoräne. Der Tongehalt der Moräne stammt von den silurischen Ton-schiefern her.

Die Bodenkrume hat eine Mächtigkeit von 30 cm. Der Humusgehalt ist 3 v. H. Die Bodenreaktion ist schwach sauer, pH-Wert = 6,1 in der Bodenkrume und in dem Untergrund 6,1—6,5.

EINE KURZE ÜBERSICHT ZUR ORIENTIERUNG ÜBER DIE  
WIRKSAMKEIT DES SCHWEDISCHEN SAATZUCHTVEREINS,  
SVALÖF.

Von ÅKE ÅKERMAN.

Vortrag, gehalten bei der Tagung der IV. Kommission der I. B. G. am 4. Juli 1939 in Svalöf.

Sehr verehrte Versammlung:

Als Direktor des Schwedischen Saatzuchtvereins heisse ich die Teilnehmer der IV. Kommission der intern. Gesellschaft für Bodenkunde in Svalöf herzlich willkommen. Es ist für meine Kollegen und mich eine grosse Ehre, dass Sie, meine Herren auf Ihrem Wege nach Stockholm auch unser Institut besuchen wollen!

In der Zeit, die uns hier zur Verfügung steht, wollen wir versuchen, Sie über die vom Saatzuchtverein betriebenen Arbeiten zu orientieren. Zuerst aber ein paar Worte über die Organisation des Institutes.

Der Schwedische Saatzuchtverein wurde im Jahre 1886 von einigen Landwirten hier in Schonen (Skåne) gegründet.

Nach dem ersten Paragraphen der Satzungen ist der Zweck des Vereins, für die Züchtung und für den Anbau verbesserter Sorten von Getreide und anderen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen zu wirken. Diese Aufgabe sucht der Verein hauptsächlich durch eine umfassende Züchtung und eine in Verbindung damit stehende Versuchstätigkeit zu erfüllen. Er prüft aber auch Sorten anderer Herkünfte und empfiehlt diese, wenn sie für wertvoll befunden wurden, den Landwirten. Ausserdem versucht der Verein durch Vorträge, Veröffentlichungen, Ausstellungen und andere zweckmässige Massnahmen sein Ziel zu erreichen und zur Hebung des Pflanzenbaus im allgemeinen beizutragen. Zu diesem Zweck werden auch gelegentlich spezielle Probleme anderer Gebiete der Wissenschaft, die in irgend einer Weise mit der Züchtung in Verbindung stehen, in Angriff genommen.

Die Hauptanstalt hat ihren Sitz in Svalöf. Dorthin sind auch die meisten Züchtungsarbeiten und die Leitung der Tätigkeit verlegt. Augenblicklich umfasst die dortige Züchtung alle für Schweden wichtigen landwirtschaftlichen Pflanzenarten.

Die Arbeiten der Hauptanstalt sind auf verschiedene Abteilungen verteilt, jede ist mit ihren speziellen Pflanzenarten beschäftigt. Weiter gibt es Abteilungen für zytogenetische Untersuchungen, Chemie und Samenkontrolle und schliesslich Speziallaboratorien für den Bedarf verschiedener Abteilungen.

Die klimatischen Verhältnisse Schwedens sind sehr verschieden. Im südlichsten Teil des Landes (um den 56° nördliche Breite) ist das Klima dem von Nordwest-Deutschland, Holland und Dänemark sehr ähnlich, Landwirtschaft wird jedoch noch am 66° nördl. Br. betrieben, wo die Winter sehr kalt und die Sommer sehr kurz sind (8—12 Wochen). Der Unterschied zwischen dem humiden Klima Westschwedens und dem semiariden im südöstlichen Teil des Landes ist ebenfalls sehr gross. Schliesslich sind die Bodenverhältnisse sehr variierend. Selbstverständlich kann man in Svalöf keine Spezialsorten für alle diese verschiedenen Verhältnisse mit Erfolg züchten. Schon früh hat man die Bedeutung und Notwendigkeit von Filialstationen eingesehen. 1897 wurde die erste Station in Mittelschweden (Ultuna) errichtet und dieser folgte 1906 eine für die nördlichsten Gegenden vorgesehene. Sechs weitere Filialstationen in den wichtigeren landwirtschaftlichen Gebieten kamen in den Jahren 1914—1921 noch hinzu.

Der Verein arbeitet zusammen mit mehreren anderen schwedischen Instituten, die mit Vererbungs- oder landwirtschaftlichen Unter-

suchungen beschäftigt sind, so z. B. mit der landwirtschaftlichen Hochschule in Ultuna und der Anstalt für das landwirtschaftliche Versuchswesen. Ferner mit landwirtschaftlichen Vereinen und Industrien, die der Landwirtschaft nahe stehen. Eine Zusammenarbeit besteht ebenfalls mit der Staatlichen Pflanzenschutzanstalt, die sich vor allem mit Fragen der Pflanzenpathologie und der landwirtschaftlichen Entomologie beschäftigt. Der Saatzuchtverein bietet Arbeitsgelegenheit für diese Anstalt in Svalöf, indem diese dort über gewisse Versuchsfelder verfügt.

Seit dem Jahre 1925 ist das Institut für Vererbungsforschung der Universität Lund nach Svalöf verlegt worden — Chef des Institutes Professor A. MÜNTZING — und mit diesem besteht natürlich ebenfalls eine intime Zusammenarbeit.

Schon nach einigen Jahren war man sich beim Saatzuchtverein ganz klar darüber, dass das wissenschaftliche Züchtungsinstitut die Verteilung der neuen Sorten an die Landwirte nicht vornehmen kann. 1891 wurde darum auf Betreiben des Vereins eine Aktiengesellschaft, die Allgemeine Schwedische Saataktiengesellschaft, G. m. b. H., gegründet, die die geschäftliche Tätigkeit übernahm. Die Gesellschaft und der Saatzuchtverein sind voneinander ganz unabhängig und ihre gegenseitigen Beziehungen werden gemäss einem von der Regierung festgesetzten Vertrag geregelt. Die Regierung ernennt auch ein Mitglied des Vorstandes der Gesellschaft und einen Rechnungsprüfer.

Als der Saatzuchtverein mit seinen Züchtungsarbeiten begann, wurde als Züchtungsmethode die damals übliche Massenauslese angewendet. Durch eine solche Auslese wurden einige einheimische und ausländische Landsorten reingezüchtet und Auslesen nach besonderen Richtungen ausgeführt.

Von 1892 an wurde die Individualauslese bei der Züchtung angewandt und diese ist noch von grosser praktischer Bedeutung. Alte uneinheitliche Sorten werden noch gefunden, aus welchen Linien in dieser Weise ausgelesen werden können, die gewisse wertvolle Merkmale, wie z. B. besonders gute Winterfestigkeit oder Frühreife besitzen. Bei der Bearbeitung von Kreuzungsnachkommenschaften spielt selbstverständlich die Individualauslese auch eine wichtige Rolle.

Bei den fremdbefruchtenden Pflanzenarten wird Individualauslese zusammen mit Inzucht verwendet.

