

Auszug aus der Begrüßungsansprache
auf der Tagung der DBG 1969 Hannover

von F. Scheffer

Nach der Begrüßung der zahlreich erschienenen Gäste, Freunde und Förderer unserer Gesellschaft, so insbesondere der Herren aus dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Ministerial-Dirigent GIESEKE und Ministerialrat Dr. SCHMIDT, des Herrn Oberbürgermeisters HOLWEG, Hannover, der Herren der Verkaufsgemeinschaft Deutscher Kaliwerke in Hannover, Konsul ZIMMERMANN v. SIEFART und Direktor Dr. HUMBERT, des Vorsitzenden der Deutschen Gesellschaft für Pflanzenernährung Prof. Dr. LINSER, Gießen sowie einer größeren Zahl ausländischer Gäste und Mitglieder dankte zunächst Prof. Scheffer den Herren Prof. MARTINI, dem Präsidenten der Bundesanstalt für Bodenforschung (durch einen tragischen Unfall auf Dienstreise kürzlich verstorben) und Prof. SCHACHTSCHABEL, Direktor des Instituts für Bodenkunde in Hannover, die mit einem großen Stab ihrer Mitarbeiter in dankenswerter und aufopfernder Weise die vorbereitenden Arbeiten für die Tagung und Exkursionen übernommen und damit wesentlich zum Gelingen der Tagung beigetragen hatten. Der pünktlich in Druck gegebene Band 9 der "Mitteilungen der DBG" mit den Beiträgen von den Herren: F. BAILLY, H.J. DIETZ, G. GOLISCH, R. LÜDERS, G. LÜTTIG, H. ZEIDLER und Mitarbeitern des Göttinger Instituts für Bodenkunde konnte mit der Einladung zur Tagung rechtzeitig zugesandt werden.

"Sie werden mit mir die Einführung in den Raum Hannover, sowie die erarbeiteten Daten für die doppelt durchgeführten Exkursionen sehr dankbar begrüßt haben.

Die Tagung der DBG findet in diesem Jahr zum ersten Male seit ihrer Neugründung 1949 in Hannover, der Hauptstadt Niedersachsens statt. Dennoch haben wir in den letzten 20 Jahren Niedersachsen als überaus begehrtes Exkursionsziel

schon mehrere Male, so auf einer internationalen Tagung von Hamburg aus und auf zwei nationalen Tagungen von Göttingen und von Bremen aus aufgesucht. Wir weilen dieses Jahr auf den Exkursionen, also zum 4. Male in Niedersachsen und sind überzeugt, daß Hannover und nächste Umgebung wiederum viel Neues bieten wird.

Wir sind nach Hannover gekommen, um vom Stand der Forschung unserer Wissenschaft zu hören, das Erforschte zu diskutieren und neue Anregungen zu erhalten. Dank der engen Beziehung zur Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft wird Prof. SCHLICHTING, Hohenheim, der als Leiter der deutschen Delegation mit 10 Kollegen 1968 in Australien an der internationalen Tagung und den Exkursionen teilnahm, zusätzlich einen Bericht mit einer Filmvorführung von australischen Böden geben.

Die Tagung in Hannover hat zugleich die Aufgabe, eine in 2 Jahren in Deutschland stattfindende internationale Tagung - die für Stuttgart-Hohenheim vorgesehen ist - über das Thema "Gleye und Pseudogleye" vorzubereiten.

Wenn wir für diese Arbeitstagung kein Schwergewichts-Programm vorgeschlagen, sondern alle Kommissionen gebeten haben, über ihre Fortschritte in 90 Vorträgen zu berichten, so mögen doch die Arbeiten der Kommissionen I und III besonders hervorgehoben werden. Es handelt sich einerseits um bodenphysikalische Untersuchungen über Wasser und Luft als wichtige ausschlaggebende Bodenfaktoren und andererseits um in Deutschland bisher gleichfalls im Vergleich zu den Arbeiten anderer Kommissionen vernachlässigte Arbeiten der Kommission Bodenbiologie einschl. Bodenmikrobiologie.

Die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, 1926 gegründet - neu gegründet 1949 - ist nach Jahren noch eine junge Gesellschaft, wie denn auch das von uns vertretene Fach noch eine relativ junge Wissenschaft ist. Wenngleich bodenkundliche Forschungen mit der Entwicklung der Naturwissenschaften im vergangenen Jahrhundert aufgenommen wurden, und bereits vor rd. 140 Jahren der 1787 in Schillerslage bei Hannover geborene Niedersachse C. SPRENGEL 1828 ein Buch über Bodenkunde veröffentlichte, und wir dem Wirken J.v. LIEBIG's verdanken,...

daß er die beiden Wissenschaften der Agrikulturchemie und Bodenkunde als "salonfähige" d.h. akademisch anerkannte Wissenschaften begründete, so war es der Bodenkunde erst in den letzten 70 Jahren seit der Jahrhundertwende beschieden, sich über die starren Grenzen der Naturwissenschaftlichen, Landwirtschaftlichen, Forstwirtschaftlichen und Gartenbauwirtschaftlichen Fakultät hinaus zu einer selbständigen, die verschiedenen Fakultäten verbindenden Disziplin - als Geo-disziplin - zu entwickeln, die in engem Kontakt mit zahlreichen geologischen und biologischen Nachbardisziplinen steht und auf gegenseitigen Austausch auch in Zukunft stets großen Wert legt.

Wie es in der Wissenschaft nicht anders ist, aber in unserem Fall besonders deutlich wird, hatten die deutschen Bodenkundler schon früh enge Verbindungen zu ausländischen Wissenschaftlern aufgenommen. Sie trafen sich zu Vorträgen auf internationalen Tagungen, lange bevor es zur Gründung nationaler oder internationaler Gesellschaften gekommen war. So darf ich in diesem Jahr eine vor 60 Jahren stattgefundene Begegnung in Budapest erwähnen, auf der u.a. von deutscher Seite RAMANN, von russischer Seite GLINKA auf Einladung des ungarischen Kollegen TREITZ erschienen waren und u.a. über das Problem der sog. "Ramann'schen Braunerde" im südosteuropäischen Raum debattiert wurde. Da auf den vergangenen deutschen Tagungen der letzten Jahre - vor allem in München - der sog. Braunerde-Komplex (Braunerde bis zur Parabraunerde) sehr lebhaft behandelt wurde, und die früher angenommene Verbreitung echter Ramann'schen Braunerde (charakterisiert durch einen Verbraunungs-Horizont B_v ohne Tonverlagerung) im deutschen Raum nach eingehenden Untersuchungen eine erhebliche Einschränkung erfuhr, ja auch hier und da schon Zweifel über das Vorkommen sog. echter Braunerde im mitteleuropäischen Raum aufgetaucht sind, haben die in der Nähe von Budapest kürzlich von Prof. STEFANOVITS und mir entnommenen Bodenproben (und zwar vom gleichen Diskussionsort von 1909) bei Anwendung neuerer Untersuchungs-Verfahren im Göttinger Institut dargetan, daß "Ramann'sche Braunerde" im Budapester wie im südosteuropäischen Raum vorkommt und weit verbreitet auftritt.

Das erste Jahrhundert bodenkundlicher Forschung befaßte sich zunächst mit der Aufklärung und Entwicklung der Böden aus dem Gestein und der organischen Komponente Humus und ihren Eigenschaften, mit der systematischen Gliederung und Klassifizierung und der Verteilung der Böden auf der Erdoberfläche. Das Gesamtgebiet bodenkundlicher Forschung fand eine intensive Bearbeitung in den 7 Kommissionen der DBG bzw. in den folgenden Arbeitsrichtungen, wenn man weniger nach methodischen als nach fachlichen Gesichtspunkten aufgliedert:

- Bodenanatomie und Bodenmorphologie
- Bodenmetabolik
- Bodengenetik
- Bodensystematik
- Bodengeographie
- Bodengeschichte
- Bodenökologie einschl. Bodentechnologie

Wenn auch in Zukunft das Suchen nach weiteren Erkenntnissen in den genannten Einzelgebieten intensiv weitergeführt wird, zumal auch die Fragen nach Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden keineswegs abgeschlossen sind, will mir doch scheinen, daß in den letzten Jahrzehnten sich eine weitere Forschungsrichtung anbahnt, die nicht mehr allein nach der Entstehung des Bodens und dessen Eigenschaften fragt, sondern aufbauend auf der Erkenntnis, daß der Boden ohne abgeschlossene Entwicklung ist, den Boden als wandelbares, entwicklungsfähiges Geobiosystem zum Gegenstand ihrer Untersuchungen macht.

In einer Begrüßungsansprache ist es aus Zeitgründen leider nicht möglich, die hier angeschnittenen Gedankengänge weiter zu vertiefen. Ich bin aber überzeugt - davon künden eine große Zahl früherer Arbeiten und heutiger Vorträge, die auf dieser Tagung in den einzelnen Kommissionen gehalten werden - daß die neue Arbeitsrichtung die bodenkundliche Forschung sehr beleben wird, zumal das moderne Instrumentarium einer modernen Institutseinrichtung die angedeutete Arbeitsrichtung zu bearbeiten gestattet. Man spricht von gesteuerter oder gelenkter Bodenevolution bzw. Bodenmetamorphose.

Dem Bodenkundler genügt zur Charakterisierung des Verwitterungszustandes der Bodentypen und damit der Standorteigen-

schaften nicht mehr die analytische Erfassung der Mengenanteile, so an Montmorillonit, Illit, Kaolinit, der Ausgangsminerale oder der organischen Substanzen. Durch Anwendung modernster Verfahren ist die Wissenschaft in die Feinstruktur und in den Feinmechanismus der Bodenteilchen vorgedrungen und hat erkennen können, daß die wichtigsten Bodenbestandteile Ton und Humus nichts Statisches, sondern etwas Dynamisches sind, die ihre Eigenschaften je nach Umwelts-Einflüssen ändern können. Das Erkennen des Wandelbaren der Tonmineral-Eigenschaften, so des reversiblen und irreversiblen Aufweitungs- und Kontraktions-Verhaltens wie das Wissen um die potentiellen "Fähigkeiten" der die Sorptions-Fraktion aufbauenden Strukturelemente haben der bodenkundlichen Forschung einen beachtlichen Fortschritt beschert und mit der nunmehrigen dynamischen Betrachtungsweise anstelle der bisherigen mehr oder weniger statischen Betrachtungsweise zu einer wohl richtigeren Vorstellung unseres Forschungsgegenstandes "Boden" geführt.

Wenn wir bei aufweitbaren Dreischicht-Tonmineralen von Expanditen oder bei organischen Substanzen von Quellhumus oder Blähgraphiten sprechen und nach aktiven Rhizosphären-Produkten mit Chelateigenschaften suchen, so erinnern uns die biologisch klingenden Ausdrücke an ein dynamisches Verhalten und in den genannten Fällen an das dynamische Verhalten umgeformter Bodenstoffe mit neuen Eigenschaften. Vielleicht ist die Zeit nicht fern, wo es gelingen wird, weniger aktive Tonminerale wie Kaolinit oder weniger tätige Humusstoffe wie Schwarزتorf aktiver zu gestalten bzw. auf synthetischem Wege zu neu entwickelten Sorptionsträgern, d.h. wertvolleren Bodenbaustoffen zu gelangen. Die gewonnenen Erkenntnisse sind für den Wissenschaftler wie für den Vertreter der angewandten Richtung von gleich großem Wert.

Der Bodengenetiker, der schon längst aus dem Stadium der beschreibenden Wissenschaft herausgetreten ist, wird sich bei der Ansprache eines Bodenprofils viel stärker um die kausalen Zusammenhänge zwischen Bodenbildung und variablen Bodenbildungs-Faktoren bemühen müssen und aufgrund der erforschten und möglichen Metabolik die Bodentypen nicht mehr in ein allzu starres, mehr in ein entwicklungs-weisendes System

Der Ackerbauer, für den der Boden nach wie vor die wichtigste Größe der menschlichen Urproduktion - der Nahrungsgewinnung - darstellt, wird sich nicht mehr mit den üblichen Arbeiten des Ackerbaues, der Bebauung und der Bearbeitung begnügen, sondern sich aufgrund der gewonnenen Vorstellung, daß die Bodeneigenschaften zu formen sind, bemühen, den Boden nicht nur strukturell umzugestalten und zu beleben, sondern hierzu aktiver geformte Baustoffe zu verwenden. Ackerbau heißt Ackeraufbau, heißt damit zugleich Schaffung eines optimalen Nähr- und Wohnraumes für alle im Boden lebenden Organismen und zugleich Neuschaffung eines Wirkungsraumes, in dem zugeführte Produktionsfaktoren einschließlich Düngemittel in höchstmögliche Leistungen transformiert werden können.

Seit der Anerkennung der Bodenkunde als selbständige wissenschaftliche Disziplin an den Hochschulen streben wir für unser Fach eine geschlossene vertiefte Ausbildung wie in benachbarten Fächern der Naturwissenschaften, der Landwirtschaftswissenschaften und der Forst- und Gartenbauwissenschaft an mit einem Abschlußexamen in den für die bodenkundliche Forschung notwendigen Fachrichtungen. Ein solcher Wunsch und Vorschlag soll einmal dem Ausbau und der Sicherung bodenkundlicher Forschung dienen, er ist aber auch andererseits aus dem Gefühl der tiefen Verantwortung für den Nachwuchs gestellt, der sich in so großer Zahl unserer Wissenschaft erfreulicherweise widmet, zumal im In- und Ausland die Nachfrage nach naturwissenschaftlich und landwirtschaftlich ausgebildeten Bodenkundlern in den letzten Jahren immer stärker angestiegen ist. Wir sind oft nicht in der Lage, den Bedarf an gut ausgebildeten Bodenkundlern im Ausland zu decken und müssen die Besetzung vieler offener Stellen nicht selten anderen Ländern überlassen.

Eine gute Ausbildung verlangt Geld, einmal zum Ausbau bestehender Institute, zum anderen zum Neubau notwendig gewordener Institute mit den erforderlichen teuren Einrichtungen, um auf dem Gebiet der Forschung Schritt halten zu können mit dem Ausland. Alle, die um den Haushalt zu kämpfen haben, stehen zweifellos vor großen Schwierigkeiten. Doch darf ich mir erlauben, Sie in diesem Kampf zu ermutigen, wenn ich J.v. LIEBIG aus dem Jahr 1833 (Brief an seinen

Kanzler in Gießen) für uns sprechen lasse:

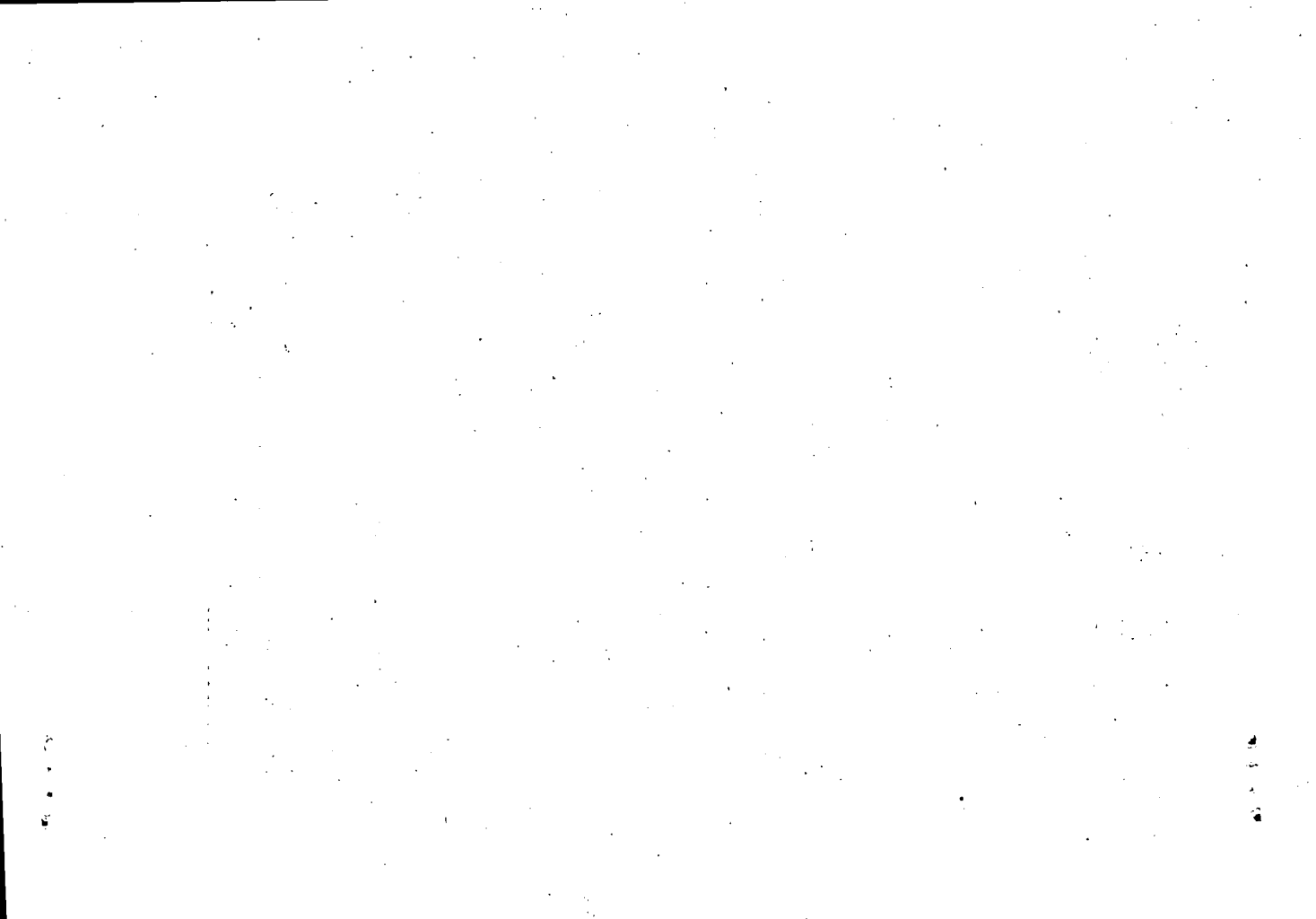
"Für die Einrichtungen und Anstalten der Universität dürfen mit der verschwenderischsten Hand und ohne Furcht, je zu viel zu tun, die größten Summen bewilligt werden, denn alles überlebt die Person ..."

Die Erfolge der von uns vertretenen Wissenschaft mögen im Zeitalter der Weltraumfahrt klein erscheinen, und doch haben sie überall auf der von uns bewohnten Erde - wie einmal Th. HEUSS ausdrückte - das Lebenkönnen der Menschheit erst ermöglicht.

Wir sind gern nach Niedersachsen gekommen, um die hohen Leistungen in diesem Gebiet erneut vor Augen zu führen. Die enormen Fortschritte auf Moor, Marsch- und Geestböden beweisen, daß die Fruchtbarkeit der Böden weitgehend in unserer Hand liegt.

Unsere Erkenntnisse werden wir in die Entwicklungsländer in viel stärkerem Umfange zu exportieren haben. Sie ermutigen zu der stolzen Annahme, daß die Erde nicht nur Raum für 2, sondern weit über 10 - 20 Milliarden Menschen hat, und die Menschheit auch in den kommenden Jahrzehnten nicht zu hungern braucht, wenn sie gewillt ist, die Erkenntnisse der Wissenschaft zu nutzen, schöpferisch am Boden und an sich selbst tätig zu sein. "

Prof. Scheffer schloß seine Ansprache mit einem persönlichen Dank an alle Mitglieder für die treue Mit- und Zusammenarbeit und für die bereitwillige Unterstützung, die sie ihm während seiner nunmehr 20-jährigen Tätigkeit im Vorstand gewährt haben. Die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft als eine Vereinigung freier bodenkundlich interessierter Wissenschaftler und rund 500 Mitgliedern hat gezeigt, daß es auch in der heutigen Zeit möglich ist, guten Nachwuchs für unsere Wissenschaft zu gewinnen und die Jugend für die Wissenschaft zu begeistern.





MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

"Bodenklassifikation - Bodenkartierung - Nutzungsplanung"

Tagung der Kommissionen IV und V am 18. und 19.10.1968 in

G I E S S E N

- Referate -

Tagung 1969 der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in

H A N N O V E R

- Referate -



"Bodenklassifikation -

Bodenkartierung -

Nutzungsplanung"

Tagung der Kommissionen IV und V am 18. und 19.10.1968

in G I E S S E N



I N H A L T

1. <u>Übersicht</u>	4
2. <u>Vorwort, E. Schönhals</u>	6
3. <u>Bodenklassifikation nach Genese oder Effekt, E. Schlichting</u>	13
4. <u>Die Bodenkarte von Bayern 1:25 000 und ihre Auswertung hinsichtlich der landwirtschaftlichen Standortserkundung, B. Hoffmann</u>	17
5. <u>Die Bodenkartierung in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der Karten der Marschlandschaften, 1:25 000 und 1:5 000, W. Müller</u>	20
6. <u>Die Beurteilung von Grünlandstandorten in Moor- und Marschlandschaften, H. Kuntze</u>	25
7. <u>Bodenkarten 1:5 000 und 1:50 000 im Flachland und ihre Auswertung, H. Mees</u>	29
8. <u>Bodenkartierung für wasserwirtschaftliche Zwecke, B. Wohlrabe</u>	34
9. <u>Aufnahme und Auswertung bodenkundlicher Übersichts- und Detailkarten südwestdeutscher Kalk- und Mergellandschaften, H.-P. Blume</u>	38
10. <u>Öko-Serien der baden-württembergischen forstlichen Standortskartierung am Beispiel der Kalkverwitterungslehme, S. Müller</u>	43
11. <u>Ökologische Beurteilung von Tonmergelböden für die obstbauliche Nutzung, F. Weller</u>	47
12. <u>Bodenkartierung und Standortbeurteilung mit Beispielen aus dem südöstlichen Rheinischen Schiefergebirge, T. Harrach</u>	51

13. Beurteilung von Meliorationsmöglichkeiten von Löß- und Schieferböden, H. J. Steinmetz 55
14. Ältere deutsche Literatur zu dem Themen-Komplex Bodenklassifikation - Bodenkartierung - Bodennutzungsplanung, W. Taschenmacher 59
15. Bodenkundliche Exkursion nach Lützellinden, T. Harrach 66

"Bodenklassifikation - Bodenkartierung - Bodennutzungsplanung"

Die Kommissionen IV (Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenernährung) und V (Bodengenetik, Bodenklassifikation, Bodenkartierung) der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft luden zu einer Arbeitstagung unter diesem Thema nach Gießen ein.

An dem Klassifikationsvorschlag der DBG-Kommission für Bodensystematik bzw. an einer genetisch konzipierten Bodensystematik schlechthin und an den entsprechenden großmaßstäbigen Bodenkarten wird Kritik geübt. Diejenige von Bodenkundlern richtet sich gegen eine geringe Sicherheit der Klassifikation von Böden nach den Definitionsmerkmalen des Systems bei der Kartierung, die Kritik von Standortkundlern gegen eine unzureichende ökologische Interpretierbarkeit von Bodenkarten. Übergehen einer Kritik würde in ersterem Falle zu einer Unsicherheit bei der Kartierung, in letzterem dazu führen, daß vorhandene Bodenkarten nicht benutzt oder fehlende nicht angefordert werden.

Es erschien daher angebracht, die Frage zu diskutieren, inwieweit eine Kritik gerechtfertigt ist, um ggf. das System entsprechend abändern zu können. Um möglichst den Erfahrungsschatz von Boden- und Standortkundlern aus verschiedenen Regionen nutzen und die verbreitetsten Bodenlandschaften sowie die wichtigsten Nutzungsformen in wenigen Referaten behandeln lassen zu können, wurden Referenten aus den Bundesländern Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen, Baden-Württemberg und Bayern eingeladen, über Marsch- und Moorböden, Auen- und Terrassenböden, Lössböden sowie Kalk- und Mergelböden einerseits und über Acker-, Grünland-, Obst- und Forstnutzung sowie über wasserwirtschaftliche und kulturtechnische Probleme auf diesen Böden andererseits zu berichten. Dabei wurden für jeden Fragenkreis ein Bodenkundler und ein Standortkundler (bzw. ein Produzent und ein Konsument von Bodenkarten) gebeten, möglichst an konkreten Landschaftsbeispielen die Probleme der Bodenklassifikation sowie die Verwendbarkeit von Bodenkarten für die Nutzungsplanung darzulegen.

Praktisches Ziel der Tagung war es, der DBG-Kommission für Bodensystematik einen Katalog mit wesentlichen Beanstandungen zur Bearbeitung zuzustellen.

VORWORT ZUR TAGUNG

"Bodenklassifikation - Bodenkartierung - Nutzungsplanung"
der Kommissionen IV und V der DBG am 18. u. 19.10.1968 in

Giessen

von E. Schönhals *)

Die von den Kommissionen IV und V veranstaltete gemeinsame Sitzung war von dem Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig-Universität vorbereitet worden. Zur Eröffnung hielt Herr Prof. Dr. E. Schönhals, Direktor des Instituts für Bodenkunde und Bodenerhaltung und Vorsitzender der Kommission V die Begrüßungsansprache, die im Auszug wiedergegeben wird:

Herr Präsident, meine sehr verehrten Damen und Herren !

Die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft hat seit ihrer Wiederbegründung im Jahre 1949 zahlreiche Hauptversammlungen und Kommissionssitzungen durchgeführt, die von Jahr zu Jahr eine immer größere Teilnehmerzahl aufweisen, was sowohl auf die Aktivität der Gesellschaft als auch auf die ständige Erweiterung und Verbesserung des Vortrags- und Exkursionsprogramms zurückzuführen ist. Neben den Hauptversammlungen bieten vor allem die Kommissionssitzungen Gelegenheit zu einer vertieften wissenschaftlichen Diskussion. Von besonderem Interesse sind Fragen, die den Forschungsgegenstand anderer Kommissionen berühren.

Nachdem im vergangenen Jahr (1967) die Kommissionen II, IV und V in Stuttgart-Hohenheim eine Sitzung veranstalteten, kamen die Vorsitzenden der Kommissionen IV und V im März d.J. überein, eine gemeinsame Kommissionssitzung in Gießen durchzuführen.

*) Dir. des Inst. f. Bodenkunde u. Bodenerhaltung,
63 Gießen, Ludwigstr. 23

Wir freuen uns, daß Sie unserer Einladung in so großer Zahl gefolgt sind, und ich darf Sie alle, auch im Namen von Herrn Prof. Dr. Schlichting herzlich begrüßen und willkommen heißen. Besonders herzlich begrüße ich den Präsidenten unserer Gesellschaft, Herrn Prof. Dr.Dr.h.c. Scheffer, die Vorsitzenden der Kommissionen II, III, VI und VII, die Herren Prof. Dr. Schwertmann, Privatdozent Dr. Graff und Prof. Dr. Baumann, außerdem den Stellvertreter des Vorsitzenden der Kommission V, Herrn Reg.-Dir. Dr. Kohl, der gleichzeitig auch in seiner Eigenschaft als Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft der Bodenkundler der Geologischen Landesämter an unserer Tagung teilnimmt. Ich begrüße ferner Herrn Prof. von Boguslawski, den Präsidenten des Forschungsrats für Land- und Forstwirtschaft, der durch seine Anwesenheit sein Interesse an den Arbeiten der beiden Kommissionen bekundet.

Der Dekan der Landwirtschaftlichen Fakultät der Justus Liebig-Universität, Herr Prof. Dr. Meimberg, und der Vorsitzende der Fachgruppe Pflanzenproduktion, Herr Prof. Dr. Linser, sind leider verhindert, Sie zu begrüßen; sie wünschen der Tagung einen erfolgreichen Verlauf.

Meine Damen und Herren!

Das Thema der zweitägigen Sitzung lautet:

Bodenklassifikation - Bodenkartierung - Nutzungsplanung

Mit diesen 3 Begriffen wollten wir einen Fragenkreis umreißen, der unseres Erachtens von großer Aktualität ist. Die 3 Begriffe gehören eng zusammen und auf allen 3 Gebieten hat die Boden- und Standortforschung in den beiden letzten Jahrzehnten Bedeutendes geleistet. Das gilt vor allem für die Bodengenetik, die Systematik und Klassifikation sowie für die Bodenkartierung. Ich brauche an dieser Stelle nicht den Weg der Forschung aufzuzeigen, er ist Ihnen allen bekannt und viele der hier Anwesenden haben dabei mitgewirkt.

Als Hauptergebnisse seien nur genannt: die Systematik der Böden Deutschlands und die Aufnahme zahlreicher Bodenkarten

verschiedensten Maßstabs in allen Bundesländern, die meistens aufgrund der Richtlinien der Geologischen Landesämter hergestellt worden sind. In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, daß die Arbeiten an der Systematik von der Bodenkartierung der Geologischen Landesämter und von den seit 1949 jährlich stattfindenden Verhandlungen der Arbeitsgemeinschaft der Bodenkundler dieser Dienststellen wesentlich gefördert worden sind. Andererseits muß aber auch betont werden, daß ohne die jahrelangen Bemühungen um die Vervollständigung der Systematik die Bodenkartierung nicht den heutigen Stand erreicht hätte.

Lassen Sie mich nun kurz auf das Thema unserer Arbeitatagung eingehen: Aufgabe der Bodenklassifikation ist es, die Böden aufgrund von Merkmalen und Eigenschaften zu ordnen, und zwar derart, daß nach Möglichkeit die bestehenden inneren Beziehungen zwischen den Böden zum Ausdruck kommen. Die Resultate der Bodenklassifikation bilden die Grundlage der Bodensystematik. Uns allen ist bekannt, welche Schwierigkeiten sich dieser Aufgabe entgegenstellen. Nur einige seien angeführt: Erfassung der bodenbildenden Prozesse und ihre Erkennung am Bodenprofil, der Zeitpunkt der Entstehung wichtiger Merkmale (Reliktmerkmale), häufige Diskrepanz zwischen Profilbild und chemischen Eigenschaften, Änderung vieler Eigenschaften im Laufe des Jahres usw.

Hervorzuheben ist auch die Tatsache, daß die Böden keine selbständigen Individuen darstellen, sondern daß in der Bodendecke (Pedosphäre) nur Areale mit \pm gleichen Bodeneigenschaften unterschieden werden können. EHWALD (1966) bezeichnet solche Areale als **S t e t i g k e i t s b e r e i c h e** ; sie können teilweise durch deutliche Grenzen unterteilt werden, im allgemeinen bestehen aber zwischen den Stetigkeitsbereichen Zonen mit \pm rasch wechselnden Bodeneigenschaften, die EHWALD als **U n s t e t i g k e i t s b e r e i c h e** bezeichnet. Unter **B ö d e n** versteht er Stetigkeitsbereiche, "deren Grenzen durch die Bodenkartierung erfaßt und die nach ihrem Charakter bodensystematisch geordnet werden sollen".

EHWALD bezeichnet einen solchen Bereich nach einem Vorschlag von HAASE (1961, 1964) als "Pedotop" (in Anlehnung an "Ökotopt" und "Physiotop"). Pedotope sind also einmal durch ihre sog. inneren Eigenschaften (Horizontfolge, Morphologie und chemisch-physikalische Eigenschaften) und außerdem durch Größe und Form sowie durch ihre Geländeexposition gekennzeichnet.

Die zuletzt genannten äußeren Eigenschaften sind für die Klassifikation von geringer Bedeutung, da hierbei nur die inneren Eigenschaften, also pedogene Merkmale im Vordergrund stehen. Bei der Erfassung der pedogenen Merkmale und Eigenschaften für die Zwecke der Klassifikation müssen wir von kleineren, dreidimensionalen Gebilden ausgehen, nämlich von den "pedons". Die amerikanischen Bodenkundler, die diesen Begriff prägten, verstehen unter einem "pedon" das kleinste Bodenvolumen, das vor allem die gleiche Horizontfolge und weitere charakteristische Eigenschaften aufweist. Die Größe dieses kleinsten Bodenvolumens beträgt bis zu einigen m^2 und reicht in der Vertikalen bis zum Ausgangsgestein. Ein Pedotop setzt sich demnach aus einer bestimmten Anzahl gleichartiger "pedons" zusammen, so daß auch von einem "polypedon" gesprochen werden kann. Für die Klassifikation und damit für die Bodensystematik bildet das "pedon", also im wesentlichen das Bodenprofil als Ergebnis pedogener Prozesse, das Forschungsobjekt (taxonomische Einheiten). Demgegenüber ist es die Aufgabe der Bodenkartierung, die Pedotope oder "polypedons" abzugrenzen und zu kennzeichnen mit dem Ziel, den Aufbau der Bodendecke einer Landschaft zu erfassen.

Die auf unseren Bodenkarten 1 : 25 000 abgegrenzten Bodeneinheiten dürfen wohl im allgemeinen mit Pedotopen oder Bodenkomplexen gleichgesetzt werden, denn nach den Richtlinien für die Herstellung dieser Karten werden die Bodeneinheiten wie folgt charakterisiert (S. 78 u. 79): "Böden, deren systematische Stellung, Bodenart, Bodenartenschichtung und Ausgangsgestein gleich oder ähnlich sind, werden zu Bodeneinheiten

zusammengefaßt". Ergänzend wird noch darauf hingewiesen, daß nicht immer die bodensystematische Kategorie im Vordergrund stehen muß, sondern daß diese Rolle durchaus auch von für die Praxis wichtigen Bodeneigenschaften und Merkmalen übernommen werden kann. Die ideale Bodeneinheit läge dann vor, wenn sämtliche Merkmale, die sowohl für die bodengenetische Ansprache als auch für die Praxis (Nutzung, Bewirtschaftung, Bodenverbesserungsmaßnahmen) wichtig sind, übereinstimmen. Da es sich aber durchweg nicht um ideale Bodeneinheiten handelt, ist es besonders schwierig, Bodeneinheiten für beide Zwecke hinreichend genau anzusprechen bzw. zu kennzeichnen. Damit sind wir, meine Damen und Herren, bei dem Hauptthema unserer Arbeitstagung angelangt. Die Fragestellung ist folgende: Genügen die Kurzbeschreibungen der Bodeneinheiten in der Kartenlegende und die in den Erläuterungen enthaltenen Angaben dem Benutzer der Karte, also z. B. dem Pflanzenbauer oder dem Forstmann? Wenn dies nicht zutrifft, dann wäre festzustellen, welche pedogenetischen, lithogenen oder sonstigen Eigenschaften zusätzlich noch anzugeben sind. Zweifelloos steht bei der Bildung der Bodeneinheiten die taxonomische Einheit, d.h. der Typ bzw. Subtyp usw. im Vordergrund, was auch auf den Bodenkarten 1 : 25 000 zum Ausdruck kommt. Dies ist aber eigentlich nur auf Karten der Fall, die eine nicht allzu starke Differenzierung aufweisen (Beispiel Bl. Strasskirchen, München 1957). Neuere Bodenkarten, die eine detailliertere Gliederung aufweisen, und zwar entweder aufgrund eines stärkeren Bodenwechsels oder eines dichteren Beobachtungsnetzes, lassen nun deutlich erkennen, daß die Bildung der Bodeneinheiten weitgehend nach geologisch-bodenartlichen Merkmalen erfolgt. Besonders gute Beispiele sind das Blatt Eiterfeld (SEMMEI, 1966) und das von PLASS (1968) aufgenommene Bl. Waldeck mit 90 bzw. 60 Bodeneinheiten. Auf Bl. Eiterfeld werden z.B. bei dem Typ Pseudogley 21 Bodeneinheiten, die nach dem Erosionsgrad dreigeteilt werden, unterschieden. Die weitere Gliederung erfolgt nach

dem Ausgangsgestein und dem Substratprofil. Ganz ähnlich wird bei den anderen systematischen Kategorien auf dem Blatt Waldeck verfahren. Nun ist aber doch zu erwarten, daß Unterschiede im Substratprofil, die relevant sind und daher zu einer Differenzierung Veranlassung gegeben haben, auch gewisse Unterschiede im bodengenetischen Bereich hervorrufen, zumal die Geländebeziehungen wechseln. Pedogen bedingte Merkmale werden jedoch nicht oder selten zur Differenzierung der zahlreichen Bodeneinheiten herangezogen. Es stellt sich daher die Frage, ob die Ursache dieser Diskrepanz darin zu suchen ist, daß die Merkmale für die Bildung niederer Kategorien nicht ausreichen oder nicht mit Sicherheit wahrzunehmen waren. Jedenfalls gewinnt man beim Studium dieser stark differenzierten Karten den Eindruck, daß die durch die Pedogenese hervorgerufenen Merkmale gegenüber den Merkmalen und Eigenschaften des Substrats stark zurücktreten.

Der Trend zu einer starken Differenzierung aufgrund spezifischer Bodeneigenschaften, die in erster Linie für die Nutzungseplanung von Bedeutung sind, kommt auch auf den neuen Karten des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung zum Ausdruck. Zur Gliederung benutzte Eigenschaften sind z.B. außer Bodentyp, Bodenart und Gestein der Wasser- und Lufthaushalt, die Bearbeitbarkeit, der Humusgehalt usw. Die neueren Bodenkarten weichen also z.T. erheblich von den früher erschienenen ab. Während bei den letzteren die bodengenetische Einheit bei der Kennzeichnung der Bodeneinheiten im Vordergrund stand, werden bei den in jüngerer Zeit veröffentlichten Karten bestimmte Einzelmerkmale und Eigenschaften, insbesondere des Substrats, in einem erheblich größeren Umfang herangezogen.

Die Grundlage für die Diskussion der Probleme, von denen ich nur einige herausgegriffen habe, bildet eine Reihe von Vorträgen, die zunächst über die Bodenkartierung in verschiedenen Landschaften berichten; anschließend folgen Betrachtungen von seiten des Pflanzenbaus, d.h. der Grünlandnutzung, der forstlichen und obstbaulichen Nutzung sowie der Wasserwirtschaft.

Schrifttum:

- Arb.-Gemeinsch. Bodenkunde: Die Bodenkarte 1 : 25 000, Anleitung und Richtlinien zu ihrer Herstellung.- Hannover 1965
- EHWALD, E.: Leitende Gesichtspunkte einer Systematik der Böden der Deutschen Demokratischen Republik als Grundlage der land- und forstwirtschaftlichen Standortkartierung.-
In: E. EHWALD, I. LIEBEROTH, W. SCHWANECKE: Zur Systematik der Böden der Deutschen Demokratischen Republik besonders im Hinblick auf die Bodenkartierung.-
Sitzungsber. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Bd. XV. H.18, 1-55, Berlin 1966
- HAASE, G.: Landschaftsökologische Untersuchungen im Nordwest-Lausitzer Berg- und Hügelland.-
Diss. Karl Marx-Univ., Leipzig 1961
- HAASE, G.: Landschaftsökologische Detailuntersuchung und naturräumliche Gliederung.- Petermanns Geogr. Mitt., 108, 8-30, Gotha 1964
- PLASS, W.: Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000 Bl. Waldeck, m.Erl., Wiesbaden 1968
- SEMMELE, A.: Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000 Bl. Eiterfeld, m.Erl., Wiesbaden 1966



Bodenklassifikation nach Genese oder Effekt

von E. Schlichting *)

Wie alle Naturkörper können Böden nach ihrer Entstehung (genetisch) oder nach ihrer Wirkung auf andere Objekte (effektiv) klassifiziert werden. Genetische Klassifikationen erlauben eine vielseitige, effektive eine spezifische Interpretation ihrer Kategorien. Da selbst großmaßstäbige Bodenkarten mit genetisch begründeten Einheiten nicht immer als optimale Grundlage der Nutzungsplanung angesehen werden, ist zu prüfen, inwieweit dieser Zustand auf mangelnde Konsequenz der Bodenkundler oder auf mangelndes Verständnis der Standortskundler zurückzuführen und mithin durch Änderung der Bodensystematik oder durch Aufklärung der Abnehmer von Bodenkarten zu beheben ist.

Sowohl bei einem genetischen als auch bei einem effektiven Bodensystem werden die Böden nach ihren realen Eigenschaften klassifiziert. Bei ersterem stehen solche im Vordergrund, die den Verlauf der Bodengenese zu rekonstruieren gestatten. Ist die Veränderung unterschiedlicher Ausgangsmaterialien durch die verschiedenen Prozesse der Bodenbildung bekannt, so müssen durch Ausgangszustand und Entwicklungsverlauf alle Bodenmerkmale bestimmt sein, wengleich die im speziellen Fall nutzungsbestimmenden nicht immer auf höherem Niveau kategorisierend wirken. Bei effektiven Systemen stehen ja die Merkmale im Vordergrund, die die jeweilige Nutzungseignung am meisten bestimmen bzw. hinreichend eng mit ihr korrelieren. Merkmale, die die Eignung für andere Nutzungszwecke bestimmen, brauchen überhaupt nicht berücksichtigt zu werden.

In vielen genetisch konzipierten Bodensystemen (so auch in dem Vorschlag der DBG-Kommission für Bodensystematik) wird die Be-

*) Institut für Bodenkunde, Universität Hohenheim (LH)

deutung der sogen. lithogenen Merkmale bzw. der Einfluß der "Erbmasse" nach Ansicht des Verf. zu wenig berücksichtigt. Es sind nicht bodenbildende Prozesse, sondern Böden zu klassifizieren. Und aus der Kenntnis des Gesteinseinflusses auf die Bodenbildung ist ein ähnlicher Erkenntniszuwachs herzuleiten wie aus derjenigen des Umwelteinflusses. Die Übersichtlichkeit kleinmaßstäbiger Bodenkarten kann nicht durch höherrangige Bewertung umweltbedingter Merkmale in der Bodensystematik verbessert werden, da die räumliche Vergesellschaftung von Böden ohnehin nicht ihrer systematischen Gruppierung folgt. Namentlich bei wenig entwickelten Böden sollten daher lithogene Merkmale auf höherem Niveau kategorienbildend berücksichtigt werden. Dadurch würden auch Boden- und edaphische Standortseinheiten besser zur Deckung gebracht.

Ebenfalls unterbewertet werden anthropogene Merkmale bzw. der Kultureinfluß. Es sind im gegebenen Falle nicht Vorstufen der Kulturböden, sondern diese selbst zu klassifizieren. Kulturmaßnahmen sind selbst Prozesse der Bodenbildung und bestimmen weitere. Da Kulturmaßnahmen oft Minimumfaktoren betreffen, wird ein Bodensystem erheblich an ökologischer Aussagekraft gewinnen, in dem sie entsprechend dem Ausmaß der Veränderung der natürlichen Bodenmerkmale berücksichtigt werden.

Überbewertet werden oft morphologische Merkmale, da sie leicht im Felde diagnostizierbar sind. Da aber nicht nur die Gestalt der Böden, sondern auch ihre Funktion einer Entwicklung unterworfen ist, darf ein genetisches Bodensystem nicht rein morphogenetisch aufgefaßt werden. Sonst werden reliktsche Merkmale leicht zu stark und rezente zu wenig berücksichtigt. Kartierbegleitende Bodenanalysen sollten in erster Linie der Klassifizierung nach solchen, sinnlich nicht wahrnehmbaren Merkmalen dienen.

Gegen die ökologische Interpretierbarkeit genetisch konzipierter Bodeneinheiten wird oft vorgebracht, ein genetisches System müsse wegen seiner völlig andersartigen Zielsetzung für standorts-

kundliche Zwecke ungeeignet sein. Diese Kritiker haben nicht verstanden, daß die Kenntnis der Genese ein Rationalisierungsmittel für ein nach möglichst wenigen Differenzmerkmalen möglichst gut gliederndes Bodensystem ist und nicht das Ziel der Bodenklassifikation bzw. -kartierung. Entscheidend für den praktischen Wert der Systematik ist die Güte der Korrelationen zwischen den kategorisierenden und nutzungsbestimmenden Merkmalen, also nicht einmal die exakte Erforschung der Genese selbst.

Eine Zurückhaltung gegenüber der Verwendung bodengenetischer Einheiten in die Standortkunde resultiert oft auch daraus, daß der hinter den wenigen Definitionsmerkmalen stehende Begriffsinhalt nicht in seiner ganzen Tragweite be- und erkannt ist. Das kann schwerlich dem System zur Last gelegt werden. Vielmehr handelt es sich um eine Aufgabe der Ausbildung, um Ökologen pedologische Begriffe so vertraut zu machen wie biologische.

Einwände gegen die Brauchbarkeit von Bodenkarten für die Nutzungsplanung werden oft aus der Aussagekraft für Detailplanungen im größeren Maßstab hergeleitet. Das ist natürlich unzulässig. Erst wenn bei gleichem Maßstab bodengenetisch konzipierte Einheiten nach edaphischen Standortmerkmalen weiter untergliedert werden müßten und könnten, wäre die Kritik berechtigt. Sie zu erfahren liegt daher im ureigensten Interesse der Bodenkundler selbst.

Bodenseinheiten können natürlich dann nicht mit Standorteinheiten identisch sein, wenn in ihnen Klimaelemente differieren. Da aber das Großklima für eine Detailkarte meist einheitlich, das Kleinklima reliefabhängig und dieses Relief in der Bodenkarte üblicherweise dargestellt ist, sind die für eine standortkundliche Interpretation nötigen Informationen durchaus in der Karte enthalten. Und darauf kommt es letztlich an.

Statt solcher "Faktorenkombinationseinheiten" (bestimmt durch Boden x Lokalklima) "Wirkungseinheiten" (bestimmt durch potentielle natürliche Vegetation) für die Nutzungsplanung zu

verwenden, hat den Nachteil, daß damit nur nach der gegenwärtigen Nutzbarkeit und kaum nach dem durch Ausgangszustand und Meliorationsaufwand bestimmten Nutzungspotential gegliedert würde. Die Vegetationsaufnahme hat ihre Hauptbedeutung als Kartierungshilfe einerseits und als Gegenprobe andererseits.

Die Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000 und ihre Auswertung
hinsichtlich der landwirtschaftlichen Standortserkundung

von B. Hofmann *)

Seit 1957 erschienen 13 Bodenkarten 1 : 25 000, drei sind in Bearbeitung. Die zu kartierenden Blätter werden schwerpunktmäßig in die wichtigen geologischen Formationen bzw. Landschaften gelegt.

Gemäß der Kartieranleitung der Geologischen Landesämter werden Böden, deren systematische Stellung, Bodenart, Bodenartenschichtung und Ausgangsgestein gleich oder ähnlich sind, zu Bodeneinheiten zusammengefaßt. In einer bodenkundlich differenzierten Landschaft lassen sich theoretisch unendlich viele Bodeneinheiten ausscheiden. Dem sind jedoch praktische Grenzen gesetzt. 1. Der Maßstab: Die Fläche einer Bodeneinheit muß wenigstens so groß sein, daß sie in dem vorgegebenen Maßstab dargestellt werden kann. 2. Die Vielfalt an morphologisch unterscheidbaren Bodenformen kann so groß sein, daß ihre Ausscheidung und Darstellung als Bodeneinheiten auf der Karte technisch zwar möglich, für den Leser aber verwirrend wäre.

Die Bodeneinheit ist demnach eine praktisch notwendige Zusammenfassung von Bodenformen mit ähnlicher Merkmalskombination in einer Fläche. Der Grad der Zusammenfassung ergibt sich aus Gründen der Darstellbarkeit zwangsläufig durch den Kartenmaßstab einerseits und die Vielgestaltigkeit der Böden andererseits.
(Vgl. Th. DIEZ, 1966)

Dies wird an vier Kartenbeispielen veranschaulicht. Blatt Rothenbuch im Hohepessart mit seinen verbreiteten Braunerden aus Deckschichten des Buntsandsteins weist typologisch einförmige

*) Bayerisches Geologisches Landesamt,
8 München 22, Prinzregentenstraße 28

Bodenverhältnisse auf. Eine bodenartlich eng gefaßte Definition der Bodeneinheit ermöglichte es, Bodeneinheiten in zweckmäßiger Anzahl auszuscheiden. Auf Blatt Ansbach Süd im mittelfränkischen Keuper hingegen zwangen die typologisch, aber auch bodenartlich sehr heterogenen Verhältnisse dazu, die Bodenartenepanne einer Bodeneinheit in vielen Fällen weit zu fassen. Das glazial geprägte Blatt Landsberg am Lech andererseits zeigte, wie ein typologischer Wechsel auf engstem Raum bei gleichem Ausgangsmaterial es notwendig machte, sogar verschiedene Bodentypen zu einer Bodeneinheit zusammenzufassen. Auf Blatt Landshut Ost schließlich wurden die verbreiteten Lößlehmf Flächen mit relativ einheitlichem Ausgangsmaterial und ähnlicher Bodenart durch Bildung typologischer Übergangsformen untergliedert, indem eine Feinabstufung nach Nässemerkmalen erfolgte.

Bodenart, Ausgangsmaterial und bodentypologische Merkmale stellen mittelbar auch Standortseigenschaften dar. Nicht immer jedoch sind Bodengrenzen gleichzeitig auch Standortsgrenzen.

Die Erläuterungen zur Bodenkarte enthalten Beiträge über die Pflanzendecke sowie die land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung. Im landwirtschaftlichen Beitrag erwie es sich als notwendig, viele der Bodeneinheiten, die auf der Karte nach bodeneigenen Merkmalen unterschieden werden, gruppenweise zusammenzufassen. Die Bodeneinheiten innerhalb der Gruppe verhalten sich ökologisch annähernd gleich, zumindest was die landwirtschaftliche Bodennutzung betrifft. Im einzelnen werden Bodenarten, Reaktion und Basensättigung sowie der Wasserhaushalt beschrieben, ferner Hinweise für die Bodenbearbeitung, Melioration, Düngung und Nutzung gegeben, außerdem in einer Tabelle die Beziehungen zwischen den Bodeneinheiten und der Bewertung der Böden durch die Bodenschätzung aufgezeigt.

Im pflanzensoziologischen Beitrag werden die Beziehungen zwischen Bodeneinheit und Pflanzengesellschaft näher untersucht und beschrieben. Dabei läßt sich allgemein eine gute Übereinstimmung

erkennen, wenn auch die Pflanzen oftmals eine stärkere Standortdifferenzierung anzeigen als die Bodenkarte. Für die praktische Kartierarbeit wird der hohe Anzeigerwert der Pflanzen bei der Beurteilung der hydromorphen Böden mit herangezogen. Untersuchungen von O. WITTMANN (1966) auf Blatt Ansbach Süd beispielsweise zeigten, daß dort vorkommende stark ausgeprägte fossile Pseudogleye hydrologisch den Braunerden näher stehen als rezente Pseudogleye.

Das Erfassen, Beschreiben und Darstellen der bodeneigenen Merkmale gewährleistet eine Kartengrundlage, die gültig bleibt, auch wenn die Nutzungssysteme sich ändern. Die Bodenkarte wird für die Beurteilung eines Pflanzenstandorts in ihrem Wert steigen, wenn die Erfahrungen hinsichtlich des Verhaltens der Bodeneinheit gegenüber Kulturmaßnahmen mittels gezielter Untersuchungen und Versuchsanstellungen wachsen.

Schrifttum:

- COLIN, H.: Grundlagen, Möglichkeiten und Ziele einer Bodenkartierung als Beitrag zur landwirtschaftlichen Standorterkundung. Z.f.Kulturtechnik u. Flurbereinigung 6.Jg., S.21-35. Berlin und Hamburg 1965
- DIEZ, Th.: Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6729 Ansbach Süd mit Erläuterungen. München 1966
- DIEZ, Th.: Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 7931 Landsberg am Lech mit Erläuterungen. München 1967
- HOFMANN, B.: Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 7439 Landshut Ost mit Erläuterungen. München 1966
- MÜCKENHAUSEN, E.: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt 1962
- WITTMANN, O.: Die Pflanzendecke. In: Erläut.z.Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6729 Ansbach Süd. München 1966
- WITTMANN, O.: Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000 Blatt Nr. 6022 Rothenbuch mit Erläuterungen. München 1967



Die Bodenkartierung in Niedersachsen unter besonderer
Berücksichtigung der Karten der Marschlandschaften

1 : 25 000 und 1 : 5 000

von Werner Müller *)

Zur Berücksichtigung der verschiedenartigen Anforderungen an Bodenkarten werden im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung vier verschiedene Kartenwerke hergestellt:

- 1.) Bodenübersichtskarte der Landkreise von Niedersachsen
1 : 100 000 mit Tabellenlegende
- 2.) Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 25 000, Übersichtsaufnahme,
mit Tabellenlegende und zwei Auswertungskarten
- 3.) Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 5 000, mit Tabellenlegende
und zwei Auswertungskarten
- 4.) Bodenkarte auf der Grundlage der Bodenschätzung 1 : 5 000.

Die eigentliche bodenkundliche Landesaufnahme wird i. M. 1 : 25 000 durchgeführt. Der Aufwand für die Aufnahme ist so gehalten, daß bei noch ausreichender Grenzgenauigkeit in absehbarer Zeit moderne Bodenkarten mit vertretbarem Kostenaufwand wenigstens von den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Gebieten Niedersachsens hergestellt werden können.

Dort, wo die Genauigkeit dieses Aufnahmeverfahrens nicht ausreicht - z.B. Meliorations-, Flurbereinigungs- und Beweissicherungsverfahren auf schwierigen Bodenverhältnissen - werden Spezialaufnahmen i. M. 1 : 5 000 durchgeführt.

*) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,
Hannover, Alfred-Bentz-Haus

Die Bodenkartierung in Niedersachsen dient vornehmlich praktischen Zwecken, wobei Belange der Landwirtschaft, Landeskultur und Kulturtechnik eindeutig im Vordergrund stehen. Die Möglichkeiten bodenkundlicher Aussagen für diese Anwendungsgebiete sind heute bei weitem noch nicht ausgeschöpft bzw. noch nicht einmal erforscht. Die Praxis erwartet von der Bodenkunde letztlich nach Maß und Zahl definierte Angaben über die Eigenschaften von Bodenflächen. Besondere Bedeutung kommen dabei Angaben zum Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt der Böden zu.

Die Bodenkartierung in Niedersachsen versucht diesen Anforderungen dadurch gerecht zu werden, daß sie die Möglichkeiten der Geologie und Bodengenetik mit denen der Bodenchemie u. Bodenphysik kombiniert. Umfangreiche korrelations- und regressionsstatistische Berechnungen sowie spezielle Aufnahmeverfahren im Gelände sollen die erforderliche enge Verbindung zwischen Geländearbeit und Analytik ermöglichen.

Die genetisch konzipierte Bodensystematik ist dabei ein wesentliches Hilfsmittel für die Entwicklung einer brauchbaren Kartierklassifikation, jedoch nur in dem Maße, wie analytisch definierbare und im Gelände kartierbare Bodeneigenschaften von wesentlicher praktischer Bedeutung auszuweisen sind. Im allgemeinen führt dies dazu, daß meist auf der Ebene des Subtypes und darunter die genetische Bodensystematik verlassen wird. In Niedersachsen wird also deutlich zwischen der genetisch konzipierten Bodensystematik und der praxisbezogenen Bodenklassifikation unterschieden.

Die Bodenkarten der Niedersächsischen Marschlandschaften bieten ein gutes Beispiel für die Arbeitsweise der Bodenkartierung. Allerdings ist bei den Marschböden die Übereinstimmung zwischen bodensystematischer Gliederung und Kartierklassifikation sehr weitreichend.

Die Marschböden sind sehr junge Bodenbildungen, ihre Eigenschaften sind daher zum großen Teil noch von dem Sedimentcharakter abhängig. Die Zusammenhänge zwischen Geo- und Pedogenese hat in

der Bodensystematik von MÜCKENHAUSEN ihren Niederschlag gefunden. Die Feststellung der jeweiligen Sedimentationsräume (marin, brackisch, fluviatil; Rinne, Uferwall, Hinterland) bietet dem Kartierer einen ersten Anhaltspunkt für die Einordnung der Böden.

Da bei den Marschböden sehr feinkörniges Material bei weitem überwiegt (Schluffe und Tone), ist für die bei diesen Böden besonders wichtige Wasserzügigkeit und Durchlüftung vor allem die Gefügeentwicklung maßgebend. Diese ist weitgehend von der Kationensorption abhängig, wie auf Grund umfangreicher Untersuchungen nachgewiesen werden konnte. Die unterschiedlichen Sedimentationszonen bedingen eine entsprechend unterschiedliche Kationensorption. Die Kationensorption ist im Gelände an der Gefügeentwicklung und damit zusammenhängenden Merkmalen erfaßbar und analytisch leicht nachweisbar. Andererseits erlaubt die Beurteilung der Gefügeentwicklung z. B. auch die Schätzung der Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f), die ebenfalls analytisch nachprüfbar sind.

Ausnahmen bilden schlecht durchlüftete Böden mit hohen Grundwasserständen, die reich an Pflanzenresten sind. Auf einige weitere Besonderheiten der Marschböden ohne große flächenhafte Verbreitung soll hier nicht eingegangen werden.

Zur zahlenmäßigen Definition der Bodeneigenschaften der Marsch bieten sich somit die Anteile der austauschbaren Mg-Ionen bzw. der Quotient sorbierter Ca/Mg-Ionen und der Durchlässigkeitsbeiwert k_f an (soweit keine Böden mit mächtigeren Pflanzenrestreichen Schichten vorhanden sind, die vorweg als "Organomarsch" ausgeschieden werden). Die k_f -Werte sind jedoch als Definitionsgrundlage trotz ihrer großen Bedeutung nicht geeignet, da sie je nach Witterungsverlauf und Jahreszeit zu großen Schwankungen unterworfen sind. In der Kartierung müssen jedoch jederzeit reproduzierbare Kennwerte angewendet werden. Daher sind die Ca/Mg-Quotienten am besten zur Charakterisierung und Definition der meisten Marschböden geeignet, wie sich bei den umfangreichen Kartierarbeiten und statistischen Arbeiten seit 1955 erwiesen hat.

In der tabellenartig gestalteten Legende sind weitere praktisch wichtige Bodeneigenschaften in Form von zahlenmäßig definierten Bodenkennwerten aufgeführt. Die Angaben entsprechen den Forderungen der DIN 19680 bis 19684 (Untersuchungsverfahren im Landeskulturbau), die 1969/70 erscheinen werden, der DIN 4222 (Richtlinien zur Beurteilung meliorationsbedürftiger Standorte) und der demnächst erscheinenden neuen Dränenweisung DIN 1185. Die Tabellenlegenden enthalten u.a. Kennwerte des Wasserbindungsvermögens, der Wasserbewegung im gesättigten und ungesättigten Boden, der Luftkapazität, des Grundwasserganges, der Durchwurzelbarkeit, der Verschlammungsneigung und Erodierbarkeit. Auch Hinweise zur Bodennutzung und Melioration sind aufgeführt.

Die Auswertung der bei den bodenkundlichen Grundlagenkarten aufgeführten vielseitigen Angaben erfordert Spezialkenntnisse. Da solche von der Praxis nicht immer zu erwarten sind, werden zu den niedersächsischen Bodenkarten i. M. 1 : 25 000 und 1 : 5 000 Auswertungskarten hergestellt. Dabei handelt es sich einmal um die Auswertungskarte I "Bodennutzung und Bodenverbesserung" (früher Deckblatt zur Marschenkarte-1 : 5 000) und die Auswertungskarte II "Wasser im Boden und Bodenart des Oberbodens", die seit 1957 generell angefertigt werden. Weitere Auswertungskarten können bei Bedarf hergestellt werden (z. B. Karten zur Erosionsbekämpfung).

Die Auswertungskarte I enthält im wesentlichen folgende Angaben: Bodennutzungspotenz unter Berücksichtigung verschiedener möglicher Meliorationsmaßnahmen, Dränbedürftigkeit mit Angaben zu Dränabstand, Dräntiefe, möglichem Dränerfolg und Gefahren für die Dränung (Verschlammung, Verockerung), Tieflockerungsbedürftigkeit mit Angabe der notwendigen Lockerungstiefe, Zweckmäßigkeit des meliorativen Tiefpflügens mit Angabe der Pflugtiefe, Meliorationskalkung u.a.

Die Auswertungskarte II enthält folgende Angaben:

Mittlere Grundwasserstände und -schwungamplituden, Angaben zu Staunässe, Durchlässigkeit, ökologisch wirksame Vernässungsgrade sowie Bodenart des Oberbodens. Aus dem Vernässungsgrad und der Bodenart des Oberbodens ergeben sich Hinweise auf die Bearbeitbarkeit (z. B. Bearbeitbarkeitsdauer, Bearbeitungswiderstand), Tragfähigkeit und Trittfestigkeit.

Die Bodenkarten von Niedersachsen haben sich mit ihren Auswertungskarten (bzw. Auswertungsdeckblättern) seit mehr als 10 Jahren im Küstenplangebiet bewährt. Die verstärkte Herstellung solcher Karten auch im übrigen Niedersachsen ist angelaufen.



Die Beurteilung von Grünlandstandorten in Moor- und
Marschlandschaften von H. Kuntze *)

I. Einleitung: Der Grünlandstandort

Ohne Berücksichtigung des natürlichen Standortes kann eine Anpassung an den sich wandelnden wirtschaftlichen Standort nicht gelingen. In landwirtschaftlichen Problemgebieten grünlandreicher Niederungen ist der Boden- und Standortskundler heute daher vor die Frage nach der Abgrenzung sicheren Ackerlandes von absolutem Grünland gestellt.

Die Möglichkeit zur rationellen Nutzung eines Grünlandstandortes wird von seiner Weidefähigkeit, d.h. Futterwüchsigkeit und Trittfestigkeit bestimmt. Diese Forderungen sind bei abnehmender Durchwurzelungstiefe mit steigender Nutzungsintensität dieser Kulturart verknüpft mit:

- 1.) humidem Klima
- 2.) Grundwassernähe
- 3.) ausreichender gesättigter und ungesättigter Wasserbewegung im Profil
- 4.) hoher nutzbarer Wasserkapazität im begrenzten Wurzelraum.

Moor- und Marschböden der nordwestdeutschen Niederungslandschaften werden daher bevorzugt als Dauergrünland genutzt.

II. Die Marschen als Grünlandstandorte

Voraussetzung jeder Bodennutzung der Marschböden ist deren ausreichend tiefe Entwässerung. Maximale und minimale Durchlüftungstiefe sind am Profil dieser gut zeichnenden Sedimente abzulesen und mit Pegelbeobachtungen abzustimmen. Sie bestimmen das Dränbedürfnis.

*) Nds. Landesamt f. Bodenforschung, Außeninstitut f. Moorforschung
u. angewandte Bodenkunde, 28 Bremen, Friedr.-Mißler-Str.46-48

Felddurchlässigkeitsmessungen (Bohrlochmethode) lassen dann die Dränfähigkeit ermitteln. Sie korreliert sehr eng mit Gefügeeigenschaften, die ihrerseits sedimentationsbedingt sind. Zur Trittfestigkeit sind mittlere Grundwasserstände von mindestens 80 cm u.Fl. erforderlich. Die vornehmlich vom Tongehalt der Sedimente bestimmte nutzbare Wasserkapazität und ungesättigte Wasserbewegung bzw. die von Gefüge und Durchwurzelung abhängige pflanzenverfügbare Wasserkapazität sichern dann die stetige Wasserversorgung der Grünlandvegetation. Durch Dränung allein ist kein Kulturartenwechsel zu erzwingen. Mechanisierte Bodenbearbeitung ist in gedränten Marschböden ohne Gefügestörung nur noch bei Tongehalten ($< 2\mu$) zwischen 17 und 35%, Ton/Feinsandverhältnis ~ 1 , d.h. Schluffgehalten $< 65\%$, sowie $> 1\%$ CaCO_3 in Krume und ebenso im Profil möglich. Daher bleibt die Acker- und Nutzung auf Seemarschen und wenige Flußmarschen beschränkt. In Deutschland überwiegen jedoch die Brackmarschen. Nur soweit hier Störhorizonte (Humusdweg) bzw. -schichten (Knick) oder eine sedimentäre Feinschichtung im Profil fehlen, sind diese der Grünlandintensivierung (nach Entwässerung) zugänglich. Fettweiden sind nur auf ungestörten Profilen mit stabilem (Sub)polyedergefüge anzutreffen. So fällt Menge und Güte des natürlichen Futteraufwuchses (gemessen am Anteil von *Lolium perenne* bzw. in KStE/ha) von den hoch aufgelandeten "leichteren" und damit ackerfähigen Seemarschen über die Flußmarschen bis zu den extrem schwierigen (Knick)-Brackmarschen. Zur Abgrenzung der Nutzungseignung und ggf. Melioration müssen in einer Marschen-Kartierung folgende Kriterien bis mindestens 2 m Tiefe zum Ausdruck kommen:

- 1.) Stratigraphie
- 2.) Bodenart in den Profilschichten
- 3.) Gefüge, Gefügepotenz, Durchlässigkeit der Profilschichten
- 4.) Grundwasseramplitude
- 5.) Kalkgehalt und -verteilung im Profil.

Häufig ist die genetische Ausgliederung von Kartiereinheiten im Hinblick auf notwendige zusammenfassende kulturtechnische Maßnahmen und Abgrenzung der Nutzungseignung zu detailliert.

III. Moorböden als Grünlandstandorte

Auch hier gilt - unabhängig von der Nutzungsart - die Forderung nach tiefer Entwässerung. Während Mineralböden nach Eingriff in den Bodenwasserhaushalt sich meist nur positiv weiterentwickeln, unterliegen dem Grundwassereinfluß entzogene Moore einer Dynamik, die einmal ausgelöst, zu nachhaltigen Verschlechterungen physikalischer Eigenschaften der Torfe führt. Durch die im Gesamtbegriff Sackung (= 100%) nach Entwässerung zusammengefaßten Teilprozesse der Setzung (30-70%), Schrumpfung (20-50%) und Oxydation (10-20%) der organischen Substanz, wird in kultivierten Moorböden ein Höhenverlust bewirkt, der diese dem Grundwasser allmählich wieder näher bringt. Damit erneute Nutzungsereschwernisse zwingen zu wiederholter Rekultivierung. Unter Dauergrünland läuft die Moorbodendynamik langsamer ab als bei Ackernutzung. Daher wird aus grundsätzlichen Erwägungen die naturnahe Nutzung der Moorböden als Dauergrünland empfohlen, solange nicht eine Stabilisierung durch Vermischung mit Mineralboden möglich ist.

Zur Standortsbeurteilung in Moorlandschaften müssen daher Entwicklungsmöglichkeit, -richtung und -intensität der Böden bekannt sein. Sie werden bestimmt durch: Moormächtigkeit (Stratigraphie), Art (Grad der Trophie), Lagerungsdichte und Zersetzungsgrad der Torfe, mineralische Beimengungen, Beschaffenheit des Liegenden. Schlüssel zu allen physikalischen Werten ist der Zersetzungsgrad, zu den chemischen die Torfart. Beide können im Felde genügend genau angesprochen werden. In Moorkartierungen werden diese Kriterien häufig nicht detailliert genug herausgestellt.

Bewährt hat sich im Hinblick auf die Kultivierung die Gliederung nach der Moormächtigkeit in folgende 3 Kartiereinheiten:

- 1.) < 0,8 m Tiefe und Sand (< 15% < 20%) im Liegenden:
 - a) bei Hochmoortorfen (unabhängig vom Zersetzungsgrad) wird damit als Deutsche Sandmischkultur ertragssicheres Ackerland geschaffen, b) bei Niedermoortorfen müßte wegen der Gefahr schnellen Substanzverzehr der Ca- und N-reichen Torfe und

Verunkrautungsgefahr sofort wieder Dauergrünland angelegt werden. Da zudem unter Niedermoor torfen häufig ungeeignetes mineralisches Bodenmaterial liegt, erscheint der Nutzen hier fraglich.

- 2.) 0,8 - 1,2 m Tiefe: a) wenig zersetzte Torfe hoher Lagerungsdichte ergeben ggf. nur mit Maulwurfdränung als deutsche Hochmoorkulturen bzw. Niedermoorachwarzkulturen noch durchaus sichere Grünlandstandorte, b) stark zersetzte Torfe zwingen zur Tiefkultur. Die Lagerungsdichte der Torfe bestimmt das Torf/Sand-Verhältnis. Anmoorige Krümmenmischböden mit ungünstigen physikalischen Eigenschaften dürfen nicht entstehen.
- 3.) >1,2 m Tiefe: unabhängig von Torfart, Zersetzungsgrad und Lagerungsdichte nur durch Dränung wie 2 a) bzw. bei unzureichender Entwässerung durch dünne Besandung in der Trittfestigkeit zu verbessern.

Bodenkarten 1 : 5 000 und 1 : 50 000 im Flachland

und ihre Auswertung

von H. Mees *)

Im Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen werden im Rahmen der Daseinsvorsorge und der Ordnungsaufgaben des Landes in großem Umfang bodenkundliche Kartierungen i. M. 1 : 5 000 und seit einigen Jahren auch solche i. M. 1 : 50 000 durchgeführt. Hierbei sind die Bodenkarten und die dazugehörigen Erläuterungen auf die Maßnahmen, für die sie benötigt werden, auszurichten; das heißt, daß - neben der wissenschaftlichen Durchdringung des Untersuchungsobjekts - der Darbietung des Untersuchungsergebnisses besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muß. Eine bodenkundliche Karte - auch wenn sie von höchster wissenschaftlicher Qualität ist - wird bei den Aufgaben, für die sie Grundlage oder Unterlage bilden soll, nicht verwendet, wenn der Benutzer wegen einer unverständlichen Fachsprache oder komplizierten Darstellung nichts damit anzufangen weiß, oder wenn die Wiedergabe nicht oder nicht genügend auf die praktische Aufgabe ausgerichtet ist, für die sie benötigt wird.

Die Aufnahme, Darstellung und Erläuterung von Bodenkarten erfordert einen sehr hohen Aufwand an Zeit und Geld. Es sind deshalb sorgfältige Überlegungen notwendig, wie die Ergebnisse dargeboten werden, um bei möglichst vielen Stellen und für möglichst viele Aufgaben optimale Verwendung finden zu können. Die Kenntnis dieser Stellen und ihrer Aufgaben ist deshalb wichtig. Abgesehen von den wissenschaftlichen Instituten sind dies in Nordrhein-Westfalen hinsichtlich der Bodenkarten 1 : 50 000 z.B. die Landesplanungsbehörde, die Landesplanungsgemeinschaften, die

*) Geol. Landesamt Nordrhein-Westfalen, 415 Krefeld, de-Greiff-Str. 195

Landschaftsverbände und die Planungsstellen bei den Regierungsbezirken sowie die Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz für die Aufgaben der Raumordnung, die Aufstellung von Gebietsentwicklungsplänen, Landschaftsplänen, wasserwirtschaftlichen Rahmenplänen usw., deren Bearbeitung den genannten u.a. Stellen durch Gesetz, Verordnung oder Erlaß übertragen ist. Großmaßstäbliche Bodenkarten besonders i.M. 1 : 5 000 benötigen z.B. die Ämter für Flurbereinigung und Siedlung sowie die Landbauaußenstellen zu Fragen der Bodennutzung und -verbesserung z.B. bei der Flurbereinigung und den landwirtschaftlichen Folgemaßnahmen, die Planungsstellen der Städte und Gemeinden für die Aufstellung der Flächennutzungspläne, das Forsteinrichtungsamt des Landes für die forstliche Standorterkundung, die Bergverwaltung für die Rekultivierung und zu Fragen bei Grundwasserabsenkungen in Bergbaugebieten usw. Auch diesen Maßnahmen liegen Gesetze, Verordnungen, Richtlinien usw. zugrunde, in denen ihre Durchführung und Ziele geregelt sind. Die Kenntnis dieser Bestimmungen ist notwendig, wenn man für derartige Aufgaben brauchbare Bodenkarten herstellen und "nicht am Markt vorbei produzieren" will.

Neben der Ausrichtung von Karten und Erläuterungen auf die Anwendungszwecke muß eine fachlich sinnvolle Gruppierung der Böden zu Darstellungseinheiten gefordert werden. Diese beiden Forderungen lassen sich - wie die Erfahrung gezeigt hat - durchaus miteinander verbinden. Die Grundlage für die Kartierung bildet die Systematik der DBG-Kommission. Je nach den vorliegenden Gegebenheiten werden die Böden aufgrund ihrer in ihrer Entwicklungsgeschichte ausgeprägten Merkmalen höheren oder niederen Kategorien dieses genetischen Systems zugeordnet und unter Berücksichtigung der Bodenart als Bodenform zum Ausdruck gebracht. In der Regel stimmen zwar die Bodenmerkmale mit den aktuellen Bodeneigenschaften überein; diese Beziehung ist jedoch häufig - vor allem durch menschliche Einflüsse - gestört. Es ist daher seit langem üblich, neben der Bodenform weitere Angaben zu machen z.B. über auftretendes Grundwasser oder Staunässe in der derzeit wirksamen Höhe bzw. Stärke. Weitere Kennzeichnungen, die sich z.B. aus der morphologischen Lage, aus der Dauer der landwirtschaft-

lichen Nutzung, aus Maßnahmen zur Bodenverbesserung ergeben, werden ebenfalls hinzugefügt. So kommt man dann zu Bezeichnungen, die beispielsweise lauten können: "Gley-Parabraunerde aus sandigem Lehm der saaleiszeitlichen Grundmoräne, Grundwasser bis tiefer als 2 m abgesenkt, starke Pflugsohlenverdichtung, Unterhanglage." Diese und weitere Angaben bei der systematischen Einstufung sind ausgerichtet auf die wichtigsten Anwendungsgebiete, nämlich auf die land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung sowie Bodenverbesserung. Die umfassende Kennzeichnung der Böden wird nach einer Vereinbarung der Geologischen Landesämter Bodeneinheit genannt und kann definiert werden als Boden mit gleicher oder ähnlicher systematischer Stellung, Bodenart, Bodenartenschichtung und Ausgangsgestein sowie mit weitgehend übereinstimmenden Merkmalen und Eigenschaften, die für Fragen der Bodennutzung, Bodenverbesserung und Bodenerhaltung von Bedeutung sind.

Demit nun diese zusätzlichen Angaben zum Bodentyp im weitesten Sinne nicht zu einer subjektiven Handhabung führen und dadurch der Vergleich mit anderen Kartierern und Kartiergebieten unmöglich wird, müssen sie definiert und geordnet werden. Das ist in der Kartieranleitung der geologischen Landesämter z.T. bereits geschehen, muß aber noch weiter ausgebaut werden. Diese Klassifikation der Böden lehnt sich an die Systematik eng an; sie ist aber so flexibel, daß gewisse Grenzüberschreitungen oder aus Gründen der Zweckmäßigkeit erforderliche Abgrenzungen möglich sind. Als Beispiel nenne ich hier den Übergang zwischen Braunerde-Gley und Gley-Braunerde, der bei einer Mächtigkeit der A + B-Horizonte von 40 cm festgelegt ist.

Eine weitere wichtige an die Bodenkartierung zu stellende Forderung betrifft ihre übersichtliche Darstellung und verständliche Interpretation. Grundsätzlich sollen Bodenkarten so gestaltet werden, daß sowohl die größeren Zusammenhänge als auch viele Einzelheiten deutlich werden. Dabei muß jedoch beachtet werden, daß zahlreiche Benutzer der landwirtschaftlichen und kulturtechnischen Praxis bodenkundlich wenig geschult sowie im

Kartenlesen ungeübt sind und durch komplizierte Darstellungen verwirrt werden. Eine sinnvolle Auswahl und Abstufung der Farben und Signaturen, bei der Verwandtes ähnlich und Gegensätzliches verschiedenartig zum Ausdruck gebracht wird, trägt sehr zur Benutzung und Ausdeutung von Bodenkarten bei. Im einzelnen ist die Gestaltung von Bodenkarten natürlich abhängig vom Maßstab, Zweck, den fachlichen Kenntnissen des Interpreten und den technischen Möglichkeiten. Bei kleinmaßstäblichen Darstellungen steht die Übersicht im Vordergrund; das bedeutet eine stärkere Zusammenfassung der Bodeneinheiten. Die Wiedergabe vieler Einzelheiten sollte hier zurückstehen. Auf großmaßstäblichen Karten muß man umgekehrt verfahren. Hier können, falls die Auswertung von einem bodenkundlich geschulten Benutzer vorgenommen wird, sehr viele Einzelheiten dargestellt werden. Aufgrund zahlreicher Erfahrungen wird jedoch festgestellt, daß einfach gestaltete und daher leicht lesbare Karten stets ein gutes Echo gefunden haben.

Die Auswertung der Bodenkarten für die praktischen Maßnahmen erfolgt bei den dafür zuständigen Stellen. Um dies zu erleichtern, wird in jede ausgegrenzte Fläche ein Symbol für die Bodeneinheit eingetragen. Es setzt sich zusammen aus Gliedern für die systematische Stellung und die Bodenart sowie gegebenenfalls aus Indizes für weitere wichtige Angaben. Außerdem werden die Wasserverhältnisse, Ortstein u.a. Merkmale durch Signaturen gekennzeichnet. Schließlich werden die zweckmäßige Nutzung und die eventuell notwendigen kulturtechnischen Maßnahmen durch Buchstaben in jede ausgegrenzte Fläche eingetragen. Diese Angabe erfolgt aus bodenkundlicher Sicht ohne Berücksichtigung z.B. betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte. Da sich gezeigt hat, daß die generelle Kennzeichnung der Bodenart im Symbol der Bodeneinheit nicht ausreicht, wird die in den einzelnen Flächen festgestellte Bodenart und Schichtung mit den dafür üblichen Abkürzungen genau eingetragen.

Bei den Bodenkarten i.M. 1 : 50 000 wird grundsätzlich in gleicher Weise verfahren. Lediglich entfallen hier die Angaben zur Nutzung und kulturtechnischen Behandlung in den ausgegrenzten Flächen. Stattdessen wird in der Legende zu den Angaben über Bodentyp, Bodenart und Geologie eine besondere Spalte eingefügt, in der in allgemein verständlicher Sprache Bodenwert, Vorkommen, Bodennutzung, -verbesserung und andere wichtige Eigenschaften beschrieben werden.

Diese in engem Kontakt mit den Stellen der Land- und Forstwirtschaft, sowie der Kulturtechnik und Planung entwickelte Art der Kartierung und Darstellung hat sich inzwischen so bewährt, daß für die meisten anstehenden Maßnahmen im Lande, besonders in schwierigen Gebieten, Bodenkarten als Unterlagen gefordert werden. Zurzeit werden vom Geologischen Landesamt Nordrhein-Westfalen jährlich über 50 000 ha großmaßstäblich aufgenommen und die Ergebnisse in Karten und Erläuterungen zur Verfügung gestellt. Dies zeigt, daß eine auf praktische Maßnahmen ausgerichtete Bodenklassifikation, die auf der genetisch konzipierten Bodensystematik der DBG-Kommission basiert und die ökologisch wichtigen Eigenschaften gebührend berücksichtigt, geeignet ist, die Böden sowohl übersichtlich, als auch in Einzelheiten genau zu kartieren und für praktische Maßnahmen verständlich darzustellen.



Bodenkartierung für wasserwirtschaftliche Zwecke

von B. Wohlrab *)

Eine zielbewußte Ordnung und Steuerung aller Einwirkungen des Menschen auf das ober- und unterirdische Wasser setzt voraus, daß die mit dem Wasserhaushalt zusammenhängenden natürlichen Gegebenheiten des infrage kommenden Gebietes ausreichend bekannt und qualitativ sowie quantitativ belegt sind. Eine in dieser Hinsicht besonders wichtige Grundlage bilden möglichst genaue Kenntnisse der Böden und ihrer jeweiligen Funktion im Wasserhaushalt, wobei die erforderlichen Kennwerte - der flächenhaften Beziehung aller Wasserhaushaltsfragen entsprechend - aus geeigneten Karten ersichtlich sein müssen.

Als aktuelle Beispiele für eine derartige Nutzenanwendung von Bodenkarten wurden herausgegriffen:

- 1.) die wasserwirtschaftliche Rahmenplanung,
- 2.) die Vorhersage oder der Nachweis von Auswirkungen bestimmter Eingriffe in den Wasserhaushalt.

Im ersten Fall handelt es sich, dem Charakter der Rahmenplanung gemäß, um kleinmaßstäbliche Übersichtskarten (1 : 200 000 bis 1 : 50 000), im zweiten Fall, aufgrund der gelände- oder gar grundstücksbezogenen Beurteilung, um großmaßstäbliche Karten (1 : 5 000, 1 : 10 000).

Im wasserwirtschaftlichen Rahmenplan ist die Bodenkarte vor allem eine wichtige Grundlage für die Ermittlung des natürlichen Wasserangebotes. Wenn man dieses Dargebot aufgliedert in das der oberirdischen und der unterirdischen Gewässer, dann erwartet

*) Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 43 Essen-Bredeney, Wallneyer Str.6
Das Referat wurde während der Kommissionstagung von Herrn Dr. Sunkel vorgetragen.

man von der Bodenkarte vor allem wesentliche Aussagen und Hinweise über das Dargebot an unterirdischem Wasser, also an Grundwasser und an Bodenwasser. Darüber hinaus sollte die Bodenkarte in Verbindung mit Angaben über Relief und Vegetationsdecke auch einigen Aufschluß hinsichtlich des unmittelbaren Oberflächenabflusses geben.

Soweit es sich um die Wasserbedarfsträger Land- und Forstwirtschaft handelt, nehmen deren Ansprüche und Wünsche zur Regulierung des Wasserhaushaltes - um den zu eng auf schöpfbares Wasser bezogenen Begriff Wasserbedarf sinnvoll zu erweitern - ebenfalls ihren Ausgang von der Bodenkarte (insbesondere Ent- und Bewässerungsbedarf).

Nach Vorliegen der ersten vier gedruckten Wasserwirtschaftlichen Rahmenpläne (Kinzig, Weschnitz, Fulda, Eifel-Rur) ist folgendes festzustellen. Die Möglichkeiten, Bodenkarten in der verwendeten Form zur Beantwortung wasserwirtschaftlicher Fragen heranzuziehen, sind begrenzt und sollten in der Zukunft durch eine Ergänzung ihres Informationsgehaltes, die z.T. allerdings spezielle Untersuchungen erfordert, wesentlich erweitert werden. Der folgende Gliederungsvorschlag berücksichtigt die in dieser Hinsicht wichtigsten Kriterien.

Im Gegensatz zur Wasserwirtschaftlichen Rahmenplanung geht es bei der Ausführung konkreter wasserbaulicher Maßnahmen, deren Genehmigung, Bewilligung oder Erlaubnis beispielsweise in einem wasserrechtlichen Verfahren ansteht, um Fragen, die einzelne Geländeteile oder Grundstücke betreffen. Auf den zu diesem Zweck erforderlichen Karten sollen alle wesentlichen Standort-eigenschaften ersichtlich und entsprechend abgegrenzt sein, die durch den vorgesehenen oder schon stattgefundenen Eingriff in den Wasserhaushalt verändert werden können.

Wohl die entscheidendsten unmittelbaren Veränderungen können eintreten, wo eine bestehende Verbindung zwischen Bodenwasser im Wurzelraum und Grundwasser unterbrochen (Grundwasserabsen-

kung) oder ein derartiger Anschluß hergestellt wird (Grundwasseranhebung). Bei der Unterscheidung der Bodeneinheiten stehen daher die Flurebstände zum Grundwasser im Vordergrund, wobei die Flurabstandsbereiche nach den Ansprüchen der Kulturpflanzen an Luft- und Wasserhaushalt festzulegen sind, also in erster Linie durch die Bodenart variiert werden. Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang ferner die Grundwasserspiegelschwankung.

Zwei verschiedene Legenden solcher Karten wurden vorgelegt. Bei der ersten handelt es sich um eine eigene Kartierung, bei der zweiten um die Auswertung im Falle bereits vorliegender Bodenkarten unter Zuhilfenahme ergänzender Geländeuntersuchungen.

Bodenübersichtskarte für den wasserwirtschaftlichen Rahmenplan
 Unterscheidung der Bodeneinheiten nach Kriterien des Bodenwasserhaushaltes
 Maßstab 1 : 50 000 oder 1 : 100 000 (1:200 000)

1. Terrestrische Böden

1.1 Staunässefreie Böden

1.11 NK des Wurzelraumes *	sehr gering,	< 50 mm	Jeweils weitere Aufteilung nach Bodentypen bzw. Subtypen; Hinweise auf Bodenarten u. Gründigkeit; Durchlässigkeit, Relief, bodenchemische Daten, Humus, Nutzung bzw. Nutzungseignung
1.12 " " "	gering,	50 - 100 mm	
1.13 " " "	mäßig,	100 - 150 mm	
1.14 " " "	mittel,	150 - 200 mm	
1.15 " " "	groß,	> - 200 mm	

1.2 Staunasse Böden

1.21 Stauwasser während der Vegetationsperiode	> 10 dm u. Fl.	Jeweils weitere Aufteilung nach Bodenarten, evt. mit Angaben über den Staunässegrad, über
1.22 Stauwasser während der Vegetationsperiode zeitw.	5 - 10 dm u. Fl.	mittlere Hoch- und Tiefstände des Stauwassers, über die NK des Wurzelraumes; Hinweise auf
1.23 Stauwasser während der Vegetationsperiode zeitw.	0 - 5 dm u. Fl.	Bodentypen bzw. Subtypen, Relief, bodenchemische Daten, Humus, Nutzung bzw. Nutzungseignung

2. Semiterrestrische Böden

2.1 Mittlerer Grundwasserflurabstand

8 - 20 dm

2.11 Starke Grundwasserspiegelschwankung

> 15 dm

2.12 mäßige Grundwasserspiegelschwankung

8 - 15 dm

2.13 geringe Grundwasserspiegelschwankung

< 8 dm

Jeweils weitere Aufteilung nach Bodenarten, evt. mit Angaben der Saugraum - Mächtigkeit und der NK; Hinweise auf Bodentypen bzw. Subtypen, bodenchemische Daten, Humus, Nutzung bzw. Nutzungseignung

2.2 Mittlerer Grundwasserflurabstand

0 - 8 dm

2.21 mäßige Grundwasserspiegelschwankung

> 8 dm

2.22 geringe Grundwasserspiegelschwankung

< 8 dm

3. Moorböden

*) Nutzbare Wasserkapazität (NK Vol. %) x Mächtigkeit des Hauptwurzelraumes (dm), ausgedrückt in Wasserhöhe (mm); im Hinblick auf die Bewässerungsbedürftigkeit wird die maximale Mächtigkeit des Hauptwurzelraumes auf 10 dm festgelegt.

Aufnahme und Auswertung bodenkundlicher Übersichts- und
Detailkarten südwestdeutscher Kalk- und Mergellandschaften

von H.-P. Blume *)

Von den Herren Dr. S. Müller und Dr. F. Weller wird in den folgenden Beiträgen die Eignung von Bodenkarten für forstliche und obstbauliche Planungs- und Beratungszwecke diskutiert. Grundlage ihrer Ausführungen bilden teilweise zwei großmaßstäbige Bodenkarten charakteristischer Landschaften des südwestdeutschen Schichtstufenlandes, über deren Aufnahme und ökologische Beurteilung im folgenden kurz berichtet werden soll. Die Karten wurden von Studenten im Rahmen bodenkundlicher Kartierungsübungen erstellt und von Hemme (1964) sowie El Hakim (1969) ausgewertet.

Es handelt sich um eine Rendzina - Terra-fusca - Braunerde - Landschaft der Albhochfläche und eine Rendzina - Pelosol - Landschaft des Albtraufs, die sich beide 6 km östlich Reutlingens befinden. Die Vergesellschaftung der Böden in Abhängigkeit von Gestein und Relief sind Abb. 1 zu entnehmen. Die Braunerden der Hochfläche haben sich dabei aus einem uL-Kolluvium entwickelt, das auf äolische Überdeckung der Alb im Pleistozän und/oder Akkumulation erodierter Oberbodenhorizonte lessivierter Terra-fusca zurückgeführt wird. Die Rendzinen am Hangfuß der Tallandschaft haben sich auf Kalktuff-Terrassen gebildet, die durch von Karstquellen gespeiste Bäche aufgebaut wurden.

Auf der Hochfläche wurde eine Detailkartierung im Maßstab 1 : 5 000 mit durchschnittlich 10 Bohrungen je ha durchgeführt.

*) Institut für Bodenkunde der Universität Hohenheim

Die Aufnahme der Tallandschaft erfolgte als Übersichtskartierung im Abstand von 20-40 m entlang mehrerer, senkrecht zu den Höhengichtlinien verlaufender Trassen (techn. Einzelheiten s. Schlichting und Blume, 1966). Die dabei ermittelten Beziehungen zwischen Bodenform, Relief und Gestein (z.B. Pelosole allgemein am Unterhang aus tonreichen Fließgerden, nur an konvex geformten Mittelhangnasen aus anstehenden w_{μ} - bzw. w_{μ} -Mergeln) erlaubten dann, unter Zuhilfenahme topographischer und geologischer Karten eine Bodenkarte im Maßstab 1 : 10 000 zu erstellen, die durch Stichproben im Gelände überprüft wurde.