Mit Hilfe von Kreuzung neue Sorten herzustellen, ist eine alte Methode. Tatsächlich wurden auch in Svalöf Kreuzungen in den neun-

ziger Jahren gemacht, und die erste Svalöfer Kreuzungssorte, die 1909 in den Handel gebracht wurde, stammte aus einer 1898 ausgeführten Kreuzung her. Erst nach der Wiederentdeckung der mendelschen Spaltungsregeln im Jahre 1900 und nach den in den folgenden Jahren ausgeführten genetischen Untersuchungen, konnten aber die Möglichkeiten der Kreuzungszüchtung übersehen und ausgenutzt werden. Es mag hier überflüssig sein, die grundlegenden Theorien der Kombinationszüchtung sowie die Bedeutung, die diese Züchtung schon gehabt hat, näher zu erörtern. Nur einige Worte sollen hierüber gesagt werden.

Als mit der Züchtung von Winterweizen in Svalöf angefangen wurde, beabsichtigte man z. B. die Winterfestigkeit des alten Landweizens mit der Ertragsfähigkeit des englischen Squareheadweizens zu kombinieren. Eine derartige Züchtung wird *Kombinationszüchtung* genannt, und es ist typisch für sie, dass die Eltern mit Rücksicht auf besondere wertvolle Merkmale ausgewählt werden. Bei anderen Gelegenheiten können *Transgressionen* hinsichtlich gewisser Merkmale über beide Eltern hinaus erhalten werden. Hierbei ist es aber nicht möglich, etwas über die eventuellen Ergebnisse vorauszusagen. Es ist aber auffällig, dass die meisten Transgressionen erhalten werden, wenn die beiden Elternlinien nicht zu nahe verwandt sind. Bei Kreuzung von verschiedenen reinen Linien aus dem alten Probsteier Hafer ist es z. B. nicht möglich gewesen, Sorten zu erzeugen, die dem Siegeshafer an Ertrag mehr als 1—2 Prozente überlegen sind. Die Kreuzung, Sieges x v. Lochows Gelbhafer, welche Sorten nicht so nahe verwandt sind, hat aber sehr bemerkenswerte Transgressionen im Ertrag ergeben, so unter anderen den Adlerhafer, der den Siegeshafer mit 7—10 % übertrifft. Wenn die Elternsorten anderseits weit aus einander stehenden Gruppen angehören, können viele Störungen anderer Art auftreten, die die Bestrebungen des Züchters vereiteln.

Einer der neuesten Wege der modernen Pflanzenzüchtung wurde vom Saatzuchtverein 1931 betreten. Dank einer grosszügigen Unterstützung der KNUT und ALICE WALLENBERG'schen Stiftung konnte in jenem Jahr eine besondere Abteilung für *Chromosomenforschung* und damit verbundene Züchtungen errichtet werden. Die Chromosomenabteilung ist ein sehr guter Ausdruck für den nahen Anschluss der Züchtung an die sich neu entwickelnde theoretische Forschung auf einem wichtigen wissenschaftlichen Gebiet und für die Tatsache, dass theoretische Fortschritte oft ganz neue Züchtungsmethoden entdecken können. Während ihrer bisherigen Tätigkeit hat sich die Chromosomenabteilung hauptsächlich dem Ausarbeiten verschiedener Methoden gewidmet, um durch Experimente Änderungen der Chromo-

somenzahl in den Zellkernen zu erlangen. Solche Methoden sind z. B. Wärmeschocks, Behandlung mit dem Pflanzengift Colchicin, Art- und Gattungsbastardierungen, Zwillingsauslese u. a. Man hat nämlich gefunden, dass die vegetative Entwicklung der Pflanzen (Wüchsigkeit, Produktivität) innerhalb gewisser Grenzen direkt proportional der Chromosomenzahl in den Zellkernen ist. Weiter hat man die Möglichkeit durch solche experimentelle Chromosomenzahlveränderungen neue, konstante Produkte zu synthetisieren, die die Chromosomen und damit die erblichen Eigenschaften ganz verschiedener Ausgangssorten in sich vereinigen.

Ein anderer Weg für neue Fortschritte der Züchtung ist die direkte Veränderung der Gene d. h. der kleinsten Erbeinheiten. In der Natur beruht die Variation grösstenteils auf Rekombination schon vorhandener Erbeinheiten; es gibt aber auch eine Variation die von einer spontanen Veränderung oder Neubildung von Genen verursacht wird. Diese Prozesse werden *Mutation* genannt und treten in der Natur in gewisser, wenn auch sehr niedriger Frekvenz, spontan auf. Gewöhnlich hat sich die überragende Mehrzahl der untersuchten spontanen Mutationen als weniger lebenstüchtig als die Ursprungspopulation gezeigt. Nachdem man jedoch gefunden hat, dass die Mutationsfrekvenz in ungeahntem Grade (bis zu 5000-fach) durch gewisse Einflüsse, Röntgenstrahlen, Radium, ultraviolettes Licht und Wärmeschocks erhöht werden kann, scheint die Möglichkeit zu bestehen, auf diesem Wege neue Gene zu erhalten, die wertvoll für die Züchtung sind. Nicht alle, die so erhaltenen Mutanten sind als nur kranke oder als negative Varianten zu bezeichnen. Vielmehr hat Professor Dr. H. NILSSON-EHLE in Svalöf Gersten-Mutanten erhalten, halmfester als die Ausgangsform und mit breiteren und grösseren Ähren. In der Entwicklung unserer Kulturpflanzen haben Mutationsvorgänge anscheinend eine sehr wichtige Rolle gespielt. Wir sollen also wenigstens theoretisch bei einer künstlichen Erhöhung der Mutationsfrekvenz irgendeinen Fortschritt, auch von dem Gesichtspunkt der Züchtung aus, erwarten können.

Es wurde früher schon betont, welche grosse Unterschiede bei den Boden- und Klimaverhältnissen in den landwirtschaftlichen Regionen Schwedens bestehen, und wie sie allmählich zum Ausbau unseres Filialnetzes geführt haben. Die Auslese wird nun dementsprechend unter möglichst natürlichen Bedingungen betrieben, wobei die speziellen örtlichen Bedingungen und Einwirkungen der Winterhärte, Entwicklungsrythmus, Reifezeit, Temperaturoptimum und Wasser- und Nah-

rungsversorgung auf ein frühes Stadium der Züchtung neuer Sorten berücksichtigt werden. Ausser der rein selbständigen, lokalen Züchtung in den Filialen, wird auch sogenannte »zusammenwirkende« Züchtung betrieben; ein Auslesematerial wird dabei gleichzeitig auf zwei oder mehreren Filialen geprüft, und die gesammelte Erfahrung wird als Basis für die Endauslese genommen. Dass die Auslese auf diese Art und Weise schon von Anfang an auf der Basis von Resultaten mehrerer edaphisch und klimatisch verschiedener Versuchsplätze erfolgt, garantiert eben die Anbausicherheit, die man unbedingt von einer Züchtungssorte verlangen muss. Eine bedeutungsvolle Aufgabe der Filialen ist es weiterhin, alte Landsorten und -Stämme aufzusuchen und durch Anbau zu »konservieren«. Diese können nämlich für die fortgesetzte Kombinationsarbeit von sehr grossem Wert sein.

In der modernen Pflanzenzüchtung ist bei der Auslese die Bedeutung der chemischen und physiologischen Untersuchungsmethoden immer grösser geworden. Nur ein sehr gut ausgerüstetes Institut mit grossen Laboratorienressourcen kann z. B. befriedigend die Selektion in Bezug auf viele Qualitätseigenschaften durchführen. Ebenso gilt dieses auch für pflanzenphysiologische Eigenschaften, wie Winter- und Dürrefestigkeit, Assimilations- und Transpirationsvorgänge usw.