Beschreibung und Abgrenzung der insgesamt 23 Bodenformen ließen sich auf Grund der Richtlinien der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde (1965) bis auf 3 Ausnahmen durchführen:

1. Die Mergelrendzina wird als selbständiger Typ angesehen, der sich genetisch vom Pelosol im Gefüge, von Rendzinen und Pararendzina durch seine Entwicklung aus Tonmergel und meist zum Braunerde- bzw. Pseudogley-Pelosol unterscheidet und ökologisch gegenüber der Rendzina bessere(n) Durchwurzelbarkeit, Wasser- und Nährstoffhaushalt, gegenüber dem Pelosol besseren Lufthaushalt aufweist. Gesteinsunterschiede der genannten A-C-Böden lassen sich Fig. 2 entnehmen.
2. Am Trauf-Unterhang treten von Hangwasser geprägte Pelosole auf, die wie viele Hangböden morphologisch, genetisch und ökologisch Gemeinsamkeiten mit Stau- aber auch mit Grundwasserböden haben. Es erscheint uns daher sinnvoll, die hydromorphen Böden typologisch in Grund-, Stau- und Hangwasserböden zu gliedern und entsprechend von Grund- und Staugleyen (s. Ehwald u.a. 1966) sowie Hanggleyen zu sprechen.
3. Ramblen mit rezenter Kalktuff-Fällung im Solum wurden als Kalktuff-Ramblen bezeichnet.

Die kartierten Bodenformen stellen, sofern sie in die niedrigste Kategorie der Systematik eingestuft wurden, bestimmte edaphische Standortformen dar. So handelt es sich bei der

flachgründigen w_r -Kalkstein-Kuppen-Protorendzina um einen flachgründigen, gut durchwurzelbaren und durchlüfteten, trockenen Standort mit allgemein guter Nährstoff-Verfügbarkeit bei einseitiger Zusammensetzung der Nährstoffreserven, d.h. viel Ca und Mg, aber wenig K und P. Eine großmaßstäbige Bodenkarte gestattet daher unter Berücksichtigung klimatischer Faktoren*) direkt ökologische Aussagen, so daß eine Standortskarte aus ihr abgeleitet werden kann, mithin nicht gesondert kartiert zu werden braucht. Das gilt in erster Linie für Detailkarten, während Übersichtskarten naturgemäß im Einzelfall zu Fehlschlüssen führen können.

Ökologische Aussagen lassen sich durch Darstellung wuchsbegrenzender Standortsfaktoren in Form abgeleiteter Karten erleichtern, die sich auf verschiedene Weise erstellen lassen, und zwar:

- a) auf Grund der ermittelten Eigenschaften jeder einzelnen Bohrung,
- b) auf Grund des für eine Kartiereinheit errechneten, statistischen Mittels,
- c) auf Grund der Untersuchung des für eine Kartiereinheit charakteristischen Leitprofils.

Bei b) und c) stimmen Grenzen in der genetischen und der effektiven Karte überein, bei a) hingegen nicht in jedem Fall; a) wird man gegenüber b) dort vorziehen, wo eine über die Zahl der Bodeneinheiten hinausgehende Differenzierung nötig erscheint, b) vor a), wo man weniger stark zu differenzieren braucht; c) wird man dort anwenden, wo eine Aussage nur nach beträchtlichem Laboraufwand möglich ist.

Als Beispiele für abgeleitete Karten wurden für die Hochflächenlandschaft die Gründigkeit und die nutzbare Wasserkapazität gesondert dargestellt. Beide Karten wurden im

*) Vielfach lassen sich auch mikroklimatische Unterschiede der Bodenkarte entnehmen, z.B. Südheng-Rendzina trockener als Nordheng-Rendzina.

wesentlichen nach b) erarbeitet. Bei der Gründigkeit wurden 7 Stufen zwischen 15 und 100 cm unterschieden und neben der Bodenform auch die Nutzungsart (Wald, Wiese oder Acker) berücksichtigt, weil sich hier signifikante Unterschiede ergeben hatten. Die nutzbare Wasserkapazität der Bohrstockprofile wurde auf Grund der Bodenart der Bodenhorizonte unter Berücksichtigung des Einflusses von Stein- und Humusgehalt geschätzt (s. hierzu Schlichting und Blume, 1966). Die Schätzung wurde durch Laboruntersuchung von 10 Leitprofilen überprüft.

Für die Tallandschaft wurden die im Jahreslauf vorherrschenden Wasserverhältnisse unter Berücksichtigung des Hangwassereinflusses dargestellt. Hierzu wurde, wie oben, die nutzbare Wasserkapazität geschätzt:

Feuchte-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
stufen	dürr	s.tro.	trocken	mäß.	frisch	frisch	feucht	naß			
nWK i.	0 - 25	- 50	-75 -100	-125	-150	-175	-200	- 250	- 300	>	
mm											

und der Wasserhaushalt dann bei Kerbtälern, Unter- und konkaven Hängen sowie Auftreten von Stau- oder Hangwassermerkmalen entsprechend folgender Tabelle besser, bei konvexen und Oberhängen schlechter bewertet.

Relief nWK	Plateaus, Ober- gleich- förm.Mit- telhänge	Ober- u. konvexe Hänge	Unter- u. konkave H. u.ob.Kerb- täler	Mittlere u. untere Kerbtäler
Syrosen	1	1	1	
Rendzina	3	3	2	4 5
Terra fusca	5	5		
R.a. Kalktuff	4	4	3	5 6
Mergel- rendzina	5	5	4	6 7
Mergel- Pelosol	7	7	6	8 9
Braunerde-P.	7	7	6	8 9
Hanggley-P.	7	8	7	9
Rambla	1-3	1-3		11

Naturgemäß bleibt eine solche Karte solange hypothetisch, bis mehr über das Verhalten des Hangwassers bekannt ist.

Derartig abgeleitete Karten beinhalten wertneutrale Feststellungen, die je nach Nutzungsart unterschiedlich zu beurteilen sind. Sie erfordern daher im Einzelfall die Kenntnis des Klimaverlaufs und der speziellen Bedürfnisse der Vegetationsgesellschaft; sie sind aber vielfältiger verwendbar als die für spezielle Bedürfnisse etwa der Forstwirtschaft oder des Obstbaus erstellten Karten.

Literatur

- EHWALD, H.,
LIBEROTH, J. und
SCHWANECKE, G.: Zur Systematik der Böden der DDR.
Sitzungsbericht Akad.Landwirt, Bd.15,
H.18 (1966)
- SCHLICHTING, E.
und BLUME, H.-P.: Bodenkundliches Praktikum,
Paul Parey, Hamburg 1966
- HEMME, H.: Bodenentwicklung und Landschaftsnutzung auf
dem Oberen Lindenhof, Dipl.Arb. Hohenheim 1964
- EL HAKIM, A.: Bodenentwicklung und Landschaftsnutzung auf
dem Unteren Lindenhof, Dipl.Arb.Hohenheim 1969
- NN: Die Bodenkarte 1 : 25 000, Arb.Gem. Bodenkunde, Hannover 1965

- Be: Braunerde
- HG: Hanggley
- Ps: Pelosol
- R: Rendzina
- Sy: Syrosem
- Tf: Terra fusca
- M: Mergel
- g: geköpft
- D: Dolomit
- Hs: Hangschutt
- Fe: Fließerde

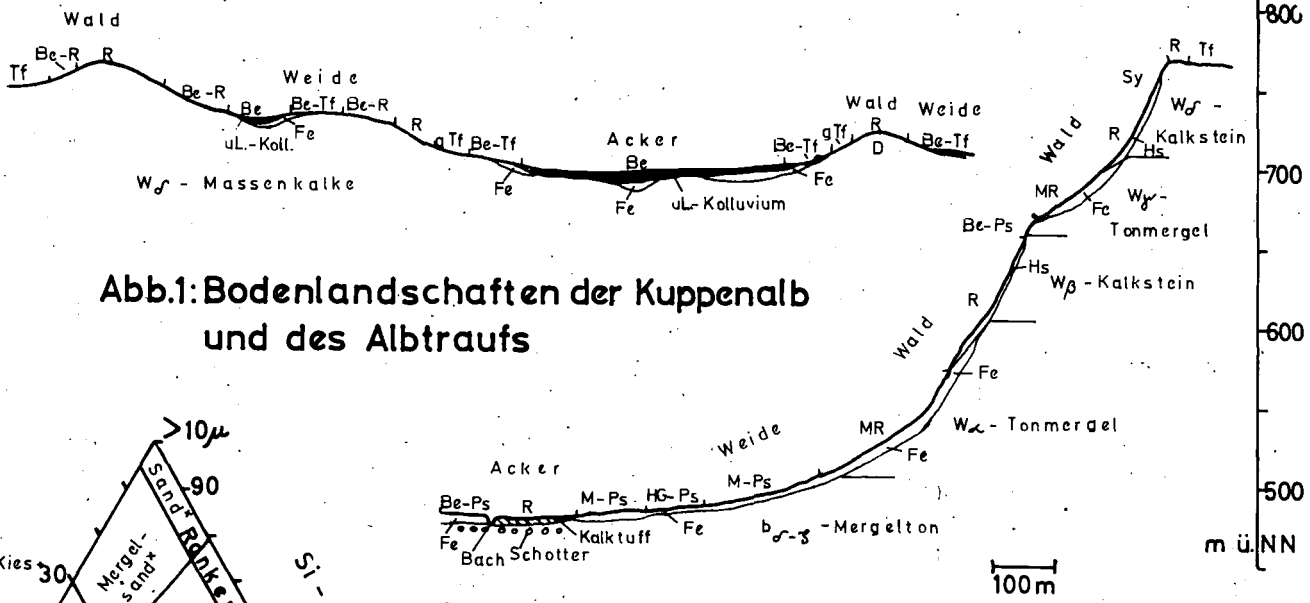


Abb.1: Bodenlandschaften der Kuppenalb und des Albtraufs

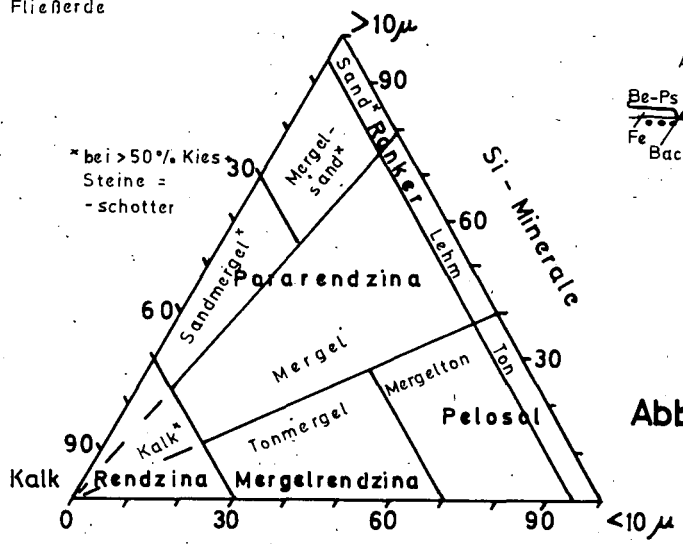


Abb.2: Gliederung der Sedimentgesteine und A-C-Böden

Öko-Serien der baden-württembergischen forstlichen
Standortskartierung am Beispiel der Kalkverwitt-
rungslehme von S. Müller *)

Standortskartierung ist Gliederung der Landschaft im Hinblick auf die Standortbedingungen eines speziellen wirtschaftlichen Vorhabens. Die Forstliche Standorteinheit umfaßt in Baden-Württemberg Gruppen von Naturstandorten, die einander so nahe stehen, daß sie dieselben waldbaulichen Möglichkeiten und Gefahren aufweisen; sie sind vorab Behandlungseinheiten. Gefragte Eigenschaften sind die natürliche Waldgesellschaft, Klima und Wasserhaushalt, Chemismus und Trophie des Bodens sowie der menschliche Einfluß. Die Merkmale für die Standorteigenschaften sind bei unserer kombinierten Kartierung: Geländesituation, Vegetation, geologisches Substrat, Bodenmorphologie und seitherige Maßnahmen des Menschen.

Das Merkmal des genetischen Bodentyps, soweit es mit der Profilmorphologie des Bodens im Gelände erfaßt werden kann, ist eine wesentliche Hilfe bei der Ausscheidung von Standorteinheiten. Doch muß dieses Merkmal im Rahmen des Gesamtaspektes gegen die übrigen Merkmale sorgfältig abgewogen werden. Ökologische Fehldeutungen der Bodenmorphologie sind vielfach durch Kleinklima oder Substrat bedingt (gute oder schlechte Zeichner), oft auch in der konservativen Tendenz der Bodenmorphologie begründet, die auf Faktorenwechsel in der Regel langsamer reagiert als z.B. die Vegetation.

Um die praktische Auswertung unserer Standortskartierung zu sichern, wird angestrebt, daß möglichst jeder junge Forstbeamte

*) Geol.Landesamt, 7 Stuttgart, Sängersstr. 5

des höheren Dienstes einmal kartiert. Für diese oft kurzfristige Kartierpraxis durch bodenkundliche Laien bedeutet die in vielen Fällen noch strittige Identifikation von Bodentypen eine ernste Hemmung bei der Bodenansprache. Wir haben deshalb den forstökologischen Aspekt des Bodenkomplexes auf wesentlich einfacher und sicherer ansprechbare, für den vorliegenden Zweck aber voll ausreichende "Öko-Serien" reduziert. Dabei werden Substratgruppen mit Wasserhaushalts-Bezeichnungen im Sinne von G. A. Krauß zu Serien zusammengefaßt, die für die Vegetation ähnliche Substrate bilden, sich im Hinblick auf Bodenart, Bodenartenschichtung und Struktur nahestehen und als Wurzelräume der Waldbaumarten gemeinsame Züge aufweisen. Eine Öko-Serie kann verschiedene Bodentypen umfassen; diese weisen aber oftmals im Rahmen gesteinsgebundener Entwicklungsreihen standörtliche Gemeinsamkeiten auf.

Dieses Verfahren und die Beziehung von Öko-Serien zu genetischen Bodentypen wird am Beispiel der "Kalkverwitterungslehme" erläutert und den genetischen Einheiten Dr. Blumes gegenübergestellt. Die Öko-Serie der Kalkverwitterungslehme stellt einen Ausschnitt aus der Entwicklungsreihe der Böden aus Kalkgestein dar. Sie umfaßt die bodentypologischen Einheiten: Terra fusca-Rendzina, Terra fusca-Braunerde (calcimorphe Braunerde), Braunerde-Terra fusca, Terra fusca und schwach durchschlammte Terra fusca. Alle diese Entwicklungsstufen bilden für die Vegetation ähnliche Substrate, stehen sich im Hinblick auf Bodenart und Struktur nahe und weisen als Wurzelräume der Waldbaumarten gemeinsame Züge auf:

Es handelt sich durchweg um nährstoffreiche Böden, die hinsichtlich der Bodenart (Textur) zu den Tonböden gerechnet werden könnten und die in hervorragendem Ausmaß die Fähigkeit haben, Wasser zu speichern. Da der verkarstete Untergrund aber eine starke Vertikaldrainage garantiert, neigen die Kalkverwitterungslehme jedoch nicht zur Vernässung. Daher werden auf ihnen durch wiederholten Fichtenreinanbau keine Bodendegradationen ausgelöst.

Der Wasserhaushalt im Sinne von G. A. Krauß bewegt sich zwischen "mäßig trocken" und "frisch". Die Öko-Serie der Kalkverwitterungslehme wird im Rahmen der forstlichen Standortskunde nicht nach den oben aufgeführten bodentypologischen Einheiten, sondern nach Wurzelraum und Wasserhaushalt in folgende Kartiereinheiten untergliedert (KVL = Kalkverwitterungslehm):

1. mäßig trockener
(flachgründiger) KVL (Terra fusca-Rendsina; flachgründige Terra fusca-Braunerde und Braunerde-Terra fusca ; flachgründige Terra fusca)
2. mäßig frischer
(mittelgründiger) KVL (Terra fusca-Braunerde und Braunerde-Terra fusca ; Terra fusca , meist durch Erosion verkürzt)
3. frischer
(tiefgründiger) KVL (Terra fusca, oft aus kolluvialem Kalkverwitterungslehm; schwach durchschlammte Terra fusca).

Bei den mit den Kalkverwitterungslehmen vergesellschafteten "Schichtlehmen" besteht der Oberboden aus Feinlehm (Bodenart des Lößlehms), der Unterboden aus Kalkverwitterungslehm. Dabei ist es gleichgültig, ob der Feinlehm des Oberbodens an Ort und Stelle durch Tonausschlammung entstand oder ob eine geologisch bedingte primäre Zweischichtigkeit vorliegt.

Es ergab sich zwischen der bodengenetischen Kartierung Dr. Blumes und der forstlichen Standortseinheit im Rahmen der genannten Gruppierung von Bodentypen weitgehende Übereinstimmung. Differenzen entstanden bei der Beurteilung sonn- und schattseitiger Steilhänge des Albtraufes, die sich bodenmorphologisch völlig gleichen, kleinklimatisch und waldbaulich aber ganz verschieden einzustufen sind, was an den Merkmalen "Gelände-Situation" und "Vegetation" leicht ablesbar ist.

Für unsere angewandte, großmaßstäbliche Kartierung decken sich also profilmorphologisch faßbare, genetische Einheiten des Bodens und ökologisch erforderliche Kartiereinheiten nicht immer.

Allerdings lassen sich in der Regel genetisch differenzierbare Einheiten zu waldbaulich gleichwertigen Gruppen zusammenfassen. Es gibt aber auch Fälle, wo die ökologische Erfassung mit der Kombination von Boden, Vegetation und Geländeform schärfer differenzieren kann als es bei einer isolierten, nicht milieubezogenen nur an der Profilmorphologie orientierten Erfassung des genetischen Bodentyps im Gelände möglich ist.

Der genetische Bodentyp ist eben oft nur ein Teilaspekt des Standorts, insbesondere wo er lediglich phänotypisch im Gelände erfaßbar ist. Er gewinnt aber umso mehr an ökologischem Aussagewert je mehr er im Zusammenhang mit auch anderweitig manifestierten Milieufaktoren gesehen wird.

Schrifttum

- KRAUSS, G. A.: Aufgaben der Standortskunde,
Iber.d.Dt.Forstvereins, Berlin 1936
- MÜLLER, S. u.a.: Südwestdeutsche Waldböden im Farbbild
Schriftenreihe der Landesforstverwaltg.
Baden-Württemberg, Bd.23, Stuttgart 1967
- SCHLENKER, G.: Entwicklung des in Südwestdeutschland
angewandten Verfahrens der Forstlichen
Standortskunde.
In: Standort, Wald und Waldwirtschaft
in Oberschwaben, Stuttgart 1964

Ökologische Beurteilung von Tonmergelböden für die obst-
bauliche Nutzung von F. Weller *)

Böden aus Tonmergeln werden im südwestdeutschen Schichtstufenland in großem Umfang obstbaulich genutzt, allerdings mit sehr unterschiedlichem Erfolg. Ihre genauere ökologische Charakterisierung und Differenzierung zählt deshalb zu den wichtigsten Aufgaben der obstbaulichen Standortskunde in diesem Gebiet.

Bei einer ökologischen Beurteilung müssen die auf die Pflanze physiologisch wirksamen Faktoren im Mittelpunkt stehen. Für diesen Zweck ist die eigene Geländearbeit des Standortkundlers unerlässlich. Seine Arbeit kann jedoch durch bereits vorliegende Ergebnisse benachbarter Disziplinen, insbesondere bodenkundliche, vegetationskundliche und meteorologische Karten wesentlich erleichtert werden. Dies ist zwangsläufig um so mehr der Fall, je stärker in diesen Karten ökologisch wichtige Kriterien berücksichtigt sind. In den Tonmergelböden sind dies v. a. der Wasserhaushalt, der Lufthaushalt und der Mineralstoffhaushalt.

Wasser- und Lufthaushalt. Die nutzbare Wasserkapazität ist in Tonböden wegen ihres hohen Totwasseranteils bekanntlich geringer als in Lehm Böden. Eine noch größere Beeinflussung erfährt die Menge des pflanzenverfügbaren Wassers häufig durch die begrenzte Durchwurzelungstiefe. Unterschiede ergeben sich hier nicht nur durch die wechselnde Tiefenlage des unverwitterten Tonmergelgesteins, sondern auch durch dessen unterschiedlichen mechanischen Widerstand und die Durchlüftungsverhältnisse der Böden.

*) Forschungsstelle für Standortskunde am Institut für Obstbau und Gemüsebau der Universität Hohenheim,
7981 Bavendorf, Schuhmacherhof

Für die Beurteilung des Wasserhaushaltes wären somit neben der Bodenart Angaben über die "physiologische" Gründigkeit des Bodens sehr wertvoll. Diese ist nicht zwangsläufig an den Bodentyp gebunden. Vielmehr bestehen hinsichtlich dieses ökologisch so bedeutsamen Faktors zwischen den verschiedenen Varietäten, Subvarietäten und Formen eines und desselben Typs oft größere Unterschiede als zwischen verschiedenen Typen. Diese Unterschiede müssen auf der Karte deutlich herauskommen, wenn sie für die Beurteilung des Wasserhaushaltes eine brauchbare Unterlage bilden soll.

Selbstverständlich ist auch bei Kenntnis der nutzbaren Kapazität und der Gründigkeit zunächst nur eine Beurteilung des Speichervermögens möglich. Die tatsächlich gespeicherte Wassermenge hängt zusätzlich von lokalklimatischen Gegebenheiten ab. Noch schwieriger werden die Verhältnisse bei Einfluß von Stau- oder Hangwasser. Für die Abgrenzung und Beurteilung solcher Flächen reicht eine Unterscheidung von Pseudogley und Gley allein nicht aus. Notwendig wäre eine weitere Unterteilung, aus der sich klare Hinweise ergeben auf die Wasserbewegung, auf die Häufigkeit des Wechsels zwischen Naß- und Trockenphase sowie auf deren Dauer und Intensität. Dabei ist die Beachtung der Verhältnisse im Oberboden besonders wichtig. So sind z. B. Pseudogleye, bei denen nur der Unterboden ab 20-30 cm Tiefe stärker unter zeitweiliger Vernässung leidet, für den Anbau von Äpfeln auf starkwüchsiger Unterlage vielfach noch geeignet, wenn der Oberboden relativ günstige ökologische Bedingungen bietet. Wo dieser günstige Oberboden aber fehlt, etwa infolge von Erosion, ist kein wirtschaftlicher Obstbau mehr möglich.

Nicht immer ist die Abgrenzung stark stauwasserbeeinflusster Horizonte aus den Profilmerkmalen möglich. Wir stoßen hier auf die Problematik der "schlechten Zeichner", die eine tatsächlich vorhandene Staunässe aus dem Profilbild nicht genügend erkennen lassen. Umgekehrt können fossile Merkmale eine rezente nicht mehr auftretende starke Staunässe vortäuschen. Der Standortskundler ist deshalb gezwungen, für die Charakterisierung des Wasser- und Lufthaushaltes zusätzlich zum Bodenprofil weitere Kriterien

heranzuziehen. Gute Hinweise ergeben sich aus der Vegetation. Das schließt nicht aus, auch von bodenkundlicher Seite nach weiteren Beurteilungskriterien zu suchen. Der Standortskundler ist vielmehr bestrebt, die ökologische Beurteilung eines Faktors durch verschiedene, voneinander unabhängig gewonnene Hinweise zu stützen.

Nährstoffhaushalt. Auch hierin können sich die Tonmergelböden erheblich voneinander unterscheiden. Allerdings sind Feststellungen über einen geringen Gehalt an bestimmten mineralischen Nährstoffen für die obstbauliche Standortbeurteilung nur von untergeordneter Bedeutung, da vorhandene Mängel durch Düngung relativ leicht ausgeglichen werden können. Anders verhält es sich, wenn bestimmte Mineralstoffe in überoptimaler Konzentration vorkommen, da ein Zuviel nur schwer behoben werden kann. Dies trifft bei vielen Tonmergelböden für ihren Kalkgehalt zu, der sehr negative Wirkungen auf den Mineralstoffhaushalt der Obstgehölze haben kann, deren bekannteste Erscheinung die Kalkchlorose ist. Hinweise auf das Vorkommen von leichtlöslichem, feinverteiltem Kalk sollten deshalb aus der Bodenkarte zu entnehmen sein, wobei den Verhältnissen im Oberboden wiederum besondere Aufmerksamkeit zu schenken ist.

Im Übrigen wären für die langfristige obstbauliche Beurteilung jedoch Angaben über das Vermögen der Böden, die Nährstoffe in pflanzenaufnehmbare Formen umzuwandeln und sie verfügbar zu halten bzw. zu speichern, wichtiger als Angaben über den natürlichen Gehalt an diesen Stoffen. Dieses "Transformations- und Speichervermögen" (EHWALD, 1963) wird hinsichtlich der Metallkationen v. a. durch den Sorptionskomplex bestimmt. Gewisse Hinweise auf ihn ergeben sich aus den Angaben der Bodenart, doch bestehen beispielsweise zwischen den verschiedenen Tonmineralen noch erhebliche Unterschiede in der Intensität der Sorption der einzelnen Kationen. Es erschien daher nützlich, wenn sich Bodenkundler und Standortskundler einmal darüber unterhielten, inwieweit weitere Differenzierungen über die Angabe der Bodenart hinaus für die ökologische Beurteilung gerade der ton- und

schluffreichen Böden notwendig und mit vertretbarem Aufwand möglich sind.

Das Transformations- und Speicherungsvermögen für Stickstoff wird v. a. durch die organische Substanz bestimmt. Daren Menge und Qualität hängt jedoch stark von der Art der Bewirtschaftung ab. Solche bewirtschaftungsbedingten Unterschiede wird man in der Regel nicht in einer Bodenkarte darstellen, da sie im Laufe der Jahre verändert werden können. Sonderfälle sollten jedoch Berücksichtigung finden, beispielsweise die auf den Tonmergeln Südwestdeutschlands weitverbreiteten, nachhaltig verbesserten, ehemaligen Weinbergböden. Andererseits sollten extrem humusarme Tonmergelböden, seien es rohe, wenig entwickelte Anfangsstadien oder durch Erosion verkürzte Profile, unbedingt auf der Karte abgegrenzt werden.

Die hier nur in groben Zügen wiedergegebenen Ausführungen wurden an mehreren Bildbeispielen näher erläutert. Abschließend erfolgte eine Beurteilung der von Herrn Dr. Blume freundlicherweise zur Verfügung gestellten Kartierungsbeispiele auf ihren ökologischen Aussagewert. Dabei ergab sich der Wunsch nach einer konsequenter die Bedürfnisse der Pflanzen berücksichtigenden Herausarbeitung der physiologisch wirksamen Faktoren, die es dem Standortskundler ermöglicht, unter Einbeziehung der Hinweise aus der Vegetation Kennzahlen für den Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt der Böden zu erarbeiten. Sie liefern zusammen mit weiteren Kennzahlen für das Relief, die Wärmeverhältnisse, die Spätfrost- und Windgefährdung sowie einige lokale Besonderheiten die Möglichkeit zur Abgrenzung von ökologisch definierten Standorteinheiten, auf deren Grundlage eine obstbauliche Eignungsbewertung des Geländes und eine darauf aufbauende Nutzungsplanung vorgenommen werden kann.

Bodenkartierung und Standortbeurteilung mit Beispielen
aus dem südöstlichen Rheinischen Schiefergebirge

von T. Harrach *)

Planungsarbeiten zur rationellen Gestaltung der Bodennutzung, wie sie u. a. in Flurbereinigungsverfahren, der agrarstrukturellen Vorplanung und bei der Fertigstellung von Flächennutzungsplänen durchgeführt werden, bilden das wichtigste praktische Anwendungsgebiet bodenkundlicher Erkenntnisse. Bei der Nutzungsplanung muß der Boden berücksichtigt werden, denn er beeinflusst einerseits durch seine ökologischen Eigenschaften die Höhe des Ertrages und damit die Einnahmenseite der Wirtschaftlichkeitsrechnung; zugleich wirkt er auch auf die Ausgabenseite, indem z. B. verschiedene Böden zur Erzielung eines bestimmten Ertrages verschieden hohe Aufwendungen erfordern. Dabei können gewisse Bodenmerkmale nicht nur ökologisch, d. h. als Wachstumsfaktoren, wirksam werden, sondern auch bewirtschaftungstechnisch von größter Bedeutung sein (z. B. Bewirtschaftungsschwernis bei nassen, steinigen und bindigen Böden).

Die Höhe des Ertrages wird vom Zusammenspiel von Boden, Klima, Pflanze und Bewirtschaftungsmaßnahmen bestimmt. Daher muß die ökologische Bodenbeurteilung die unterschiedlichen Ansprüche verschiedener Kulturpflanzen berücksichtigen, und unter Beachtung dieser sowie der klimatischen Gegebenheiten kann nur geprüft werden, welche Bewirtschaftungsmaßnahmen geeignet sind, die Erträge zu erhöhen. Ob jedoch bestimmte Maßnahmen, die ökologisch als vorteilhaft gelten, auch ökonomisch richtig sind, ist eine ganz andere Frage.

*) Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der
Justus Liebig-Universität, 63 Gießen, Ludwigstr. 23

Der Boden ist also nur einer der bei der Planung zu berücksichtigenden Faktoren, doch ein sehr wichtiger. Es ist daher unbedingt erforderlich, daß die Bodenkunde ihren Beitrag zur Planung der Bodennutzung beisteuert, jedoch nur ihren Beitrag, die Planung selbst gehört nicht zum Aufgabenbereich der Bodenkunde. Die Verletzung dieses Grundsatzes hat schon oft zu utopischen und falschen Planungen geführt.

Es erhebt sich nun die Frage, in welcher Form die Bodenkunde ihren Beitrag zur Rationalisierung der Bodennutzung leisten kann. Ich möchte diese Frage so beantworten: Es müssen Bodenkarten erstellt werden, die dem Zweck und dem Maßstab entsprechend alle für die Bodennutzung wesentlichen Bodenmerkmale zum Ausdruck bringen, dabei aber so einfach gehalten werden, daß ihr Gebrauch den Planungspartnern (Kulturtechnikern, Geodäten, Pflanzenbauern, Betriebswirten, Landwirtschaftsberater usw.) zugemutet werden kann. Auf die Darstellung von gewissen Feinheiten, die teilweise nur eine rein wissenschaftliche Bedeutung haben, sollte man verzichten, was auch die Lesbarkeit der Karten verbessern würde. Eine für den gegebenen Maßstab zu starke Detaillierung erschwert oft die praktische Benutzung einer Bodenkarte, besonders dann, wenn keine Auswertungskarten vorhanden sind.

Am Beispiel der Gemeinde Lützellinden wurden die bodenkundlichen Aufgaben und Probleme erörtert, die in Zusammenhang mit der Flurbereinigung stehen*):

- 1.) Bodenbewertung : Die Bodenbewertung ist ein wissenschaftlich ungelöstes Problem, wobei die grundsätzliche Schwierigkeit in der Notwendigkeit besteht, daß für die Beurteilung des Naturkörpers Boden ein ökonomisches Maß angewendet werden muß. Sie wird gegenwärtig von praktischen Landwirten (Bodenschätzern) durchgeführt, die in der Regel nur über sehr mangelhafte bodenkundliche Kenntnisse verfügen.

*) Die Untersuchungen wurden im Auftrag des Landeskulturamtes Wiesbaden durchgeführt und finanziell gefördert.

2.) E r m i t t l u n g d e r o p t i m a l e n
B o d e n n u t z u n g . Diese ist nicht nur für den
Landwirt wichtig, sie müßte vielmehr bereits bei der
Planung der Neugestaltung des Flurbereinigungsgebietes
(Wege- und Grabennetzgestaltung, Meliorationen usw.)
Berücksichtigung finden.

Bei der Ermittlung der optimalen Bodennutzung besteht
die gleiche grundsätzliche Schwierigkeit wie bei der
Bodenbewertung.

3.) P l a n u n g v o n M e l i o r a t i o n s m a ß -
n a h m e n . Hierbei müssen Meliorationsbedürftigkeit,
Meliorationsmöglichkeit und Meliorationswürdigkeit
streng voneinander unterschieden werden.

Während der Maßstab der Bodenkarte für die Flurbereinigung i.a.
1 : 2 0 0 0 oder 1 : 5 0 0 0 ist, eignet sich für die a g r a r -
s t r u k t u r e l l e V o r p l a n u n g der Maßstab
1 : 1 0 0 0 0 bis 1 : 5 0 0 0 0 . Die Aufgaben und Probleme sind
hierbei grundsätzlich mit denen bei der Flurbereinigung identisch.
Bei der Durchführung der Kartierung hat sich die Beteiligung
örtlicher sachkundiger Landwirte ausgezeichnet bewährt; durch
ihre Hinweise verminderte sich der Aufwand und erhöhte sich die
Genauigkeit der Bodenkarte. Der als Beispiel gewählte zentral-
örtliche Nahbereich Brandoberndorf im östlichen Hintertaunus
liegt genauso wie die oben erwähnte Gemeinde Lützellinden im
Bereich des Rheinischen Schiefergebirges. In beiden Gebieten
ist der Löß auf größeren Flächen verbreitet.

Bei der Anwendung der derzeit gültigen Bodensystematik zur Klassi-
fizierung der Böden für die Zwecke der Nutzungsplanung in der
Flurbereinigung und der agrarstrukturellen Vorplanung ergaben
sich folgende Schwierigkeiten:

1.) Für die Nutzbarkeit eines Bodens sind i.a. seine lithogenen
Eigenschaften mindestens so wesentlich wie die pedogene-
tisch bedingten.

- 2.) Bei der Einstufung von vernäbten Böden müssen die Ursachen der Vernässung (Grundwasser, Hangwasser, Stauwasser) besser als bisher berücksichtigt werden.
- 3.) Vielfach kommen Böden vor, die aufgrund ihrer Profilmerkmale eine stärkere Vernässung vermuten lassen als sie in Wirklichkeit vorliegt, während andere Böden morphologisch gar keine Vernässungsmerkmale zeigen, obwohl ihre Nutzbarkeit durch periodisch auftretendes Hangwasser stark beeinträchtigt ist. Aus diesem Grunde wird gefordert, daß vor oder nach der Aufnahme einer Bodenkarte durch eine oder mehrere Geländebegehungen im Frühjahr die tatsächliche Vernässung festgestellt wird, wobei auf die Mithilfe von ortskundigen Landwirten nicht verzichtet werden darf.
- 4.) Bei der Bewertung der Böden durch die Landwirte aufgrund ihrer Erfahrungen bezüglich der Ertragsfähigkeit werden manchmal Unterscheidungen getroffen, die durch Profilmerkmale nicht ohne weiteres erklärt werden können. Meistens sind es Parabraunerden, denen in ortsfernen Lagen z. B. eine wesentlich geringere Ertragsfähigkeit zuerkannt wird, als denen in ortsnahen Lagen, obwohl der Profilaufbau keine Unterschiede zeigt. Die Ursache hierfür ist höchstwahrscheinlich in dem **K u l t u r z u s t a n d** des Bodens zu suchen, der für mehrere Jahre - sozusagen mittelfristig gegenüber kurz- oder langfristige wirksamen Bodeneigenschaften - die Ertragsfähigkeit beeinflusst. Der Kulturzustand scheint besonders bei der Parabraunerde von großer Bedeutung zu sein, was jedoch bei der erodierten Parabraunerde, die im A_p -Horizont einen höheren Tongehalt aufweist, in einem weit geringeren Maße der Fall ist.

Beurteilung von Meliorationsmöglichkeiten von

Löß- und Schieferböden

von H.J. Steinmetz *)

Die Notwendigkeit, in verstärktem Maße angewandte Bodenkunde zu treiben, wird verständlich, wenn man die zunehmende Veränderung der Nutzung der Bodenoberfläche verfolgt: In dem Zeitraum 1960 bis 1965 wurden in der Bundesrepublik rund 166.500 ha, das sind täglich ca. 91,2 ha, der landwirtschaftlichen Nutzung entzogen (ohne Brachland).

Diese Landverluste treten nicht nur in den Bereichen der Grenzstandorte auf, die häufig aufgeforstet und damit der Landwirtschaft entzogen werden, sondern in gleicher Weise in den Schwerpunktgebieten und Ballungsräumen des Wohnens, der Industrie und des Verkehrs. Die Folge hiervon ist die zwingende Notwendigkeit, für die verbleibenden Flächen konkrete Aussagen bezüglich ihrer Eigenschaften und ihrer Nutzbarkeiten zu machen, um damit eine für die allgemeine Volkswirtschaft sinnvolle Steuerung der Nutzung der Bodenoberfläche zu ermöglichen.

An die Bodenkarten werden daher heute bereits und zukünftig verstärkt von der Praxis eine Fülle von Anforderungen gestellt. Die alte Form der sogenannten "wertneutralen" Karte dürfte als überholt zu betrachten sein, da sie nur in der Hand des Spezialisten Bedeutung hat, von dem Personenkreis aber, der in der Regel die Veränderungen in der Bodennutzung, die Art der Meliorationen und alle damit in Zusammenhang stehenden Aufgaben bestimmt, kaum angewandt werden kann.

Die Bodenkarte sollte daher klare Hinweise geben und Möglichkeiten aufzeigen, wobei folgende Punkte für die Praxis wesentlich sein dürften:

*) Landeskulturamt, 62 Wiesbaden, Parkstr. 44

1. Derzeitiges Leistungsvermögen des Standortes und seine Bewirtschaftbarkeit;
2. Möglichkeiten hinsichtlich der Verbesserung der Wuchserleistung und/oder der Bewirtschaftbarkeit;
3. Stand der technischen Möglichkeiten und der Wirtschaftlichkeit;
4. Wert des Standortes in der Landschaft.

Mit der Beantwortung dieser Punkte mischt sich die angewandte Bodenkunde in keiner Weise in die Belange der Agrarpolitik mit ihren derzeitigen Problemen der Überproduktion ein, sondern gibt dem Praktiker Hinweise zur Rationalisierung und qualitativen Verbesserung seiner Produktion und den planenden Institutionen ein wichtiges Hilfsmittel für alle zukünftigen Vorhaben an die Hand.

Für die Landwirtschaft in Hessen, die täglich ca. 12,7 ha landwirtschaftliche Nutzfläche verliert, ergeben sich aus diesen Veränderungen eine Reihe von Problemen, die in gewissen Bereichen als Querschnitt der Probleme der übrigen Bundesländer dienen können. In Hessen nimmt sowohl LÖB als auch Tonschiefer beträchtliche Flächen ein. Beide Gesteine geraten daher mit ihren unterschiedlichen Standortbedingungen zunehmend in den Mittelpunkt der Diskussionen. Die bisherigen Untersuchungen zur Verbesserung der Bewirtschaftbarkeit der Böden auf diesen Substraten ließen eine Reihe von Meliorationsmethoden entwickeln, die je nach den Standortverhältnissen angewendet werden. Nach den bisherigen Erfahrungen lassen sich folgende Grundsätze aufstellen:

1. LÖB:

- 1.1 Entbester LÖB mit Neigung zu Verschlemmung, aber noch intaktem Luft- und Wasserhaushalt kann bereits durch Aufkalkung nahezu regeneriert werden. Handelt es sich um tiefgründigen LÖB, so empfiehlt sich das von Schmid entwickelte Verfahren der PrimärlÖB-Melioration mit der Kuhlmaschine.
- 1.2 Ist der LÖB dagegen so weitgehend degradiert, daß der Luft- und Wasserhaushalt negativ beeinflusst ist, so wird das Tiefpflügen (1,0 bis 1,7 m) angewandt, da nur

auf diese Weise bei dem derzeitigen Stand der Technik eine ungefähre Wiederherstellung des ehemaligen Zustandes ermöglicht wird. Gleichzeitig wird hierdurch der Kalkanteil des Oberbodens nahezu kostenlos wieder in einen befriedigenden Zustand gebracht und die Verschleppungsneigung verringert.

- 1.3 Bei flachgründigem Löß dagegen kann das Pflügen als Optimalmaßnahme nicht angewendet werden, wenn die unteren Schichten minderwertig in ihren Eigenschaften sind. Es verbleibt bei undurchlässigen Böden dann nur die Untergrundlockerung in Verbindung mit einer Verbesserung des Basenhaushaltes und, soweit erforderlich, Ableitung des überschüssigen Wassers.
- Nach den bisherigen Feststellungen erscheint es zweckmäßig und erforderlich, bei folgenden Texturgrenzen die Meliorationsverfahren zu ändern: Bei Löß und lößähnlichen Substraten liegt das Optimum des Tonanteils zwischen 17 und 27% (21 bis 25); das Ton:Schluff-Verhältnis beträgt dann 1:3 bis 1:4.
- Bei weniger als 17% Ton sollte in keinem Falle mehr gelockert werden, da der relative Schluffanteil zu hoch und damit das Ton:Schluff-Verhältnis so ungünstig ist, daß eine Stabilisierung der mechanischen Lockerung nicht mehr erreicht wird. Bei mehr als 27% Ton dagegen ist die Lockerung dann als sinnvoll zu bezeichnen, wenn das Texturverhältnis des gesamten Profils einigermaßen gleich ist und lediglich eine mechanische Lockerung in Verbindung mit Verbesserung des Basenhaushaltes erforderlich wird. -

2. Tonschiefer:

Hier liegen die Verhältnisse insoweit anders, als die unterschiedlichen Härten der Schichten exakte vorherige Untersuchungen bedingen - oder entsprechende Bodenkarten - um die Standorte ausfindig zu machen, die infolge ihres weicherer Materials mechanisch zerstörbar und damit verbesserungsfähig sind. Dann

allerdings besteht die Möglichkeit, durch gründliche Lockerung u. a. das Speichervermögen für pflanzenverfügbares Wasser auf nahezu das Doppelte anzuheben, was bedeutet, daß die Anbauspanne der zu einer Rationalisierung notwendigen Arten der Kulturpflanzen beträchtlich erweitert werden kann und damit die gewünschten und notwendigen Betriebsumstellungen vielfach erst ermöglicht werden.

Durch klare, praxisbezogene Angaben in Bodenkarten wird die Voraussetzung geschaffen, zahlreiche Standorte in ihrer Bedeutung für die Landschaft und damit auch für die Landwirtschaft zu erkennen. Es wird möglich, durch Anwendung moderner Technik, und hierzu gehören auch die Meliorationen, nicht nur die Bewirtschaftbarkeit zu verbessern, sondern, was wichtiger ist, vielfach den gesamten Haushalt des Standortes nachhaltig positiv zu beeinflussen und beispielsweise den Niederschlägen wieder den Anschluß an das Grundwasser zu sichern, wodurch u. a. der Oberflächenabfluß zumindest stark verringert wird. Da die Bodenoberfläche trotz aller Fortschritte auch weiterhin ein unvermehrbares Gut bleiben wird, sollte ihrer Verwendung und Verwendbarkeit größte Sorgfalt, sei es Wissenschaft oder Praxis, gewidmet werden. Exakte Bodenkarten gehören hier zu den wichtigsten Entscheidungshilfen.

Ältere deutsche Literatur zu dem Themen-Komplex

Bodenklassifikation - Bodenkartierung - Bodennutzungsplanung

von W. Taschenmacher *)

VORBEMERKUNGEN

Die obigen Themen waren Besprechungsgegenstand bei der Tagung der 4. und 5. Kommission der DBG am 18. und 19. Oktober 1968 in Gießen. Dabei entstand der Eindruck, daß eine stärkere Heranziehung älterer Literatur sich als nützlich erweisen könne. Die folgende Zusammenstellung soll diesem Zwecke dienen. Sie hat mehr Auswahlcharakter und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Herr Prof. Dr. Helmut Stremme, Kiel, steuerte Material bei. Die umfangreiche Erosionsliteratur wurde nicht einbezogen.

Die "ältere" Literatur setzt mit der Entwicklung der Bodentypenlehre in Deutschland in den zwanziger Jahren ein und ist mit Kriegsende im wesentlichen abgeschlossen; die vorhergehende Literatur zum obigen Themenkreis ist vergleichsweise nicht sehr umfangreich und hat heute mehr historischen Wert. Dagegen sind hauptsächlich seit den fünfziger Jahren Arbeiten entstanden, die sich mit der Verwendung von Ergebnissen der Bodenschätzung nach dem Gesetz vom 16. Oktober 1934 bei der Bodenkartierung und Bodennutzungsplanung befassen; eine Auswahl von ihnen ist im Anhang aufgeführt.

*) Bad Godesberg, Wiedemannstr. 22

ZUSAMMENSTELLUNG

- 1922 Stremme, H.u.K.v.See: Über eine landwirtschaftl. Bodenkarte, Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch., 74. Bd. Berlin 1922
- 1924 Stremme (mit B. Aarnio): Bodenbildung und Bodenklassifikation, Com. Int. Pedol. IV. Comm., Helsinki
- Stremme, H.: Systeme der Bodenklassifikation nebst den Vorschlag einer für Feldpedologen brauchbaren, Actes de la IV. Conférence Pedol. Intern. Bd. IV
- Stremme, H.: Die bodenkundliche Kartierung in Deutschland, Com. Int. Pedol. V. Comm. Bukarest
- 1926 Storp, R.: Einfluß des Faktors Boden auf Sortenanbau und Düngungsversuche, Diss., Danzig
- Stremme, H.: Grundzüge der praktischen Bodenkunde, Berlin, Gebr. Bornträger
- Woltersdorf, J.: Bodenaufnahme des Rittergutes Senslau auf der Danziger Höhe, Diss., Danzig
- 1927 Meding, E. v.: Die Bodenaufnahme des Niederungsgutes F. Riemann, Wossitz und der Versuchsfelder des Versuchsringes der Danziger Niederung, Diss., Danzig
- 1928 Krische, P.: Bodenkarten und andere kartographische Darstellungen der Faktoren der landwirtschaftlichen Produktion verschiedener Länder.- Mit 77 Karten im Text und auf Tafeln, P. Parey, Berlin
- Stremme, H.: Die Arbeiten des mineralogisch-geologischen Instituts der Techn. Hochschule auf dem Gebiet der Bodenkartierung, Rede bei der Übergabe des Rektorats am 1. Juli 1928, Danzig
- Taschenmacher, W.: Die bodenkundliche Kartierung von landwirtschaftlichen Betrieben nach der Methode von H. Stremme, ein neues Hilfsmittel für die Anlage von Feldversuchen und die Übertragung ihrer Ergebnisse auf größere Flächen, Zeitschr. f. Pflanzenernährg., Düngung u. Bodenkunde, 7. Bd., Berlin
- Wolff, W.: Bodenkarten für Landgüter, Jb. Pr. Geol. Landesanst. Bd. 49, Teil II, Berlin
- 1929 Stremme, H.: Die moderne Bodenaufnahme im Dienste der praktischen Landwirtschaft, Danzig, Festschrift zur 25-Jahrfeier der Techn. Hochschule.
- Taschenmacher, W.: Entwicklung der bodenkundlichen Gutskartierung und die Möglichkeiten ihrer praktischen Leistung, Diss., Danzig, bei Max Weg in Leipzig 1930
- Till, A.: Bodenkartierung in Österreich, Die Ernährung der Pflanze, H. 21

- 1930 Rothkegel, W.: Anforderungen, die vom steuerlichen Standpunkt an die Bodenkartierung zu stellen sind, Berichte über Landwirtschaft, N.F.8d.XI, H.4, Berlin
- 1931 Meding, E. v.: Neue Wege der Bodenkartierung, Zentralbl. des Deutsch.Landwirtschaftsrats, Nr.43, Berlin
- Stremme, H.: Bodentypen und Bodenkarten, Handwörterbuch Naturwissenschaft, Bd. 3
- 1932 Kreybig, L. v.: Die Bodenkartierung im Dienste der praktischen Landwirtschaft, Deutsch.Landwirtsch. Presse, Nr. 28
- Ramsauer, B.: Bodenkartierung für Meliorationszwecke, Verh. 6.Kom.der Int.Bodenk.Ges., Teil A, Groningen
- Sellke, M.: Die morphologisch-genetische Bodenkartierung, ihr Wesen und ihre Auswertbarkeit für Zwecke der Bewirtschaftungsverbesserung und der Bonitierung, Der Kulturtechniker, Breslau, Heft 6
- Stremme, H.: Die Bodenkartierung, Handbuch der Bodenlehre X, Berlin
- Stremme, H.: Die Bodenkartierung als wichtigste Vorarbeit der Generalplanung, Die Umstellung im Siedlungswesen, Stuttgart
- Till, A.: Eine neue Form der landwirtschaftlichen Bodenkarten, Die Ernährung der Pflanze, Heft 15/16, Berlin
- 1933 Hock, A.: Neuzeitliche Bodenuntersuchung und Kartierung im Dienste unserer Landwirtschaft, 3. erweiterter Neudruck, Weihensteph.
- Ostendorff, E.: Die Aufnahme und Ausführung der geologisch-agronomischen Kartierung für Siedlungszwecke, Zeitschr.d.Deutsch.Geol.Gesellsch. Bd.85, H.9, Berlin
- Walter, F.: Die Kartierung der Bodenarten, Landwirtsch. Jahrbücher Bd. 78, Heft 6, Berlin
- Wolff, W. u. K.v.Bülow u. G. Görz : Neue bodenkundliche Gesichtspunkte bei der Kartierungstätigkeit der Preuss.Geol. Landesanstalt, Jahrb.d.Preuss.Geol. Landesanstalt, Bd. 54
- 1934 Hoyningen-Huene, P.v.: Die Bodenkartierung im Dienst der Siedlungsplanung, Planungswiss.Arbeitsgemeinschaft, Heft 3, München
- Ostendorff, E.: Einiges über Bodenkartierung, Zeitschr.f. Pflanzenernährg.Düngung,Bodenk., Teil B, Heft 3, Berlin

- (1937) Ostendorff, E.: Die bäuerliche Siedlungskapazität des Deutschen Reiches im gleichnamigen Werk von H. Stremme u. E. Ostendorff, Gothe 1937
- 1934 Stremme, H.: Die bodenkundliche Siedlungskartierung, Planungswiss.Arbeitsgemeinschaft, Heft 3, München
- Stremme, H.: Die bodenkundliche Mitarbeit an den Siedlungsplänen, Forschungen und Fortschritte Nr. 15, Berlin
- Stremme, H.: Die bodenkundliche Siedlungskartierung, erläutert an der Bodenkarte des Kreises Marienburg, Planungswiss.Arbeitsgemeinschaft, Heft 3, München
- 1936 Krische, P.: Mensch und Scholle, Kartenwerk zur Geschichte und Geographie des Kulturbodens, Band 1 mit 289 Karten von 82 Ländern, Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin
- 1937 Przeperski, J.: Auswertung der bodenkundlichen Kartierung für agrar- und bevölkerungspolitische Untersuchungen, gezeigt an dem ostpreußischen Kreise Stuhm, Diss., Danzig
- Stremme, H.: Die geologische und bodenkundliche Landesaufnahme der Freien Stadt Danzig als Beispiel einer Spezialkartierung mit Auswertungskarten, Zeitschrift der Deutschen Geol.Ges. Bd.89, H. 6, Berlin
- Taschenmacher, W.: Grundriß einer Deutschen Feldbodenkunde, Eugen Ulmer, Stuttgart
- 1938 Hecker, H.: Analyse der Landschaftsstruktur als Grundlage der Bodenausnutzung für Landwirtschaft, Wohnungswesen und Industrie (unter besonderer Berücksichtigung der Bodenkartierung), Leiden
- Mückenhausen, E.: Auswertung von Bodenkarten für Planungszwecke, Extrait des Comptes Rendus du Congres International de Geographie Amsterdam, Leiden
- Mückenhausen, E.: Bodenkarten, ihr Wesen und ihr Zweck, Allgem. Vermessungsnachrichten, Nr. 36
- Müller, R.: Die Kartierung nach Bodentypen als Grundlage systematischer Vorarbeiten für Siedlungsplanungen, Diss., Danzig
- Müller, R.: Die Anwendung der Bodenkarten für die Planung und Aufschliessung von Kleinsiedlungsgelände, Verh.d.5.Kom.derInt.Bodenk.Ges. Teil B, Helsinki

- Ostendorff, E.: Morphologische oder Morphologisch-genetische Benennung der Böden ?
Verh. 5.Komm. I.B.G. Helsinki, Teil B
- Ostendorff, E.: Die praktische Anwendung der Bodenkarten,
Verh. 5.Komm. I.B.G. Helsinki, Teil B
- Taschenmacher, W.: Sollen die Böden nach den bodenbildenden Vorgängen oder nach den Hauptfaktoren der Bodenbildung klassifiziert werden?
Verh. 5.Komm. I.B.G. Teil B, Helsinki
- 1939 Kriech, P.: Mensch und Scholle, Kartenwerk zur Geschichte und Geographie des Kulturbodens, Band 2 mit 361 Karten von 35 Ländern,
Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin
- Ostendorff, E.: Das Bodenkartenwerk der Gemeinde Bippin,
Zeitschr.d.Deutschen Geol.Ges. Bd.91,
S.581, Berlin
- Pfannschmidt, M.: Die Bodenkartierung in Städtebau und Landesplanung, Zeitschr.d.Deutsch.Geol.Ges.
Bd.91, Berlin
- Stremme, H.: Die biogenetische Bodenauffassung,
Zeitschr.d.Deutsch.Geol.Ges., Bd.91, H.8,
Berlin
- 1942 Ostendorff, E.: Raumordnungsplan auf bodenkundlicher Grundlage, Veröff.Prov.Inst.f.Landespl.-Landes-u.Volkskn.d.Un.Göttingen, Gea-Verlag,Berlin
- Ostendorff, E.: Raumordnungsplan für die Gemeinde Bippin, Veröff.Prov.Inst. für Landespl., Landes-u. Volkskunde von Niedersachsen d.Univ. Göttingen, Gea-Verlag, Berlin
- Woldstedt, P.: Die Bodenkartierungen des Reichsamts für Bodenforschung, Jahrb. Reichsamt für Bodenforschung, Berlin
- 1943 Iwersen, J.: Zur bodenkundlichen Kartierung des nordfriesischen Wattgebietes, Westküste,
S.47-71
- Ostendorff, E.: Die Grund- und Bodenverhältnisse der Watten zwischen Sylt und Eiderstedt, Westküste,
S. 1-6
- 1944 Prenk, J.: Praktische Bodenkunde und Wasserwirtschaft, Schriften der landeskundlichen Forschungsstelle, Danzig (Reihe III)
- 1945 Ostendorff, E.: Grundlagen und Methoden der neuzeitlichen Bodenkartierung und ihre kartenmäßige Auswertung, Schriften Wirtschaftswiss. Ges.z. Studium Niedersachsens NF Bd.26,
Stalling,Oldenburg (Oldenburg)
- 1948 Stremme, H.: Intensivste Bodennutzung durch Auswerten von Bodenkarten, Deutsche Siedlung,1.Jg.,Nr. 7

ANHANG (Verwendung von Bodenschätzungsergebnissen bei der
Bodenkartierung)

- 1950 Iversen, J. u.
Zühlke, K.: Ein einfaches Verfahren zur kartographischen Erfassung der entarteten Marsch-, Geest- und Moorböden, Landesregierung Schleswig-Holstein, Der Landesminister für Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten, Kiel
- 1951 Knickmann, H.: Die Auswertung der Bodenschätzungsergebnisse für Raumforschung und Landeskunde, Berichte zur Deutschen Landeskunde, Bd.9, 1950, Selbstverlag der Bundesanstalt für Landeskunde, Remagen
- 1952 Vogel, F. u.
Grader, A.: Entwicklung, Stand, Zweck und Bedeutung der gemeindeweisen Bodenschätzungskartierung in Bayern im Maßstab 1:5000, Geologica Bavaria München
- 1954 Taschenmacher, W.: Vorschläge zur Ausgestaltung von Übersichtskarten der Bodengüte nach den Ergebnissen der Bodenschätzung, Raumforschung und Raumordnung, H. 4
- Taschenmacher, W.: Bodenschätzungskarten 1:5000 aus den Ergebnissen der Bodenschätzung, Zeitschr.f.Pflanzenernährg.,Düngung,Bodenkunde Bd.65,H.1-3
- Wacker, F.: Ermittlung des Bodentyps für Profile der Bodenschätzungskarten, Zeitschr.f.Pflanzenernährung,Düngung,Bodenkunde Bd. 65, H.1-3
- 1955 Mückenhausen, E.
und Mertens, H.: Die Bodenkarte auf der Grundlage der Bodenschätzung, Düsseldorf (Landesausschuß für landwirtsch.Forschung, Erziehung und Wirtschaftsberatung beim Ministerium für Ernährung, Landw.u.Foresten d.Landes Nordrhein-Westfalen) 2. neubearb. Auflage 1960
- Wacker, F.: Vorkommen und Verteilung von Bodentypengruppen in Baden-Württemberg, Auswertung von Bodenschätzungsergebnissen, Jahrbuch des Geol.Landesamts Baden-Württ.,Freiburg
- 1956 Wacker, F.: Zur Auswertung der Bodenschätzung, Zeitschrift für Pflanzenernährung,Düngung, Bodenkunde, Bd.72, H. 3
- 1957 Bodenkartenerlaß: Vorschriften für die Herstellung und Laufendhaltung der Bodenkarte 1:5000 auf der Grundlage der Bodenschätzung in Nordrhein-Westfalen, Vertrieb: Landesvermessungsamt Nordrh.-Westfalen

- Knickmann, H.: Die Darstellung der Ertragsfähigkeit (Bodengüte) der landwirtschaftlich genutzten Böden nach den Ergebnissen der Bodenschätzung in einem Kartenwerk 1:100000 für Bayern, Ber.zur Deutschen Landeskunde Bd. 18, H. 1
- Wacker, F.: Erläuterungen zu der Bodenschätzungskarte von Baden-Württemberg 1:5000, herausg.v. Geol.Landesamt in Baden-Württemberg
- 1958 Knickmann, H.: Die Ertragsverhältnisse der landw.genutzten Böden Bayerns (Erläuterungen zu einer kartographischen Darstellung der durch die Bodenschätzung festgestellten Ertragsmeßzahlen im Maßstab 1: 800 000), Forschungs- u.Sitzungsber.d.Akademie f.Raumforschung u.Landesplanung, Bd.IX, Raum und Landwirtschaft I, Walter Dorn Verlag, Bremen-Horn
- Knickmann, H.: Die Bodenschätzung in der Bundesrepublik Deutschland und der Stand ihrer Auswertung Ber.zur Landesforschung u.Landesplanung 2. Jahrg., H.2, Springer, Wien
- 1960 Arens, H.: Die Bodenkarte 1:5000 auf der Grundlage der Bodenschätzung, ihre Herstellung und ihre Verwendungsmöglichkeiten (mit 5 Tafeln, 30 Abb. und 17 Tabellen) Krefeld
- Knickmann, H.: Die Bodengüten der landwirtschaftlich genutzten Flächen Bayerns (Erl.zu einem Kartenwerk im Maßstab 1:100 000 mit der Darstellung der durch die Bodenschätzung festgestellten Wertzahlen), Bayer.Landw.Jahrb. 37. Jahrg., H. 5
- 1961 Wacker, F.: Boden, Bodenkarte und Landwirtschaft, Jahrb.Geol.Landesamt Baden-Württemberg
- 1962 Wacker, F.: Die Verwendung der Bodenschätzungskarte im landwirtschaftlichen Pflanzenbau, Zeitschr.f.Acker-u.Pflanzenbau,Bd.114,H.3
- 1963 Taschenmacher: Zur Übersichtskarte der Bodengüte der landwirtschaftlich genutzten Flächen in der Bundesrepublik Deutschland (mit einer Karte im Anhang), Ber.zur deutsch.Landeskunde, Bd.30, H.1, Bundesanst.f.Landeskunde u.Raumforschung,Selbsterverlag, Bad Godesberg



Bodenkundliche Exkursion nach Lützellinden anlässlich der
Arbeitstagung der Kommissionen IV und V der DBG in
Gießen am 19.10.1968 von T. Harrach *)

Die Gemarkung Lützellinden**) liegt unmittelbar südwestlich von Gießen an dem äußersten Rand des östlichen Hintertaunus, der an die Gießener Schwelle und das Gießener Becken angrenzt. Grauwacken, Schiefer und örtlich Massenkalk bilden den paläozoischen Untergrund, der stellenweise von oligozänen Sedimenten überlagert ist. Die Lößüberdeckung ist sehr unterschiedlich. Ihre Mächtigkeit kann bis zu mehreren Metern reichen. Bedeutende Flächen kommen aber selbst in ebenen Lagen ganz ohne Lößüberdeckung - höchstens mit etwas Lößbeimengung - vor. Der Kalkgehalt des würmeiszeitlichen Lösses beträgt 9 - 12 %.

Die überwiegend schwach wellige Gemarkung wird vom Cleebachtal durchquert.

Die mittlere jährliche Lufttemperatur beträgt ca. 8,5°C und die mittlere Jahresniederschlagshöhe ca. 600 mm.

Die vorherrschenden Böden sind Parabraunerden mit verschiedenen Erosionstufen, Pararendzinen, kolluviale Böden, Auenböden; auf den tertiären Ablagerungen und den paläozoischen Gesteinen überwiegen Braunerden, Ranker und Paläoböden; außerdem kommen vernässte Böden vor, wobei die Vernässung in den Tälern durch Grundwasser und an den Hangfüßen und den Hängen durch Hangwasser verursacht wird, während Staunässeböden (primäre Pseudogleye) nur seltener in Plateaulagen auftreten. Besonders im Hinblick auf mögliche Meliorationsmaßnahmen ist diese Unterscheidung der Vernässungsursachen unbedingt erforderlich.

*) Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus Liebig - Universität, 63 Gießen, Ludwigstr. 23

**) Die Kartierung und Untersuchung der Böden in der Gemarkung Lützellinden erfolgten im Auftrage des Landeskulturamtes Wiesbaden.

Das erste Besichtigungsobjekt war eine Profilvereihe an einem schwach geneigten Hang mit mehr als 2 m Lößüberdeckung (vgl. dazu auch die Abb. 1). Drei Bodenprofile wurden vorgeführt und besonders ihre ökologischen sowie landbautechnischen Eigenschaften erläutert:

1. Parabraunerde ($A_p - A_l - B_t - C$)
Gefälle 3%; Entkalkungstiefe 98 cm,
2. erodierte Parabraunerde ($A_p - B_t - C$)
Gefälle 8%; Entkalkungstiefe 74 cm,
3. Pararendzina ($A_p - C$)
Gefälle 8%.

Den zweiten Besichtigungspunkt bildete eine Parabraunerde aus Löß, die in ihrem oberen Profilebschnitt (0-100 cm) so gut wie keine Vernässungsmerkmale zeigt, obwohl die Nutzung der Fläche in niederschlagsreichen Jahren durch Vernässung erheblich behindert wurde, bis im Herbst 1967 eine erfolgreiche Melioration Abhilfe schaffte. Die Ursache der Vernässung ist eine undurchlässige Schicht, die in einer Tiefe von 170-190 cm u.Fl. ansteht und aus zersetzten bzw. verlehnten Tonchiefern und Grauwacken besteht. Bei geringem Gefälle (ca. 4%) zog das Hangwasser, das sich über dieser Schicht sammelte, nur langsam ab, so daß nach langen niederschlagsreichen Perioden (z.B. im Frühjahr und Sommer 1966 und 1967) die Vernässung bis an die Bodenoberfläche reichte. Im ebenfalls niederschlagsreichen Jahr 1965, das jedoch einem trockenen Jahr folgte, wurde die Ackernutzung in keiner Weise beeinträchtigt.

Zur Beseitigung der Vernässungsschäden hat ein Ingenieurbüro im Auftrage des Kulturamtes einen Plan zur Volldränung der etwa 6 ha großen Fläche mit 3210 m Saugern und 555 m Sammlern erstellt. Zur Ausführung kam jedoch ein vom Verfasser ausgearbeiteter Entwurf (vgl. dazu die Abb. 2). Am höher gelegenen Rand der zeitweise vernässten Fläche wurde 190 cm u.Fl. ein 295 m langer

Fangdrän mit Schotterauflage gelegt, der an einen Sammler angeschlossen wurde. Der Fangdrän hat sich bewährt, denn im niederschlagsreichen Jahr 1968 wurde die Ackernutzung in keiner Weise beeinträchtigt.

Das letzte besichtigte Bodenprofil war eine stark erodierte Parabraunerde aus Löß über Tonchieferzersatz mit der Horizontfolge: A_p - B_t - C - II C_v . Der Schieferzersatz, der bei 38 cm u.Fl. ansteht, ist schwer durchwurzelbar. Daher wurde hier im Herbst 1965 in Zusammenarbeit mit dem Landeskulturreamt Wiesbaden eine Untergrundlockerung bis ca. 80 cm u.Fl. durchgeführt. Die gut sichtbaren Lockerungsgänge, die jedoch nicht breit genug sind, zeichneten sich durch die Zerstörung der Schieferstruktur und durch eine intensive Durchwurzelung aus. Die wichtigste Folge der Tieflockerung auf diesem Boden ist die Erhöhung des durchwurzelbaren Bodenraumes und damit der Regenkapazität, die bedeutungsvoller ist als die ebenfalls beachtliche Erhöhung des Gesamtporenvolumens.

Abb. 1: Ausschnitt aus der Bodenkarte der Gemeinde Lützellinden/Kreis Wetzlar

┌ die besichtigten Profilgruben 1 - 3

1. Parabraunerde aus Löß über kalkhaltigem Löß, Entkalkungsgrenze 90-150 cm u.Fl.
2. Erosierte Parabraunerde aus Löß über kalkhaltigem Löß, Entkalkungsgrenze 30-90 cm u.Fl.
3. Pararendzine aus Löß mit mäßig kalkhaltigem Oberboden
4. Pararendzine aus Löß mit stark kalkhaltigem Oberboden
5. Braunes Kolluvium aus Lößlehm
6. Braunes Kolluvium aus Lößlehm, vergleyt unterhalb 60-90 cm u.Fl.
7. Vega aus fluviatilen sandig-lehmigem Schluff bis schluffigem Lehm
8. Gley-Vega aus fluviatilen sandig-lehmigem Schluff bis schluffigem Lehm, vergleyt unterhalb 60-90 cm u.Fl.

Abb. 2: Geplante Volldränung und ausgeführter Plan eines Fangdräns zur Ableitung von Hangwasser in der Gemarkung Lützellinden

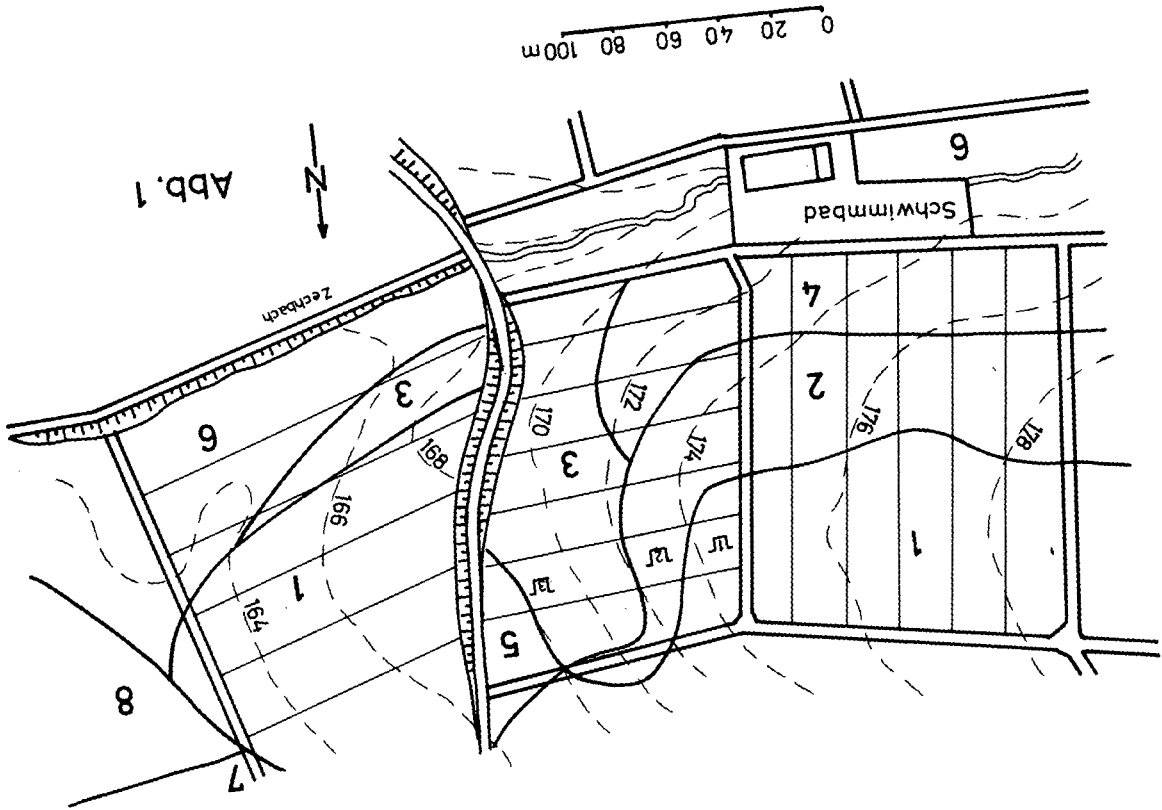


Abb. 1

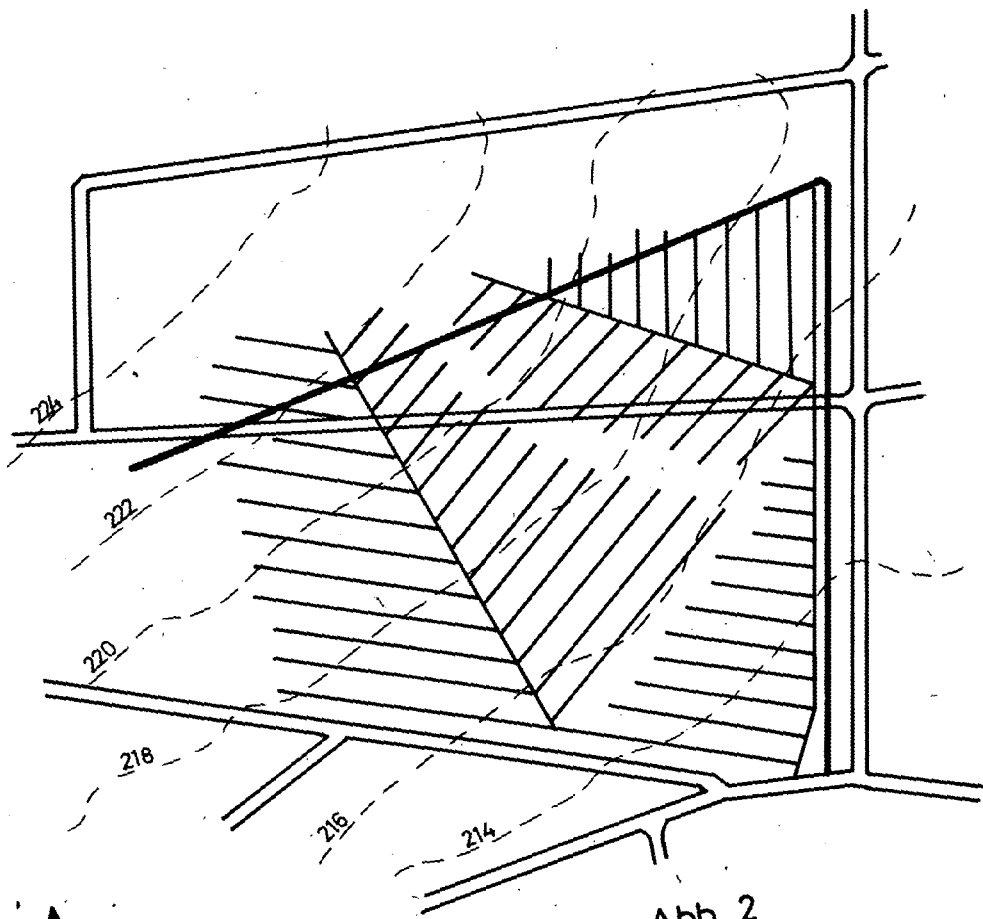


Abb. 2

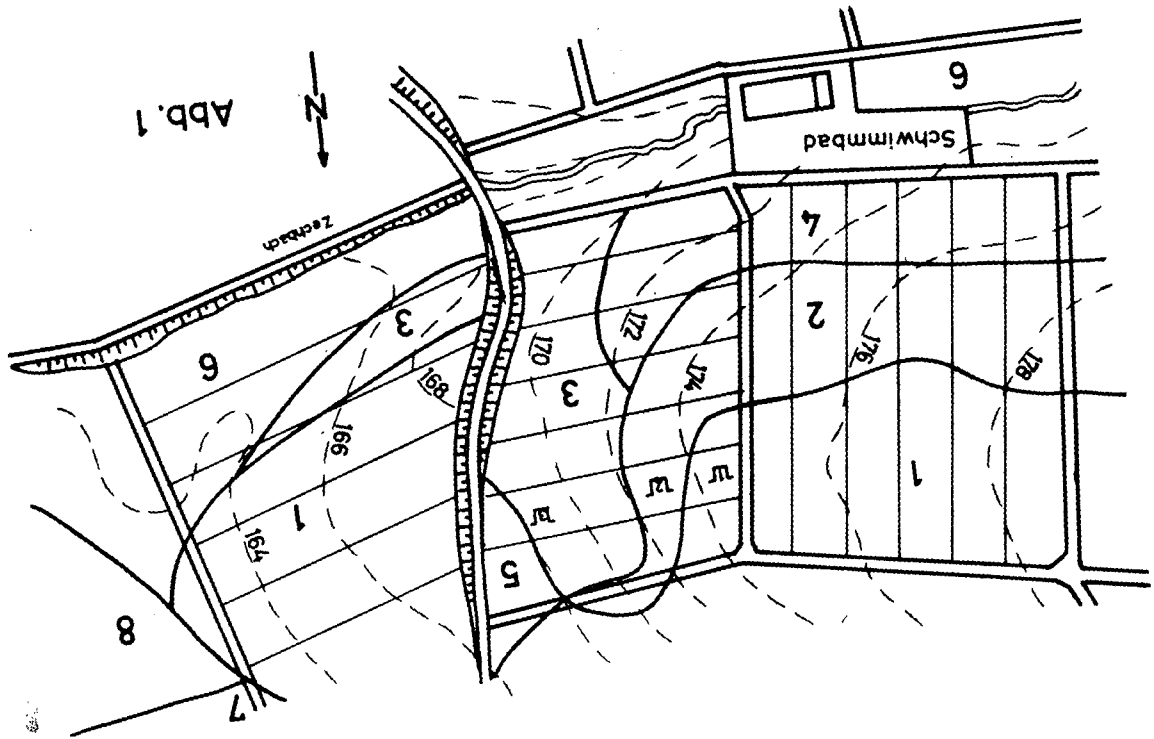
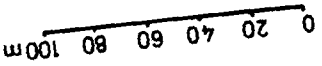
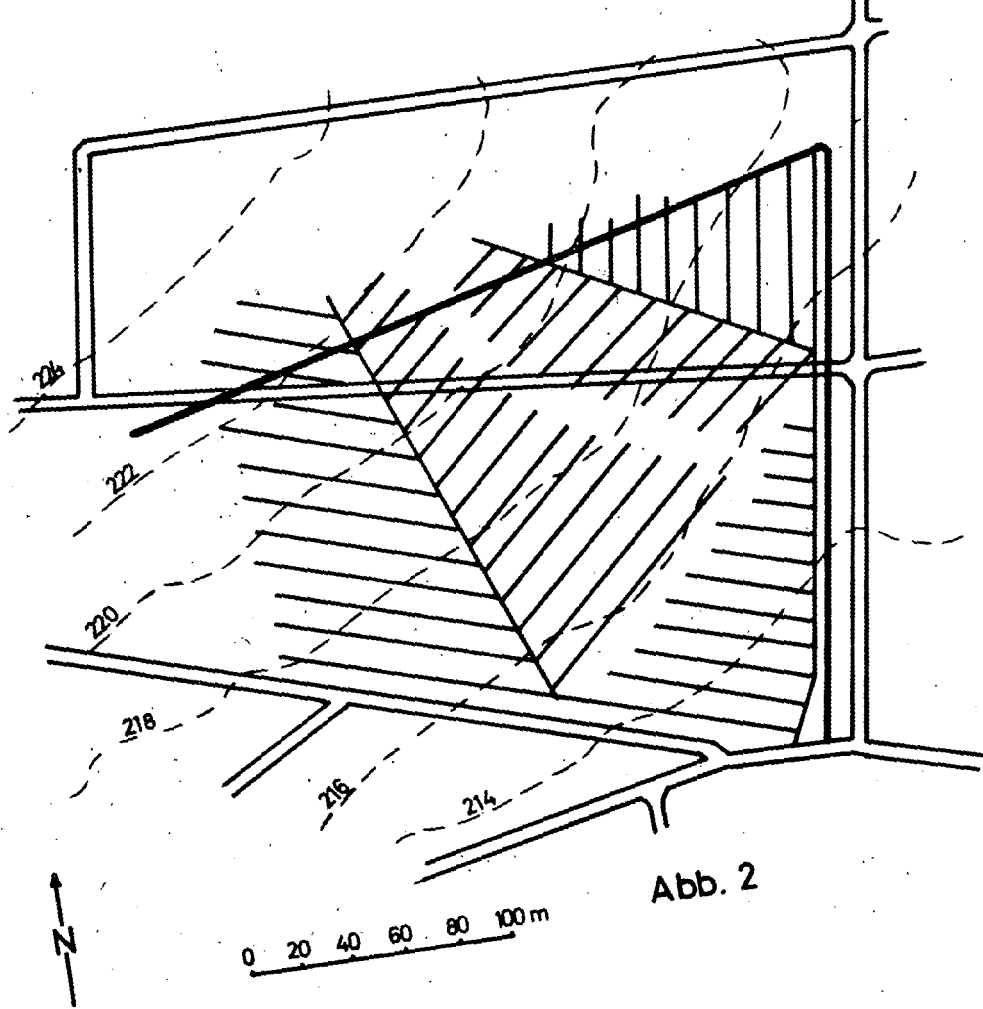


Abb. 1



REFERATE

zur Tagung der

D E U T S C H E N B O D E N K U N D L I C H E N
G E S E L L S C H A F T

in

H A N N O V E R

31.8. - 6.9.69

I N H A L T

1. <u>Was bedeuten unregelmäßige Verteilungen der Wasserleitfähigkeit bei Messungen an Stechzylinderproben,</u> K. H. Hartge	77
2. <u>Wasserdurchlässigkeitsmessungen im wasserungesättigten Boden mit Hilfe von Großpermeametern,</u> M. Renger	80
3. <u>Welche Faktoren beeinflussen die ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit von Moorböden?,</u> R. Bartels	83
4. <u>Zur Messung der ungesättigten Wasserleitfähigkeit,</u> H. H. Becher	87
5. <u>Automatische Registrierung des Wassergehaltes und der Wasserspannung in Bodenprofilen und Berechnungen des Wasserhaushaltes,</u> Giesel, Lorch, Renger, Strebel	90
6. <u>Modellmäßige Beschreibung der Ausbreitung kleiner Wassermengen in Sandböden,</u> R. Mull	93
7. <u>Ein statistisches Modell zur Beschreibung der Ausbreitung gelöster Stoffe in porösen Medien,</u> B. Hoffmann	98
8. <u>Zum Einfluß der Eintrittsöffnungen und des Drängrabenverfüllbodens auf die Wasseraufnahme eines Dräns,</u> G.Mann	100
9. <u>Stoffverfrachtung durch Oberflächengewässer in verschiedenen Landschaften,</u> H.H. Koepf und M. Klett	108
10. <u>Hydrologische Beobachtungen an zwei kleinen Wassereinzugsgebieten mit unterschiedlichen Bodenverhältnissen,</u> E. Schekorr	111
11. <u>Ein stationäres Grundwasserstandsversuchfeld zur Ermittlung der Dynamik des Bodenwasserhaushaltes,</u> F. Krämer und R. Bahr	117
12. <u>Die Beurteilung der Bodenfeuchte mit Hilfe der Vegetation,</u> B. Dancau	122

13. Über die hydroökologische Beurteilung von Böden, dargestellt am Beispiel von Pelosolen, O.Wittmann 125
14. Zur Durchlässigkeit der Tiefpflugkulturen in Moor und Anmoor, R. Eggelsmann 128
15. Einfluß mineralischer und organischer Komponenten auf physikalische Eigenschaften von Sandmischkulturen, H. Kuntze 131
16. Die Rekultivierung von Tagebauen aus bodenkundlich-kulturtechnischer Sicht, B. Wohlrab 134
17. Neue Wege bei der Aufwertung von Pseudogleyen, G. Schmid und H. Weigelt 137
18. Stand der Entwicklung neuer Lockerungs- und Tiefendüngungsgeräte, H. Schulte-Karring 147
19. Grundsätzliches zur Bodenmelioration in Trockengebieten, R. Ganssen 151
20. Die Bestimmung der Nachlieferungsgeschwindigkeit und Kapazität verschiedener Nährionen im Boden mittels Elektro-Ultrafiltration (EUF), K. Németh 154
21. Die Bodenlösung - Zusammensetzung, Gleichgewichte, Informationsgehalt, B. Ulrich 158
22. Der Einfluß von synthetischen Eisenoxiden auf die Aggregatstabilität zweier Lößböden, S. Schahabi und U. Schwertmann 163
23. Einfluß des Fulvosäure/Huminsäureverhältnisses auf die Extraktion organisch gebundenen Eisens aus Sandböden, H. Wiechmann 165
24. Über die Auswertung von Farbquotientenmessungen an reliktschen Schwarzerden, G. Strunk-Lichtenberg 168
25. Die Umsetzung von markiertem Pflanzenmaterial im Boden unter Feldbedingungen, D.Sauerbeck, F.Führ 174

26. Untersuchungen über organische Substanz und Mineralkörper in einer Abfolge von degradierten Schwarzerden aus dem Hildesheimer Raum, W. Rochus 178
27. Die Bodenbiologie - ein ökologisch-fundiertes Forschungsgebiet, A. Braune 182
28. Untersuchungen über einige biologische und chemische Veränderungen an Böden unter dem Einfluß verschiedener Klimastandorte (Klimaversuch), E. Ahrens 183
29. Mikrobiologische Untersuchungen an Waldstandorten im Solling, G. Jagnow 187
30. Über die Beteiligung ubiquitärer Bakterien an Eisenreduktion und Gleybildung im Boden, J.C.G. Ottow 194
31. Blaualgen und Vorstufen der Bodenbildung auf vulkanischem Substrat (bisherige Befunde auf Surtsey/Island), G. H. Schwabe 198
32. Das Verhalten von Schimmelpilzen in Böden. Der Einfluß von Witterung, Feuchtlagerung und Trocknung auf Pilze und Keimzahlen, A. von Klottek 200
33. Die Bildung von stickstoffhaltigen Phenolpolymerisaten in den Zellen niederer Pilze, K. Haider u. J.P. Martin 202
34. Die Beeinflussung der Abbauintensität von Monolinuron (Aresin) im Boden durch Zugabe verschiedener Mikroorganismen, A. Süß 206
35. Ein Beitrag zur Kenntnis der Biozönose einiger Aueböden Bayerns, B. Dancau und J. Bauchhenß 209
36. Die Sukzession der Bodenfauna (Carabiden Coleoptera, Diplopoden und Isopoden) in den Aufforstungen des Rheinischen Braunkohlenreviers, U. Neumann 214
37. Zur Besiedlung salzbeeinflusster Torfstandorte durch Coleopteren, D. Mossakowski 217

38. Beziehungen zwischen Nährstoffgehalt in Böden und Pflanzen, P. Schachtschabel 220
39. Veränderungen des Stickstoff-Angebotes im Boden einer Obstanlage durch Witterung und Bewirtschaftung, F. Waller 222
40. Untersuchungen zur Bestimmung des wirksamen Anteils von Düngerphosphaten mit besonderer Berücksichtigung der Rohphosphate, I. Scharafat und A. Finck 225
41. Zum Schwefelhaushalt schleswig-holsteinischer Böden, H.-S. Grunwaldt und D. Schroeder 227
42. Der Ernährungszustand süddeutscher Tannenbestände (Abies alba Mill.) in Abhängigkeit von den Nähr-elementvorräten im Boden, K. E. Rehfuess 231
43. Eignung von Böden für den Anbau von Citrus im Gebiet von Morphou/Zypern, H. Lüken 233
44. Möglichkeiten und Grenzen der Radiokohlenstoff-Altersbestimmung von Böden - I. Methodische Probleme, M. A. Geyh 239
45. Möglichkeiten und Grenzen der Radiocarbon-Altersbestimmung von Böden, II. Probleme der bodengeneti-schen Auswertung, R. Lüders, J.-H. Benzler, G. Roeschmann und H. Schneekloth 242
46. Fortschritte in der Systematik der Böden der Bundes-republik Deutschland, E. Mückenhausen 246
47. Ein Vorschlag zur Klassifizierung der Böden unter morphogenetischen Aspekten, D. Schroeder 280
48. Gedanken zur Bildung von Bodengesellschaften, G. Schaffer 282
49. Gliederung und Beschreibung des Humusprofils in mitteleuropäischen Wäldern, U. Babel 289

50. Zur Genese und Klassifizierung der Marschböden,
W. Müller 294
51. Der Einfluß von salzhaltigem Grundwasser auf die
Kationenbelegung nordfriesischer Marschböden,
H. Dümmler 302
52. Untersuchungen zum Carbonatgehalt mariner, brackiger
und fluviatiler Schlicke im Nordseeküstenbereich
zwischen Belgien und Dänemark, G. Brümmer,
A.J. de Groot und K. H. Zschuppe 306
53. Der Kalkgehalt in holozänen Sedimenten des nieder-
sächsischen Küstengebietes und seine Bedeutung für
die Genese der Marschböden, J.-H. Benzler, H. Voigt
und W. Müller 308
54. Mikroskopische Untersuchungen des Mineralbestandes
einer Kalk- und einer Kleimarsch, E. Kalk 312
55. Die Rolle des Kalkes bei der Entstehung des Sodas
und der "Szik"-Bodenprofile, R. Vámos 315
56. Die quartären Sande im nördlichen Westfalen und ihre
Bodenbildungen, H. Dahm-Arens 318
57. Verbreitung und Eigenschaften rotgefärbter Sandböden
in Norddeutschland, F. Bailly 323
58. Historisch datierbare Parabraunerden im Neckerland,
S. Müller 327
59. Vergleich der Profilentwicklung von Parabraunerden
aus Löß unter Laubwald und Acker, H. Kußmaul und
H.W. Zöttl 332
60. BC-Übergangshorizonte in circumalpinen Terrassenschottern,
F. Fezer 336
61. Lithosol - Braunerde - Vertisol - Catena des Wochecha-
gebietes westlich Addis Abeba/Äthiopien, I. Valetton 339

62. Die Voraussetzungen für die Auswertung bodenkundlicher Untersuchungen am Beispiel der Auswertung der Bodenkarten von Niedersachsen 1 : 5 000 und 1 : 25 000, W. Müller 342
63. Kleinmaßstäbliche Bodenübersichtskarten (1:100 000) für Zwecke der Raumplanung in Niedersachsen, R. Lüders 347
64. Beispiele der Auswertung von Bodenkarten i. M. 1 : 5 000 für spezielle Zwecke der landwirtschaftlichen Betriebsberatung, H. Voigt und G. Roeschmann 350
65. Pedochemische Verwitterung, Mineral-Umwandlung und Mineral-Neubildung in den Pyroklastika und in den Tuff-Mischsedimenten der Laacher Eruptionsphase, H. Gebhardt, P. Hugenroth und B. Meyer 354
66. Intrakristalline Quellung montmorillonitischer Tonminerale in Abhängigkeit von Kationenbelegung und Wasserdampf-Partialdruck, H. Gebhardt, D. Heitmann und B. Meyer 361
67. Zur Kinetik der Kalium-freisetzung aus Glimmern, H. Graf von Reichenbach 369
68. Tonmineralumwandlung durch Düngung, E.A. Niederbudde 371



Was bedeuten unregelmäßige Verteilungen der Wasserleitfähigkeit bei Messungen an Stechzylinderproben*)

von K. H. Hartge**)

In den letzten Jahren haben Bohrlochmethoden eine starke Verbreitung in der kulturtechnischen Praxis gefunden, wenn es sich darum handelt, die Wasserleitfähigkeit im Hinblick auf die Bemessung der Dränabstände zu bestimmen. Die Verwendung dieser Methoden stößt jedoch gelegentlich auf Schwierigkeiten, z.B. wenn in Stauwasser-führenden Böden gemessen werden soll zu einer Zeit, zu der kein Stauwasser vorhanden ist, oder wenn eine genauere Festlegung der Strömungsrichtung erwünscht ist, als es die Messungen im Bohrloch erlauben. In Fällen wie den erwähnten bleibt in der Regel nichts anderes übrig, als die Proben - gewöhnlich mit Stechzylindern - im Freiland zu entnehmen und im Labor unter definierten Fließbedingungen zu untersuchen. Hierbei erhält man bei den Ergebnissen Streuungen, die im Bereich mehrerer Zehnerpotenzen liegen. Diese Streuungen machen es oft unmöglich, mit einem vertretbaren Aufwand an Parallelen Unterschiede zwischen Profilschichten bzw. -horizonten eindeutig festzustellen. (Benecke, 1968)

Andererseits wieder weisen die Streuungen oft eine gewisse Gesetzmäßigkeit auf, in der Art, daß bestimmte Formen der Häufigkeitsverteilungen parallel laufen mit bestimmten pedologischen Horizontausbildungen.

Diese letzte Tatsache war der Anlaß zu den hier beschriebenen Untersuchungen. Es standen also zwei Gesichtspunkte im Vordergrund der Auswertung:

*) Kurzfassung, Vollständige erweiterte Fassung, Hartge u. Bailly, an "Geoderma" eingesandt.

**) Institut für Bodenkunde der Techn.Universität Hannover.

- 1) Pedologische Aussagemöglichkeiten aufgrund von Wasserleitfähigkeitsmessungen an Stechzylinderproben,
- 2) Vergleichbarkeit der Messwerte mit den mittels Bohrlochmethoden erhaltenen.

Zur Auswertung wurden etwa 2 700 Wasserleitfähigkeitswerte verwendet, die an Stechzylinderproben aus Lößböden gemessen worden waren. Dabei handelte es sich meist um 10-15 Parallelbestimmungen je Horizont. Zur weiteren Charakterisierung der Proben wurde für jede Parallelengruppe der Anteil an Poren $> 50\%$ aus der Wasserspannungskurve bestimmt. Durch Kombination der Wasserleitfähigkeitswerte mit dem Anteil dieser Poren wurde die relative Kontinuität dieser Porenfraktion ermittelt. Die dafür verwendete Arbeitsweise wurde früher beschrieben. (Hartge, 1961)

Die Auswertung läßt eine Interpretation der Ursachen für die beobachteten Streuungen der Wasserleitfähigkeitswerte zu, die sich mit den morphologischen Beobachtungen an den betreffenden pedologischen Horizonten deckt. So wurde z. B. die mittlere Kontinuität des Porensystems $> 50\%$ bei verschiedenem Porenanteil durch verschieden dichte Lagerung hervorgerufen, die teils durch Zusammensacken einer früher lockeren Lagerung, teils durch nachträgliche Auflockerung durch sehr zahlreiche Sekundärporen entsteht. Dies ist für bestimmte Horizonte typisch.

Ausbildung einer geringen Anzahl von Sekundärporen sowie Blockierungen der Passagen zwischen Primärteilchen bei bestimmten Lagerungsdichten führen dagegen zur Ausbildung großer bzw. kleiner Kontinuitäten, d. h. zu einer im Vergleich zum Porenanteil zu hohen oder zu kleinen Wasserleitfähigkeit. Auch hier zeigen die meisten pedologischen Horizonte jeweils ein besonderes Verhalten.

Versucht man von diesen Beobachtungen her auf die Vergleichbarkeit von Meßwerten an Stechzylindern und an Bohrlöchern zu schließen, so zeigt sich, daß in erster Linie der Einfluß der Sekundärporen die Unterschiede hervorruft. Diese Unterschiede müssen um so größer sein, je stärker die Kontinuität der gemessenen Wasserleitfähigkeit von der mittleren Kontinuität abweicht. Es müssen also die Meßwerte der mittleren Kontinuität mit denen der Bohrloch-

methoden übereinstimmen, weil nur bei Gegenüberstellung dieser Wertegruppen Fließsysteme verglichen wurden, bei denen der Einfluß von gestreckten Sekundärporen gleichgehalten wird. Führt man diesen Gedankengang weiter, so zeigt sich, daß die alte, empirisch begründete Methode, den Dränabstand aus der Textur zu bestimmen, auch neuen Beobachtungen standhält. Denn tatsächlich sind die durch Sekundärporen im Boden hervorgerufenen Abweichungen der Wasserleitfähigkeit von den durch die Textur- d. h. durch die Porengrößenverteilungen gegebenen im gesamten Bodenkörper nur unter relativ seltenen Ausnahmbedingungen wirksam.

Literatur

- HARTGE, K.H. (1961) Z.Pfl.Ern.Ogg.Bodenkde. 94, 154-174
BENECKE, P. (1968) Mitt.Dtsch.BodenkdL.Ges. 8, 21-23



Wasserdurchlässigkeitsmessungen im wasserungesättigten Boden

mit Hilfe von Großpermeametern

von M. Renger *)

An zwei verschiedenen Lößböden (Parabraunerde und Parabraunerde-Pseudogley) wurde mit Hilfe von Großpermeametern die Wasserdurchlässigkeit im ungesättigten Feuchtezustand bestimmt. Die dabei verwendeten Großzylinder haben einen Durchmesser von 1,13 m (= 1 m² Querschnittsfläche) und eine Länge von 1,5 m.

Die Großzylinder wurden mit einer hydraulischen Presse in den Boden eingebracht und anschließend zu einer Meßstation transportiert.

Das Schema der Meßanlage ist aus der ersten Abbildung ersichtlich. Die Anlage besteht im wesentlichen aus dem Vorratsgefäß, dem Niveaustandhalter und dem Permeameter. Um die Durchlässigkeit der einzelnen Horizonte zu messen, wurden keramische Filterkerzen seitlich in den Zylinder eingebaut. Damit werden die Wasserspannungen und die sich daraus ergebenden Gradienten während des Durchflusses gemessen und daraus die Durchlässigkeit der einzelnen Horizonte errechnet.

Aus dem Vorratsgefäß gelangt das mit Hilfe der Vakuumpumpe entlüftete Wasser über das Niveaugefäß durch die keramischen Filterkerzen in den Boden. Das Wasser kann dabei unten oder auch oben zugeführt werden. Wird es von unten zugeführt, dann muß an den oberen Kerzen ein Unterdruck angelegt werden. Die Messungen des Durchflusses erfolgen, nachdem sich ein stationärer Zustand eingestellt hat. Dieser Zustand ist erreicht, wenn sich die Durchflußmenge je Zeiteinheit und die Verteilung der Wasserspannung innerhalb der Probe nicht mehr ändert.

*) Nieders. Landesamt für Bodenforschung, Hannover

Die kapillare Leitfähigkeit der gesamten Probe bzw. der einzelnen Horizonte errechnet sich nach DARCY wie folgt:

$$k = \frac{v}{\frac{h}{l} - 1}$$

k = kapillare Leitfähigkeit
v = Durchflußgeschwindigkeit
h = Wasserspannungsdifferenz
l = Mächtigkeit des Horizontes bzw. des gesamten Profils

Die Durchflußgeschwindigkeit (v) ist im stationären Zustand im gesamten Profil gleich hoch. Aus der Gleichung folgt, daß die Gradienten bei unterschiedlicher Durchlässigkeit der einzelnen Horizonte ebenfalls verschieden sein müssen. Ein hoher Gradient entspricht einer geringen Durchlässigkeit und umgekehrt.

In der Abbildung 2 sind die Wasserspannungswerte und Gradienten während einer Messung aufgetragen. Auf der Ordinate sind die einzelnen Horizonte und die Probenlänge, auf der Abszisse die Wasserspannungen aufgetragen. Außerdem sind die Gradienten der einzelnen Horizonte eingetragen. Die negativen Vorzeichen besagen, daß der Durchfluß nach unten erfolgt. Jenseits der hier eingezeichneten Gleichgewichtslinie werden die Gradienten positiv, d. h. es findet eine aufwärts gerichtete Wasserbewegung statt. Je steiler die Linien verlaufen, umso höher ist der Gradient und umso niedriger die Durchlässigkeit des Horizontes.

In dem Gradienten 0,95 kommt sehr gut zum Ausdruck, daß der bereits im Gelände als S_d angesprochene Horizont auch den höchsten Gradienten und damit die niedrigste Durchlässigkeit besitzt.

In Tabelle 1 sind einige Ergebnisse der Großpermeometermessungen von zwei verschiedenen Lößböden aufgeführt. Aus den Ergebnissen geht klar hervor, daß die Durchlässigkeit des Parabraunerde-Pseudogley bei etwa gleicher Wasserspannung bedeutend niedriger ist als bei der Parabraunerde.

In Abbildung 3 ist die Beziehung zwischen Wasserspannung und der Durchlässigkeit von einem A₁- und einem B_t-Horizont einer

Parabraunerde dargestellt. Der Vergleich der beiden Horizonte zeigt, daß die Durchlässigkeit des A_1 -Horizontes bei gleicher Wasserspannung höher ist als die des B_t -Horizontes. Die Ursache hierfür liegt in der unterschiedlichen Porengrößenverteilung.

Tabelle 1 - Einige Ergebnisse der Großpermeameterversuche

Horizont	Tiefe	V cm ³ /cm ² /Tag	$\frac{h}{l} - 1$	K cm/Tag	$\bar{\mu} h$ cm Ws
1. Parabraunerde aus Löß (Banteln)					
Ap	0 - 27		0,4	0,2	90
A1	- 50		0,1	0,8	75
Bt	- 78		0,4	0,2	50
Bvt	- 115	0,08	0,3	0,26	30
Bv	- 150		0,5	0,16	10
Profil	0 - 150		0,4	0,20	50
2. Parabraunerde-Pseudogley aus Löß (Odageen)					
Ap	0 - 25		0,5	0,08	80
A1/Bt	- 50		0,2	0,20	65
Bt/Sw	- 95	0,04	0,4	0,10	40
Sw	- 128		0,3	0,13	20
Sd	- 150		0,95	0,04	0
Profil	0 - 150		0,45	0,09	40

V = Durchflußgeschwindigkeit

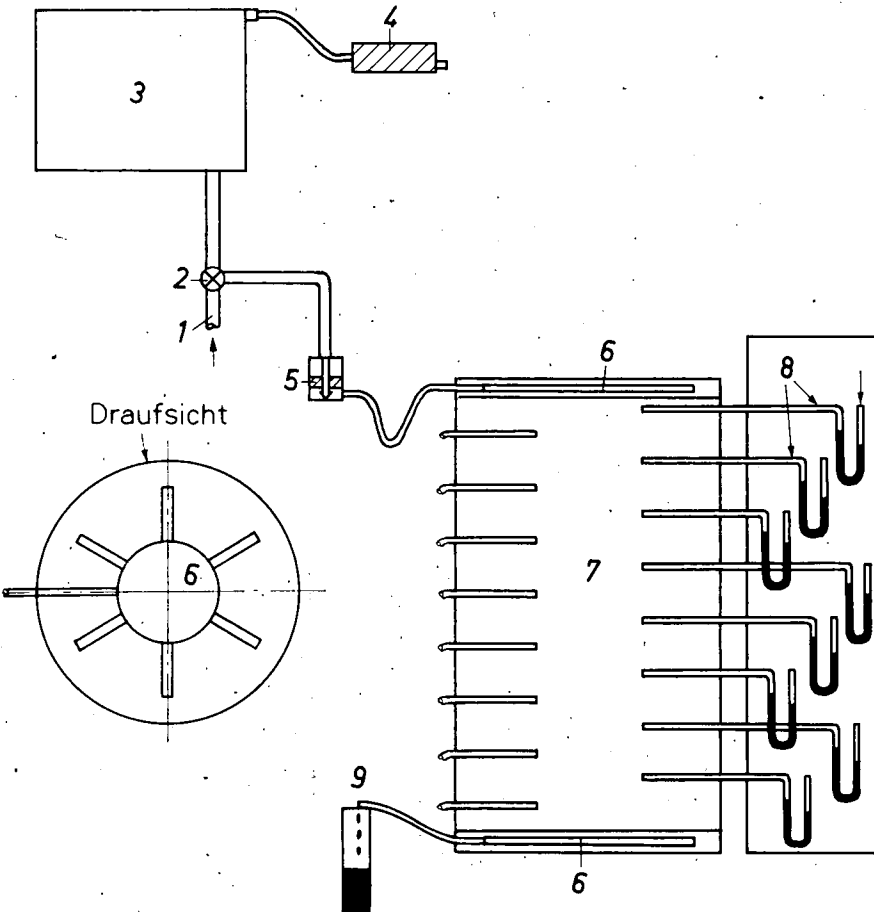
h = Differenz der Wasserspannung

l = Mächtigkeit des Horizontes bzw. des Profiles

K = Wasserleitfähigkeit

$\bar{\mu} h$ = mittlere Wasserspannung

Abb. 1 Schema der Großpermeameteranlage



1 = Wasserzulauf

2 = Dreiwegehahn

3 = Vorratsgefäß (100l)

4 = Vakuumpumpe mit Manometer

5 = Niveaunkonstanthalter

6 = keramische Filterkerzen

7 = Großpermeameter

8 = Tensiometer

9 = Auslauf mit Meßgefäß

Abb. 2 Parabraunerde – Pseudogley aus Löß (Odagsen)

Wasserspannungswerte und Gradienten
während der Wasserleitfähigkeitsmessung

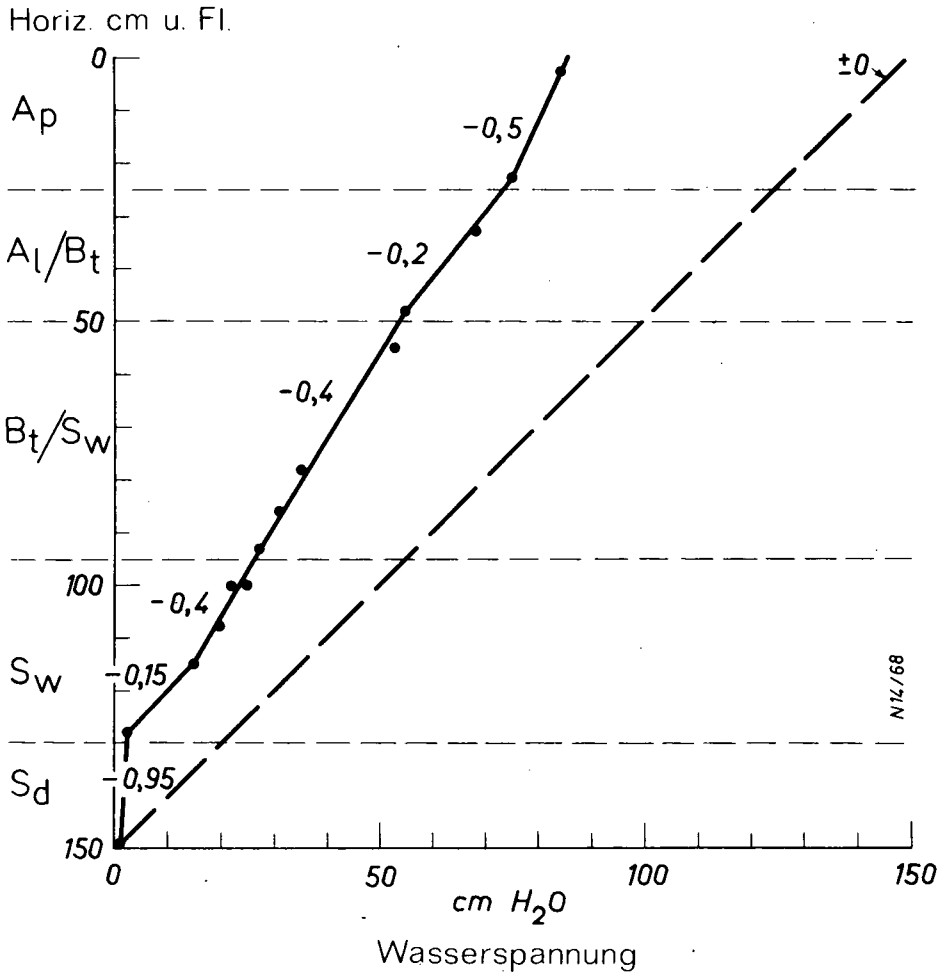
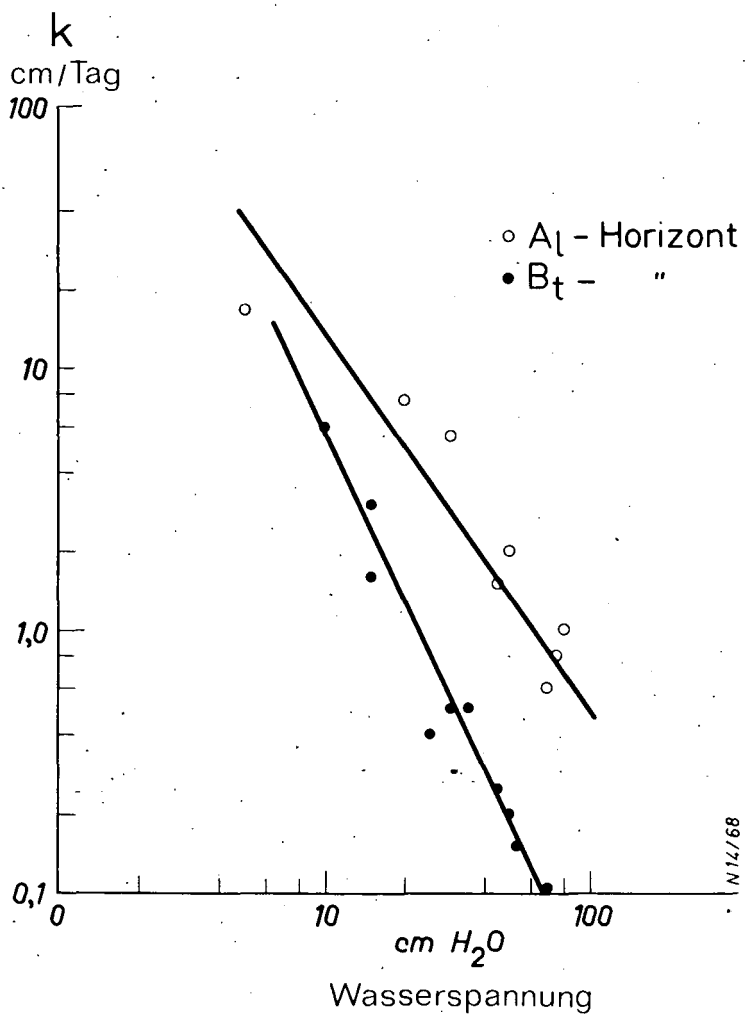


Abb. 3

Kapilläre Leitfähigkeit in Abhängigkeit von der Wasserspannung bei einer Parabraunerde aus Löß (Banteln)



89/71/N

Welche Faktoren beeinflussen die ungesättigte hydraulische
Leitfähigkeit von Moorböden ?

von R. Bartels *)

Organogene Böden sind in ihrer Entwicklung und in ihrem derzeitigen Status stärker vom jeweiligen Gebietswasserhaushalt beeinflusst als Mineralböden. Bei der Nutzung dieser von Natur aus grundwassernahen Böden wirkt sich ein Eingriff in den Wasserhaushalt je nach Torfart mehr oder weniger stark und im Vergleich zu Mineralböden schnell auf die physikalischen Bodeneigenschaften aus. Mit der Grundwasserabsenkung ist ein Anstieg der Saugspannung im durchwurzelten Raum verbunden, und abhängig davon ergeben sich andere Verhältnisse für die ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit im Profil.

Nach bei der Torfansprache gebräuchlichen Kriterien wurden unterschiedliche Torfe auf ihre ungesättigte Leitfähigkeit geprüft:

Die wichtigsten Kriterien sind:

1. Genese und Trophie der Moore, die ihren Ausdruck in der jeweils typischen Zusammensetzung der Torfbildner finden.
2. Der Zersetzungsgrad der Torfe hat den stärksten Einfluß auf alle physikalischen Eigenschaften (Porengrößenverteilung).
3. Die Dichtlagerung bestimmt den Gesamtporenraum (GPV).
4. Der Durchschlickungsgrad bei Niedermooren und die Überschlickung in der Moormarsch bewirken ein Verhalten der Böden, das zu stark bindigen Böden tendiert.

*) Nieders. Landesamt für Bodenforschung
- Außeninstitut für Moorforschung und angewandte Bodenkunde -
28 Bremen, Friedr. Mißler-Straße 46-48.

5. Durch Sandbeimengungen in künstlich umgestalteten Hochmoorprofilen verändern sich die Verhältnisse für den Wassertransport im gesättigten und ungesättigten Boden.

Über die Untersuchungsmethoden und die ersten Ergebnisse wurde auf der Sitzung der Kommissionen I und VI der DBG 1968 in Braunschweig berichtet (1).

Bei anfänglich hohen Durchflußraten im niedrigen Saugspannungsbereich nimmt ein schwach zersetzter Hochmoortorf mit steigendem pf -Wert sehr schnell in der Wassernachlieferung ab. Im Vergleich dazu beginnt die k_f -Kurve eines stark zersetzten Hochmoortorfes mit weitaus geringeren Durchflußmengen, zeigt aber mit zunehmend höheren pf -Werten einen flacheren Verlauf. Die Zunahme des Zersetzungsgrades von Torfen ist also wie die Zunahme der Bindigkeit von Mineralböden in bezug auf den kapillaren Wassertransport zu werten.

Die Zugehörigkeit der Torfe zu Hoch- oder Niedermoor spielt nur eine untergeordnete Rolle. Für Niedermoortorfe konnte eine Abnahme der Leitfähigkeit im niedrigen Saugspannungsbereich mit zunehmender Durchschlickung nachgewiesen werden.

Während Mineralböden ein relativ stabiles poröses System darstellen, schwankt das ohnehin geringe Substanzvolumen von Torfen in weiten Grenzen. HALLAKORPI und SEGEBERG (2) unterscheiden:

Substanzvolumen	< 3 Vol. %	fest schwimmend
"	3-4,9 "	locker
"	5-7,4 "	ziemlich locker
"	7,5-12 "	ziemlich dicht
"	> 12 "	dicht

Um den Einfluß unterschiedlicher Dichtlagerung auf die hydraulische Leitfähigkeit zu ermitteln, wurden schwach zersetzte Hochmoortorfproben während des Meßvorganges mit Hilfe von Schraubzwingen verschieden stark komprimiert, die entsprechenden k_f -Kurven sind aus Abb. 1 ersichtlich.

Die relativ hohen Durchflußmengen des "locker" gelagerten Hochmoortorfes nehmen mit steigendem Saugdruck schnell ab, von p_f 1,78 bis 3 überspannt die Kurve 3,7 Zehnerpotenzen. Lagern die Torfe dichter, wie bei den Proben II und III, zeigt die Kurve für die Abnahme der Wassernachlieferung einen steileren Verlauf. Im Bereich bis p_f 3 wird das Volumen der wasserführenden Poren mit zunehmender Lagerungsdichte eingeengt. Es werden nicht aus groben Poren mehr feine Poren neu geschaffen, als durch den Kompressionsvorgang feine Poren geschlossen werden, denn dann hätten sich die Kurven überschneiden müssen. In der unterschiedlichen Steigung liegt lediglich eine Andeutung, daß sie sich im Bereich $> p_f$ 3 kreuzen.

Aus Vergleichen mit unterschiedlich dicht lagernden, stark zersetzten Torfen kann der Schluß gezogen werden, daß der Zersetzungsgrad der Torfe einen größeren Einfluß auf die kapillare Leitfähigkeit ausübt als die Lagerungsdichte.

In Hochmoorprofilen, die über Gley-Podsol aufgewachsen sind, bildet der fossile Ah-Horizont einen Staukörper; nicht nur die gesättigte sondern auch die ungesättigte Leitfähigkeit im unteren Saugspannungsbereich sind sehr gering. Bei einem Tiefumbruch eines solchen Profiles, der den Ah-Horizont ganz und den darunterliegenden Sand noch zum Teil mit erfaßt, wird die Wirkung dieser Störschicht aufgehoben, ähnlich wie auf Parabraunerden durch Anpflügen des Bt-Horizontes und Vermischen mit dem A-Horizont eine Tonanreicherung in der Krumenschicht und eine bessere Durchlässigkeit des B-Horizontes erreicht werden.

Alle Faktoren, die Einfluß auf die ungesättigte kapillare Leitfähigkeit nehmen, zeigen eine komplexe Wirkung. Die Auswirkung auf den Wassertransport wird im einzelnen zu analysieren versucht, um Kenngrößen für die Beurteilung der hydraulischen Leitfähigkeit der verschiedenen Torfarten zu bekommen.

Literatur

- BARTELS, R. und KUNTZE, H.: Ungesättigte hydraulische Leitfähigkeit von Moorböden.
Göttinger Bodenkundl. Berichte 1,
155-161, 1968
- SEGEBERG, H.: Moorsackung durch Grundwasserabsenkung
und deren Vorausberechnung mit Hilfe
empirischer Formeln.
Z.f. Kulturtechn. 1, 144-161, 1960.

Zur Messung der ungesättigten Wasserleitfähigkeit

von H. H. Becher *)

Die Messung der Wasserleitfähigkeit im ungesättigten Zustand = ungesättigte Wasserleitfähigkeit (k_u) steht heute im Vordergrund bodenphysikalischer Untersuchungen. Sie wird meist nach der Doppelmembran- oder der Ausflußmethode gemessen, deren Hauptnachteile der hohe Zeitaufwand und die Berücksichtigung des Membran- und Übergangswiderstandes sind. Diese Nachteile haben zur Folge, daß im allgemeinen nur wenige Meßpunkte ermittelt werden, was aber zu wenig ist, denn die ungesättigte Wasserleitfähigkeit ist eine Kurve gegen Wassergehalt bzw. Saugspannung.

Deshalb wurde nach einer neuen Arbeitsweise gesucht, die es ermöglicht, (a) in kurzer Zeit (b) viele Meßpunkte zu erhalten. Nach Probeversuchen wurde folgende Lösung gefunden: Eine Stechzylinderprobe wird an der Basis abgedichtet und die Oberfläche der freien Verdunstung ausgesetzt. Die Berechnung von k_u erfolgt nach der Darcy-Gleichung. Die Ermittlung der hierfür benötigten Größen Q und $i = \text{grad}\psi$ wird an einem Schemabild erläutert und die sich daraus ergebende Gleichung

$$k_u = \frac{\Delta L}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta \theta}{\text{grad}\psi}$$

dargestellt.

Die Bestimmung der Wassergehaltsänderungen $\Delta \theta$ in der Probe erfolgt über die Saugspannungsänderungen in einem oberen und unteren Niveau. Gleichzeitig kann die Saugspannung gemessen und $\text{grad}\psi$ berechnet werden. Zur Messung von ψ werden in beide

*) Institut für Bodenkunde, 3 Hannover-Herrenhausen, Herrenh.Str.2

Niveaus sowohl kleine Tensiometer als auch kleine Gipsblöcke eingebaut, die den Saugspannungsbereich p_f 0-4,2 erfassen. Zur basalen Abdichtung wird eine Glasplatte und Paraffin verwendet.

Wie Fehlversuche gezeigt haben, erhält man bei freier Verdunstung keine ausreichenden Saugspannungsgradienten, so daß jetzt zum Wasserentzug bis max. 150 cm WS Schluff verwendet, darüber mit $CaCl_2$ -getrockneter Luft bewindet wird.

Zur Auswertung werden die gemessenen Saugspannungen in den Niveaus auf halblogarithmisches Papier gemeinsam für eine Probe gegen die Zeit aufgetragen und aus der an Parallelproben bestimmten, auch halblogarithmisch aufgetragenen p_f -Kurve die zeitlichen Wassergehaltsänderungen ermittelt. Die gefundenen Werte werden in obige Gleichung eingesetzt und k_u berechnet.

Daß die Reproduzierbarkeit der Werte gut ist, verdeutlicht die Streubreite, nicht Standardabweichung, von 1 Potenz bis -100 cm WS und von 1/2 Potenz >100 cm WS Saugspannung. Eine Korrektur der k_u -Kurve ist infolge der Vielzahl der Meßpunkte möglich.

Die Meßergebnisse zeigen 2 Beispiele: Das 1. Beispiel mit einer Gegenüberstellung eines Löß-, Ton- und Sandbodens zeigt deutlich den Einfluß von Textur und Struktur auf die ungesättigte Wasserleitfähigkeit (WL): Löß hat bei niedrigen Saugspannungen eine niedrige WL, bei hohen eine relativ hohe WL; Ton hat bei niedrigen Saugspannungen eine sehr niedrige WL, bei hohen Saugspannungen eine hohe bis sehr hohe WL; Sand hat bei niedrigen Saugspannungen eine hohe WL, bei hohen eine sehr niedrige WL. Die Angaben sind relativ zu verstehen.

Das 2. Beispiel zeigt den Gefügeeinfluß in einem Lößparabraunerdeprofil. Bei <150 cm WS treten große Unterschiede zwischen den Horizonten auf, bei größeren sind diese geringer, aber noch vorhanden. Besonders auffällig ist die hohe WL des A_1 -Horizontes bei niedrigen Saugspannungen gegenüber den übrigen.

Die aufgeführten Ergebnisse sind erst mit der entwickelten Arbeitsweise möglich, die es erlaubt: 1. in geringer Zeit den gesamten pF-Bereich zu durchmessen, maximal in 100 Std. bei gleichzeitiger Behandlung von 10 Proben; 2. viele Meßpunkte zu erhalten; 3. kleine Abweichungen zu erreichen = 5 Proben/Horizont, auch bei ungestörten Proben; und 4. keinen Übergangs- oder Membranwiderstand berücksichtigen zu müssen.



Automatische Registrierung des Wassergehaltes und der Wasser-
spannung in Bodenprofilen und Berechnungen des Wasserhaushaltes

von Giesel, Lorch, Renger und Strebel *)

Die Wasserbewegung in der ungesättigten Bodenzone kann vollkommen bestimmt werden, wenn im Bodenprofil die Wasserspannung und der Wassergehalt als Funktion der Zeit kontinuierlich verfolgt wird. Insbesondere erhält man den Abfluß in das Grundwasser, die Verdunstung von der Oberfläche, die Transpiration und die Vorratsänderung des kapillar gebundenen Wassers. Diese Größen werden aus den o.a. Daten durch Integration einer Differential-Gleichung gewonnen, der das DARCY-Gesetz und die Kontinuitätsgleichung für den Fluß zugrunde liegt.

Die Brauchbarkeit der Methode wurde an einer Parabraunerde aus LÖB über Niederterrasse geprüft. Die notwendigen kontinuierlichen Registrierungen der Wassergehaltsänderungen wurden mit der von LORCH (1967) entwickelten Gammadoppelsonde vorgenommen. Die Wasserspannungsmessungen erfolgten noch mit Quecksilbertensiometer, die täglich einmal abgelesen wurden. Über die Entwicklung eines automatisch arbeitenden Tensiometers, das die erforderliche hohe Maßfrequenz garantiert, wird am Schluß berichtet. Zusätzliche Niederschlags- und Grundwasserspiegel-Messungen sind registrierfähig.

In Abb. 1 und 2 sind auszugsweise einige Ergebnisse der Gammadoppelsonden- und Tensiometermessungen dargestellt. Aus Abb. 1 geht hervor, daß auch die Wassergehaltsänderungen innerhalb eines Tages mit der Gammadoppelsonde gut erfaßt werden können. Aus den Wassergehaltsänderungs- und Wasserspannungsmessungen können die Evapotranspiration und Grundwasserneubildung ermittelt

*) Nieders. Landesamt bzw. Bundesanstalt für Bodenforschung,
3 Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus

werden (Abb. 3). Bei den in Abb. 3 dargestellten Ergebnissen handelt es sich zunächst noch um Tagesmittelwerte.

Aus den Meßdaten folgen außerdem die Wassersorptions- bzw. -desorptionskurven für die einzelnen Horizonte. Für einen Bodenhorizont (Abb. 4) zeigen diese Kurven den erwarteten Hysteresiseffekt. Die im Labor gemessene Desorptionskurve liegt über den im Gelände ermittelten Meßwerten, wie man es theoretisch erwarten muß.

Ferner kann die Beziehung zwischen Durchlässigkeit (k) und Wassergehalt bzw. Wasserspannung aus den Meßdaten ermittelt werden.

Da bei den herkömmlichen Hg-Tensiometern eine automatische Registrierung nur schlecht möglich ist, wurde ein Druckaufnehmer-Tensiometer nach den prinzipiellen Vorschlägen von KLUTE und PETERS (1966), WATSON (1967) gebaut. Dieses Druckaufnahme-Tensiometer erfüllt die gestellten Forderungen, nämlich große Genauigkeit und Möglichkeit für automatische Registrierung sehr gut und weist zudem noch eine Reihe anderer Vorteile auf.

Der Druckaufnehmer verwandelt die über eine Metallmembran aufgenommenen Druckänderungen in elektrische Spannungswerte. Diese Umwandlung wird erreicht durch Dehnungs- und damit Widerstandsänderungen von freigespannten Meßdrähten in einer Brückenschaltung. Bei dem im folgenden beschriebenen Gerät werden die Wasserspannungen oder auch hydrostatischen Drucke relativ zum Atmosphärendruck bestimmt.

Das Druckaufnehmer-Tensiometer hat einen Durchmesser von ca. 3 cm und ist 12 cm lang. Das Volumen der Wasserfüllung mißt ca. 7 cm³. Im Prinzip müssen nur die elektrischen Kabel und ein Schlauch zur Verbindung des Druckaufnehmerstutzens mit der Atmosphäre über die Bodenoberfläche geführt werden. Für den Einbau in Bohrlöcher ist es allerdings zweckmäßig, das eigentliche Tensiometer mit einem Kunststoffrohr zu verlängern.

Die erreichbare Meßgenauigkeit der Druckaufnehmer-Tensiometer ist mindestens ± 1 cm Ws. Wegen der hohen hydraulischen Empfindlichkeit des Druckaufnehmers von ca. 10^5 cm WS/cm³ ist die Geräteträgheit sehr gering und liegt in der Größenordnung Zehntel Sekunden. Wasserspannungsänderungen werden also schnell erfaßt, eine Rückwirkung des Meßinstrumentes auf die Wasser-Verteilung im Boden ist vernachlässigbar, da wegen der hohen hydraulischen Empfindlichkeit kaum Wasser durch die Keramikzelle tritt.

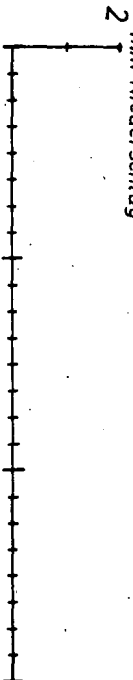
Aus physikalischen Gründen ist der Meßbereich von Tensiometern, die mit Wasser arbeiten, auf 800-850 cm Ws begrenzt. Mit Hilfe der Druckaufnehmer-Meßtechnik lassen sich aber auch höhere Wasserspannungen mit sogenannten osmotischen Tensiometern im Boden direkt messen. Dieses von PECK und RABBIDGE (1966, 1969) eingehend beschriebene Verfahren ermöglicht eine automatische Registrierung der Wasserspannungen auch in stärker austrocknenden Böden.

Literatur

- KLUTE, A. und PETERS, D.B.: Hydraulic and pressure head measurements with strain gage pressure transducers. - Proc. UNESCO-Neth.Gov.Symp. "Water in the unsaturated zone". Wageningen 1966
- LORCH, S.: Messung zeitlicher Wassergehaltsänderungen im Boden. - Zeitschr.f.Geophysik 33, 403-414, 1967
- PECK, A.J. und RABBIDGE, R.M.: Direct measurement of moisture potential: A new technique Proc. UNESCO-Neth.Gov.Symp. "Water in the unsaturated zone", Wageningen 1966
- " Design and performance of an osmotic tensiometer for measuring capillary potential. - Soil Sci.So.Amer.Proc. 33, 196-202, 1969
- WATSON, K. K.: A recording field tensiometer with rapid response characteristics.- J.Hydrol. 5, 33-39, 1967

Niederschläge und Wassergehaltsänderungen (ΔW)

Abb. 1
mm Niederschlag



ΔW

$\frac{g}{cm^3}$

+010

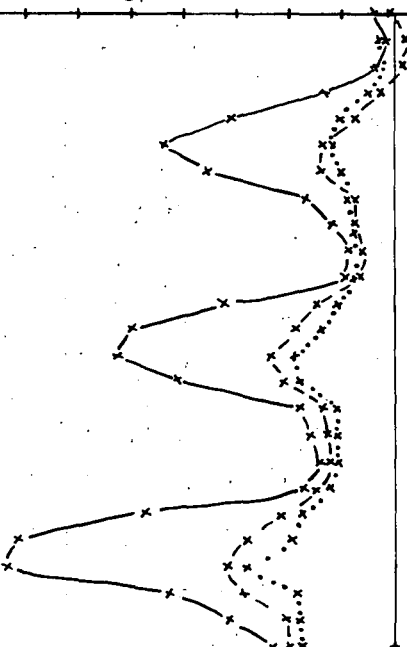
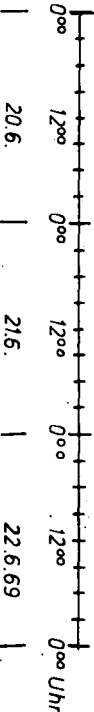
+005

0

-0,05

-010

— 5cm u. Gel.
- - 15 " " "
... 25 " " "



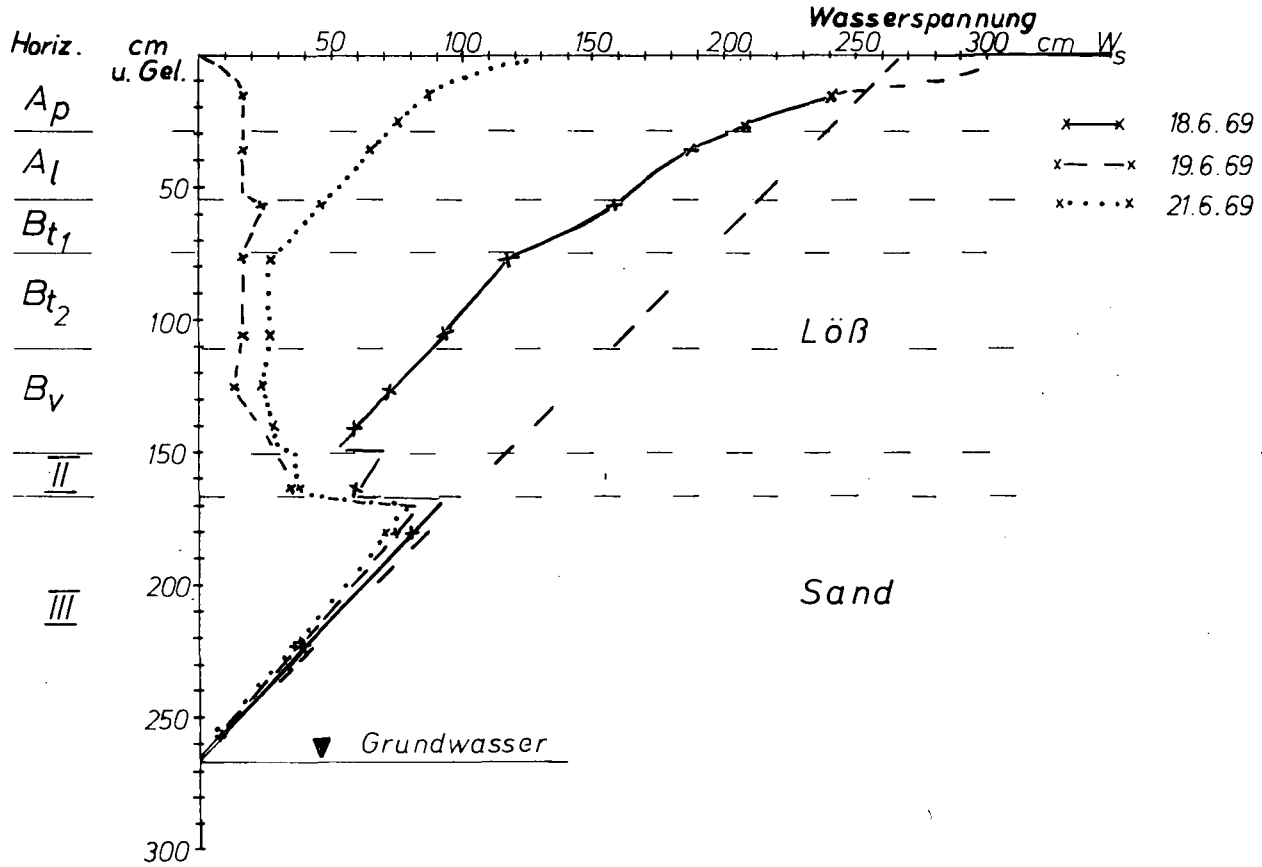
20.6.

21.6.

22.6.69

Profil 262 Parabraunerde aus Löß (Ahrbergen)

Wasserspannungsisochronen



- 92 b -

Abb. 2

Abb. 3

Evapotranspiration (E), Versickerung (A) und Grundwasserspiegel (Parabraunerde - Ahrbergen)

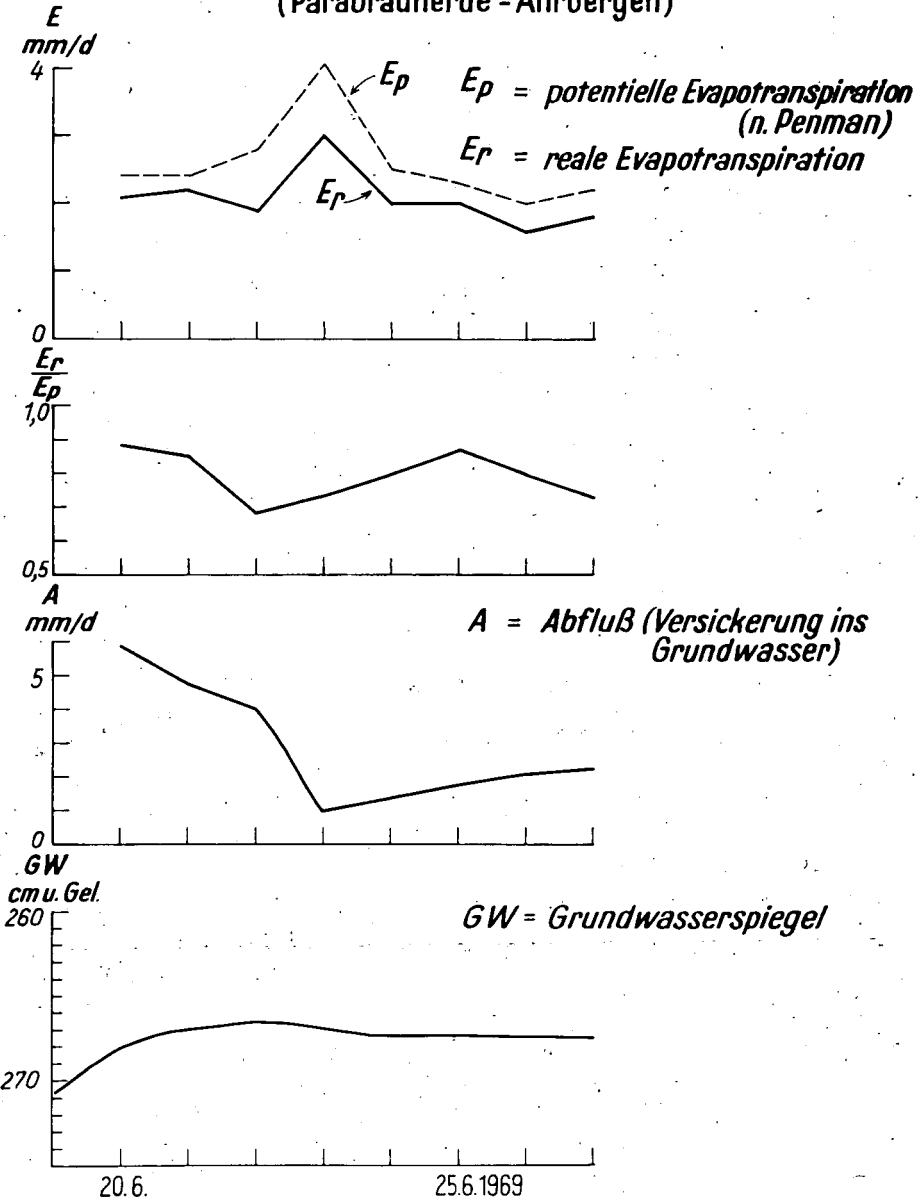
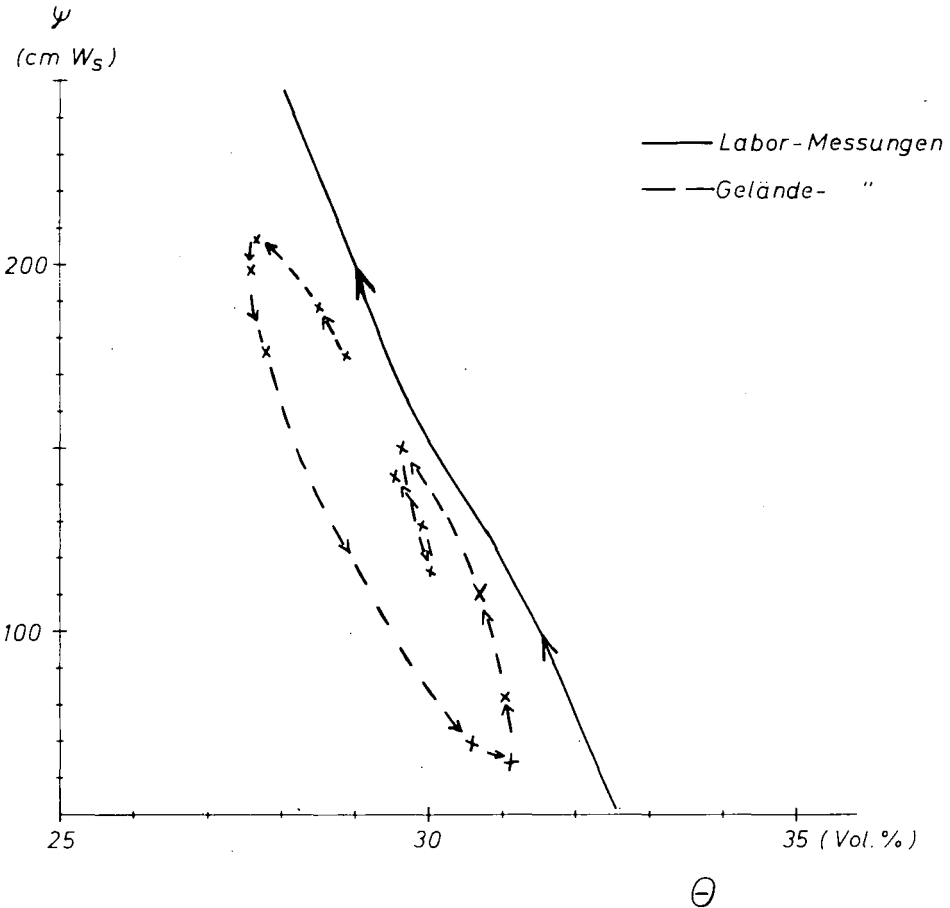


Abb. 4

Beziehung zwischen Wasserspannung (ψ) und Wassergehalt (θ) - A_1 - Horizont -





Modellmäßige Beschreibung der Ausbreitung kleiner Wassermengen
in Sandböden von R. Mull *)

Die experimentellen und theoretischen Untersuchungen der Ausbreitung kleiner Wassermengen in Sandböden sind im Rahmen eines größeren Forschungsprogramms über die Bewegung von Mineralölprodukten im Boden im Hinblick auf die Grundwasserverunreinigung durchgeführt worden. Neben mehreren Mineralölprodukten wurde bei den verschiedenen Experimenten immer wieder Wasser als Vergleichsflüssigkeit verwendet. Hier werden die eindimensionalen Ausbreitungsvorgänge diskutiert.

Sieben verschiedene Versuchssande wurden in Plexiglröhren gefüllt und die Parameter gemessen, welche die Geschwindigkeit der Ausbreitung beeinflussen:

1. Spezifische Durchlässigkeit k_o (cm^2)
2. Mittlere Porosität und Porositätsverteilung P
3. Kapillarspannungs- Sättigungskurven $h_c = f(S)$
4. Relative Permeabilität k_r als Funktion der Sättigung S für Wasser und Luft.

Die Messung der spez. Permeabilität erfolgte mit Luft. Die Porositätsverteilung wurde durch die Absorption monochromatischer Röntgenstrahlung gemessen.

Ein Röntgenspektrometer diente als Quelle der monochromatischen Strahlung. Ein motorgetriebener Schlitten bewegte die Rohre durch den Röntgenstrahl. Über ein Einkanal-spektrometer mit nachgeschaltetem Ratemeter und Schreiber wurde die Porositätsverteilung kontinuierlich registriert.

Auf diese Weise sind auch die Sättigungsverteilungen bei der Aufnahme der Kapillarspannungs-Sättigungskurven und bei der Messung der Ausbreitungsvorgänge von Wasser in den Bodensäulen ermittelt worden.

*) Institut für Wasserwirtschaft der Technischen Hochschule,
3 Hannover, Welfengarten 1

Die relativen Permeabilitäten von Luft und Wasser wurden für die verschiedenen Versuchssande mit einem elektrischen Analogmodell nach einer Methode von FATT gemessen. Damit waren alle wesentlichen Größen bekannt, welche die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Wasser in den verschiedenen Bodenarten beeinflussen.

Grundlage für die Beschreibung der Ausbreitungsvorgänge ist die sog. Kolbenflußtheorie. Es wird angenommen, daß die Flüssigkeit sich wie ein Kolben mit rechteckförmigem Sättigungsprofil im Boden bewegt.

Ausgehend von der verallgemeinerten Darcy-Gleichung:

$$1.) \quad q = -\frac{k_0 k_r}{\eta} F \rho g \sin \beta$$

η : dynamische Viskosität (Poise)
 ρ : Dichte des Wassers (g/cm^3)
 g : Erdbeschleunigung (cm/sec^2)

wird die mittlere wahre Geschwindigkeit v der Feuchtefront zu

$$2.) \quad v = \frac{k_0 k_r}{\eta \phi S} \rho g \sin \beta$$

q : Durchfluß (cm^3/sec)
 ϕ : Potential (cm)
 F : durchflossene Fläche (cm^2)

aus dem Hagen-Poiseuilleschem Gesetz abgeleitet.

Das Potential β setzt sich im allgemeinen aus 3 Anteilen zusammen:

$$3.) \quad \beta = z + h_h + h_c$$

z : Schwerkraftterm,

h_h : Flächenkraftterm,

h_c : Kapillarkraftterm.

h_c ist aus den gemessenen Kapillarspannungs-Sättigungskurven ermittelt und zusätzlich auf dynamischem Wege gemessen worden.

Die Geschwindigkeit der horizontalen Ausbreitung der Feuchtefront unter der Wirkung der Kapillarkraft und der Flächenkraft, die eine Flüssigkeitssäule der Höhe h_h ausübt, ergibt sich während der Infiltration zu:

$$4.) v = G \frac{h_h + h_c}{x} \quad \text{mit} \quad G = \frac{k_0 k_r \varrho g}{\gamma \rho S}$$

x : Abstand der Feuchtefront von der Infiltrationsstelle

Erhöht man bei $x=x_i$ plötzlich die Flüssigkeitssäule von h_{hI} auf h_{h2} , so ist für $x < x_i$

$$v_1 = G \frac{h_{h1} + h_c}{x}$$

5.)

und für $x > x_i$

$$v_2 = G \frac{h_{h2} + h_c}{x}$$

6.)

Für $x=x_i$ erhält man zur Berechnung von G und h_c zwei Gleichungen. Ein Vergleich mit den statisch gemessenen h_c -Werten aus den Kapillarsp.-Sättigungskurven ergibt mit guter Näherung:

$$7.) h_c \text{ dyn} = h_c \text{ S} = 50\%$$

Die dynamisch gemessene Größe ist gleich der statisch gemessenen bei einer Sättigung von 50%.

Die Geschwindigkeit der Feuchtefront bei der vertikalen Versickerung während der Infiltration ist:

$$8.) v = G \left(1 + \frac{h_c}{x} \right)$$

Die Integration von 4.) und 8) geben:

$$4a) x = at^{1/2} \quad \text{mit} \quad a = \sqrt{2 G (h_h + h_c)}$$

$$8a) x - \ln\left(\frac{x}{h_c} + 1\right) = Gt$$

$$8b) x = Gt \quad \text{für} \quad h_c \ll x$$

$$8c) x = \sqrt{2 G h_c} t^{1/2} \quad \text{für} \quad h_c \gg x$$

4a ist der sog. Boltzmannsche Ansatz zur Lösung der Diffusionsgleichung

$$9.) \quad \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial S}{\partial x} \right)$$

D: Diffusionskoeffizient,

welche die Ausbreitung der Sättigung als Funktion der Zeit in horizontalen Bodensäulen beschreibt.

$$10) \quad x = at^{1/2} + bt + \dots$$

ist der Reihenansatz von PHILIP zur Lösung der Diffusionsgleichung

$$11) \quad \frac{\partial S}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{g g k_o}{\eta} \frac{\partial k_r}{\partial x}$$

Diese Gleichung beschreibt die Ausbreitung der Sättigung in vertikal hängenden Röhren. 8b) und 8c) sind die ersten beiden Glieder der Reihe.

Unter Berücksichtigung der Luftverdrängung ist die Geschwindigkeit der Feuchtfreont z. B. bei der horizontalen Bewegung:

$$12) \quad v = G \frac{h_h + h_c}{\frac{k_{\text{Wasser}} \eta_{\text{Luft}}}{S_{\text{Wasser}} \eta_{\text{Wasser}} (L-x) + x} \quad L : \text{Länge des Rohres.}$$

Für $x \rightarrow 0$ folgt 13)

Für $x \rightarrow L$ folgt aus 12) Gleichung 4)

$$13) \quad v = \frac{k_o g g}{\rho \eta_{\text{Luft}}} \cdot \frac{h_h + h_c}{L}$$

Gleichung 12 ist mit gutem Erfolg experimentell bestätigt worden.

Für $x \gg h_c$ ist die Wiederverteilung von Wasser in vertikal hängenden Bodensäulen unter Vernachlässigung der Kapillarkraft beschrieben worden.

$$14) \quad v = \frac{k_o g g}{\eta \rho} \frac{k_r(S(x))}{S(x)}$$

Die Sättigungsverteilungen während der Wiederverteilung werden rechteckförmig angesetzt. Es ist dann:

$$15) \quad \bar{S} = \frac{\text{const}}{l_s + x}$$

\bar{S} : mittlere Sättigung
 l_s : Abstand der Feuchtefront von der Infiltrationsstelle nach Abschluß der Infiltration.

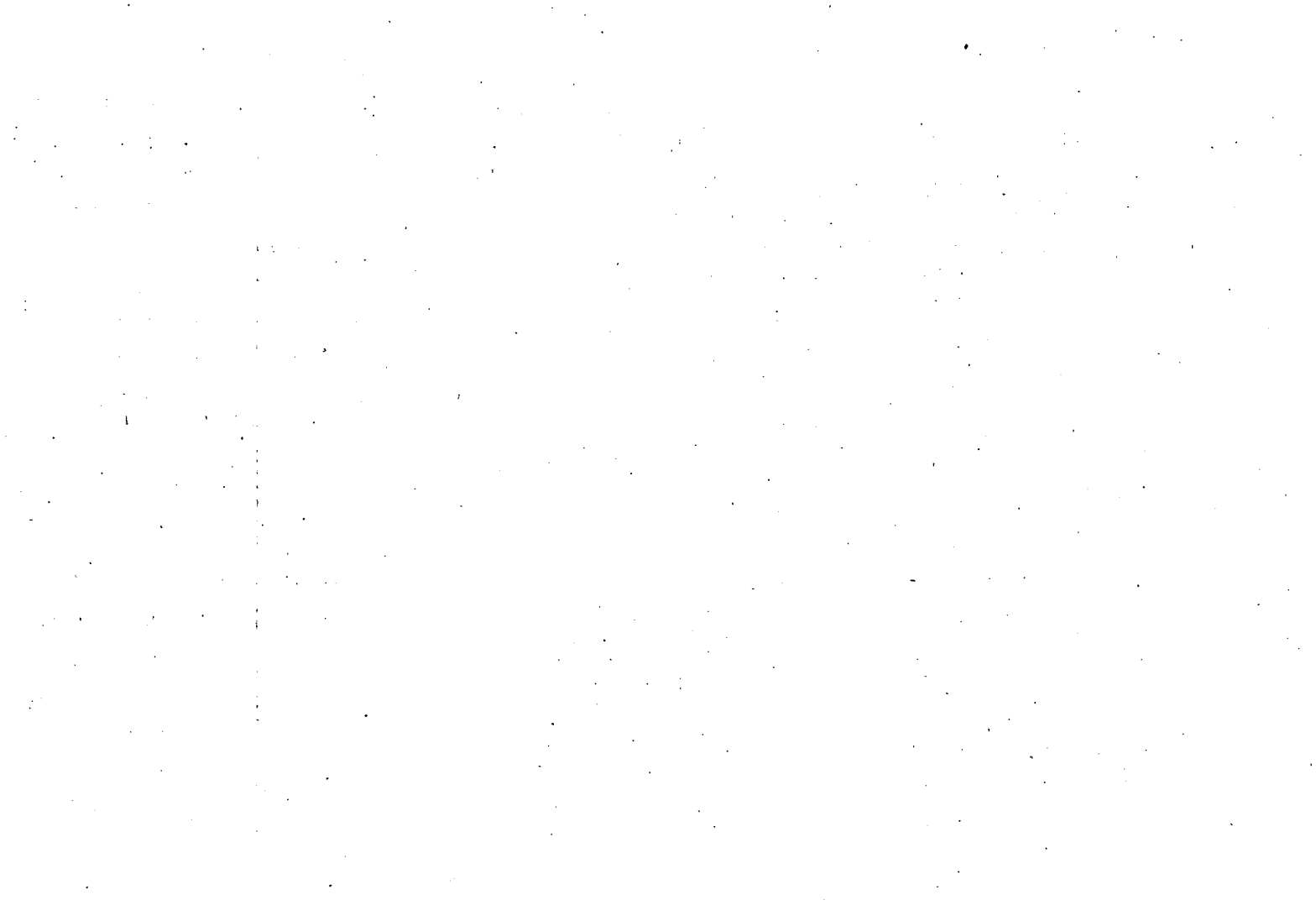
mit: $\text{const} = l_s \cdot \bar{S}_s$

17)

\bar{S}_s : mittlere Sättigung nach Abschluß der Infiltration

$k_r = f(S)$ ist durch Polynome 3ten Grades dargestellt worden. Der Ersatz von S durch 15) in den Polynomen ergibt $v = f(x)$. Die Integration von 14) liefert für $x < h_c$ gute Näherungen zur Beschreibung der Ausbreitung der Feuchtefront als Funktion der Zeit für die vertikale Wiederverteilung.

Für $x < h_c$ und zur Beschreibung der horizontalen Wiederverteilung muß die Diffusionstheorie herangezogen werden. Hier liegt die Grenze der Anwendbarkeit der Kolbenflußtheorie.



Ein statistisches Modell zur Beschreibung der Ausbreitung

gelöster Stoffe in porösen Medien

von B. Hoffmann *)

Die Bewegung gelöster Stoffe in einem Trägerstrom (z.B. Grundwasser) durch poröse Medien (Boden) gewinnt immer mehr an Bedeutung.

Verschmutzung durch lösliche Substanzen, Bewegung von Tracermaterialien oder Nährsalzen, Mischung von Süß- und Salzwasser sind Probleme, denen der Ingenieur immer wieder begegnet.

Zur Beschreibung der Bewegung gelöster Stoffe muß eine Angabe über die Konzentration gemacht werden. Sonst ist die Frage nach einer "Reichweite" nicht sinnvoll.

Durch hydromechanische Gesetze und durch die Randbedingungen innerhalb des Porensystems ist die Bewegung exakt beschrieben. Einem außenstehenden Beobachter sind diese Randbedingungen jedoch nicht bekannt. Ihm erscheint die Bewegung wie ein "regelloser" Vorgang.

Diese Tatsache wird benutzt, um die "regellose" Bewegung mit den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik zu beschreiben.

Es ergibt sich als Bewegungsgleichung eine zur Diffusion und Wärmeleitung analoge Differentialgleichung

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \Delta c - u \nabla c$$

mit

- C - Konzentration
- D - Dispersionskoeffizient
- u - Fließgeschwindigkeit
- t - Zeitkoordinate
- x, y, z - Ortskoordinaten.

*) Lehrstuhl u. Inst.f.Wasserwirtschaft und landw. Wasserbau, 3 Hannover, Welfengarten 1

Lösungen dieser DGL werden für zwei Fälle angegeben:

- a) eine kontinuierliche, punktförmige Quelle
- b) eine endliche , punktförmige Quelle.

Im stationären Fall ergeben sich eiförmige Linien gleicher Konzentration, die die Quelle umschließen und mit der Spitze in Fließrichtung weisen.

Durch Reihenentwicklung lassen sich für diese stationären Fälle einfache Abschätzformeln angeben, mit deren Hilfe die maximalen Reichweiten vorgegebener Konzentration bestimmt werden können.

Auch Absorptionsercheinungen lassen sich in die Theorie aufnehmen. Es wird eine Apparatur beschrieben zur Messung des Mischungsparameters D/u .

Weitere experimentelle und theoretische Untersuchungen sind notwendig. Hier wurde ein Weg gezeigt, an die komplexen Verhältnisse heranzukommen.

Literatur

- HOFFMANN, B.: "Über die Ausbreitung gelöster Kohlenwasserstoffe im Grundwasserleiter"
Mitteilungen aus dem Institut für Wasserwirtschaft und landwirtschaftlichen Wasserbau, TU Hannover, Heft 16; 1969
- SCHEIDEGGER, H.: "The flow through porous media"
University of Toronto Press, Toronto; 1960

Zum Einfluß der Eintrittsöffnungen und des Drängrabenverfüll-
bodens auf die Wasseraufnahme eines Dräns

von G. Mann *)

Mit der Entwicklung von Dränrohren aus dem Kunststoff Polyvinylchlorid, die Mitte der fünfziger Jahre in Westeuropa einsetzte, stellte sich die Frage nach der Bemessung der Eintrittsöffnungen. Hierzu mußte man erkennen (7), daß bisher dem Problem der Wasseraufnahme von Dräns nur geringe Beachtung geschenkt worden war. So leitete z. B. Hooghoudt seine bekannten Gleichungen für die Zuströmung ab, indem er - die natürlichen Verhältnisse idealisierend - einen homogenen und isotropen Boden, ein stationäres System und einen "idealen" Drän voraussetzte. Bei der Ableitung der Gesetzmäßigkeiten für den Wassereintritt (4,9,10,11) ging man ähnlich vor. Aufgrund zahlreicher Untersuchungen (2,3,5,6,8) stellte sich die Annahme Hooghoudt's vom "idealen" Drän als nicht immer zutreffend heraus. Deshalb muß gefragt werden, inwieweit die theoretische Betrachtung der Einströmung für natürliche Bedingungen Aussagen erlaubt. Unklar ist vor allem, ob der Hauptwiderstand für den Wassereintritt von der Schlitzung oder von dem den Drän umgebenden Boden ausgeht.

Mit einer Modellanlage ist dieses Problem näher untersucht worden, indem Wasserperkolations- und Bodenausspülung durch verschieden geschlitzte Platten gemessen wurden. Die Abbildung 1 gibt den schematischen Aufbau dieser Anlage wider.

Abb. 1: Schema der Versuchsanordnung zur Messung der Wasserperkolations durch unterschiedliche Böden und verschiedenen gelochten PVC-Platten

*) G. Mann, Institut für Wasserwirtschaft und Meliorationswesen, 23 Kiel, Neue Universität, Geb. C 1

Aus einem aufgebogenen gewellten PVC-Rohr wurden kreisrunde Platten mit einem Durchmesser von 105,4 mm hergestellt und von einem Graveur mit einer bestimmten Schlitzung versehen, wobei die Anordnung der Öffnungen auf den Platten möglichst gleichmäßig erfolgte. Diese Platten wurden an den Boden eines Gefäßes mit einem Volumen von 1000 cm^3 angebracht. Jeweils 8 dieser Gefäße - die Prüfung der Schlitzvarianten erfolgte in 8facher Wiederholung - sind in einem Behälter zu einer Einheit zusammengefaßt. Diese Behälter sind mit Überlaufrohren ausgestattet, um bestimmte Stauhöhen genau einzuhalten. Auf der Unterseite eines jeden Gefäßes befindet sich ein Topf mit zwei übereinanderliegenden Abläufen, um die Perkolationswassermenge und den ausgespülten Boden aufzufangen und über Schläuche abzuleiten. Die durchgeflossenen Wassermengen laufen dann in Eimer und werden mittels einer Waage gewichtsmäßig bestimmt, wobei das Gewicht des im Wasser befindlichen Bodens abgezogen wird. Bei der Gewichtsbestimmung wurde 1 g gleich 1 cm^3 gesetzt, was bei einer Wassertemperatur von $17,6^\circ\text{C}$ während der Perkolations zulässig erscheint. Der gleichzeitig ausgespülte Boden wurde mit einer Unterdruckapparatur und Membranfiltern aus dem Wasser filtriert, von den Filtern in Glasschälchen übergeführt und nach Trocknung bei 105°C ebenfalls gewichtsmäßig bestimmt.

Durch Verschließen des unteren Abflusses und Öffnen des oberen ist es möglich, die geschlitzte Bodenplatte und 20 mm der darüber befindlichen 115 mm hohen Bodensäule einzustauen, so daß eine Bodenpermeabilitätsmessung - ähnlich der üblichen Versuchsanordnung nach Darcy - möglich ist. Bei diesen Einataumessungen werden die Überlaufrohre durch entsprechende Aufsatzstücke erhöht, um die gleiche Stauhöhe wie zuvor einzuhalten.

Die Prüfung unterschiedlicher Schlitzvarianten erstreckte sich sowohl auf die Größe der Öffnungsfläche als auch auf deren Unterteilung. (Abbildung 2)

Abb. 2: Die Gruppierung der Öffnungsvarianten bei den Perkolationsversuchen

Die Schlitzbreite wurde bei 12 Öffnungen je Gefäß von 0,5 über 1,0 und 1,5 auf 2,0 mm erweitert, das entspricht einer Öffnungsfläche von 0,28 bis 1,10 Prozent der Wandfläche oder 4,3 bis 17,3 cm²/lfdm bei einem Drän NW 50. Darüberhinaus wurde der Effekt von rechteckigen und kreisförmigen Öffnungen sowie der von tiefliegenden Öffnungen im Wellental der gewellten Platten und hochliegenden auf dem Wellenberg verglichen. Die Unterteilung der Gesamtöffnungsfläche von 48 mm² in 6, 12 und 24 Öffnungen wurde mit den Varianten Nr. 6, Nr. 2 und Nr. 5 geprüft. Die Varianten Nr. 11 bis Nr. 19, bei denen diese Unterteilung extrem vollzogen wurde, sind im zweiten Teil der Untersuchung eingesetzt worden.

Über den bei den Untersuchungen verwendeten Boden gibt die Abbildung 3 Auskunft. Die Analysendaten beziehen sich auf das ungestörte Bodenprofil vor Einfüllung in die Perkolationsgefäße.

Abb. 3: Analysendaten: schluffiger Sand - Kleimarsch, Meldorf

Dieser Boden stammt aus dem in Dräntiefe befindlichen G₀-Horizont einer Kleimarsch an der Westküste Schleswig-Holsteins. Ergebnisse von Dränversuchen (1) zeigen, daß der schluffige Sand wegen seiner geringen Strukturstabilität zu starken Einschlammungen in Dränrohren führt.

Da der Effekt des Drängrabenverfüllbodens simuliert werden mußte, wurde dieser Boden bewußt von Hand in die Perkolationsgefäße eingefüllt. Der Feuchtigkeitsgehalt des eingefüllten Bodens betrug beim 1. Teil der Untersuchung 18,3 Gew.-%.

Die Meßdauer, während der bei drei verschiedenen Stauhöhen der Einfluß der unterschiedlichen Schlitzung auf Wasserperkolations- und Bodenausspülung untersucht wurde, belief sich auf insgesamt 108 Stunden. Nach 360 Minuten erfolgten jeweils Zwischenmessungen.

Im Mittel der 6 Messungen für die 1. Meßperiode mit der niedrigsten Stauhöhe kam es zu folgendem in der Abbildung 4 dargestelltem Ergebnis.

Abb. 4: Wasserperkolatlon und Bodenausspülung bei unterschiedlicher Schlitzform und -größe
Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemarsch, Meldorf
(Mittelwerte mit Konfidenzintervall für $P = .95$)

In Bezug auf die Differenzen zwischen den Schlitzvarianten wird auf die jeweiligen Mittelwerte mit Konfidenzintervall verwiesen.

Zusammenfassend soll hier nur festgestellt werden, die gemessenen statistisch signifikanten Differenzen ergeben hinsichtlich des Einflusses der Schlitzung kein klares Bild. Bei der Schlitzbreite fügen sich die Messungen des 2,0mm-Schlitzes nicht in einen logischen Zusammenhang ein. Ebenso läßt sich innerhalb der Schlitzanzahl keine natürliche Abfolge erkennen. Auch differieren die Ergebnisse bei den kreisförmigen und bei den rechteckigen sowie bei den hochliegenden und tiefliegenden Öffnungen.

Mit den folgenden Messungen bei den größeren Stauhöhen wurden für die Wasserperkolatlon im großen Ganzen die gleichen Differenzen zwischen den Varianten beobachtet. Anders bei der Bodenausspülung, bei der sich die Werte der verschiedenen Schlitzvarianten immer mehr angleichen und zum Schluß des Versuches keine signifikanten Differenzen mehr vorlagen.

Wenn sich mit einer detaillierten Messung an wenigen Schlitzten, wie sie hier in 8facher Wiederholung erfolgte, der Einfluß der Schlitzung nicht eindeutig nachweisen läßt, so bedeutet das, daß das Ausmaß der Wasserperkolatlon und der Bodenausspülung nicht allein von der Öffnungsgestaltung abhängen kann.

Den Einfluß der Versuchsdauer, den auch andere Versucheansteller (6, 9) betonen, gibt die Abbildung 5 wider.

Abb. 5: Wasserperkolatlon und Bodenausspülung - schluffiger Sand. Meldorf (Mittelwerte mit Konfidenzintervall für $P = .95$)

Wie zu erkennen ist, verringern sich mit zunehmender Versuchsdauer die durchgeflossenen Wasser- und Bodenmengen. Vor allem bei der Bodenausspülung ist diese Erscheinung deutlich ausge-

prägt. Dieser Einfluß überwiegt - absolut gesehen - den Effekt der Stauhöhe. So überschneiden sich das Konfidenzintervall der 1. Perkolationswassermessung bei der niedrigsten Stauhöhe mit dem der 3. Messung bei der nachfolgenden Stauhöhe. Allerdings sind innerhalb der Stauhöhen die vergleichbaren Perkolationswerte signifikant verschieden. Bei der Bodenausspülung ist zu beobachten, daß eine besonders starke Bodenausspülung während der ersten drei Messungen des Versuches erfolgt. Diese übertrifft die nachfolgende bei weitem. Dadurch geht in diesem Fall mit der niedrigsten Stauhöhe die stärkste Bodenausspülung einher. Ferner ist auffällig, daß bei längerer Versuchsdauer der Einfluß der Stauhöhe auf die Bodenausspülung sich nur bei der 1. Messung jeder Stauhöhe bemerkbar macht. Offenbar wird mit der Änderung des Wasserspiegels jedesmal ein starker Einfluß auf die Bodenausspülung ausgeübt.

Hingewiesen werden soll auf die Beziehung zwischen Bodenausspülung und Intensität der Wasserperkolation (Abb. 6).

Abb. 6: Wasserperkolation und Bodenausspülung bei unterschiedlichen Stauhöhen. Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemersch, Meldorf (lineare Regression mit Konfidenzintervall für $P = .95$)

Bei dieser Abbildung wurde innerhalb der Stauhöhen für jedes Gefäß unabhängig von der Schlitzung die gesamte durchgeflossene Wassermenge der gesamten ausgespülten Bodenmenge gegenübergestellt. Die Bodenausspülung steigt hiernach deutlich mit der Intensität der Wasserperkolation. Diese positive Korrelation ist aber zu Beginn des Versuches stärker ausgeprägt.

Da sich gezeigt hatte, daß von der Schlitzung nur ein relativ geringer Einfluß auf die Wasserperkolation ausgeht, wurde im 2. Teil der Untersuchung nur noch eine gleiche Öffnungsfläche in 1, 12 und 48 Öffnungen unterteilt und zusätzlich der Boden bei unterschiedlichem Feuchtegehalt eingefüllt (Varianten Nr. 11 bis Nr. 19).

Das Ergebnis dieser Perkolationsmessungen ist in der Abbildung 7 enthalten.

Abb. 7: Wasserperkolatlon bei unterschiedlicher Schlitzgestaltung und bei relativ nasser, feuchter und trockener Bodeneinfüllung
Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemarsch, Meldorf
Überstauhöhe 123 mm

Der Feuchtegehalt betrug beim Einfüllen des Bodens bei den nassen Varianten 27,5, bei den feuchten 23,1 und bei den trockenen 19,8 Gew.%. Insgesamt sind diese Differenzen nicht groß, so handelte es sich bei der "trockenen" Variante noch um einen Feuchtigkeitszustand, der mit "leicht abgetrocknet" gekennzeichnet werden kann.

Während sich hier zwischen den verschiedenen Schlitzungen bei den Perkolationswassermengen keine signifikanten Differenzen ergeben, ist der Einfluß der relativ nassen, feuchten und trockenen Bodeneinfüllung augenscheinlich. Je trockener der eingefüllte schluffige Sand ist, desto stärker ist die Wasserperkolatlon. Diese Differenz bleibt, wie die folgende Abbildung zeigt,

Abb. 8: Wasserperkolatlon bei relativ nasser, feuchter und trockener Bodeneinfüllung. Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemarsch, Meldorf (lineare Regression mit Konfidenzintervall für $P = .95$)

auch bei längerer Versuchsdauer und verschiedenen Stauhöhen erhalten.

Es läßt sich somit eine klare Abhängigkeit der Wasserperkolatlon vom Feuchtigkeitsgehalt des hier verwendeten Bodens beim Zeitpunkt des Einfüllens feststellen. Diese wird in der folgenden Abbildung demonstriert.

Abb. 9: Abhängigkeit der Wasserperkolatlon von der Bodenfeuchtigkeit des eingefüllten Bodens. Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemarsch, Meldorf; Mittelwerte im Konfidenzintervall für $P = .95$

Bei allen drei Stauhöhen sinkt mit zunehmender Bodenfeuchtigkeit die Perkolationswassermenge ab. Es ist klar, daß dieses Ergebnis nur für den hier verwendeten Boden Gültigkeit hat.

Daß Austropfungswiderstände und Benetzungswiderstände das Ergebnis der Wasserperkolatlon nicht wesentlich beeinflussen, zeigt die Abbildung 10.

Abb. 10: Wasserperkolations bei freiliegender und eingestauter PVC-Bodenplatte. Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemarsch, Meldorf

Diese Messungen schließen an den eben beschriebenen Perkolationsversuch an. Hier soll nicht weiter auf die Differenzen zwischen den einzelnen Behandlungen eingegangen werden, sondern es wird auf den Wechsel der Messungen mit freiliegender und eingestauter PVC-Bodenplatte hingewiesen. Beim Vorhandensein von Benetzungs- oder Austropfungswiderständen müßten sich durch die Ausschaltung dieser Widerstände beim Einstau höhere Perkolationswerte ergeben. Die Messungen zeigen aber, daß aus dem Einstau keine höheren sondern niedrigere Perkolationswerte resultieren. Diese Verringerung wird vermutlich durch die Füllung aller Poren in den unteren 20 mm der über der PVC-Platte befindlichen Bodensäule verursacht.

Die Untersuchungsergebnisse führen zu dem Schluß, daß bei dem Zustandekommen des Eintrittswiderstandes, der die Wasseraufnahme eines Drän beeinträchtigt, dem Faktor Boden gegenüber dem Faktor Eintrittsöffnung bei weitem die größere Bedeutung zukommt. Von Einfluß ist vor allem bei Böden mit geringer Strukturstabilität die Neigung zur Verdichtung. Wie an einem Beispiel gezeigt werden konnte, hängt diese stark von der Bodenfeuchtigkeit zum Zeitpunkt der Maßnahme ab. Bei allen Dränarbeiten muß demnach dem Feuchtigkeitszustand des Drängrabenverfüllbodens und seiner Neigung zur Verdichtung größte Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Schrifttum

- 1.) BAUMANN, H. und G. MANN: Vereinfachte Dränversuche in Schleswig-Holstein
Die Küste, 1968, H. 16, 43-58
- 2.) BAUMANN, H. und G. MANN: Die Dränfunktion in einem Dränabstandsversuch auf leichter Seemarsch
Wasser und Boden, April 1970,
in Vorbereitung.