Die Aufgabe der chemischen Abteilung ist, Untersuchungen über gewisse Eigenschaften des Züchtungsmaterials auszuführen, die in erster Linie von Bedeutung für die Beurteilung der Qualität sind. Solche Untersuchungen werden sowohl für die verschiedenen Abteilungen der Hauptanstalt als auch für die Filialstationen gemacht. Da die Qualitätszüchtung in den letzten Jahren immer intensiver betrieben wurde und da diese umfassende, oft sehr eingehende Untersuchungen mehrerer Eigenschaften der verschiedenen Pflanzenarten fordern, hat sich das Laboratorium einer immer grösseren Bedeutung und wachsenderen Tätigkeit erfreuen können.

Schon im Jahre 1920 fing man in Svalöf an, Qualitätsuntersuchungen an Weizen durchzuführen, und 1925 wurde ein spezielles Laboratorium zur Prüfung der Backfähigkeit eingerichtet. Im Jahre 1930 wurde dieses Laboratorium sehr erweitert und ist jetzt mit verschiedenen neuen Apparaten, wie Farinograph, Fermentograph, Apparate zur Feststellung der Kleberqualität usw. ausgerüstet.

Will der Züchter in einfachster und schnellster Weise ein grosses Pflanzenmaterial prüfen und Auslese hinsichtlich jeder einzelnen Eigenschaft durchführen, dann muss er sich oft auch neben der Genetik, anderen Fächern der Naturwissenschaften wie z. B. der Physiologie, Che-

mie u. s. w., bedienen. Besonders wenn man komplexe Eigenschaften, wie Ertragsfähigkeit, Winterfestigkeit und andere kombinieren will und die direkte Auslese hinsichtlich dieser erfolglos ist, wird es oft nötig, die Komplexeigenschaften zu analysieren und die Auslese nach den verschiedenen Teileigenschaften vorzunehmen, um schliesslich die so erhaltenen Linien miteinander zu kombinieren. Nehmen wir nur als Beispiel die sehr komplexe »Eigenschaft« Winterfestigkeit, so wird man bei einer näheren Analyse bald finden, dass diese Winterfestigkeit der Pflanzen auf einige ganz verschiedene, zusammenwirkende Ursachen zurückzuführen ist, nämlich a) Kälteresistenz, b) Resistenz gegen das Auffrieren mit dazugehörenden schädlichen Bodenstrukturveränderungen, c) Resistenz gegen Krankheitsangriffe von *Fusarium*, *Septoria*, *Typhula* u. a. pilzliche Parasiten. Gewisse physiologische Untersuchungen, nämlich eben Prüfungen der Kälteresistenz überwinternder Pflanzenarten, werden auch schon seit vielen Jahren unter meiner Leitung in einem besonderen Kältelaboratorium ausgeführt und gegenwärtig sind Räume eingerichtet worden für ein Laboratorium, wo auch andere physiologische Untersuchungen vorgenommen werden können. Im Kältelaboratorium werden sowohl Neuzüchtungen als andere einheimische und ausländische Sorten von Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste und Futterpflanzenarten geprüft und klassifiziert. Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen hat es sich als notwendig erwiesen, in die Probleme der Kälteresistenz tiefer einzudringen. Besonders sind die Assimilations- und Respirationsintensitäten von verschiedenen Sorten hierbei wichtig. Nachdem die hierfür nötige Apparatur nun angeschafft worden ist, werden solche Untersuchungen in grossem Massstabe durchgeführt. Auch Untersuchungen über Keimreife, die in Svalöf schon vor 30 Jahren eingeleitet wurden, Jarowisationsversuche, Untersuchungen über Trockenresistenz, Photo-periodismus und ernährungsphysiologische Fragen beabsichtigt man im neuen Laboratorium auszuführen und zu lösen.

Man stellt vielleicht bei dem Besuch eines Institutes wie dieses die Frage: Was bedeuten die im Laufe der Zeit gewonnenen Züchtungsresultate für die Landwirtschaft? Es ist möglich, eine recht zuverlässige Schätzung der ökonomischen Werte der Fortschritte zu erhalten, indem wir hier in Svalöf seit Jahrzehnten laufende »geschichtliche« Versuche mit den Selbstbefruchtern durchführen, und wir können die Sorten vom Beginn der Züchtung vor 50 Jahren mit den jetzigen, hochgezüchteten rezenten Sorten in Hinblick auf den Ertrag direkt vergleichen. Wenn wir uns nur allein an die Getreidearten wenden,

so finden wir, dass die Züchtungsresultate einen jährlichen Mehrgewinn von rund 50.000.000: — Schw. Kr. repräsentieren — eine Summe, die nicht zu hoch geschätzt ist. Fügen wir nun auch die übrigen Pflanzenarten hinzu, und nehmen wir auch Rücksicht auf die bedeutende Qualitätssteigerung, finden wir einen Gewinn von rund 100.000.000: — Schw. Kr. Wir können hier indessen auf detaillierte Spekulationen über die Grösse der Endsumme verzichten — die Hauptsache ist deren Größenordnung und Wichtigkeit. Wenn man hört, dass die alljährliche Unterstützung der schwedischen Staatsmächte 300.000: — Schw. Kr. beträgt, dürfte man also sagen können, dass diese Art von Kapitalanlage ausserordentlich einträglich ist — es dürfte überhaupt schwierig sein, ein vorteilhafteres Geschäftsunternehmen seitens des Staates aufzunehmen.

Die schwedische Pflanzenzüchtung ist während ihrer Entwicklung in manchem »ihrer Zeit voraus geeilt«, was auch die notwendige Voraussetzung einer erfolgreichen Wirksamkeit dieser Art ist. Man muss bedenken, dass es eine gewisse, nicht unbedeutende Zeit erfordert, eine neue Sorte aufzuziehen, weshalb die Wirksamkeit auch im Voraus darauf eingerichtet werden muss, neue Anforderungen zu füllen, die veränderte Ackerbaumethoden, handelspolitische Probleme u. s. w. mit sich bringen können. Hier kann z. B. an die starke Qualitätssteigerung besonders des Weizens erinnert werden, die zufolge einer systematischen Kombinationszüchtung während der letzten 25 Jahre in Schweden erreicht worden ist. Die Resultate sind, dass wir nun nicht mehr als 1/5 von dem ausländischen Qualitätsweizen einführen müssen, der früher für die Produktion eines guten Bäckereimehls notwendig war. In gewissen Jahren mit ausgezeichneten Ernteverhältnissen ist übrigens die Qualität unseres Weizens schon so gut, dass ein Import überflüssig ist.

Grösser denn je ist selbstverständlich die Bedeutung der Pflanzenzüchtung in Zeiten, wo Krisen aller Art den Handelsaustausch zwischen den Völkern beeinträchtigen. Die Volksversorgung im Falle einer Absperrung bringt eben eine grosse Menge Probleme für die Züchtung mit sich, Probleme, für deren Lösung wir hier glücklicherweise gut gerüstet sind.