- 3.) CAVELAARS, J.C.: Hydrological aspects of the application of plastic drain pipes and filter materials. Research Dept., Kon.Nederl.Heidsmaatschapij, Arnhem, 1965
- 4.) CAVELAARS, J.C.: Problems of water entry into plastic and other drain tubes
Agricultural Engineering Symposium, Silsoe, England 1967, Paper No. 5/E/45
- 5.) EGGELSMANN, R.: Akute Dränprobleme
Wasser und Boden, 21, 1969, 1-8
- 6.) FEICHTINGER, F.: Die Wasseraufnahmefähigkeit der Dränrohre - Ein Vergleich von Ton- und Kunststoffrohrdränen
Österr.Wasserwirtschaft 18, 1966, 247-255
- 7.) KNOBLOCH, H.: Die heikelste Stelle des Dränstranges: die Eintrittsöffnung
Wasser und Boden 21, 1969, 34-36
- 8.) KOWALD, R.: Technische, hydraulische und bodenkundliche Probleme der Tonrohrdränung insbesondere in Marschgebieten
Gießen, Habil-Schrift, 1968
- 9.) WESSELING, J. and HOMMA, F.: Entrance resistance of plastic drain tubes
Neth. J. Agric. Sci., 15, 1967, 170-182
- 10.) WIDMOSER, P.: Der Eintrittsbereich an Drainageröhren
Schweiz.Ztschr.f.Vermessung, Photogrammetrie und Kulturtechnik 65, 1967, 54-78
- 11.) WIDMOSER, P.: Der Einfluß von Zonen geänderter Durchlässigkeit im Bereich von Drain- und Brunnenfilterrohren
Schweiz.Bauzeitung 86, 1968, 135-144

Abb.1 Schema der Versuchsanordnung zur Messung der Wasserperkolations durch unterschiedliche Böden und verschieden gelochte PVC-Platten

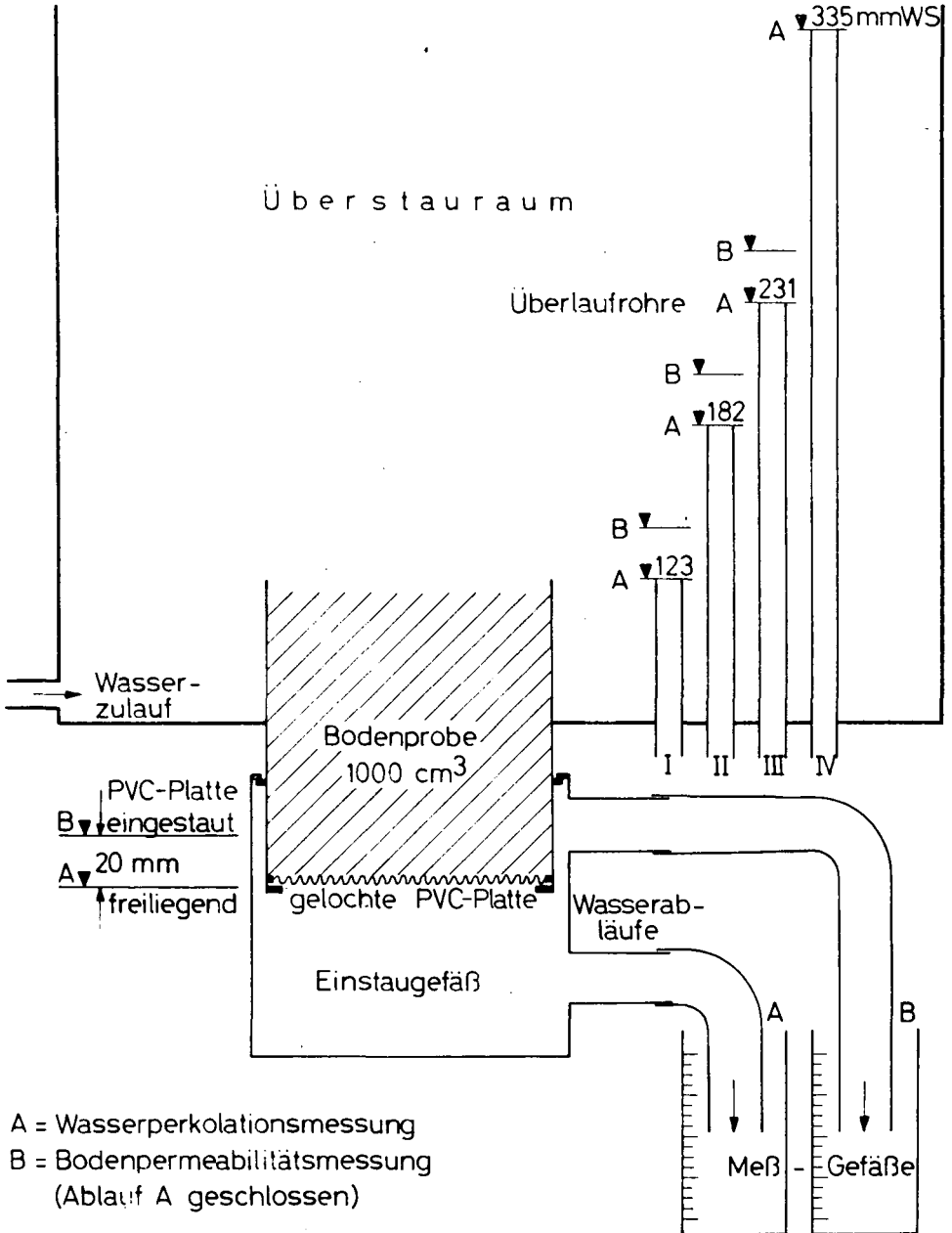


Abb.2 Die Gruppierung der Öffnungsvarianten bei den Perkolationsversuchen

Summe der Öffnungsfläche je Gefäß		bei Drän NW 50 cm ² /lfdm	Nummerierung der Perkolationsgefäße und Abmessung der Eintrittsöffnungen bei Anzahl der Öffnungen je Gefäß				
mm ²	in % der Wand- fläche		1	6	12	24	48
24	0,28	4,3			① 0,5x4,0 mm ⑦ d=1,6 mm		
48	0,55	8,7	⑬⑯⑱ 1,0x48,0mm	⑥ 2,0x4,0 mm	②⑫⑮⑱ 1,0x4,0 mm ⑧ d=2,2 mm ⑨ 1,0x4,0 mm ⁺	⑤ 0,5x4,0 mm	⑪⑭⑰ d=1,1 mm
72	0,83	13,0			③ 1,5x4,0 mm		
96	1,10	17,3			④ 2,0x4,0 mm ⑩ 2,0x4,0 mm ⁺		+ = hochliegende Öffnungen

- 107 b -

Abb.3 Analysendaten: schluffiger Sand - Kleimarsch, Meldorf

(Entnahme aus dem G₀-Horizont, 60-100 cm unter Flur)

Korngrößenverteilung:
(humusfreier Feinboden)

T	(< 2 μ)	= 7,9 Gew.%
f u. mU	(2- 20 μ)	= 8,7 Gew.%
g U	(20- 60 μ)	= 37,7 Gew.%
f S	(60- 200 μ)	= 32,7 Gew.%
m u. gS	(200-2000 μ)	= 13,0 Gew.%

Porengrößenverteilung:

Größtporen	(>1000 μ)	= 5,2 Vol.%
Grobporen	(50 -1000 μ)	= 3,2 Vol.%
Mittelporen	(10 - 50 μ)	= 4,5 Vol.%
Feinporen	(0,2 - 10 μ)	= 15,4 Vol.%
Feinstporen	(< 0,2 μ)	= 14,1 Vol.%

Porenvolumen	42,4 Vol.%
Wasserdurchlässigkeit	2,4 · 10 ⁻³ cm/s
Bodenreaktion (0,1 n KCl)	6,3
Organische Substanz	0,7%
C-N-Verhältnis	38
Austauschkapazität	16,0 mval/100 g B.
Basensättigungsgrad	66%

Austauschbare Kationen

Ca	= 5,6 mval/100 g	B. = 35,0 % d. AK
Mg	= 1,4	" = 8,8 "
K	= 0,3	" = 1,9 "
Na	= 0,2	" = 1,3 "
Fe	= 0,01	" = 0,0 "
H	= 5,5	" = 34,4 "

Abb.4 WASSERPERKOLATION UND BODENAUSSPÜLUNG BEI UNTERSCHIEDLICHER SCHLITZFORM UND -GRÖSSE
 Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemarsch, Meldorf; Überstauhöhe 123 mm
 (Mittelwerte mit Konfidenzintervall für P = .95)

Bezeichnung der Schlitzvarianten		Wasserperkolat ion in cm ³ /360 min	
		Umfang	
1)	0,5 mm x 4,0 mm/12 Öffnungen	- 24 mm ²	48 I
2)	1,0 mm x 4,0 mm/12 Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I---X---I
3)	1,5 mm x 4,0 mm/12 Öffnungen	- 72 mm ²	48 I I-----X-----I
4)	2,0 mm x 4,0 mm/12 Öffnungen	- 96 mm ²	48 I I-----X-----I
5)	0,5 mm x 4,0 mm/24 Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I-----X-----I
6)	2,0 mm x 4,0 mm/ 6 Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I---X---I
7)	d = 1,6 mm/12 Öffnungen	- 24 mm ²	48 I-X-I
8)	d = 2,2 mm/12 Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I-----X-----I
9)	1,0 mm x 4,0 mm/12 hochl. Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I---X---I
10)	2,0 mm x 4,0 mm/12 hochl. Öffnungen	- 96 mm ²	48 I I---X---I
Total			480 I I-X--I
			30.86 116.58 202.31 288.03 373.75 459.47 545.19

Bezeichnung der Schlitzvarianten		Bodenausspülung in mg/360 min	
		Umfang	
1)	0,5 mm x 4,0 mm/12 Öffnungen	- 24 mm ²	48 I I-----X-----I
2)	1,0 mm x 4,0 mm/12 Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I-----X-----I
3)	1,5 mm x 4,0 mm/12 Öffnungen	- 72 mm ²	48 I I-----X-----I
4)	2,0 mm x 4,0 mm/12 Öffnungen	- 96 mm ²	48 I I---X---I
5)	0,5 mm x 4,0 mm/24 Öffnungen	- 48 mm ²	48 I-X-I
6)	2,0 mm x 4,0 mm/ 6 Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I---X---I
7)	d = 1,6 mm/12 Öffnungen	- 24 mm ²	48 I I---X---I
8)	d = 2,2 mm/12 Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I---X---I
9)	1,0 mm x 4,0 mm/12 hochl. Öffnungen	- 48 mm ²	48 I I-X--I
10)	2,0 mm x 4,0 mm/12 hochl. Öffnungen	- 96 mm ²	48 I I--X--I
Total			480 I I--X--I
			2.71 6.19 9.68 13.30 16.64 20.12 23.61

Abb. 5 Wasserperkolations- und Bodenausspülung - schluffiger Sand, Meldorf

(Mittelwerte mit Konfidenzintervall für $P = .95$)

Perkolations-
wassermenge

Bodenausspülung

cm³

mg

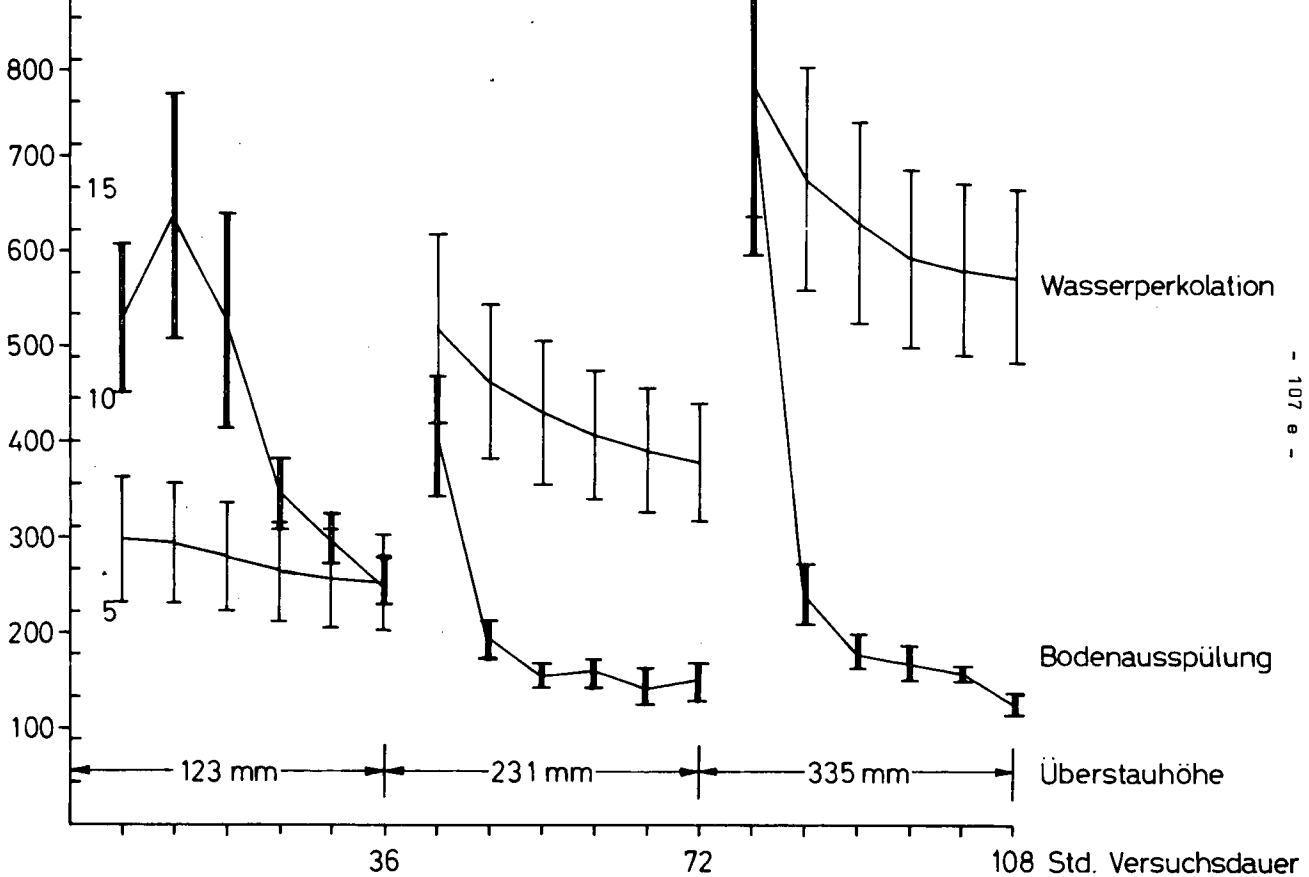


Abb.6 Wasserperkolatation und Bodenausspülung bei unterschiedlichen Stauhöhen*
Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemarsch, Meldorf

(Lineare Regression mit Konfidenzintervall für P=.95)

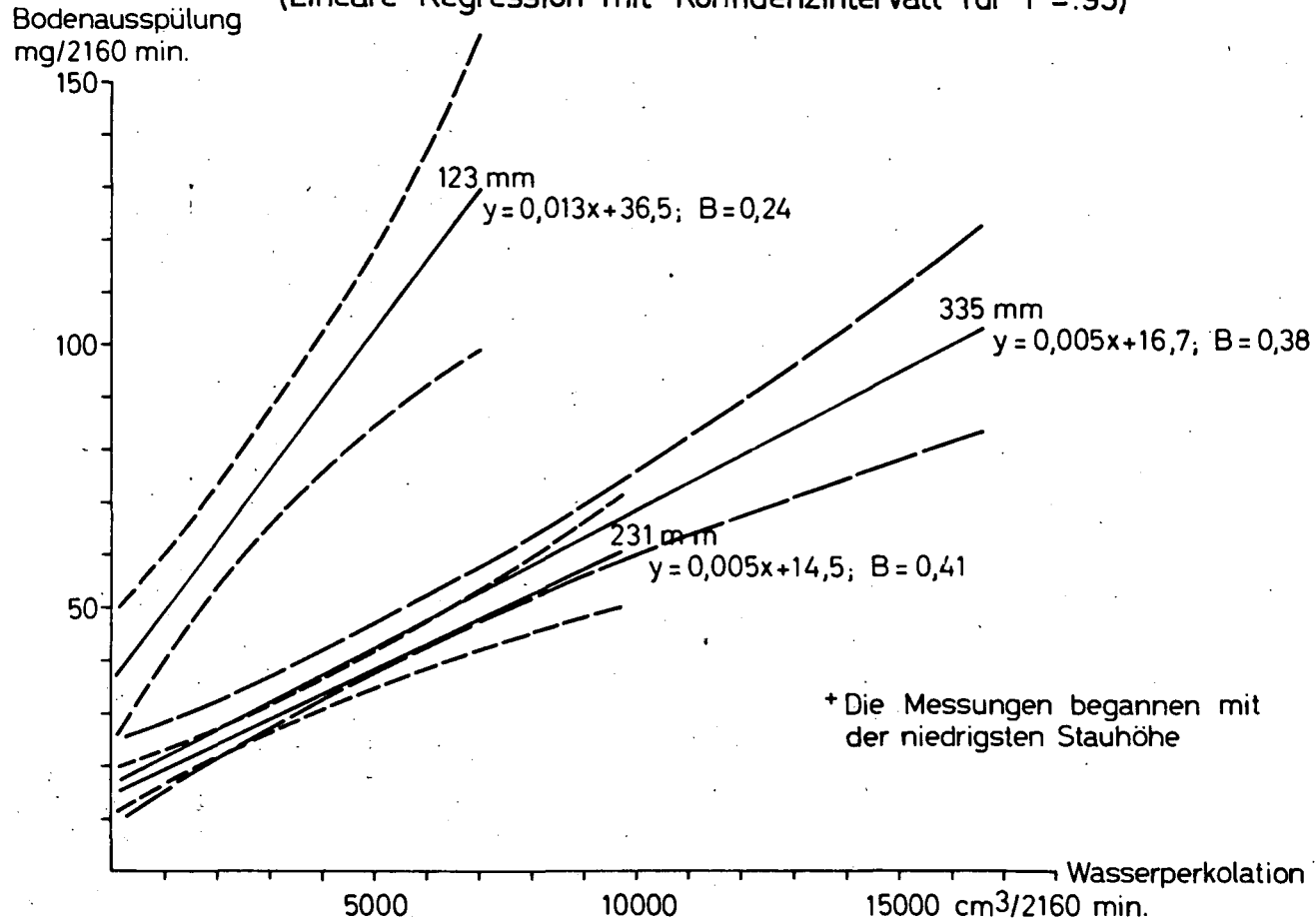


Abb. 7 Wasserperkolations bei unterschiedlicher Schlitzgestaltung und bei relativ nasser, feuchter und trockener Bodeneinfüllung. Versuchsboden: schluffiger Sand-Seemarsch, Meldorf

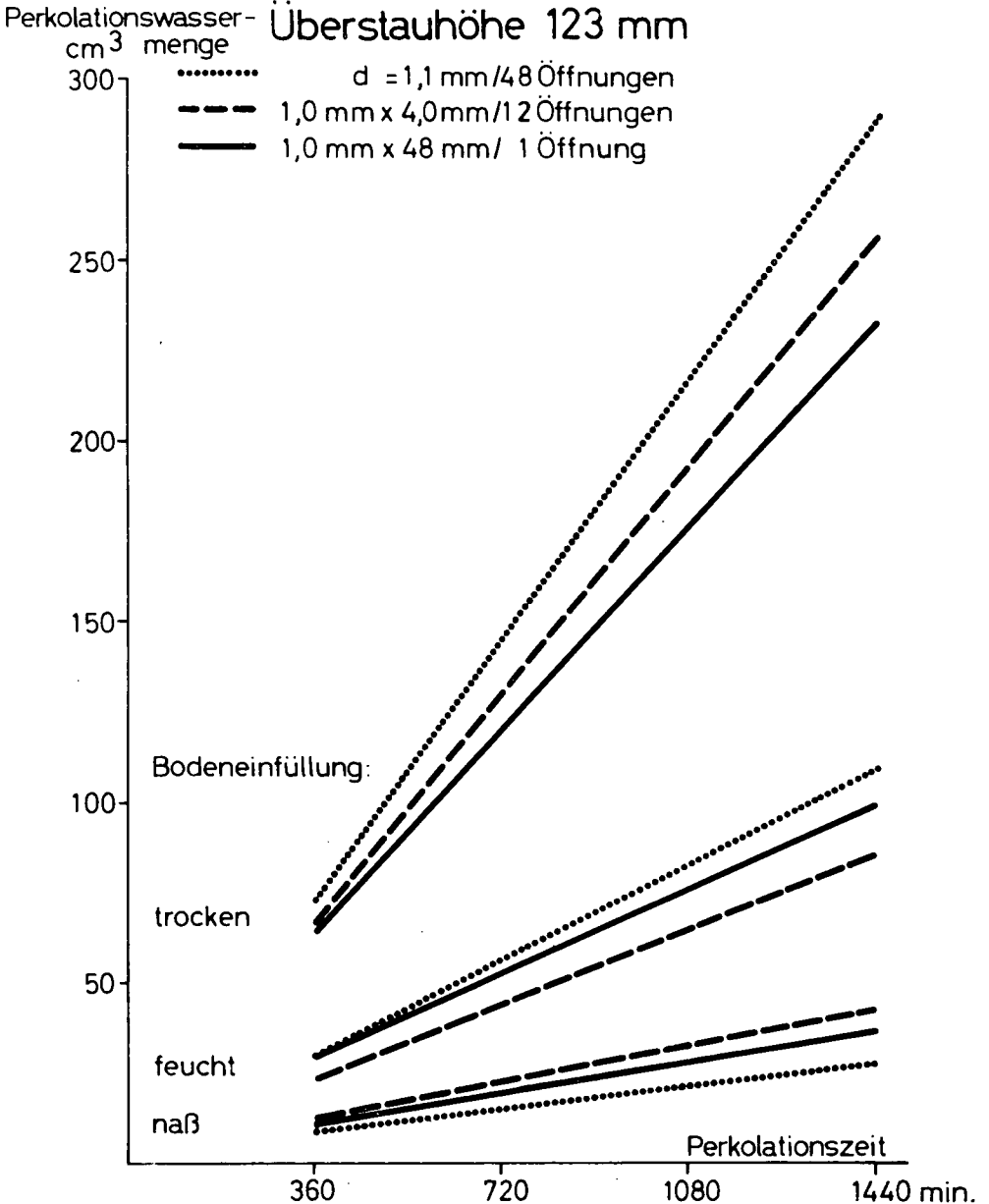


Abb.8 Wasserperkolations bei relativ nasser, feuchter und trockener Bodeneinfüllung. Versuchsboden: schluffiger Sand-Seemarsch, Meldorf. (Lineare Regressionen mit Konfidenzintervall für $P = .95$)

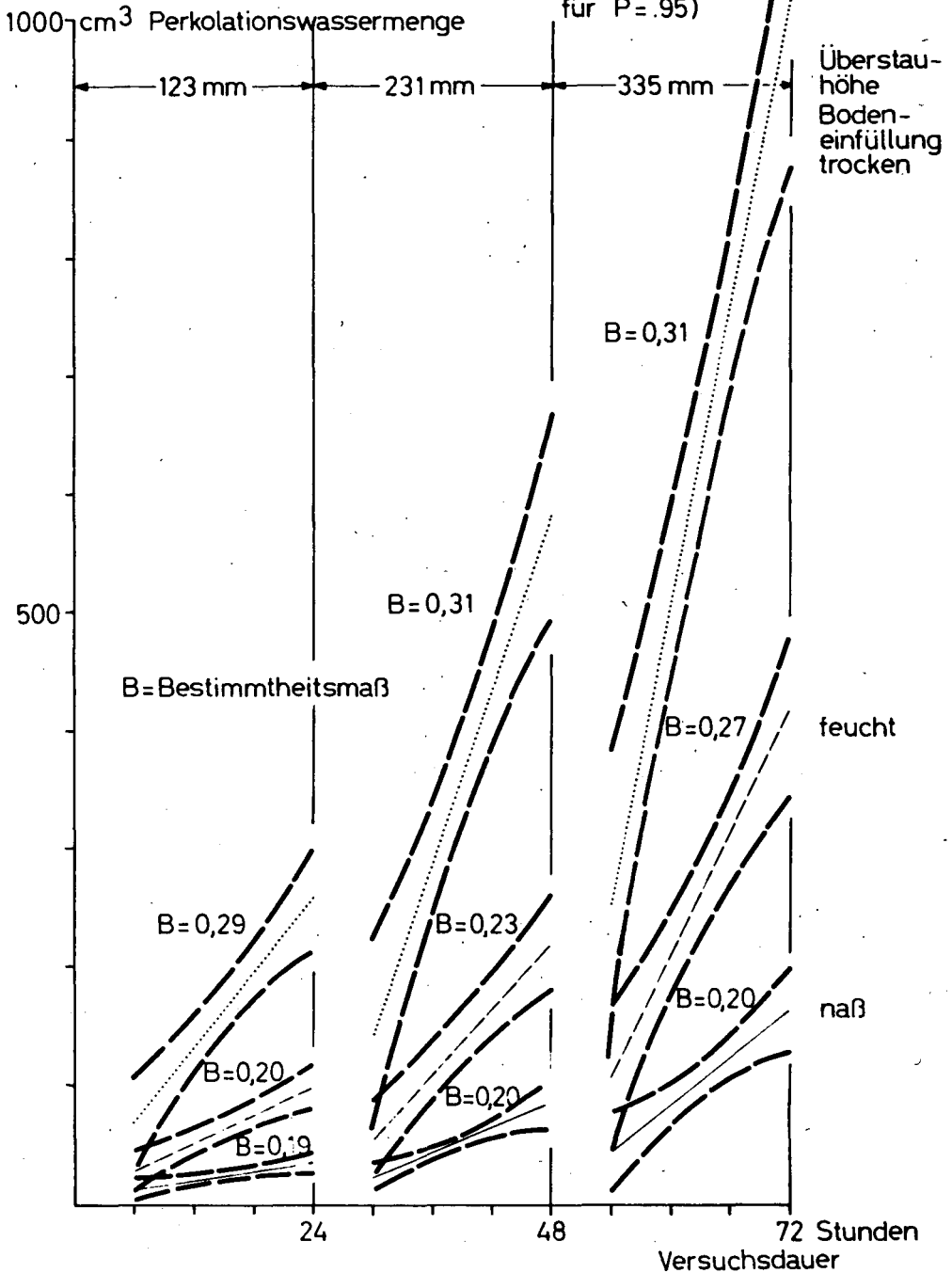


Abb.9 Abhängigkeit der Wasserperkolationsmenge von der Bodenfeuchtigkeit des eingefüllten Bodens. Versuchsboden: schluffiger Sand - Seemarsch, Meldorf, Mittelwerte mit Konfidenzintervall für $P = .95$

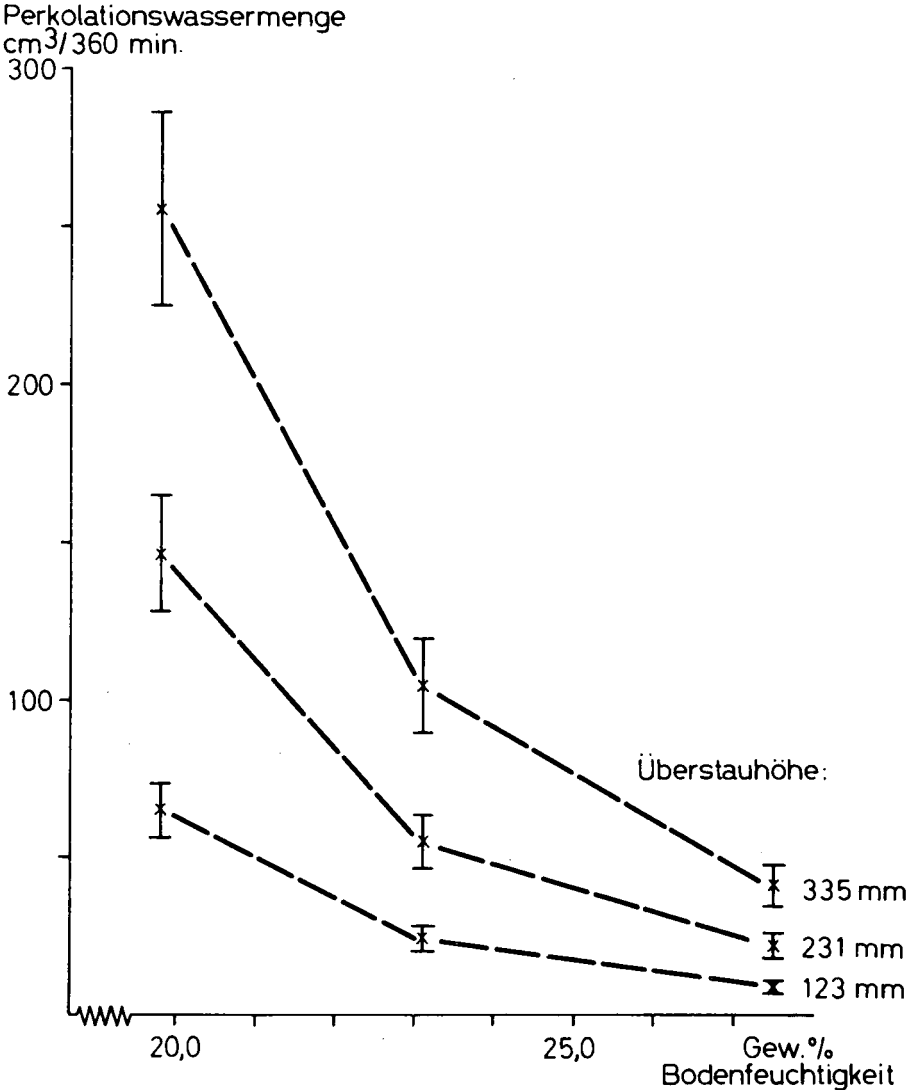
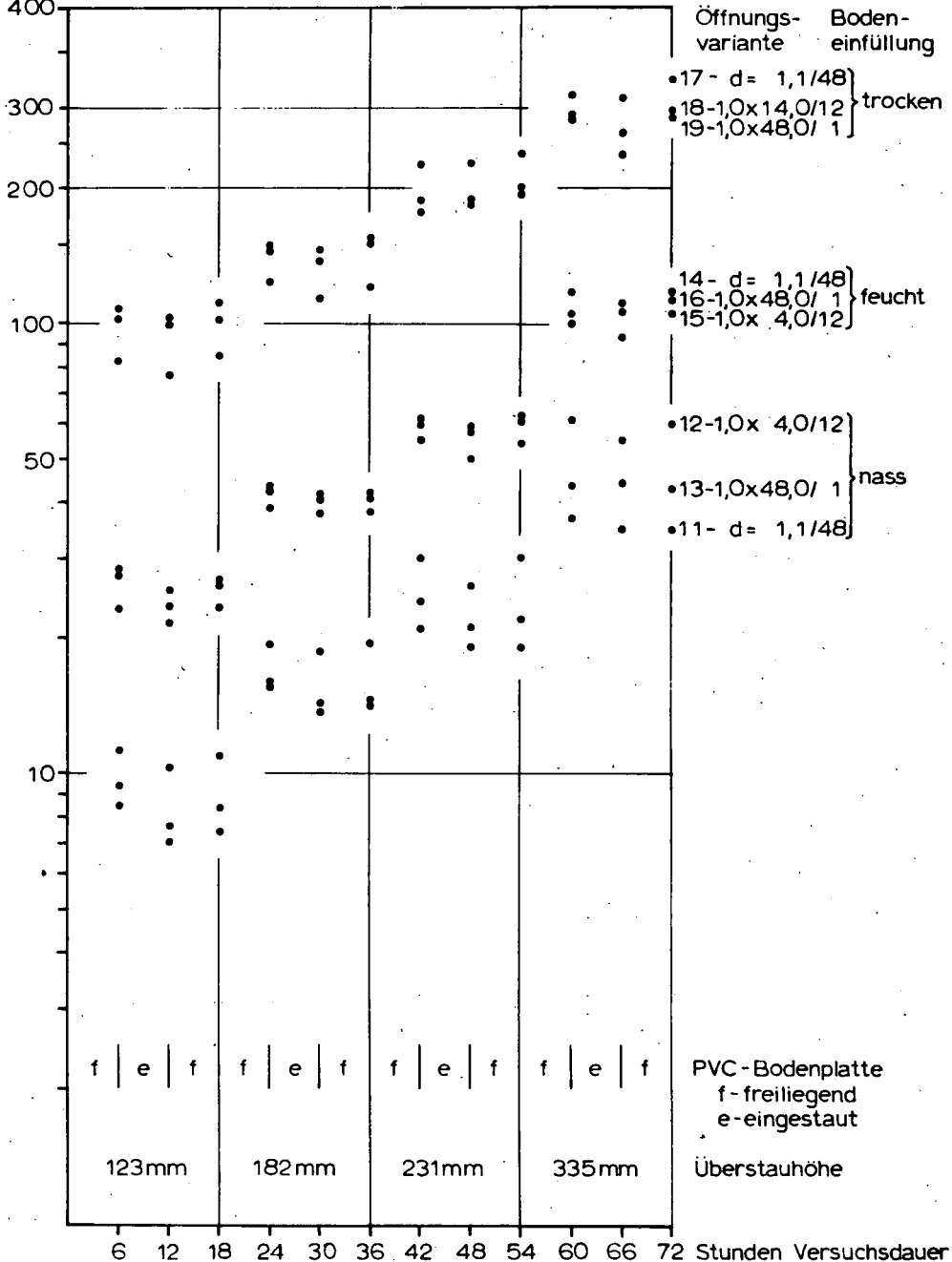


Abb.10 Wasserperkolations bei freiliegender und eingestauter PVC -Bodenplatte. Versuchsboden: schluffiger Sand -

Wasserperkolations
 $\text{cm}^3/360 \text{ min.}$
 400

Seemarsch, Meldorf



Stoffverfrachtung durch Oberflächengewässer in verschiedenen

Landschaften

von H. H. Koepf und M. Klett *)

Oberflächengewässer enthalten in ihrer Stoff-Fracht einen boden- und gesteinsbürtigen Anteil. Diesen zu kennen ist für Fragen des Stoffhaushaltes in Landschaften und auch gewässerkundlich von Interesse. Es werden in diesem Beitrag einige Beispiele diskutiert für den Zusammenhang zwischen Abfluß und Stoffkonzentration. Sie beruhen auf 14-, z. T. 8-tägig vorgenommenen Messungen in bis zu 30 Ursprungsgewässern in einem jung- und einem alt-diluvialen Einzugsgebiete eines Bodenseezuflusses, ferner im Bereich der diluvialen Decklehme der Lias-Hochfläche nördl. Schwäbisch Gmünd. Die Werte wurden 1961-63 bzw. 1967-69 ermittelt.

Für die Suspensions- und Lösungsfracht im Mündungsgebiet größerer Gewässer gibt es empirische Näherungsgleichungen. Will man in Segmenten unserer Kulturlandschaften die boden-, bzw. gesteinsbürtige Stoffausfuhr messen, so muß man Oberläufe untersuchen. Hier werden allerdings die Beziehungen zwischen Abfluß und den Stoffgehalten unsicher. Siehe hierzu Tab. 1:

Tab. 1 Die Stoff-Fracht von ursprungsnahen Oberflächengewässern

Gewässer	Fracht	beteiligte Faktoren
Oberflächenabfluß, flächig	Suspensions- und Lösungsfracht	Regencharakteristika, Verhalten des Bodens bei Regen, Bodenschutz (Vegetation etc.)
Solumabfluß, Gräben, Dränagen, Hangwasser etc.	vorw. Gelöstes (Suspension)	Menge des Stoffes im Boden, sein Lösungsverhalten, Verdünnung
Boden- und Gesteinsabfluß, Quellen	vorw. Gelöstes	pedogener bzw. lithogener Anteil, Fällung u. Filtration im Gestein, Vermischung im Grundwasser

*) Inst. f. Bodenkunde, 7 Stuttgart-Hohenheim

Zahlreichen Untersuchungen läßt sich entnehmen, daß aus Wald- und Grünlandboden jährlich ca. 4-12 kg, von bearbeitetem Land meist 40-180 kg/ha Nitrat (NO_3^-) ausgewaschen werden. Nicht nur höhere Auswaschungsmengen, sondern auch höhere Konzentrationen im Abfluß werden häufig während des Winterhalbjahres beobachtet. In 12 Beispielen, die angeführt wurden, waren die gemessenen jahresdurchschnittlichen Konzentrationen zwischen 53,5 und 0,44 mg/l NO_3^- klar nach dem Ackeranteil im Einzugsgebiet abgestuft. In 7 von 10 Gewässern betrug die winterlichen Nitratkonzentrationen das 1,2 - 1,6fache der Sommerwerte. Das sind auch diejenigen Gewässer, bei denen erhebliche jahreszeitliche und kurzfristige Konzentrationsschwankungen auftreten. Es handelt sich hier um vorwiegend bodenbürtige Gewässer in wenig eingeschnittenen Vorflutern. Diese kommen entweder von \pm flachgründigen Böden auf sandigkiesigem Untergrund, wo Niederschläge sich rasch auf die Schüttung auswirken. Oder aber sie stammen aus \pm fein verwitterten Lehmen, in denen das nitrethaltige Wasser aus den oberen Bodenschichten im Laufe des Winters den Vorfluter erreicht (infolge Verdrängungsverlagerung). In 3 flachgründigen Vorflutern ist der Korrelationskoeffizient zwischen Abfluß und NO_3^- Konzentrationen $r = + 0,81-0,84$, bei den anderen Gewässern liegt er um $r = 0,6$ und sinkt, wenn die Gewässer vorwiegend grundwasserbürtig sind, bis Null ab.

Das Chloridion, das durch Regenwasser, Düngung und Verwesung dem Boden zugeführt wird, verhält sich bezüglich seiner Konzentration ähnlich wie Nitrat. Die relativ geringere biogene Anreicherung während der Herbstmonate bewirkt, daß die Ausschläge geringer sind. Bei Waldgewässern ist die Cl^- -Konzentration im Abfluß höher als für das Niederschlagswasser anzunehmen ist. Offensichtlich ist die Konzentrationserhöhung eine Folge der Evapotranspiration, doch sind Rücklage in der wachsenden Pflanze und Mobilisierung aus dem Bestandsabfall nicht bekannt.

Aus dem Gebiet der Alt- bzw. Jungmoräne haben die Oberflächengewässer 12,5 bzw. 3,7 g/ha an gelöstem P-PO_4^{---} verfrachtet, die Zahlen für Gesamtphosphatphosphor sind 77,2 bzw. 35,6 g/ha . Jahr. Die Korrelation zwischen der Härte und dem Gehalt an

gelöstem Phosphat in den Ursprungsgewässern beträgt $r = -0,75$. Im übrigen sind auf die Durchschnittskonzentrationen an gelöstem und an Gesamtphosphat weder die Kulturart noch Bewirtschaftung von erkennbarem Einfluß, sondern in erster Linie der Kalkgehalt im durchflossenen Boden- und Gesteinskörper. Deutliche Beziehungen zwischen Phosphatkonzentration und Abfluß bestehen nicht. Erodierende Flächenaspülung bewirkt Konzentrationsspitzen der Phosphatkonzentration im Abfluß. Zwischen dieser und der Trübung bestehen positive Korrelationen zwischen $r = + 0,90 - 0,96$.

Zwar wurde bei dieser Untersuchung das Ca^{++} -Jon nicht bestimmt, doch gibt die Härtemessung einige Anhaltspunkte. Die als Beispiel angeführten Gewässer aus den altdiluvialen Einzugsgebieten wiesen durchschnittliche Härten von 7,7 bzw. 14,0 dGH⁰ auf. Zwei Gewässer aus dem jungdiluvialen Gebiet hatten Härten von 18,0 bzw. 20,8 dGH⁰. Die relative Schwankung der Härtewerte bleibt gering. Man kann davon ausgehen, daß innerhalb eines oder weniger Jahre die kalkabgebende Oberfläche im durchflossenen Boden- und Gesteinsraum sich nur wenig ändert. Im Winter, z. Zt. des größten Abflusses ist, da die biologische Tätigkeit im Boden mehr oder weniger ruht, die Lösungskraft des Wassers gering. Demzufolge bestanden im altdiluvialen Einzugsgebiet zwischen dGH⁰ und Abfluß Korrelationskoeffizienten von $r = -0,81$ und $-0,90$. Im jungdiluvialen Einzugsgebiet betragen sie $r = -0,4$ und $-0,35$.



Hydrologische Beobachtungen an zwei kleinen Wassereinzugs-
gebieten mit unterschiedlichen Bodenverhältnissen

von E. Schekorr *)

1. Einführung

Beobachtungen an kleinen Wassereinzugsgebieten haben den Zweck, neben der Erfassung von Niederschlag und Abfluß als Hauptkomponenten des Wasserhaushaltes auch die für das hydrologische Geschehen wichtigen Faktoren wie Morphologie des Geländes, Geologie des Untergrundes, Verbreitung und Gestalt der Böden, Pflanzenbewuche und landwirtschaftliche Nutzung in Betracht zu ziehen. In großen Einzugsgebieten werden die genannten Faktoren stark wechseln, sich in ihren Wirkungen beeinflussen und sogar gegeneinander ausgleichen können. In kleinen Einzugsgebieten sind diese Faktoren überschaubar.

2. Das Wassereinzugsgebiet Frestedt

liegt etwa 12 km südöstlich von Meldorf in Süderdithmarschen im Südwesten Schleswig-Holsteins. Das 3,6 km² große Gebiet wird vom Dorlehnebach entwässert, der wiederum über 3 übergeordnete Vorfluter sein Wasser zur Nordsee abgibt. Die Wasserscheide ist morphologisch nach den umliegenden Höhen festgelegt. Das Einzugsgebiet wird fast ausschließlich landwirtschaftlich genutzt etwa zu gleichen Teilen als Acker- und Grünland, nur etwa 10% werden von Waldbeständen eingenommen.

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der Altmoränenlandschaft, jener Landschaft Schleswig-Holsteins, die durch die vorletzte Vereisung (Seale-Eiszeit) geprägt wurde. Die bodenkundliche Geländeaufnahme spiegelt die geologischen Verhältnisse wider.

*) Institut für Wasserwirtschaft und Meliorationswesen
der Universität Kiel, Olshausenstr. 40-60

So treten im Untersuchungsgebiet im wesentlichen 3 Bodentypen auf: Eisenpodsole unterschiedlicher Ausprägung in den Bereichen mit Geschiebe- und Schmelzwässereisend, Pseudogleye in den Bereichen mit anstehendem Geschiebelehm (von ganz geringer Ausdehnung), Niedermoor in der Niederung mit Anmoorgley als Übergangsfazies. Zwischen diesen Bodentypen finden sich die entsprechenden Übergänge.

Die Grundwasserstände werden wöchentlich an 9 Beobachtungsbrunnen gemessen, die in 2 Brunnenketten beiderseits senkrecht zum Vorfluter angelegt sind. In einem Diagramm sind 6 charakteristische Grundwasserganglinien dargestellt (Brunnen II, IV, V, VI, VII, IX). Die Deutung der Ganglinien ergibt nach Prüfung aller Kriterien folgendes: Die höher über NN liegenden Brunnen (II und V) zeigen den ausgeglichenen Verlauf, die flacher über NN gelegenen Brunnen (VI und VII) den differenzierten Verlauf der Ganglinie. Brunnen IV liegt unmittelbar neben dem Vorfluter mit stark wechselnden Wasserständen. Bei Brunnen IX handelt es sich um ein isoliertes Grundwasservorkommen in schwerem Boden ohne Kommunikation mit dem Vorfluter.

Zur Ermittlung der Wasserbilanz werden die Niederschläge mit einem eigens im Untersuchungsgebiet aufgestellten Regenmesser erfaßt, der Abfluß mit Hilfe eines am Unterlauf des Vorfluters errichteten Dreiecksüberfallwehres nach THOMPSON. Die Erstellung der Wasserbilanz erfolgt nach der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung $N = V + A + (R - B)$, wobei das Wasservorratsglied $(R - B)$ bei mehrjährigen Beobachtungen gleich 0 ist. Aus der Differenz $N - A$ läßt sich dann unter günstigen Umständen eine Vorstellung über die Größe der Gebietsverdunstung gewinnen. Für das Einzugsgebiet Frestedt liegen Wasserbilanzen für 4 Winter- und 4 Sommerhalbjahre aus den Jahren 1965 bis 1969 vor (Tab. 1). Es ergibt sich im vierjährigen Mittel für N 939 mm, für A 192 mm und für den Differenzbetrag $N - A$ 747 mm. Dieser Betrag kann nicht als Verdunstung angenommen werden, da er nach anderweitigen Beobachtungen und Berechnungen viel zu hoch ist. Nach BAUMANN und SCHENDEL (1969) liegt die mittlere Jahresverdunstung in den Altmoränengebieten mit einem Anteil von 53% am langjährigen Nieder-

schlagsmittel im Bereich der in unseren Breitengraden üblichen Werte. Geht man von einem langjährigen Niederschlagsmittel von 804 mm (1891-1930, Burg/Dithm.) aus, so beträgt die Verdunstung 426 mm. Das sind in Freestadt 321 mm weniger als sich aus der Differenz N - A ergibt. Dieser Betrag muß als unkontrollierbarer unterirdischer Abfluß gedeutet werden, zumal er weit außerhalb der Meßfehlergrenze liegt. Es ist durchaus vorstellbar, daß ein unterirdischer Abfluß von der höher gelegenen Geest in die unmittelbar vorgelagerte Marsch erfolgt.

3. Das Wassereinzugsgebiet Puttgarden

liegt in der Nordostecke der Insel Fehmarn unmittelbar an der Küste. Wegen der fehlenden natürlichen Vorflut wird das Gebiet künstlich durch das Schöpfwerk Puttgarden entwässert. Die Wasserschleide ist weniger durch die Gefälleverhältnisse des Geländes als vielmehr durch das künstlich zum Schöpfwerk entwässernde Drän- und Grabensystem festgelegt, wobei der See- deich die nördliche Begrenzung zur Küste hin bildet. Das 8,3 km² große Einzugsgebiet wird fast ausschließlich als Ackerland genutzt bis auf die nördlichen Niederungsanteile, wo eine bescheidene Grünlandnutzung stattfindet.

Dieses Untersuchungsgebiet gehört zur Jungmoränenlandschaft Schleswig-Holsteins, die durch die jüngste Vereisung (Weichsel-Eiszeit) herausgebildet wurde. Mächtige Grundmoränen, die ein flaches Relief aufweisen, kamen über dem alttertiären Tarraston zur Ablagerung, so daß der Untergrund nach unten hin völlig abgedichtet ist. Entsprechende Böden haben sich je nach Grundwasserstand ausgebildet. So sind im Untersuchungsgebiet nach STREMMER (1958) folgende Böden zu finden: Vorwiegend Gleye aus Lehm oder schwach sandigem Lehm über Geschiebemergel und Pseudogleye aus schwach lehmigem Sand über schwach tonigem Feinsand oder Geschiebemergel, ganz untergeordnet Parabraunerde aus schwach lehmigem Feinsand über Sand sowie Anmoorboden mit Moorerde oder Torf über Geschiebemergel im Bereich unterhalb des Seedeichs.

Die Grundwasserstände werden an 10 Brunnen, die in 3 parallel zur Küste verlaufenden Linien angeordnet sind, wöchentlich gemessen. Die nunmehr 8-jährigen Beobachtungen sind als Ganglinien dargestellt. Generell ergibt sich daraus folgendes: Die Ganglinien weisen ein eindeutiges Minimum etwa im September bis November aus. Das Maximum wird im Zeitabschnitt Dezember bis Februar erreicht. Das Maximum ist nicht deutlich ausgebildet, vielmehr pendeln die Grundwasserstände auf diesem Niveau mit ganz geringen Amplituden. Der Anstieg des Grundwassers ist steil, der Abfall mäßig flach. Die Amplituden nehmen generell mit der Höhe der Grundwasserstände über NN zu. Wegen der geringen Durchlässigkeit der schweren Böden erfolgt der Anstieg und Abfall des Grundwassers recht kontinuierlich, ohne daß sich einzelne Niederschläge in stärkerer Weise bemerkbar machen. Im ausgehenden Winter und im Frühjahr nach der Auffüllung des Bodens erfolgt in den oberen Zonen infolge einer besseren Bodenstruktur ein schnelles Absinken und Ansteigen des Grundwassers bei andrängenden Niederschlägen. Das überall vorhandene Drän- und Grabensystem bewirkt, daß sich der Boden nicht voll auffüllt, sondern etwa bis in den Bereich der Dräntiefe entwässert wird.

Für die Ermittlung der Wasserbilanz liegen die im Gebiet gemessenen täglichen Niederschläge und die vom Schöpfwerk Puttgarden abgepumpten monatlichen Wassermengen vor. Es liegen für 4 Sommer- und Winterhalbjahre Wasserbilanzen vor - für die Jahre 1962 bis 1966 (Tab. 2). Für die Jahre 1967 bis 1969 wurden die Bilanzen ebenfalls erstellt. Doch ergaben sich hier zu hohe Abflußpenden und zwar besonders in den Winterhalbjahren. Bei stark andrängendem Wasser im Winterhalbjahr entwässert das Schöpfwerk Puttgarden noch einen Teil des westlich anschließenden Verbandsgebietes mit. Der Zulauf wird durch ein Wehr an der Westgrenze des Einzugsgebietes geregelt. Es ergibt sich somit im 4-jährigen Mittel 1962-1966 ein Niederschlag von 546 mm, ein Abfluß von 103 mm und eine errechnete Gebietsverdunstung $N - A$ von 443 mm. Die Höhe des Niederschlages entspricht durchaus dem langjährigen Mittel von 550 mm (1891 - 1930). Die Differenz $N - A$ in Höhe von 443 mm darf man ohne weiteres als mittlere Jahresverdunstung ansetzen.

Gerade im Einzugsgebiet Puttgarden ist mit einem unterirdischen, unkontrollierbaren Abfluß nicht zu rechnen, wie er tatsächlich in Einzugsgebieten der Altmoränenlandschaft auftritt. Die unter den besonderen geologischen Verhältnissen völlige Abdichtung des Untergrundes und die kluge Festlegung der Wasserscheide durch das künstliche Entwässerungssystem geben dem Einzugsgebiet den Charakter eines geschlossenen Systems. Man kann das Einzugsgebiet als eine natürliche Großlysimeteranlage ansprechen.

4. Literatur

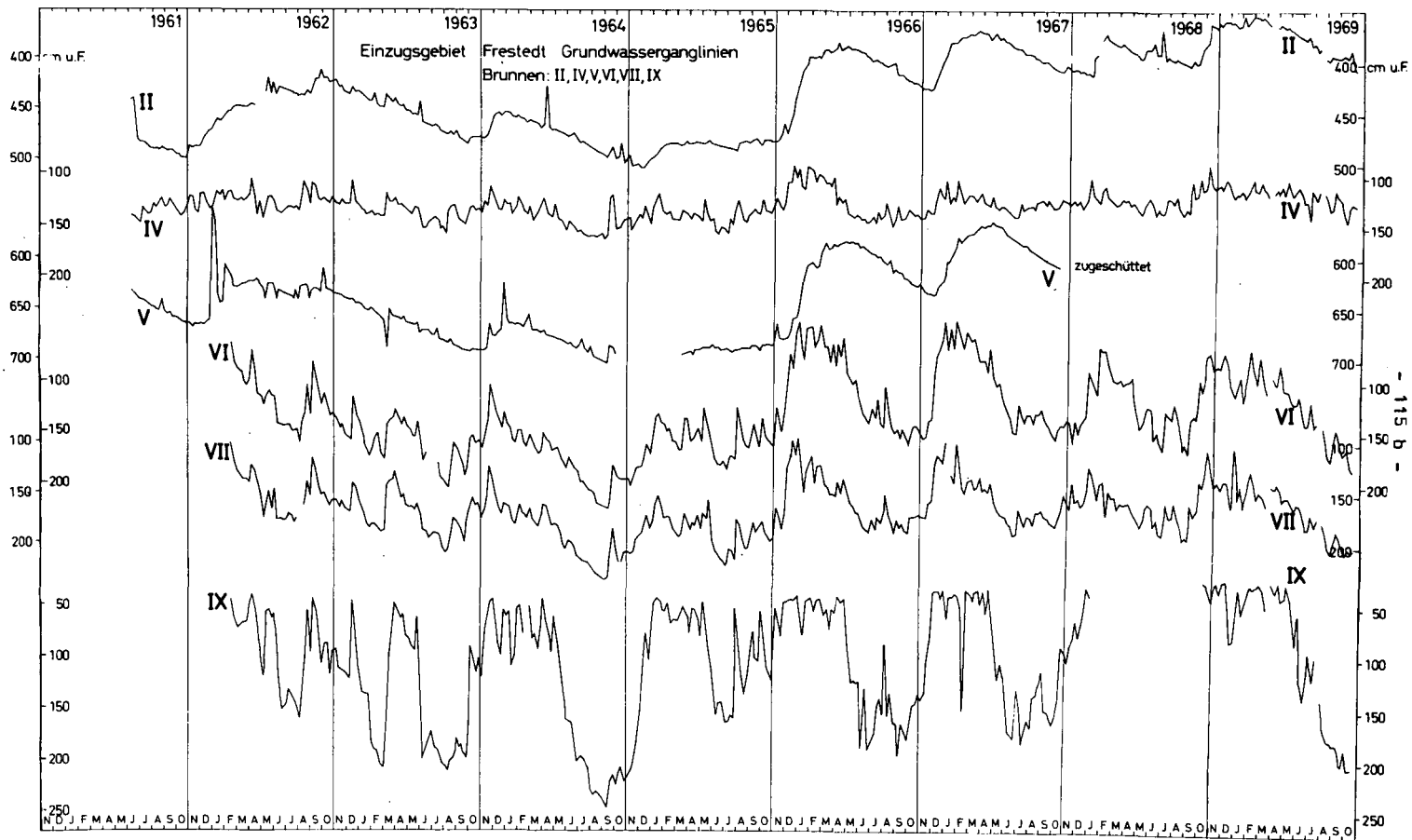
- BAUMANN, H. und SCHENDEL, U.: Gebietswasserbilanz in zwei kleinen Niederschlagsgebieten der Altmoränenlandschaft Schleswig-Holsteins.
Wasser-Jahrbuch 1969,
Berlin und München 1969
- STREMMER, H. E.: Bodenkarte von Schleswig - Holstein,
Insel Fehmarn 1 : 50 000
Kiel 1958

Tab.1 - Wasserbilanzen Frestedt

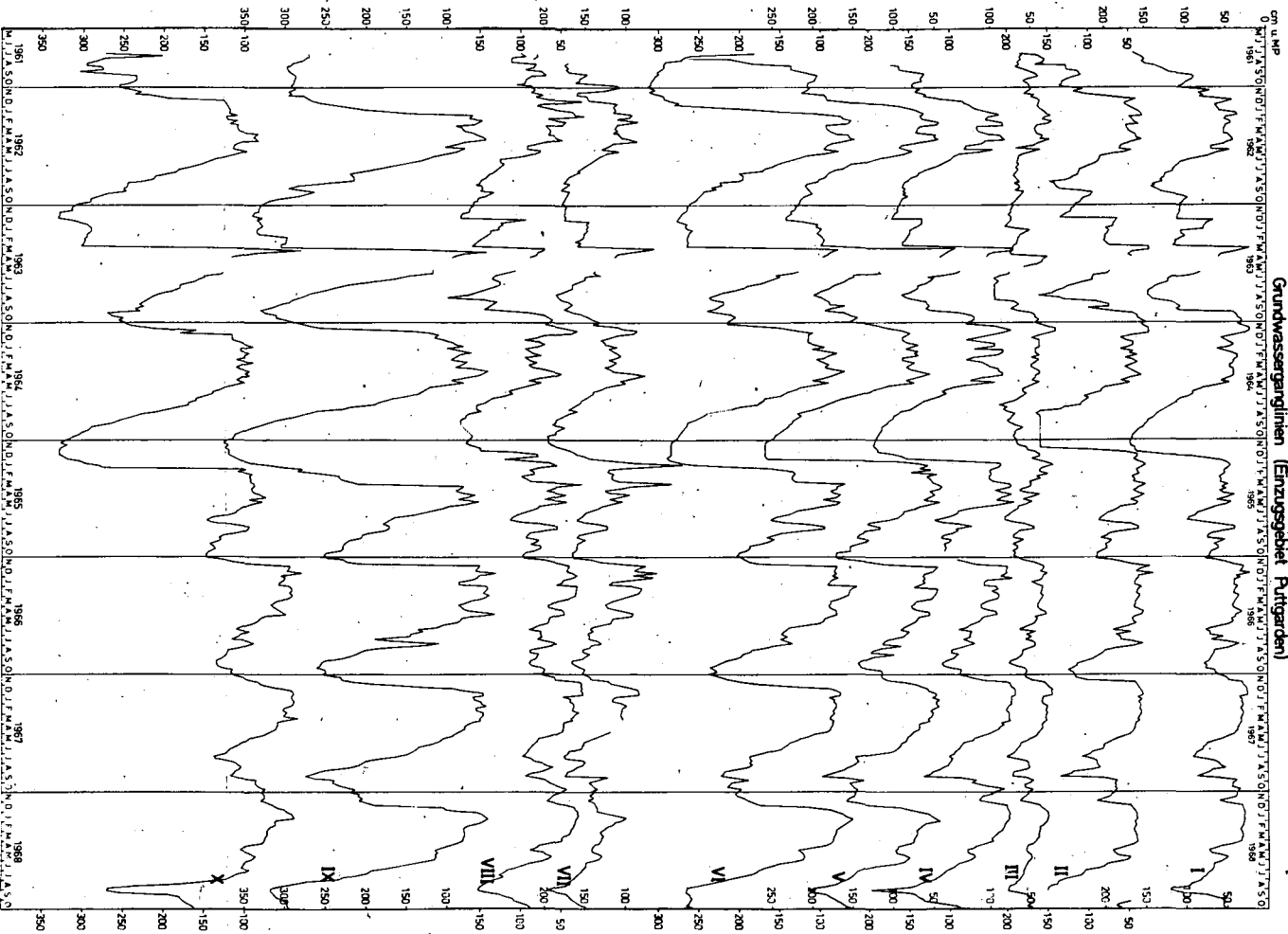
N und A in mm		Sommer- halbjahr 1.5. - 31.10.	Winter- halbjahr 1.11.-30.4.	Jahr 1.5. - 30.4.
1965/66	N	501,5	479,5	981,0
	A	41,0	115,3	156,3
	N-A	460,5	364,2	824,7
1966/67	N	436,2	518,7	954,9
	A	72,7	124,8	197,5
	N-A	363,5	393,9	757,4
1967/68	N	510,0	318,3	828,3
	A	77,5	106,1	183,6
	N-A	432,5	212,2	644,7
1968/69	N	686,8	303,4	990,2
	A	104,2	125,3	229,5
	N-A	582,6	178,1	760,7
1965-69 Ø	N	533,6	404,9	938,5
	A	73,8	117,8	191,6
	N-A	459,8	287,1	746,9

Tab. 2 - Wasserbilanzen Puttgarden

N und A in mm		Sommer- halbjahr 1.5. - 31.10.	Winter- halbjahr 1.11.-30.4.	Jahr 1.5. - 30.4.
1962/63	N	284,7	164,7	449,4
	A	9,4	33,6	43,0
	N-A	275,3	131,1	406,4
1963/64	N	324,0	212,7	536,7
	A	12,1	145,9	158,0
	N-A	311,9	66,8	378,7
1964/65	N	255,2	236,6	491,8
	A	2,5	43,5	46,0
	N-A	252,7	193,1	445,8
1965/66	N	346,3	359,5	705,8
	A	18,2	145,5	163,7
	N-A	328,1	214,0	542,1
1962-66 Ø	N	302,5	243,3	545,8
	A	10,5	92,1	102,6
	N-A	292,0	151,2	442,7



Grundwasserganglinien (Einzugsgebiet Putzgerden)



Ein stationäres Grundwasserstandsversuchsfeld zur Ermittlung der Dynamik des Bodenwasserhaushaltes

von F. Krämer und R. Bahr *)

Zur Untersuchung der Frage, wie sich die totale Absenkung des Grundwassers auf die Dynamik des Bodenwasserhaushaltes und auf landwirtschaftliche Kulturpflanzen auswirkt, wurde am Unterlauf der Rur, nordwestlich von Heinsberg, ein Grundwasserstandsversuchsfeld eingerichtet. Anlaß für dieses Vorhaben waren die Entsümpfungsmaßnahmen der rheinischen Braunkohlentieftagebaue, die in ihre tief- und weitreichenden Grundwasserabsenkungen im Süd- und Nordrevier große Teile der Erft- und im Westrevier Teile der Rur-Inde-Niederungen einschließen.

Der Boden des Versuchsfeldes wird aus holozänem Auelehms über Sand und Schotter gebildet. Die im Durchschnitt 80 - 100 cm mächtige Auelehmsdecke entspricht in ihrer bodenertlichen Zusammensetzung einem sandig-schluffigen Lehm, der örtlich durch tonige und schluffige Einlagerungen und Beimengungen verändert ist. Aus den Grundwasserbeobachtungen vor den Baumaßnahmen und auf der Nullfläche ergibt sich eine Schwankung des Grundwasserspiegels zwischen 0,2 - 1,3 mm unter GOK. Das Bodenprofil des Versuchsfeldes ist gekennzeichnet durch die Horizontfolge: Ap - SG₀ - G₀ - Gr. Es handelt sich bodentypologisch um einen schwach pseudovergleyten Gley.

Neben agrarklimatologischen, bodenphysikalischen und -chemischen Untersuchungen zur Standortkennzeichnung sollen durch Grundwasserbeobachtungen sowie Bodenfeuchte- und Tensiometermessungen der Bodenwasserhaushalt und die Wasserdynamik erfaßt werden. Als letzte Ausbaustufe ist die direkte Datenregistrierung auf Lochstreifen geplant. Die Versuchsfläche umfaßt einen 0,6 ha

*) Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz
43 Essen-Bredeney, Wallneyer Str. 6

großen Teil mit natürlichen Grundwasserverhältnissen und einen 1 ha großen Teil mit abgesenktem Grundwasser mit jeweils einem Acker- und einem Grünlandversuch (Abb. 1).

Im Absenkungsbereich ist die Versuchsfläche etwa doppelt so groß, um zunächst die Möglichkeit rechtzeitigerer Bestellungsarbeiten im Frühjahr auf dem grundwasserfreien Standort zu prüfen und später einen Beregnungsversuch anschließen zu können. Alle Ackerflächen sind unterteilt in eine Hälfte mit normaler und eine solche mit stärkerer Düngung. Es ist folgende Fruchtfolge vorgesehen: Zuckerrüben - Winterweizen - Wintergerste - Kartoffeln - Winterroggen - Klee - Hafer. Je Fruchtart und Behandlung werden - wie beim Grünland - 6 Parallelbearntungen durchgeführt. Die Prüfungsvarianten des Grünlandes unterscheiden sich durch die Staffelung der Stickstoffdüngung von 80, 160 und 240 kg Rein-N/ha.

Beim technischen Teil der Versuchsanlage besteht die Aufgabe darin, unter der etwa 1 ha großen Versuchsfläche das Grundwasser auf mindestens 3 m u. GOK abzusenken und ständig mit möglichst hohem Gleichförmigkeitsgrad des Grundwasserspiegels auf dem Absenkziel zu halten.

Die Voruntersuchungen über die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich des Versuchsgeländes ergeben, daß das Grundwasser in zwei Stockwerken ansteht. Das erste Stockwerk liegt in den Talenden, das zweite in den Terrassenkiesen der Rur. Die die Grundwasserstockwerke trennende Schicht aus tonigem Schluff - also der Grundwasserstauer - liegt im Mittel bei 5,0 m bis 8,2 m u. GOK (Abb. 1). Das Grundwasser im zweiten Stockwerk ist gespannt. Der Druckspiegel entspricht etwa dem Spiegel des ersten Stockwerkes. Der k-Wert des Grundwasserleiters im ersten Stockwerk liegt bei $k = 0,3 \times 10^{-3}$ m/s, der k-Wert des Grundwasserstauers bei $k = 3,7 \times 10^{-8}$ m/s.

Aufgrund der verhältnismäßig hohen Lage des Grundwasserstauers bot sich als technische Lösung für die Grundwasserabsenkung an der Bau eines Beckens im ersten Grundwasserstockwerk durch den Einbau von seitlichen Umfassungswänden unter Einbeziehung des Grundwasserstauers als Beckensohle (Abb. 1).

Aus diesem Becken braucht nach dem einmaligen Abpumpen auf das Absenkziel in der Folge nur noch eine gewisse Zusickerung aus Beckenwand und -sohle sowie der Niederschlagsüberschuß, d. i. die Grundwasseranreicherung im Beckenbereich, abgepumpt zu werden. Im Vergleich zu anderen Verfahren zur Grundwasserabsenkung sind die Fördermengen und damit die Betriebskosten niedriger. Von dieser Art der Grundwasserabsenkung gehen keine Randwirkungen aus, so daß Dritte nicht beeinträchtigt werden können und die Lage der Nullfläche in dieser Hinsicht frei gewählt werden kann. Auch bleibt die eigentliche Versuchsfläche unberührt von den Baumaßnahmen. Darüber hinaus können im späteren Versuchsablauf auch andere Absenkziele eingestellt werden.

Die Beckenwand, die lediglich eine abdichtende und keine statische Aufgabe zu erfüllen hat, wurde als Dichtungswand nach dem ETF-Verfahren hergestellt. Bei diesem Verfahren wird durch Einrammen oder Rütteln von I-Stahlprofilen eine Bodenverdrängung bewirkt. Beim Rammen werden mehrere Profile in einem Arbeitsatz verwendet, beim Rütteln - wie im vorliegenden Fall - ein Einzelprofil. Dabei werden der Profilsatz oder das Einzelprofil fortlaufend wiederverwendet. Die Einbindetiefe in den Grundwasserstauer beträgt rd. 1 m. Das Dichtungsmaterial wird beim anschließenden Ziehen der Profile injiziert. Es besteht aus einem Gemisch von Ton, Zement und Wasser in einem Mischungsverhältnis von 3:1:2. Der Ton kommt aufbereitet auf die Baustelle und hat die Korngrößenverteilung: Ton 52,8 %, Schluff 38,4 % und Sand 8,8 %. Der Injektionsdruck liegt zwischen 2 und 3 kp/cm^2 und ist so gehalten, daß nur der verdrängte Bodenraum und nicht noch der natürliche Porenraum des angrenzenden Bodens verfüllt wird. Für die Dichtungswand wird ein k-Wert von 10^{-8} m/s garantiert.

Den oberen Abschluß der Dichtungswand bildet ein Damm mit Dichtungskern, der rd. 0,4 m ü. GOK hinausreicht. Dieser Damm soll das Zu- oder Abfließen von Oberflächenwasser an der Grenze des Versuchsgeländes sowie kapillaren Wasserübertritt ins Versuchsgelände bei hohen äußeren Grundwasserständen verhindern.

Die Wasserfassung im Becken erfolgt durch einen Horizontalfilterbrunnen. Diese Form der Wasserfassung hat hinsichtlich des verhältnismäßig niedrigen Wasserstandes im Becken den Vorteil optimaler Förderleistung bei zugleich geringstmöglicher Beeinträchtigung des landwirtschaftlichen Versuchsteiles durch Brunnenbauten. Die zwei Horizontalfilterstränge von NW 200 und je 50 m Länge liegen auf 4,30 m u. GOK. Gefördert wird mit Unterwasserpumpen. Die Steuer- und Meßeinrichtungen sind in einer Pumpenkammer über dem Schacht installiert.

Zum technischen Teil der Versuchsdurchführung gehört das folgende Meßprogramm:

- Erfassung des normalen Grundwasserganges zur Beurteilung der Grundwasserverhältnisse auf der Nullfläche;
- Erfassung der Wasserstände im Becken zur Kontrolle der Versuchsvoraussetzungen;
- Erfassung der Grundwasserverhältnisse im angrenzenden Geländebereich zur Überwachung des Einflusses des im Grundwasserleiter liegenden Beckens auf den Grundwassergang;
- Ermittlung der Zuckermengen in Abhängigkeit des Druckgradienten zwischen Außen- und Beckenwasserständen;
- Aufstellung einer Gesamtbilanz für den Beckenbereich zur Ermittlung der Grundwassererneuerung und Verdunstung.

Nach dem Stand der Arbeiten an den Versuchseinrichtungen kann für 1970 mit der Inbetriebnahme der Versuchsanlage gerechnet werden. Die Mittel für den Bau der Dichtungswand sowie der Grundwasserabsenkungsanlage einschließlich der Heranführung elektrischer Energie an das Versuchsgelände wurden vom Ministerium für Ernäh-

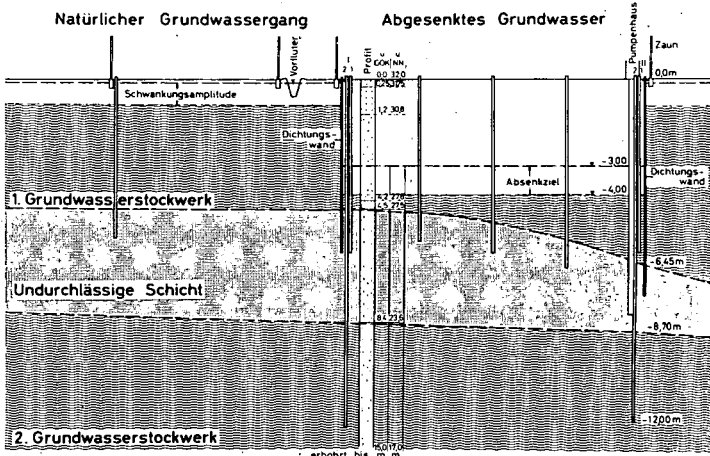
zung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen zur Verfügung gestellt.

Schrifttum

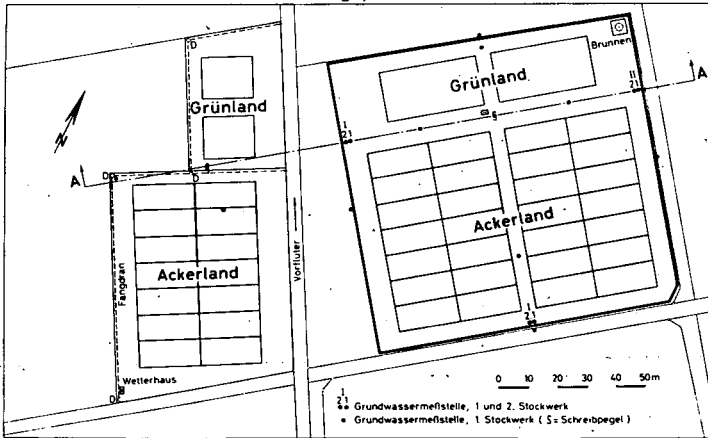
1. Jahresberichte 1967 und 1968 der Landesanstalt für Immissions- und Bodennutzungsschutz des Landes NW; Schriftenreihe der LIB des Landes NW, Heft 12/1968 und Heft 14/1969
2. Gutachten von Dr.-Ing. H. Dieler, Aachen 1966, über die hydrologischen Verhältnisse im Bereich des geplanten Grundwasserstenderversuchfeldes und die sich daraus ergebenden Erkenntnisse hinsichtlich der Entwurfsbeurteilung.
3. Dichtungswände nach ETF-Verfahren auf Stauraumdichtungen von Dr.-Ing. R. Kuhn, München; Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V., Baugrundtagung 1962.

GRUNDWASSERSTANDS - VERSUCHSFELD KIRCHHOVEN

Schnitt A - A



Lageplan



Die Beurteilung der Bodenfeuchte mit Hilfe der Vegetation

von B. Dancau *)

Die Vegetation ist ebenso wie der Boden ein Produkt des Standortes, ein Produkt aller auf sie einwirkenden Faktoren.

Sie steht deswegen in einer so engen Abhängigkeit vom jeweiligen Standort, daß ihr sowohl im Hinblick auf die Artenzusammensetzung, wie auch ihrer Struktur ein feiner standortdiagnostischer Wert zuerkannt werden muß.

Die enge Wechselbeziehung Pflanzengesellschaft und Standort erlaubt, erstere als sinnfälligen Ausdruck des letzteren zu verwenden. Eine Kartierung der Pflanzengesellschaften stellt also indirekt eine solche ihrer Standorte mit dem gesamten Wechselspiel ihrer Faktoren vor. Je nach der Fragestellung kann sie vielseitig ausgewertet werden und gehört dadurch, ebenso wie die Bodenkarte, zu den wichtigsten Unterlagen für Maßnahmen und Planungen verschiedener Art. Voraussetzung hierzu ist die Ausscheidung reproduzierbarer Einheiten, wie sie bei dem derzeitigen Stand der Untersuchungsmethoden in zuverlässiger Weise auch möglich ist. Einer der wichtigsten Faktoren, der sowohl bei der Vegetations- wie auch bei der Bodenentwicklung eine bedeutende Rolle spielt, ist, wie schon bekannt, die Bodenfeuchte.

Bei der Erstellung von Richtlinien zur Untersuchung meliorationsbedürftiger Standorte hat man sich s. Zt. auf folgende Feuchtestufen oder Feuchtegrade geeinigt:
meist offenes Wasser, naß, feucht, wechselfeucht, frisch, wechsell trocken, trocken und dürr.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, daß manche Pflanzengesellschaften ihr Optimum im Bereich der genannten Feuchte

*) Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München 19, Menzinger Str. 54

stufen haben und dadurch ihr Vorkommen auf bestimmte Bodentypen beschränken. Hierzu dürfen selbstverständlich chorologische Gesichtspunkte nicht unberücksichtigt bleiben. Diese Tatsache ist nicht unbekannt und es kann festgestellt werden, daß in den letzten Jahren immer mehr Bodenkundler sich bemühen, von der Aussagekraft der Vegetation in dieser Hinsicht Gebrauch zu machen.

Unter-Berücksichtigung der genannten Bodenfeuchtestufen haben wir bei der Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz in München versucht Kartierungsschlüssel zu entwickeln, die eine Beurteilung der Bodenfeuchte mit Hilfe der Vegetation ermöglichen.

Die Abb. 1 zeigt einen solchen Schlüssel für den Grünlandsektor. Oben erscheinen die einzelnen Feuchtestufen nach abnehmender Feuchtigkeit von links nach rechts eingereiht, unten die für sie zuständigen Pflanzengesellschaften, die farblich und manchmal sogar mit Zeichnungen gekennzeichnet werden. Bei der farbigen Darstellung wird so verfahren, daß nasse Bestände blau bzw. violett-blau, trockene gelb-rot, normale grün mit verschiedenen Variationen erscheinen. Weitere Differenzierungen werden durch verschiedene Zeichen erkennbar gemacht.

Die Ackerbewirtschaftung stellt, wie bekannt, ganz andere Ansprüche an die Feuchtigkeit als das Grünland oder der Wald.

Hier fehlen die Extremen naß und dürr ganz und feuchte Äcker gibt es nur dort, wo sie aufgrund irgendwelcher Maßnahmen sekundär beeinflußt wurden. Eine ideale Bewirtschaftung in dieser Hinsicht wird bei den frischen Standorten gewährt, während die trockenen, zumindest zeitweise, Hilfsmaßnahmen wie Beregnung benötigen. Ein großes Problem stellt jedoch die Wechselfeuchtigkeit dar. Es handelt sich dabei um Pseudovergleyungen oder Pseudogleye verschiedener Art, die bei dem z. Zt. erforderlichen Maschineneinsatz Schwierigkeiten bereiten und deshalb einer Sanierung bedürfen. Die Vegetation kann auch bei der Beurteilung der Ackerfeuchte Hilfe leisten, wenn hierzu die Aussagekraft der Unkrautflora herangezogen wird.

Abb. 2 zeigt einen Kartierungsschlüssel für die Bodenfeuchte der Äcker.

Die in Frage kommenden Unkrautgruppen werden hier nach zunehmender Feuchtigkeit von oben nach unten eingereiht. Ihre Kombination im Gelände, d. h. Zusammentreten oder gegenseitiges Ausschließen ergibt Vegetationseinheiten, die für die gezeigten Feuchtestufen charakteristisch sind.

Anhand von Diapositiven wurden anschließend einige Pflanzengesellschaften gezeigt, die zur Beurteilung der Bodenfeuchte geeignet sind.

KARTI ERUNGSSCHLÜSSEL unter Berücksichtigung der Bodenfeuchtestufen nach DIN 4220

	I meist offenes Wasser		II naß					III feucht			IV wechselfeucht		V frisch		VI wechsell trocken		VII trocken, dürr								
	Phragmitetea Phragmitetalia		Oxycocco- Sphagnetes		Scheuchzeria- Caricetea fuscae			Molinio-Arrhenatheretea Wirtschaftswiesen			Plantagineta- lialia Tritt- und Flutrasen	Molinio-Arrhenatheretea Wirtschaftswiesen				Festuco- Brometea	Hardo- Callunetea								
	Röhrichte, Großseggenriede		Hoch- und Heidemoore		Kleinseggen- sümpfe			Molinietalia Feuchtwiesen				Arrhenatheretalia				Trocken- und Steppenrasen	Borstgras- rasen und Heiden								
												Fettwiesen und Fettweiden				trockene Haferwiesen und Weißkleevelden									
Ö l a n d r a s e n	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	3 Calthion 4 5							Bromion Trespen- Trockenrasen	3 4						
	Phragmiton Röhrichte	Magnocaricion Großseggenriede	Mollgrasstadium	Raseninselmoor	Zwergstrauchstadium	Bergkiefermoor	Zwischenmoor	Kalkseggenstumpf	Braunseggenstumpf	Schlenken		Kalkheide Kalkrasen	Petastion Hochstauden	Kalkbinsenflur	Silikatbinsenflur					1	2	Kalk- Trockenrasen	basenärmer	Hardtalia Borstgrasrasen	Calluno- Mlicetalia Heiden
			o o o	o o o	o o o	o o o	o o o	o o o	o o o	o o o		o o o	o o o	o o o	o o o	o o o	o o o	o o o	o o o	o o o	o o o				
Stabilo	8732	8731					8737											8739							
W ä l d r a s e n								Calthion Sumpfdotterblumen- Kohldistelwiesen			1 Polygonion aviculare Trittrrasen	Arrhenatherion Fettwiesen		Cynosurion Fettweiden		Arrhenatheri- on trockene Haferwiesen	Cynosurion trockene Weißkleevelde								
								6 Feucht- wiesen	7 Blasen- weiden	2 Agropyro- Quintion crispus Flutrasen	3 Wechselfeuchte Glatthaferwiese	4 Fuchsschwanz- wiese	1 Fallagen- Glatthaferwiese	2 Berglagen- Goldhaferwiese	3 Weißklee- weiden	4 Rotschwingel- Gebirgsfettweide	1 Salbei- Glatthafer- wiese	2 Trockene Weißklee- weide							
							8753					8743		8733		8744									

Weitere Signaturen:

Acker



8745

Quelle



Wald



8749

Schilfzone



Abb. 1

Unland



8752

Einzelne Gehölze



Kartierungsschlüssel für die Bodenfeuchte der Äcker nach DIN 4220

Feuchtestufen	VII dürre	VI trocken	V frisch	IV wechsel- feucht	III feucht	II naß
<u>Trockenheitszeiger:</u>						
Hasenohr-Gruppe						
Schöterich-Gruppe						
Sichelmöhren-Gruppe	←		→			
Spurren-Gruppe						
Vogelfuß-Gruppe						
<u>Frischezeiger:</u>						
Erdrauch-Gruppe						
Rainkohl-Gruppe		←		→		
Honiggras-Gruppe						
<u>Wechselfeuchtigk.-Zeiger</u>						
Kriechhahnenfuß-Gruppe						
Huflattich-Gruppe			←		→	
Kamillen-Gruppe						
Ackersaudistel-Gruppe						
<u>Feuchtigkeitszeiger:</u>						
Schilf-Gruppe						→
<u>Krumenfeuchtigkeitszeig.:</u>						
Sumpfruhrkraut-Gruppe			←			→
Krötenbinsen-Gruppe						
Sternlebermoos-Gruppe						
Farbe (Stabilo-Nr.)	54	34	33	37	31	32

Steppenrasen

Sümpfe und nasse Moore

Abb. 2



Über die hydroökologische Beurteilung von Böden, dargestellt am
Beispiel von Pelosolen

von O. Wittmann *)

Eine Beurteilung des pflanzenwirksamen Bodenwasserhaushaltes bereitet, wenn sie sich allein auf den Profilaufbau des Bodens stützen muß, oft Schwierigkeiten und führt zu subjektiven Ergebnissen. Neben bodenphysikalischen Untersuchungen bieten Analysen von Pflanzengemeinschaften (besonders des Grünlands) sowie physiologische Messungen an Pflanzen ausgezeichnete Möglichkeiten, um in dieser Richtung exakte Kenntnisse zu erlangen.

H. ELLENBERG (1952, 1963) und E. KLAPP (1965) haben das Verdienst die Grünlandpflanzen - H. ELLENBERG (1950) auch die Ackerunkräuter - in ihrem Verhalten gegenüber bestimmten Standortsfaktoren, unter anderem auch gegenüber den Wasserverhältnissen nach einer Zahlenskala charakterisiert zu haben. Eine allgemeine hydroökologische Einstufung läßt sich damit durch Berechnung der mittleren Feuchtezahl, des Mittelwertes aus dem gesamten Pflanzenbestand erreichen. Genauere Auskunft gibt die Aufschlüsselung des Pflanzenbestandes nach dem prozentualen Anteil von Trockenzeigern (Arten mit Feuchtezahl F 2,5; 2; 1), Frischezeigern (Arten mit F 3) sowie Feuchte- und Nässezeigern (Arten mit F 3,5; 4; 4,5; 5). Zur Darstellung und Interpretation der so gewonnenen Werte wurde die in Abb. 1 wiedergegebene Dreieckseinteilung geschaffen (vgl. auch O. WITTMANN, 1969).

Eine weitere Möglichkeit zur Beurteilung der hydroökologischen Verhältnisse bietet die Messung der Zellsaftkonzentration bestimmter Pflanzenarten, denn diese steht in enger Abhängigkeit zum pflanzenverfügbaren Bodenwasser zur Zeit der Untersuchung. Arbeiten von H. KREEB haben ergeben, daß die umständliche kryoskopische Konzentrationsbestimmung durch Messungen mit dem Refrakto-

*) Bayer. Geol. Landesamt, München 22, Prinzregentenstr. 28

meter für unsere Zwecke ersetzt werden kann. Die Methode ist besonders für Meßreihen geeignet. Die aufschlußreichsten Ergebnisse werden dabei nach längeren Trockenperioden erzielt (s. Abb. 2 und 3).

Die Anwendungsmöglichkeiten dieser Methoden lassen sich am Beispiel von Untersuchungen an Pelosolen im Vorland der Frankenalb (klimatische Verhältnisse 650-750 mm Jahresniederschläge, 7-8° mittlere Temperatur) drastisch aufzeigen. Zum Vergleich werden Untersuchungen an vernähten Tonböden im gleichen Raum sowie an Pelosolen aus dem wärmeren und etwas niederschlagsärmeren fränkischen Weinbaugebiet am Schwanberg angeführt. Demnach umfaßt die hydroökologische Streubreite von Pelosolen in Nordbayern etwa die aus Abb. 4 ersichtliche Spanne von feucht bis trocken (vgl. mit Abb. 1). Die Unterschiede zwischen den Standorten des Albvorlandes und des Weinbaugebietes weisen den Einfluß des Großklimas aus. Auf engbegrenztem, großklimatisch einheitlichem Raum kommt es innerhalb des dafür charakteristischen Teilbereichs zu einer weiteren hydroökologischen Differenzierung, hervorgerufen durch eine Reihe von Faktoren, wie Exposition, Inklination, Situation am Hang, Hangwasser und bodeneigene Einflüsse. Im einzelnen wird darüber an anderer Stelle berichtet (O. WITTMANN, 1969). Deswegen werden die Ergebnisse hier nur auszugsweise dargestellt. Sie stammen alle von Pelosolstandorten des Albvorlandes.

Bei Pelosolen aus Feuerletten des Keupers in Oberhanglage ergaben sich bei Neigungen zwischen 5 und 10° folgende expositionsbedingte Abhängigkeiten im Wasserhaushalt:

in NNW-, N- und NE-Exposition: frische, feuchte (und wechselfeuchte) Verhältnisse;

in SW-, S- und SE-Exposition: mäßig wechselfeuchte und zum Teil wechsellrockene Verhältnisse.

Die hydroökologischen Unterschiede zwischen sonnseitiger und sonnebgewandter Lage werden besonders auch aus Refraktometermeßreihen deutlich. Dasselbe gilt für Unterschiede, die durch die einzelnen Situationen am Hang hervorgerufen werden. Mit Hilfe von Pflanzenaufnahmen ließen sich bei Pelosolen und

Pelosol-Braunerden aus Amaltheen- und Opalinuston des Jura folgende Beziehungen ermitteln (extreme Schattlagen nicht berücksichtigt):

Unterhänge: feucht und wechselfeucht
Mittelhänge: wechselfeucht, mäßig wechselfeucht (und feucht)
Oberhänge: mäßig wechselfeucht und wechsell trocken
ebene Lagen: feucht und frisch

Von großem Einfluß ist auch die Hangneigung. So zeigen sich die Böden in sonnseitiger Lage bei Neigungen von über 5° im Durchschnitt deutlich trockener als in flacher Lage. Dagegen überwiegt in Schattlagen bei Neigungen von 7-10° die Verdunstungsminderung noch den Wasserverlust durch Abfluß.

Die bodeneigenen und substratbedingten Einflüsse sind, von denen leichter Deckschichten abgesehen, verhältnismäßig gering. Die Untersuchungen bestätigen jedoch, daß auf Pelosolen aus Amaltheen- und Opalinuston den Pflanzen etwas mehr Wasser zur Verfügung steht als auf den tonreicheren und damit auch totwasserhaltigeren Böden dieser Art aus Feuerletten.

Schwache Hangwasserzufuhr (insbesondere in der Umgebung von Schichtwasseraustritten und unterhalb pseudovergleyter Hochflächen), die noch nicht zu hydromorphen Böden führt und somit am Bodenprofil schwer zu erkennen ist, kann die aufgezeigten Beziehungen stören. Dies nachzuweisen ist mit Hilfe der besprochenen Methoden leicht möglich.

-
- ELLENBERG, H.: Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. - Landw.Pflanzensoziologie I, Stgt.1950.
- Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung.- Landw.Pflanzensoziologie II, Stgt. 1952.
- Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen.- Stgt.1963.
- KLAPP, E.: Grünlandvegetation und Standort.- Berlin und Hamburg 1965.
- KREB, H.: Die Bedeutung der Hydratur für die Kontrolle der Wasserversorgung bei Kulturpflanzen.- Habil.-Schrift Hohenheim 1958.
- WITTMANN, O.: Hydroökologische Untersuchungen an Pelosolen.- Bayer.Landw.Jahrb. 8, München 1969.

zunehmend
ausgeglichen

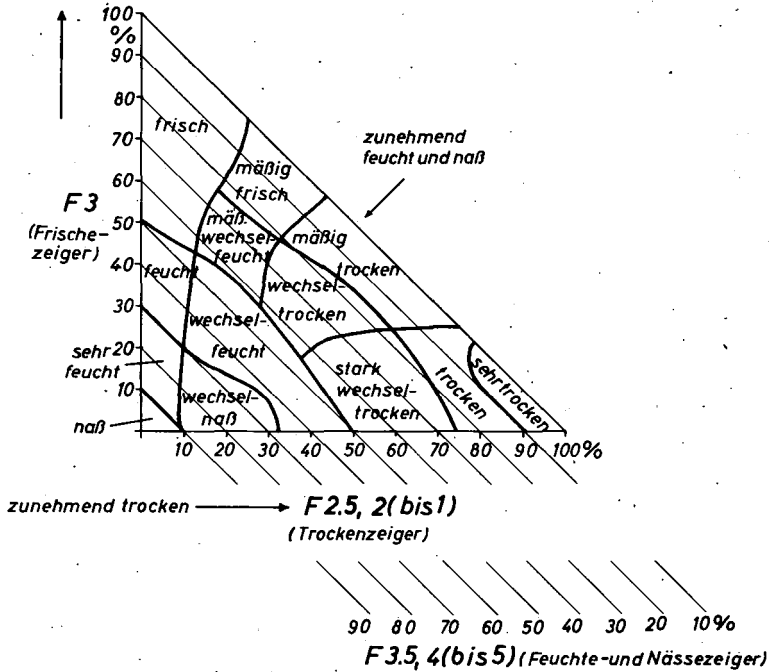
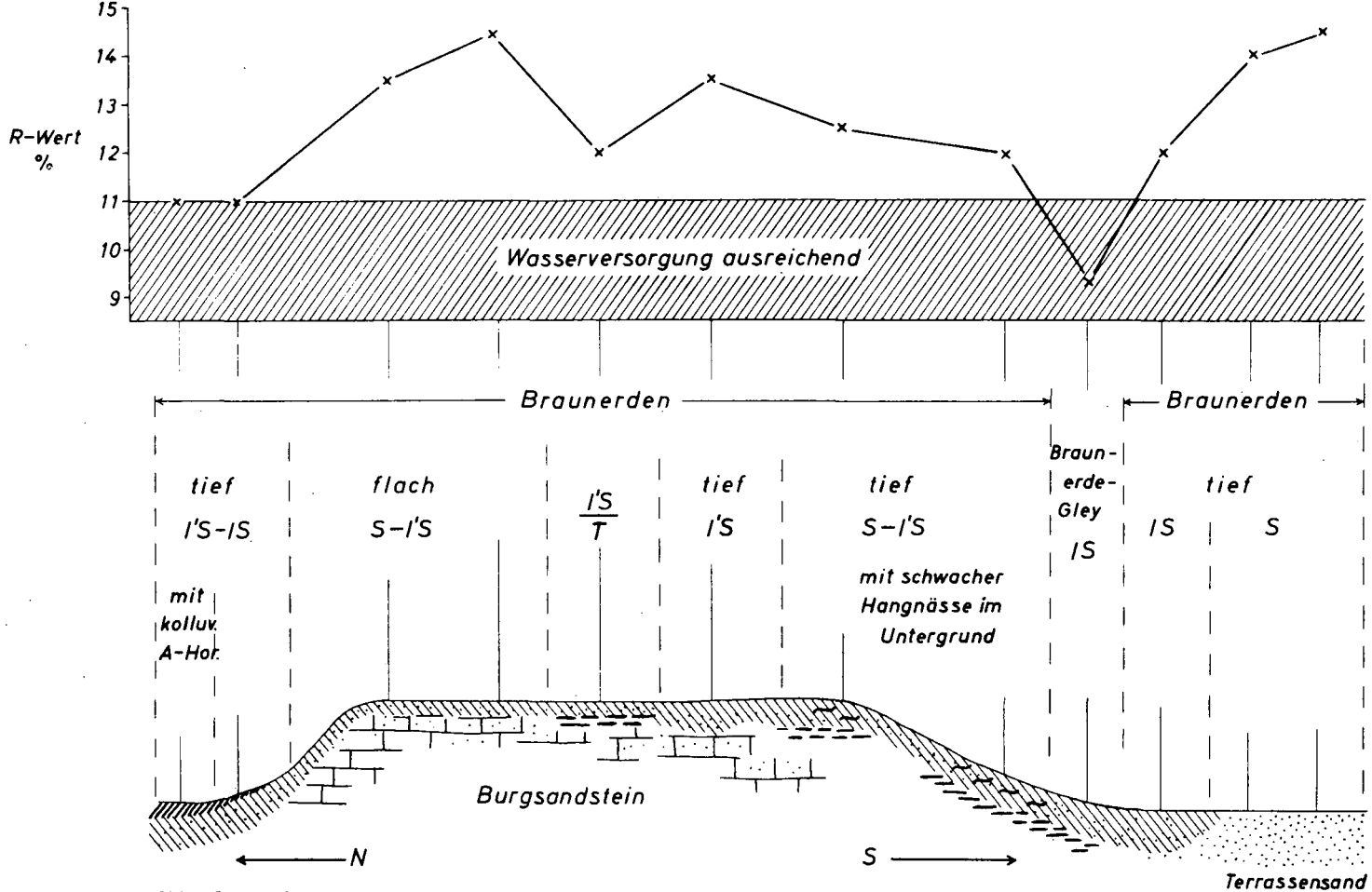


Abb. 1 : Einteilungsschema zur hydroökologischen Beurteilung von Grünlandstandorten



- 127 b -

Abb. 2: Refraktometerreihe an Kartoffeln über eine Burgsandsteinhochfläche
 Tag der Messung: 18.7.1967; 10³⁵-12¹⁰ h; letzter Regen: 8.7.1967

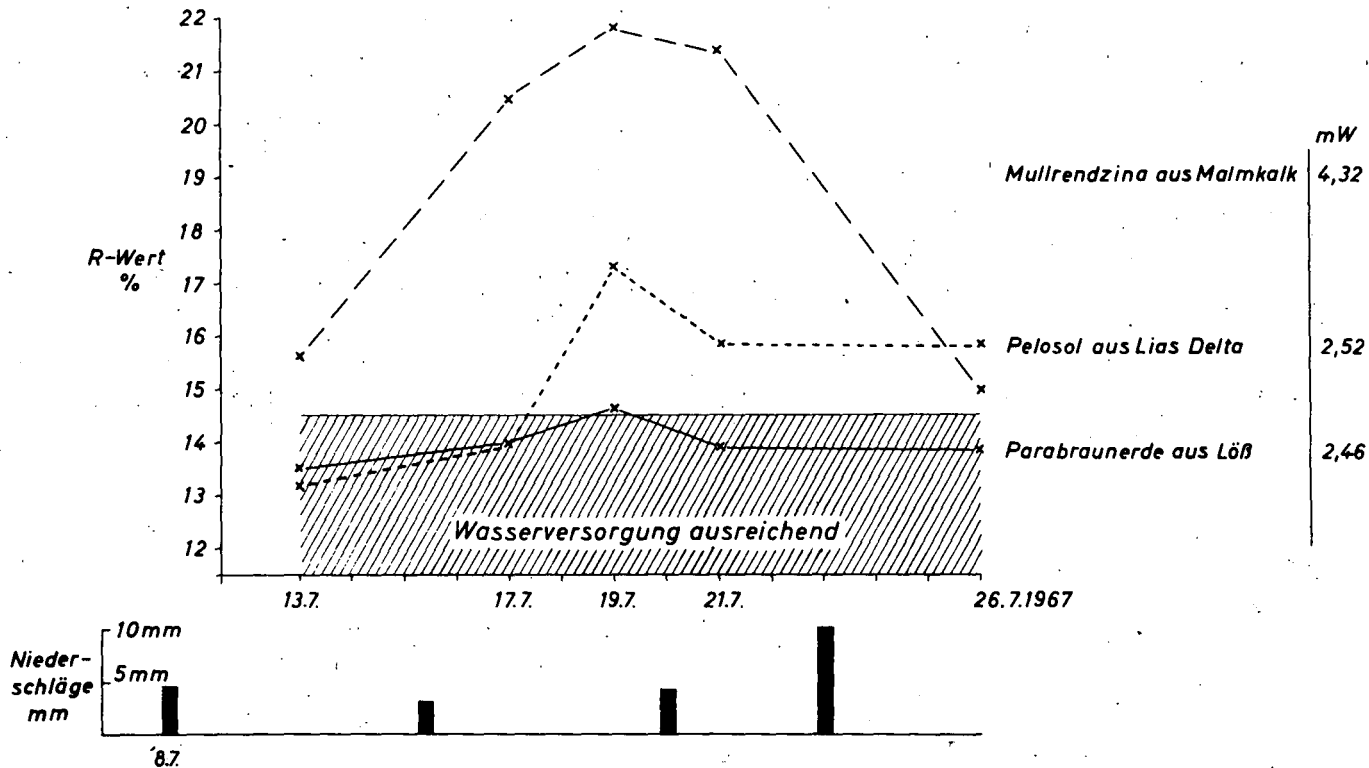


Abb. 3: Refraktometermessungen an Winterweizen - Vorland der Mittleren Frankenalb
 mW = mittlere Wasserhaushaltzahl aus dem Unkrautbestand

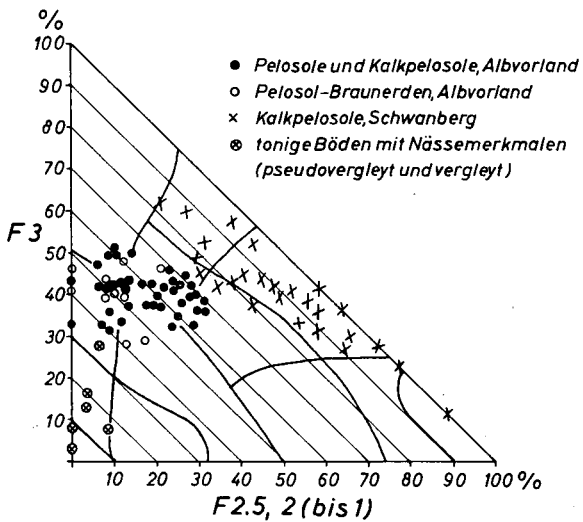


Abb. 4: Die hydroökologische Streubreite von Pelosolen und Pelosol-Braunerden im Vergleich zu hydromorph geprägten tonigen Böden



Zur Durchlässigkeit der Tiefpflugkulturen

in Moor und Anmoor

von R. Eggelsmann *)

Es gibt in Nordwestdeutschland heute schon mehr als 100.000 ha tiefgepflügte Moor- und Anmoorflächen. Die Durchlässigkeit dieser Tiefpflugprofile wurde bisher nicht systematisch untersucht. Eine zahlenmäßige Kenntnis über die Bodendurchlässigkeit ist für den Ingenieur in der Kulturtechnik sehr erwünscht, um danach Graben- und Dränabstände in den Tiefpflugkulturen objektiver zu bemessen (van BEERS, 1969).

Bei dem überaus heterogenen Bodenaufbau des Tiefpflugprofils erschien es wenig sinnvoll, mittels Labormethoden die Durchlässigkeit zu messen. Die Bohrlochmethode (van BEERS, 1962) kann andererseits nicht zu jeder Zeit und überall angewendet werden, da sie ausreichend hohes Grundwasser im Unterboden voraussetzt. Das ist aber bei Grabenwasserständen ≥ 20 cm unterhalb der Tiefpflugsohle meistens nur vorübergehend anzutreffen.

Die im vergangenen Jahrzehnt nach der Bohrlochmethode in tiefgepflügten Mooren gemessenen Felddurchlässigkeiten wurden mittels der Häufigkeitsanalyse nach DAEVES & BECKEL (1948) ausgewertet. Insgesamt lagen 521 Meßergebnisse vor, wobei jeder einzelne Wert bereits ein Mittelwert aus 2 - 5 Einzelmessungen darstellt. Für die variationsstatistische Auswertung wurden die Felddurchlässigkeiten nach bodenkundlichen Merkmalen klassenweise ausgezählt und die Frequenzen und Summenhäufigkeiten auf Häufigkeits- und Wahrscheinlichkeitspapier aufgetragen. Eine Aufgliederung der Kollektive nach bodenkundlichen Unterscheidungen ergab nahezu Normalverteilungen und damit die folgenden Mittelwerte der Felddurchlässigkeit:

*) Nieders. Landesamt für Bodenforschung, Außeninstitut für Moorforschung und angewandte Bodenkunde, Bremen

Bodenart	Felddurchlässigkeit in cm/Tag		
	im Untergrund	im Tiefpflugprofil	bei einem Verhältnis Torf : Sand von
		H : S = 2 : 1	H : S = 4 : 1
m S	134	70	18
f S	55	56	22
sl	(5-7)	(8)	(<1)

Die Mittelwerte der Felddurchlässigkeit für sandigen Lehm sind in Klammern gesetzt, weil sie statistisch nicht gesichert sind.

Der Einfluß der Bodenart auf die Felddurchlässigkeit ist einerseits unverkennbar; im tiefgepflügten Bodenbereich ist andererseits auch das Verhältnis von Torf zu Sand bedeutungsvoll; hier ist Bodenart und Breite des Sandbalkens von weitaus stärkerem Einfluß als Torfart, Zersetzungsgrad und Lagerungsdichte innerhalb der Torfbalken.

Die Felddurchlässigkeiten im Unterboden und Untergrund der Tiefpflugkulturen kennzeichnen die bodenhydrologischen Eigenschaften und bestätigen damit mancherlei Beobachtungen der Praxis. Dies gilt im besonderen Maße für torffreie und (oder) mehr oder weniger lehmige Tiefpflugböden. Solche Profile zeigen Staunässeigenschaften und bleiben auch nach der Melioration weiterhin wechselfeuchte Standorte.

Im Gegensatz dazu sind die normal (im Schichtverhältnis H : S = 2:1) tiefgepflügten Profile zwei- bis zehnfach besser durchlässig und sind - wenn notwendig - normal dränfähig. Ihre Oberböden können als stark humoser Sand ohne Schwierigkeit genutzt werden (Gartenbau, Acker, Grünland, Forst).

Literatur

1. BEERS, W., F., J. van, 1962: Die Bohrlochmethode.
Deutsche Übersetzung: R. Binsack,
Oldenburg, Intern. Inst. f. Landge-
winnung und Kulturtechnik Wageningen
2. BEERS, W., F., J. van, 1969: Einige Nomogramme für die Be-
rechnung von Drän- und Grabenabständen.
Deutsche Übersetzung: R. Eggelsmann,
Bremen, Hrsg. Kuratorium für Kulturbau-
wesen, Verlag Wasser und Boden, Hamburg
3. DAEVES, K. & A. BECKEL, 1948: Großzahl-Forschung und Häufig-
keits-Analyse, Verlag Chemie GmbH,
Weinheim/Bergstr. und Berlin
4. EGGELSMANN, R. (1970) Durchlässigkeit als bodenkundlicher
Grenzwert von Tiefpflugkulturen in
Moor und Anmoor.
Z.f. Kulturtechnik und Flurberreinigung,
11, S. 18-27.



Einfluß mineralischer und organischer Komponenten auf physikalische Eigenschaften von Sandmischkulturen

von H. Kuntze *)

Sandmischkulturen werden heute - wegen ihrer Eignung als Ackerland mit breitem Anbauspektrum infolge verbessertem Bodenklima - in der Rekultivierung der Moore bevorzugt.

Im Streben nach mehr Ackerland werden häufig die durch die Eigenschaften und Mischungsverhältnisse der beiden Komponenten (Mineralboden : Torf) gesetzten Grenzen überschritten.

Der junge, rohe Mischboden hat zunächst ein nur sehr lebiles Gefüge. Das führt bei Wasserüberschuß und zu hohem Anteil an Abschlämmbarem und stark zersetzten Torfen zu Mikroerosionen mit Verdichtungen und sekundärer Staunässebildung bereits im Krumenraum - auch dann, wenn die tiefgepflügten Flächen eine gute Binnenentwässerung erhalten haben.

Zur Abgrenzung von Randbedingungen wurden 12 verschiedene mineralische Bodenarten (S - ut1) mit 2 unterschiedlich stark zersetzten Hochmoortorfen (Hh₂ u. Hh₈) vermischt (0, 1, 2, 4, 8, 16 Gew.% Torf). Von den 76 Modellböden wurden die Saugspannungskarakteristik, ihre Plastizität und Volumenschrumpfung ermittelt. Ausführlich werden die Ergebnisse demnächst e. a. O. veröffentlicht (1).

Die Gefügepotenz kann am besten aus den Konsistenzgrenzen in Beziehung zu pf-Kennwerten des Bodenwasserhaushalts abgeleitet werden.

So wird durch Zugabe von Torfen die Fließgrenze umso mehr erhöht, je geringer der Tongehalt der Mineralbodenkomponente

*) Nds. Landesamt für Bodenforschung, Außeninstitut für Moorforschung und angewandte Bodenkunde, Bremen

bzw. je höher der Zersetzungsgrad des Torfes sind. Das ist ein Zeichen verringerter Neigung zum Aggregieren.

Aus dem Verhältnis Wassergehalt (Gew.%) bei Fließgrenze und Feldkapazität (pF 2,0) kann nach einem Vorschlag BOEKELS (2) die Gefügepotenz ("intrinsic structure") abgelesen werden. Quotienten > 1 deuten mithin eine bessere Gefügestabilität (oder geringere Verschlammungeneigung) an als < 1 . Ohne Torfzusatz liegen die Quotienten bis $\sim 20\% < 2 \mu 1$, steigen dann bis $\sim 35\%$ auf Werte $> 1,1$ an. Mineralböden mit 20-35% Ton sind erfahrungsgemäß die heute im Zeichen starker mechanischer Beanspruchung für den Ackerbau besonders gut geeigneten Böden (s. Abb. 1).

Durch Torfzusätze bis 4-8 Gew.% werden gefügelabile Böden mit zu geringem Tongehalt in ihrer Verschlammungeneigung verbessert. Das ist vermutlich besonders auf die faserige Beschaffenheit wenig zersetzter Torfe zurückzuführen. In Böden mit $> 20\% < 2 \mu$ nimmt dadurch aber gleichzeitig die Kohäsion ab. Ihre Gefügestabilität nimmt damit zu. Stark zersetzte, ihrerseits also kolloidale Torfsubstanz ist dann ohne Einflüsse bzw. ohne Schaden. Mehr als 8 Gew.% Torf sind in jedem Falle nachteilig.

Bindige Böden sind ackerbaulich umso besser einzustufen, je höher die Ausrollgrenze liegt. Durch Torfzusatz wird die Ausrollgrenze so erhöht, daß > 4 Gew.% Hh_2 die Böden nicht mehr ausrollbar sind. Durch Hh_8 bleiben die Böden auch dann weiterhin plastisch. Der steigende Torfzusatz überlagert dann Unterschiede im Tongehalt.

Aus der Beziehung:
$$\frac{\text{Fließgrenze} - \text{Wassergehalt}}{\text{Plastizitätzahl}} \times 100$$
 wird

die Konsistenzzahl errechnet. $K = 0$ bedeutet, der jeweilige Wassergehalt des Bodens befindet sich im Bereich der Fließgrenze, $K = 100$ im Bereich der Ausrollgrenze. Bei $K < 50$ hat der Boden eine breiige, $K = 50-75$ weiche, $K = 75-100$ steife, > 100 feste Konsistenz. Bei Feldkapazität (pF 2,0) sind danach alle Modellböden mit Hh_2 mit $K \approx 20$ breiig, mit Hh_8 wird $K \approx 30$. Durch steigende Zusätze von Hh_2 nähert sich dieser Wert sogar Null.

Mit H_h bleibt er unabhängig von der Torfmenge nahezu konstant. Erst bei pf 3,0 nähern sich die Konsistenzahlen bei Mischungen mit wenig zersetztem Torf Werten > 70 , liegen dann bei Zusätzen mit stark zersetzten Torfen aber erst bei > 50 . Das heißt, bindige Böden sind kaum durch Torfe in ihrer Bearbeitungs-fähigkeit zu verbessern.

Unter Berücksichtigung der anfänglich hohen Abbauraten der Torfsubstanzen werden Anfangstorfgehalte der Mischböden von 10-12 Gew.% als optimal angesehen. Sie nähern sich im Laufe der Bodennutzung und Humifizierung Endgehalten von 4-8 Gew.%. Der kleinere Wert sollte bei bindigen Böden und stark zersetzten Torfen, der obere Grenzwert bei nicht bindigen und wenig zersetzten Torfen angestrebt werden.

Je nach Lagerungsdichte der Torfe und des liegenden Mineralbodens ist damit das Schichtenverhältnis Torf : Sand zu variieren, um im Torfgehalt optimale Mischungsverhältnisse einzustellen.

Da mit dieser Feststellung nur die Frage der physikalischen Eigenschaften in der gemischten Krume von Sandmischkulturen zu beantworten ist, bleibt offen, ob die Selbstdrängung derartiger Tiefkulturprofile bei bindigen Mineralbodenarten und stark zersetzten Torfen ausreicht, durch zusätzliche Röhrendräne ergänzt werden muß oder durch tiefer als die Krume reichende Homogenisierung verbessert werden kann.

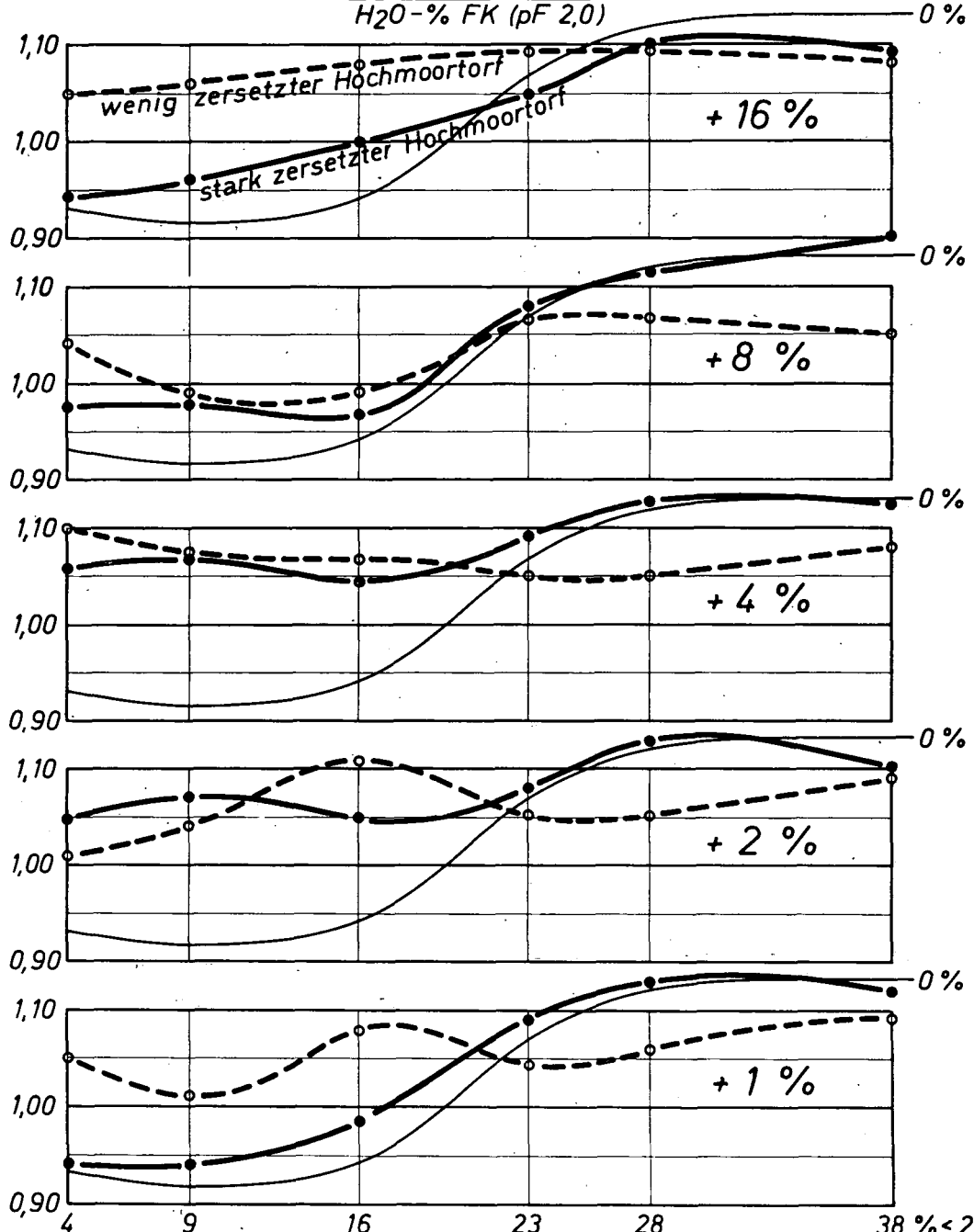
Literatur

1. KUNTZE, H. und B. DJAKOVIC: Einfluß mineralischer und organischer Komponenten auf physikalische Eigenschaften von Sandmischkulturen.
Z.f.Kulturtechnik und Flurbereinigung H. 2, 1970
2. BOEKEL, P.: The effect of organic matter on the structure of clay soils.
Neth.J.Agric.Sci. II., 250, 1963.

Stabilität des Gefüges von Mischungen aus Mineralboden u. Torf

— Grad der Verschlämmungsneigung —

$$\frac{H_2O\text{-}\% \text{ Fließgrenze}}{H_2O\text{-}\% \text{ FK (pF 2,0)}}$$



Die Rekultivierung von Tagebauen aus bodenkundlich-
kulturtechnischer Sicht

von B. Wohlreb*) Autorreferat**)

Der übertägige Abbau von Bodenschätzen - in erster Linie handelt es sich um Braunkohle, vor allem aber um Steine und Erden jeglicher Art - ist ein unmittelbarer Eingriff in die Landschaft. Dieser Eingriff erfaßt zwangsläufig nicht nur die Vegetation, sondern auch die über der jeweiligen Lagerstätte befindlichen Deckschichten und damit den Boden in pedogenetischem Sinne. Er verändert die örtliche morphologische Situation und auf diese Weise die hydrologischen Verhältnisse. Die bestehenden naturgegebenen oder meliorativ geschaffenen Nutzungsmöglichkeiten und das daraus resultierende Ertragspotential werden beseitigt. Alle Maßnahmen, die das Ziel verfolgen, solche durch Tagebau devastierte Gebiete wieder in die umgebende Kulturlandschaft zurückzugewinnen und einzufügen, sind unter dem Begriff "Rekultivierung" zusammenzufassen.

Die Rekultivierung stellt die Bodenkunde vor verschiedene Aufgaben. Die erste ergibt sich bereits vor Beginn des Abbaues, nämlich bei der Aufnahme der natürlichen Standortgegebenheiten des in Anspruch zu nehmenden Geländes. Im Mittelpunkt einer derartigen Zustandsaufnahme steht die geologisch-bodenkundliche Vorfelduntersuchung und damit die Erfassung der für die Kultivierung besonders geeigneten Böden oder anderer Deckgebirgsschichten.

Ihr Ziel ist es, für das jeweilige Tagebauareal - ggf. in Form einer Bilanz für bestimmte Abbauebschnitte untergliedert - die

*) Prof. Dr. B. Wohlreb, Landesanstalt f. Immissions- und Bodennutzungsschutz, 43 Essen-Bredeney, Wallneyer Str. 6

***) Veröffentlichung mit Quellennachweis vorgesehen.

Mengen verfügbarer kulturfähiger Bodenmassen auszuweisen. Darüber hinaus sind diese Substrate vor allem anhand ihrer für die Umlagerung spezifischen Eigenschaften hinsichtlich der Verwendbarkeit für die Rekultivierung zu beurteilen und zu bewerten.

Bodenkundliche Fragen treten weiterhin bei den technischen Vorgängen auf, mit denen die Böden oder für die Kultivierung besonders geeignete Deckgebirgsschichten selektiv abgetragen, transportiert und wieder verwendet werden. Ferner erstrecken sie sich auf die Beurteilung der Geländegestaltung und des den Untergrund bildenden Liegenden oder Übrigen Abraumes, und zwar vor allem im Hinblick auf die spätere Bodenentwicklung und Boden-erhaltung.

Das Absetzen kulturfähigen Rohbodens kann entweder im Wege verschieder Trockenverfahren oder durch Auflandung im Wasserstrom erfolgen. Unter den Trockenverfahren gebührt - abgesehen von den Witterungsverhältnissen, unter denen sie praktiziert werden - erfahrungsgemäß denjenigen der Vorzug, die sich mit möglichst geringer Bodenbelastung vollziehen. Als Bewertungsmaßstab können in diesem Zusammenhang vor allem Dichtemessungen, Untersuchungen des Gesamtporenvolumens und des Anteiles grober Poren, ferner Messungen der Wasserleitfähigkeit und des Bodenfeuchteverlaufes als Maßstab für die Dynamik des Bodenwasserhaushaltes herangezogen werden.

Zur Auflandung im Wasserstrom scheinen sich nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen am besten solche Böden bzw. kulturfähige Lockergesteine zu eignen, die ein möglichst enges Korngrößen-spektrum besitzen und sich außerdem im Wasser relativ gut in die Einzelkornbestandteile auflösen.

Nach der Aufschüttung bzw. Auflandung liegt in der Regel ein Rohboden vor. Seine Entwicklung hängt, abgesehen von den mit der Rekultivierung geschaffenen jeweiligen Standortverhältnissen, entscheidend von der Art und Weise seiner Bewirtschaftung ab. Sie ist schon im Hinblick auf die Genetik für die Bodenkunde zweifellos ein interessantes Forschungsobjekt. Aber auch die im

Zuge der Rekultivierung als weitere praktische Aufgabe notwendige meliorative Vorbewirtschaftung, worunter alle Maßnahmen zu verstehen sind, die der Behandlung und Verbesserung des Rohbodens dienen, erfordert spezielle bodenkundlich-kulturtechnische Untersuchungen und Versuche.



Neue Wege bei der Aufwertung von Pseudogleyen

von G. Schmid und H. Weigelt *)

I EINLEITUNG

Die bisherigen Überlegungen über die kulturtechnischen Möglichkeiten und landwirtschaftlichen Erfolgsaussichten bei der Verbesserung stark tagwasservernässter Böden, fossiler primärer und sekundärer, sowie subfossiler primärer und sekundärer Pseudogleye, gingen von der Hypothese aus, daß ein dauerhafter und vielseitiger Meliorationserfolg bereits dann als gesichert anzusehen ist, wenn durch hydrologische Maßnahmen das Überschüssige und damit pflanzenschädliche Bodenwasser beseitigt wird. Bei dieser einseitigen, ausschließlich nach hydrologischen Gesichtspunkten orientierten Betrachtungsweise der Dynamik des Bodens blieb bei kulturtechnischen Maßnahmen der gesteins-, relief- und entwicklungsbedingte pflanzenphysiologische Einflußbereich als ertrags- und qualitätsbildender Faktor unberücksichtigt. Dies hat zwangsläufig auch dazu geführt, daß bei Beibehaltung der Ursachen von bodenzerstörenden Alterungsercheinungen lediglich die Folgen der negativ verlaufenden Bodenentwicklung beseitigt wurden.

Wenn auch bei Dränungen nach konventionellen Vorstellungen in der Vergangenheit das Teilziel der Bodenverbesserung, nämlich die Beseitigung des pflanzenschädlichen Bodenwassers in der Regel immer erzielt wurde, war der Gesamterfolg für den Landwirt praktisch nie erreicht worden, weil diese 1-stufige Melioration nur Teilaspekte der vorliegenden Bodenalterung berücksichtigt hat.

Der Pseudogleycharakter landwirtschaftlich genutzter Böden ist eine an dem Aufbau bzw. an die Bodenentwicklung gebundene Standorteigenschaft. Sowohl bei primär, als auch sekundär geprägten

*) Aus der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München.

Staunässeigenschaften liegt entweder eine geologisch bzw. genetisch bedingte Ursache in Form einer Bodenverdichtung vor. Ohne stärker ausgeprägte Verdichtung kann auch bei höheren Jahresniederschlägen Staunässecharakter nicht in einem Ausmaß auftreten, daß Dränmaßnahmen erforderlich werden. Böden mit Staunässeigenschaften, deren Ursachen in einer genetischen Bodenverdichtung liegen, haben eine 2-schichtige Bodenalterung durchlaufen und bedürfen zu ihrer nachhaltigen Verbesserung auch einer 2-stufigen Melioration. Hier kann nur eine unabhängig vom Klima und Ausgangsgestein eingesetzte kombinierte, aus Dränung und Lockerung bestehende 2-stufige Bodenmelioration zu einem nachhaltigen Dauererfolg führen.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen ist aber auch die im Zuge der Bodenentwicklung entstandene Verdichtung nur ein Teil- bzw. Bindeglied der Bodenalterung, die im ursächlichen Zusammenhang mit der Vorstufe dieser Alterungsprozesse steht und entscheidend vom Reaktionszustand und Karbonatgehalt der Bodenbildung abhängt. Physiologisch saurer Charakter ist im normalen Reife- und Alterungsprozeß landwirtschaftlich genutzter Böden die Ursache genetischer Bodenverdichtungen.

Der Alterungsprozeß verläuft grundsätzlich in der Reihenfolge: Bodenverlust - Verdichtung - Pseudovergleyung. Der Stufe 2 der Bodenalterung als genetische Verdichtung wird grundsätzlich die Stufe 1 als Ursache mit physiologisch saurem Charakter zugrunde liegen. Die Stufe 2 in Form einer ausgeprägten Verdichtung zieht in Abhängigkeit von der Höhe der Niederschläge des betreffenden Standortes die Stufe 3 der Bodenalterung, den Staunässecharakter nach sich.

Nachdem das Auftreten von stärkeren Staunässeigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden als 3. Stufe der Bodenalterung somit in der Regel die 2. Stufe in Form der Bodenverdichtung und diese wiederum die 1. Stufe in Form eines stärker ausgeprägten physiologisch sauren Charakters des Bodens voraussetzt, kann die Entwicklung der Zukunft bei der erfolgreichen und nachhaltigen Aufwertung von Pseudogleyen mit 3-schichtiger Bodenalterung nur

zur 3-stufigen Melioration führen. Nur unter der Voraussetzung, daß im Zuge von Bodenregradierungsmaßnahmen der Einsatz der einzelnen Meliorationsstufen den vorliegenden Entwicklungs- und Alterungszustand angepaßt wird, also nicht nur die Folgen, sondern gleichzeitig auch die Ursachen einer negativen Bodenentwicklung nachhaltig beseitigt werden, ist ein vollwertiger und dauerhafter Erfolg der kulturtechnischen Maßnahmen auf Pseudogleyen zu erwarten.

Diese, in Abhängigkeit vom Bodenentwicklungs- und Alterungszustand angestellten Überlegungen und die bis zur Gegenwart erzielten Teilerfolge bei der Einleitung und dem Ablauf von, durch Aufbaumaßnahmen erzielten Bodenaufwertungen, haben die Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz im Jahre 1967 zur Einleitung eines Landeskulturversuchsprogramms veranlaßt. Im Rahmen dieses Versuchsprogramms wird der Einfluß von 1-, 2- und 3-stufigen Meliorationen auf Bodenentwicklung, Ertrag und Qualität des Erntegutes geprüft. Dabei erstreckt sich die 1-stufige Melioration auf die Meliorationskalkung, die 2-stufige Melioration auf den kombinierten Einsatz der Meliorationskalkung und Untergrundlockerung und die 3-stufige Melioration auf die Kombination der Meliorationskalkung in Verbindung mit der Untergrundlockerung und Dränung.

II VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Unter Berücksichtigung von Zweckmäßigkeitsgesichtspunkten bei der technischen Durchführung von 3-stufigen Bodenmeliorationen erfolgt die Ausführung in folgender Reihenfolge:

- Dränung
- Untergrundlockerung
- Kalkung + Meliorationsdüngung

1. Dränung

Die Dränung ist die kapitalaufwendigste Maßnahme einer 3-stufigen Melioration auf Pseudogleyen. Deshalb wird im Rahmen dieses Versuchsprogramms geprüft, ob die bisherigen Dränmaßnahmen nach konventionellem System mit durchschnittlichen Dränabständen von 10 m durch kapitalextensivere Lösungen mit Dränabständen von 20 - 80 m vollwertig und nachhaltig ersetzt werden können. Bei der konventionellen Dränung wird die Funktion der Sauger durch Tonrohre kleineren Durchmessers und die der Sammler durch Tonrohre größeren Durchmessers übernommen. In der Praxis ist bei einer durchschnittlichen Dräntiefe von 1 m ein Saugerabstand von etwa 10 m die Regel.

Bei der 3-stufigen Melioration wird nur die Funktion der Sammler von Tonrohren größeren Durchmessers übernommen. Die Sauger werden durch Einsatz eines kombinierten Untergrundlockerungsgerätes mit Ziehkegel als Erddrän ausgeführt. Der Einsatz des Untergrundlockerers erfolgt mit einem Bearbeitungsabstand von 75 cm und einer Bearbeitungstiefe von 80 cm. Das bei der konventionellen Dränung mit 10 m Saugerabstand bestehende System wird somit bei der 3-stufigen Bodenmelioration durch Saugerabstände von 75 cm ersetzt. Die Aufnahme des durch die Sauger abgeführten überschüssigen Bodenwassers durch die mit Abständen von 20 - 80 m verlegten Tonrohrsammler wird durch Einbau eines aus Riesel (7 - 15 mm) bestehenden Filters mit einer Schütthöhe von etwa 60 cm, also 40 cm unter Flur gewährleistet. Die Sauger werden im Winkel von 90° zu den Sammlern eingebaut.

2. Untergrundlockerung

Mit dem Einsatz des aus einem Lockerungschar und Ziehkegel bestehenden kombinierten Untergrundlockerers wird nicht nur der Einbau der als Sauger ausgebildeten Erddrän, sondern auch gleichzeitig eine intensive Bodenlockerung angestrebt. Der Einsatz des Untergrundlockerers erfolgt damit nicht nur in der Absicht, das überschüssige Wasser den Tonrohrsammlern zuzuführen, sondern auch gleichzeitig mit dem Ziel einer Verbesserung der Boden-

durchlüftung und -durchwurzelung. Nach eigenen Erfahrungen entfaltet der kombinierte Untergrundlockerer einen beiderseitigen Lockerungseffekt von 75 bis 80 cm, so daß beim praktizierten System mit einem Bearbeitungsabstand von 75 cm das gesamte Bodenprofil bis 80 cm Profiltiefe dem Lockerungseinfluß unterliegt (1, 2, 3).

Beim kombinierten Einsatz Dränung - Lockerung liegt das mit dem Untergrundlockerer angestrebte Ziel primär im hydrologischen und sekundär im physikalischen Bereich. Die Betonung beim Einsatz des Untergrundlockerers als Ergänzung zur Dränung auf Pseudogleyen liegt somit bei der Verbesserung der Wasserführung mit zweitrangiger Bedeutung des Lockerungseffektes. Trotzdem ein nachhaltiger Lockerungserfolg nach neuerer Ansicht nur bei entsprechender Abtrocknung des lockerungsbedürftigen Untergrundes erzielt werden kann (4), tritt nach unseren Erfahrungen der Gesichtspunkt der erzielten Lockerung beim kombinierten Einsatz Dränung - Lockerung auf Pseudogleyen in den Hintergrund.

Primäre und sekundäre Pseudogleye, postglacialer Entstehung in kühlfeuchten Klimatalagen über 750 mm Jahresniederschläge, haben bei einem in der Regel hohen Ton- und Schluffgehalt einen hohen Anteil an Mikroporen $< 0,2/\mu$ und damit einen Totwasseranteil von 50 - 70 % des Gesamtwassergehaltes. Unter diesen Verhältnissen tritt im kühlfeuchten Klima auf recenten Pseudogleyen nicht der nachhaltige Trockenzustand auf, wie er als Voraussetzung für den Erfolg der Lockerung auf Parabraunerden gilt. Auf postglacialen Pseudogleyen ist nach unserer Ansicht der Feuchtigkeitsgehalt des Untergrundes beim Einsatz des kombinierten Untergrundlockerers als Ergänzung zur Dränung zweitrangig. Wenn nach erfolgter Dränung die Ackerkrume dieser Pseudogleye in den Feuchtgebieten so stark abgetrocknet ist, daß beim Einsatz des Untergrundlockerers durch den Schlepper Druckspuren bzw. Druckschäden nicht mehr zurück bleiben, kann nach unserer Überzeugung der Untergrundlockerer als Ergänzung zur Dränung unabhängig vom Wassergehalt des Untergrundes zum Einsatz gelangen.

In ebenen und schwach geneigten Lagen ist die Anlage der Tonrohrsammler und Erddrän-Sauger reliefunabhängig. Dagegen sollten auf Pseudogleyen mit stärker ausgeprägter Geländeneigung und in Hanglagen die Tonrohrsammler im Gefälle verlegt und die besonders auf schluffreichen Lößböden der Untergrunderosion unterliegenden Erddrän im Winkel von 90° zum stärksten Gefälle eingebaut werden. Bei Berücksichtigung dieser Voraussetzungen ist das System der Kombination Dränung - Untergrundlockerung weitgehend reliefunabhängig und unbegrenzt einsetzbar.

3. Meliorationskalkung

Der mit dem Einsatz des Untergrundlockerers erzielte Lockerungseffekt hat in Abhängigkeit vom Ton- und Schluffgehalt, sowie der Höhe der Niederschläge eine begrenzte Lebensdauer. Zur Erhöhung dieser Lebensdauer ist eine chemische Stabilisierung der Lockerungsschichten erforderlich. Diese Sicherung des Meliorationserfolges der 3-stufigen Melioration wird weitgehend davon abhängen, ob es gelingt, mit chemischen Stabilisatoren die aufgelockerten Schichten vor einsetzenden Bodenfließbewegungen zu bewahren. Die chemische Stabilisierung ist besonders im ersten Jahrzehnt nach erfolgter Lockerung bedeutsam.

Es kann angenommen werden, daß nach 10-jähriger biologischer und chemischer Bodenaufbauzeit die Regradierung der Pseudogleye durch bessere Durchwurzelung des Unterbodens und Untergrundes soweit vorangeschritten ist, daß die ursprünglich von den Erddrän übernommene Funktion der Sauger durch die Verbesserung der Durchlässigkeit und Wasserführung auf das gesamte Bodenprofil verlagert und von diesen übernommen wird. Doch diese Hypothese muß durch Versuchsergebnisse des nächsten Jahrzehntes erst bewiesen werden.

Die chemische Stabilisierung wird nach bisherigen Ergebnissen dann erreicht, wenn in Abhängigkeit von der vorliegenden Sorptionskapazität und dem Sättigungsdefizit die Bodennährstoffe Kalk, Magnesium und Kalium in Gaben zugeführt werden, daß eine Sättigung bei Ca von 80 %, bei Mg von 15 % und K von 3 % der AK

erreicht wird (5, 6, 7, 8). Gleichzeitig wird aber darauf hingewiesen, daß diese teilweise sehr hohen Mengen nicht in einer Gabe zugeführt werden müssen, sondern auf Jahre bis Jahrzehnte verteilt werden können. Der Meliorationserfolg der 3-stufigen Melioration ist gesichert, wenn etwa 50 - 70 dz/ha CaO und eine verstärkte NPK-Gabe als Startdüngung zugeführt werden.

III UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Tabelle 1 vermittelt einen Überblick über die Sorptionskapazität, die austauschbaren Kationen in % der AK, das Ca:Mg-Verhältnis, die Bodenreaktion, den Karbonat- und Humusgehalt und den Basenfehlbetrag in dz/ha je Horizont bzw. für das Profil.

Der bodenartige Profilaufbau unterteilt nach Sand-, Schluff- und Tonfraktion, die Grobstruktur und Porengrößen sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Aus Abbildung 1 ergibt sich die Versuchsanordnung der verschiedenen Meliorationssysteme bei einer 3-teiligen Fruchtfolge mit zusätzlicher Meliorationsdüngung.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über den Einfluß der geprüften Meliorationssysteme auf den Ertrag der 3-feldigen Fruchtfolge in Relationswerten, der in Tabelle 3 durch den Einfluß der Meliorationsdüngung ergänzt wird.

Der Einfluß der verschiedenen Meliorationssysteme auf die Weizenqualität in Abhängigkeit von der Meliorationskalkung ist aus den Abbildungen 4 und 5 ersichtlich.

IV KOSTENVERGLEICH

Aus nachfolgendem Vergleich ist der Kapitalaufwand für das konventionelle Dränsystem auf Pseudogleyen und der Aufwand für eine 3-stufige Melioration je ha LN ersichtlich.

1. konventionelles System (1-stufige Melioration)

1000 m Dränrohrauger	DM 3.000.--
30 dz/ha CaO	<u>DM 300.--</u>
	DM 3.300.--

2. 3-stufige Melioration

	Dränenabstände		
	40 m	60 m	80 m
a) Dränung	DM 750.--	DM 500.--	DM 375.--
b) Kiesfilter	" 500.--	" 330.--	" 250.--
c) Lockerung	" 250.--	" 250.--	" 250.--
d) 60 dz/CaO	" 600.--	" 600.--	" 600.--
	<u>DM 2.100.--</u>	<u>DM 1.680.--</u>	<u>DM 1.475.--</u>

Die Kostenersparnis erstreckt sich bei 40 m Dränenabstand auf 36 %, bei 60 m Dränenabstand auf 49 % und bei 80 m Dränenabstand auf 55 % des bisherigen Aufwandes bei der 1-stufigen Melioration.

V ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz hat im Jahre 1967 ein Landeskulturversuchsprogramm eingeleitet. Im Rahmen dieser Versuche wird die Frage geprüft, ob auf stark ausgeprägten Pseudogleyen die konventionelle und kapitalintensive 1-stufige Melioration (Dränung) durch kapitalintensivere 3-stufige Meliorationen (Dränung, Lockerung und Kalkung) vollwertig und nachhaltig ersetzt werden können.

2. Die Überlegungen bei der Versuchsdurchführung gehen davon aus, daß ein im wirtschaftlichen Zusammenhang stehender Erfolg der Melioration von Pseudogleyen und dem verursachten Aufwand nur dann zu erwarten ist, wenn die Kombination mehrerer Meliorationsverfahren in Abhängigkeit vom Entwicklungs- und Alterungszustand der Böden zum Einsatz gelangt.

3. Diese Forderung ist nur dann erfüllt, wenn auf stark stau- nassen Böden nicht nur durch 1-stufige Meliorationen die Folgen einer negativen Bodenentwicklung bei Beibehaltung der Ursachen beseitigt werden, sondern wenn Ursache und Wirkung als komplexes Problem gesehen und durch 3-stufige Meliorationen eine nachhaltige Regradierung eingeleitet wird.

4. Der Einsatz der beschriebenen 3-stufigen Melioration in Klima- gebieten über 700 mm Niederschläge bzw. in solchen über 600 mm mit häufigem Regenmaximum während der Vegetationsperiode ist auf fossilen, primären und sekundären, sowie subfossilen primären Pseudogleyen in der Regel erforderlich und empfehlenswert. Dagegen ist auf recenten sekundären Pseudogleyen für die Beantwortung der Frage der Zweckmäßigkeit der Kombination mehrerer Meliorations- verfahren die Tiefgründigkeit des Staukörpers bedeutsam. Pseudo- gleye dieser Gruppe mit mächtigen Staukörper und einer Basis desselben unter 80 cm Profiltiefe werden zweckmäßig durch 3-stufi- ge Meliorationen, solche mit geringer Mächtigkeit durch 2-stufige Meliorationen verbessert. In Klimagebieten mit weniger als 600 mm Jahresniederschlag sind fossile sekundäre Pseudogleye in ihrer Genetik vielfach so kompliziert, daß der Phänotyp des Bodens viel- fach nicht mehr mit dem Genotyp übereinstimmt. Unter diesen Voraussetzungen ist die Frage zu prüfen, ob nicht auf 3-stufige Meliorationen verzichtet werden kann und ein Dauererfolg durch 2-stufige Meliorationen möglich ist.

SCHRIFTTUM

1. SCHMID, G. und WEIGELT, H.: Bodenverbesserung durch Tiefenbearbeitung und - Düngung, Primärlöß- und Kalkmelioration.
Mitt. des Forschungsrates für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 4, 1967.
2. SCHMID, G.: Bodenbearbeitung im Blickfeld der Bodenfruchtbarkeit.
Landtechnik von morgen, Folge 4, 1968.
3. SCHMID, G.: Untergrundlockerung und Tiefendüngung auf Ackerland.
Landtechnik, z. Zt. in Drucklegung.
4. SCHULTE-KARRING, H.: Die technischen Probleme der Untergrundlockerung und Tiefendüngung.
Mitt. des Forschungsrates f. Ernährung, Landwirtsch. u. Forsten, Heft 2, 1966.
5. SCHMID, G.: Meliorationsdüngung der Ackerböden mit Calcium, Magnesium und Kalium.
Kali-Briefe, Fachgebiet 1, 1966.
6. SCHMID, G.: Basensorption und Basenauswaschung auf Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung von Magnesium und Kalium.
Kali-Briefe, Fachgebiet 1, 1967.
7. SCHMID, G.: Über das ideale Ca:Mg-Verhältnis der Ackerböden.
Landw.Forschung, XXI, S. 222-230, 1968.
8. SCHMID, G.: Einfluß der optimalen Basensättigung auf den Pflanzenertrag.
Kali-Briefe, Fachgebiet 1, 1969.

Tabelle 1

- 146 a -

chemischer Profilaufbau

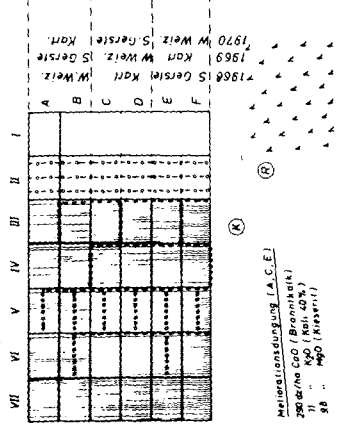
	Profiltiefe cm			
	0 - 24	24 - 36	36 - 100	0 - 100
1. Horizont	A _h	AS _h	S _d	
2. AK	37,0	32,0	18,7	
3. Ca-Sättigung	51	50	44	
4. Mg-Sättigung	9	17	29	
5. K-Sättigung	< 1	< 1	1	
6. Na-Sättigung	< 1	1	1	
7. V %	61	68	75	
8. H %	39	32	25	
9. Ca:Mg-Verh.	6	3	1	
10. pH (KCl)	5,0	5,2	5,7	
11. CaCO ₃	0	0	0	
12. C %	4,72	2,52	0,36	
13. N %	0,44	0,176	0,036	
14. CaO-Fehlbetrag dz/ha	66,3	40,3	182,8	290,0
15. MgO-Fehlbetrag dz/ha	9,8	0	0	9,8
16. K ₂ O-Fehlbetrag dz/ha	10,0	5,4	15,8	31,2
17. Na ₂ O-Fehlbetr. dz/ha	1,9	0,3	0	2,2

physikalischer Profilaufbau

	Profiltiefe cm		
	0 - 24	24 - 36	36 - 100
1. Bodenart	1U	uL	tL
2. Sand 2 - 0,2	3,2	2,5	0,7
3. Sand 0,2 - 0,1	1,0	0,5	0,6
4. Sand 0,1 - 0,06	4,0	7,3	3,1
5. Schluff 0,06 - 0,02	35,7	28,6	37,1
6. Schluff 0,02 - 0,006	30,1	24,1	25,9
7. Schluff 0,006 - 0,002	12,4	7,7	9,1
8. Ton < 0,002	13,6	29,3	23,5
9. Volumengewicht	0,93	1,25	1,50
10. Substanzvolumen %	44,4	48,2	55,8
11. Porenvolumen %	55,6	51,8	44,2
12. Luftgehalt %	9,3	7,7	6,3
13. Wassergehalt %	46,3	44,1	37,9
<u>Porengrößen in % des PV</u>			
14. Porengrößen > 50/μ	28,5	31,0	26,0
15. " " 10 - 50/μ	12,5	7,5	7,0
16. " " 0,2 - 10/μ	16,0	7,5	21,5
17. " " < 0,2/μ	43,0	54,0	45,5

- I unbehandelt
- II 10m Drehschicht
- III 40m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- IV 20m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- V 30m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- VI 80m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- VII 80m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- VIII 80m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- IX 80m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- X 80m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- XI 80m Untergründelockerung - Abstand 15cm
- XII 80m Untergründelockerung - Abstand 15cm

Abb. 1



Meliorationsungung [A.C.E.]
 200mg CaO / Bromhakt
 100mg K₂O / Kali 40%
 98 ... 400 (Kieserl)

Einfluß der Melioration auf den Pflanzenertrag (rel.%)

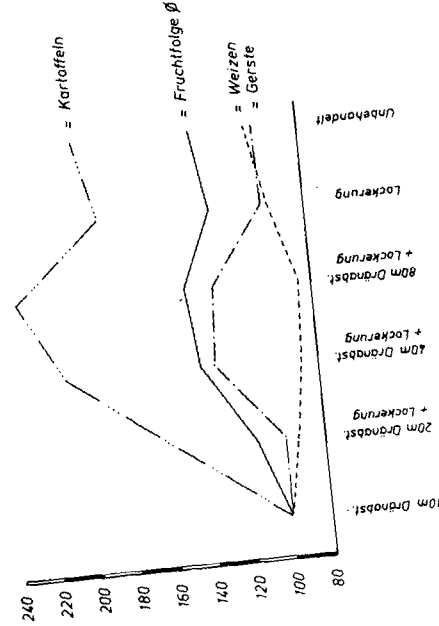


Abb. 2

Abb. 3 Einfluss der Melioration auf den Weizenenertrag (rel. %)

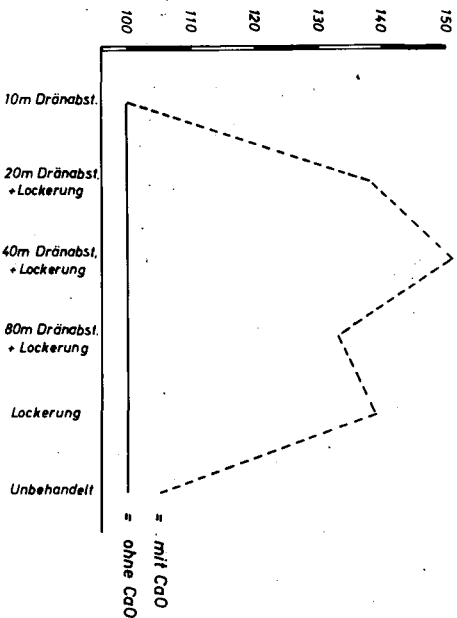


Abb. 4 Einfluss der Melioration auf die Weizenqualität (Rohprotein %)

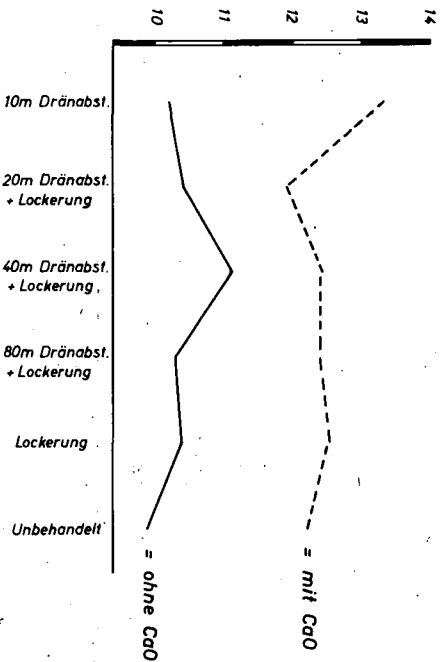
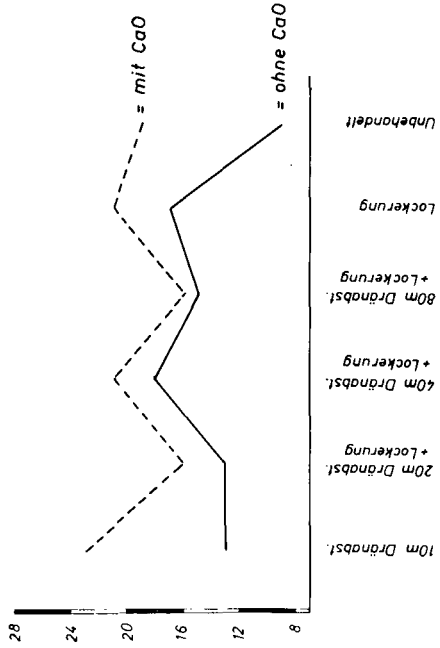


Abb.5 **Einfluß der Melioration auf die Weizenqualität**
(Sedimentationswert)





Stand der Entwicklung neuer Lockerungs- und Tiefendüngungsgeräte

von H. Schulte-Karring *)

EINLEITUNG

Die nachfolgenden Ausführungen schließen an den Vortrag an, der auf der Tagung der DBG in Mainz über die Technik der Untergrundlockerung gehalten worden ist. (Mitt.d.DBG, Band 8/68)

In diesem Vortrag wurde herausgestellt, daß sich die nunmehr 10 Jahre andauernden Entwicklungsarbeiten in Ahrweiler vor allem mit der Lösung der beiden Probleme

1. Zugkraft

und

2. Verteilung des Handelsdüngers im Unterboden

befassen.

Nachdem die Düngerverteilung bereits damals mit der Konstruktion einer nunmehr serienmäßig hergestellten Gebläsedüngungsanlage befriedigend gelang (Abb. 1 und 2), blieb noch das Zugkraftproblem zu lösen.

- - - - -

Untergrundlockerung und Zugkraft

1. Stufe 1954 - 1965

mehrere Schlepper vor
starrten Geräten

Das Vorhaben der intensiven Auflockerung des Unterbodens scheiterte immer wieder an dem hohen Zugwiderstand, den die starren Lockerungsgeräte hervorrufen. Zwei und drei Traktoren

*) Landes- Lehr- und Versuchsanstalt Ahrweiler

mit zusammen bis zu 120 PS mußten eingesetzt werden, um den verdichteten Unterboden mit einem Schwert wenigstens 65 cm tief aufzulockern. (Abb. 3 und 4)

Diese Melioration aber war zu umständlich und gab der Praxis trotz ihrer Wirksamkeit wenig Anreiz zur großflächigen Durchführung.

In der Annahme, das Zugkraftproblem sei mit Kettenschleppern leichter zu lösen, versuchten wir es mit diesen Zugmitteln.

2. Stufe 1964 - 1968

Kettenschlepper (65-200 PS) vor starren Geräten

Schon der erste Einsatz enttäuschte. Offensichtlich war das Zugkraftvermögen der Kettenschlepper überschätzt worden. Die nachfolgenden Versuche mit immer größeren Raupen bestätigten das. Selbst 100 PS reichten vielfach nicht aus, die gewünschte Lockerungstiefe von 80 cm zu erreichen und erst eine 200 PS-Raupe mit eingebautem Drehmomentwandler war in der Lage, die vorteilhafte zweiarmige Lockerung durchzuführen. (Abb. 5 und 6 - siehe auch Band 8/68, S. 102 und 109)

Das bedeutete, daß die großflächige Tiefenlockerung nur Unternehmern vorbehalten bliebe.

Die verschiedensten Gründe nun gaben Anlaß, die Entwicklung leichtzügiger Lockerungsgeräte in Angriff zu nehmen. Es waren dies neben dem zu lösenden Zugkraftproblem vor allem fachliche Gründe, d. h. eine wirkungsvolle Lockerung nur unter bestimmten Voraussetzungen durchführen zu können und die Tatsache, daß die Fläche der verdichteten Böden viel zu groß ist, als daß sie allein von Unternehmern gelockert werden kann. Auch finanzielle Erwägungen spielten eine Rolle und nicht zuletzt das Vorhaben, eine neue Art der Bodenbewirtschaftung, die sogenannte meliorative Bodenbearbeitung, anstelle der bisher üblichen Bodenbearbeitung einzuführen, erforderte die Entwicklung von leichtzügigen Lockerungsgeräten, die der Landwirt selbst einsetzen kann.

3. Stufe seit 1968

Radschlepper (60 - 100 PS) und
Lockerungsgeräte mit Zapf-
wellenantrieb

Die Schlepperanspannung vor starren Lockerungsgeräten hatte gezeigt, daß die vorhandene Motorkraft nur zu einem Teil nutzbringend zur Wirkung kommt. Bei größer werdendem Zugwiderstand drehten sich entweder die Antriebsräder auf der Stelle oder aber der Schlepper bäumte sich auf. Unser Bemühen ging nun dahin, einen Teil der Kraft von den Antriebsrädern wegzunehmen und sie direkt vom Motor über die Zapfwelle auf die Lockerungs-
werkzeuge des angebauten Gerätes einwirken zu lassen.

Im Jahre 1968 erklärte sich die Pflugfabrik Brenig in Bad Godesberg zur Mitarbeit bereit und bereits im Herbst desselben Jahres konnte den Tagungsteilnehmern in Ahrweiler das erste zapfwellen-
angetriebene Gerät, ein sogenannter "Hubschwanklockerer" vorgestellt werden. (Abb. 7)

Bei dem neuen Lockerungsgerät handelte es sich um einen zweiarmigen Lockerer, dessen Schwerter über den Kraftweg Motor-Getriebe-Exzenter in Vor- und Rückwärtsbewegung versetzt wurden (ca. 200 Hübe/Min.). Drehmomentmessungen (Fa. Walterscheid) ergaben, daß nur noch 20 % von der Motorkraft für den Antrieb der Räder verbleiben und daß der Zapfwellenantrieb eine Verbesserung der effektiven Zugleistung um ca. 60 % herbeiführt. Wegen der Schüttelbewegung, die das wechselseitige Hervorbringen der Schwerter auf die Zugmaschine ausübte, meldeten die Schlepperfirmen jedoch Bedenken an. Änderungen an der Aufhängung des Gerätes und das Zusammensetzen der Schwerter auf einen Abstand von 80 cm führte zu keiner wesentlichen Abhilfe und der Plan, einen Massenausgleich einzubauen, wurde zunächst zugunsten einer anderen Gerätekonstruktion zurückgestellt.

Bereits im März des folgenden Jahres kam das neue Gerät, ein sogenannter "Wippscharlockerer", zum Einsatz. (Abb.8,9,10 u.11) Der Schütteleffekt konnte bei diesem Gerät, bei dem nur das Lockerungsschar und nicht das ganze Schwert in Bewegung versetzt wird, auf ein für den Schlepper gefahrloses Minimum reduziert werden. Die für das Auf- und Abbewegen des im vorderen Drittel gelegerten Schares benötigte Zapfwellenleistung beträgt jedoch nur ca. 40 % und ist damit wesentlich niedriger als bei dem "Hubschwenklockerer". Dennoch befriedigt der Zapfwelleneffekt. Einsätze in den verschiedensten Böden haben gezeigt, daß der 2-armige Wippscharlockerer für eine 80 cm tiefe Lockerung den Vorspann von nur ca. 100 PS (Allradantrieb) erfordert, während für das einarmige Gerät ein ca. 60 PS starker Schlepper genügt.

Im Anschluß an diese Ausführungen folgte ein Film über die Funktionsweise der neuen Geräte.

SCHLUSS

Mit dem Patent des Zapfwellenantriebs ist nunmehr auch das Zugkraftproblem gelöst worden. Die zukünftigen Arbeiten werden sich mit der Weiter- und Neuentwicklung befassen. Die Weiterentwicklung bezieht sich vor allem auf die "Wippscharlockerer", von denen z.Zt. eine Reihe von Versuchsgeräten in den verschiedensten Böden eingesetzt werden. Für die Neuentwicklung kommt die Erstellung eines 4-armigen Hubschwenklockerers in Frage. Außerdem sollen zapfwellenangetriebene Lockerungsgeräte für Sonderkulturen konstruiert werden und für einen späteren Termin ist die Erstellung eines kombinierten Lockerungs-Drän- und Verfüllgerätes geplant. Auch der Hydraulikantrieb interessiert und ist Gegenstand weiterer Entwicklungsarbeiten. (Abb. 12)

II. Problem: Zugkraft

(3. Stufe seit 1968)

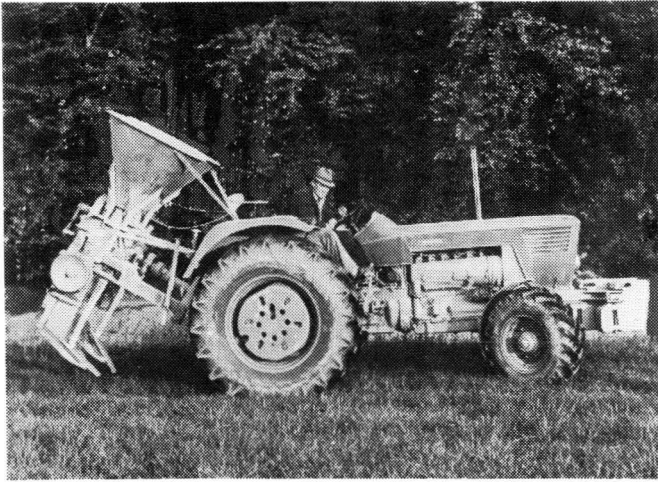


Abb. 9 - 1969 -

"Wippscharlockerer"
zweiarmig mit Gebläsedüngungsanlage angebaut an Deutz-Schlepper
Typ D 9006, 92 DIN/PS.

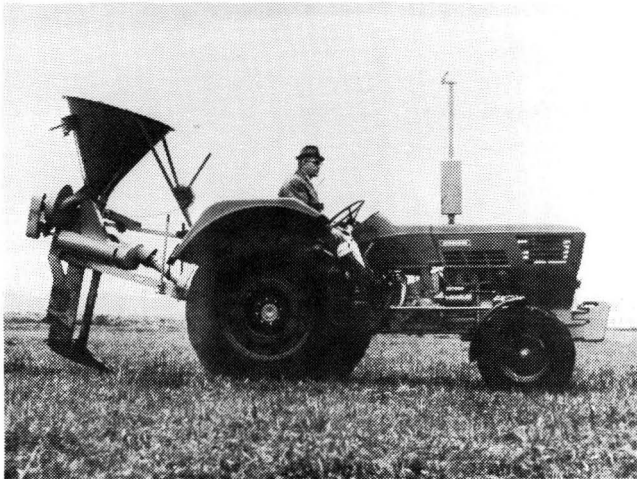


Abb. 10 - 1969 -

"Wippscharlockerer"
einarmig mit Gebläsedüngungsanlage, angebaut an
Deutz-Schlepper Typ D 6006, 62 DIN/PS.

II. Problem: Zugkraft
(3. Stufe seit 1968)

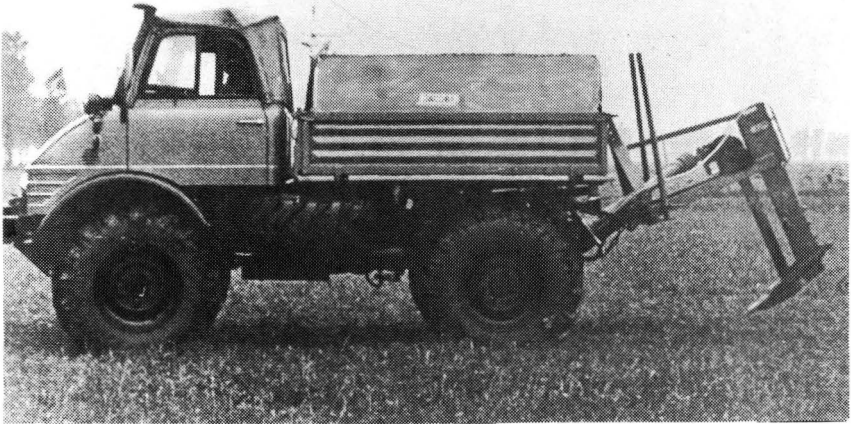


Abb. 11 - 1969 -

"Wippscharlockerer"

mit Flüssigdüngungsanlage, angebaut an Unimog U 80/406, 90 DIN/PS.

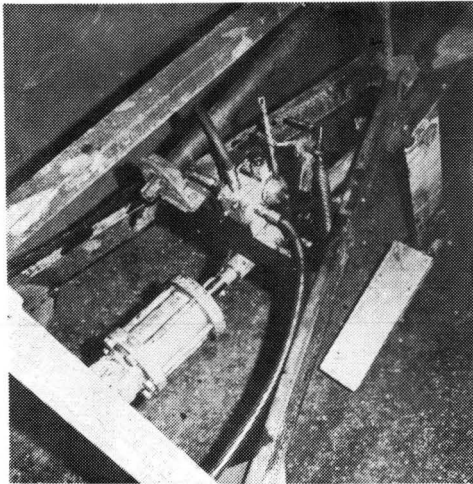


Abb. 12 - 1968 -

Lockerungsgerät mit Hydraulikantrieb
(1. Versuchsgerät)

Grundsätzliches zur Bodenmelioration in Trockengebieten

von R. Ganssen *)

Die starke Zunahme der Erdbevölkerung macht zur Steigerung der Bodenerträge eine intensive Bodennutzung und Bodenmelioration auch in Trockengebieten erforderlich.

Seit langem ist bekannt, daß dort eine Bewässerung für sich allein oft nicht zu einer dauerhaften Steigerung der Bodenerträge in Trockengebieten ausreicht. Die Böden verlangen vielmehr je nach Umwelt und Horizontaufbau verschiedene Meliorationsmethoden. Wir betrachten zu diesem Zweck getrennt "zonale" (überwiegend durch Klimaelemente bestimmte) und "intrazonale" (vorwiegend durch Klima und Oberflächenformen, wie Senke, Ebene, untere Hanglage) bestimmte Böden in Trockengebieten (Übersicht 1).

Zonale Typen (Kastanienfarbene Böden, Halbwüstenböden u.ä.) sind in ihrer Fruchtbarkeit in der Regel durch dauernden Wassermangel begrenzt. Ihre Fruchtbarkeit läßt sich daher durch eine technisch richtige Bewässerung (Ausschluß von Versalzung und Alkalisierung) meist langfristig anheben. Dies gilt besonders für die an der Trockenseite der Tschernoseme vorkommenden Kastanienfarbenen Böden und für oberflächlich nicht zu stark verkrustete Böden gröberer Textur, die das Bewässerungswasser tief eindringen lassen.

Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Melioration der in Senken, untersten Hangteilen und abflußlosen Ebenen liegenden "intrazonalen" Böden. Sie zeigen neben einer sehr starken jahreszeitlichen Austrocknung einen meist kurzfristigen Wasserüberschuß in der Regenzeit, besonders dann, wenn sie in Senken liegen und

*) Prof.Dr.R.Ganssen, Inst.f.Bodenkunde d.Universität Freiburg i.Br.
78 Freiburg i.Br.

und sich auf ihnen Regenwasser in großer Menge ansammelt, da es von den benachbarten Hängen in die Senken zusammenströmt. Dadurch entstehen in Savannen extrem wechselfeuchte oder wechsel-trockene Tirse oder tirsoid, oft auch solonezähnliche Böden. Besonders in stärker ariden Gebieten sind diese tirsoiden Böden durch stärkere Anteile von Na^+ (und Mg^{2+}) an der Ionengarnitur reaktionsfähiger Bodenteile gekennzeichnet. Diese "Alkalisierung" läßt "schwere" Böden entstehen. Sie sind seifig-schmierig in der feuchten Periode und extrem hart und rissig während der Trockenzeit und zeigen hohe pH-Werte (8-10), ungünstigen Welkepunkt der Vegetation u.a. für den Wuchs der Kulturpflanzen sehr nachteilige Eigenschaften. Eine alleinige Bewässerung kann unter Umständen sogar schädlich sein, wenn etwa bei "klassischen" Solonezen sich das Bewässerungswasser auf dem schweren B_t -Horizont sammelt und beim Verdunsten gegebenenfalls noch vorhandene restliche Na-Salze in den A-Horizont führt. Eine Hauptaufgabe besteht hier in einer tiefgründigen Lockerung durch Pflüge und der Stabilisierung der Struktur durch Ca^{2+} -Zufuhr. Dies geschieht in der Regel durch CaSO_4 , das die Mg^{2+} und Na^+ aus den reaktionsfähigen Huminsäure- und Tonmineralelementen größtenteils verdrängt. Bewässerung führt dann die Mg- und Na-Salze aus dem Boden heraus. Bei manchen Solonezen genügt ein Tiefpflügen und Vermengen des unteren, CaSO_4 - oder CaCO_3 -haltigen B-Horizonts mit dem Na-haltigen B_t -Horizont. Gründüngung und ggf. Leguminosen-Anbau kann zu einer weiteren Stabilisierung des Bodengefüges führen. Fruchtbare Tirse mit Überwiegendem Ca^{2+} , wie etwa viele Regure Indiens, bedürfen natürlich keiner solchen Melioration. Nach neueren Untersuchungen sind aber in vielen Gebieten Afrikas Na-haltige, unfruchtbare tirsoid Böden z.T. großflächig vorhanden. Mit Hilfe geeigneter Geräte und obengenannter Meliorationsverfahren könnten sie aber zu fruchtbaren Böden umgestaltet werden.

Wieder andere Voraussetzungen zur Melioration findet man in Böden an Fremdflüssen (Flußoasen) der Trockengebiete, wie z.B. am Nil und Niger. Versalzte oder alkalisierte Oberflächen können gelegentlich bei stärkeren Überflutungen fortgerissen

II. Problem: Zugkraft

3. Stufe seit 1968

Traktoren (60 - 100 PS) und
Lockerungsgeräte mit Zapfwellenantrieb



Abb. 7 - 1968 -
"Hubschwenklockerer" (1 Zapfwelle, 2 Getriebe, 3 Exzenter,
4 bewegliche Schwerter)



Abb. 8 - 1969 -
"Wippscharlockerer" zweiarmig, angebaut an Deutz-Allrad-Schlepper
(92 PS DIN, Typ D 9006)

II. Problem: Zugkraft

2. Stufe 1964 - 1968

|| Kettenschlepper (65 - 200 PS)
|| vor starren Lockerungsgeräten



Abb. 5 - 1966 -

150 PS-Raupe mit zweiarmigem Lockerungs- u. Düngungsaggregat (Kompressor). Die Zugkraft reichte vielfach nicht aus.



Abb. 6 - 1968 -

200 PS Deutz-Raupe mit parallelgrammgeführtem zweiarmigem Lockerungsaggregat.

II. Problem: Zugkraft

1. Stufe bis 1965

|| Einsatz mehrerer Traktoren
|| vor starren Lockerungsgeräten

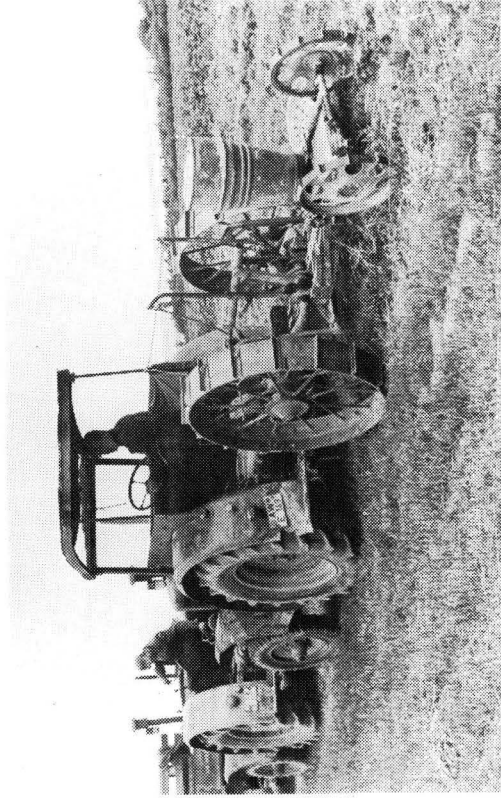


Abb. 3 - 1959 -

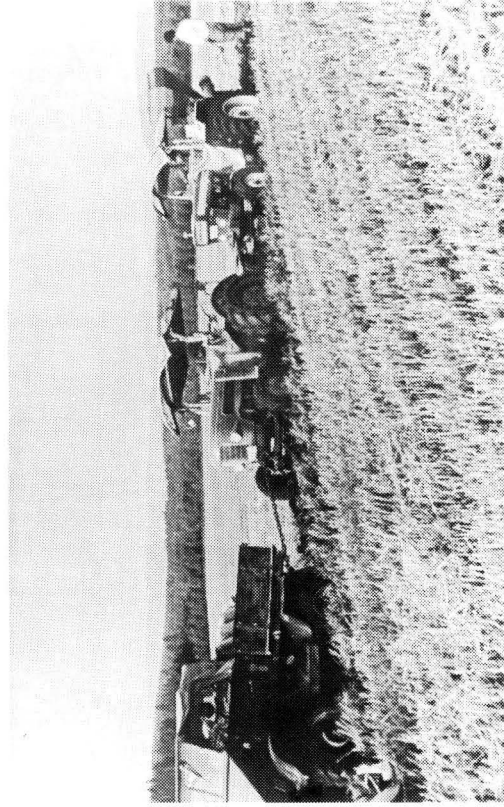


Abb. 4 - 1964 -

I. Problem: Tiefendüngung

Verteilung des Düngers im Unterboden

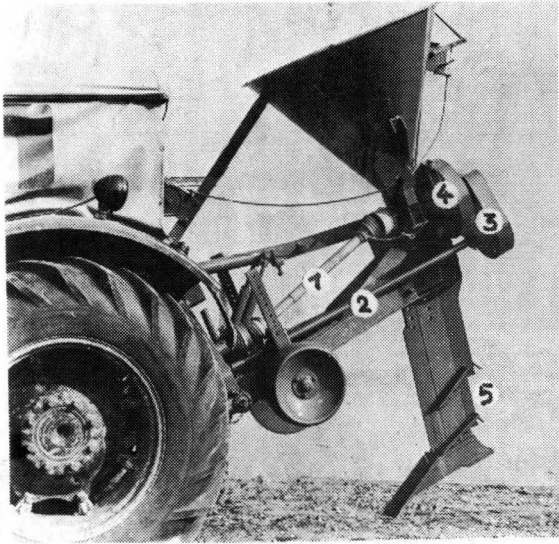


Abb.1 1967/68

Die Serienmäßig hergestellte Tiefdüngungsanlage mit
1 Zapfwellenantrieb (Rührwerk), 2 Zapfwellenantrieb
(Gebläse), 3 Keilriemenübersetzung, 4 Gebläse
(4500 U/Min.), 5 Düngerauslauf



Abb.2 1968

Untergrundlockerer mit Flüssigdüngungsanlage.
Die Dosierung erfolgt über Druck (Bremsanlage) und Fahrge-
schwindigkeit. Flachstrahldüsen versprühen die Flüssigkeit.

werden; bei verminderter Strömung bewirken dort tonmineralhaltige Sedimente eine Erneuerung der Böden. In weiterer Entfernung vom Fluß führen Systeme von Bewässerungsgräben, z. T. in Verbindung mit saurer Mineraldüngung, zu einer dauernden hohen Ertragsfähigkeit der Böden. Solche Methoden der Bodenmelioration werden neuerdings in Ägypten angewandt, wobei ggf. Drainagen für Wegfuhr salzhaltiger Wasser sorgen und damit eine Wiederversalzung der Böden verhindern.

Schwierig sind Meliorationen von sekundären Solontschaken und Solonezen in Oasen durchzuführen, die in Senken liegen und bei denen deswegen eine Vorflut fehlt (z. B. im Fayum Ägyptens). Ähnliches gilt für Takyre und ähnliche bodenartige Formen. Bei diesen begnügt man sich, die verhärteten Oberflächen durch Besanden und Begießen aufzuweichen und Salzreste aufzulösen, dadurch die primitive Algenflora zurückzudrängen und den sehr geringen Humusgehalt durch Grasaneesen zu erhöhen.

Auf die notwendigen Meliorationen als Folge weitverbreiteter Bodenerosion in Trockengebieten konnte im Referat aus Zeitmangel nicht eingegangen werden.

LITERATUR

GANSEN, R.: Trockengebiete. Mannheim 1968

Übersicht 1
 Grundsätzliches zur Bodenmelioration in Trockengebieten

	Z o n a l e	I n t r a z o n a l e			
Bodentypen	Kastanienfarbene, Zimtfarbene, Grauzimtfarbene u. Halbwüstenböden (ohne Grundwasser)	tirsartige mit reichlich Na^+ und Mg^{2+}	Soloneze u. Talyre	Solontschake	salzhaltige Auenböden u. solontschakähnliche
Vorkommen im Gelände	Hänge oder fast ebene Lagen, aber noch <u>mit Abfluß</u>	in <u>abflußlosen</u> Senken und Ebenen			an Fremdlingsflüssen (Flußoasen u.ä.)
fruchtbarkeitsbegrenzende Faktoren	meist <u>dauernder</u> Wassermangel, zu wenig Sorptionsträger; oft Erosion durch Wasser oder Wind, zu flaches Eindringen des Regenwassers in die Böden bei dichter Oberkrume	<u>periodischer</u> Wassermangel extreme Wechselfeuchte oder Wechsellrocknis Na^+ und Mg^{2+} am SK, Alkalisierung, "schwere" Böden, ungünstiger Welkepunkt			<u>freie Na-Salze</u> , toxische Wirkung bes. von Na^+ und Cl^-
Möglichkeiten für Melioration	technisch richtige Bewässerung, Bodendurchspülung gegen sekundäre Versalzung, Mulchen in besonders trocknen Gebieten, ggf. N-sammelnde Pflanzen	Lockerung durch Tiefpflügen, Umtausch Ca^{2+} gegen Na^+ und Mg^{2+} , CaSO_4 -Düngung saure Düngemittel u. a. Chemikalien Gründüngung		gering	Salzauflösung u. Tonmineralzufuhr (z.B. durch Überschwemmung), richtige Bewässerung, ggf. Drainage

Die Bestimmung der Nachlieferungsgeschwindigkeit und Kapazität
verschiedener Nährionen im Boden mittels Elektro-Ultrafiltration

(EUF)

von K. Németh *)

Für die Ernährung der Pflanze ist es wichtig, daß die Bodenlösung eine gewisse Nährionen-Konzentration aufweist, und daß diese während der Vegetationszeit durch Nachlieferung neuer Nährionen an die Bodenlösung hoch genug erhalten bleibt. Nachlieferungsgeschwindigkeit und Nachlieferungsvermögen sind daher wichtige Größen für die Beurteilung der Nährstoffverfügbarkeit der Böden. Die herkömmlichen Schnellmethoden (Verdrängungs- und Extraktionsmethoden usw.) erfassen nur das Nachlieferungsvermögen, nicht aber die Nachlieferungsdynamik. Es wurde deshalb mit Hilfe der Elektro-Ultrafiltration (EUF) eine Methode entwickelt, die es ermöglicht, sowohl die Nachlieferungsgeschwindigkeit als auch das Nachlieferungsvermögen eines Bodens an Nährstoffen in einem Arbeitsgang zu ermitteln.

Im Gegensatz zu früheren Untersuchungen (Köttgen 1933; Jung und Németh 1966; 1969) wurde hierbei mit variierter Spannung im Elektrodenraum gearbeitet. Mit der Änderung der Spannung während des Analysenvorgangs konnte es möglich gemacht werden, eine Trennung zwischen gelösten und verschieden stark sorbierten Kationen durchzuführen.

Insgesamt wurden nach dieser Methode etwa 100 Bodenproben und einige Minerale wie Kaolinit, Montmorillonit, Hectorit und Illite sowie Kasselerbraun untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden mit den nach herkömmlichen Methoden gewonnenen verglichen und in Form von Ionennachlieferungskurven (Desorptionskurven)

*) Landwirtschaft.Forschungsanstalt Büntehof, 3 Hannover-Kirchrode, Büntewag 8

dargestellt. Einige von diesen Desorptionskurven sollen hier kurz besprochen werden.

Abbildung 1 zeigt die Desorptionskurven K-gesättigter Standard-Minerale. Beim Kaolinit, Montmorillonit und Hectorit, die das K-Ion nicht selektiv binden, ist die K-Desorption nach 20 Minuten vollzogen. Auch durch weitere Erhöhung der Spannung wandert kein K mehr ab. Beim Illit dagegen ist durch die Erhöhung der Spannung auf 400 V eine anhaltende, wenn auch mengenmäßig geringfügige Nachlieferung zu beobachten. Hierbei handelt es sich sicherlich nicht mehr um planargebundene K-Ionen, sondern um eine Nachlieferung aus dem Zwischenschichtraum.

Wie sieht nun die K-Nachlieferung bei Böden aus? Bei der Relikt-Roterde (Abb. 2), deren Tonanteil aus Kaolinit besteht, ist die K-Desorption ähnlich der bei dem Standard-Kaolinit (nach 20 Min. vollzogen).

Demgegenüber verläuft die K-Abgabe bei der Parabraunerde aus Löß (St-Horizont), deren Tonanteil aus illitischen Mineralen besteht, viel langsamer. Durch die Erhöhung der Spannung auf 400 V (Erniedrigung der Konzentration der gelösten K-Ionen in der Bodensuspension) werden verstärkt K-Ionen abgegeben. (Ein zweites Peak nach 35 Min.). Offensichtlich handelt es sich hierbei um die Abgabe von K-Ionen, die nicht mehr planar, sondern spezifisch an den keilförmig aufgeweiteten Stellen von Illiten und illitischen Schichten gebunden werden.

Bei K-gesättigten Illiten (Abb. 1) fehlt das zweite Peak nach 35 Min., ein Hinweis dafür, daß mit zunehmender K-Sättigung die spezifischen Stellen für K geschlossen werden. Demnach folgt daraus, daß die Geschwindigkeit der K-Nachlieferung illitischer Minerale auch von ihrer K-Sättigung abhängt. Bei Kaolinit und Standard-Montmorillonit dagegen spielt die K-Sättigung für die K-Desorptionsgeschwindigkeit keine Rolle. Sowohl bei 10 % als auch bei 100 % K-Sättigung wurde die K-Desorption dieser Minerale durch EUF nach 20 Min. vollzogen.

Wie kann man die K-Desorptionskurven für die Beurteilung der K-Verfügbarkeit heranziehen? Gibt es Beziehungen zwischen den einzelnen EUF-Fraktionen und zwischen den herkömmlichen Methoden?

Zwischen der K-Konzentration des Boden-Sättigungsextraktes und zwischen den durch EUF nach 10 Minuten abgewanderten K-Mengen (mgK/100 g Boden) gibt es statistisch gesicherte Korrelationen ($r=0,9$). Zwischen der prozentualen K-Sättigung des Tonmaterials bei illitischer Mineralzusammensetzung (Glimmerabkömmlinge) und zwischen den durch EUF nach 10 Minuten abgewanderten K-Mengen gibt es ebenfalls eine gute Korrelation ($r=0,87$). Wichtig ist noch die sehr gute Beziehung zwischen dem Gehalt an austauschbarem K und den durch EUF nach 40 Minuten abgewanderten K-Mengen ($r=0,95$). K-Ionen, die erst nach 40 Min. abwandern, sind mit Neutralsalzen nicht mehr austauschbar, wohl aber mit 1 n HCl nach Schachtschabel.

Die für die richtige Beurteilung der K-Verfügbarkeit geforderten Größen: Intensität (Ionenkonzentr. in der Bodenlösung), Kapazität (K-Vorrat) und K-Nachlieferungsgeschwindigkeit in die Bodenlösung sind demnach mittels EUF in einem Arbeitsgang zu erfassen.

Die Ca-Desorptionskurven von Standard-Mineralen haben einen ähnlichen Verlauf wie die K-Desorptionskurven von Kaolinit, Hectorit und Montmorillonit

Während jedoch die K-Nachlieferung ihren Höhepunkt nach 10-15 Min. erreicht, dauert es bei Kalzium 20-25 Min. (Abb. 3). Hierdurch wird die stärkere Bindung des Ca an diese Minerale deutlich. Bemerkenswert ist die sehr langsame Desorption des Ca beim Kasselbraun und bei der Schwarzerde (Abb. 4), was die stark spezifische Bindung des Ca an den Humus zum Ausdruck bringt. Je nach Humusgehalt und -form (Schwarzerde; Rendzina; Braunerde unter Laubwald, unter Grasvegetation usw.) erhält man also verschiedene Desorptionskurven, die Aussagen über den Humushaushalt der Böden erlauben.

Zwischen der Ca-Konz. im Boden-Sättigungsextrakt (Intensitätsfaktor) und den durch EUF nach 10 Min. abgegebenen Ca-Mengen besteht eine gute Korrelation ($r=0,9$).

Die Na-Ionen, die weder von den Tonmineralen noch von dem Humus spezifisch gebunden werden, wurden durch EUF von allen Böden nach 10-15 Min. abgegeben.

Noch informativer werden die Kationen-Desorptionskurven, wenn auch die Anionen des Bodens (Phosphat, SO_4^{--} und NO_3^-), die durch EUF gleichzeitig erfaßt werden, mit ausgewertet werden. Die Kationen-Desorptionskurven, zusammen mit den Phosphat-Löslichkeitskurven ausgewertet, erlauben uns, weitere wichtige Aussagen über den Nährstoffhaushalt eines Bodens zu machen.

SCHRIFTTUM

1. KÖTTGEN, P.: Die Bestimmung der leichtlöslichen Nährstoffe durch den elektr. Gleichstrom, ein Hilfsmittel zur Ermittlung der Fruchtbarkeitsveranlagung unserer Kulturböden.
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde A 29 (1933)
2. JUNG, L. und K. NEMETH: Untersuchungen über die Ionennachlieferung in einigen nordpersischen Böden.
Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde 113 (1966)
3. JUNG, L. und K. NEMETH: Kationennachlieferung einiger Relikt-Roterden aus Basalten im westlichen Vogelsberg.
Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde. 122 (1969).

Abb.1: Desorptionskurven K-gesättigter Standard-Tonminerale

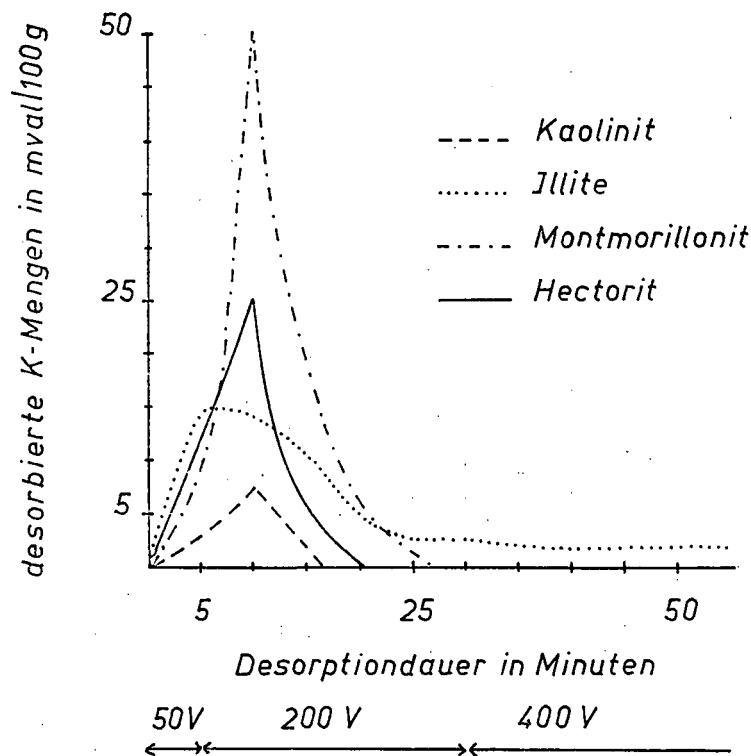


Abb.2: K-Desorptionskurven von Böden

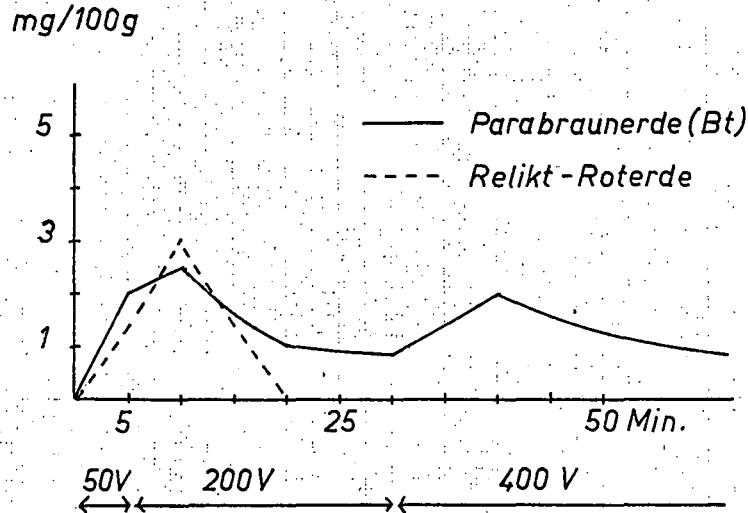


Abb. 3: Desorptionskurven von Ca-gesättigten Standard-Mineralen und von Kasselbraun

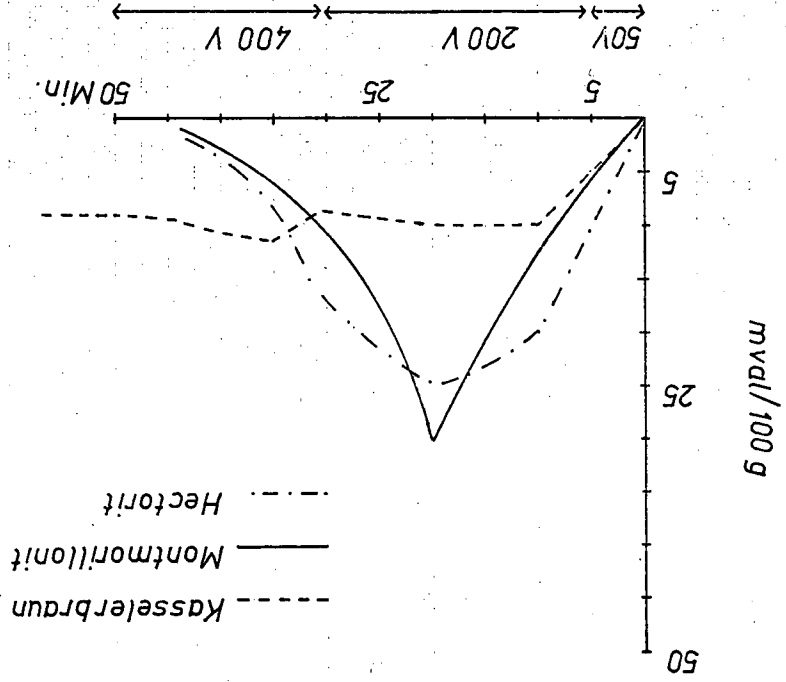
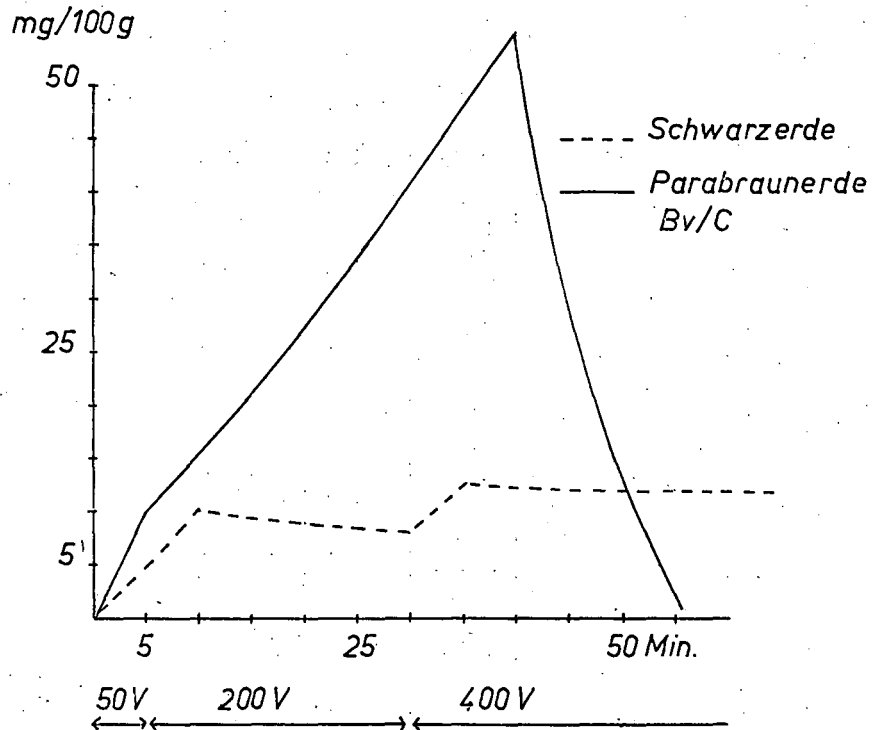


Abb.4: Ca-Desorptionskurven von Böden



Die Bodenlösung - Zusammensetzung, Gleichgewichte, Informations-
gehalt

von B. Ulrich *)

Bodenfestsubstanz und Bodenwasser stellen in der Natur ein unter dem Einfluß von Ionentransportprozessen der verschiedensten Art zwar nicht im Gleichgewicht, aber doch in Gleichgewichtsnähe befindliches heterogenes System dar. Es ist naheliegend, dieses System nicht nur durch die Zusammensetzung und Eigenschaften der festen Phase, sondern auch durch die Lösungszusammensetzung zu charakterisieren.

1. Kationenkonzentration der Bodenlösung

Versetzt man eine beliebige feste Phase mit Wasser, so gibt es hauptsächlich zwei Reaktionswege für den Übergang von Ionen aus der Festphase in die flüssige Phase: Lösung und Desorption. Bei nicht zu großen Wasserzusätzen verhalten sich Böden, wie es für Desorptionsvorgänge typisch ist. Nach ersten Untersuchungen (1) beträgt die adsorbierte Kationen- bzw. Salzmenge ca. 2 uval/g Schluff + Ton bei recht geringer Streuung zwischen verschiedenen Böden. Diese Salzmenge befindet sich im weitgehend ausgetrockneten Boden im Adsorptionwasser, d.h. in der Doppelschicht. Bei Auffüllen des Kapillarwassers geht sie nach den Vorstellungen über negative Salzadsorption so in Lösung, daß die Konzentration in der Außenlösung stets höher ist als in der Innenlösung, falls sich nicht die Doppelschicht in den Bereich des Kapillarwassers hinein ausdehnt, so daß das Kapillarwasser der Innenlösung zuzurechnen ist. Erst bei Lösungsvolumina über 0,6 bis 0,8 ml pro g Boden, also nach Überschreiten der maximalen Wasserkapazität, beginnen sich aus Lösungsvorgängen stammende Kationen merklich an der Ionenkonzentration der Bodenlösung zu beteiligen. Die Adsorptions-

*) Prof. Dr. B. Ulrich, Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen, 351 Hann.Münden, Mitscherlichstr. 3

isotherme verläuft bei Sanden steiler als bei Schluffen und Lehmen; bei einem Lösungsvolumen um 0,5 ml/g Boden befinden sich bei Schluffen und Lehmen um 60 % der adsorbierten Kationen in der Lösung, bei Sanden um 90 %. Aus Angaben dieser Art läßt sich die Salzkonzentration der Bodenlösung verschiedener Böden überschlägig berechnen. Die Höhe der adsorbierten Salzmenge dürfte unter natürlichen Bedingungen bestimmt werden durch die Bodenart (Ton- und Schluffgehalt) und durch die von Vegetation und Luftverunreinigungen abhängige Salzkonzentration der in den Boden infiltrierenden Lösung. Salzzufuhr z. B. durch Düngung führt zu einer Erhöhung der adsorbierten Salzmenge.

2. Gewinnung der Bodenlösung

Die Gewinnung der Bodenlösung kann bei niedrigem spezifischem Lösungsvolumen durch Druckfiltration oder die in Wageningen entwickelte Filterpapier-Methode, bei höherem Lösungsvolumen (z. B. beim Sättigungsextrakt) durch Vakuumfiltration, Zentrifugation oder Verdrängung durch andere Flüssigkeiten erfolgen.

Für die Gewinnung der Gleichgewichts-Bodenlösung gehen wir wenn möglich vom feldfeuchten Boden aus, versetzen 500-700 g Boden mit 75-200 ml Wasser (bis breiartige Konsistenz), verrühren und vakuumfiltrieren oder zentrifugieren nach 24 Stunden. Man erhält 70-100 ml Bodenlösung, die bis zur Analyse eingefroren wird.

3. Datenumfang, Fehler

Wir bestimmen derzeit pH sowie die Konzentrationen an Na, K, Ca, Mg, Al, Fe, SO_4 , Cl und P. Von analytischen Fehlerquellen abgesehen bestehen folgende vermeidbare Fehlerquellen:

1. Das Lösungsvolumen sollte möglichst klein gehalten werden und nicht über 0,8 ml/g Boden liegen;
2. in schwach sauren, neutralen und karbonathaltigen Böden ist der pH-Wert, nicht aber die anderen Ionenkonzentrationen,

abhängig vom CO_2 -Partialdruck der Lösung. Dieser wird bei der Gewinnung der Bodenlösung durch Kontakt mit Luft beeinflusst. Soll der pH-Wert der GBL beim CO_2 -Partialdruck des feuchteren Bodens ermittelt werden, so ist die Bodenlösung unter Vermeidung von Kontakt mit Luft zu gewinnen.