Das Gesagte dürfte genügen, um zu zeigen, wie die moderne schwedische Pflanzenzüchtung die aktuellen Sortenprobleme allseitig zu lösen erstrebt ist und dadurch die Stellung der Landwirtschaft zu stärken versucht. Diese, unsere Wirksamkeit hat sich im Ausland eines sehr grossen Interesses erfreuen können. Viele und innige Verknüpfungen sind mit einer grossen Anzahl ausländischer Züchtungsinstitute

gemacht worden zum grossen Nutzen der Arbeit, das bestmögliche Anbaumaterial herzustellen. Die Züchtung ist und muss eine internationale Angelegenheit sein. Unabhängig von nationalistischen Separations- und Selbstversorgungstendenzen liegt es unzweifelhaft im Interesse eines jeden Staates, das bestmögliche Anbaumaterial zu verwenden — ganz unabhängig davon, woher es stammt. Dies ist auch gleich zum Beginn unserer Wirksamkeit hier in Svalöf in den Satzungen für das Ziel der Bestrebungen des Schwedischen Saatzuchtvereins klar zum Ausdruck gebracht worden.

### DIE BÖDEN AUF DEM GUTE KAGGHAMRA

demonstriert von G. EKSTRÖM bei der Exkursion am 6. Juli 1939.

Die Böden Schwedens sind alle junge Böden. Wir haben keine eigentlichen Verwitterungsböden. Vor der Eiszeit hatten wir eine alte Verwitterungskruste, die die festen Gesteine bedeckte. Während der Eiszeit wurde aber diese Verwitterungskruste durch die Eisbewegung nach Mitteleuropa transportiert.

Unsere Böden sind also quartäre Ablagerungen. Sie sind von zwei verschiedenen Hauptfaktoren bedingt, nämlich *die Vereisung* (das Inlandeis) und *die Verteilung zwischen Land und See* in spät- und postglazialer Zeit. Die Moränen wurden von dem Inlandeis gebildet und in den spät- und postglazialen Seen sedimentierten unsere Tone, Lehme und Sande.

Unsere Mineralböden bestehen also aus unverwitterten Gesteinen, die das Inlandeis mechanisch zerkleinert hat. Die chemische Bodenverwitterung hat nach der Eiszeit eine verhältnismässig kurze Zeit gearbeitet, in Mittelschweden höchstens 10.000 Jahre. Darum sind die Bodenarten verhältnismässig wenig verwittert und es ist im allgemeinen mehr die Bodenart (also die Korngrösse), und weniger der Bodentyp für die physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften ausschlaggebend.

Das Landschaftsbild auf dem Gute Kagghamra ist typisch für grosse Gebiete in Schweden. Das Gelände ist kupiert. Wir haben hier ringsum langgestreckte Hügel und zwischen diesen Höhen Täler in nordsüdlicher Längsrichtung. Die Bodenart auf den Höhen ist im allgemeinen Moräne oder bisweilen Kies und Sand (Eisflussablagerungen). Hier auf den Höhen gibt es auch grosse Gebiete mit nacktem Felsboden, Gneis. Die Moränenböden sind gewöhnlich nicht wie in Schonen kultiviert. Sie sind nämlich sehr reich an Block und Stein. Es erfordert

viel Arbeit die zahlreichen und grossen Steine zu entfernen. Darum eignet sich diese Moräne nicht gut für Ackerbau. Sie ist Waldboden und sogar guter Waldboden.

Im Tal und auf den niederen Teilen der Böschung liegen die sedimentierten Bodenarten (die Sedimente, Sand und Tone) und diese Böden sind kultiviert.

Als das Inlandeis wegschmolz — vor 10.000 Jahren — lag diese Provinz ganz unter Wasser. Die Uferlinie des damaligen Eismeeres lag 150 m höher als diejenige unserer gegenwärtigen Ostsee. Durch die Landhebung wurde diese Provinz über die Wasserfläche erhoben und diese Landhebung setzt, obgleich bedeutend verlangsamt, immer noch fort. Das Tal Kaggamras liegt ungefähr 5 bis 6 m über der gegenwärtigen Wasserfläche der Ostsee und wurde Land vor etwa 1.000 Jahren. Der Boden hier ist also sehr jung.

*Profil 1.* Der Untergrund in diesem Profil besteht aus einem grauen schweren Ton (Tongehalt = 55 v. H.), der sehr dicht und schwer durchlässig für Wasser ist und also eine dichte Struktur hat. Oben ist der Ton ziemlich trocken, wird aber nach unten immer weicher und wasserhaltiger. Von etwa 1,5 m unter Flur und unterwärts hat der Ton eine seifenartige Konsistenz. Einen solchen Ton nennen wir Seifenton und die oberen mehr oder weniger ausgetrockneten Schichten nennen wir die Trockenkruste.

Die Bodenkrume, die eine Mächtigkeit von 17 cm hat, hat einen ziemlich hohen Gehalt an Humus, 6 v. H. Die Bodenkrume hat auch einen hohen Gehalt an Gyttjasubstanz, und wird als ein mullreicher Gyttjaton klassifiziert. Diese Gyttjatone sind immer leicht zu bearbeiten, haben eine niedrige Kohesion. Sie sind auch sauer — pH ist hier 5,5 — und phosphatarm, weil die Phosphorsäure an Aluminium und Eisen stark gebunden ist.

*Profil 2.* Das Bodenprofil an der Anhöhe ist ganz anderes als im Tal. Der Ton hat hier eine graubraune oder dunkelbraune Farbe und unten ist er sehr deutlich geschichtet. Er ist ein gebänderter Glazialton, Bänderton, Eismeereton, und ist im Eismeer vom Schlamm der Schmelzwasserflüsse gebildet worden. Jedes Tonband ist eine Jahresablagerung und besteht aus zwei dünnen Schichten. Die dunkle und stark tonige Schicht in den Bändern ist in der kalten Jahreszeit abgesetzt worden und die hellere Schicht während der warmen Jahreszeit. Der Glazialton hat von Natur aus einen ziemlich hohen Gehalt von Phosphorsäure, Kali und Kalk. Der Ton ist ein schwerer Ton. Tongehalt 50—60 v. H.

Die Bodenkrume ist von anderer Beschaffenheit und Ursprung als

der Untergrund. Die Bodenart ist hier eine Grundwasserablagerung, bei der Landhebung entstanden, hat einen niedrigen Tongehalt, 23 v. H., aber einen hohen Gehalt an Feinsand oder Mo. Diese Bodenart ist ein humusarmer Moton (Lehm). Sie trocknet schnell aus und bildet dann eine feste und harte Kruste, welche mit dem Pflug schwer zu bearbeiten ist.  $\text{pH}$  in Bodenkrume ist 6,5 und im Untergrund 6,6—6,7.

*Profil 3.* In dem dritten Profil, das unten im Tale liegt, findet man auch Gyttjaton. Hier kommt aber der Gyttjaton nicht nur in der Bodenkrume sondern auch im Untergrund vor. Es ist für den Gyttjaton sehr bezeichnend, dass es nicht dicht und zäh ist, sondern er zerfällt im oberen Teil des Untergrunds in kleinere Partien, Körner usw. Der Untergrund ist also mit zahlreichen und feinen Rissen durchzogen, hat eine lockere Struktur und ist darum für Wasser sehr durchlässig. Der Dränabstand kann darum gross sein, und der Boden trocknet sehr schnell im Frühjahr und nach grossem Regen aus. — Im Untergrund gibt es reichlich Eisenausscheidungen, Gleibildungen.

Die Bodenkrume ist ein humusreicher Gyttjaton (Humus = 7 v. H.), ist sauer ( $\text{pH} = 5,1$ ; im Untergrund 4,8—4,1), leicht bearbeitbar, phosphat- und kalkarm. Klumpen vom Untergrund sind in die Bodenkrume eingepflügt worden.