Konzentrationen und Aktivitäten von Ionen in der Bodenlösung sind entsprechend der Adsorptionsisotherme abhängig vom Lösungsvolumen und daher nur sehr beschränkt direkt auswertbar. Für die meisten Fragestellungen müssen die analytisch ermittelten Konzentrationen in eine Form überführt werden, in der sie unabhängig vom Lösungsvolumen sind. Hierfür kommen infrage:

1. Äquivalentbruch X: Man berechnet die Kationenäquivalentsumme und drückt die Konzentration der einzelnen Kationen als Anteil oder Prozentsatz der Kationensumme aus.
2. Aktivitätenverhältnis AR: Unter Berücksichtigung der Wertigkeit gebildete Verhältnisse der Ionenaktivitäten, z. B. $a_{\text{H}}/\sqrt{a_{\text{Ca}}}$
3. Schofield'sche Potentiale SP: Negative Logarithmen der aus Kenntnis des Systems abgeleiteten Aktivitätenverhältnisse AR (z. B. $\text{pH} - 0,5 \text{ pCa}$) oder von Aktivitätenprodukten (z. B. $\text{pH} + \text{pH}_2\text{PO}_4$). Die Schofield'schen Potentiale lassen sich bei Ausschaltung der vermeidbaren Fehlerquellen mit etwa derselben Genauigkeit wie der pH-Wert ermitteln: Die 1. Stelle nach dem Komma ist im allgemeinen sicher, die 2. Stelle unsicher.

4. Informationsgehalt der Äquivalentbrüche

Die Äquivalentbrüche haben als angenähert lösungsvolumenabhängiges Konzentrationsmaß ihren unmittelbaren Aussagewert. Zum andern stellen sie in Verbindung mit den Äquivalentbrüchen der austauschbaren Kationen, die ihrerseits wieder ein von der Höhe der Austauschkapazität unabhängiges Konzentrationsmaß der austauschbaren Kationen sind, ein anschauliches wenn auch nicht

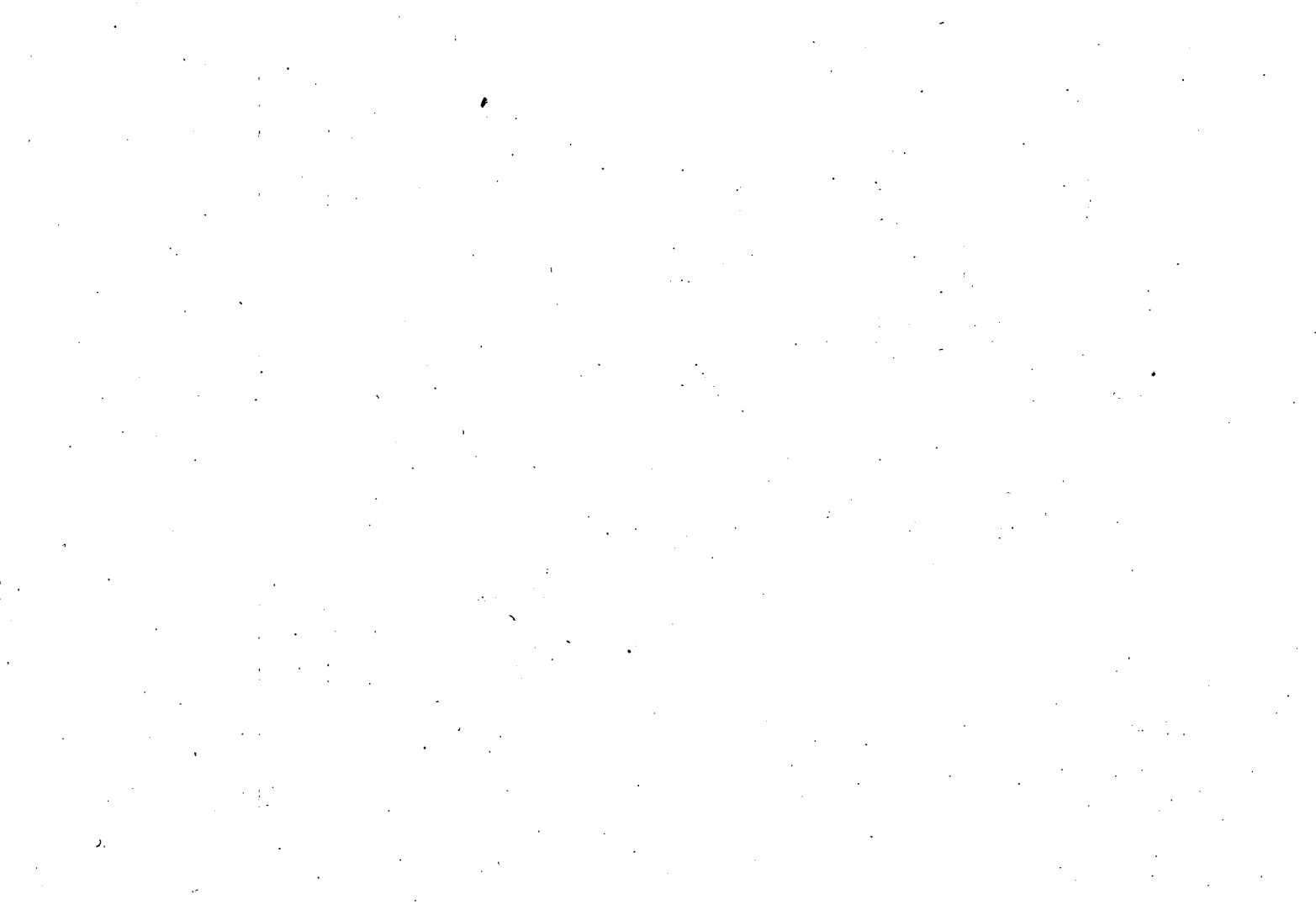
methodisch unabhängiges Maß für die Selektivität der austauschbaren Bindung der (2).

5. Informationsgehalt der Schofield'schen Potentiale

Die Schofield'schen Potentiale haben keinen unmittelbaren Aussagewert, und zwar deshalb, weil bisher noch niemand ihren Bezugspunkt, das Standardpotential, in sinnvoller Weise definiert hat. Der unmittelbare Aussagewert der Schofield'schen Potentiale ist also vergleichbar mit einer Streckenangabe, bei der einem nicht gesagt wird, von welchem Ausgangspunkt die Strecke gemessen wurde. Ihren Aussagewert gewinnen die Schofield'schen Potentiale entweder aufgrund theoretischer Überlegungen oder experimentell erarbeiteter stochastischer Beziehungen. Die theoretischen Überlegungen erwachsen aus dem Massenwirkungsgesetz bzw. der Thermodynamik. So treten in Gleichungen, die den Kationenaustausch beschreiben, in fast allen Fällen zur Charakterisierung der Gleichgewichtslösung Ausdrücke wie AR oder SP auf. Die Ermittlung der Aktivitätenverhältnisse AR bzw. der Schofield'schen Potentiale SP erschließt also den Informationsgehalt der Kationenaustauschgleichungen (2). Ähnliche Informationen wie für Austauschgleichgewichte liefern die Schofield'schen Potentiale auch für Lösungsgleichgewichte (3, 4). Aber nicht nur im Gleichgewichtssystem, sondern auch beim Transport von Bodenlösung durch das Solum lassen sich die Schofield'schen Potentiale als Informationsquelle verwenden. Die Differenz der Schofield'schen Potentiale zwischen zwei Bodenhorizonten eines Solums ist ein Maß für die Austauschreaktionen, die beim Eindringen der Gleichgewichtslösung aus dem einen in den anderen Horizont ausgelöst werden (5).

LITERATUR

- 1 ULRICH, B. und KHANNA, P. K.: Methodische Untersuchungen über Kationengehalt der Bodenlösung und Schofield'sche Potentiale. Göttinger Bodenkdl.Ber. in Druck
- 2 ULRICH, B.: Kationenaustausch-Gleichgewichte in Böden. Z. Pflanzenern., Düngung, Bodenkunde 113, 141 - 159 (1966)
- 3 ULRICH, B.: Die Umsetzungen der anorganischen Phosphate als Funktion des Kalkpotentials. 1.c. (2) 100, 97 - 102 (1963)
- 4 ULRICH, B.: und KHANNA, P. K.: Schofield'sche Potentiale und Phosphatformen in Böden. Geoderma 2, 65-77 (1968)
- 5 ULRICH, B.: Chemische Potentiale beim Transport von Bodenlösung durch das Solum. Z. Pflanzenern. u. Bodenkde. 123, 181-186 (1969)



Der Einfluß von synthetischen Eisenoxiden auf die Aggregat-
stabilität zweier Lößböden

von S. Schahabi und U. Schwertmann *)

Auf Grund der hohen Aggregation und Strukturstabilität eisenoxidreicher Böden nimmt man an, daß Eisenoxide wesentlich zu der Bildung und Stabilisierung der Bodenaggregate beitragen. Diese Annahme wurde experimentell durch die oft gefundenen, engen positiven Beziehungen zwischen dem Gehalt an Eisenoxiden und der Stabilität der Aggregate einerseits und der Abnahme der Aggregatstabilität nach der Entfernung der Eisenoxide andererseits bekräftigt. Neuerdings wurde jedoch diese Wirkung von Eisenoxiden durch einige Autoren (z. B. GREENLAND) in Zweifel gestellt. Sie sind der Meinung, daß nicht Eisen- sondern Aluminiumoxide, die häufig neben Eisenoxiden angereichert werden, für die Stabilität der Aggregate verantwortlich sind. Bei der Entfernung der Eisenoxide durch Dithionit aus dem Boden werden gleichzeitig auch Aluminiumoxide entfernt.

Um andere Faktoren weitgehend auszuschalten, wurde der Einfluß von synthetischen Eisenoxiden auf die Aggregatstabilität von Material aus dem A₁ einer schwach pseudovergleyten Parabraunerde und dem A_{1g} eines Parabraunerde-Pseudogley aus Löß untersucht, die in natürlichem Zustand in sehr schlechter Struktur vorliegen (ca. 7% < 2µ, 95-97% < 60µ). Diesen Proben wurden sowohl amorphe als auch kristalline (Goethit, Hämatit und Lepidokrokit) Fe-oxide feucht zugemischt und diese dann bei 35°C getrocknet. Außerdem wurde der pH-Wert variiert. Die Aggregatstabilität wurde sowohl durch Na₂S₂O₄-Siebung als auch nach dem Sedimentationsverfahren untersucht.

*) Institut für Bodenkunde, 1 Berlin 33, Engler Allee 19-21

Die Untersuchung brachte folgende Ergebnisse:

- 1.) Der Zusatz von Eisenoxiden (1-4% Fe) erhöhte den Anteil an Aggregaten von 1-2 mm erheblich. Die Fraktion $< 2 \mu$ wurde bei etwa 1% Fe fast vollständig aggregiert, zu erheblichem Anteil auch die Kornanteile $2-20 \mu$ und $20-60 \mu$.
- 2.) Die Wirkung war bei pH 4-5 stärker als bei pH 6-7.
- 3.) Kristallisierte Oxide waren unwirksam, z. T. lag die Aggregation sogar unter der der unbehandelten Probe.

Einfluß des Fulvosäure/Huminsäureverhältnisses auf die
Extraktion organisch gebundenen Eisens aus Sandböden

von H. Wiechmann *)

Untersuchungen zur Extraktion organisch gebundenen Eisens (GRIMME u. WIECHMANN 1969, WIECHMANN u. GRIMME 1969, WIECHMANN 1969) ergaben eine Abhängigkeit des extrahierten Fe (Fe_{org}) in podsoligen Sandböden von der zur Extraktion angewandten NaOH-Konzentration (0,01n - 0,1n). Es lag die Vermutung nahe, daß die Art der organischen Substanz, besonders das Fulvosäure/Huminsäureverhältnis die Fe-Extraktion wesentlich beeinflusst.

In allen 5 Horizontgruppen (B_i , B_{iv} , A_h/B_v , A_{he}/B_v , A_{he}) treten Böden auf, bei denen Fe_{org}/C_{org} bei Extraktion mit 0,1n-NaOH größer oder kleiner ist als mit 0,01n-NaOH.

Bei Anwendung höherer NaOH-Konzentrationen steigt die Extraktion an C_{org} an, außerdem deutet sich die Tendenz zu niedrigeren Fulv./Hum.-Verhältnissen an, die Unterschiede sind jedoch nicht gesichert.

In Böden, in denen Fe_{org}/C_{org} bei Extraktion mit 0,1n-NaOH größer ist als bei Extraktion mit 0,01n-NaOH, sind höhere Huminsäureanteile häufiger. In dieser Gruppe sind B_i - und B_{iv} -Horizonte nur wenig vertreten. Umgekehrt sind in Böden, in denen Fe_{org}/C_{org} bei Extraktion mit 0,1n-NaOH kleiner ist als mit 0,01n-NaOH, höhere Fulvosäureanteile häufiger. In dieser Gruppe bilden die B_i - und B_{iv} -Horizonte einen größeren Anteil. Diese hochsignifikanten Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung sprechen für einen Einfluß des Fulv./Hum.-Verhältnisses auf die Fe-Extraktion.

Bei hohem Fulvosäureanteil liegt wahrscheinlich organische Substanz mit stärker saurem Charakter vor, in erster Linie wohl

*) Institut für Bodenkunde, 3 Hannover-Herrenhausen,
Herrenhäuser Str. 2

auf Grund eines größeren Anteils an COOH-Gruppen mit höherer Säurestärke, d.h. schon bei relativ niedrigen pH-Werten wird Fe als Hydroxid ausgefällt. Bei niedrigen Fulv./Hum.-Verhältnissen treten Gruppen mit schwächer saurem Charakter, in erster Linie wohl phenolische OH-Gruppen, und höherer Fe-Bindungs-festigkeit zunehmend in den Vordergrund.

Für die nur lockere quantitative Beziehung zwischen dem Fulv./Hum.-Verhältnis und der relativen Veränderung der Fe_{org} -Menge bei steigender NaOH-Konzentration können folgende Gründe vorliegen:

Die Aufteilung der organischen Substanz durch Säurefällung (pH 1) ist nicht differenziert genug, d. h. beide Gruppen umfassen Verbindungen mit unterschiedlichen Eigenschaften (Gruppen mit unterschiedlicher Säurestärke). Dementsprechend variiert auch die Stabilität der organischen Fe-Verbindungen in einem weiten Bereich.

Da das Ausmaß der Hydrolyse und der Fällung von Fe-Hydroxid nicht näher bestimmt werden kann, ist es möglich, daß bei steigender NaOH-Konzentration eine relativ stärkere Extraktion von organischer Substanz mit festerer Fe-Bindung, insbesondere Huminsäuren, die Fe-Ausfällung ganz oder z. T. verdeckt.

Eine Abnahme von Fe_{org}/C_{org} mit steigender NaOH-Konzentration kann nicht nur durch Hydrolyse der Fe-Verbindungen, sondern auch durch Extraktion Fe-ärmerer organischer Substanz bedingt sein. Dies gilt besonders für Eluvialhorizonte, in denen wegen der geringen Fe-Mengen nur eine sehr begrenzte Menge an Fe_{org} -Komplexen gebildet wird. Das werden in erster Linie die leichter löslichen reaktionsfähigen organischen Verbindungen sein. Durch die bei höherer NaOH-Konzentration extrahierte organische Substanz tritt ein Verdünnungseffekt auf, der eine Abnahme oder eine geringere Zunahme von Fe_{org}/C_{org} vortäuscht.

SCHRIFTTUM

- GRIMME, H. und WIECHMANN, H.: Versuche zur Extraktion organisch gebundenen Eisens.
Z. Pflanzenernähr., Bodenkunde 122,
268-279 (1969)
- WIECHMANN, H. und GRIMME, H.: Extraktion von organisch gebundenem Eisen aus Sandböden.
Z. Pflanzenernähr., Bodenkunde 122,
260-267 (1969)
- WIECHMANN, H.: Einfluß des Fulvosäure/Huminsäure-Verhältnisses auf die Extraktion organisch gebundenen Eisens aus Sandböden.
Z. Pflanzenernähr., Bodenkunde 123, 64-69 (1969)



Über die Auswertung von Farbquotientenmessungen an reliktschen

Schwarzerden

von G. Strunk - Lichtenberg *)

Bei der archäologischen Ausgrabung eines neolithischen Siedlungsplatzes der Rössener Kultur (1) auf den westlichen lößbedeckten Höhen des Indetales tauchte die Frage auf, ob die dunklen Horizonte in 60-100 cm Tiefe als Relikte einer degradierten Schwarzerde anzusehen seien (2). Dies sollte, wenn möglich, analytisch nachgewiesen werden.

Es wurde hierzu die Methode der Farbquotientenmessung aus dem ohne Fällung bereiteten Bodenextrakt herangezogen und streng nach den Vorschriften von Salfeld (3) vorgegangen.

Als Extraktionsmittel diente eine Mischung von 0,5 %iger NaOH mit 0,5 %igem $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, mit der der auf $\leq 0,2$ mm ϕ abgeseibte Boden eine Stunde lang auf dem kochenden Wasserbad behandelt wurde. Anschließend wurde 15 Minuten mit 15 000 u/min zentrifugiert und dann durch Faltenfilter abfiltriert. Der Extrakt war bei sorgfältigem Schutz vor Licht und Luft mindestens 24 Stunden unverändert haltbar. Die Farbtiefe der Lösung richtete sich nach dem Gehalt an Huminstoffen und mußte so abgestellt werden, daß die Absorption zwischen 10 und 90 % lag. Die Ausmessung gegen das Extraktionsmittel erfolgte in einem Beckman-Spektrofotometer bei 700, 600, 500 und 400 m μ .

Nach dem Vorschlag von Salfeld wurden die vier an derselben Probe gemessenen Extinktionen zu drei Quotienten verrechnet: $Q_{400/500}$, $Q_{500/600}$ und $Q_{600/700}$. Die Eintragung der jeweils drei Werte für eine Probe in ein räumliches Diagramm unterblieb jedoch. Diese Art der Darstellung wurde aufgrund folgender Überlegungen verlassen und eine zweidimensionale Form gefunden, die für die Einordnung charakteristischer Farbquotienten sinnvoll scheint.

*) Institut für Bodenkunde, 53 Bonn, Nußallee 13

Zur statistischen Absicherung wurden an jeder Probe 10 Wiederholungen ausgeführt und aus den gemessenen Extinktionswerten die Quotienten gebildet, ihr jeweiliger Mittelwert berechnet und der mittlere Fehler des Mittelwertes bestimmt. Dies geschah mit einem in FORTRAN II geschriebenen Programm auf der IBM 7090 der Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) in Bonn. Die so errechneten Mittelwertfehler in jeder Q-Werte-Gruppe wurden näher untersucht. Eine erneute Mittelung in jeder Gruppe brachte das in Tabelle 1 dargestellte Ergebnis.

Tabelle 1

	$Q_{400/500}$	$Q_{500/600}$	$Q_{600/700}$
Mittelwert aus 82 Bestimmungen	2,55	2,33	3,01
Mittelwert der Fehlerbestimmung	$\pm 0,043$	$\pm 0,034$	$\pm 0,087$
in Prozent	1,7	1,5	2,9

Der geringste Fehler haftet demnach den Bestimmungen des $Q_{500/600}$ -Wertes an; etwas höher, aber in der gleichen Größenordnung, liegt der Fehler des $Q_{400/500}$ -Wertes. Fast doppelt so groß wie diese beiden ist der Fehler des $Q_{600/700}$ -Wertes. Diese Tatsache führte zu dem Schluß, eine Darstellung mit den beiden erstgenannten gleichwertigen Größen zu versuchen.

Die Anordnung dieser Q-Werte in einem Diagramm, auf dessen x-Achse der $Q_{500/600}$ -Wert und auf dessen y-Achse der $Q_{400/500}$ -Wert aufgetragen wurde, zeigt die Abbildung 1. Aus dieser Darstellung ist ein deutlicher Trend der Punktwolke zu einer Kurve höheren Grades ersichtlich. Mit dem Programm MURA aus der Programmbibliothek der GMD, Bonn, wurde eine rechnerische Regression unternommen.

Unter der Voraussetzung, daß die Q-Werte unabhängige, normal verteilte Größen sind, wurde zur Kritik der berechneten Kurvenkoeffizienten die Prüfung mit dem Student-t-Test herangezogen. Außerdem wurde die Varianz um die Regression betrachtet.

Mit den Werten von 82 Bodenproben ergab sich kein klares Bild bei den Kennwerten, die für die Güte der Anpassung kennzeichnend sind. Die bestangepaßten Koeffizienten gehören danach zu einer Kurve 4. Grades, die kleinste Varianz steht bei der Kurve 3. Grades.

Eine kritische Betrachtung der Punktwolke (Abbildung 1) ergibt, daß in ihr einige Ausreißer liegen, die aufgrund ihrer Provenienz aus den Betrachtungen über die Reife der Huminstoffe auszuschließen sind. Es sind dies die Proben:

358	Inden I	C - Horizont
521	Lamersdorf	A _h
539	Voderady	A _p
615	Müddersheim	A _h
616	Müddersheim	A _l
625	Inden II	Wurmllochfüllung im B _t
644	Frankenforst	A _h A _l
666	Aachen	A _p

Nach Ausschluß dieser - vorwiegend aus A-Horizonten stammenden - Proben verbleiben 74 Wertepaare, mit denen eine erneute Regression versucht wurde. Nun traten optimale Prüfwerte bei der Kurve 2. Grades auf. Die Regressionskurve ist also eine Parabel mit der Gleichung:

$$y = 1,991466 x^2 - 7,522785 x + 9,154777$$

Es ist nun interessant, die Anordnung der Punkte auf bzw. um diese optimale Kurve zu betrachten. Dazu teilt man die Y-Achse in 3 Abschnitte:

von 1,99 - 2,39	=	IA und IB
2,40 - 2,79	=	II
und 2,80	=	III

Unterteilt man den ersten Bereich nochmals bei 2,19, so kann man die Punkte in folgende vier Gruppen ordnen, die in Tabelle 2 aufgeführt sind.

Tabelle 2

	IA	IB	II	III		
	327	326	330	514	536	333
	329	328	340	515	(539)	334
	332	520	354	(521)	602	335
	359	527	(358)	522	603	336
	360	605	504	523	604	337
	508	606	505	524	607	338
	517	609	506	526	612	339
	518	611	507	528	(616)	355
	519	613	509	529	622	356
	540	614	510	530	(666)	357
	541	623	511	533		525
	542	624	512	534		531
	608	645	513	535		532
	610					601
	643					(615)
						(625)
						(644)
Gesamt:	15	13		32		14
Gruben:	8	5		9		1
Prozent:	53	39		28		7

In der Gruppe IA sind 15, in IB 13, in II 32 und in III 14 Proben vorhanden, wobei die eingeklammerten Ausreißer nicht mitgezählt sind. Aus Gruben, also Anhäufungen von menschlichen und tierischen Fäkalien, stammen in IA 8 = 53 %, in IB 5 = 39 %, in II 9 = 28 % und in III 1 = 7 % der Proben.

Betrachtet man die Kurve, so findet man an ihrem Fuß die rezenten Schwarzerden, womit der Bereich IA gewissermaßen charakterisiert ist. Außerdem liegen hierin Proben aus den neolithischen Fundstellen Inden I, Stolberg-Brockenberg, Lammersdorf, Aldenhoven und Michelsberg. Bis auf vier Proben stammen diese alle aus Gruben, was den Gedanken nahelegt, daß die darin angereicherte organische Substanz eine gewisse Schutzwirkung gegen Degradation auf die hochkondensierten Huminsäure-Moleküle ausübt. Es scheint, daß in den Gruben eine innige Vermengung mit der damals vorhanden gewesenen Krume aus dem A_n-Horizont stattgefunden und diese dann besonders gut konserviert hat.

Die Gruppe IB umfaßt Proben aus Inden I und II, Lamersdorf, Aldenhoven, Müddersheim und Lantershofen. Davon stammen nur 5 aus Gruben. Die übrigen 8 Proben, deren Q-Werte denen der rezenten Schwarzerden recht nahe liegen, stammen aus dunklen, ziemlich weit ausgedehnten Horizonten. Diese können als der eigentliche Beweis dafür angesehen werden, daß es sich bei den Fundstellen wirklich um Orte handelt, an denen einmal Schwarzerden existiert haben.

Die stärker degradierten bzw. schon als normale Parabraunerden einstuftbaren Böden sind vornehmlich in den Gruppen II und III zu finden, die in einer Erosionslage angetroffene, sekundär aufgekalckte Braunerde mit den unreifsten Huminstoffen ganz am oberen Ende der Kurve. So ordnen sich die Böden dem Reifegrad ihrer Huminstoffe entsprechend auf dieser Kurve an, und es hat den Anschein, daß die Lößböden des linksrheinischen Gebietes durch diese Darstellungsweise gut charakterisiert werden können.

Die Folgerungen, die für die Archäologie aus diesen Ergebnissen gezogen werden können, sind kurzgefaßt folgende:

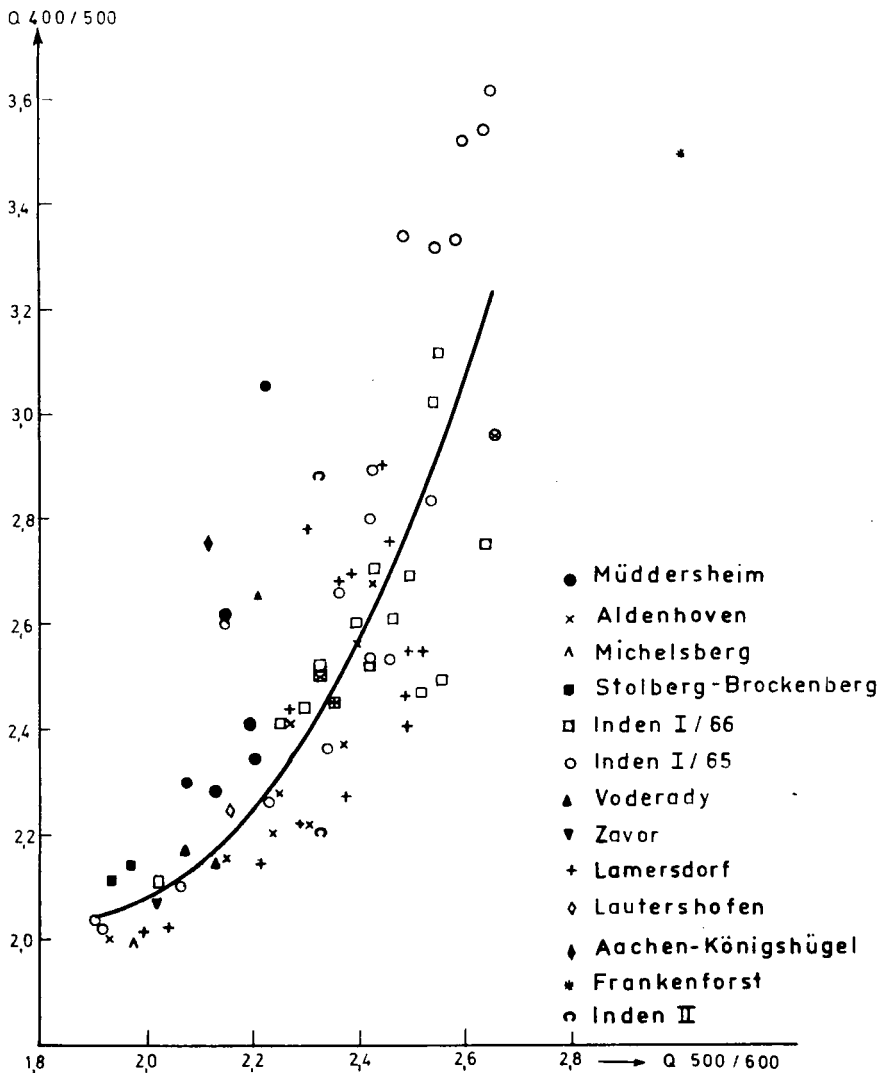
Das Neolithikum beginnt mit der Selbstverdung der Bandkeramiker etwa um 4500 v. Chr., und um 3800 v. Chr. ist die Kultur der Rössener Stufe nachzuweisen. Die im Spätglazial gebildeten Schwarzerdeböden fingen vom Beginn des Atlantikums (5500 v. Chr.) an zu degradieren. Sicherlich aber konnten die Neolithiker bei gezielter Suche durch Nachgraben diese nährstoffreichen Böden, die ein längeres Verweilen gestatteten, noch finden und auf ihnen ihre großen und stabilen Häuser bauen. In Inden sind davon 24 ausgegraben worden.

Bei allen neolithischen Gräbungen auf Lößböden findet man die so typische lederbraune Farbe mit violetterm Stich in einem tieferliegenden Horizont, der archäologisch bisher als "Trampelhorizont" angesprochen wurde. Dieser dürfte aber in den wenigsten Fällen die alte, durchtretene Oberfläche darstellen, sondern ist der reliktsche A_h -Horizont der ehemaligen Schwarzerde. Wo sich die alte Oberfläche befindet (4), muß von Fall zu Fall aus der Topographie des Geländes und dem Degradationsgrad erschlossen werden. Dieses sind Fragen, wo Archäologen und Bodenkundler eine fruchtbare Zusammenarbeit leisten können.

LITERATUR

- (1) KUPER, R.: Dissertation Köln, erscheint demnächst
- (2) STRUNK-LICHTENBERG, G.: Humusuntersuchungen mittels Farbquotienten an archäologischen Objekten aus dem Neolithikum, erscheint demnächst in den Bonner Jahrbüchern
- (3) SALFELD, J.Chr.: Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 8, 133 (1968)
- (4) PETERS, I.: Paläontographica Abt. 8, Lfg. 1-6, 123, 243 (1968)

Abbildung 1





Die Umsetzung von markiertem Pflanzenmaterial im
Boden unter Feldbedingungen

von D. Sauerbeck und F. Führ *)

Abbau und Humifizierung pflanzlicher Rückstände im Boden lassen sich mit normalen Analysenverfahren kaum verfolgen, weil die Mengen im Vergleich zum Kohlenstoffgehalt des natürlichen Bodens meist zu gering sind. Die Anwendung markierter Substanzen bei derartigen Umsetzungsversuchen erscheint daher vielversprechend (1, 2, 3). Die bisherigen Ergebnisse aus Modellversuchen (4) müssen aber noch im Felde überprüft werden, weil die Umsetzungsbedingungen dort zwangsläufig anders sind als im Labor (5, 6, 7, 8).

Kleinstparzellen eines Versuchsfeldes auf Parabraunerde erhielten Gaben von jeweils 65 dz/ha ^{14}C -markiertem Weizenstroh bzw. -spreu. Der Abbau und die Humifizierung dieses Materials wird in Abhängigkeit von der Versuchsdauer und der Bodennutzung (Hackfrucht, Halmfrucht, Brache) analytisch verfolgt. Während der ersten zweieinhalb Jahre wurden insgesamt 7 Bodenproben untersucht. Die Ergebnisse sind auf Abbildung 1 graphisch dargestellt.

Diese Kurven bestätigen die Erwartungen über den Einfluß von Jahreszeit und Bepflanzung auf den Abbauverlauf. Verglichen mit dem Weizenstroh wird die Weizenspreu merklich langsamer abgebaut. Unter Hackfrucht blieben 24 %, unter Halmfrucht 29 % des anfänglich verabreichten Spreukohlenstoffs nach 29 Monaten noch im Oberboden erhalten. Beim Stroh lauten die entsprechenden Zahlen 21 und 24 %. Diese Unterschiede sind statistisch signifikant. Der Abbau unter Hackfrucht unterscheidet sich nicht von demjenigen auf pflanzenfreien Flächen. Der um rund 15 % verminderte Abbau unter Getreide läßt erkennen, daß die in der Praxis wohl-bekannte Anreicherung von organischer Masse im Boden unter dichten Pflanzenbeständen nicht allein auf die reichlichere

*) Agrikulturchemisches Institut der Universität Bonn,
53 Bonn, Meckenheimer Allee 176 und
Arbeitsgruppe Institut für Landwirtschaft in der Kernfor-
schungsanlage Jülich, 517 Jülich, Postfach 365

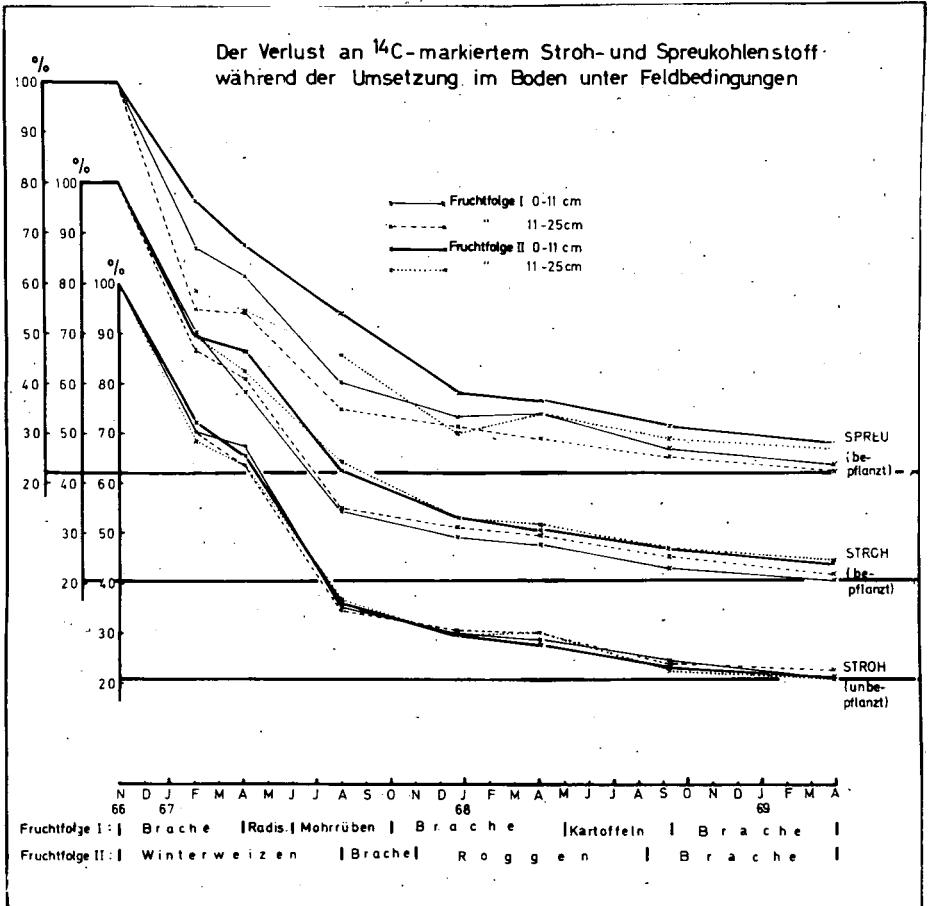


Abb. 1

Bildung von Vegetationsrückständen zurückzuführen ist, sondern auch auf eine allgemeine Hemmung der Umsetzungsvorgänge.

Damit wird auch unter Feldbedingungen die Ansicht widerlegt, daß leichtzersetzliche Pflanzenmasse im Boden nicht nur sehr rasch, sondern auch nahezu vollständig abgebaut werde und kaum etwas zur Humusbildung beitrage. Die Kurven verlaufen, von der raschen Anfangsreaktion abgesehen, eindeutig exponentiell, so daß ein wesentlicher

Teil des markierten Kohlenstoffes noch weit längere Zeit im Boden verbleibt. Ähnliche Resultate haben auch andere Versuchsansteller gefunden (5, 6, 7).

Nach 9, 17 und 29 Monaten wurde die organische Masse der Böden nach dem Verfahren von TJURIN fraktioniert. Dabei zeigte sich, daß die erwähnte höhere Retention von Radiokohlenstoff unter Getreide nicht auf eine bessere Humifizierung, sondern auf einen verlangsamten Abbau des markierten Materials zurückzuführen war. Nicht nur in den leicht löslichen Substanzen und im cellulose-reichen Rückstand, sondern auch in den laugelöslichen Huminstoffen nahm die Menge an markiertem Kohlenstoff zwischen 9 und 29 Monaten Versuchsdauer noch ganz erheblich ab. Dies kann teils auf eine Verunreinigung mit leichter zersetzlichen Substanzen und teils auf eine verhältnismäßig geringe Stabilität neu gebildeter Huminstoffe zurückgeführt werden.

Der Anteil des im Boden verbliebenen Radiokohlenstoffes in den laugelöslichen Huminstoffen wuchs mit der Umsetzungsdauer und -intensität. Abbau und Humifizierung erscheinen insofern eng miteinander verknüpft. Die relative Verteilung und Löslichkeit des unmarkierten Bodenkohlenstoffes ist jedoch auch nach 2 1/2 Jahren noch nicht erreicht worden. Demnach werden die markierten Reste und Umwandlungsprodukte aus der raschen Anfangszersetzung des Pflanzenmaterials im Boden nur ganz allmählich an die dort vorhandenen Humusformen angeglichen.

Die Tatsache jedoch, daß auch von den kleinen praxisüblichen Gaben an Pflanzenmasse im Felde mehr als ein Fünftel nach 2 1/2 Jahren noch im Boden zu finden ist, und daß dieser Rest zunehmend stabilisiert bzw. humifiziert wird, läßt die Bedeutung von Strohhäcksel und Gründüngung für den Humushaushalt erkennen, auch wenn dies nach außen hin nicht durch Nettoänderungen im Kohlenstoffgehalt des Bodens in Erscheinung tritt.

LITERATUR

1. FAO-IAEA-Report "The Use of Isotopes in Soil Organic-Matter Studies". Spec. Suppl. Internat. J. Appl. Radiation and Isotopes, Pergamon Press, Oxford (1966)
2. SAUERBECK, D.: Über den Abbau ^{14}C -markierter organischer Substanzen im Boden und ihren Einfluß auf den Humushaushalt. Habilitationsschrift, Universität Bonn (1966)
3. FAO-IAEA-Proc. "Isotopes and Radiation in Soil Organic-Matter Studies". Internat. Atomic Energy Agency, Wien (1968)
4. SAUERBECK, D.: Die Umsetzung markierter organischer Substanzen im Boden in Abhängigkeit von Art, Menge und Rottegrad. Landwirtsch.Forsch. 21, 91-102 (1968)
5. JENKINSON, D.S.: Studies on the decomposition of plant materials in soil I-III. J. Soil Sci. 16, 104-115 (1965); 17, 280-302 (1966); 19, 25-39 (1968)
6. FÜHR, F. und SAUERBECK, D.: Decomposition of wheat straw in the field as influenced by cropping and rotation. Loc.cit.(3), 241-250 (1968)
7. OBERLÄNDER, H.E. und ROTH, K.: Transformation of ^{14}C -labelled plant material in soils under field conditions. Loc. cit. (3), 251-264 (1968)
8. ZELLER, A., OBERLÄNDER, H.E. und ROTH, K.: A field experiment on the influence of cultural practices on the transformation of ^{14}C -labelled farmyard manure and ^{14}C -labelled straw into humic substances. Loc. cit. (3), 265-274 (1968)

Untersuchungen über organische Substanz und Mineralkörper in
einer Abfolge von degradierten Schwarzerden aus dem Hildes-
heimer Raum

von W. Rochus *)

Die zu beobachtende unterschiedliche Aufhellung der Schwarzerde-Mull A-Horizonte an den einzelnen Standorten kann verschiedene Ursachen haben.

Beispielsweise kann eine chemische Veränderung - unter Mitwirkung von Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukten - oder auch eine Umverteilung und Verlagerung der die dunkle Farbe bedingenden Huminstoffe die Verblassung zur Folge haben.

Beides wird sich in der stofflichen Zusammensetzung der Böden an den einzelnen Standorten und den verschiedenen Horizonten **nieder-** spiegeln müssen.

Der den Beobachtungen zugrundeliegende Aufhellungsmechanismus soll dementsprechend - unter Berücksichtigung der Wechselbeziehungen zwischen der organischen Substanz und dem Mineralkörper des Bodens - anhand des stofflichen Aufbaus einer Abfolge verschieden stark degradierter Schwarzerden aus dem Hildesheimer Raum untersucht werden.

Hierzu bedarf es einer Arbeitsmethode, die eine schonende und vollständige Auftrennung der Bodenproben in ihre Bestandteile ermöglicht. Diese muß unter Berücksichtigung der vielseitigen Reaktionsmöglichkeiten der organischen Substanz im Boden Aufschluß über die qualitative und quantitative Zusammensetzung des Huminstoffkomplexes, über die Art und Menge der mineralischen Substanzen - insbesondere der Tonanteile und leichter löslichen Kieselsäureverbindungen - sowie über die Ton/Humus- und Kieselsäure/Humus-Komplexe

*) Institut für Bodenkunde, 34 Göttingen, von Siebold-Str. 4

geben können sowie die präparative Auftrennung des Bodens ermöglichen.

Da mit den herkömmlichen Untersuchungsmethoden die erforderlichen Aussegen, Präparate und Analysendaten nicht zu gewinnen sind, wurde eine neue Methode zur schonenden und erschöpfenden fraktionierten Extraktion der Bodenproben bei steigenden pH-Werten - beginnend mit 3 %iger Salzsäure - ausgearbeitet. Dabei werden die verschiedenen Fraktionen entsprechend der Löslichkeit der einzelnen Komponenten bei steigenden pH-Werten gewonnen, und zwar quantitativ! (Bei den üblicherweise verwendeten Methoden verbleibt ein großer Teil des Huminstoffgehaltes bekanntlich nicht extrahierbar am Bodenkörper gebunden.)

Die zunächst benutzte Durchführung der Methode in einem diskontinuierlichen Verfahren erwies sich für die Serienbestimmungen jedoch als sehr arbeitsaufwendig. Sie wurde daher abgewandelt zu einem weitgehend mechanisierten, kontinuierlich arbeitendem Verfahren, das nach dem in der Abbildung 1 dargestellten Schema arbeitet.

Ausgangsmaterial für die Extraktion ist die auf 200μ gesiebte Schwarzerdeprobe. Diese wird mit 3 %iger Salzsäure erschöpfend extrahiert, d. h. bis das Filtrat praktisch farblos ist und keine Extraktstoffe mehr enthält.

Das Eluat wird dann mit Kalilauge versetzt bis zum pH-Wert 6, wobei die hier unlöslichen Hydroxide - vor allem des Eisens und Aluminiums - ausfallen und gleichzeitig die übrigen Nichthuminstoffe sowie insbesondere die Fulvosäuren, praktisch quantitativ adsorptiv binden. Aus diesem Adsorbat werden die einzelnen Komponenten nach bekannten Methoden isoliert und analysiert.

Der Rückstand wird mit 0,2 n KOH erschöpfend extrahiert, das Eluat mit Salzsäure bis pH 5,5 versetzt und wenigstens 24 Stunden stehen gelassen. In dieser Zeit flockt die Kieselsäure als Gel aus, zusammen mit den gebundenen und ungebundenen freien Huminsäuren, die bei diesem pH-Wert ausfallen. Die Aufarbeitung erfolgt nach bekannten Methoden.

Das Filtrat wird nochmals mit Salzsäure bis pH 1 versetzt, wobei die restlichen Huminsäuren, welche meistens die Hauptmenge darstellen, als Gel ausfallen und abfiltriert werden. Die im Filtrat befindlichen Fulvosäuren werden durch Bindung an ausflockendes Aluminiumhydroxid gewonnen und entsprechend aufgearbeitet.

Der Bodentrückstand wird mit dest. Wasser von der Kalilauge befreit. Dabei geht der Ton mit fallenden pH-Werten als Suspension in den Extrakt, aus dem er durch schwaches Ansäuern schnell ausgefällt und in Substanz gewonnen werden kann.

Anschließend wird der Rückstand aus der Säule entnommen, getrocknet und untersucht. Er besteht vorwiegend aus Sand und Schlufffraktionen, überlagert von einer unterschiedlichen Menge eines lockeren voluminösen, dunkelgefärbten Ton/Humus-Komplexes.

Zur rationellen Durchführung dieser Extraktion wurde eine Apparatur entwickelt, die weitgehend unbeaufsichtigt arbeitet und in der 40 Proben von je ca. 1 kg gleichzeitig nebeneinander aufgearbeitet werden können.

Die erschöpfende Extraktion der Bodenproben erfolgt in besonderen Glassäulen, die zur Verhinderung der Dichtschrämmung von unten nach oben langsam durchströmt werden. In diesen Säulen ist der Extraktionsvorgang deutlich und demonstrativ zu beobachten. Gewisse Rückschlüsse sind bereits aus den im Verlauf der Extraktion zu machenden Beobachtungen möglich.

Der für die aufsteigende Durchsickerung der Extraktionssäulen mit den aus Vorratsgefäßen entnommenen Lösemitteln erforderliche Überdruck wird mittels Schlauchpumpe erzeugt. Durch eine entsprechende Dimensionierung der Schläuche und Einstellung der Pumpe läßt sich eine optimale Durchsickerungsgeschwindigkeit einregulieren, bei der noch kein Mitreißen von Bodenpartikeln erfolgt.

Dieses Verfahren der präparativen aufsteigenden kontinuierlichen und erschöpfenden fraktionierten Extraktion ist außerordentlich effektiv. Der Arbeitsaufwand beschränkt sich praktisch auf das Einfüllen der Bodenproben in die Extraktionssäulen, das Füllen

der Vorratsgefäße mit Lösemitteln, den Wechsel der Auffanggefäße und gelegentliche Kontrollen.

Durch das Arbeiten im geschlossenen System ist der Luftsauerstoff praktisch ausgeschaltet. Die gleichzeitige und unter gleichen Kautelen erfolgende Bearbeitung sämtlicher Proben aus den verschiedenen Bodenprofilen und Horizonten ermöglicht eine vergleichende Betrachtung des Extraktionsverhaltens und der Gliederung der erschöpfend extrahierten Rückstände der einzelnen Proben - die im Übrigen in den Glassäulen photographisch leicht dokumentierbar sind - . Sie liefert auch die nötigen Mengen der einzelnen Komponenten des Bodens für die analytischen Untersuchungen und Modellversuche zur chemischen, topochemischen und physikalisch-chemischen Verhaltensweise der einzelnen Substanzen im Hinblick auf die untereinander möglichen Wechselwirkungen.

Eine ausführliche Darstellung dieser Methode und der gewonnenen Ergebnisse erfolgt an anderer Stelle.

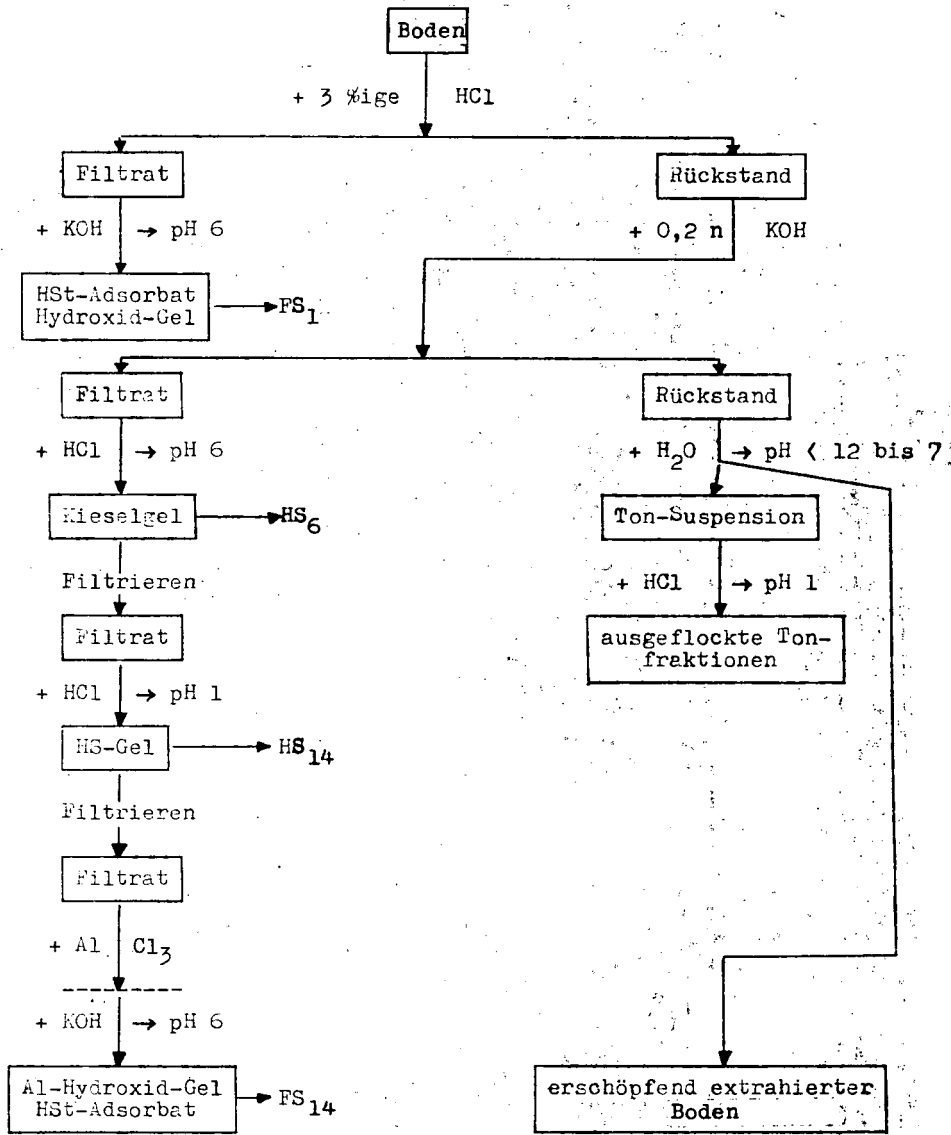


Abb. 1

Schematische Darstellung der erschöpfenden Extraktion bzw. Elution in der beschriebenen Apparatur (HSt = Huminstoffe, HS = Huminsäuren, FS = Fulvosäuren)



Die Bodenbiologie - ein ökologisch-fundiertes Forschungsgebiet

von A. Brauns *)

Aus der Position einer Hilfswissenschaft der Bodenkunde hat sich die Bodenbiologie als eine eigenständige Disziplin herausgelöst. Trotzdem dürfte es für eine Intensivierung der bodenbiologischen Forschung gegeben sein, sie dem Gesamtgebiet der Ökologie unterzuordnen, zumal die Biologie der subterranean Organismen in den Rahmen der Lebensgemeinschaftsforschung hineingehört und nur die speziellen Gegebenheiten in dieser Lebensschicht eine gesonderte Behandlung der Bodenorganismen rechtfertigen. Der Vortragende weist trotz der immer wieder auftretenden Abwertung der ökologischen Forschung gegenüber neuen Forschungsrichtungen modischer Strömungen die stetige Entwicklung der Ökologie nach und analysiert die starke Verflechtung der Bodenbiologie mit der ökologischen Forschung, bei der die ihr eigene Struktur zum Ausdruck kommt. Nach Skizzierung der verschiedenen Arbeitsrichtungen werden die Einsatzmöglichkeiten einer zeitgemäßen Bodenbiologie aufgezeigt und die Interessensphären der Bodenbiologie mit den verschiedenen Disziplinen in den Wirtschaftsbereichen der Bodenkultur demonstriert. Die Bodenbiologie steht aber auch als ein ökologisch-fundiertes Forschungsgebiet nicht isoliert da, sondern ist ein integrierender Bestandteil in einem übergeordneten Bezugssystem, und hier prägt sich bei jedem Bearbeiter bodenbiologischer Fragestellungen der Eindruck, daß sich dieser Forschungszweig notwendigerweise orientieren muß an großräumigen, langfristigen Untersuchungen, in Zusammenarbeit mit vielen Nachbardisziplinen, denn nur "Gemeinschaftsarbeit" kann zu festfundierten Ergebnissen in einem technisch-naturwissenschaftlichen Zeitalter führen.

*) Prof. Dr. Adolf Brauns, Oberkustos am Staatlichen Naturhistorischen Museum, 3300 Braunschweig, Pockelsstr. 10 a



Untersuchungen über einige biologische und chemische Veränderungen an Böden unter dem Einfluß verschiedener Klimastandorte

(Klimaversuch)

von E. Ahrens *)

Seitdem Dokutschajew die Bodenbildung als einen durch äußere Faktoren gesteuerten Prozeß erkannte, wird dem Klima eine bedeutende Rolle bei der Entstehung und Bildung verschiedener Bodentypen zuerkannt. Die Bodentypen mit ihren zum Teil sehr unterschiedlichen chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften sind aber das Ergebnis meist gravierender klimatischer Unterschiede und sehr langer Zeiträume. Im vorliegenden Fall wurde dagegen die Frage untersucht, ob auch schon bei geringen Klimaunterschieden und nach relativ kurzen Zeiten mit messbaren Veränderungen des Bodens zu rechnen ist.

Die Grundlage dieser Untersuchungen bildete ein unter Leitung von G l a t h e angelegter Klimaversuch, der bereits 1952 im Institut für Humuswirtschaft der FAL in Völkensrode begonnen und später von Gießen aus fortgesetzt wurde. Hierbei wurden 4 unterschiedliche Böden aus 4 verschiedenen Standorten gegenseitig ausgetauscht (s. Tabelle). Die Böden wurden in einer Fläche von 2 x 6 m schichtweise (0 - 20, 20 - 40, 40 - 60 cm) umgelagert und an der Oberflähe durch Bretter abgegrenzt. Die gleiche Behandlung erfuhr der jeweils am Standort verbliebene Boden. Zur Beurteilung des Umlagerungseffektes wurde an jeder Seite des Versuches eine in natürlicher Lagerung verbliebene Parzelle eingerichtet. Die Böden wurden abwechselnd mit Kartoffeln und Hafer bestellt und erhielten die üblichen Mengen an Mineraldünger. Auf eine Hälfte der Parzellen wurde alle 2 Jahre zu Kartoffeln entsprechend 100 dz/ha Stallung gegeben. Dünger sowie Saatgut wurden für jede Parzelle gesondert abgewogen und von einer zentralen Stelle verschickt.

*) Dr. Erhard Ahrens, Institut für landwirtschaftliche Mikrobiologie der Justus Liebig-Universität Gießen, 63 Gießen, Landgraf Philipp-Platz 4

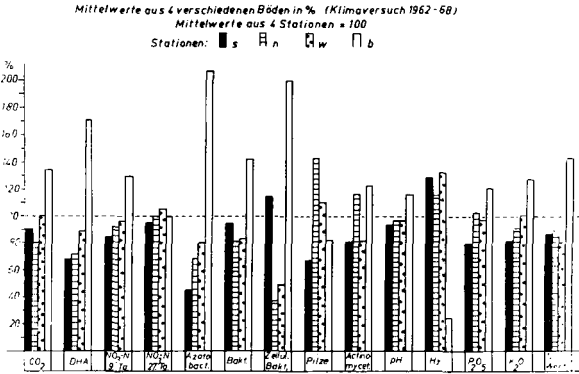
Charakterisierung der Standorte und Böden

Standorte	Klimadaten 1952-66 Niederschl.	1952-66 °C	Bodentyp	C (%)	N (0,1 n KCl)	pH
Lentförden (Schl.Holst.)	755	7,7	Heidepodsol	6,12	0,24	5,8
Völkenrode (Nieders.)	661	8,6	Parabraun- erde	0,99	0,08	6,6
Erndtebrück (Westfalen)	1213	6,0	Rankerbraun- erde	2,77	0,23	5,9
Lilienhof (Baden-Württ.)	728	9,4	Pararendzina aus Löß	1,24	0,12	7,8

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse sind Mittelwerte aus verschiedenen Untersuchungen von 1962 - 1968. Um trotz der Kürze des zur Verfügung stehenden Raumes möglichst viele Einzelergebnisse vergleichbar darlegen zu können, wurde für jeden Standort ein Mittelwert aus den 4 Böden gebildet und dem Gesamtmittel aller Standorte (= 100 %) gegenübergestellt. Bei unverändert gebliebenen Böden wäre der jeweilige Standortmittelwert gleich dem Gesamtmittel. Die Ergebnisse zeigen jedoch (Darst. 1), daß insbesondere in einzelnen Standorten die Böden schon sehr starke Veränderungen erfahren haben. Mit Ausnahme von 2 Fällen ($\text{NO}_3\text{-N}$ am 27. Tag und Pilzkeimzahlen) hat z. B. Standort Lilienhof zu einer wesentlichen Aktivierung bzw. Verbesserung sowohl der biologischen als auch der chemischen Komponenten der Böden beigetragen. Diese und weitere Beispiele zeigen, daß die Standorte nicht auf alle Komponenten in gleicher Weise gewirkt haben. So wurden Azotobacter, Pilze, Dehydrogenaseaktivität (DHA), $\text{NO}_3\text{-N}$, pH, P_2O_5 und K_2O in Lentförden besonders stark negativ beeinflusst, während andererseits Zellulosezersetzer hier merklich zunahmten. Pilze wurden insbesondere in Völkenrode, Actinomyceten in Völkenrode und Lilienhof gefördert. Der feuchteste Standort (Erndtebrück) zeigte eindeutig die höchste hydrolytische Acidität und den geringsten S-Wert. Im pH-Wert stand aber Lentförden an letzter Stelle.

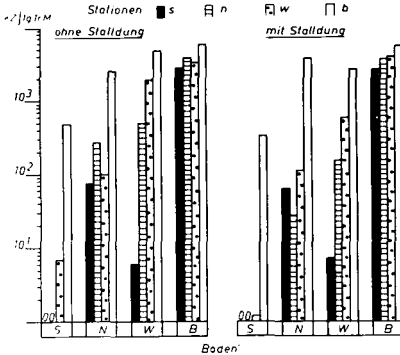
Einfluß verschiedene Standorte auf einige biologische und chemische Eigenschaften von Böden

Darstellung 1



Zahl von Azotobacter je Boden u. Station im Mittel der Jahre 1965-68
 (Klimaversuch)

Darstellung 2



Nicht in allen, aber in der Überwiegenden Zahl der Fälle war das Verhalten der 4 Böden der Tendenz nach gleich. Die Reaktionsintensität war teilweise sehr verschieden, wie am Beispiel von Azotobacter aus Darstellung 2 zu ersehen ist.

Erklärung der Zeichen:

Große Buchstaben = Böden, kleine Buchstaben = Standort
 (nach den Anfangsbuchstaben der Länder, in denen die Standorte liegen bzw. aus denen die Böden stammen) .

Die Böden N und B haben in Lentförden nur etwa um die Hälfte, Boden W dagegen hat aber um ca. 99 % an Azotobacter abgenommen.

Aus Darstellung 1 ist ersichtlich, daß die biologischen Komponenten, unter ihnen insbesondere Azotobacter und Zellulosezerersetzer, auf die verschiedenen Standorteinflüsse im allgemeinen viel stärker reagiert haben als die chemischen.

Die Zunahme der hydrolytischen Acidität und die Abnahme des S-Wertes vornehmlich in dem sehr feuchten Standort Erndtebrück entsprechenden allgemeinen Vorstellungen von der Wirkung einer starken Durchfeuchtung des Bodens. Dieser einfachen Beziehung von Ursache und Wirkung folgten aber offenbar die biologischen Qualitäten des Bodens zunächst nicht, wie z. B. das Auftreten von Azotobacter in Boden S des Standortes Erndtebrück bzw. der starke Abfall der Keimzahlen in Boden W des Standortes Lentförden erkennen lassen (Darst. 2). Obgleich also das Klima in Lentförden milder ist als in Erndtebrück, hatte Azotobacter dort viel stärker abgenommen. Der starke Anstieg des pH- und S-Wertes in Lilienhof läßt darüberhinaus vermuten, daß der die Parzellen umgebende Standortboden möglicherweise einen nicht zu unterschätzenden Einfluß auf die verlagerten Böden ausgeübt hat. Die Beispiele zeigen, daß als Ursache für Veränderungen insbesondere der biologischen Komponenten einzelne Faktoren wie z. B. klimatische, nicht immer eine ausreichende Erklärung bieten. Wahrscheinlich waren verschiedene Faktorenkonstellationen bzw. Umweltfaktoren im weitesten Sinne maßgebend, die im einzelnen wegen des umfangreichen und vielschichtigen Komplexes hier nicht besprochen werden können. Eine ausführliche Darlegung der mit dem Klimaversuch zusammenhängenden Probleme ist deshalb in einer größeren Arbeit geplant, die gegenwärtig zur Veröffentlichung vorbereitet wird.

Mikrobiologische Untersuchungen an Waldstandorten im Solling

von G. Jagnow *)

Im Rahmen der Untersuchungen zum Internationalen Biologischen Programm wurden von den beiden mit Buchen- und Fichtenwald bewachsenen Hauptprobeflächen im Solling in dreiwöchigem Abstand von Mai 1967 bis April 1968 Bodenproben entnommen und am folgenden Tage nach Lagerung bei 4 °C in Gießen im Institut für Landwirtschaftliche Mikrobiologie untersucht.

Es handelte sich um eine lange Zeit mit Wald bestockte, basenarme Braunerde auf Buntsandstein mit pH-Werten um 5. Die Proben wurden aus der ca. 5 cm mächtigen Laub- bzw. Nadelstreuschicht, der 1 - 2 cm starken, äußerlich amorphen, schwarzen Vermoderungsschicht oder Humusstoffschicht sowie aus der obersten humosen, 5 cm starken Schicht des A₁-Horizontes entnommen und beschränkten sich somit auf die Zone der intensivsten Umsetzungen.

Jeweils 10 g der Mischproben von 3 Entnahmestellen wurden 30 Min. mit steriler 0,18 %iger Na-Pyrophosphatlösung geschüttelt, Verdünnungsreihen mit sterilem Leitungswasser hergestellt und geeignete feste sowie flüssige Nährmedien beimpft.

Die aeroben, heterotrophen Bakterien wurden auf Bodenextrakt-Glucoseagar mit 0,15 % Glucose, 5 % Bodenextrakt und 0,01 % Hefeextrakt, die Pilzkolonien auf Malzagar, nach sieben Tagen Bebrütung bei 25 °C gezählt. Die Zahl der Bakteriensporen wurde durch Abtötung der vegetativen Zellen bei 10 Min. Erhitzung auf 85 °C ermittelt.

Die Zahl der Stickstoff bindenden, anaeroben Bakterien wurde an Hand der Entwicklung von Gärungsgasen in Reagenzgläsern mit

*) Institut für Landwirtschaftliche Mikrobiologie,
Universität Gießen, gegenwärtige Anschrift:
Privatdozent Dr. G. Jagnow, 3301 Braunschweig, Bundesallee 50,
Institut für Bodenbiologie der FAL

N-freier Glucose-Mineral-selznährlösung nach der Methode der höchstwahrscheinlichen Keimzahl mit 5 Reagenzgläsern je Bodenverdünnung ermittelt. Auch hier wurden die Sporen in der erhitzten Suspension getrennt geschätzt. Dieses flüssige Medium nach Pochon (1962) enthält noch 1 % Bodenextrakt, da viele Bakterienstämme Wachstoffsstoffe zu ihrer Entwicklung benötigen.

Zur Schätzung der Gesamtzahl der gasbildenden, obligat und fakultativ Anaeroben diente das gleiche Medium, nur mit 0,01 % Hefeextrakt und 1,5 % Agar, ebenfalls in tiefer Schicht. Gasblasen im Agar dienten als Kriterium für den Bewuchs. Auch mit diesem Medium wurde die Sporenzahl ermittelt.

Die Menge des Pilzmycels in den Proben wurde an aus den Ausgangs-suspensionen hergestellten Agarfilmen nach Jones und Mollison (1948) mikroskopisch ermittelt. Aus der Anzahl der Schnittpunkte von Hyphen mit Linien eines Okular-Zählnetzes wurde die Länge in m/g Boden- oder Streumaterial berechnet. Dabei muß berücksichtigt werden, daß bei den Streuproben nur die zwischen den Blattstücken sich entwickelnde Mikroflora, aber nicht die innerhalb des rotten Blattgewebes wachsenden Organismen erfaßt wurden. Die Mycel-längen für die Moder- und Mineralbodenhorizonte sind dagegen ein Maß für die Gesamtmenge.

Bei den mehr relativ zu wertenden Bakterienkeimzahlen interessieren vor allem der jahreszeitliche Verlauf sowie der Vergleich der beiden Standorte und ihrer Bodenhorizonte. Zur Zeit der Probenahmen wiesen Streu- und Bodenproben das ganze Jahr hindurch einen optimalen Feuchtigkeitsgehalt auf. Das schließt jedoch nicht aus, daß in der Streuschicht während des Sommers mangelnde Feuchtigkeit zuweilen die mikrobielle Entwicklung bestimmte. Für die Boden- und Moderschicht brauchen jedoch nur Nährstoffangebot, Temperatur und wechselseitige Beeinflussung als bestimmende Faktoren angenommen zu werden.

Erfahrungsgemäß ist besonders bei der Untersuchung von Waldböden die hohe Streuung durch die Inhomogenität der Proben ein Problem.

Diese Inhomogenität ließ sich auch nicht durch sorgfältiges Mischen beseitigen, wie oft starke und unregelmäßige Unterschiede zwischen zeitlich aufeinanderfolgenden Proben zeigten. Um die jahreszeitliche Tendenz besser hervorzuheben, wurden deshalb aus den Einzelzählwerten jeweils zweier aufeinanderfolgender Daten gleitende Mittelwerte gebildet, die dann sich überlappende Durchschnittswerte von sechswöchigen Perioden darstellen. Diese gleitenden Keimzahlmittelwerte liegen den Abbildungen zugrunde.

Die Pilzmycelmenge der Streuschicht des Buchenbestandes zeigte im Frühjahr mit fast 800/m/g ihren höchsten Wert und war trotz ihrer nur teilweisen Erfassung von ähnlicher Größenordnung wie diejenige der Humusstoffschicht (Abb. 1). Während des Sommers nahm die Mycelmenge in beiden organischen Schichten ab, um im Oktober während des Laubfalls ein zweites Maximum zu erreichen. Im Dezember trat wieder ein Minimum auf. Die Mycelmenge im A₁-Horizont war weit geringeren Schwankungen unterworfen. Ihr Maximum lag im Frühsommer und blieb nach einer Abnahme um ca. 60 % von August bis Januar konstant. Auffällig ist hier das Fehlen des Herbstmaximums. Anscheinend wirkt sich die Nährstoffzufuhr durch die Blattstreu nicht mehr im Herbst, sondern erst im folgenden Sommer aus.

Die Pilzmycelmenge in Streu und Mineralboden der Fichtenprobe-
fläche (Abb. 2) ist von ähnlicher Größenordnung. Auch hier fehlt das Herbstmaximum im Mineralboden. Das erste Maximum in der Streuschicht ist im Vergleich zum Buchenbestand jedoch um 1 - 2 Monate verschoben und stärker ausgeprägt. Die Mycelmengen der Humusstoffschicht liegen dagegen um bis zu 50 % höher als im Buchenbestand. Wahrscheinlich ist das frühere Maximum in der Streuschicht des Buchenbestandes auf deren bessere Erwärmung vor der Belaubung zurückzuführen.

Die auf Malzagar zählbaren Pilzeinheiten waren wahrscheinlich überwiegend auf Sporen zurückzuführen, da reich sporulierende Vertreter der Gattungen *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* und

Rhizopus dominierten. In der Streuschicht der Buchen- wie Fichtenprobestfläche zeigten diese Pilzzahlen, abgesehen von einer leichten Vermehrung im zeitigen Frühjahr, keinen ausgeprägten Verlauf. Die Zählungen im A₁-Horizont von Buchen- und Fichtenbestand zeigten eine unterschiedliche Tendenz, indem unter Buche ein Oktober-Maximum auftrat, das unter Fichte fehlte. Die Keimzahlerhöhung im Frühjahr war in beiden Fällen auch im Mineralboden zu verfolgen. Die Ergebnisse der mikroskopischen und Gußplattenzählungen von Pilzen lassen sich nicht vergleichen. Die Mycelzählungen sind aber ein besserer Maßstab für die Gesamtmenge als letztere.

Die Plattengußzählungen der Bakterien ergeben kein einheitliches Bild. In den organischen Horizonten dieser sauren Waldböden wurden bei nur geringen jahreszeitlichen Schwankungen durchschnittlich nur wenige Millionen je g ermittelt. Saures Milieu und Konkurrenz bzw. Antagonismus seitens der Pilze sind wahrscheinlich die Ursachen dieser relativ niedrigen Bakterienpopulation. Da die Streuzersetzung normal fortschreitet und keine Rohhumusbildung aufkommen läßt, muß die Zersetzungseistung der Pilze diejenige der Bakterien übertreffen. Dies wird bestätigt durch die hohe Zahl der Bakteriensporen, die besonders in den Herbst- und Wintermonaten die Größenordnung der Gesamtpopulation erreicht. In dieser Zeit können also nur noch sehr wenige aktive vegetative Bakterienzellen vorhanden sein. Besonders auffällig ist die hohe Sporenzahl im Mineralboden unter Buche im Spätsommer und Frühherbst, wo sie die der nicht versporteten Zellen bis um das zehnfache übertrifft. Die Bakterienzahlen des Fichtenstandortes waren stärkeren Schwankungen unterworfen. Auch war die sommerliche Depression ausgeprägter.

Die Anzahl der N-bindenden, fermentativen Bakterien (vermutlich Clostridien) zeigt dagegen eine starke Periodizität. Diese ist im Buchenbestand besonders ausgeprägt und äußert sich in Schwankungen der Zahlen in der Streuschicht von ca. 40 000 im Mai und Oktober bis zu 100 - 500 im Hochsommer und Winter.

Die Streuschicht beherbergt auf beiden Standorten die größte Zahl an Anaeroben. Von vielen Untersuchern wurde immer wieder festgestellt, daß die oberflächlichen organischen Bodenschichten eine größere Anaerobenpopulation aufwiesen als tiefere Bodenhorizonte. Das reiche Substratangebot in der Streuschicht bedingt eine starke Sauerstoffzehrung durch die vergesellschaftete Mikroflora und damit ein Angebot an substrathaltigen anaeroben Mikrostandorten, in denen sich anaerobe Sporenbildner entwickeln können. Dementsprechend beherbergen die verrottete Moderschicht und der A_1 -Horizont auch geringere Populationen von durchschnittlich 2 - 3000 bzw. 200/g.

Die jahreszeitliche Periodizität ist in allen Schichten, aber am stärksten in der Streuschicht und am schwächsten im A_1 -Horizont, ausgeprägt. Sie erstreckt sich auch auf die Sporen, die je nach Horizont 1 - 8 % der Gesamtpopulation umfassen. In der Streuschicht ist ihr Anteil am niedrigsten und relativ konstant, dagegen in der Moder- und Mineralbodenschicht höher. Die Sporenzahl war während der Keimzahlminima der vegetativen Zellen erhöht, was sich im gegensinnigen Verlauf der beiden Kurven ausdrückt.

Im Vergleich zu den aeroben Bakterien, bei denen die Sporen einen viel höheren Anteil von 20 - 90 % einnahmen, befinden sich diese Anaeroben in einem aktiveren Zustand, wie ihr geringer Sporenanteil und ihre starken Fluktuationen zeigen. Nach diesen Kriterien nimmt die Aktivität der Populationen vom Mineralboden bis zur Streuschicht zu. Die beiden Minima scheinen mit einer zeitweiligen Feuchtigkeitsabnahme in der Buchenstreuschicht im August und mit dem Einsetzen der winterlichen Ruheperiode im Spätherbst zusammenzuhängen.

Die Clostridienzahlen des Fichtenstandortes zeigen im wesentlichen das gleiche Bild (Abb. 4). Sie liegen aber insgesamt etwas niedriger. Das Frühjahrsmaximum verschiebt sich hier vom Mai in den Juni, da die Frühjahrserwärmung in dem dauernd beschatteten Fichtenwaldboden später eintritt. Außerdem ist die sommerliche Depression nur schwach ausgebildet.

Da Azotobacter in diesen sauren Böden nicht auftritt, muß die Rolle der biologischen Stickstoffbindung an diesen Standorten zu einem großen Teil den Clostridien bzw. fakultativ Anaeroben zugeschrieben werden. Über die Ökologie der anderen heterotrophen N-Binder ist noch zu wenig bekannt, da sie sich nicht leicht, wie die klassischen N-Binder, durch selektive Anreicherungskulturen ermitteln lassen.

Die Zählungen der mit Hefeextrakt wachsenden fermentativen Anaeroben im Buchenbestand ergaben die gleiche Jahresperiodizität mit einem hochsommerlichen und einem winterlichen Minimum. Ihre Zahl ist in den organischen Horizonten mit 10^5 - 10^6 durchschnittlich um eine Zehnerpotenz höher als in flüssigen Zählmedien ohne Hefeextrakt. Ihr Sporenteil liegt meist unter 1 %. Demnach handelt es sich ebenfalls um aktive Populationen. Mit beiden Anaeroben-Medien mit und ohne Hefeextrakt wurden im A_1 -Horizont ähnliche Populationen zwischen 100 und 1000/g erhalten. Demnach scheint es sich im Mineralboden um eine relativ einheitliche, ab wuchsstoffarme Substrate angepaßte Population zu handeln, während durch den Wuchsstoffzusatz des Hefeextraktes in der Streu- und Moder-schicht eine entsprechend angepaßte, größere Population, auch fakultativ anaerobe fermentative Gasbildner wie manche Bacillus-Arten, erfaßt wurde. Auch bei diesen Anaeroben war im Fichtenstandort die Jahresperiodizität die gleiche. Das Winterminimum war jedoch stärker ausgeprägt.

In Tab. 1 wurden die Jahresdurchschnittswerte aller Zählungen zusammengestellt. Wegen der gleichzeitigen Probenahme können die standörtlichen Unterschiede so am besten erfaßt werden.

Die Pilzmycelmenge war in den Streuschichten etwa gleich, im Moder und Mineralboden des Fichtenbestandes dagegen um 40 bzw. 20 % höher als im Buchenbestand. Auf Agar zählbare Pilzeinheiten waren dagegen im Buchenmoder stärker vertreten.

In der Streuschicht waren die aeroben Bakterien des Buchenstandortes etwas zahlreicher. Dagegen war ihre Population in der

Moderschicht des Fichtenbestandes größer als in derjenigen des Buchenstandortes. Der dort verringerte Sporenteil weist weiterhin auf eine erhöhte Aktivität hin.

Die N-bindenden Anaeroben sind dagegen in allen Schichten des Buchenstandortes weit in der Mehrzahl. Ihre Menge ist in den organischen Schichten 3 - 4 mal größer als im Fichtenstandort. Umgekehrt ist die Gesamtzahl der gasbildenden Anaeroben in den organischen Schichten des Fichtenwaldes höher und ihr Sporenteil dort 5 - 10 mal niedriger.

Die letzte Reihe trägt die Bezeichnung: "Nitrifikanten". In einem anorganischen Ammoniumsulfatmedium wurde fast ausschließlich Nitritbildung nachgewiesen und hieraus höchstwahrscheinliche Keimzahlen nach der Art der Anaerobenzählungen abgeleitet. Diese zeigten aber keine charakteristischen Jahressgänge. Ihre Zahl ist in der Buchenstreu und im Fichtenmoder höher als in der Fichtenstreu und im Buchenmoder.

Diese Durchschnittswerte lassen erkennen, daß in der Streuschicht der Buchenstandort, in der Moderschicht dagegen der Fichtenstandort eine höhere mikrobiologische Gesamtaktivität aufweist.

SCHRIFTTUM

- JONES, P.C.T. und MOLLISON, J.E.: 1948
J. Gen. Microbiol. 2, 54
- POCHON, J. und TARDIEUX, P.: 1962
Analysestechnik der Mikrobiologie
des Bodens.
Ed. de la Tourelle, St. Mandé (Seine)

I.B.P. Salling 1967/68: Buchenbestand: Agarfilzählungen des Pilzmycels in m/g trockenen Boden.

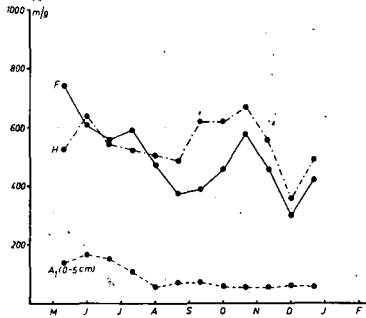


Abb. 1

Abb. 3

I.B.P. Salling 1967/68: Buchenvegetationsfläche; H-Free-Gesäbener (Chestnuten) in g trockenen Boden, vegetativ (schwarz) und Sporen (weiß) (gleitende Mittelwerte aus je 2 Zählungen).

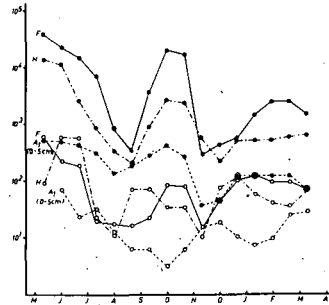
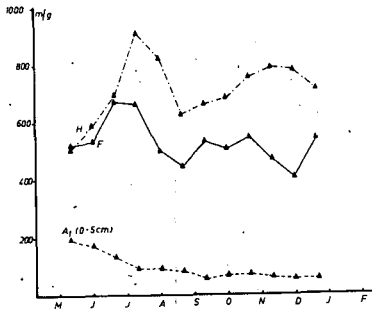


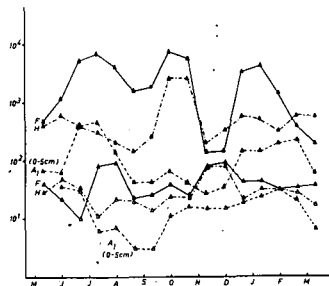
Abb. 2

Abb. 4

I.B.P. Salling 1967/68: Fichtenbestand: Agarfilzählungen des Pilzmycels in m/g trockenen Boden.



I.B.P. Salling 1967/68: Fichtenbestand; H-Free-Gesäbener (Chestnuten) in trockenen Boden, vegetativ (schwarz) und Sporen (weiß) (gleitende Mittelwerte aus je 2 Zählungen).



Tab. 1: Jahresdurchschnittswerte der Mengen von Bodenmikroorganismen in den beiden I.B.P. - Hauptprobeflächen im Solling, 1967/1968

Menge je g Trockengewicht	<u>Buche</u>			<u>Fichte</u>			Zahl der Termine
	Streu	Moder	A ₁	Streu	Moder	A ₁	
•Pilzmycel, m	510	544	82	535	<u>703</u>	97	13
Pilze auf Malzagar x 10 ³	5 868	<u>2 849</u>	143	5 892	1 554	<u>244</u>	16
Bakterien x 10 ³	<u>10 810</u>	3 285	994	6 713	<u>5 462</u>	<u>1 344</u>	15
% Sporen	3,3	21,2	61,0	3,6	7,6	21,1	
N-bindende Clostridien	<u>9 470</u>	<u>2 600</u>	<u>233</u>	2 600	624	129	17
% Sporen	1,4	4,3	7,9	1,7	4,7	10,4	
Anaerobe gesamt x 10 ³	161,4	43,7	<u>2,0</u>	<u>226,2</u>	<u>142,7</u>	0,65	13
% Sporen	0,10	0,45	1,25	<u>0,02</u>	<u>0,05</u>	<u>4,84</u>	
Nitrifikanten (NO ₂ -Bildner)	<u>2 080</u>	461	<u>232</u>	1 580	799	111	16



Über die Beteiligung ubiquitärer Bakterien an Eisenreduktion und Gleybildung im Boden

von J.C.G. Ottow *)

EINFÜHRUNG

Kommt ein Boden unter Einfluß stagnierenden Wassers, so treten im Laufe der Zeit charakteristische, pedogenetische Prozesse und Folgeerscheinungen auf. Zu diesen Aktualitätsmerkmalen gehören vor allem (1) eine Anhäufung von Eisen(II)-Verbindungen in der Bodenlösung, (2) eine Abnahme des Redoxpotentials (Eh) sowie Veränderung der Bodenreaktion, und (3) eine allmähliche Vergrauung des Unterbodens. Wenn diese Eigenschaften mikrobiell bedingt wären, so müßten die verantwortlichen Mikroorganismen allgemein verbreitet sein, um das weltweite Vorkommen der Reduktions- und Vergleyungserscheinungen erklären zu können.

QUANTITATIVE UND QUALITATIVE POPULATIONSUNTERSUCHUNGEN

Anhand von 3 unterschiedlich vergleyten Böden unweit von Gießen, gelang es, die Existenz von Mikroorganismen, die potentiell zur Eisenreduktion befähigt sind, nachzuweisen. Unter den verschiedenen Gruppen der Mikroflora, den Bakterien, den Actinomyceten, den Algen und den Pilzen, sind die Schimmelpilze als Ursache der Vergleyung auszuschließen, da Vertreter dieser Gruppe nicht im vergleyten Horizont nachgewiesen werden konnten, obwohl manche Arten in Reinkultur zur Eisenreduktion befähigt sind. Unter den Bakterien konnten 2 Gruppen differenziert werden, die Eisenoxid zu reduzieren vermochten. (1) Aerobe bis fakultativ anaerobe Vertreter der Enterobacteriaceae (Coli-Aerobacter Gruppe) und der Sporenbildner (Bacillus sp.), und (2) obligat anaerobe, luftstickstoffbindende Clostridien (Tabelle 1).

*) Institut für Mikrobiologie,
61 Darmstadt, Schnittspahnstraße

Tabelle 1

Populationsdichte einiger eisenreduzierender Bakteriengruppen;
Zahlen erfaßt als MPN (most probable number) je g trock. Boden

Horizont	aerob			obligat anaerob
	Gesamtzahl	Coli-Aero- bacter Gruppe	Sporen- bildner	N ₂ -bindende Clostridien
S _w (70-100 cm ⁺)	1.1 x 10 ⁴	2.4 x 10 ³	1.1 x 10 ³	1.1 x 10 ²
S _d (70-120 cm ⁺)	2.1 x 10 ⁵	5.5 x 10 ⁴	3.1 x 10 ⁴	3.1 x 10 ³
G _r (90-120 cm ⁺)	2.0 x 10 ⁴	6.0 x 10 ²	3.3 x 10 ³	3.3 x 10 ³

Alle in Tabelle 1 aufgeführten Bakterien gehören zu den ubiquitären Bodenbewohnern. Quantitative Populationsuntersuchungen an den einzelnen Horizonten zeigten, daß die Größe der Populationen von aeroben und anaeroben, eisenreduzierenden Bakterien mit zunehmender Bodentiefe vom A-Horizont bis in die pseudovergleyten Horizonte sowie in den vergleyten Horizont abnahm, sowohl absolut als auch prozentual (bezogen auf die bakterielle Gesamtflora).

Qualitative Populationsuntersuchungen an den vom Wasser beeinflussten Horizonten ergaben, daß außer species der Gattung Bacillus, auch eisenreduzierende Arten der Gattung Pseudomonas aus diesen Zonen isolierbar sind. Von den insgesamt 71 isolierten und identifizierten, eisenreduzierenden Bakterien verfügten 68 über das Enzym Nitratreduktase. Da NO₃⁻ bei vermindertem Sauerstoffpartialdruck als Wasserstoffakzeptor fungiert, lag die Überlegung nahe, daß auch Eisen(III)-Verbindungen diese Funktion erfüllen könnten. Trifft diese Hypothese zu, dann wäre die Eisenreduktion keine zufällige Nebenerscheinung bakterieller Tätigkeit, sondern das Ergebnis eines ökologisch bedingten, aber physiologisch bewirkten Stoffwechselvorganges. Durch quantitative Bestimmungen ließ sich feststellen, daß steigende Mengen an Nitrat (NO₃⁻) und Chlorat (ClO₃⁻) das Ausmaß der bakteriellen Eisenreduktion verringerten, vorausgesetzt der Organismus verfügte über das Enzym Nitratreduktase. Da nicht nur Nitrat, aber auch Chlorat als Wasserstoffakzeptor für dieses Enzym dienen kann, wäre auch Eisen(III)-Verbindungen diese Rolle zuzuschreiben. Auch bei Nitratreduktase negativen (nit⁻) Mutanten

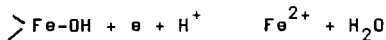
ursprünglich eisenreduzierender Bakterien war das Ausmaß der Eisenreduktion im Vergleich zum Wildstamm vermindert, jedoch nicht vollständig eliminiert. Diese Ergebnisse führten zu der Hypothese, daß zumindest zwei Mechanismen für die Eisenreduktion verantwortlich sind, darunter das Enzym Nitratreduktase.

EISENREDUKTION UND GLEYBILDUNG

Wurde ein steriler, eisenoxidhaltiger Boden in Anwesenheit einer C-Quelle (Glucose) mit Reinkulturen oder einer Bodensuspension beimpft und bebrütet, so kam es schon nach wenigen Tagen zu einer Zunahme der Reduktionsintensität (rH), zur Akkumulation von Eisen(II)-Verbindungen und nach ungefähr 7-10 Tagen zur Bildung von Gleyflecken. Rezente Untersuchungen bewiesen, daß besondere Bakterien vom Typ Clostridium pasteurianum zur Eisenreduktion und Gleybildung befähigt sind. Vermutlich sind Vertreter dieser Gruppe Bakterien unter Feldbedingungen für das Phänomen der Vergleyung verantwortlich zu machen, da sie als Sporenbildner, durch ihre anaerobe Lebensweise und vor allem durch ihre Fähigkeit, N₂ binden zu können, den wassergesättigten Bedingungen gut angepaßt sind.

ZUSAMMENFASSUNG

Bakterien, die potentiell zur Eisenreduktion befähigt sind, sind ubiquitär im Bodenprofil vorhanden. Ihre Anzahl nimmt mit zunehmender Bodentiefe ab. Besonders Vertreter der Pseudomonadaceae, Enterobacteriaceae und Bacillaceae (Bacillus sp. und Clostridium sp.) sind unter künstlichen Anzuchtbedingungen zur Reduktion von Eisenoxiden befähigt. Vermutlich fungiert das Eisen(III)-Oxid als Wasserstoffakzeptor bei der metabolischen Energiegewinnung:



Eisenreduktion und Gleybildung im Boden sind aufgrund der Versuche als biologischer Vorgang möglich.

SCHRIFTTUM

- OTTOW, J.C.G. and H. GLATHE: Rose bengal-malt extract agar, a simple medium for the simultaneous isolation and enumeration of actinomycetes and fungi from soil.
Appl. Microbiol. 16, 170-171 (1968)
- OTTOW, J.C.G.: Evaluation of iron-reducing bacteria in soil and the physiological mechanism of iron-reduction in Aerobacter aerogenes.
Z. Allg. Mikrobiol. 8, 441-443 (1968)
- OTTOW, J.C.G. and A. von Klopotek: Enzymatic reduction of iron oxide by fungi
Appl. Microbiol. 18, 41-43 (1969)
- OTTOW, J.C.G.: Distribution and differentiation of iron-reducing bacteria in Gley soils.
Zbl. Bakt. Abt. II, 123, 600-615 (1969)
- OTTOW, J.C.G.: Einfluß von Nitrat, Chlorat, Sulfat, Eisenoxidform und Wachstumsbedingungen auf das Ausmaß der bakteriellen Eisenreduktion.
Z. Pflanzenern. Bodenk. (1969) im Druck
- OTTOW, J.C.G.: Bacterial mechanism of gley formation in artificially submerged soil.
Nature, (London), 225, 103 (1970).

Blaualgen und Vorstufen der Bodenbildung auf vulkanischem Substrat

(bisherige Befunde auf Surtsey/Island)

von G. H. Schwabe *)

Im Sommer 1968 begonnene Untersuchungen über die Ökogenese auf der Ende 1963 entstandenen Vulkaninsel Surtsey (bisher letzter Ausbruch endete im Juni 1967) führten nach einem zweiten Besuch der Insel im Sommer 1969 zu einigen nicht erwarteten Befunden. Bearbeitet wurde vor allem die Erstbesiedlung mit Algen oberhalb des marinen Litorals und insbesondere in den beiden Großkraterräumen. Rohkulturen wurden sowohl am Ort wie mittels gesammelter Substratproben im Plöner Institut angelegt. Dank der Mitarbeit von K. Behre, Lesum, der die systematische Bestimmung der Algen (außer Cyanophyten) übernahm, konnte eindeutig nachgewiesen werden, daß auf Surtsey oberhalb des Litorals im Sommer 1968 bereits mindestens 100 Algenarten lebend angetroffen werden, obwohl dort kein Binnengewässer besteht. Nur ausnahmsweise treten einzelne Arten isoliert auf, sind aber auch dann stets von Bakterien und Pilzen begleitet. Meistens bestehen bereits relativ artenreiche Algenpopulationen mit einer kräftig entwickelten Begleitflora von Bakterien und tierischen Besiedlern (mindestens 4 Arten nackter Amöben, ein Ciliat und als systematisch höchster Vertreter *Habrotrocha constricta* Dujardin). Da mit selektiven Wirkungen der angewandten Nährböden und Kulturverfahren gerechnet werden muß, dürfte die tatsächliche Anzahl der im Sommer 1968 auf Surtsey lebenden Arten größer sein als die Zahl der nachgewiesenen. Die Mehrzahl der Erstbesiedler ist als weit verbreitet bekannt. Viele Arten wurden auch für südwestisländische Böden nachgewiesen, jedoch herrschen in Surtsey kleine und kleinste Formen vor. Diese Auslese deutet auf Windtransport, der wahrscheinlich auch die ersten Laubmoose nach Surtsey gebracht hat. Unter den Cyanophyten stehen häufige Bodenarten im Vordergrund: *Schizothrix*, *Plectonema*, *Phormidium autumnale* und *Anabaena variabilis*.

*) Max Planck-Institut f. Limnologie, 232 Plön, Postfach 165

Die Ökogenese des vulkanischen Substrats wird durch zwei Eigenarten nachhaltig erschwert:

1. Aschen und Laven können praktisch kein Wasser speichern.
2. Alle Aschen und beträchtliche Anteile der Laven sind extrem wasserdurchlässig.
3. Die Aschen sind dauernden und umfangreichen Windtransporten ausgesetzt.

Im Vergleich mit diesen die Ökogenese stark hemmenden Faktoren, spielt die Restwärme in den Laven nur in begrenzten Oberflächenbereichen eine nennenswerte Rolle.

Die ersten dauerhaften und hinreichend feuchten Substrate entstehen dort, wo postvulkanische Dämpfe mit Temperaturen unter 70° permanent zu Tage treten. Diese Orte liegen entweder im Bereich junger Kleinkrater oder im Hangwinkel am Fuße der Aschehänge über Randspalten der sich kontrahierenden Laven. Der Dampf kondensiert bevorzugt an Feinfraktionen im Winde driftender Asche u. fällt sie aus. So entstehen dauerfeuchte Substrate, die bevorzugt von wenigstens zeitweilig aktiv beweglichen Algen (besonders Hormogonale und Diatomeen) besiedelt werden.

An den gleichen Orten bevorzugter Ökogenese siedeln sich auch Laubmoose an (bisher etwa 8 Arten, meist Ubiquisten). Die Bindung der frühen Ökogenese an Orte postvulkanischer Dampfaustritte war im Sommer 1968 unübersehbar deutlich, ein Jahr später jedoch nicht mehr sicher erkennbar, da sich die besiedelten Flächen von diesen ersten Oasen aus um ein Vielfaches (vielleicht auf das 20- bis 50-fache) ausgebreitet haben.

Erst im Sommer 1969 deutet sich ein zweiter, nicht thermaler Typ von Bodenvorstufen an: Durch abfließende Niederschlagswasser sortierte und ausgeschwemmte Feinfraktionen treten stellenweise am Fuß der Aschehänge zu Tage und können hier vorübergehend Regenfützen anstauen. Auf diesen langfristig feuchten Flächen (in der Nähe postvulkanischer Dampfaustritte) findet sich schon bald nach ihrem Entstehen eine artenreiche Besiedlung ein, die nach bisherigen Befunden ähnlich zusammengesetzt ist wie die schon erwähnten Assoziationen.

Das Verhalten von Schimmelpilzen in Böden.

Der Einfluß von Witterung, Feuchtlagerung und Trocknung auf Pilze und Keimzahlen

von A. von Klopotek *)

In den Jahren 1966 und 1967 wurden 3 verschiedene Böden auf ihren Gehalt an Schimmelpilzen untersucht. Die Untersuchungen wurden während der 2 Jahre im Abstand von jeweils 4 Wochen durchgeführt. Die Böden waren einerseits im Freiland gelagert und den Witterungseinflüssen ausgesetzt, andererseits wurden sie im Labor bei konstanter Temperatur (20 °C) und Feuchtigkeit gehalten, als dritte Variante lufttrocken im Labor aufbewahrt.

Die Keimzählungen erfolgten nach dem Koch'schen Plattengußverfahren. Es wurde darauf geachtet, daß die Untersuchungen unter gleichbleibenden Bedingungen im gleichen Laboratorium durchgeführt wurden.

Bei den ausgewählten Böden handelt es sich um einen Lößlehm aus der Umgebung von Göttingen, einen Lehm Boden aus der Umgebung von Gießen und einen Tonchieferboden aus der Umgebung von Gladenbach.

Die drei Böden hatten unterschiedliche Pilzgehalte. Lehm Boden hatte die höchste Zahl an Keimen und Arten, es folgte Göttinger Lößlehm und Tonchieferboden mit den niedrigsten Zahlen. Von den 97 registrierten Arten waren 29 in allen drei Böden vertreten, aber die Häufigkeit ihres Auftretens war unterschiedlich. Diese Befunde blieben konstant während der gesamten Beobachtungszeit in allen Varianten. Die Keimzahlen zeigten von Probenahme zu Probenahme starke Schwankungen, hielten sich aber sowohl in der Freiland- als auch in der Labor-feuchten Variante auf gleicher Höhe, während in den lufttrockenen Proben die Keimzahlen schon im ersten Beobachtungsjahr stark abnahmen. In den Freilandvarianten war ein Einfluß der Jahreszeit mit ihren wechselnden Temperaturen und stark differierenden Wassergehalten nicht zu erkennen. Es ist anzunehmen, daß die in anderen Untersuchungen gefundenen Früh-

*) Institut für landw. Mikrobiologie, 63 Gießen,
Landgraf Philipp-Platz 4

jahrs-Herbstmaxima und Sommer-Winterminima mehr durch die Vegetation als durch Temperatur und Wassergehalt verursacht werden.

Von besonderem Interesse war die Tatsache, daß bei Trockenlagerung die Keimzahlen stark abnahmen und auch in den Freiland-Varianten bei starker Austrocknung der Böden in den Sommermonaten die Keimzahlen nicht anstiegen. Diese Beobachtung widerspricht der oft vertretenen Meinung, daß Pilze auf Austrocknung mit starker Versporung reagieren, und die Keimzählung nach Koch, die vorwiegend Sporen erfaßt, daher zu hohe Keimzahlen ergibt. Bei Feuchtlagerung trat keine Abnahme der Pilzkeime auf - es kann gesagt werden, daß die Keimkraft der Pilzsporen bei feuchter Lagerung länger erhalten bleibt als bei Trockenlagerung. Bei Trocknung ging nicht nur die Gesamtzahl der Pilze, sondern auch die relative Häufigkeit vieler Arten zurück.

Eine Ausnahme bildete z. B. Aleurisma, die im Lehm Boden bei Trocknung stark zunahm. Auch andere Arten verhielten sich in den einzelnen Böden unterschiedlich.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das Auftreten von Pilzen stark vom Boden beeinflußt wird, daß Witterungseinflüsse nicht zu einem Jahresrhythmus geführt haben, und daß bei Trockenlagerung die Pilzkeimzahlen abnahmen.

Die Bildung von stickstoffhaltigen Phenolpolymerisaten in den
Zellen niederer Pilze

von K. Haider und J. P. Martin *)

Die Kolonien verschiedener Bodenpilze können verschieden gefärbt sein. Dabei können die Farbstoffe entweder in bestimmten Kolonieteilen oder im umgebenden Medium vorliegen. Es ließ sich bisher eine größere Anzahl verschiedener Pilzfarbstoffe isolieren und identifizieren, die die roten, grünen, gelben oder blauen Färbungen verursachen. Meistens handelt es sich dabei um einfache oder kondensierte Aromaten mit Chinoncharakter. Demgegenüber sind die braunen und schwarzen Verfärbungen meist von polymeren Substanzen verursacht und sind dementsprechend weniger gut definiert. Man hat dafür den Ausdruck "Pilzmelanine" gewählt, d. h. irreguläre chinoide Polymere, die mit Zellmaterial verbunden sein können. Im Gegensatz zu den tierischen Melaninen sind diese Pigmente keine Polymeren des 5,6-Dihydroxyindols, das durch Umwandlung von Tyrosin entsteht. Untersuchungen von NICOLAUS, PIATELLI und FATORUSSO (1964) befassen sich mit den Unterschieden der pflanzlichen Melanine (auch Pilmelanine) zu den tierischen Melaninen. Mit Hilfe der Alkalischemelze erhielten die Autoren nur aus tierischen Melaninen Indolkörper, während aus pflanzlichen Melaninen Brenzcatechin, Protocatechusäure, Mellitsäure, 1,2-Dihydroxynaphthalin und andere Verbindungen nachweisbar waren.

LOVIAGINA, SHIVRINA und PLATONOVA (1960) stellen in den Fruchtkörpern von Innonotus obliqua eine hochpolymere Substanz, das "Chagi" fest. Durch Heißwasserextraktion isolieren sie eine huminsäureähnliche Substanz mit kolloidalem phenolischem Charakter. BU LOCK (1967) beschreibt ähnliche Substanzen in den Fruchtkörpern von Polyporus hispidus, aus denen er durch reduktive Spaltung mit Natriumamalgam oder anderen Abbaumethoden Phenole

*) Institut für Biochemie des Bodens der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode
Agricultural Department of the University of California,
Riverside USA

des Lignintyps isolieren kann. Er schließt weiterhin, daß das Lignin der Gestpflanzen teilweise löslich gemacht und in die Fruchtkörper transportiert wird. Dort werden die Phenole durch eine in Fruchtkörpern reichlich vorhandene Phenoloxydase zu polymerem "Chagi" oxydiert. Weiterhin konnte aus den Fruchtkörpern auch Hispidin isoliert werden, das eine Kondensationsverbindung aus Kaffeesäure und 2 Acetatresten aus dem sekundären Pilzstoffwechsel ist.

Bei den Melaninen der mikroskopischen Bodenpilze, über die hier berichtet wird, handelt es sich um Polymere von Phenolen, die sich aus nicht-aromatischen Vorstufen, also aus Glukose oder anderen Kohlehydraten bilden. Die Bildung erfolgt dabei durch Kondensation von Acetatresten oder durch Aromatisierung der Glukose. Die Phenole sind dementsprechend vom Resorcylytyp oder leiten sich von der p-Hydroxyzimtsäure ab und werden entweder an die Nährlösung abgegeben oder verbleiben im Mycel (MARTIN, RICHARDS und HAIDER, 1967; HAIDER und MARTIN, 1967). Nach einiger Zeit lassen sich Huminsäuren aus den Lösungen fällen oder aus den Zellen durch Netronlauge extrahieren. In den Huminsäuren der Zellen sind beträchtliche Mengen des zelleigenen Stickstoffs gebunden, dies wurde anhand von Stachybotrys atra gezeigt (MARTIN und HAIDER, 1969). Etwa ein Drittel der gesamten Mycelmenge ist als Huminsäure extrahierbar und etwa 45 % des Mycelstickstoffs sind in diesen Huminstoffen festgelegt. Der hydrolysierbare α -Aminostickstoff beträgt nur etwa ein Fünftel des Gesamtstickstoffs. Aus dem jungen Mycel, das noch keine oder nur wenige Huminstoffe enthält, lassen sich durch Alkohol oder Äther Phenole extrahieren. Mengenmäßig treten dabei Orsellinsäure, Orcin, 5-Methylpyrogallöl, Gallussäure und Protocatechusäure besonders hervor. Im Ganzen sind zwischen 15 und 20 verschiedene Phenole nachweisbar. Durch reduktive Spaltung der Huminsäure lassen sich ähnliche oder gleiche Phenole freisetzen, wie sie vorher im Mycel oder in der Lösung nachgewiesen wurden. Die Huminsäuren im Mycel bilden sich erst dann, wenn durch Autolyse des Proteins Ammoniak freigesetzt wird und der pH-Wert in den alkalischen Bereich steigt. Es ist nicht möglich, Phenoloxidasen in den Zellen oder im Nährmedium

nachzuweisen, daher verläuft die Polymerisation dieser Phenole wahrscheinlich über einen Autoxydationsmechanismus, was sich anhand von Modelluntersuchungen zeigen ließ. Weiterhin war es möglich, durch Zusatz von markierten Phenolen den Einbau der Radioaktivität in die Zellhuminsäuren nachzuweisen.

Nicht nur die aus den Zellen isolierten Huminstoffe, sondern die gesamten Zellen sind durch die dunkelgefärbten Stoffe gegen einen Abbau durch andere Mikroorganismen geschützt. Nach den Arbeiten von BLOOMFIELD und ALEXANDER (1966); KUO und ALEXANDER (1967) sowie POTGIETER und ALEXANDER (1966) ist diese Widerstandsfähigkeit gegenüber mikrobiellem oder enzymatischem Angriff mit der Bildung und Einlagerung der Melanine verknüpft. So sind z.B. die Zellmembranen von dunkelgefärbten Aspergillus- oder Rhizoctonia-Arten sehr widerstandsfähig gegen den Abbau durch Chitinase oder Glucanase oder gegen die Lysis durch andere Mikroorganismen; hyaline Zellmembranen lösen sich hingegen rasch auf.

Nicht nur die durch die Pilze synthetisierten Phenole, sondern auch zugesetzte Phenole, besonders Spaltstücke des Lignins, werden in die Polymerisate eingebaut. Auch Lignin selbst wird teilweise abgebaut und entweder in Form von Spaltstücken oder als größere polymere Einheiten in die Huminsäuren eingebaut (MARTIN und HAIDER, 1969; HAIDER und DOMSCH, 1969).

LITERATUR

- | | |
|--|---|
| BLOOMFIELD, B.J. und
ALEXANDER, M.: | J. Bacteriol. <u>93</u> , 1276-1280 (1966) |
| BU LOCK, J.D.: | Essays in biosynthesis and microbial
Development.
Wiley and Sons, New York 1967 |
| HAIDER, K. und
MARTIN, J.P.: | Soil Sci.Soc.Amer.Proc. <u>31</u> , 766-772
(1967) |
| HAIDER, K. und
DOMSCH, K.H.: | Arch. Microbiol. <u>64</u> , 338-348 (1969) |

- KUO, M.J. und ALEXANDER, M.: J. Bacteriol. 94, 624-629 (1967)
- LOVIAGINA, E. V., SHIVRINA, A.N. und PLATONOVA, E.G.: Biokhymia 25, 640-646 (1960)
- MARTIN, J.P., RICHARDS, S.J. und HAIDER, K.: Soil Sci.Soc.Amer.Proc. 31, 657-662 (1967)
- MARTIN, J.P. und HAIDER, K.: Soil Sci. 107, 260-270 (1969)
- NICOLAUS, R.A., PIATELLI, M. und FATORUSSO, E.: Tetrahedron 20, 1163-1172 (1964)
- POTGIETER, H.J. und ALEXANDER, M.: J.Bacteriol. 91, 1526-1531 (1966)

Die Beeinflussung der Abbauintensität von Monolinuron (Aresin)
im Boden durch Zugabe verschiedener Mikroorganismen*)

von A. S ü ß **)

Zahlreiche Arbeiten beschäftigten sich in den letzten Jahren mit der Persistenz von Herbiziden im Boden und der Beeinflussung des Mikroorganismenlebens (AUDUS, BÖRNER, DOMSCH, KARG und RADEMACHER). Verschiedentlich konnte aber auch bei bestimmten Böden und Herbiziden durch eine wiederholte Applikation eine höhere Abbaurrate beobachtet werden. Die Ursache dafür dürfte in einer Anreicherung spezieller Mikroorganismen zu suchen sein.

Bei vorangegangenen Untersuchungen konnte aus Boden ein Mikroorganismenstamm der Gruppe Bacillus sphaericus isoliert werden, der Aresin an der Harnstoffgruppe angreifen kann.

Bei 2 stark unterschiedlichen Böden sollte die Frage studiert werden, ob durch eine Superinfektion die Abbauintensität von Aresin gefördert werden kann.

MATERIAL UND METHODE

Für die Abbaustudien verwendeten wir ^{14}C -markiertes Aresin, das einmal in der Harnstoffgruppe und einmal im Phenylring in C-1-Position markiert war.

Damit konnten wir Anhaltspunkte über die Nutzung der ureido-Gruppe und über den verbleibenden Phenylring gewinnen. Bei den verschiedenen Böden wurden 100 g trockener Boden mit 50 ppm markiertem Aresin versetzt (insgesamt $4.6 \mu\text{Ci}$), mit ca $2.5 \cdot 10^8$ Keimen infiziert, in Glaszylinder von 40 x 5 cm gefüllt, bei 30 %iger Wasserkapazität und 30°C gehalten und in 4facher Wiederholung angelegt.

*) Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt. Für die Versuchsdurchführung denken wir Frau Herlinde Siegmund.

**) Bayer.Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz, 8 München 38, Postfach

Pro Woche wurden die Gefäße 2 x 30 min abgesaugt, das entspricht einem 20fachen Luftwechsel. Um eine Austrocknung des Bodens zu vermeiden war die angesaugte Luft wasserdampfgesättigt.

Die abgesaugte Luft wurde gereinigt und das freigesetzte CO_2 in 10ml 1.5NaOH absorbiert. Ein aliquoter Teil (2x1ml) wurde für die Aktivitätsmessung im Flüssigkeitsszintillator verwendet, der Rest fand für die Gesamt- CO_2 -Bestimmung Verwendung. Aresin ist schwer wasserlöslich; als Lösungs- und Extraktionsmittel wird Aceton verwendet. Bei dünnenschichtchromatographischen Untersuchungen dient ein Gemisch aus Chloroform und Benzol 6 : 4 als Laufmittel.

Die verwendeten Versuchsböden werden kurz in der folgenden Tabelle charakterisiert:

	Puch	Ismaning
CaCO_3	--	mäßig vorhanden
pH (KCl)	5,5	7,2
C_t (%)	1,75	5,47
N (%)	0,185	0,566
C/N	9.5	9.7
C-HCl-löslich (%)	0.62	1.48
C-NaOH-löslich (%)	0.87	3.31
Farbwert	8.2	15.6
Farbquotient	3,5	2,9
V-Wert (%)	78.1	94.6
T-Wert (mval/100 g Bod.)	14.64	40.94
S-Wert (mval/100 g Bod.)	11.44	38.74
Tongehalt (%)	12.68	17.30
Trockendichte (g/cm^3)	1.49	1.05

ERGEBNISSE

Die Abspaltung von $^{14}\text{CO}_2$ bei Boden Puch aus der ureido-Gruppe des Aresinmoleküle wird durch die Infektion schon in der ersten Woche gegenüber der Kontrolle beachtlich erhöht.

Diese anfänglichen Unterschiede verschwinden aber im weiteren Verlaufe.

Die Aufspaltung des Phenylringes geht im Vergleich zur Spaltung der ureido-Gruppe wesentlich langsamer vor sich und erreicht beim Versuchsboden Ismaning erst nach etwa 4 Wochen Versuchsdauer das Maximum. Eine Beeinflussung durch eine ergänzende Mikroorganismenzugabe (*Micrococcus candidus*) ist dabei nicht mehr zu erkennen.

Bei den Versuchen mit dem Boden Ismaning tritt durch Zugabe von *Bacillus sphaericus* in der Abbaugeschwindigkeit durch eine Verdopplung der $^{14}\text{CO}_2$ -Produktion deutlich in Erscheinung. Durch die zusätzliche Zugabe von *Micrococcus candidus* läßt sich der Abbau noch einmal um das Doppelte steigern. Nach 4 Wochen Versuchsdauer haben sich die anfänglichen Unterschiede weitgehendst ausgeglichen.

Die Abspaltung von $^{14}\text{CO}_2$ aus dem Phenytring geht wieder wesentlich langsamer vor sich und erreicht nicht die Werte des Vergleichsbodens Puch.

Der erste Schritt bei der mikrobiellen Inaktivierung von Aresin geschieht also durch die Abspaltung der Harnstoffgruppe.

Nach den Ergebnissen von Börner und unseren Untersuchungen ergibt sich folgender grob skizzierter Abbauweg.

Aus dem Aresinmolekül werden durch CO_2 -Abspaltung aus der ureido-Gruppe p-Chlor-Anilin und weiter noch nicht bekannte Stoffwechselprodukte gebildet.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß durch eine Zugabe spezifischer aresinabbauender Mikroorganismen zu einer Bodenpopulation anfänglich eine Förderung des Abbaues eintritt. Nach etwa 4 Wochen haben sich in Laborversuchen diese Unterschiede ausgeglichen. Das heißt, daß sich in der Kontrolle durch das Vorhandensein eines geeigneten Substrates diese Spezialisten nach einer kurzen Verzögerung entwickelt haben und durchsetzen. Eine einseitige Verschiebung ist nur bis zu einem gewissen Grade in der Gesamtpopulation möglich.

Die Mikroorganismen können aber nur gewisse Gruppen am Molekül nützen, so daß beim Abbau eines Aresinmoleküls mehrere Einzelorganismen zusammenwirken müssen. Der Abbau wird umso schneller gehen, je artenreicher und mikrobiell aktiver ein Boden ist. Auf diese Art lassen sich dann auch bei falscher Anwendung, d. h. Überkonzentration von Herbiziden diese Fehler über den Boden wieder beseitigen.



Ein Beitrag zur Kenntnis der Biozönose einiger Aueböden Bayerns

von B. Dancau und J. Bauchhenß *)

Zusammen mit den zuständigen Fachkollegen der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz konnte im Jahre 1965 mit biozoologischen Untersuchungen begonnen werden. Hierzu wurden typische Bodenprofile, die darin enthaltenen Kleintiere und die Mikroflora sowie die darauf wachsende Vegetation einiger Aueböden des Isar-, Lech- und Donautales erfaßt.

Untersucht wurden Kalkaueböden (graue Kalkpaternien), grau-braune Aueböden (grau-braune Kalkpaternien), rendzinaähnliche Aueböden (Borowinen) und schwarzerdeähnliche Aueböden (Smontitzen), soweit möglich unter Wald-, Wiese- und Ackerbewirtschaftung.

In dem zweiten Untersuchungsjahr (1966) wurden in Nordbayern im Naab- und Schwarzwachtal ebenfalls typische Aueböden, diesmal saure, gesucht und beschrieben. Es handelt sich dabei um braune Aueböden (Vegas), meist 1S und eL mit A-Bv-Co bzw. A-M-Co-Profil, die überwiegend allochthon entstanden sind.

Zu den Bodenprofilen wurden überall auch die Pflanzenbestände aufgenommen. Die Auswertung der Unterlagen ergibt, daß die Auewälder auf graue Paternien zu den Assoziationen *Alnetum incanae* und *Fraxino-Ulmetum* gehören. Bei den graubraunen und schwarzerdeähnlichen Aueböden handelt es sich bereits um das *Ulmo-Carpinetum*. Borowina-Standorte im Lechtal zeigen oft Fichtenforste an. Einzelne Arten, insbesondere *Potentilla alba* lassen jedoch darauf schließen, daß ursprünglich hier ein *Potentillo-Quercetum* stand.

Die Artenzusammensetzung der Wiesen entspricht eines *Arrhenetretum medioeuropaeum* mit verschiedenen Ausbildungsformen, während die Unkrautgesellschaften der Halmfruchtäcker zum *Caucalio-Verband* gehören. Auf dem Hackfruchtfeld herrscht das *Panico-Chenopo-*

*) Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz, München 19, Menzinger Str. 54

dietum vor. Der Vergleich der Vegetationsaufnahmen aus dem Schwarzach- und Naabtal ergibt eine weitgehende Ähnlichkeit.

Die Auenwälder gehören zu einer eichenreichen Ausbildung der Schwarzerlenauen, dem Stellario-Alnetum. Abgesehen von den verschiedenen Deckungsgraden der Baumarten unterscheiden sich die beiden untersuchten Waldbestände vor allem in der Krautschicht. Diese wird im Schwarzachtal von *Carex brizoides* beherrscht, während im Naabtal *Impatiens noli tangere* dominiert.

Die Wiesen stellen wechselfeuchte Glatthaferbestände (*Arrhenatheretum medioeuropaeum alopecuretosum*) dar, die als Folge häufiger Überschwemmung nur schlecht bewirtschaftet werden können. Die untersuchte Wiese im Schwarzachtal ist feuchter als die im Naabtal und zeichnet sich gegenüber jener durch Feuchtezeiger wie *Carex gracilis*, *Lychnis flos cuculi* u.a. aus.

Die Ackeruntersuchungen ergaben die Zugehörigkeit der Halmfruchtgesellschaften zur Hohlzahn-Ackerfrauenmantelflur, dem Galeopsido-Alchemilletum. Eine größere Bodenfeuchtigkeit des Ackers bei Schwarzach gibt sich durch das Auftreten der *Juncus bufonius*-Gruppe zu erkennen. Im Naabtal wurden Arten dieser Gruppe nicht angetroffen. Die zum Galeopsido-Alchemilletum korrespondierende Hackfruchtgesellschaft auf dem genannten Kartoffelacker im Naabtal ist die Hohlzahn-Gänsefußflur, das Galeopsido-Chenopodietum.

Ebenso wie bei der Pflanzensoziologie ist das Ziel der bodenzologischen Untersuchungen charakteristische Tiergesellschaften bestimmter Bodenbiotope zu finden, die zur Beurteilung des Standortes beitragen können. Schon allein die Betrachtung der Collembolen- und Oribatidenfauna zeigt beachtliche Differenzierungen an:

1. Die Tiefenverteilung

Die Besiedlung geht im allgemeinen bis zu einer Tiefe von einem halben Meter. Einzelne Tiere sind bis in 1,20 m Tiefe zu finden. Der weitaus größte Teil der in den tieferen, humuslosen Schichten gefundenen Tiere rekrutiert sich aus Arten, die in den oberen, humosen Schichten zahlenmäßig stark vertreten sind. Einzelne Arten

kommen vorzugsweise in den tieferliegenden, humuslosen Schichten vor, bzw. sind ausschließlich in diesen Schichten zu finden.

Auch in der humosen Schicht zeigen sich Unterschiede der Arten- und Individuenverteilung je nach Bodentiefe.

In den untersuchten Wald- und Wiesenböden ist während des ganzen Jahres die größte Arten- und Individuendichte in der obersten Schicht von 0 - 10 cm Tiefe festzustellen. Ackerböden zeigen nur in der wärmeren Jahreszeit in dieser obersten Schicht den größten Tierbesatz; in den Wintermonaten ist dort in der nächst tieferliegenden Schicht, in 10 - 25 cm Tiefe die größte Arten- und Individuendichte zu verzeichnen.

2. Die Abhängigkeit von der Kulturform

(Insgesamt wurden 98 Collembolen- und 112 Oribatidenarten bestimmt.) In Waldböden wurden 54 Collembolen- und 82 Oribatidenarten, in Wiesenböden 61 Collembolen- und 55 Oribatidenarten und in Ackerböden 53 Collembolen- und 19 Oribatidenarten festgestellt. Waldböden weisen die höchsten, Ackerböden die geringsten Gesamtartenzahlen auf. Während in Waldböden die meisten Oribatidenarten vertreten sind, sind in Ackerböden die Collembolenarten am häufigsten. Wiesenböden nehmen eine Mittelstellung ein.

3. Die Abhängigkeit von Bodenreaktion und Bodentyp

Die alkalischen Böden zeigen gegen die saueren Vega-Böden den geringeren Artbesatz. Die saueren Böden beherbergen sehr viele spezielle Oribatidenarten, dafür aber nur wenige spezielle Collembolenarten. Die alkalischen Böden weisen sehr viele spezielle Collembolenarten auf. Die Zahl der speziellen Oribatidenarten ist hier dagegen gering. Die Gesamtartenzahl sinkt von Vega-Böden zu Paternien zu Borowinen zu Smönitzen.

4. Differentialartengruppen der einzelnen Bodentypen und Kulturformen

7 Collembolenarten sind als euryök auszugliedern.

Differentialartengruppe der saueren Böden: 5 Oribatiden- und 2 Collembolenarten.

Differentialartengruppe der alkalischen Böden: Ausschließlich
6 Collembolenarten.

Differentialarten der Wald- und Wiesenböden: Saure Vega-Böden:
8 Oribatiden- und 1 Collembolenart; Vega-Böden, Paternien und
Borowinen: 4 Oribatidenarten;

In allen Bodentypen: 4 Collembolenarten; Paternien und Borowinen:
2 Oribatidenarten.

Differentialarten der Wald- und Ackerböden: Vega-Böden:
1 Oribatiden- und 1 Collembolenart; Paternien, Borowinen und
Smonitzen: 3 Collembolenarten.

Differentialarten der Wiesen- und Ackerböden: In Vega-Böden:
1 Oribatiden- und 2 Collembolenarten; In allen Bodentypen
(ausgenommen Paternie-Äcker) 2 Collembolenarten.

Differentialarten der Waldböden: Vega-Böden: 5 Oribatidenarten;
Vega-Böden und Paternien: 2 Oribatidenarten; In allen Bodentypen:
3 Oribatiden- und eine Collembolenart.

Differentialarten der Wiesenböden: Vega-Böden: 7 Oribatiden- und
3 Collembolenarten; Vega-Böden, Paternien und Borowinen: 1 Oriba-
tidenart; In allen Bodentypen: 4 Collembolenarten; Paternien,
Borowinen und Smonitzen: 1 Collembolenart.

Differentialarten der Ackerböden: Vega-Böden: 1 Collembolenart;
In allen Bodentypen: 4 Collembolenarten.

Über diese Differenzierungen hinaus zeigen auch die einzelnen
Standorte, wie dies auch pflanzensoziologisch gezeigt wurde,
Eigencharakter, gekennzeichnet durch nur dort dominant auftre-
tende Arten und durch Arten, die ausschließlich dort gefunden
wurden. Nach weiteren Untersuchungen können sich hier Charakter-
arten herauskristallisieren.

Zusammenfassend kann festgestellt werden:

Sauere und alkalische Böden zeigen eine verschiedene Collembolen- und Oribatidenfauna. Paternien sind den saueren Vega-Böden am ähnlichsten; Vega-Böden und Smonitzen differieren am meisten. Die alkalischen Böden (Paternien, Borowinen und Smonitzen) weisen wenige eigene Differentialartengruppen auf. Deutlich zeichnen sie sich durch Fehlen von für Vega-Böden typischen Differentialartengruppen aus.

Deutlich ist die Gliederung nach der Kulturform. Waldböden zeigen die meisten, Ackerböden die wenigsten Differentialarten. Wiesenböden nehmen eine Mittelstellung ein. Die Böden dieser drei Kulturformen sind aber durch Differentialartengruppen gut charakterisiert. Die Differentialarten der Waldböden sind meist Oribatiden, die der Ackerböden meist Collembolen. Die Collembolen weisen eine breitere ökologische Valenz als die Oribatiden auf.



Die Sukzession der Bodenfauna (Carabiden [Coleoptera], Diplopoden und Isopoden) in den Aufforstungen des Rheinischen Braunkohlenreviers

von U. Neumann *)

Auf dem westlich von Köln liegenden Höhenzug der Ville liegt das Hauptabbaugebiet des Rheinischen Braunkohlenreviers. Die vom Kohlenabbau zurückgelassenen Flächen, die vor dem mit Wäldern bestockt waren, werden wieder aufgeforstet. Schwarzpappelhybriden und Schwarzerlen haben sich als günstige Pionierholzarten erwiesen.

Die Untersuchung der Sukzession der Bodenfauna sollte zeigen, ob die zukünftigen Wälder von schlechterer, gleicher oder gar besserer Qualität sein würden. Ausgewählt wurden die Carabiden, Diplopoden und Isopoden. Carabiden sind von Bedeutung als Helfer in der Bekämpfung schädlicher Insekten; außerdem zeigt die Sukzession der Carabiden als hochempfindlichen Tieren die Änderungen der Standortbedingungen und die Faktoren, von denen eine Wiederbesiedlung abhängt, besonders deutlich. Diplopoden und Isopoden sind Primärersetzer (THIELE, 1964).

Die Sukzession wurde mit Hilfe der Barberfallenfangmethode verfolgt. Das Alter der untersuchten Kippen und Aufforstungen war 1 bis 28 Jahre. Zwei ursprüngliche Waldflächen dienten als Vergleichsstandorte.

Der Verlauf der Sukzession ist bei den 3 Gruppen verschieden. Bei den Carabiden kommt es auf den Kippen und in den jungen Rekultivierungen zur Entwicklung einer ausgeprägten Pioniergesellschaft. Diese ist sowohl durch einen außerordentlichen Arten- als auch Individuenreichtum gekennzeichnet. Nach Wandlung der jungen Anpflanzungen in waldartige Standorte (Alter 10 Jahre) geht diese Pioniergesellschaft zurück und wird von einer Übergangsgesellschaft (Waldpioniergesellschaft) abgelöst, die verhältnismäßig lange

*) Zoologisches Institut der Universität, 3. Lehrstuhl,
5 Köln-Lindenthal, Weyertal 119

erhalten bleibt. Je nach Entfernung der Standorte vom natürlichen Wald (naturnaher Wirtschaftswald) erfolgt die Einwanderung der Waldcarabidenfauna früher oder später. Waldcarabiden sind im Gegensatz zu den Arten der Pioniergesellschaften meist nicht flugfähig, so daß die Besiedlung eines Standortes durch Waldarten von dessen Lage zum natürlichen Wald abhängt. Die eigentlichen Waldcarabiden wie *Abax ater* VILL., *A. parallelus* DFT., *Carabus nemoralis* MÜLL. u.a. werden erst in 25- bis 30jährigen Aufforstungen angetroffen, die nicht weiter als 1 km vom ursprünglichen Wirtschaftswald entfernt sind und an diesen über ältere Aufforstungen Anschluß haben.

Eine Pioniergesellschaft tritt bei den Diplopoden nicht auf. Vielmehr erscheinen mit dem zunehmenden Alter der Aufforstung sukzessiv neue Arten. Die Vielzahl der Arten vermindert sich in den Naturwäldern.

Nur zwei Isopodenarten (*Trachelipus rathkei* BRDT., *Armadillidium vulgare* LATR.) besiedeln die jungen und auch waldartigen naturwaldfernen Aufforstungen (*Porcellio scaber* LATR. als dritte Art ist nur vereinzelt in wenigen Standorten vertreten). Erst in den naturwaldnahen waldartigen Aufforstungen nimmt die Artenzahl zu.

Ursache für das Fehlen einer Pioniergesellschaft der Diplopoden und Isopoden ist die Tatsache, daß bei diesen Gruppen im Untersuchungsgebiet keine eigentlichen Freilandarten vorkommen. Die Freilandarten treten gleichermaßen in Aufforstungen auf. Die im Vergleich zu den Naturwäldern höhere Arten- und Individuenzahl der Diplopoden und Isopoden in den naturwaldnahen älteren Aufforstungen ist bedingt durch ein reicheres Nahrungsangebot für diese Tiere in den Aufforstungen. Die Bodenstreu der Pappal- und Erlen-aufforstungen wird der Streu eines Buchenwaldes (ursprünglicher Wirtschaftswald) vorgezogen (DUNGER, 1958). Ein Überleben und eine Entwicklung der eingewanderten Bodenfauna ist also abhängig von einem entsprechenden Nahrungsangebot. Die Voraussetzung aber für eine Einwanderung von Bodentieren bildet ein geeignetes Mikro-

Klima. Kippenflächen und junge Rekultivierungen besitzen ein extremes Mikroklima; ein waldartiges Klima kann schon in 11-jährigen Aufforstungen erreicht sein; 30-jährige Aufforstungen zeigen Werte, wie sie in einem Eichen-Hainbuchenwald herrschen.

Das Mikroklima befähigt die Bodenfauna, in einen Bestand einzuwandern; das Nahrungsangebot garantiert deren Fortleben. Trotzdem wird aber die Bodenfauna kaum einwandern, wenn ein Standort zu weit von einem ursprünglichen Wald entfernt ist. Hier muß der Mensch dafür sorgen, die Tiere in den neuen geeigneten Bestand zu bringen. Am besten geschieht dies durch Transport von Walderde aus einem günstigen Bestand mit reicher Bodenfauna in den neuen Bestand hinein. Von den Stellen des Erdauftrags würde sich dann die Bodenfauna sicherlich schnell über den neuen Bestand ausbreiten.

Bei Schaffung günstiger Voraussetzungen für eine Wiederbesiedlung durch die Bodenfauna dürfte sich durchaus ein Waldstandort entwickeln, der dem ursprünglichen gleicht, wenn nicht übertrifft.

LITERATUR

- DUNGER, W. 1958. Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald. Zool. Jb. (Syst.) 86: 129-180.
- THIELE, H.U. 1964. Bodentiere und Bodenfruchtbarkeit. Naturwiss. Rundschau 17: 224-230.



Zur Besiedlung salzbeeinflusster Torfstandorte durch Coleopteren

von D. Mossakowski *)

Sowohl die salzhaltigen als auch die torfigen Böden stellen für die terrestrische Fauna Extrembiotope dar, deren Besiedlung durch spezifische Arten die Frage aufwirft, wie diese Korrelation der Verteilungen kausal zustande kommt. In den salzbeeinflussten Torfstandorten treffen die Faktoren bzw. die Faktorenkomplexe Salz und Torf zusammen, ein Vergleich mit anderen Faktorenkombinationen ergibt die Möglichkeit, Hinweise auf die verteilungsregulierenden Faktoren zu bekommen.

Begrifflich müssen unterschieden werden: 1. die Korrelation der Verteilung von Standortfaktor und bestimmten Käferarten (topographisch halobiont usw.) und 2. die funktionelle Beziehung zwischen ihnen, die direkt oder indirekt bewirkt sein kann.

Eine direkte Bindung an den Salzgehalt (Kochsalz) ist unter den terrestrischen Arthropoden bei Milben und Fliegen bekannt (REMMERT 1955, 1956; NEMENZ 1960). Indirekte Bindung ist möglich durch abiotische Faktoren (z.B. spezifische Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse der Salzböden, vgl. HEYDEMANN 1958) und solche biotischer Art (Konkurrenz; z. B. Verteilung von Litoral-milben, vgl. SCHUSTER 1965).

Bei terrestrischen Käfern ist eine Präferenz salzhaltiger Substrate im Experiment lange Zeit bekannt (Bro Larsen), eine direkte Bindung an Kochsalz nicht erwiesen. Neuere Untersuchungen über die Osmoregulation z. B. von Dichirotrichus pubescens (HEYDEMANN 1968) zeigen, daß dieser Carabide eine gewisse Fähigkeit zur Regulation des Innenmediums besitzt. Auch eine nachgewiesene Regulationsfähigkeit ist aber allein noch keine Erklärung für die Bindung an Salzstandorte. Die Deutung der Biotopbindung der moor- bzw. torfgebundenen Arten ist unzureichend (MOSSAKOWSKI 1970 a), die folgenden Befunde zeigen die Richtung zukünftiger experimenteller Analysen an.

*) Zoologisches Institut, 23 Kiel, Hegewischstr. 3

Folgende Lokalitäten wurden untersucht: 1. Salzstelle im Brenner Moor bei Bad Oldesloe (Niedermoorort, Salz am Heng und im t ebenen Moor austretend, pH = 7,3; Salzgehalt 18 - 23 %, Salzvegetation) und 2. Sehestedter Außendeichemoor im Jadebusen (Hochmoorkomplex vor dem Deich, bei Sturmfluten aufschwimmend und daher nicht überflutet; Salzwassereinfluß durch Gischt, ziemlich intakte Hochmoorflora).

Verglichen wurde außerdem mit den quantitativen Untersuchungen der Salzwiesen an der Nordseeküste (HEYDEMANN 1964), des Botsandes (Salzwiesen auf Torf an der Ostsee, SCHAEFER 1969), den Angaben und eigenen Beobachtungen anderer Salzstellen des Binnenlandes und meinen Befunden über Moor- und Heidestandorte (weitere Angaben s. MOSSAKOWSKI, 1970 b).

Die Arten- und Individuendichte der salzbeeinflussten Torfstandorte ist wesentlich niedriger als die der verglichenen Biotope. Eine Anzahl topographisch halobionter und halophiler Käferarten besiedeln solche Standorte, sofern nicht zu lange dauernde Aus-süßungen auftreten. Diese Salzarten treten im Brenner Moor nur in subdominanter Position auf, keine Art erreicht eine derart dominierende Stellung im Ökosystem, wie das im Bereich der Salzwiesen der Nordseeküste der Fall ist. Im Sehestedter Außendeichemoor ist der Anteil der Salzkäfer noch viel geringer, sie treten mengenmäßig ganz zurück.

Die hygrophilen Arten sind an beiden Standorten reich vertreten, die moor- und torfgebundenen Käfer fehlen dagegen beiden völlig, was besonders im Sehestedter Moor überrascht.

Die kontinentale Herkunft der Salzkäfer (HORION 1959) legt klimatische Ursachen der Bindung nahe. Die mit klimatischen Bedingungen korrelierte Relation von Frühjahrsbrütern zu Herbstbrütern bei Carebiden liefert nach dem vorliegenden Material keine weitere Stütze für diese These.

Das produzierte Gewicht erreicht weniger als ein Gramm pro Jahr.

Die salzbeeinflußten Torfstandorte sind durch das Zusammentreffen zweier extremer Faktorenkomplexe gekennzeichnet. Die Käferfauna ist arten- und individuenmäßig reduziert, die Biomasse äußerst gering. Die Charakterarten (Coleopteren) der Hochmoore sind noch empfindlicher gegen den Salzeinfluß, als die als salzfeindlich geltenden Sphagnum-Arten. Der Chemismus muß für die Erklärung der Hochmoorbildung stärker berücksichtigt werden.

LITERATUR

- HEYDEMANN, B., 1964, Zool.Anz. 172: 49 - 86
- HEYDEMANN, B., 1968, Zool.Anz. Suppl. 31: 256 - 309
- HORION, A., 1959, Wiss.Z.Univ.Halle Math.-Nat. 8:
549 - 556
- MOSSAKOWSKI, D., 1970a, Z.wiss.Zool. (im Druck)
- MOSSAKOWSKI, D., 1970b, Verh.V.Naturwiss.Heimatsforsch. Hamburg
(im Druck)
- NEMENZ, H., 1960, Sitz.ber.Österr.Akad.Wiss.Math.-nat.
169: 17-41
- REMMERT, H., 1955, Zool.Jb.Syst. 83: 454 - 474
- REMMERT, H., 1956, Z.Morph.Ökol.Tiere 45: 146 - 156
- SCHAEFER, M., 1969, Dissertation Kiel
- SCHUSTER, R., 1965, Zool.Anz.Suppl. 28: 492 - 521



Beziehungen zwischen Nährstoffgehalt in Böden und Pflanzen

von P. Schechtschabel *)

Als Maß für den Nährstoffversorgungsgrad der Böden kann der Feldversuch oder der Nährstoffgehalt der Pflanzen dienen. Wenn die Nährstoffanreicherung in den Böden bereits ein hohes Ausmaß angenommen hat, wie dies z. B. bei niedersächsischen Böden der Fall ist, hat die Pflanzenanalyse größere Vorteile. Aus diesem Grunde wurden bei Lößböden (Typ der Schwarzerden und Parabraunerden) und bei pleistozänen Sandböden Erhebungsuntersuchungen mit Hafer als Versuchspflanze durchgeführt. Die Entnahme der Haferpflanzen erfolgte von einer Fläche von 100 cm² zur Zeit des Ährenschiebens, von der gleichen Stelle wurde außerdem eine Bodenprobe entnommen. Die Böden wurden nach verschiedenen Methoden untersucht.

Der K - G e h a l t der Haferpflanzen lag bei allen Böden mit wenigen Ausnahmen über 1,6 % K. Zwischen dem K-Gehalt des Hafers und dem K-Gehalt der Böden nach den verschiedenen Methoden (DL, AL, HCl) wurde bei Lößböden ein Bestimmtheitsmaß B von 50 % berechnet. Ein Einfluß von pH, Ton und organischer Substanz war nach den partiellen Korrelationsberechnungen nicht festzustellen. Auch durch Einbeziehung der K-Löslichkeit in heißer Salzsäure (50°C) sowie der Höhe der nassen K-Fixierung wurde B nicht verbessert. Die Beziehungen waren im Jahre 1967 enger als in dem nasserem Jahre 1968.

Zwischen dem P - G e h a l t der Haferpflanzen und dem P-Gehalt der Böden war B bei Anwendung der Wassermethode (Böden mit dest. Wasser im Gewichtsverhältnis 1:50, 1 h geschüttelt) sowohl bei Sand- als auch Lößböden höher (40-50 %) als bei Anwendung der Lactatmethoden. Im Jahre 1968 war es dagegen bei den Lößböden

*) Institut für Bodenkunde TU Hannover,
Hannover-Herrenhausen, Herrenhäuser Str. 2

umgekehrt (bei den Sandböden war B gleich), B nach der Wassermethode = 3 %, nach der DL-Methode=25 %. Ein Einfluß von pH, Ton und organischer Substanz auf die Höhe von B war nicht vorhanden.

Zwischen dem Mg - G e h a l t der Haferpflanzen und dem Mg-Gehalt der Böden wurden die engsten Beziehungen (B = 25-35 %) bei der CaCl_2 -Methode festgestellt, ähnliche B-Werte liefert die in den Niederlanden angewandte NaCl-Methode, niedrigere Werte die Extraktion mit 0,1 n HCl.

Die Mn - und Zn - G e h a l t e der Haferpflanzen lagen bei den Lößböden niedriger als bei den Sandböden (pH-Einfluß, höheres pH der Lößböden) bei den Cu-Gehalten war es umgekehrt.

Eine Erhöhung des Bestimmtheitsmaßes wurde dadurch erreicht, daß der N-Gehalt der Haferpflanzen konstant gehalten wurde.

Veränderungen des Stickstoff-Angebotes im Boden einer Obstanlage
durch Witterung und Bewirtschaftung

von F. Weller *)

Um einen Einblick in die Kausalbeziehungen zwischen Witterung, Bodenpflege und Leistung der Obstbäume zu bekommen, wird auf dem im nordöstlichen Bodenseegebiet gelegenen Versuchsgelände der Außenstelle Bavendorf des Instituts für Obstbau und Gemüsebau der Universität Hohenheim in einem Bodenpflegeversuch zu Äpfeln seit Frühjahr 1964 neben anderen ökologischen Faktoren auch das Stickstoffangebot des Bodens untersucht. Die Pflanzung steht auf einer Pseudogley-Parabraunerde geringer Entkalkungstiefe aus schluffreichem Geschiebemergel der Würm-Grundmoräne. Für die Stickstoff-Untersuchungen wurden vier besonders unterschiedliche Behandlungen ausgewählt: 1. Mechanisch offen gehaltener Boden; 2. Ständige Strohbedeckung; 3. Dauerrasen gemulcht; 4. Dauerrasen genutzt. Die Stickstoffdüngung betrug einheitlich 150 kg pro Hektar und Jahr.

Der Gehalt des Bodens an Nitrat-Stickstoff wurde sowohl unmittelbar nach der Probenahme als auch nach einer anschließenden sechswöchigen Bebrütung unter Standortbedingungen bzw. parallel dazu im Labor unter konstanter Temperatur von 20°C bestimmt. Die während der Bebrütung zusätzlich akkumulierte Menge an Nitratstickstoff dient als Maß für die Nettomineralisation. Auf eine genauere Bestimmung des Ammoniumstickstoffs wurde verzichtet, da er in den untersuchten Böden in der Regel nur unmittelbar nach einer Anwendung ammoniumhaltiger Düngemittel kurzfristig in nennenswerter Menge nachzuweisen war.

Im allgemeinen zeigte die Nitratstickstoff-Nachlieferung am Standort im Gegensatz zu derjenigen unter konstanter Labortemperatur einen deutlichen Jahresgang mit Maxima im Sommer und Minima im

*) Dr. F. Weller, Forschungsstelle für Standortekunde am Inst.f. Obstbau und Gemüsebau d.Univ.Hohenheim, 7981 Bavendorf, Schuhmacherhof

Winter. Innerhalb des der Temperatur folgenden Jahresganges traten zusätzlich kleinere oder größere Schwankungen auf. Diese ließen während des Sommers eine enge Beziehung zum Wasserhaushalt erkennen. Meist stieg mit zunehmendem Wassergehalt des Bodens auch die Menge des akkumulierten Nitratstickstoffs an, doch ergaben sich teilweise auch negative Beziehungen, insbesondere in niederschlagsreichen Sommern unter den schlechten Durchlüftungsbedingungen der Strohmulch-Parzellen.

Der momentane Nitratstickstoff-Gehalt bei der Probenahme erreichte in trockenen Sommern weitaus höhere Werte als in feuchten Sommern. Auch in ergänzenden Untersuchungen, in denen die Niederschläge künstlich durch eine Bedeckung des Bodens mit Plastikfolien abgehalten worden waren, zeigte sich mit zunehmender Austrocknung ein auffallendes Ansteigen des Nitratstickstoff-Gehaltes trotz gedrosselter Akkumulation. Diese Nitratvorräte dürften nach einer Wiederbefeuchtung des Bodens wie eine plötzliche hohe Spätdüngung wirken.

Durch die mineralische Stickstoffdüngung wurde der Nitratstickstoff-Gehalt des Bodens, namentlich in den obersten 5 cm, vorübergehend stark erhöht. Schon nach wenigen Wochen waren die Werte wieder auf das ursprüngliche Niveau abgesunken. Im Gegensatz zu den Düngungsterminen ließ sich bei den einzelnen Mulchterminen weder zum momentanen Nitratstickstoff-Gehalt noch zur Nitratstickstoff-Akkumulation eine Beziehung feststellen. Das gleiche gilt für die Zeitpunkte der mechanischen Bearbeitung des Bodens in den offengehaltenen Parzellen.

Allgemein war eine nennenswerte Mineralstickstoffnachlieferung nur in den oberflächennahen Horizonten mit hohem Gehalt an organischer Substanz zu beobachten. Maxima von 2 - 10 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ pro 100 g Boden fanden sich selbst unter günstigen Bebrütungsverhältnissen im Labor nur innerhalb der obersten 25 cm. Schon in 50 cm Tiefe betrug die Nitratstickstoff-Akkumulation weniger als 1 mg pro 100 g Boden. Diese vertikale Abstufung war in den beiden Rasenparzellen stärker ausgeprägt als im offenen Boden und unter Strohmulch.

Meistens war die Nitratstickstoff-Akkumulation im Oberboden der beiden Rasenvarianten höher als in den rasenfreien Parzellen. Obwohl von der genutzten Rasenfläche mit dem eiweißreichen Gras

jeweils erhebliche Stickstoffmengen entnommen wurden, ergaben sich hier nur in den ersten Jahren deutlich niedrigere Akkumulationswerte als unter Mulchrasen. Dagegen lag der momentane Nitratstickstoff-Gehalt unter genutztem Rasen fast immer deutlich niedriger als unter Mulchrasen. Parallel dazu wies auch die Artenzusammensetzung des Grünlandbestandes und die Wuchs- und Ertragsleistung der Bäume auf eine schlechtere Stickstoffversorgung im genutzten Rasen hin.

Die Überlegenheit des Mulchrasens im momentanen Nitratstickstoff-Gehalt zeigte sich auf diesem humusreichen, alten Grünlandboden auch gegenüber den rasenfreien Parzellen. Ergänzende Untersuchungen in jungem Mulchrasen auf humusärmeren ehemaligen Ackerböden ergaben dagegen fast stets deutlich niedrigere Werte als in den vergleichbaren offen gehaltenen Parzellen. Die Werte für die Nitratstickstoff-Akkumulation waren jedoch auch hier unter Rasen meist höher als im offenen Boden.

Umgekehrt können sich bei Umwandlung eines alten Mulchrasens in offenen Boden die Akkumulationswerte als Folge der erhöhten Mineralisation organischer Stickstoffvorräte vorübergehend stark erhöhen. Dieser Effekt war sowohl durch Umbruch des Rasens als auch durch Anwendung von Herbiziden zu erzielen. Beide Maßnahmen führten auch zu einer vorübergehenden Erhöhung des aktuellen Nitratstickstoff-Gehaltes im Boden.

Aus den Analysenwerten wurde überschlagsmäßig die gesamte jährliche Nitratstickstoff-Nachlieferung in den obersten 15 cm des Bodens berechnet. Sie war unter Strohbedeckung und im offenen Boden am geringsten, erreichte aber auch hier mit 100 bis 210 kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$ noch eine Größenordnung, die an der Obergrenze der für produktionskräftige Laubwaldböden bekannten Werte liegt. Deutlich höhere Werte (230 bis 320 kg/ha) ergeben sich für die Rasenparzellen. Sie übersteigen auch die höchsten bisher von anderen Autoren für mitteleuropäische Verhältnisse ermittelten Werte aus gedüngten Mähwiesen.

Aus den Unterschieden in der Stickstoffnachlieferung können noch keine direkten Schlüsse auf die Verfügbarkeit des Stickstoffs für die Obstbäume gezogen werden, da in den Rasenparzellen die Konkurrenz der Gräser und Kräuter, die einen großen Teil des mineralischen Stickstoffs aufnehmen, zu berücksichtigen ist. Tatsächlich war der Blattstickstoffgehalt der Bäume in den Rasenparzellen meist niedriger als in den unbewachsenen Parzellen, am niedrigsten im genutzten Rasen.



Untersuchungen zur Bestimmung des wirksamen Anteils von Dünger-
phosphaten mit besonderer Berücksichtigung der Rohphosphate

von I. Scharafat und A. Finck *)

Der 'wirksame' P-Anteil eines Phosphatdüngers wird am besten durch den in einem bestimmten Zeitraum von den Pflanzen aufnehmbaren Phosphatanteil gekennzeichnet. Wenn sich auch der 'wirksame' Anteil am genauesten über die Phosphat-Entzüge im Freiland für jeden Boden ermitteln läßt, so ist diese Methode wegen des hohen Aufwandes beschränkt anwendbar.

Man kann den 'wirksamen' P-Anteil in Annäherung auch mit Labor-methoden auf zwei Wegen erfassen, nämlich durch chemische Extraktion des Düngers ohne Bodenkontakt und durch chemische oder biotische Extraktion nach der Umsetzung des Düngers im Boden.

Die chemische Bestimmung des 'wirksamen' P-Anteils nach der Dünger-Umwandlung im Boden kann mit den konventionellen Extraktionsmitteln der Bodenuntersuchung oder mit spezifischen Extraktionsmitteln unter Berücksichtigung der Phosphatformen des Bodens durchgeführt werden.

In dieser Arbeit wurden Boden-Dünger-Gemische nach weitgehender Umsetzung durch eine Bebrütung im Klimaschrank mit Ca-Lactat als konventionellem Extraktionsmittel sowie mit dem für leicht-mobilisierbare Al- und Fe-Phosphate spezifischen Lösungsmittel (0,01 n NaOH) extrahiert und die Ergebnisse an der Keimpflanzen-Methode (Neubauer) gemessen. Dabei hat sich 0,01 n NaOH aus folgenden Gründen für diese Frage besser bewährt als die Lactatlösung:

1. Die Gehalte an lactatlöslichen Phosphaten werden durch die Umsetzung gesenkt, wenn die Ca-Phosphate der Dünger in Al- und Fe-Phosphate übergehen. Die leicht-mobilisierbaren Al- und Fe-Phosphate werden somit von der Lactatlösung nur wenig, dagegen von alkalischem Lösungsmittel gut erfaßt. Die Verfügbarkeit dieser Phosphate wurde durch die Keimpflanzen bestätigt.

*) Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde,
23 Kiel, Olshausenstr. 40-60

2. Aus den eben genannten Gründen steigen durch die Düngung die Gehalte an lactatlöslichen Phosphaten, dagegen verhalten sich die NaOH-löslichen und keimpflanzen-extrahierbaren umgekehrt.
3. Während die Lactatlösung Rohphosphate und aufgeschlossene Phosphate unabhängig vom pH-Wert des Bodens gleich bewertet, differenziert 0,01 n NaOH die Düngerphosphate in stärkerem Maße nach ihrer Wirksamkeit.
4. Zwischen den Phosphat-Entzügen und den NaOH-löslichen Anteilen besteht im Gegensatz zu den lactatlöslichen eine positive signifikante Beziehung.

LITERATUR

- LIBISELLER, R.:** Boden-pH, Düngerphosphate und Bodenuntersuchung. Z. Pflanzenernähr.u.Bodenkde. 123, 33-47, 1969
- SCHARAFAT, I.:** Umwandlung und Verfügbarkeit von Rohphosphaten verglichen mit aufgeschlossenen Phosphaten unter kontrollierten Temperatur- und Feuchtebedingungen.
Diss., Kiel 1968
- WERNER, W.:** Kennzeichnung des pflanzenverfügbaren Phosphats nach mehrjähriger Düngung mit verschiedenen Phosphaten.
Z.Pflanzenernähr.u.Bodenkde. 122, 19-31, 1969

Zum Schwefelhaushalt schleswig-holsteinischer Böden

von H.-S. Grunwaldt und D. Schroeder *)

50 Bodenprofile mit je 2 bis 5 charakteristischen Horizonten und insgesamt 179 Einzelproben repräsentativer terrestrischer und hydromorpher Bodentypen der drei Landschaftsräume Schleswig-Holsteins - dem B r a u n e r d e gebiet des östlichen Hügellandes, dem P o d s o l gebiet der Geest und dem M a r s c h gebiet der Westküste - wurden unter ökologischen und pedologischen Gesichtspunkten auf ihren Schwefelhaushalt untersucht.

Die A n a l y s e n erstreckten sich auf die Gehalte an Gesamt-Schwefel und an verschiedenen Schwefelfractionen. Die Fraktionierung erfolgte mit spezifischen Lösungs- und Trennungsverfahren nach Oxydationsstufen und Bindungsformen, denen eine unterschiedliche Mobilität und Verfügbarkeit für die Pflanzen entspricht. Die Untersuchungen wurden durch die Bestimmung allgemeiner Bodenkennwerte ergänzt, um die Gesetzmäßigkeiten und Bestimmungsgründe der Schwefelverteilung in den verschiedenen Bodentypen und ihren Horizonten zu erfassen.

Die Untersuchungen ergaben die folgenden Ergebnisse:

Die Gesamt-Schwefelgehalte der Böden werden vorwiegend durch die Gehalte an organischer Substanz bestimmt. Modifizierend wirken die Humusform und die Gehalte an anorganischen Schwefelverbindungen, die in humusarmen, aber carbonat-, salz-, sulfid- oder maulthaltigen Horizonten dominieren.

Leicht lösliche, leicht bewegliche und leicht verfügbare Sulfate sind in größeren Mengen (> 10 ppm S) nur in den Grundwasser- und Überflutungsböden - Marschen, Auen, Gleyen, Niedermooren - enthalten. Ihre Gehalte stehen in deutlicher Beziehung zum Salzgehalt der Böden. Die Unterböden der terrestrischen Böden sind besonders arm an leicht löslichen Sulfaten.

*) Prof. Dr. Diedrich Schroeder, Dr. Hans-Siegfried Grunwaldt, Inst.f.Pflanzenern.u.Bodenkunde, 23 Kiel, Olshausenstr.40-60

Höhere Gehalte an sorbierten Sulfaten wurden nur bei tieferen pH-Werten in sesquioxidreichen Unterböden ermittelt. Aufgrund ungünstiger Begleitfaktoren ist diese Schwefelfraktion - obwohl verfügbar - nur unwesentlich an der Schwefelversorgung der Pflanzen beteiligt.

In Carbonaten eingeschlossene Sulfate wurden in Böden aus Geschiebemergel und aus carbonathaltigem Schlick gefunden. Sie werden als nachlieferbare Sulfatfraktion angesehen, dürften aber nur bei den Pararendzinen für die Schwefelversorgung der Pflanzen eine Bedeutung haben.

Von Sesquioxiden okkludierte Sulfate sind in den $B_{h,s}$ -Horizonten der Podsole, mineralische Eisen- und Aluminiumsulfate in den maibolthaltigen Schichten der Marschen enthalten. Beide Fraktionen sind immobil und nicht pflanzenverfügbar.

Sulfide konnten außer in den C_r -Horizonten der Marschen auch in geringeren Mengen in Auen, Niedermooren und Gleyen, nicht jedoch in den S-Horizonten der Pseudogleye ermittelt werden. Sie stellen ein potentielles Reservoir an pflanzenverfügbarem Schwefel dar; außerdem sind die Sulfide durch die Schwefelsäurebildung bei ihrer Oxydation für zahlreiche pedogenetische Prozesse - insbesondere in den Marschen - von besonderer Bedeutung.

Der organisch gebundene Schwefel bildet in der Regel die Hauptfraktion; sein Anteil am Gesamt-Schwefel beträgt in Unterböden im Mittel 60 %, in Oberböden 95 %. Der Quotient aus organischem Kohlenstoff und organischem Schwefel verengt sich von den Böden der Geest über die des östlichen Hügellandes bis zu denen der Marsch. Entscheidend für die Schwefelgehalte in den Pflanzen und damit auch in deren Umwandlungsprodukten im Boden sind die Sulfatgehalte in der Bodenlösung. Sie stehen im Meer-, Fluß- und Niederschlagswasser in einem Verhältnis von annähernd 500:10:1. Das C/S-Verhältnis der organischen Substanz erweitert sich entsprechend von 30 in Salzmarschen über ca. 60 in Auen, Gleyen und Niedermooren auf über 100 in sandigen Braunerden, Podsolen und Hochmooren. Bei den terrestrischen Böden erweitern sich die C/S-Quotienten mit abnehmenden Tongehalten, sinkenden pH-Werten, abnehmenden Nährstoffgehalten und steigenden Gehalten an organischer

Substanz. In gleicher Weise steigen auch die C/N- und C/P-Quotienten an. Doch erweitert sich mit zunehmend ungünstigeren Standortbedingungen der C/P-Quotient stärker als der C/N- und dieser stärker als der C/S-Quotient. Der Schwefel der organischen Substanz ist erst nach Mineralisierung pflanzenverfügbar. Das engere C/S-Verhältnis in den hydromorphen Böden (ausschl. Hochmoore) zeigt eine bessere S-Versorgung aus dieser Fraktion an.

Aus den durchgeführten Untersuchungen läßt sich für die Böden Schleswig-Holsteins ableiten, daß Marschen, Auen, Gleye und Niedermoore in der Regel sowohl hinsichtlich verfügbarer Sulfate als auch mobilisierbarer Schwefelreserven einen ausreichenden Schwefelversorgungsgrad aufweisen. In sandigen und stark durchlässigen Braunerden und Podsolen der Geest sind nur geringe Sulfatmengen pflanzenverfügbar; aufgrund des sehr weiten C/S-Quotienten der organischen Substanz ist auch nur mit einer unzureichenden Nachlieferung zu rechnen, so daß der Schwefelversorgung der Pflanzen auf diesen Standorten durch Düngungsmaßnahmen eine größere Beachtung zukommt. Die Böden des östlichen Hügellandes - lehmige Braunerden, Parabraunerden und Pararendzinen - nehmen hinsichtlich ihres Schwefelhaushaltes eine Mittelstellung ein. Insgesamt dürfte bei einem Vergleich der nichtmetallischen Hauptnährelemente Stickstoff, Phosphor und Schwefel die natürliche Versorgung mit Schwefel besonders unter ungünstigen Standortverhältnissen besser gewährleistet sein als die mit Stickstoff oder mit Phosphor.

In pedogenetischer Sicht ist eine bedeutende Mitwirkung des Schwefels bei Prozessen der Bodenentwicklung nur in den Marschen zu erwarten, deren Genese durch eine spezifische Sulfat-Carbonat-Metabolik (BRÜMMER und SCHROEDER, 1967) geprägt wird. Ähnliche, wenn auch schwächer ausgeprägte Prozesse führen im jahreszeitlichen Wechsel bei den mit carbonat- und sulfathaltigem Flußwasser überschwemmten Auen der Jungmoränenlandschaft durch Sulfid- und Schwefelsäurebildung in den Nässe- und Trockenperioden zu entsprechenden pH-Schwankungen, die in kalkhaltigen Auen eine allmähliche Carbonatauflösung bewirken könnten. Bei den übrigen

Bodentypen ist ein wesentlicher Einfluß des Schwefels auf die Pedogenese nicht zu erwarten, da bei Gleyen und Mooren Sulfide nur in geringen Mengen und in größerer Bodentiefe auftreten und Stauhorizonte der Pseudogleye sulfidfrei sind.

LITERATUR

- BRÜMMER, G. und
SCHROEDER, D. : Prozesse der Marschgenese.
Mitt. Dt. Bodenkl. Ges. 8, 247-250, 1968
- GRUNWALDT, H.-S.: Untersuchungen zum Schwefelhaushalt
schleswig-holsteinischer Böden.
Diss., Kiel 1969.

Der Ernährungszustand süddeutscher Tannenbestände (*Abies alba* Mill.)

in Abhängigkeit von den Nährelementvorräten im Boden

von K. E. Rehfuess *)

Im Schichtstufenland am oberen Neckar (1) und im Bayerischen Wald (2) wurden 15 Tannenbestände im Alter von 59-100 Jahren für ernährungskundliche Untersuchungen ausgewählt. Die Probestellen repräsentieren großflächig verbreitete Tannenstandorte mit charakteristischen Bodenformen aus meist pleistozän überprägten Trias- und Liassedimenten (1), Magmatiten und Metamorphiten (2).

- a) Im Durchschnitt zweier Untersuchungsjahre enthielten die halbjährigen Nadeln aus der Kronenspitze 1,23 - 1,49 % Stickstoff; 0,13 - 0,33 % Phosphor; 0,67 - 1,05 % Kalium und 0,45 - 1,11 % Calcium. N-Spiegelwerte unter 1,30 % und P-Konzentrationen unter 0,16 % bedeuten wahrscheinlich N- bzw. P-Mangel.
- b) Die Vorräte an Gesamtstickstoff der Probestandorte bis 1 m Tiefe variieren zwischen 3900 und 21 400 kg/ha. Die C/N-Quotienten in der organischen Auflage und im A_h schwanken von 11 bis 31. Außerdem sind in diesen Böden 2 490 - 12 020 kg/ha Gesamtphosphor, 89 - 768 t/ha Gesamtkalium und 8 - 590 t/ha Gesamtcalcium gespeichert.
- c) Die N-, P-, K- und Ca-Spiegelwerte der Probetannen variieren weitgehend unabhängig von den Nährelementvorräten ihrer Standorte. Lediglich für die K-Gehalte der Tannennadeln ergab sich eine knapp signifikante Abhängigkeit von K_t -Kapitel im 30 cm mächtigen Oberboden. Auch zwischen der Stickstoffernährung und den Kennwerten für die N-Nettomineralisation im Standardbrutversuch besteht kein Zusammenhang. Dagegen

*) Institut für Bodenkunde und Standortelehre
8 München 13, Amalienstr. 52

korreliert der N-Versorgungsgrad der Tannen verhältnismäßig
straff mit den C/N-Quotienten der FH- und A_n-Horizonte
(B = 0,38).

- d) Die Zusammenhänge zwischen dem Ernährungszustand von Wald-
beständen und den Nährelementmengen im Boden lassen sich
möglicherweise straffen, wenn man die Boden-Analysenmethoden
stärker als bislang üblich nach dem Substrat differenziert
und die Korrelationsprüfungen getrennt nach Substrattypen
durchführt. Für die einzelnen Substrattypen und Baumarten
sollten die jeweils am besten geeigneten Extraktionsverfahren
ausgewählt und die kritischen und optimalen Bereiche zur Be-
urteilung des Nährstoffzustands getrennt definiert werden. Für
Vergleiche zwischen den Substrattypen wären die ermittelten
Nährelementmengen zu relativieren, d. h. auf die spezifischen
optimalen Vorräte zu beziehen.

Eignung von Böden für den Anbau von
Citrus im Gebiet von Morphou/Zypern

von H. Lüken *)

Die Kenntnisse über die Nutzungseignung von Böden für den Anbau von Citrus sind unzulänglich. Zwar ist bekannt, daß Citruskulturen empfindlich auf ungenügende Bodendurchlüftung, auf Bodenverhärtung und auf Karbonatanreicherung reagieren, doch fehlen vielfach ausreichend genaue Bewertungsmaßstäbe. Dies gilt besonders für Gebiete mit stark wechselnden Böden und Unterschieden in den ertragsbestimmenden Bodeneigenschaften. Wechselwirkungen zwischen Bodenfaktoren, Umwelt und Bewirtschaftungsmaßnahmen haben außerdem einen entscheidenden Einfluß auf die Anbaueignung. Die hohen Investitionskosten für die Anlage von Citrusplantagen und die langsame Entwicklung bis zur vollen Ertragsleistung machen eine Standortprognose vor Neuanpflanzungen weitgehend unumgänglich.

Die Untersuchungen erstreckten sich auf die Morphou-Niederung und ihre Randzonen, dem eigentlichen Hauptanbau- und Ausdehnungsgebiet für Citrus in Zypern. Die vorherrschenden Böden sind sogenannte "Red Mediterranean Soils" (RMS) und alluviale Böden (All) verschiedener Ausbildungsformen. Zur Erfassung der Zusammenhänge zwischen Bodeneigenschaften und ihren Wirkungen auf den Pflanzenwuchs wurden profilmorphologische, chemische und physikalische Bodencharakteristiken mit wichtigen Parametern des Pflanzenwachses, wie Ertragsleistung, Kronenvolumen und Wurzelverteilung, verglichen. Die Messungen wurden auf ausgewählten Standorten mit vergleichbarem Pflanzenbestand (Valencia auf Sour Orange-Unterlage, Alter 8-10 Jahre) und ähnlicher Bewirtschaftungsweise bei unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit durchgeführt.

Einige Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengefaßt:

*) H. Lüken, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover

Tab. 1: Vergleich zwischen Wuchsleistung von Citrus, Durchwurzelungscharakteristiken und einigen wichtigen wachstumshemmenden Bodenfaktoren auf verschiedenen Standorten

Boden	Profil No.	Kronenvolumen m ³	Baumproduktivitätsklasse ¹⁾	Wachstumshemmende Bodenfaktoren	Durchwurzelungscharakteristiken
RMS	3c	nicht bestimmt	nicht bestimmt	Kalkkruste bei 5 dm Tiefe	begrenzte Tiefe, gleichmäßige Verteilung
	61	9,13	5	harter Bt ₂ bei 6 dm, Kies bei 10 dm	relativ hoher Anteil an Flachwurzeln
	4	9,54	5	begrenztes Grobporenvolumen (> 50 /u) unterhalb 4 dm	relativ hoher Anteil an Flachwurzeln, wenige Tiefwurzeln
	11	9,88	5	begrenztes Grobporenvolumen unterhalb 4 dm, Kies bei 9 dm	relativ hoher Anteil an Flachwurzeln
	70	9,94	5	stark karbonathaltige Schicht bei 5 dm Tiefe	relativ hoher Anteil an Flachwurzeln
	6	13,49	4	keine besonderen Merkmale	zur Tiefe allmähliche Abnahme
	5	14,73	3	keine besonderen Merkmale	zur Tiefe allmähliche Abnahme
All	71	10,31	5	Staunässe, bei Austrocknung sehr starke Verhärtung des Bodens	wenige Flachwurzeln, unterhalb 6 dm Tiefe Absterben der Wurzeln.

1) 1 = sehr hoch (aufgestellt nach der Häufigkeitsverteilung aller gemessenen Werte)
6 = gering

Fortsetzung Tab. 1

All	66	11.93	4	keine besonderen Merkmale (hohe makrobiol. Tätigkeit erkennbar)	zahlreiche Flach- und Tiefwurzeln, zur Tiefe allmähliche Abnahme
	37	14.78	3	stark karbonathaltige Schicht bei 8 dm Tiefe	zur Tiefe allmähliche Abnahme
	57	21.53	1	Abnahme des Grobporenvolumens zwischen 4 - 10 dm Tiefe	sehr zahlreiche Flach- und Tiefwurzeln
All Forts. unter einheitlicher Bewirtschaftung	9	8.94	5	harte Konsistenz, hohes Trockenraumgewicht unterhalb 4 dm, blockiges Gefüge	wenige Flach- und Tiefwurzeln
	10	12.21	4	harte Konsistenz, ansonsten keine besonderen Merkmale	sehr wenig Wurzeln zwischen 6 - 8 dm Tiefe
	8	16.41	3	keine besonderen Merkmale	zur Tiefe allmähliche Abnahme
	7	18.79	2	keine besonderen Merkmale außer einer schwachen Salzanreicherung im Oberboden	zur Tiefe allmähliche Abnahme

Im Ganzen gesehen gaben die Untersuchungen deutlich zu erkennen, daß sich eine Beschränkung der Durchwurzelungstiefe infolge ungünstiger chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften (Karbonatanreicherungen, Verhärtungen, Schichtungen, eingeschränkte Wasser- und/oder Luftdurchlässigkeit) nachteilig auf die Ertragsleistung auswirkt.

Dies ist insofern von Bedeutung, als Citrus allgemein aufgrund entsprechender Durchwurzelungscharakteristiken (starke Abnahme der Wurzelmasse zur Tiefe) als flachwurzelnende Pflanze angesehen wird. Unter den gegebenen Bedingungen scheint jedoch gerade den Tiefwurzeln eine pflanzenphysiologisch bedeutsame Rolle zuzukommen. Die Frage nach der Mindestdurchwurzelungstiefe zur Erreichung guter Wachseleistungen läßt sich jedoch nicht generell beantworten, da das Verhalten der Pflanzen durch die speziellen Gegebenheiten des Standortes mitbestimmt wird.

Als Beispiel für weitgehend optimale Wachstumsbedingungen sei der Standort bei Profil No. 57 (Tab. 1) genannt, der sich durch besondere Einheitlichkeit des Bodenmaterials (keine Bodenartenschichtung, keine Konkretionen, gleichmäßig verteilte geringe Karbonatgehalte) sowie durch die Abwesenheit bodenphysikalisch bedingter Stau- und Verhärtungszonen auszeichnet (von einer offensichtlich wenig hemmenden relativen Abnahme des Grobporenvolumens zwischen 4 und 10 dm Tiefe abgesehen). Profilaufbau und Bodeneigenschaften sind so beschaffen, daß die Citruswurzeln den Boden bei allmählicher Abnahme zur Tiefe hin gleichmäßig durchdringen können. Dadurch werden durch Boden und Bewirtschaftung bedingte und periodisch auftretende Versorgungsmängel der Pflanzen (z. B. Wassermangel vor Bewässerung) teilweise ausgeglichen. Bei ungünstiger Beschaffenheit des Unterbodens ist das Durchwurzelungsverhalten bei Citrus dadurch gekennzeichnet, daß die Masse an Flachwurzeln absolut und proportional zu den Tiefwurzeln stark zunimmt, so daß sich in der Wurzelverteilung zur Tiefe hin ein plötzlicher Abfall bemerkbar macht (z. B. Prof. No. 61, 4, 11 und 70, Tab.1). Wegen der unter solchen Bedingungen auftretenden absoluten Zunahme an Wurzeln im Oberboden zeigen sich auch meistens keine Beziehungen zwischen Gesamtfleinwurzelmasse ($< 1 \text{ mm } \phi$) und Wachseleistung ($r = 0,226$, nicht signifikant). Werden dagegen das relative Gewicht von Tieffleinwurzeln (4 - 14 dm Tiefe) zu Gesamtfleinwurzeln (0-14 dm) als Vergleichskomponente zur Ertragsbewertung (hier diente das Kronenvolumen als Maßstab zur Ertragsbewertung, da eine hohe Korrelation von $r = 0.913^{**}$ bestand) genommen, so ergibt sich eine positive Korrelation ($r = 0.63^*$), die als

Ausdruck für die Bedeutung der Tiefwurzeln bzw. der Bodenfaktoren, welche die Tiefendurchwurzelung beeinflussen, angesehen werden kann.

Von besonderer Bedeutung scheinen für Durchwurzelbarkeit und Citrusertrag das Grobporenvolumen (Äquivalent $\beta < 50 \mu$) im Unterboden zu sein. Wie sich aus den Untersuchungsergebnissen entnehmen läßt, besteht eine deutliche Beziehung zwischen dem Prozentgehalt an Grobporen (4 - 8 dm Tiefe) und dem relativen Anteil an Tiefwurzeln ($r = 0.657^*$) und auch eine Abhängigkeit zwischen Grobporenanteil des Bodens und der Ertragsleistung. Aus den Durchwurzelungsmerkmalen läßt sich ein Kausalzusammenhang zwischen vermindertem Grobporenanteil des Bodens und schlechter Durchwurzelbarkeit (wahrscheinlich als Folge von ungenügendem Gasaustausch) bei gleichzeitigem Ertragsrückgang ableiten.

Bezüglich anderer ertragsbeeinflussender Bodenfaktoren, die durch die Wurzelmessungen näher charakterisiert werden konnten, sind besonders Bodenverhärtung (harte Konsistenz wenn trocken) und Verdichtung (hohes Trockenraumgewicht, s. Prof. No. 9 und 10, Tab. 1) zu nennen. Die Verdichtung ist teilweise auch durch Quellung bedingt und tritt somit besonders während Nässeperioden in Erscheinung. Diese Bodencharakteristiken führen zu deutlich erkennbaren Wurzelschädigungen (Verformungen, Quetschungen und Absterben von Feinwurzeln; s. Prof. No. 71, Tab. 1), die eine Funktionsstörung nach sich ziehen. -

Auch Karbonatschichten setzen je nach Konzentration, Mächtigkeit und Verhärtungsgrad der Durchwurzelbarkeit von Böden einen mehr oder minder ausgeprägten Widerstand entgegen, der in extremen Fällen zu einer Begrenzung des pflanzenverfügbaren Bodenvolumens führt (s. Prof. No. 3c und 37, Tab.1). Bei geringeren und mittleren Konzentrationen an Karbonaten, die allgemein auch weniger ausgeprägte Verhärtungen hervorrufen, ergeben sich zahlreiche Nebenwirkungen auf den Pflanzenwuchs (Chlorose, Nährstoffmangel), die jedoch nicht mit zum Bestandteil vorliegender Arbeit gemacht werden konnten.

Eine ausführliche Darstellung ist inzwischen in Form eines wissenschaftlichen Berichtes, Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover 1969, unter dem Titel:

"Suitability of Soils for the Production of Citrus (Cyprus)"
erschienen.

Möglichkeiten und Grenzen der Radiokohlenstoff-Altersbestimmung
von Böden - Methodische Probleme

von M. A. Geyh *)

Die Datierung von Böden nach einer der modernen isotopen-geophysikalischen Methoden, wie zum Beispiel der Radiokohlenstoff-Methode, ist unmittelbar mit der Frage verbunden, was unter dem Alter eines Bodens verstanden werden soll. Der gebräuchlichen Bedeutung am nächsten kommen dürfte eine Definition, nach der das Maximal-Alter eines Bodens in unseren Breiten ungefähr vom Einsetzen der Akkumulation von organischen Bestandteilen im Rohboden an gerechnet wird. Dieser Zeitpunkt ist aber mit den geophysikalischen Methoden nicht zu ermitteln, da ihn - soweit heute bekannt - keine besonderen datierbaren Bodenbestandteile repräsentieren. Das trifft im erweiterten Sinn auch für die einzelnen Abschnitte einer Boden-Entwicklungsreihe zu einem Podsol oder einer Schwarzerde hin zu.

Einen Ausweg aus dieser Situation sucht SCHARPENSEEL (1) mit einer modifizierten Definition, nach der das Alter eines Bodens mit dem seiner an Tonmineralien gebundenen organischen Bestandteile zusammenfällt - unter Ausschluß aller Störfaktoren. Unter diesem Begriff wird jede Art einer organischen Kontamination verstanden, insbesondere das Vorhandensein altersfremder Wurzelreste und intrudierter Huminsäuren.

Die praktische Erfahrung lehrt, daß die Altersverschiebungen bei Vorhandensein solcher Störfaktoren größer sind, als bisher angenommen oder abgeschätzt wurde. Wegen des geringen Kohlenstoffgehaltes vieler Böden (z. T. weniger als 2 %) können die besonders in stärker durchwurzelten Horizonten vorkommenden, einige Procente

*) Nieders. Landesamt für Bodenforschung,
3 Hannover-Buchholz, Postfach 54

ausmachenden Rezentverseuchungen, die trotz intensiver chemischer Vorbehandlung der Proben nicht merklich verkleinert werden können, die "wahren" Radiokohlestoff-Alter bis zu 3000 Jahren zu klein erscheinen lassen. Einen Beweis stellen die vielmehr im Widerspruch zu dem bodenkundlichen Wissen stehenden Ergebnisse von Radiokohlenstoff-Analysen an Böden aus den Wärmezeiten des Jungwürm dar.

Ein ebenso negatives Ergebnis liefert eine theoretische Überlegung. Da eine unverseuchte Bodenprobe mehrere, verschieden alte organische Komponenten enthält, mit den geophysikalischen Methoden aber nicht ihr mittleres Alter, sondern nur ihre mittlere Isotopenkonzentration bestimmt werden kann, sind nach deren Umrechnung in physikalische Alter scheinbare Verjüngungen bis 1000 Jahre möglich. Sie sind methodisch bedingt und nicht korrigierbar.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Radiokohlenstoff-Alter nicht die gebräuchliche Definition des Bodenalters erfüllen. Dies trifft auch für die Definition nach SCHARPENSEEL zu. Immer sind die Altersangaben - vom methodischen Standpunkt aus gesehen - viel zu klein. Werden auch genetische Gesichtspunkte der Bodenbildung in die Betrachtung eingeschlossen (LÜDERS u.a. 2), ist eine solche verallgemeinernde Aussage nicht mehr erlaubt (z.B. bei Rendzina-Böden).

Beim derzeitigen Stand der chemischen Vorbereitungstechnik von Böden und unserem Wissen über ihre Genese kann bei Anwendung der Radiokohlenstoff-Methode nicht von einer Altersbestimmung im eigentlichen Sinne gesprochen werden, sondern nur von einer Radiokohlenstoff-Gehaltsbestimmung. Es bleibt daher offen, ob es gelingt, aus solchen Ergebnissen interpretierbare Modellalter zu errechnen. Auch mit den übrigen, in der Bodenkunde bekannten isotope-physikalischen Methoden verhält es sich nicht anders. Die Datierung mit dem Isotop Beryllium-10 überdeckt zwar theoretisch einen Zeitbereich von bis zu zwei Millionen Jahren, die Probleme der chemischen Bearbeitung der Böden sind aber derart groß, daß sich bisher kein Routine-Verfahren entwickeln konnte.

Abgesehen davon wäre auch erst nach Vorliegen eines umfangreichen Datenmaterials zu überblicken, ob mit der ^{10}Be -Methode nicht ähnliche Probleme gekoppelt sind, wie sie auch bei der ^{14}C -Methode auftreten. Als physiko- und chemotechnisch gelöst darf die Arbeit mit dem Isotop Chlor - 36 angesehen werden, das sich für Datierungen bis 200 000 Jahre vor heute eignet. Dafür stößt hier die Beschaffung von geeigneten Proben auf unübersehbare Schwierigkeiten, weil der Gehalt an Chlor der Böden infolge der großen Mobilität seiner Anionen außerordentlich klein ist. Die Tritium-Methode kann größtenteils ausgeklammert werden, da sie mit einem normalen Datierungsbereich von 25 Jahren (Maximal 50 Jahre) eine den Bodenkundler nur selten interessierende Zeitspanne umschließt.

Sieht man von Ausnahmen, humusreichen A-Horizonten oder Bodenproben ab, aus denen gut datierbares organisches Material, wie z. B. Holzkohle, extrahiert werden kann, dürfen von Radiocarbon-Analysen nicht mehr als Materialkonstanten (^{14}C -Gehalte) erwartet werden, die nach unserem heutigen Wissen nicht in interpretierbare Bodenalter oder in Verweilzeiten verschiedener Humuskomponenten übersetzt werden können. Bereits infolge unterschiedlicher Präparierungstechniken werden die einzelnen ^{14}C -Labors von ein- und derselben Bodenprobe voneinander abweichende Ergebnisse erhalten.

Einer zuverlässigen Altersbestimmung von Böden müssen systematische Untersuchungen an geeigneten Objekten vorausgehen, falls in Zukunft der Einsatz der modernen isotonen-geophysikalischen Methoden in der Bodenkunde noch gerechtfertigt erscheinen soll. -

LITERATUR

- 1 SCHARPENSEEL, H.W., Zeitschrift für Pflanzenern.
M.A. TAMERS und F. PIETIG: und Bodenkunde 119 (1968)
Heft 1, 34 - 43
- 2 LÜDERS, R., J. H. BENZLER,
G. ROESCHMANN und H. SCHNEEKLOTH:
Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 1969
in Hannover



Möglichkeiten und Grenzen der Radiocarbon-Altersbestimmung von Böden II. Probleme der bodengenetischen Auswertung

von R. Lüders, J.-H. Benzler, G. Roeschmann, H. Schnaekloth^{*)}

Radiocarbon-Altersbestimmungen von Böden werden häufig ausgeführt, ohne die Ergebnisse hinreichend kritisch zu beleuchten. Außerdem kann man den Eindruck gewinnen, daß die bodengenetischen Voraussetzungen, welche den Radiocarbon (^{14}C)-Daten zugrunde liegen, nicht immer klar erkannt werden. Für die Moorböden lassen sie sich wie folgt zusammenstellen:

1. Das Gestein, aus dem die Moorböden hervorgehen, also der Torf, ist reich an organischem Kohlenstoff, der ^{14}C -datierbar ist.
2. Dieses Gestein wächst unter geeigneten klimatischen und hydrologischen Bedingungen weiter. Die Torfmächtigkeit nimmt dabei zu; jeweils jüngere Torfschichten liegen auf älteren.
3. Mit Hilfe des ^{14}C -Alters des Ausgangsgesteins kann bereits das Höchstalter eines Moorbodens ermittelt werden. (Ein Boden kann nicht älter sein als das Gestein, aus dem er entstanden ist.)
4. Es ist somit kaum erforderlich, das Alter derjenigen organischen Substanz zu bestimmen, die erst im Zuge der Bodenentwicklung neu gebildet oder umgewandelt wird (Humusbildung).

Die aufgezählten Voraussetzungen gelten insbesondere für Hochmoore, weil die Torfmoose keine Wurzeln haben (und daher nicht in ältere Schichten hineinreichen können), weil eine Durchmischung durch Bodenorganismen kaum stattfindet, und weil die Wurzeltiefe höherer Pflanzen hier nur gering ist. Bei Niedermooren treffen diese günstigen Bedingungen kaum noch zu. Bruchwaldtorfe erweisen sich für eine Altersbestimmung als besonders problematisch, weil sie aus feinem Detritus und aus grobem Holz (das Wurzel oder Ast sein kann) zusammengesetzt sind. Das ^{14}C -Alter von Mudden kann durch

^{*)} Nieders.Landesamt für Bodenforschung, Hannover

unterschiedliche Carbonatzufuhr und durch sekundäre Umlagerungen verändert sein.

Altersbestimmungen von Torfen und Mudden dienen vorwiegend der Erforschung der Quartärstratigraphie, der Vegetations- und Landschaftsentwicklung sowie der Siedlungsgeschichte und nur selten rein bodenkundlichen Fragestellungen.

Bei der Altersbestimmung von Mineralböden stehen Fragen der Boden-
genese, der Bodenentwicklung und der Umsetzungsvorgänge organi-
scher Bodensubstanz im Vordergrund. Zunächst sollen jedoch grund-
sätzliche Betrachtungen zum Bodenalter angestellt werden.

In einer Landschaft, die keine extremen Klimaunterschiede aufweist, gibt es ein buntes Mosaik verschiedener Bodentypen, deren Entstehung und unterschiedliche Ausprägung in erster Linie vom Ausgangsgestein, vom Relief und von den hydrologischen Bedingungen abhängen. Es kann unterstellt werden, daß die Böden dieser Landschaft etwa gleichalte organische Substanz enthalten (bzw. aus genetischen Vorstufen übernommen haben), weil sich die klimatischen Erfordernisse für das Pflanzenwachstum und damit zur Humusbildung am Ende der letzten Eiszeit etwa zur gleichen Zeit eingestellt haben. Folgende Abweichungen können jedoch aufgezählt werden:

1. Die Böden enthalten ältere, z. B. aus Interglazial- oder Interstadialzeiten stammende organische Substanz.
2. Das Ausgangsgestein setzt dem Pflanzenwuchs unterschiedlichen Widerstand entgegen (z. B. Unterschied Festgestein-Lockergestein) und wird deshalb zu verschiedener Zeit und mit verschiedener Intensität humusbildender Pflanzenstandort.
3. Neues Bodenausgangsgestein wird entweder durch Bodenabtrag (z. B. Erosion) freigelegt oder durch Auftrag (z. B. Akkumulation in Flugsandgebieten, Marschen und Flußniederungen oder Plaggendüngung) gebildet.