*Profil 4.* Das vierte Profil war Sandboden auf Ton. Die Bodenkrume und der obere Teil des Untergrunds besteht also aus Sand: ein feiner Mittelsand. Darunter kommt ein grauer Ton. Wegen des Vorkommens von Ton wird ein solcher Sandboden niemals ganz trocken, was der Vegetation zu Gute kommt. Die Wasserversorgung kommt zum grössten Teil durch Infiltration von den Abhängen, die aus wasserführende Kies- und Sandablagerungen (Os-bildungen) bestehen. Der Seifenton kommt auch hier in einer Tiefe von etwa 1,5 m vor.

Im flachen Untergrund kommen vertikale Eisenausscheidungen rings um alte Wurzelkanälchen vor. Die Bodenkrume ist ein humusarmer Mittelsand (Humus = 2,5 v. H.) und ist 23 cm tief. Der Gutsbesitzer, Dr. Arrhenius, hat mitgeteilt, dass die Bodenkrume auf diesem Platz sehr phosphatreich ist. Nach den Untersuchungen Arrhenius' hängt der hohe Gehalt an Phosphorsäure davon ab, dass hier früher eine Siedlung war. Die Bodenreaktion ist sauer,  $\text{pH} = 5,3$  und im Untergrund 6,0—5,8.

EINIGE DATEN ÜBER BODENREAKTION UND PHOSPHAT-  
ZUSTAND DER KAGGHAMRA BÖDEN.

Von OLOF ARRHENIUS.

Der Besuch auf Kagghamra geschah hauptsächlich um den Einfluss der Landhebung auf die Entwicklung der Bodenarten in physikalischer und chemischer Beziehung zu demonstrieren. (Siehe Ekström Seite 117.) Anschliessend zeigte der Verf. mit Hilfe von Karten die Entwicklung der Bodenreaktion und des Phosphatgehaltes. 1926, als der Verf. das Gut übernahm, war die Bodenreaktion überall sehr sauer, auf einige Plätze pH 4,0. (Abbild. 1.) Auf ziemlich grossen Flächen konnte sogar Hafer nicht gedeihen.

Die sauersten Ackerböden erhielten eine Kalkdüngung mit gemahltem Kalk, was eine Reaktionserhöhung bis zu ca. pH 5 zur Folge hatte.

Alle Böden waren auch sehr phosphatarm ( $P^{\circ}$  ca. 10) mit Ausnahme von den Plätzen alter Siedelungen und Höfe, wo man recht hohe Phosphatmengen im Boden ( $P^{\circ}$  ca. 50) fand. (Abbild. 3.)

Sämtliche Böden haben eine ziemlich kräftige Phosphatdüngung mit 200 Kg 20 % Superphosphat pro Hektar und Jahr erhalten. Ausserdem sind die phosphatärmsten Teilen mit 500 Kg Knochenkohlen pro Hektar einmal gedüngt worden. Durch diese Massnahmen haben die phosphatärmeren Böden ihr  $P^{\circ}$  bis 16—20 geändert.

Seit dieser Zeit haben wir eine intensive Weidewirtschaft betrieben. Die ersten 10 Jahren war die Viehhaltung eine Kuh pro Hektar, während dessen sie in den letzten 3 Jahren dagegen nur eine Kuh pro 2,5 Hektar betrug.

Die produzierten Düngermengen sind deshalb ziemlich gross gewesen und die Bodenreaktion muss sich deshalb etwas nach der neutralen Seite verschoben haben. Der Gehalt an Phosphorsäure muss auch gestiegen sein. Bei einer Untersuchung, die in 1938 vorgenommen wurde, zeigte es sich auch, dass Veränderungen entstanden waren. Sie waren aber überraschend gross. Von durchschnittlich pH 5 ist der pH-Wert bis auf 6,4 verschoben worden. (Abbild. 2.) Der Phosphatgehalt hat sich gleichzeitig bis etwa 30  $P^{\circ}$  geändert. (Abbild. 4.)

Die Veränderungen sind so gross, dass sie nicht durch die obengenannte Zufuhr von Kunst- und Naturdünger verursacht sein können. Wenn man aber die Mengen von Nährstoffen, die aus dem Untergrund von den Pflanzen direkt oder indirekt aufgenommen werden, mit ins Betracht zieht, kann man die entstandene Änderung ganz gut erklären. Bei dieser Anreicherung scheint Klee eine grosse Rolle zu spielen.

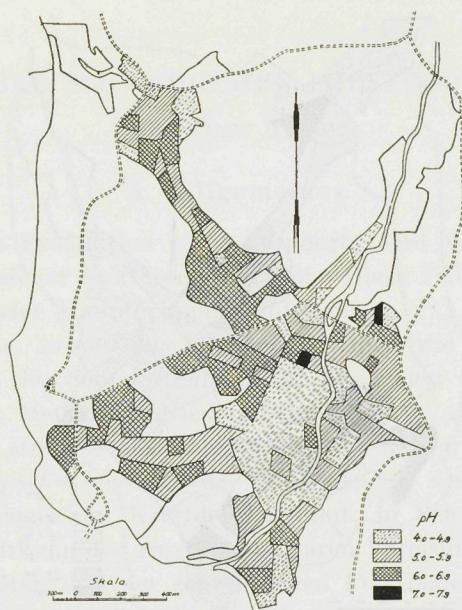


Abbildung 1.  
Die Bodenreaktion der Kagghamra Böden 1926.



Abbildung 2.  
Die Bodenreaktion der Kagghamra Böden 1938.

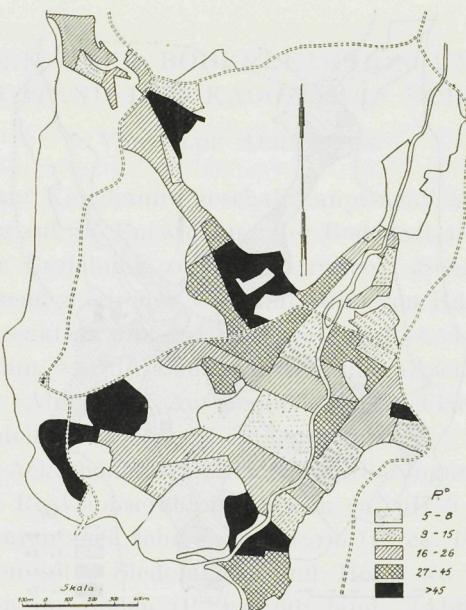


Abbildung 3.

Der Phosphatgehalt der Kagghamra Böden 1926.



Abbildung 4.

Der Phosphatgehalt der Kagghamra Böden 1938.

## ÜBER SCHWEDISCHEN FORSTBÖDEN.

Von OLOF TAMM.

## A. Allgemeines.

Die forstliche Produktion eines Standorts wird von einer grossen Anzahl verschiedener Faktoren bestimmt. Diese Produktionsfaktoren lassen sich in vier Hauptgruppen einteilen:

1. *Das Klima*, sowohl das allgemeine Klima wie das Lokalklima. Besonders sind die Sommertemperatur, die Dauer der Vegetationsperiode und die Menge der Niederschläge wichtig, aber auch andere, teilweise wenig studierte Klimaeigenschaften spielen eine Rolle.

2. *Die geologisch-mineralogische Beschaffenheit des Bodens*. Diese wurde von geologischen Kräften bestimmt, in Schweden besonders durch die Einwirkung der grossen, quartären Vereisung auf die älteren Gesteine. Die Mehrzahl der schwedischen Forstböden sind Moränenböden von sandigem Charakter. Die mechanische Beschaffenheit der quartären, geologischen Ablagerungen übt einen sehr grossen Einfluss auf die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens aus; ihre mineralogische Zusammensetzung bestimmt weitgehend seine Nahrungs- kraft.

Die Beurteilung der geologisch-mineralogischen Beschaffenheit unserer Forstböden geschieht durch Untersuchungen im Felde unter Berücksichtigung der Karten der schwedischen geologischen Landesanstalt. Diese Untersuchungen werden, wenn möglich, durch *mechanische Analysen* und, an sandigen Böden, durch Bestimmungen des sog. *Basenmineralindex* (s. Tabelle 1) unterstützt. Der Basenmineralindex (nach TAMM) ist die Prozentzahl von Mineralien vom sp. Gewicht  $> 2,680$  in der bei der mechanischen Analyse erhaltenen Korngrössefraktion 0,6—0,2 mm. Er ist massgebend für die mineralische Stärke der gröberen Bestandteilen des Bodens. Die leichteren Mineralien bestehen aus Quarz und den nur langsam verwitternden Kalium- und Natronfeldspäten; die schwereren aus einer Menge basenreichen, wertvollen Mineralien wie kalkreichem Feldspat, Hornblende, Augit, Apatit und anderen mehr.

3. *Die Grundwasserverhältnisse*. Man kann drei Fälle unterscheiden:  
a) Das Grundwasser liegt tief und wird nicht von den Wurzeln der Bäume erreicht. b) Das Grundwasser liegt hoch und ist seitlich beweglich. c) Das Grundwasser liegt hoch, bewegt sich seitlich nicht oder nur sehr langsam.

Wenn der Grundwasserspiegel sehr tief liegt, hat er sehr wenig Bedeutung für die Bäume.

Ein hohes, seitlich bewegliches Grundwasser ist ein sehr günstiger Standortsfaktor; alle unsere Bäume werden gutwachsig, oft mit einem dauernden Höhenzuwachs. Vom Grundwasser stark durchrieselte Böden sind natürlich grobkörnig und durchlässig. Sie können ausserordentlich produktiv sein, auch wenn ihre mineralogische Beschaffenheit schwach ist.

Ein hohes, stagnierendes Grundwasser wirkt schädlich, wenn die Grundwasserfläche sehr hoch liegt. Dadurch entsteht Versumpfung und Torfbildung. Wenn sich das seitlich unbewegliche Grundwasser tiefer im Bodenprofil befindet, ist es zwar ein günstiger Bodenfaktor, wirkt aber viel schwächer als das bewegliche Grundwasser.

Die Grundwasserverhältnisse eines Forstbodens werden durch Feldbeobachtungen unter Berücksichtigung der Bodenvegetation (z. B. das Vorkommen von Sphagnumarten) beurteilt.

4. *Der Bodentypus mit der Beschaffenheit seiner Humusbestandteile.* In dem eigentlichen *Boden* werden die meisten Nährstoffe, vor allem der Stickstoff, den Bäumen zugänglich. Man sollte darum glauben, dass der Bodentypus, in Schweden also verschiedene Varianten von Braunerden und Podsole, die wichtigsten Produktionsfaktoren einschliesse, sowie die Ackerkrume in der Landwirtschaft. Indessen werden in Schweden, wo alle Böden verhältnismässig jung sind (höchstens 9.000—13.000 Jahre alt, was der Zeit nach der Abschmelzung des Inlandeises entspricht) alle wichtigen Eigenschaften der Bodentypen zum sehr grossen Teil von dem Klima, dem geologischen Substrat der Bodenbildung, und den Grundwasserverhältnissen, also den Faktorkomplexen 1—3, bestimmt. Der Mensch kann nur in ziemlich geringem Umfange den Zustand im Boden beeinflussen. Düngung, sogar Kalkung, ist in unserer Waldwirtschaft unökonomisch. Durch Durchforstung, Kahlschläge, Anpflanzen von verschiedenen Hölzern usw. wird zwar der Bodenzustand verändert, aber nur innerhalb ziemlich enger Grenzen. Das in deutschen Forstkreisen entstandene Schlagwort: »Betreffs der Produktion im Walde gilt *das eiserne Gesetz des Lokalen*« ist vielleicht im Norden noch mehr gültig als in Mitteleuropa.

Die Bodenpflege in den schwedischen Wäldern kann nicht von der eigentlichen Waldpflege getrennt werden; sie ist wichtiger, je schwächer der Boden in Bezug auf die Feuchtigkeitsverhältnisse und die mineralogische Beschaffenheit ist. Durch geeignete Bodenpflege gelingt es in sehr vielen Fällen die Wälder durch natürliche Verjüngung zu er-

neuern. Natürliche Verjüngung wird jetzt allgemein von den Forstleuten angestrebt.

Der Bodenzustand wird durch Felduntersuchung unter Berücksichtigung der Bodenvegetation und der Selbstverjüngung der Bäume in den Lücken beurteilt. Auf dem Laboratorium werden (nach HESSELMAN) speziell Stickstoffmobilisierung, pH-Zahl und Gehalt an Basen untersucht. Diese Laboratoriumsuntersuchungen können bis jetzt nicht in der Praxis gebraucht werden, sie werden nur bei wissenschaftlichen Arbeiten verwendet. Hoffentlich wird man in der Zukunft chemische Schnellmethoden finden, durch die der Praxis eine Beurteilung des Bodenzustandes (besonders die Bedingungen der mikrobiologischen Aktivität im Humus) ermöglicht wird. Die in der Landwirtschaft angewandten Methoden können nicht ohne weiteres bei den schwedischen Waldböden verwendet werden.

B. Lokalitäten, die bei der Exkursion am 6. Juli 1939 besucht wurden.

1. *Ein Südabhang mit altem Naturwald* (jetzt als Park gepflegt) hauptsächlich aus Linden und Eichen bestehend, nahe dem Gut Viksberg gelegen. Dieser Wald wurde schon am Anfang des achtzehnten Jahrhunderts in einem botanischen Werk (bevor Linné) beschrieben. Der Boden ist braunerdartig, die Humusform ist ein ausgezeichneter Mull (im Sinn P. E. Müllers). Die Bonität ist sehr hoch. Sie erklärt sich aus der guten geologischen Beschaffenheit: eine mosaikartige Mischung von Ton, Feinsand, etwas steinig, in einer lokalklimatisch sehr guten Lage. Diese Umständen verursachen auch einen sehr guten Humuszustand: pH 6,7, starke Nitrifikation und überhaupt eine gute Stickstoffversorgung der Vegetation.

2. *Ein sehr kleiner »Os«*, d. h. eine Kiesablagerung in Form eines kleinen Rückens, mit schlechtwüchsrigem Kiefernwald, nahe dem Gute Högantorp. Der Boden ist podsolig mit einem sehr typischen Rohhumus, etwa 5—7 cm dick. Die schwache Bonität ist hauptsächlich durch schlechte Feuchtigkeitsbedingungen und auch ziemlich schwache mineralogischer Beschaffenheit des Bodens bedingt. Diese Umstände zusammen mit dem schwer zersetzbaren Nadelabfall der Kiefern bewirken die Rohhumusbildung mit Podsolierung als Folge. pH 4—5, keine Nitrifikation. Stickstoffversorgung wahrscheinlich schlecht.

3. *Ein Moränenterrain*, das zu den Gütern Bergaholm—Wellinge

gehört. Die Moräne ist im allgemeinen stark von den Wellen des spätquartären Meeres gewaschen und gespült worden. Die oberen Schichten sind dadurch reich an Kies und Steinen, wodurch sie durchlässiger als normal sind. Sonst ist die Moräne kiesig-sandig, mit etwas Schluff- und Tonpartikeln s. Tab. 1. Man kann diese Moräne in mechanischer und mineralogischer Hinsicht ungefähr als normal für einen sehr grossen Teil der schwedischen bewaldeten Moränenböden ansehen, nur dass die oberen Schichten durchlässiger als sonst sind.

Tabelle I

Mechanische Analysenwerte und Basenmineralindex. Moränen aus dem Gebiet  
Wellinge—Bergaholm, am Mälarsee

Moränen-probe Nr.	20—6 mm	6—2 mm	2—0.6 mm	0.6—0.2 mm	0.2—0.06 mm	0.06—0.02 mm	0.02—0.006 mm	0.006—0.002 mm	< 0.002 mm	Basen-mineral-index
1	32,4	16,1	6,4	9,8	13,3	11,1	2,6	3,8	2,9	14,2
2	22,5	14,5	10,2	12,6	17,1	10,5	6,4	3,1	2,0	12,4
3	11,5	11,4	6,6	12,2	21,5	24,1	7,8	3,5	0,8	11,8
4	13,2	24,6	19,4	12,8	11,5	7,7	5,4	2,5	1,4	9,0
5	28,6	14,4	4,4	11,1	20,0	12,1	4,3	2,1	2,1	8,7
6	22,2	12,7	11,5	19,6	12,5	8,7	3,9	2,3	5,0	9,6
7	22,8	21,4	9,0	10,7	14,4	11,3	2,3	2,1	3,6	10,4
8	25,3	24,3	7,6	6,8	6,9	9,0	8,6	5,8	5,8	9,7

Der Wald besteht zum Teil aus Mischwald von Kiefern und Fichten, teilweise aus Espen und Birken mit jungen Fichten und Kiefern. Der Bodentypus ist Podsol mit Rohhumus und die Bodenvegetation besteht hauptsächlich aus Moosen, Ericacéen, wie Heidelbeer- und Preiselbeerkraut, auch aus einigen anderen Kräutern, wie *Oxalis acetosella* u. a.

Früher wurde dieser Wald durch Kahlschläge verjüngt. Auf den Kahlschlägen flogen eine grosse Menge von Espen, Kiefern und Birken an, und die vorher unterdrückten Fichtenpflanzen fingen an zu wachsen. Diese Art von Naturverjüngung konnte bei der Exkursion an Kahlfächen, die der Sturm verursacht hatte, beobachtet werden. Jetzt wird der Nadelwald durch Plenterbetrieb verjüngt. In kleinen Lücken kommen von selbst reichlich Fichtenpflanzen und wenn die Lücken vergrössert werden, auch Kiefern und Birken. Die Espe ist nicht erwünscht.

Das ganze Moränenterrain ist schwach gegen NW und den Mälarsee geneigt. Die Feuchtigkeitsverhältnisse sind deshalb längs des Seeufers viel günstiger als oben. Man kann ein regelmässiges Ansteigen der Bonität in Richtung des Seeufers sehr gut beobachten. Oben hat sie

eine für Mittelschwedische Verhältnisse ziemlich normale Grösse, die hauptsächlich durch die mechanische und mineralogische Zusammensetzung der Moräne bedingt ist, während unten, nahe des Ufers, ein seitlich bewegliches Grundwasser eine sehr bedeutende Bonitätserhöhung hervorruft.

Der Rohhumus ist überall tätig, aber man kann verschiedene Grade von mikrobiologischer Aktivität unterscheiden. In den Jungwäldern auf Kahlschläge, besonders unter Birken, ist der ehemalige Rohhumus deutlich vermodert. Die Rohhumusschicht dort unterscheidet sich sehr gut von dem Rohhumus im alten Nadelwald. Auch bei den Gruppen von jungen Fichten auf Kahlschläge ist der Rohhumus etwas vermodert, aber nicht so stark wie unter den Birken. Tabelle 2 zeigt pH-Zahl, Phosphatgrade nach Arrhenius und Nitrifikation (Milligram Nitrat-Stickstoff pro kg. Boden nach 1 Monat Lagerung bei Zimmertemperatur) unter verschiedenen Bäumen.

Tabelle 2.

	Phosphat-grade	pH	Nitrifikation
1. Alter Nadelwald	14	5,2	6
2. Alter Nadelwald	8	5,0	4
3. Birken auf Kahlschlag 40 Jahre alt	2	5,9	1
4. Fichten auf Kahlschlag etwa 40 Jahre alt	10	5,6	205

Der Boden unter den Birken (3 in Tab. 2) ist der tätigste. Alle Nährstoffe im Humus werden schnell freigemacht und wieder von der Vegetation aufgenommen. In Nr. 1 und 2 gibt es viel aufgespeicherte Nährstoffe. Sie wurden nur langsam freigemacht, der Boden ist stark sauer. In Nr. 4 gibt es offenbar alte, aufgespeicherte Nährstoffvorräte, die jetzt schnell löslich werden.

Tabelle 2 zeigt die Einwirkung von Kahlschlag und Holzart auf dem Bodenzustand. In den süd- und mittelschwedischen Wäldern pflegt immer ein Birkenbestand die in einem alten Rohhumus aufgespeicherten Nährstoffvorräte in schnelle Umsetzung zu bringen, und einen dauernd tätigeren Zustand im Bodenhumus hervorzurufen.

4. *Ein sog. Mosaikboden*, der sich am Ufer des Mälarsees, und am Rande des oben beschriebenen Moränenterrains findet, besteht aus grobem Kies und Ton. Eine Kiesablagerung von wechselnder Mächtigkeit (0—100 cm) ruht dort nähmlich auf Ton und ist stark vom Grundwasser durchrieselt. Auf diesem groben Kiesboden, auch wo er verhältnissmässig mächtig ist, gibt es einen schönen Bestand von

Fraxinus excelsior, Corylus avellana und Alnus glutinosa, also Bäume, die sehr grosse Nährstoffmengen brauchen. Ein ausgezeichneter Mull (pH 6,0, Phosphatgrade 18, Nitrifikation 290 mg/kg während 1 Monat) mit einer ausserordentlich üppigen Bodenflora verschiedener Kräuter, kennzeichnet diesen Boden, der eine sehr hohe Bonität hat. Diese Bonität ist von der eigenartigen geologischen und hydrologischen Beschaffenheit des Bodens hervorgerufen worden.

## BESCHLÜSSE.

I. Die IV. Kommission wird der Kongressleitung folgende Referenten für die Plenarsitzung in Heidelberg vorschlagen:

1. Prof. Dr. E. A. MITSCHERLICH, Königsberg (Pr). Über allgemeine Probleme der Bodenfruchtbarkeit.
2. Prof. Dr. HAOGLAND — U. S. A. Spezielle Fruchtbarkeitsforschungen (ev. über die Wirkung von Spurenelementen).
3. Prof. Dr. G. TORSTENSSON — Uppsala. Bodenbearbeitung und Düngung.
4. Prof. Dr. O. DE VRIES — Groningen. Fragen über die Erforschung der Faktoren der Fruchtbarkeit.

Ausserdem wurde beschlossen, dass in den Vorträgen höchstens das Ergebnis der Internationalen Gemeinschaftsarbeit mitgeteilt werden soll.

II. Für die 4. Nachmittagssitzung sollen der Kongressleitung folgende Themen unserer Generalberichterstatter mitgeteilt werden.

1. Die chemischen Fruchtbarkeitsfaktoren im Boden. Generalberichterstatter: Prof. Dr. O. DE VRIES — Groningen.
2. Bodenbearbeitung und Pflanzenertrag. Generalberichterstatter: Prof. Dr. K. A. BONDORFF — Lyngby.
3. Der Wasserhaushalt des Bodens und seine Beziehungen zum Pflanzenertrag. Generalberichterstatter: Dozent E. von BOGUSLAWSKI — Breslau.
4. Der Humus als Ertragsfaktor. Generalberichterstatter: Prof. Dr. SCHEFFER — Jena.

## SCHLUSSWORTE Von E. A. MITSCHERLICH.

Wir sind nun am Schlusse unserer Tagung angelangt. — Wir haben die ganzen Tage noch nicht über Politik gesprochen; lassen Sie mich das jetzt nachholen:

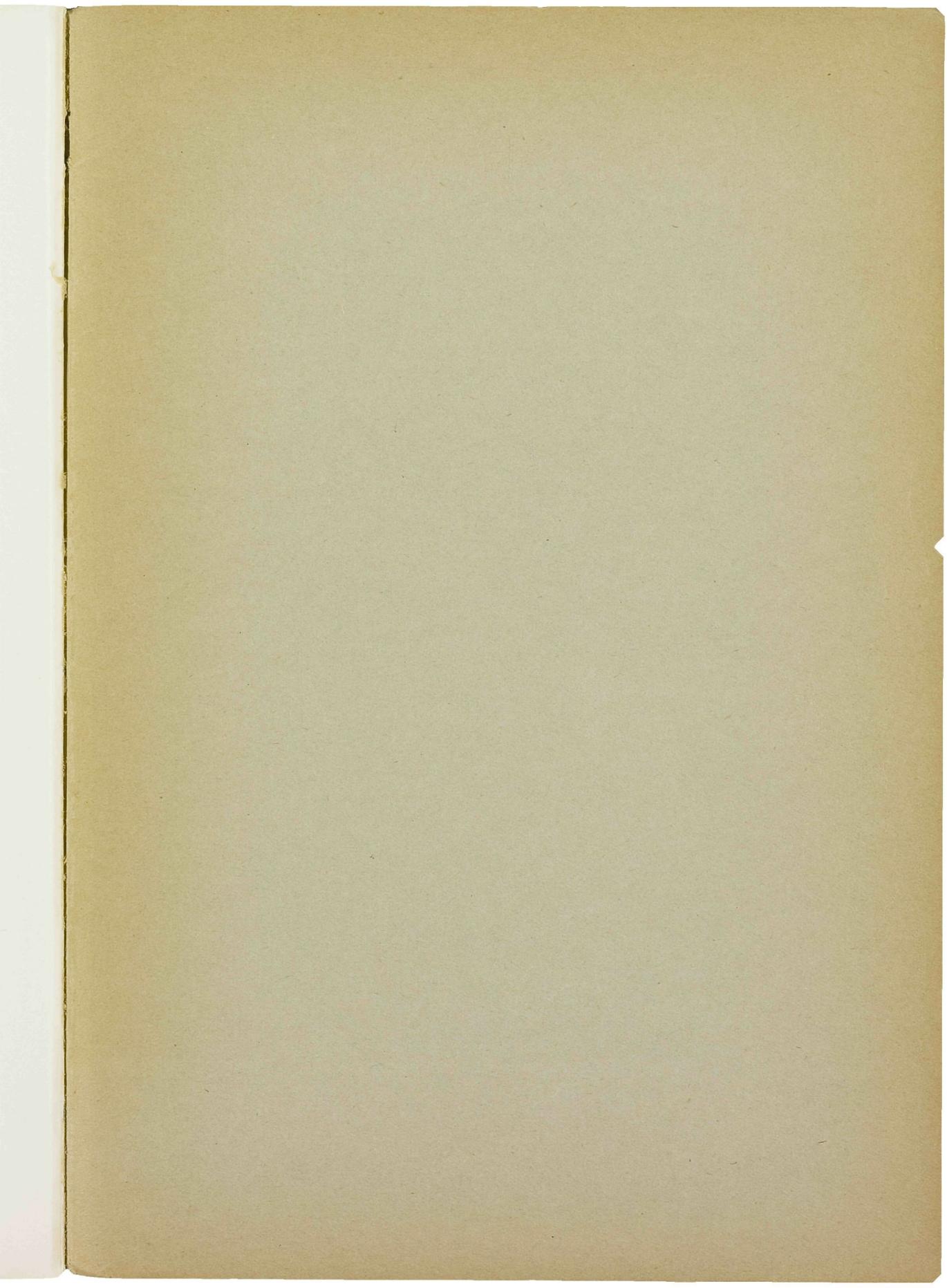
Als Vertreter von Nationen haben wir die ganzen Tage, die uns durch die grosse Gastfreundschaft Schwedens beschieden waren, nicht nur kollegial sondern auch in jeder Beziehung freundschaftlich mit ein-

ander an unseren wissenschaftlichen Problemen gearbeitet, und dabei alles Schöne, was uns dieses Land bot, genossen!

Möchte dieses gemeinsame freundschaftliche Empfinden auch auf unsere Völker übergehen, möchten wir es in sie hineinragen, damit unsere Wissenschaft, die zum Nutzen der ganzen Menschheit zu arbeiten hat, diese ihre Arbeiten ungestört fortsetzen kann.

Ich habe dann zunächst unserem Gastlande auf das herzlichste im Namen aller Teilnehmer zu danken; ich danke besonders dem hiesigen Organisationskomitee, so den Herren Professor Dr. Torstensson und Dr. Arrhenius für die grosse Arbeit, die sie für uns bereits zuvor, dann aber auch während der Tagung gehabt haben; ich weiss diese, da ich sie aus eigener Erfahrung kenne, in jeder Weise zu schätzen! Haben Sie herzlichsten Dank!

Ich danke ferner allen Kollegen, welche durch Vorträge und Diskussionen zu unserer wissenschaftlichen Aussprache Beiträge lieferten, sowie auch den Herren Bondorff, de Vries und Torstensson, die als Präsidenten unsere Sitzungen leiteten. Ich danke aber auch dem Prorektor der hiesigen Landwirtschaftlichen Hochschule Herr Prof. Dr. Flodkvist, für den so freundlichen Empfang hierselbst und den hiesigen Kollegen, die uns einen so liebenswürdigen Einblick in ihr hiesiges wissenschaftliches Schaffen gaben. Nicht zuletzt muss ich aber noch allen denen dankbar sein, welche zum Gelingen der überaus schönen Ausflüge beigetragen haben, und uns hier wissenschaftliche Belehrungen zukommen liessen, so unter anderem den Herren Åkerman, Ekström, Åstrand, Arrhenius und Tamm. Wir haben hier in Ihrem so schönen fruchtbaren Lande eine Gastfreundschaft vorgefunden, wie wir sie nie erwarten konnten und wie sie wohl ganz einzigartig dasteht. Alles, was wir hier sahen und lernten, wird uns, wenn wir nun jeder in sein Vaterland heimgekehrt sind, eine ständige, liebe Erinnerung bleiben! — In unser aller Namen nochmals herzlichsten Dank!



Uppsala 1940. Almqvist & Wiksells Boktryckeri A.B. 4056