Für die Radiocarbon-Altersbestimmung von Mineralböden gelten andere Voraussetzungen als für Moorböden, und zwar folgende:

1. Das Ausgangsgestein von Mineralböden ist im allgemeinen frei von organischem Kohlenstoff.
2. Eine Bestimmung des ^{14}C -Alters von Mineralböden kann erst über eine Bestimmung des Alters der im Zuge der Bodenentwicklung entstehenden organischen Substanz erfolgen (Humusbildung).
3. Da Mineralböden vorwiegend etwa nur 1,5-4 % organische Substanz im A-Horizont enthalten, wachsen sie im Gegensatz zu Moorböden kaum nach oben auf.
4. Aus diesem Grunde und wegen meist starker Durchwurzelung sowie infolge Vermischung durch Bodenorganismen enthält jede Lage eines A-Horizontes (oder eines mit organischer Substanz angereicherten B-Horizontes) nebeneinander sehr unterschiedlich alten organischen Kohlenstoff.
5. Eine Altersbestimmung dieses Kohlenstoffs ergibt allenfalls, wie alt der Boden mindestens ist (Mindestalter), ohne eine genaue zeitliche Zuordnung zu ermöglichen.

Die Radiocarbonmethode kann nur die Gesamtaktivität organischen Kohlenstoffs ermitteln, ohne daß sie zu unterscheiden vermag, ob es sich um \pm einheitlich alten Kohlenstoff oder um unterschiedlich große Spannen verschieden alten Kohlenstoffs handelt.

Besondere Bedingungen für die Ausdeutung der Radiocarbon-Altersbestimmung gelten bei einzelnen Bodentypen:

1. Rendzinen

Im Kontakt mit der organischen Bodensubstanz kann "toter" Kohlenstoff aus dem Kalkgestein freigesetzt werden, der von den Mikroorganismen des Bodens verwertet oder als "bodenbürtige" Kohlensäure über die höhere Pflanze dem Boden wieder zugeführt wird. (Wir sind dabei, diese Vorgänge zu messen.)

2. Schwarzerden

Die relativ große Mächtigkeit der Schwarzerde-A-Horizonte ebener Lagen ist vor allem auf eine tiefreichende Bodenvermischung durch Bodentiere zurückzuführen. Das innerhalb der A-Horizonte von oben nach unten zunehmende Radiocarbonalter der organischen Substanz kann daher weder als Folge einer wiederholten Lösanwehung während der Schwarzerdebildung aufgefaßt werden, noch sind Rückschlüsse auf die Art und Entwicklungsdauer von Schwarzerde-Vorstufen möglich. Die Alterszunahme und ihre unterschiedliche Abstufung vermag lediglich Hinweise auf unterschiedliche Grade der Bodendurchmischung zu liefern und auf die Intensität der Durchwurzelung.

3. Podsole

Da der Vorgang der Podsolierung wohl mit der Vegetation des Bodens in enger Beziehung steht, haben die Podsole ein sehr unterschiedliches Radiocarbonalter. Die z. B. im B-Horizont gemessenen Werte geben keine Auskunft über die Verweildauer der organischen Substanz, sondern stellen eine Resultierende aus dem Alter der Bodenbildung und deren Entwicklungsstufe dar.

Für eine sinnvolle Bestimmung der mittleren Verweildauer der organischen Substanz in Huminstoff-Fraktionen wäre es die mindeste Voraussetzung, daß die Fraktionen chemisch und physiologisch einheitlich sind. Bei einer Fraktionierung zum Zwecke der Altersbestimmung von Böden wird es jedoch nützlich sein, eine möglichst abbauresistente Fraktion zu erfassen, wenngleich man auch hier vom wahren Bodenalter unbekannt weit entfernt bleibt. Auch in begrabenen Böden kann nur ein Mindestalter bestimmt werden. Dieses weicht vom absoluten Bodenalter umso weniger ab, je kürzer die Bildungsdauer des Bodens war.

Die Ausführungen mögen dazu anregen, Radiocarbon-Daten von Böden kritischer als bisher und ihre bodengenetische Auswertung mit mehr Skepsis zu betrachten.

Fortschritte in der Systematik der Böden der Bundesrepublik

Deutschland

von E. Mückenhausen *)

In Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis für Bodensystematik
der DBG (F. Vogel, F. Heinrich, E. Mückenhausen und S. Müller)

EINLEITUNG

Der bereits 1952 aufgestellte Arbeitskreis für Bodensystematik der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft besteht seit 1965 aus den Mitgliedern F. Vogel (Vorsitzender), F. Heinrich, E. Mückenhausen und S. Müller und hat nach der Herausgabe des Buches "Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland" in vier Sitzungen neue Erkenntnisse der Bodenforschung, besonders der Bodengenese, beraten und in die Bodensystematik eingebaut. Zu den Sitzungen hat der Arbeitskreis jeweils einige Bodenkundler eingeladen, um von diesen unmittelbar neue, aus der Geländearbeit erwachsene Erkenntnisse zu erfahren. So wird der Arbeitskreis auch fernerhin verfahren. Die wichtigsten Diskussionsgegenstände und Beschlüsse sollen im folgenden mitgeteilt werden.

BEGRENZUNG DER SYSTEMATIK

Die Diskussionen im Arbeitskreis haben in den letzten Jahren zu einer grundlegenden Auffassung über die Möglichkeiten und Grenzen der systematischen Gliederung der Böden geführt. Es soll und darf nicht gerüttelt werden an den sechs aufgestellten bodensystematischen Kategorien: Abteilungen, Klassen, Typen, Subtypen, Varietäten und Subvarietäten, ergänzt durch die Formen. Es liegt in der

*) Prof.Dr.Dr. E. Mückenhausen, Institut für Bodenkunde,
53 Bonn, Nußallee 13

Natur der Sache, daß sich von Kategorie zu Kategorie eine Auf-
fächerung ergibt. Ein Bodentyp hat eine Reihe von Subtypen, jeder
Subtyp einige Varietäten, und jede Varietät birgt eine große Zahl
von Subvarietäten. Schließlich sind die möglichen Formen unüber-
sehbar. Es wäre eine nicht lösbare Aufgabe, wollte man versuchen,
alle Subvarietäten oder gar alle Formen der Böden unseres Bundes-
gebietes aufzuzeigen. In dieser Erkenntnis hat der Arbeitskreis
sich vorgenommen, die Systematik der Böden der Bundesrepublik
Deutschland vorerst nur bis zur Kategorie des Subtyps auszubauen.
Das vorläufige Ziel ist es mithin, möglichst alle Bodentypen mit
ihren Subtypen unseres Landes zu erfassen, ihre Entstehung zu
klären, ihren Aufbau darzustellen und ihre Eigenschaften zu erfor-
schen. Dies ist vor allem wichtig, damit bei der Bodenkartierung
die Böden in gleicher Weise erfaßt, benannt und dargestellt werden,
damit ferner den Nachbardisziplinen ein einheitliches Konzept ange-
boten werden kann. Letzteres hat deshalb besondere Bedeutung, weil
durch einen rechtzeitigen Ausbau der Systematik die mehr oder weni-
ger willkürliche Aufstellung und Benennung von Bodentypen vermei-
den wird. Es bedarf keiner besonderen Begründung, daß ein zielge-
richteter Ausbau der Systematik der exakten fachlichen Verständig-
ung dient.

ABTEILUNG DER TERRESTRISCHEN BÖDEN

Klasse der A-C-Böden

Rendzina - Pararendzina

In manchen Ländern werden Rendzina und Pararendzina nicht ge-
trennt. Dies gibt Veranlassung, nochmals die Frage zu diskutie-
ren, ob Rendzina und Pararendzina als selbständige Bodentypen
begründet werden können. Die Pararendzina stellt ein Glied in
folgender Entwicklungsreihe dar: Syrosem - Pararendzina -
basenreiche Braunerde - Parabraunerde - Pseudogley (oder Fehl-
erde). Hingegen entwickelt sich die Rendzina zu einem Terra-
fusca-ähnlichen Boden. Der kalkhaltige Tonboden mit A-C-Profil
steht als Pararendzina-Pelosol beim Typ Pelosol. Abgesehen

vom Argument der Bodenentwicklung ist noch zu bedenken, daß der Bodentyp Pararendzina in Deutschland und Österreich eingeführt ist und daß die Beibehaltung von Rendzina und Pararendzina eine Aufgliederung der kalkhaltigen A-C-Böden mit spezifischen Eigenschaften erlaubt.

Kalkmoder-Rendzina

S. MÜLLER (mündl.Mitt.1965) hat eine Rendzina mit kalkhaltigem Trockenmoder in Natur-Buchenwald gefunden, unter welchem der Humusabbau infolge von langer Trockenheit gehemmt ist. Es scheint diese Bildung auf weichem Kalkstein und Dolomit bevorzugt zu erfolgen, wo feine Körner von Kalk oder Dolomit in den Moder eingemischt oder eingeweht werden. F. VOGEL (mündl.Mitt. 1956) hat den gleichen Kalkmoder unter Schwarzkiefern auf einem Muschelkalkhang bei Würzburg beobachtet. Dieser Boden wird als Subtyp der Rendzina mit dem Namen Kalkmoder-Rendzina in die Systematik aufgenommen.

Alpine Rendzinen

Th. DIEZ (mündl.Mitt.1967) hat in den Alpen einen früher schon beschriebenen "Alpenhumus" gefunden, der 20-80 % organische Substanz enthalten kann. Analog den bisher vorliegenden Arbeiten von W. L. KUBIENA (1953) und H. ZÖTTL (1965a, 1965b) hat DIEZ diese stark humosen Alpenböden wie folgt gegliedert und bezeichnet:

Alpine Moder-Rendzina,
Alpine Pech-Rendzina,
Tangelmoder-Rendzina,
Tangelmull-Rendzina.

Dem Arbeitskreis erscheint es notwendig, daß diese alpinen Böden aus Kalkstein und Dolomit eine weitere Untersuchung erfahren, und daß dann erst die endgültige Eingruppierung in die Systematik und die endgültige Namengebung erfolgen sollen.

Pararendzina aus Kalk- und Silikatgeröllen

Die Untersuchungen von Th. DIEZ und G. RÜCKERT (mündl.Mitt. 1965) lassen es voraussichtlich als notwendig erscheinen, die Pararendzina aus Gemischen von meist mesozoischen Kalk- (Dolomit-) und Silikatgeröllen Oberbayerns und des südlichen Baden-Württemberg als besonderen Subtyp herauszustellen, denn wahrscheinlich weichen deren Tonfraktion und Eisenformen von anderen Pararendzinen ab. Diese Auffassung wird gestützt durch Untersuchungen von B. MEYER (mündl.Mitt.1969), W. MOLL (1966), S. MÜLLER (mündl.Mitt.1967), U. SCHWERTMANN (mündl. Mitt.1969) und J. WERNER (1964) an Parabraunerden aus dem gleichen Material, die sich aus der in Frage stehenden Pararendzina entwickelt haben (s. auch weiter unten). Diese Parabraunerde, als Blutlehm schon früher beschrieben, zeichnet sich durch einen rötlichbraunen B_t -Horizont aus. Es liegt nahe, daß diese Parabraunerde aus einem besonderen Subtyp der Pararendzina hervorgeht.

Schwarzerdeartiger Boden

Th. DIEZ (1967) hat auf Blatt Landsberg/Lech einen "schwarzerdeartigen Boden" (A_h 4,5 - 5,5 dm, C/N 9 - 12) kartiert, der auf der Ribterrassen am Lechtalrand entstanden ist, indem humoser Sandlöß aus dem Lechtal auf die Hochfläche gebliesen wurde. Synsedimentär entstand ein schwarzerdeartiger Boden mit A-C-Profil. Unter dem C-Horizont folgt ein fossiler B_t -Horizont eines Interglezialbodens; stellenweise ist der gesamte Sandlöß in einen A_h -Horizont umgewandelt. Dieser Boden ist systematisch in die Klasse der A-C-Böden einzuordnen.

Ranker und Regosol

Eine noch nicht endgültig entschiedene Frage ist, ob in der Klasse der A-C-Böden neben dem Ranker noch ein Typ "Regosol" stehen soll. Der Regosol wird international als ein A-C-Boden aus Silikat-Lockergestein aufgefaßt. Würde man den Regosol bodensystematisch eingliedern, so müßte man den Begriff "Ranker"

auf A-C-Böden aus Silikat-Festgestein beschränken. Dies würde der derzeitigen internationalen Auffassung entsprechen. Darum wird empfohlen, in der gleichen Weise zu verfahren. Im März 1967 hat der Arbeitskreis darüber bereits diskutiert, aber noch keine Entscheidung getroffen. Da inzwischen der Ranker international weitgehend übernommen wurde, ist es angezeigt, daß wir den Regosol als selbständigen Typ unserer Systematik einfügen.

Klasse der Braunerden

Versauerte Braunerde

Der Bodentyp Braunerde besitzt neben den vielen Subtypen auch die basenarme oder saure Braunerde, früher Braunerde geringer Basensättigung genannt. S. MÜLLER (mündl.Mitt.1965) machte darauf aufmerksam, daß ein großer Unterschied besteht zwischen einem Braunerde-Subtyp, der aus einem Ca-armen Material entstand, also stets im ganzen Profil sauer war (saure Braunerde), und einem solchen, der reich an Ca-Ionen war, aber an diesen Ionen im Oberboden mit der Zeit verarmte, jedoch nach wie vor reichlich Ca-Ionen im Unterboden besitzt. Er schlägt vor, letzteren Subtyp "versauerte Braunerde" zu nennen und für den ersteren den Namen saure Braunerde zu reservieren. In Bezug auf den Gehalt an basischen Kationen haben wir mithin folgende Subtypen zu unterscheiden: basenreiche (= eubasische), mittel-basische (= mesobasische), basenarme oder saure (= oligobasische) sowie versauerte Braunerde. Daneben gibt es noch die Kalkbraunerde.

Rostbraunerde

Schon H. STREMMER (1936) hat braune und rostfarbene Waldböden unterschieden. Die braunen Waldböden sind die Braunerden. S. MÜLLER (mündl.Mitt.1965) erachtet es für zweckmäßig, die Böden mit rostfarbenem B_v-Horizont als Subtyp der Braunerde mit der Bezeichnung "Rostbraunerde" zu betrachten, wie schon von W. L. KUBIENA (1953) vorgeschlagen worden ist. In dem Buch "Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden ..."

(MÜCKENHAUSEN u.a. 1962) ist auch diskutiert worden, ob die Braunerde aus Sand (mit rostfarbigem B_1 -Horizont) einen besonderen Platz haben sollte. B. W. AVERY hat eine sandige Braunerde herausgestellt, und sowjetische Bodenkundler haben eine Boden-Sippe "Sand-Braunerde" in ihre Systematik eingeordnet. Die Rostbraunerde gibt es auf den silikatreichen Sanden der würmeiszeitlichen Ablagerungen Norddeutschlands und auf dem Granit- und Gneisgrus des Schwarzwaldes, wahrscheinlich auch des Bayerischen Waldes.

Phäno-Braunerde und Phäno-Parabraunerde

W. PLASS (1966), A. SEMMEL (1964) und H. ZAKUSEK (mündl. Mitt. 1969) haben in den letzten zehn Jahren in Hessen Böden beobachtet, die sich als Braunerde mit A_h - B_V - C -Profil oder als Parabraunerde mit A_h - A_1 - B_1 - B_2 - C -Profil präsentieren, deren oberster Horizont, aber oft auch deren Unterbodenhorizonte B_V bzw. A_1 und B_2 zum mindesten nicht nur in situ entstanden, vielmehr periglazial verlagerte Schichten darstellen, die allerdings nach der Umlagerung eine pedogenetische Nachprägung erfahren haben. H. ZAKUSEK hat im Februar 1969 diese Konzeption dem Arbeitskreis vorgelegt, und die Bodenkundler der Geologischen Landesämter und der Arbeitskreis haben diese Böden im Gelände im Mai 1969 eingehend diskutiert.

Wir müssen von der Tatsache ausgehen, daß solche Böden keineswegs nur durch pedogenetische Prozesse entstanden und sich deshalb von den Braunerden und Parabraunerden unterscheiden, die am Ort aus einem Gestein ohne Störung des Profils hervorgingen. Bisher hatten die Bodenkundler unterstellt, daß die solifluktuiven Umlagerungen schon so lange, meist Tausende von Jahren, zurückliegen, daß sich im umgelagerten Substrat intensive pedogenetische Prozesse in Richtung der Braunerde oder Parabraunerde vollzogen haben, und dies sollte die Zuordnung zu den genannten Bodentypen rechtfertigen. Das ist die bisherige Auffassung. Das kann man zwar aus der allgemeinen Bildungstendenz unserer Böden in entsprechendem lehmig-sandigen und sandig-lehmigen Substraten in Mitteleuropa schließen, indessen

ist das kein absolut schlüssiger Beweis. Man weiß eben nicht, in welchem Zustand der Verwitterung bzw. Bodenbildung das umgelagerte Material an den sekundären Profilort gelangte und welche Bodenbildung oder Teilbodenbildung sich hier nach der Umlagerung noch vollzog. Jedenfalls ist sicher, daß die Entstehung eines großen Teils der Braunerden und Parabraunerden der mitteleuropäischen Mittelgebirge an zwei Orten, einem primären und einem sekundären - dazwischen erfolgte die Umlagerung eines Teiles -, sich vollzog. Auch auf den uns heute als Ebenen erscheinenden Flächen haben sich im Periglazial oberflächliche, solifluktive Planierungen einer ehemals etwas welligen Landschaft ereignet, so daß auch hier völlig ungestörte Profile selten sind. Wenn man das alles unterstellt, so ist aber doch als sicher anzunehmen, daß unsere Vorstellung von der Braunerde-Bildung und der Parabraunerde-Bildung richtig ist.

H. ZAKOSEK und Mitarbeiter schlagen vor, diese Böden, bei deren Entstehung Umschichtungsvorgänge eine wesentliche Rolle spielten und deren Profil zwar die Horizontfolge der Braunerde oder Parabraunerde vorstellt, die aber nicht mit den in situ entstandenen entsprechenden Typen gleich sein können, Meta-Braunerde bzw. Meta-Parabraunerde zu nennen. Eine Hervorhebung dieser Böden durch besondere Namen sei vor allem dann angezeigt, wenn die von der Umlagerung betroffenen Horizonte mächtiger sind als bei den in situ gebildeten Böden. Der Arbeitskreis war in der Diskussion mit H. ZAKOSEK im Februar 1969 der Meinung, daß die in Frage stehenden Böden einer besonderen Kennzeichnung bedürfen und empfiehlt, nach dem Vorschlag von S. MÜLLER das Wort "Phäno" dem betreffenden Typennamen voranzustellen, also von "Phäno-Braunerde" und "Phäno-Parabraunerde" zu sprechen. Anfänglich neigte der Arbeitskreis dazu, diese Phäno-Braunerde und Phäno-Parabraunerde im Subtypenniveau in die Systematik einzuordnen, während H. ZAKOSEK diese Böden im Typenniveau sehen möchte. Bei der bodensystematischen Einordnung der Phäno-Braunerde und Phäno-Parabraunerde ist zu bedenken, daß fast bei allen schon bekannten Subtypen der Braunerde und Parabraunerde der

Begriff "Phäno" zutreffen kann. Es handelt sich also nicht um einen gut abgrenzbaren Subtyp, wie z. B. die basenreiche Braunerde und die saure Braunerde, vielmehr kann bei allen diesen Subtypen infolge der geschilderten Umlagerungsvorgänge die Voranstellung von "Phäno" nötig sein. Aus diesem Grunde sollte man vorerst bei den bestehenden Typen und Subtypen der Braunerde und Parabraunerde nichts ändern und das Wort "Phäno" erst im Niveau der Subvarietät voranstellen, wenn sichere Merkmale für eine Umlagerung der oberen Horizonte vorhanden sind. Diese Praxis hat den Vorzug, daß bodensystematisch kein großer Fehler darin besteht, wenn das Wort "Phäno" ausgelassen wird. Würde man aber beispielsweise die Phäno-Braunerde zum Typ erheben, so würde es bodensystematisch ein großer Fehler sein, wenn man einen Boden als Braunerde statt als Phäno-Braunerde kennzeichnen würde. Dies wäre die Verwechslung von zwei Typen, und das ist bodensystematisch nicht tragbar. Der Arbeitskreis war im Februar 1969 nicht bis zu dieser Konsequenz gekommen; diese hat sich aus der erwähnten Geländediskussion im Mai 1969 im Raume Waldeck ergeben. Man geht fehl, wenn man in der Einordnung der "Phäno-Böden" im Niveau der Subvarietät ein nicht ausreichendes Gewicht der bodengenetischen Vorgänge sieht. Ganz wichtige Dinge können durchaus in der Subvarietät, sogar in der Form Berücksichtigung finden. Aus der Legende von Bodenkarten ist im Übrigen nicht zu ersehen, in welchem bodensystematischen Niveau die aufgeführten Böden stehen.

Lockerbraunerde

E. SCHÖNHALS (1957) hat zuerst die Lockerbraunerde beschrieben, später ist sie auch von E. BARGÓN (1960), K. BRUNNACKER (1965) und W. Th. STÖHR (1967) gefunden worden. Es handelt sich um eine saure oder versauerte Braunerde mit auffallend lockerem Gefüge, das bei niedrigem pH durch Fe- und Al-Ionen stabilisiert ist (U. SCHWERTMANN, 1967). Die besondere Lockerheit kann in der Subvarietät Berücksichtigung finden. Somit ist die Lockerbraunerde systematisch eine Subvarietät und kann auch so bezeichnet werden.

Mangan-Braunerde

Th. DIEZ (1966) hat auf Meßtischblatt Ansbach-Süd eine Mangan-Braunerde als Kartiereinheit ausgeschieden. Der Mangan-gehalt beträgt 0,2 - 0,9 %; er färbt den Boden dunkelviolettgrau und schwärzlich. Wahrscheinlich wird durch das Mangendioxid im wesentlichen nur die Farbe beeinflusst; da das pH hoch liegt, ist die Löslichkeit des Mn gering und wirkt deshalb nicht toxisch. Natürlich weicht diese Braunerde durch den anomal hohen Mangan-gehalt von anderen Braunerden ab. Man könnte diese Mangan-Braunerde als Subtyp aufnehmen, indessen neigt der Arbeitskreis mehr dazu, die Mangan-Braunerde bodensystematisch in die Sub-varietät zu stellen. Man bildet z. B. auch keinen Subtyp für die rotgefärbte Braunerde des Oberen Buntsandsteins.

Calcimorphe Braunerde

Die französischen Bodenkundler nennen die braunen Böden aus Kalkstein "sol brun calcimorphe". In unserer Systematik sind das die Subtypen Rendzina-Braunerde und Terra fusca-Braunerde, wahrscheinlich auch die junge Terra fusca. Bodensystematisch wollen wir daran nichts ändern, jedoch könnte es in vielen Fällen bei der Bodenkartierung praktisch sein, auf kleinem Raum stark wechselnde, braune Böden aus Kalkstein, Mergel und Dolomit als Kartiereinheit "calcimorphe Braunerde" zusammen - zufassen.

Braunerde aus Basalt

In der Literatur findet man häufig Bodenbezeichnungen, in denen Gestein und Bodentyp zu einem Namen vereinigt sind, wie Basalt-Braunerde, Löß-Braunerde, Sand-Braunerde usw. Dieses Vorgehen läuft den Regeln der Systematik zuwider. Wohl kann man z. B. sagen "Braunerde aus Basalt"; das ist die Form-Bildung auf Typen-Niveau. Die Einbeziehung des Gesteins soll mithin in der Kategorie der "Form" geschehen.

Ackerbraunerde

Die Bodenkundler des Bayerischen Geologischen Landesamtes haben in den letzten Jahre eine "Ackerbraunerde" kartiert, worunter Braunerden zu verstehen sind, die von Natur einen geringmächtigen A_h -Horizont besitzen und bei welchen durch die Beackerung ein mächtigerer A_p -Horizont auf Kosten des B_v -Horizontes geschaffen wird. Dieser Vorgang findet auch statt, wenn der A_h -Horizont durch Bodenabtrag geringmächtiger geworden ist. Die Berücksichtigung des Einflusses der Ackerkultur auf die Bodenentwicklung ist ein alter Wunsch in der Bodensystematik. Bisher ist der Arbeitskreis der Auffassung, daß diese Einflüsse in der Subvarietät Berücksichtigung finden müssen. Die Bildung einer Kartiereinheit "Ackerbraunerde" ist, auch von der Systematik aus betrachtet, durchaus gerechtfertigt.

Saure Braunerde

G. ROESCHMANN (mündl.Mitt. 1969) hat dem Arbeitskreis die Frage gestellt, wie man die Profile "Geschiebedecksand über Geschiebelehm" im Bereich der Riß-Ablagerungen bodensystematisch einordnen soll. Der Geschiebedecksand besitzt die Eigenschaften der sauren Braunerde, er stellt Umlagerungsmaterial von den oberen Horizonten interglazialer Böden dar. Der Geschiebelehm ist der B_t -Horizont einer ehemaligen (interglazialen) Parabraunerde oder der S_d -Horizont eines ehemaligen Pseudogleyes (oder Übergang zwischen diesen Typen). Dieser im letzten Glazial umgeschichtete Boden stellt bodensystematisch eine "saure Braunerde über fossilem B_t (bzw. S_d)" dar. Diese Böden sind bisher manchmal als Parabraunerde kartiert worden, was aber bodensystematisch nicht richtig ist.

Fahlerde

In den letzten Jahren haben Geländebeobachtungen, ferner auch physiko-chemische Untersuchungen von B. MEYER (mündl.Mitt.1959) und U. SCHWERTMANN (1967) sowie mikromorphologische Untersuchungen von H. J. ALTEMÜLLER (1957) und W. L. KUBIENA (1956) gelehrt, daß die typenspezifische Dynamik der Parabraunerde bei hoher Wasserstoff-Ionen-Konzentration aufhört, vermutlich deshalb, weil im

tieferen pH-Bereich dreiwertige Ionen des Eisens und Aluminiums die Tonsubstanz stabilisieren und wanderungsunfähig machen. Diesem Zustand der abgeschlossenen Tonwanderung sollte in der bodentypologischen Entwicklungsserie ein besonderer Bodentyp zugeordnet werden, die Fahlerde, wogegen für die Parabraunerde die aktive Tonwanderung typisch ist. Bekanntermaßen führt die Tonwanderung mit der Zeit oft zu einer Verdichtung des B_t -Horizontes, und damit läuft die Bodenbildung in Richtung des Pseudogleyes. Demgemäß müßten die Subtypen Pseudogley-Fahlerde und Fahlerde-Pseudogley häufig sein, was die Beobachtung faktisch lehrt. Eine starke Tonverarmung im A_h - und A_1 -Horizont einer Parabraunerde aus tonerem Substrat führt leicht zur Podsolierung. So entstehen die Subtypen Podsol-Fahlerde und Fahlerde-Podsol. In Ostdeutschland und in der Tschechoslowakei steht die Fahlerde bereits in der Systematik.

G. ROESCHMANN (mündl. Mitt. 1969) hat dem Arbeitskreis die besonderen Schwierigkeiten bei der Abgrenzung von Parabraunerde und Fahlerde im Gelände, d. h. also bei der Bodenkartierung, vorgezogen. Während bodendynamisch die Unterscheidung von Parabraunerde und Fahlerde klar ist, dokumentiert sich die Beendigung der Tondurchschlammung makromorphologisch erst dann, wenn sie längst beendet ist. Aus diesem Grunde kann man Parabraunerde und Fahlerde bei der Bodenkartierung nicht exakt trennen. In der Praxis der Bodenkartierung wird man zweckmäßig beide Typen vereint darstellen. Das kann man in der Kartenlegende oder nur in den Erläuterungen erwähnen.

Ferritische Parabraunerde

S. MÜLLER (mündl. Mitt. 1965) hat auf dem eisenreichen Oolith mit kalkigem Bindemittel des Dogger Delta eine eisenreiche Parabraunerde gefunden, die als neuer Subtyp der Parabraunerde mit der Bezeichnung "ferritische Parabraunerde" gelten soll.

Rötliche Parabraunerde

W. MOLL (1966) hat die Parabraunerde mit rötlichbraunem B_t -Horizont aus den kalkreichen Schottern des südlichen Oberrheintales eingehend beschrieben und vor allem die Eisenformen dieses Bodens untersucht. Der rötliche Farbton wird vorwiegend durch Hämatit hervorgerufen, wie inzwischen auch von B. MEYER (mündl. Mitt. 1969) festgestellt worden ist. MOLL hatte zunächst angenommen, es handle sich um eine Rubifizierung im Sinne KUBIENAs. Indessen ist aber die Bildung des rötlichbraunen B_t -Horizontes offenbar ein primärer Prozeß. S. MÜLLER (mündl. Mitt. 1967) und J. WERNER (1964) haben im Bodenseegebiet an Drumlins festgestellt, daß auf deren wärmeren Südwestseite eine Parabraunerde mit rötlichbraunem B_t -Horizont, dagegen auf der Nordostseite eine Parabraunerde mit normalem braunem B_t -Horizont entsteht. Es wird vorgeschlagen, diese besondere, kleinklimaabhängige Bodenbildung als "rötliche Parabraunerde" zu bezeichnen und als Subtyp der Parabraunerde unterzuordnen. Ob die Parabraunerde mit rötlichbraunem B_t -Horizont aus den kalkreichen Schottern der Münchener Ebene bei sehr ähnlichem Profilbild die gleiche Bodenbildung darstellt, bleibt zunächst offen.

Lessivierung - Durchschlammung

Der Arbeitskreis schlägt eine Begrenzung der Bezeichnungen "lessivage", "Lessivierung" und "lessivieren" vor, und zwar sollen diese Begriffe nur Anwendung finden bei der Parabraunerde und der Fahlerde analog zu den französischen Bodennamen "sol brun lessivé" und "sol lessivé", die von dem Begriff "lessivage" (= Lessivierung = Tonverlagerung) abgeleitet sind. Dagegen sollte die Verlagerung von Ton in anderen Bodentypen, wie z. B. im Pelosol und in der Terra fusca, nicht als Lessivierung, sondern mit der allgemeinen Bezeichnung "Durchschlammung" gekennzeichnet werden, denn vermutlich ist der Mechanismus der Verlagerung von Tonsubstanz in diesen Bodentypen anders als in der Parabraunerde, gewiß ist er anders als in den Halbwüstenböden, die nach H. SCHOLZ (1965) eine Durchschlammung

aufweisen können. Ferner ist die Durchschlammung bekannt in den Kastanosenen und den braunen Böden der Halbwüste im Westen Nordamerikas. Auch bei der Degradierung der Schwarzerde hat die Durchschlammung einen anderen Mechanismus als in der Parabraunerde.

Klasse der Podsole

Primärer und sekundärer Podsol

In der Literatur sind hin und wieder die Bezeichnungen primärer und sekundärer Podsol gebraucht worden, vor allem von W. WITTICH, in dessen ehemaligem norddeutschen Arbeitsgebiet solche Böden verbreitet sind. Wenn sich ein Podsol aus einer sauren Braunerde entwickelt, haben wir es mit einer Sekundärbildung zu tun. Diese Übergangsbildungen bezeichnen wir als Podsol-Braunerde und bei fortgeschrittener Bodenentwicklung als Braunerde-Podsol. Es gibt indessen Fälle, bei denen möglicherweise Braunerde- und Podsolbildung gleichzeitig, also nicht nacheinander, abgelaufen sind, so daß in diesem Fall keinesfalls eine sekundäre Podsolentwicklung vorliegt, sondern eine primäre, wenn auch neben einer gewissen Braunerdebildung. Hier wäre also die Bezeichnung primärer Podsol möglich. Indessen ist aber meistens nicht sicher zu unterscheiden zwischen primärer und sekundärer Podsolbildung. Darum meint der Arbeitskreis, man sollte in allen Fällen bei den Übergangs-Subtypen Podsol-Braunerde und Braunerde-Podsol bleiben und auf die Zusätze primär und sekundär verzichten. Doch räumt der Arbeitskreis ein, daß bei sicherer Unterscheidungsmöglichkeit fakultativ "primär" bzw. "sekundär" bei ausgereiften Podsolen hinzugefügt werden kann.

Staupodsol

Ein neuer Bodentyp "Staupodsol" soll eingeführt werden. Unter ihm werden die nassen Podsol-Subtypen Ortstein-Staupodsol und Bändchen-Staupodsol vereinigt. Der Ortstein-Staupodsol entsteht durch Verdichtung des Ortsteins, auf dem sich das Sickerwasser staut. Den Bändchen-Staupodsol findet man auf den im Mittelalter

entwaldeten, Kahlen Höchlagen (etwa 1000 m NN) des Buntsandstein-Schwarzwaldes (sog. Grinden) mit etwa 2000 mm Jahresniederschlag.

Nach S. MÜLLER (mündl. Mitt. 1965) trat hier nach der Entwaldung eine Vermoorung ein, womit die Entstehung des Bändchen-Staupodsols in Verbindung steht. Der Bändchen-Staupodsol ist in Schottland verbreitet und wird hier "pity thin iron pan podzol" genannt. Er wurde auch im Großglocknergebiet und an der Ostabdachung der Alpen (Steiermark) gefunden.

Anmoorgley-Podsol

Bei der Kartierung in Nordniedersachsen hat G. ROESCHMANN (mündl. Mitt. 1967) sekundär grundwasservernässte, anmoorige Podsole gefunden, die weit mehr Feuchthumus enthalten als der Gley-Podsol. Er hat dafür den Namen Anmoorgley-Podsol vorgeschlagen. Es ist naheliegend, daß es auch einen Podsol-Anmoorgley gibt. Diese Subtypen werden beim Podsol bzw. beim Gley eingegliedert.

Klasse der Staunässeböden

Pseudogley (primär) und (sekundär)

Schon lange weiß man, daß ein Pseudogley primär durch die geologische Schichtung oder durch ein fossiles Bodenrelikt des Unterbodens entstehen kann, aber auch sekundär aus einem anderen Bodentyp (Parabraunerde und Fahlerde) infolge Tonumlagerung und Verdichtung des Unterbodens. Die Unterscheidung ist oft, aber nicht immer, möglich. In zweifelsfreien Fällen wird folgende Kennzeichnung vorgeschlagen: Pseudogley (primär) und Pseudogley (sekundär). In manchen Fällen ist jedoch nicht klar, ob ein Pseudogley primär oder sekundär ist. Auch gibt es Pseudogleye aus Löß, bei denen ein geologisch gegebener Untergrund primär relativ dicht war, und durch die Tonumlagerung aus dem aufliegenden Lößlehm wurde die Abdichtung verstärkt. Das ist z.B. der Fall bei Lößlehmauflagen von etwa 1 m über der stark verwitterten, kiesigen Hauptterrasse des Rheins.

Primäre und sekundäre Ursachen spielen hier zusammen. In solchen Fällen soll man sich auf die Bezeichnung "Pseudogley" beschränken.

Tief humoser Pseudogley

G. RÜCKERT (1967) hat auf Blatt Marktschwaben (1 : 25 000) einen "tief humosen Pseudogley" (ehemals anmoorig) kartiert, der eine Subvarietät darstellt. Diese Subvarietät des Pseudogleyes war bereits vor etwa 20 Jahren von F. VOGEL festgestellt und 1954 den Bodenkundlern der Geologischen Landesämter vorgeführt worden.

Hardpan-Pseudogley

S. MÜLLER (mündl. Mitt. 1969) empfiehlt, den Pseudogley mit schwach silifiziertem und dadurch verhärtetem A_1S_w -Horizont auf Subvarietätenebene hervorzubeben; man könnte ihn "Hardpan-Pseudogley" nennen. Dieser Boden wurde in Südwest- und in Nordwestdeutschland festgestellt.

Pseudogley in Hanglage

In der Literatur findet man noch immer die Bezeichnungen "Hangpseudogley" und "Hanggley". Statt dieser Bezeichnungen hat der Arbeitskreis schon früher vorgeschlagen, "Pseudogley in Hanglage" und "Gley in Hanglage" zu gebrauchen.

Pseudogley mit Spaltennetz

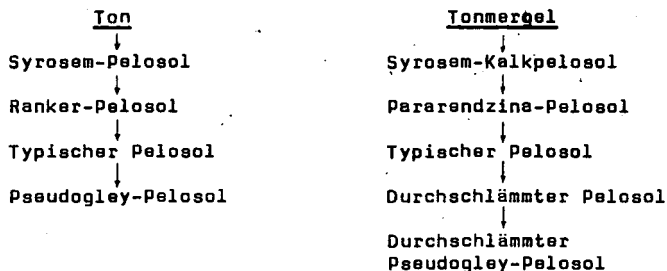
H. ZAKOSEK (mündl. Mitt. 1967) hat die bemerkenswerte Beobachtung gemacht, daß das in Pseudogleyen oft beobachtete Spaltennetz nur bei älteren, präholozänen Pseudogleyen auftritt, wogegen holozäne ein solches nicht haben sollen. Diese Beobachtung hat ZAKOSEK zu dem Vorschlag veranlaßt, zwei Typen von Pseudogleyen aufzustellen, einen präholozänen Pseudogley (mit Spaltennetz) und einen holozänen Pseudogley (ohne Spaltennetz). Der Arbeitskreis hat diesen beachtenswerten Vorschlag eingehend diskutiert, sich aber nicht zur Annahme des Vorschlages entschließen können,

weil ihm nicht sicher erscheint, daß alle präholozänen Pseudogleye Spalten haben müssen und die holozänen nie Spalten haben können. Daher hat der Arbeitskreis empfohlen, gegebenenfalls die Spalten zu erwähnen, was in der Subvarietät geschehen kann, z. B. "Pseudogley mit Spaltennetz".

Klasse der Pelosoile

Typen des Pelosols

Der Arbeitskreis neigt dazu, in der Klasse der "Pelosoile" mehr als einen Typ "Pelosol" aufzustellen. Nahe liegt es, die Pelosoile aus Ton und aus Tonmergel als gesonderte Typen gelten zu lassen, denn es bilden sich aus diesen Gesteinen die beiden folgenden Entwicklungsreihen:



Diese Subtypen aus beiden Entwicklungsreihen sollen vorerst weiter unter dem einen Typ "Pelosol" stehen.

Ein ganz anderer Gesichtspunkt für die Aufgliederung der Klasse der Pelosoile ist das dominante Tonmineral. Man könnte dementsprechend drei Typen aufstellen: Montmorillonit-Pelosol, Illit-Pelosol, Kaolinit-Pelosol. Der kürzeren Namengebung wegen könnte man in verschiedener Weise abkürzen, z. B. M-Pelosol für Montmorillonit-Pelosol. Die Vertisole würden überwiegend dem

Montmorillonit-Pelosol zugehören, die Pelosole der Keuper-substrate meistens dem Illit-Pelosol und die Pelosole der Tertiärltone vorherrschend dem Kaolinit-Pelosol.

Übergänge zum Pelosol

Th. DIEZ hat in einem Vortrag auf der Tagung der DBG in Würzburg 1963 vorgeschlagen:

- a.) Ist die tonige Bodenart bis zu 15 cm mit fremdem, nicht tonigem Material (z. B. Lößlehm) überlagert, so werden solche Böden noch Pelosol genannt. Diesem Vorschlag von Th. DIEZ hatte sich der Arbeitskreis angeschlossen.
- b.) Ist die tonige Bodenart 15 - 30 cm mit fremdem, nicht tonigem Material überlagert, so sollen solche Böden nach DIEZ bereits als Subtyp bei einem anderen Bodentyp stehen, z. B. Pelosol-Braunerde und Pelosol-Pseudogley. Dem konnte sich der Arbeitskreis nicht anschließen; er möchte diese Böden als Subtyp des Pelosols auffassen, z. B. Braunerde-Pelosol und Pseudogley-Pelosol.
- c.) Ist die tonige Bodenart mit mehr als 30 cm fremdem Material überlagert, so soll nach dem Vorschlag von DIEZ das Wort "Pelosol" nicht mehr in der Benennung erscheinen. Auch diesem Vorschlag konnte der Arbeitskreis nicht folgen.

In einer Diskussion mit Th. DIEZ und O. WITTMANN im Februar 1968 wurde folgende Änderung beschlossen: Eine starre Festlegung der Mächtigkeit fremden Materials über dem Ton im Hinblick auf die bodensystematische Zuordnung ist nicht zweckmäßig, vielmehr soll eine Mächtigkeitsspanne angegeben werden. Eine Deckschicht bis zu etwa 10 cm Mächtigkeit bleibt unberücksichtigt. Bei einer Deckschicht von etwa 10 - 25 cm Mächtigkeit liegen Subtypen des Pelosols vor, z. B. Braunerde-Pelosol und Pseudogley-Pelosol. Beträgt die Mächtigkeit der Deckschicht etwa 25 - 40 cm, so stehen die Subtypen nicht mehr beim Pelosol, sondern bei den anderen beteiligten Bodentypen, z. B. Pelosol-Braunerde und Pelosol-Pseudogley. Liegt der Tonuntergrund tiefer

als etwa 40 cm unter der Deckschicht, so erscheint in der typologischen Bezeichnung nicht mehr "Pelosol", wohl aber der Tonuntergrund in der "Form". Ist jedoch der Tonuntergrund völlig dicht, so daß sich die ganze Dynamik in der Deckschicht abspielt, so kann es angezeigt sein, auch bei einer Tiefe des Tonuntergrundes von etwa 50 cm noch "Pelosol" in der bodentypologischen Bezeichnung zu erwähnen. Bei der Bildung von Kartiereinheiten können die Übergangsbildungen nach Erfordernis zusammengefaßt werden.

Diese abstufende Berücksichtigung des tonigen Substrats in der bodentypologischen Benennung des Pelosols und dessen Übergangsbildungen scheint dem Arbeitskreis notwendig zu sein, um dem Einfluß der tonigen Bodenart auf die physikalischen Eigenschaften schon im Namen Ausdruck zu verleihen. Es wird nicht übersehen, daß die Art des überdeckenden Fremdmaterials großen Einfluß auf das Gesamtverhalten dieser Böden hat. Man kann dem Rechnung tragen, indem man die Mächtigkeit der Auflage je nach Art, vor allem nach deren Tonanteil, variiert (s. oben).

Name Pelosol

G. SCHLENKER (mündl. Mitt. 1966) hat darauf hingewiesen, daß "Pelosol" mit dem sächlichen Artikel versehen werden sollte, da der Artikel sich auf das lateinische "sol" bezieht, das ein Neutrum ist. In Anlehnung an den Namen "Podsol", der dem Russischen entstammt, möchte man aber analog bei "der Pelosol" bleiben, wobei man sich der sprachlichen Inkonsequenz bewußt ist.

Gipsrendzina-Pelosol

Aus dem tonigen und gipshaltigen Gips-Keuper entsteht ein schwarzer, toniger Boden, der irrtümlich als Gips-Schwarzerde bezeichnet worden ist. Dieser tonige Boden gehört zum Bodentyp "Pelosol". Der Arbeitskreis betrachtet ihn als Subtyp Gipsrendzina-Pelosol oder, wenn mehr rendzinaartig ausgebildet, als Pelosol-Gipsrendzina. Hierbei läßt es sich der Klarheit wegen

nicht vermeiden, in dem Subtypennamen das Gestein "Gips" zu nennen, was sonst üblicherweise in der "Form" geschieht.

Sapropel-Pelosol

Im Gips-Keuper gibt es dunkle, gipshaltige, tonige Böden, die reich an organischer Substanz sind; es sind sapropelitische Bildungen, auch Sumpfton genannt. Bodensystematisch wird dieser Boden als Subtyp "Sapropel-Pelosol" eingegliedert. In diesem Boden kann unter Luftabschluss Sulfat zu Schwefeleisen reduziert werden (S. MÜLLER 1963).

Anmooriger Pelosol

H. JERTZ (1968) hat auf Blatt Königsdorf einen anmoorigen Pelosol kartiert, der als Subtyp bisher in der Systematik fehlte.

Klasse der Terrae calcis

Th. DIEZ (mündl. Mitt. 1967) hat bei der Kartierung in den Nordalpen junge, braune Böden aus Kalkstein und Dolomit gefunden, die sich durch hohen Illitgehalt im Gegensatz zu der älteren kaolinitreichen Terra fusca auszeichnen und zwischen A_h - und C-Horizont einen B-Horizont aufweisen, den DIEZ als B_r -Horizont (r von residual) bezeichnet hat. Der Arbeitskreis ist sich nicht darüber klar, ob es sich hierbei um einen neuen Bodentyp handelt oder ob dieser Boden mit dem schon lange in der Diskussion stehenden Terra fusca-ähnlichen Boden identisch ist. DIEZ hat für diese Böden die Arbeitsbezeichnung "Residusol" verwandt und folgende Subtypen festgestellt:

Typischer "Residusol" mit A_h-B_r-C ,
Parabraunerde - "Residusol" mit $A_h-A_1-B_{tr}-C$,
Pechmoder - "Residusol" mit $O-A_1-B_{tr}-C$,
Tangel - "Residusol" mit $O-A_h-B_r-C$.

Diesen "Residusol"-Subtypen gehen die Vorstadien Protorendzina, Moder-Rendzina und Pechmoder-Rendzina voraus.

Nach weiteren Untersuchungen hat DIEZ 1968 für den Typ Terra fusca folgende Subtypen vorgeschlagen:

- a) holozäne, porenreiche, illitreiche Terra fusca,
- b) pleistozäne (teils jungtertiäre), illitreiche, teils auch montmorillonithaltige, lehmige (Gefüge!), plastische Terra fusca,
- c) mittel- und alttertiäre, kaolinitreiche, vererdete (Gefüge!) Terra fusca.

Eine sichere Abtrennung von c) ist möglich, indessen schwierig bei a) und b).

Tangelmoder-Terra fusca

Ferner hat Th. DIEZ einen Tangelmoder über Terra fusca in den Alpen gefunden; es ist der Subtyp Tangelmoder-Terra fusca.

Klasse der Kolluvien

S. MÜLLER (mündl. Mitt. 1969) berichtet über einen dunklen Boden am Rande der Albhochfläche, der durch Aufwehung von Rendzinamaterial aus dem Albvorgebiet aufgebaut wurde. Das ist ein äolisches Kolluvium, wofür G. ROESCHMANN (mündl. Mitt. 1969) die Bezeichnung "Äolium" vorgeschlagen hat. Auch auf der Münchener Schotterebene und im Göttinger Raum sind äolische Kolluvien festgestellt worden.

Wenn in Kolluvien keine oder keine nennenswerte Bodenbildung erkennbar ist, so sind diese Kolluvien als selbständige Klasse der Systematik zu betrachten. Hierin sind fluviatile und äolische Kolluvien (oder Äolium) zu unterscheiden. Eine weitere Gliederung geschieht nach der bodentypologischen Herkunft des Materials. Ist aber auf der sekundären Lagerstätte eine deutliche Bodenbildung abgelaufen, so ist dieser neue Boden aus Kolluvium in der üblichen Weise systematisch einzuordnen. Selbstverständlich gibt es auch Übergänge, z. B. Kolluvium-Braunerde.

Terrestrische anthropogene Böden

Plaggeneesch

In unserer Systematik wurde bisher der Bodentyp unter der Plaggenauflage im Subtypenniveau berücksichtigt. Die Bodenkundler der Geologischen Landesämter (1965) haben vorgeschlagen, den Typ "Plaggeneesch" in der Kategorie des Subtyps aufzugliedern in "grauer Plaggeneesch", "graubrauner Plaggeneesch" und "brauner Plaggeneesch". Der Bodentyp unter der Plaggenauflage soll dagegen erst in der Subvarietät berücksichtigt werden, indem man z. B. sagt: "Grauer Plaggeneesch über Eisenhumus-Podsol".

Aufgeschüttete Bodenmassen

Aufgeschüttete Bodenmassen werden als terrestrische anthropogene Böden in die Systematik aufgenommen. Schwieriger ist es bei Abtragsflächen, denn auch durch Entwaldung und Ackerbau bedingte Abtragungen sind mittelbar anthropogen. Indessen bezeichnen wir die so entstandenen Böden als Syrosem, Ranker, Rendzina und Pararendzina, wobei wir allerdings hinzufügen "Erosionsform" oder "durch Erosion bedingt". Man könnte aber die von Menschenhand unmittelbar geschaffenen Abtragsflächen den anthropogenen Böden zuordnen, was ich vorschlagen möchte.

ABTEILUNG DER SEMITERRESTRISCHEN BÖDEN

Klasse der Auenböden

Benennung der Auenböden

Die Bodenkundler der Geologischen Landesämter (1965) haben für die Gliederung der Auenböden deutsche Namen vorgeschlagen, und zwar wie folgt: Auensilikatrohboden (= Rambla), Auenkarbonatrohboden (= Kelkrambla), Auenranker (= Paternia), Auenrendzina (= Borowina), Auenpararendzina (= Kalkpaternia), Auenschwarzerde (= schwarzerdeartiger Auenboden), Auenbraunerde (= autochthone Vega), Auenparabraunerde (= durchschlammte autochthone Vega), Auenpseudogley, Auenpelosol, Auengley. Die meisten dieser Auenbodentypen umschließen mehrere Subtypen. Da diese vorgesehenen neuen, deutschen

Typennamen begriffsinhaltlich für die von KUBIENA (1953) vorgeschlagenen Typenbezeichnungen stehen, ist im Hinblick auf die leichtere Verständlichkeit nichts dagegen einzuwenden, wenn diese Namen als Synonyme auf deutschen Bodenkarten Verwendung finden.

Auenpseudogley

W. MÜLLER und K. H. OELKERS (mündl. Mitt. 1967) schlagen vor, einen Auenboden-Pseudogley als Subtyp in die Systematik aufzunehmen. Diese Böden gibt es im Leinetal, aber gewiß auch in anderer Täler Deutschlands. So berichtet S. MÜLLER (mündl. Mitt. 1967) von ähnlichen Böden des Rheintales bei Karlsruhe. Es wird empfohlen, solche Böden Auenpseudogley oder Vegetationspseudogley bzw. Pseudogley-Vegetation (Subtyp) zu nennen. S. MÜLLER hat im Rheintal ferner Auenböden gefunden, die Pseudovergleyung und Vergleyung bei einem typischen Grundwassergang der Auen zeigen und auch überstaut werden. Bei einer solchen komplizierten Profilgestaltung, die teils im Einklang und teils im Widerspruch zum gegebenen Wasserregime steht, sollte man allgemein von Auenböden sprechen und das Weitere beschreibend erläutern.

Schwarzerdeartiger Auenboden

E. OSTENDORFF und F. BEINROTH (1964) haben vorgeschlagen, den schwarzerdeartigen Auenboden (oder Auenschwarzerde) bodensystematisch zu den Schwarzerden, also in die Klasse der A - C - Böden, zu stellen. Der Arbeitskreis kann dem nicht beipflichten, da die in verschiedenen Klimaten vorkommenden schwarzerdeartigen Auenböden eine eigene Genetik besitzen, die von der der Schwarzerde abweicht. Schon die eingehende Untersuchung der schwarzerdeartigen Auenböden von Obermedlingen durch F. KOHL, F. VOGEL und F. WACKER (1954) haben das bewiesen.

Der Name "Auenschwarzerde" ist nicht besser als die bisher gebrauchte Bezeichnung "schwarzerdeartiger Auenboden": Auch die von G. ROESCHMANN (mündl. Mitt. 1969) vorgeschlagenen Namen "grauschwarzer Auenboden" und "schwarzer Auenboden" befriedigen

nicht ganz. In der Tschechoslowakei gebraucht man für die aus einem Anmoorstadium entstandenen, schwarzen Böden des Elbtales den Namen "Tschernitza" (von tschech. tscherni = schwarz (M. Džatko 1969). Das dürfte eine gute neutrale Bezeichnung sein, die aber der Arbeitskreis noch akzeptieren muß.

Zur Gliederung der Auenböden

H. WICHTMANN hat 1966 einige Vorschläge "Zur Systematik der Auenböden" gemacht, die vom Arbeitskreis eingehend diskutiert worden sind. Mit Rücksicht auf die geltenden Regeln der Systematik fanden diese Vorschläge keine Zustimmung. U. a. hatte WICHTMANN empfohlen, Bodensediment und Gesteinsmaterial als Ausgangssubstrat des Auenbodens in jedem Falle das Horizontsymbol M zu geben, wogegen der Arbeitskreis das Symbol M nur für Bodensediment gebrauchen möchte, Gesteinsmaterial hingegen mit C bezeichnen will wie bisher.

Mangan-Auenboden

Th. DIEZ (1966) hat im Tal der Rednitz und Pegnitz einen durch Mangan dunkel gefärbten Auenboden gefunden, der als Subvarietät bei den Auenböden stehen soll.

Klasse der Gleye

Pelosol-Gley

Th. DIEZ (1966) hat auf Meßtischblatt Ansbach-Süd in flachen Hangmulden, in die von drei Seiten Wasser zusammenzieht und die ständig ausreichend Grundwasser für Dauergrünland besitzen, einen Pelosol-Gley auskartiert, der aus Keuper-Ton entstand. Dieser Boden gilt als Subtyp des Gleyes; er ist schon in unserer Systematik aufgeführt und nun auch in Süddeutschland nachgewiesen.

Sapropel-Gley

Wenn ein Sumpften aus gipshaltigem Keuperton mit organischer Substanz sich in muldiger Lage befindet, in der sich Wasser zusammenzieht, so ist die Bezeichnung Sapropel-Gley am Platze; er ist ein Subtyp des Gleyes (S. MÜLLER, 1963).

Gleye, reich an organischer Substanz

Auf Maßtischblatt Landsberg/Lech hat Th. DIEZ (1967) drei neue Subtypen des Gleyes gefunden:

- a) Rendzina-Gley,
- b) Humusreicher Gley,
- c) Kalk-Anmoorgley.

Von a) zu c) steigt der Grundwasserspiegel. Der Rendzina-Gley unterscheidet sich von der Borowima durch einen höheren und weniger schwankenden Grundwasserspiegel. Die Subtypen wurden der Systematik eingegliedert.

G. RÜCKERT (1967) hat auf Blatt Marktschwaben (1:25 000) einen humusreichen Gley (< 15% Humus) kartiert, der von Th. DIEZ (1967) auch auf Blatt Landsberg/Lech festgestellt wurde. Nach den mit W. BADEN vereinbarten Änderungen bezüglich der Abteilung "Moore" würde dieser Gley mit < 15% Feuchthumus nunmehr ein Anmoorgley sein. Damit muß sich der Arbeitskreis noch beschäftigen.

Gleye in muldigen Lagen

Bei der Bodenkartierung, besonders in kleinerem Maßstab als 1:5 000, ist es oft nicht möglich, die nassen Böden in tieferen Geländelagen (Mulden, Dellen, Tälchen) ihrem Wasserregime entsprechend auszugrenzen. Vor allem finden wir solche Böden häufig im deutschen Mittelgebirge, wie das E. KLAPP und Mitarbeiter gezeigt haben. In solchen Fällen sollte man zweckmäßige Kartiereinheiten bilden, wie Mulden-Gley, Dellen-Gley, Tälchen-Gley oder zusammengefaßt z. B. "Gleye und Pseudogleye tieferer Geländelagen". W. LAATSCH (1957) hat früher schon einen Mulden-Gley vorgeschlagen.

Klasse der Böden der Quellbereiche

In der Abteilung der semiterrestrischen Böden wird eine neue Klasse eingefügt, die "Böden der Quellbereiche". Darunter sind Böden zu verstehen, die im Bereich von Quellaustritten infolge starker und meist ständiger Vernässung entstehen. Zwar ist die Verbreitung der hier entstehenden Böden gering, jedoch die Zahl der möglichen Typen groß. S. MÜLLER (mündl. Mitt. 1965) hat bereits den Typ "Quellwasser-Rendzine" kartiert. Weitere Typen dieser Klasse werden vermutlich bald bekannt werden.

Klasse der Marschen

Für die systematische Gliederung der Marschen sind in den letzten Jahren von zwei Seiten neue Vorschläge gemacht worden. Die Bodenkundler der Geologischen Ämter Niedersachsens und Schleswig-Holsteins verwenden Tideflußmarsch statt Flußmarsch. Der Arbeitskreis ist der Meinung, daß für diese Namensänderung kein Zwang vorliegt. Der Begriff Flußmarsch beinhaltet definitionsgemäß das Wort "Tide".

Ferner haben D. SCHROEDER und G. BRÜMMER (1969) ein neues Gliederungsprinzip für die Marschen vorgeschlagen, das auf dem Material beruht, und zwar Salzmarsch (= Vorlandmarsch), Kalkmarsch (= Seemarsch), Kleimarsch (= entkalkte See- und Brackmarsch), Knickmarsch (= verknickte Brackmarsch) und Torfmarsch (= Moormarsch). W. MÜLLER, der bekanntlich vor etwa zehn Jahren eine Gliederung der Marschen vornehmlich nach dem Mengenverhältnis der sorbierten Kationen vornehm, und D. SCHROEDER wollten ihre Gliederungsvorschläge diskutieren und möglichst angleichen. Das steht noch aus. Eine Vereinbarung über die Gliederung der Marschen wäre dringend notwendig, da die Kartierung des Küstensaumes der Nordsee in vollem Gange ist. Der Arbeitskreis ist im Hinblick auf die weit fortgeschrittene Marschenkartierung der Auffassung, daß man bei der eingeführten systematischen Gliederung und den Namen bleiben soll. Denn würde man Gliederung und Namen jetzt ändern, so würde sicher Verwirrung entstehen, und das ist nicht tragbar. Abgesehen davon ist die von SCHROEDER vorgeschlagene Einteilung auch logisch und gut; es gibt bekanntlich in der Bodensystematik verschiedene Lösungen.

Klasse der semiterrestrischen anthropogenen Böden

R. FLEISCHMANN (1963) hat vorgeschlagen, eine kalkhaltige und eine kalkfreie, umgespittete (umgespatete) Marsch bodensystematisch zu berücksichtigen. Das kann geschehen, indem in der Klasse der anthropogenen semiterrestrischen Böden diese speziellen Marschen aufgeführt werden.

Abteilung der Moore

W. BADEN hat 1968 neue Vorschläge zur Gliederung der Moore gemacht. Der Arbeitskreis hat darüber eingehend diskutiert, vor allem hat er versucht, die in erster Linie von praktischen Überlegungen konzipierte Gliederung mit unseren bodensystematischen Kriterien in Einklang zu bringen. Die Typenbezeichnungen "Niedermoor", "Hochmoor" und "Übergangsmoor" bleiben bestehen. In der Subtypen-Kategorie spricht BADEN von "Hochmoortorf" und "Niedermoortorf". Diese Bezeichnungen wären nach den Regeln unserer Systematik nur vertretbar, wenn es sich um tiefere Horizonte handelt, z. B. "Hochmoor über Übergangsmoortorf".

Die systematische Gliederung der Moore erfolgt nach der pflanzlichen Zusammensetzung, nach der Mächtigkeit und nach dem Untergrund. Darüber wurden zunächst keine Vereinbarungen mit BADEN getroffen. BADEN hat eine Gliederung nach praktischen Gesichtspunkten vorgenommen, die aber der Systematik nicht zuwiderläuft.

Schwierig ist die Abgrenzung der anmoorigen Böden vom Moor.

Unter Anmoor versteht BADEN einen unter hohem Grundwasser entstandenen Bodentyp mit 15 - 30% organischer Substanz in der trockenen Bodenmasse oder mit einer Torfdecke bis zu 20 cm Mächtigkeit. Die Böden mit geringmächtiger Torfdecke werden deshalb zum Anmoor gestellt, weil beim Umbruch eine Mischung mit dem Mineraluntergrund erfolgt und so künstlich ein "Anmoor" entsteht. Diese Böden sollen nach der Empfehlung von BADEN bei den Mooren stehen. Indessen sollen grundwassernahe Böden mit hohem Anteil (aber nicht über 15%) an Feuchthumus als Anmoor-Gley bezeichnet werden und bei den Semiterrestrischen Böden stehen. Dieser Subtyp würde mithin

den Übergang zwischen Gley und Anmoor darstellen. Bei dieser Konzeption würde der Moorgley wegfallen und eine Verschiebung der Böden mit hohem Anteil an Feuchthumus in die Moor-Abteilung stattfinden. Wenn die Moor-Spezialisten das so für richtig halten, dann sollten wir dem folgen. Mir persönlich hat die bisherige Konzeption besser gefallen, nach der Anmoor als Anmoorgley, ferner Moorgley bei den Semiterrestrischen Böden standen.

Mit W. BADEN wurde auch die Klasse der "Anthropogenen Moore" diskutiert. Für die Zuordnung der Moore zu dieser Klasse soll, wie bei den Mineralböden, die Umgestaltung des Profils (einschl. Materialbeimischung) entscheidend sein, wie Torfabbau, Bedeckung und Einmischung von Sand oder einer anderen Bodenart sowie Umpflügen. Bei einer geringen Auf- oder Einbringung von Sand oder einer anderen Bodenart soll noch eine Zuordnung in die Klasse der "Natürlichen Moore" erfolgen. Erst eine Auf- oder Einbringung von mehr als 10 - 20 cm Sand oder einer anderen Bodenart soll eine Zuordnung zu den "Anthropogenen Mooren" rechtfertigen. Die Mächtigkeit des Fremdmaterials kann nicht starr festgelegt werden, weil die Art des aufgebrauchten Materials (vor allem dessen Tonanteil) auf die Änderung der Mooreigenschaften großen Einfluß hat; z. B. wirken 10 cm sandiger Lehm ähnlich wie 20 cm Sand. Ferner ist bei eingemischtem Material die ehemalige Mächtigkeit (bei der Aufbringung) schwer abschätzbar. Deshalb muß ein gewisser Spielraum für die Zuordnung gewahrt bleiben.

ALLGEMEINES ZUR BODENSYSTEMATIK

Öko-Serie

S. MÜLLER (1967) und G. SCHLENKER haben vorgeschlagen, für die Kartierung der Waldböden den Begriff "Öko-Serie" einzuführen. Diese umfaßt unabhängig von der bodentypologischen Zuordnung Böden, die als Standort der Waldbäume gleiche oder ähnliche Wuchsbedingungen besitzen. Eine Öko-Serie kann verschiedene Bodentypen oder Subtypen in sich vereinigen, die auf die Wald-

bäume eine gleiche Wirkung (Effekt) ausüben. Natürlich kann man für alle Pflanzen, also nicht nur für die Waldbäume, Öko-Serien aufstellen. Der Arbeitskreis empfiehlt auf Vorschlag von S. MÜLLER, die genetische Bodensystematik und die Ökologie getrennt zu betrachten. Das schließt nicht aus, daß das Gerippe der Bodenkartierung bodensystematisch orientiert sein soll, besonders das der kleinmaßstäblichen Karten, indessen die Kartiereinheiten nach ökologischen Gesichtspunkten gebildet werden müssen. Wenn wir in Zukunft bei der bodensystematischen Auffächerung nur bis zum Subtyp gehen wollen, so wird der Bildung von Kartiereinheiten, die ökologische Eigenschaftskomplexe darstellen sollen, volle und freie Entfaltung gewährleistet.

Trophie

E. v. ZEJSCHWITZ (mündl. Mitt. 1967) hat vorgeschlagen, die Trophie, die nach seiner Definition in der Humusform und im C/N-Verhältnis der organischen Bodensubstanz ihren Wertmesser hat, in der Kategorie der Varietät zu berücksichtigen. Bekanntlich wird die Trophie des Bodens nicht einheitlich definiert. W. L. KUBIENA (1953) sieht darin die gesamte Nährkapazität des Bodens, andere dagegen nur den Basengehalt. In den Regeln der Systematik ist vorgesehen, die Humusform für die Bildung und Benennung bestimmter Subtypen heranzuziehen, z. B. Moder-Rendzina, dagegen wird die genauere Kennzeichnung der organischen Substanz, z. B. Mächtigkeit des humosen Oberbodens und das C/N-Verhältnis, in der Subvarietät berücksichtigt. Der Arbeitskreis empfiehlt, bei dieser Zuordnung zu bleiben.

Paläosole

J. FINK (1968) hat auf die Bedeutung der Paläosole für die Quatärstratigraphie und Paläoklimatologie hingewiesen. Der Arbeitskreis hat geprüft, ob wir heute schon in der Lage sind, eine Bodensystematik der Paläosole des Quartärs zu erarbeiten. Da die Bodenbildung des letzten Interglazials, des letzten Glazials und des Postglazials ein Kontinuum darstellt, das noch nicht ausreichend genau in Bildungsabschnitte aufgeteilt werden kann, ist es heute

noch verfrüht, bodensystematisch an diesen Komplex heranzugehen. Ferner müßte in diesem Zusammenhang geprüft werden, ob und gegebenenfalls wie die Paläosole und Plastosole bodensystematisch zu vereinigen wären. Bisher gibt es noch keine Klasse der Paläosole.

Ackerkultur und Bodensystematik

E. SCHLICHTING hat 1968 in einem Vortrag in Gießen vorgeschlagen, daß in der Systematik auch der durch den Ackerbau bedingte Kulturzustand des Bodens Berücksichtigung finden müsse. Grundsätzlich wäre das zwar in der Subvarietät möglich, indessen würde man damit die Bodensystematik überlasten. Im Hinblick auf das Bestreben, vorerst die systematische Gliederung nur bis zum Subtyp vorzunehmen, empfiehlt der Arbeitskreis, die vielseitigen Einflüsse der Bodenbewirtschaftung jeweils beschreibend darzustellen. Das schließt natürlich nicht aus, in der genauen Kennzeichnung einer Subvarietät Humusgehalt, Krümmenmächtigkeit u. a. anzugeben.

Bodensystematik Ostdeutschlands

E. EHWALD (1965) hat zusammen mit D. KOPP, I. LIEBEROTH und W. SCHWANECKE für Ostdeutschland eine Bodensystematik entworfen, die insofern von unserer Systematik abweicht, als geologische und lithologische Faktoren in höherem bodensystematischen Niveau berücksichtigt werden, wogegen in unserer Systematik bis zur Subvarietät einschließlich die pedogenen Faktoren die Gliederung bestimmen und die lithogen und geogen bedingten Faktoren (Bodenart, Gestein, geologische Vorgänge, z. B. Solifluktion) zusammen überwiegend in die Kategorie der "Form", teils des Subtyps, gestellt werden. In unserer Systematik wird dieses Prinzip insofern durchbrochen, als einige Bodentypen (Rendzina, Pelosol) gesteinsbedingt sind. Das Gestein hat zwar in jedem Falle Einfluß auf die Bodenbildung, jedoch ist es nur in den Fällen entscheidend für die bodensystematische Stellung, wenn es eindeutig und allein einen Bodentyp genetisch bedingt.

Die ostdeutschen Bodenkundler haben sich im Übrigen im wesentlichen an die Bodennamen unserer Systematik gehalten. Da die Fort-

Entwicklung einer Bodensystematik ständiger Diskussion bedarf, ist der geringe Kontakt mit den ostdeutschen Kollegen bedauerlich.

Klima und Bodensystematik

Der Arbeitskreis hat die Frage diskutiert, ob man das Klima mehr als bisher in die Bodencharakterisierung und in die Systematik einbeziehen sollte. Nach eingehender Diskussion kam er zu der Überzeugung, daß man die Bodensystematik damit nicht belasten sollte, denn das Klima findet in der klimaabhängigen Bodenentwicklung Ausdruck; im Übrigen sollte man es als selbständigen Standortfaktor betrachten. Wohl sollten wie bisher die durch das örtliche Klima besonders geformten Bodentypen herausgestellt werden, wie die vielen alpinen Typen, ferner der Xeroranker, die Xerorendzina und die Xeroperarendzina (oft mit Trockenmoder), die auf sonnigen Hanglagen, Rücken und Kuppen auftreten.

Neuer Klassifizierungsvorschlag

D. SCHROEDER hat 1967 vorgeschlagen, die durch Grundwasser und Stauwasser geprägten Bodentypen gemeinsam als "Hydromorphe Böden" in der höchsten Kategorie der Bodensystematik einzuordnen. Im Übrigen bringt sein Vorschlag hinsichtlich der Typen nichts Neues. Der Arbeitskreis wird sich damit zu befassen haben, ob die Pseudogleye zu den Semiterrestrischen Böden gestellt werden können.

Ferner hat D. SCHROEDER in seinem neuen Buch "Bodenkunde in Stichworten" (1969) eine neue morphogenetische Klassifizierung der Böden vorgeschlagen, in welcher lediglich die bekannten Bodentypen in vier hohe Kategorien zusammengefaßt werden: Lithomorphe Böden, Klimaphytomorphe Böden, Hydromorphe Böden, Anthropomorphe Böden. Wenn auch diese Gruppierung logisch und gut ist, so ist aber doch das Abweichen von der durch die Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft vorgeschlagenen Systematik im Hinblick auf die fachliche Verständigung bedauerlich.

Ausblick

Ich habe nur die wichtigsten Fortschritte der Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland mitgeteilt. Gewiß sind mir nicht alle Beobachtungen von neuen Bodentypen bzw. Subtypen bekannt geworden. Für jede Mitteilung und Mitarbeit ist der Arbeitskreis für Bodensystematik dankbar. Wie in den vergangenen Jahren, so wird der Arbeitskreis auch in Zukunft zu jeder Sitzung einige Bodenkundler einladen, damit diese ihre neuen Beobachtungen und Erkenntnisse vortragen können. Wir wollen weiterhin und so schnell wie möglich die Systematik durch neue Typen bzw. Subtypen bereichern. Der Arbeitskreis beabsichtigt, das Buch "Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland" in zweiter, neu bearbeiteter Auflage herauszugeben, wobei einige, weniger bedeutende Profile weggelassen und dafür neue, bedeutendere eingefügt werden. Eine wichtige Aufgabe wird dabei sein, für die wichtigsten Typen weitere physikalische, chemische und biologische Daten mitzuteilen; möglichst sollen solche Daten eine quantitative Charakteristik der Horizontfolge des ganzen Profils geben.

Für die Zukunft wäre folgendes anzustreben: Analog zu der Zentrale für die Sammlung, Zulassen und Registrierung von Boden-Serien in den USA sollte man in unserer Bundesrepublik ein Geologisches Landesamt damit betrauen, die Bodentypen und Subtypen sowie nötigenfalls auch niedere Kategorien der Systematik zu sammeln, zu registrieren und regelmäßig bekanntzugeben, damit eine zielgerichtete Entwicklung der Bodensystematik gewährleistet ist. Das bedeutet keine Beschneidung der freien wissenschaftlichen Arbeit, denn jedem soll und muß das Urheberrecht seiner Beobachtungen und Forschungsarbeit garantiert sein. Welche Bedeutung dieses Vorgehen für eine einheitliche Bodenkarten-Gestaltung hat, erübrigt sich zu sagen. Darüber hinaus ist aber die eindeutige Stellung eines Bodens in der Systematik die Basis für die Entnahme von Proben für Laborarbeit jeglicher Art. Ist die Probenahme falsch, so besitzt die mühsame Laborarbeit wohl in sich ihren vollen Wert, aber nur halben oder noch weniger Wert für die Übertragung der Ergebnisse auf bestimmte Bodenbereiche. Man muß eben sicher wissen, für welche Böden die Laborergebnisse Gültigkeit haben, und die Anleitung dafür gibt eine stetig und gut ausgebaute Bodensystematik.

LITERATURVERZEICHNIS

- ALTEMÜLLER, H.-J.: Bodentypen aus LÖB im Raume Braunschweig und ihre Veränderungen unter dem Einfluß des Ackerbaues. Diss. Bonn 1957.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT Die Bodenkarte i. M. 1 : 25 000.
Bodenkunde der Geol. Landesämter und der
Bundesanst.f.Boden- Niedersächsisches Landesamt für
forschung der BRD : Bodenforschung, Hannover 1965.
- BÄDEN, W.: Stellung von Moor und Anmoor in einer
Systematik der Böden Deutschlands und ihre
zeitgemäße Nutzung.
Mitt. DBG 8, 201-221, 1968.
- BARGON, E.: Über die Entwicklung von Lockerbraunerden
aus Solifluktionmaterial im vorderen
Odenwald.
Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., 90,
229-243, 1960.
- BRUNNACKER, K.: Die Lockerbraunerde im Bayerischen Wald.
Geol. Bl. NO Bayern, 17, H. 2, Erlangen 1965.
- DIEZ, Th.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern
1 : 25 000, Blatt Nr. 6729 Ansbach Süd.
München 1966.
- DIEZ, Th.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern
1 : 25 000, Blatt Nr. 9731 Landsberg a. Lech.
München 1967.
- EHWÄLD, E.: Die neue amerikanische Bodenklassifikation.
Sitzungsberichte, 14, H. 12, Berlin 1965.
- FINK, J.: Paläopedologie, Möglichkeiten und Grenzen
ihrer Anwendung.
Z. Pflanzenern., Bodenk., 121, 19-33, 1968.
- FLEISCHMANN, R. und Die Entstehung und Entwicklung der umge-
H. VOIGT: spalteten Böden im Küstenmoor des Jadebusens.
Mitt. DBG 1, 41-51, 1963.
- JERZ, H.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern
1 : 25 000, Blatt Nr. 8134 Königsdorf.
München 1968.
- KOHL, F., VOGEL, F. Vergleich zwischen bodenkundlicher und
und F. WACKER: pflanzensoziologischer Kartierung.
Landw.Jb. Bayern 31, H.9/10, 1954.

- KUBIENA, W. L.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart 1953.
- KUBIENA, W. L.: Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lößböden. Eiszeitalter und Gegenwart, 7, 102-112, 1956.
- LAATSCH, W.: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden, 4. Aufl. Dresden und Leipzig 1957.
- MOLL, W.: Problematik rubifizierter und lessivierter Böden aus alpinem Material. Habilitationsschrift Freiburg/Br. 1966.
- MÜCKENHAUSEN, E., in Zusammenarbeit mit F. Heinrich, W. Laatsch und F. Vogel: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt/M. 1962.
- MÜLLER, S.: Der Sumpfton im württembergischen Gipskeuper. Mitt. DBG 1, 1963.
- MÜLLER, S. u.a.: Südwestdeutsche Waldböden im Farbbilde. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, 23, Stuttgart 1967.
- OSTENDORFF, E. und BEINROTH, F.: Aueschwärzerden. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., 106, 97-107, 1964.
- PLASS, W.: Braunerden und Parabraunerden in Nordhessen. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., 114, 12-26, 1966.
- RÜCKERT, G.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern 1 : 25 000, Blatt Nr. 7837 Markt Schwaben. München 1967.
- SCHOLZ, H.: Tonverlagerung in einigen südwestafrikanischen Böden. Mitt. DBG, 4, 1965.
- SCHÖNHALS, E.: Spätglaziale äolische Ablagerungen in einigen Mittelgebirgen Hessens. Eiszeitalter und Gegenwart 8, 5-17, 1957.
- SCHROEDER, D.: Zur Klassifizierung hydromorpher Böden. Z. Pflanzenern., Bodenk. 116, 199-207, 1967.
- SCHROEDER, D.: Bodenkunde in Stichworten, Kiel 1969.

- SCHROEDER, D. und
G. BRÜMMER: Beiträge zur Genese und Klassifizierung
der Marschen. I. Problematik der Marschen-
Genese und -klassifizierung und Untersuchun-
gen zum Ca/Mg-Verhältnis.
Z. Pflanzenern., Bodenk., 122, 228-249, 1969.
- SCHWERTMANN, U.: Freie Oxide des Al, Fe und Mn.
Mitt. DBG, 6, 41-44, 1967.
- SEMML, A.: Junge Schuttdecken in hessischen Mittel-
gebirgen. Notizbl. Hess. Landesamt für
Bodenforschung, Wiesbaden, 92, 275-285, 1964.
- STÖHR, W. Th.: Die Böden des Landes Rheinland-Pfalz.
Mitt. DBG, 6, 17-30, 1967.
- STREMME, H.: Die Böden des Deutschen Reiches und der
Freien Stadt Danzig. Erläuterungen zur
Übersichtsbodenkarte 1 : 1 000 000 des
Deutschen Reiches und der Freien Stadt
Danzig. Petermanns Mitt. Ergänzungsheft
226, Gotha 1936.
- WERNER, J.: Grundzüge einer regionalen Bodenkunde des
südwestdeutschen Alpenvorlandes.
Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ.,
17, 1964.
- WICHTMANN, H.: Zur Systematik der Auenböden.
Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk., 114, 50-57,
1966.
- ZÖTTL, H.: Zur Entwicklung der Rendzien in der sub-
alpinen Stufe. I. Profilmorphologie.
Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenkunde, 110,
109-114, 1965 (1965 a).
- ZÖTTL, H.: Zur Entwicklung der Rendzien in der sub-
alpinen Stufe. II. Chemisch-biologische
Dynamik.
Z. Pflanzenern., Düngung, Bodenkunde, 110,
115-126, 1965 (1965 b) .
- Džatko, M.: Zur Klassifikation und Nomenklatur der Böden
aus Flußablagerungen der Donauebene.
Vydavateľstvo Slovenskej Akadémie Vied,
Bratislava, 1969.

Ein Vorschlag zur Klassifizierung der Böden unter
morphogenetischen Aspekten

von D. Schroeder *)

Das bereits bei der Klassifizierung hydromorpher Böden zugrunde gelegte morphogenetische Prinzip (SCHROEDER, 1967) sollte auch bei der Gruppierung nicht hydromorpher Böden Anwendung finden. Es besagt, daß die Morphe des Bodens, die als Integral aller Bodenmerkmale aufgefaßt werden kann, das Ergebnis der Pedogenese ist. Diese Morphogenese des Bodens wird durch eine Kausalkette gekennzeichnet, in der verschiedene F a k t o r e n der Pedogenese bestimmte P r o z e s s e auslösen, die zu unterschiedlichen M e r k m a l e n führen. Die Bodenmerkmale sind

lithogen, wenn sie vom Ausgangsgestein herkommen und durch Prozesse der Verwitterung und Mineralneubildung geformt sind;

phytogen, wenn sie vom pflanzlichen Ausgangsmaterial herkommen und bei ihrer Entstehung die Vorgänge der Verwesung und Humifizierung mitgewirkt haben;

klimatogen, wenn sie durch klimabedingte Perkolations- und Ascensionsverlagerung gebildet wurden;

hydrogen, wenn durch Grund- und Stauwasser bewirkte Redox- und Diffusionsprozesse die Ursachen waren;

anthropogen, wenn sie auf die Tätigkeit des Menschen zurückzuführen sind und ihre Entstehung den durch ihn verursachten Prozessen (vor allem Durchmischungsvorgänge) verdanken.

Je nach Dominanz der verschiedenen Bodenmerkmale werden die Böden wie folgt bezeichnet und gruppiert:

*) Prof. Dr. Diedrich Schroeder, Universität Kiel, Olshausenstr.40-60

Lithomorphe Böden, deren Morphe vorherrschend durch lithogene Merkmale geprägt ist;

Klimaphytomorphe Böden mit dominierenden klimatogenen und phytogenen Merkmalen, die wegen der engen Beziehung zwischen Klima und Vegetation stets miteinander gekoppelt sind;

Hydromorphe Böden, bei denen die durch Grund- und Stauwasser geprägten hydrogenen Merkmale vorherrschen;

Anthropomorphe Böden mit dominierenden anthropogenen Merkmalen.

Es wird vorgeschlagen, daß diese vier Bodengruppen die vier Abteilungen in der obersten Kategorie eines Klassifizierungssystems bilden sollen. Die weitere Unterteilung und die Zuordnung der wichtigsten Bodentypen zu den Abteilungen ist der Tabelle zu entnehmen.

Die vorgeschlagene Gruppierung der Böden wird mit der verschiedenen neuerer Klassifizierungssysteme verglichen; die unterschiedlichen Ordnungsprinzipien dieser Systeme werden kritisch beleuchtet. Abschließend wird auf die Möglichkeiten hingewiesen, mit Hilfe der numerisch-taxonomischen Analyse eine objektive Prüfung durchzuführen, inwieweit die in verschiedenen Klassifizierungssystemen gewählten Kriterien eine treffende Gruppierung der Böden ermöglichen.

LITERATUR

- SCHROEDER, D.: Zur Klassifizierung hydromorpher Böden.
Z. Pflanzenern. und Bodenk. 116, 199-207, 1967.

Gruppierung der wichtigsten Bodentypen in einem morphogenetischen Klassifizierungssystem

<u>Lithomorphe Böden</u>		<u>Klimaphytomorphe Böden</u>			<u>Hydromorphe Böden</u>		<u>Anthropo-</u> <u>morphe</u> <u>Böden</u>
(A) - C	A - C	mit Perkolatation		mit Ascension	Stauwasser	Grundwasser	
		im gemäßigten Bereich	im trop. und subtrop. Bereich	im ariden Bereich			
Syrosem	Ranker	Tschernosem	Latosol	Solontschak	Pseudogley	Aue	Plaggensch
Römark	Rendzina	Braunerde	Plastosol	Solonez		Marsch	Hortisol
Yerma	Pelosol	Lessivé	Terra rossa			Gley	Rigosol
	Vertisol	Podsol	Terra fusca			Moor	Kultosol



Gedanken zur Bildung von Bodengesellschaften

von G. Schaffer *)

Wenn gleich zu Beginn des Referates ein Schema (Abb. 1) über die Grundlagen der Bodenklassifikation präsentiert wird, so nur deshalb, damit das Problem, um das es hier geht, im Gedankengebäude der Bodenkunde genauer lokalisiert werden kann.

Jede Klassifikation, soweit sie sich der induktiven Methodik bedient, geht von der Grundeinheit der Feldeaufnahme, dem Pedon, aus.

Die bodengenetische Klassifikation bedient sich bodeneigener Merkmalskombinationen und kommt so zu einem hierarchisch geordneten System, das mit der lokalen Bodenform beginnt und über die Varietät, Typ, Klasse zur Abteilung führt. Der Boden in diesem Klassifikationssystem ist eine nicht flächenbezogene Systemeinheit.

Die bodengeographische Klassifikation muß ebenfalls von der kleinsten Einheit, dem Pedotop (nach HAASE, 1964) ausgehen. Dieser Pedotop ist gekennzeichnet durch Flächenhomogenität. Der Boden ist hier ein in sich homogener Teil des flächenbezogenen Kontinuums und damit kartierbar.

Der Vollständigkeit halber sei noch auf die Bodeneignungsklassifikation hingewiesen. Hier kommt es nicht auf die Vollständigkeit einer korrelativen Merkmalskombination an, sondern die Klassifikation erfolgt aufgrund von wenigen wichtigen Bodennutzungseigenschaften. Der Boden als Klassifikations- und Kartiereinheit ist hier lediglich eine homogene, mehr oder weniger nutzungsgesegnete Bodenfläche. Berücksichtigt man noch zusätzlich notwendige

*) Technische Universität Braunschweig, Pockelsstr. 4

meliorative Maßnahmen, wie z. B. Entwässerung, Entsteinung, Entbuschung etc., die für eine optimale landwirtschaftliche Bodennutzung vorausgesetzt werden, dann haben wir es mit der Landklassifikation zu tun. Der Boden als Kartiereinheit ist hier eine potentielle Landnutzungsfläche.

Obwohl das Schema in Abb. 1 mit den nach außen zeigenden Pfeilen ein radial auseinanderstrebendes Bild vermittelt, ist ein innerer Zusammenhang zwischen den Kategorien verschiedener Klassifikationssysteme vorhanden. Da z. B. einem bestimmten Bodentyp als bodengenetische Kategorie auch ein bestimmtes Leistungspotential zugeordnet werden kann, ergibt sich eine Querverbindung von der bodengenetischen Klassifikation zu der Bodeneignungsklassifikation; wie es auch in der Bodenschätzung zum Tragen kommt. Die Querverbindung von der bodengenetischen zur bodengeographischen Klassifikation ist jedoch wesentlich diffiziler, so daß hier etwas genauer darauf eingegangen werden muß, zumal diese Art des Vorgehens zur weiteren Präzisierung der hier zur Rede stehenden Problemstellung beiträgt.

Gehen wir nochmals von der Grundeinheit der Feldaufnahme aus. Die erste und kleinste Kategorie in der genetischen Systematik ist die Bodenform. Sie entspricht weitgehend dem Pedotop als gleichrangige bodengeographische Kategorie, d. h. genauer gesagt, der Pedotop als homogene Fläche kann mit der Systemeinheit "Bodenform" charakterisiert und gekennzeichnet werden. Nehmen wir nun eine höhere Kategorie der genetischen Systematik, z. B. den Bodentyp oder die Bodenklasse, so ist eine entsprechende Zuordnung zu einer höheren Kategorie der bodengeographischen Klassifikation nicht möglich. Hier ist die Bildung von Bodengesellschaften erforderlich. Diese weisen eine Heterogenität auf, da sie z. B. aus verschiedenen Bodenformen bzw. verschiedenen Pedotopen zusammengesetzt sind, die außerdem im hierarchischen System der genetischen Klassifikation weit auseinander stehen können bzw. genetisch nicht verwandt sein brauchen.

Die praktische Frage lautet hier deshalb: auf welche Art und Weise sollen Bodengesellschaften gebildet werden, wenn eine Kartierung im Maßstab 1 : 200 000 beabsichtigt ist.

Aus Gründen der Darstellbarkeit sind Bodenformen als Kartierungseinheiten zu klein und mit höheren Kategorien aus der genetischen Systematik (z. B. Bodentyp) kann die bodengeographische Wirklichkeit nicht adäquat wiedergegeben werden.

Diese zentrale Frage läßt sich in zwei Teilfragen auflösen:

1. Welche Kriterien sind für die Bildung von Bodengesellschaften heranzuziehen?
2. Wie kann die Heterogenität der Gesellschaftseinheit qualitativ und quantitativ charakterisiert werden?

ad 1. Wenn man nach Kriterien für die Bildung von Bodengesellschaften verschiedenen Ranges sucht, sind folgende Überlegungen vorzuschicken:

- a) Die Bildung einer Bodengesellschaft setzt eine gewisse Regelmäßigkeit (Muster) im Auftreten der Pedotope voraus (z. B. Catena, Toposequenz etc.)
- b) Eine Bodengesellschaft muß gegen eine benachbarte Gesellschaft einen deutlichen Wechsel im Gefüge (Muster) aufweisen, damit eine Abgrenzung möglich ist.

Wenn man diese Überlegungen als richtig unterstellt, dann sind im konkreten Fall folgende Abgrenzungskriterien heranzuziehen:

Geologische Verhältnisse (Petrographie, Stratigraphie,
Tektonik)

Relief

Bodenwasserhaushalt

Landschaftsgeschichte

Vegetation

Klima

In der Regel werden diese Kriterien in der aufgeführten Reihenfolge mit abnehmendem Maßstab einzusetzen sein. Das heißt, daß

z. B. bei der Kartierung 1 : 200 000 vornehmlich die geologischen Verhältnisse und das Relief zur Abgrenzung von Bodengesellschaften heranzuziehen sind. Aber auch der Bodenwasserhaushalt und in gewissen Fällen auch die Landschaftsgeschichte können Abgrenzungskriterien sein. Die Vegetation im geobotanischen Sinne und das Großklima hingegen, werden in der Regel die Abgrenzung von Bodengesellschaften der höheren Rangstufen (Region, Zone) ermöglichen.

Die hier aufgeführten Kriterien sind gleichzeitig Faktoren, die die Landesnatur bestimmen und werden deshalb in Deutschland auch als Abgrenzungskriterien in der naturräumlichen Gliederung verwendet. Daraus ergibt sich in logischer Konsequenz, daß Bodengesellschaften, Gesellschaftsgruppen und Verbände eine weitgehende Flächenkongruenz mit den naturräumlichen Einheiten verschiedener Rangstufe aufweisen müßten. Dieser Gedanke braucht hier jedoch nicht weitergesponnen zu werden.

ad 2. Die zweite Teilfrage war, wie soll die Heterogenität der Bodengesellschaft qualitativ und quantitativ charakterisiert werden.

Hier wird ein Schema (Tab. 1) in Tabellenform präsentiert, das Kriterien zur Kennzeichnung von Bodengesellschaften der niedersten Rangstufe, etwa dem Kartierungsmaßstab 1 : 200 000 entsprechend, enthält. Für Gesellschaftsgruppen, Verbände etc. müßte dieses Schema entsprechend abgewandelt werden.

Dieses Schema enthält die wichtigsten Kriterien, die nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ die Bodengesellschaft charakterisieren. Neben der Art der Vergesellschaftung, die durch die Aufzählung der in ihr vorkommenden Pedotope gekennzeichnet wird, kann durch die Dominanz (den Deckungsgrad) und die Abundanz (Individuenzahl) eine Quantifizierung erfolgen. Durch den Quotienten $3/4$ wird der Zerteilungsgrad und durch den Quotienten $3/6$ das Muster oder die Form des Gesellschaftsgefüges ausgedrückt.

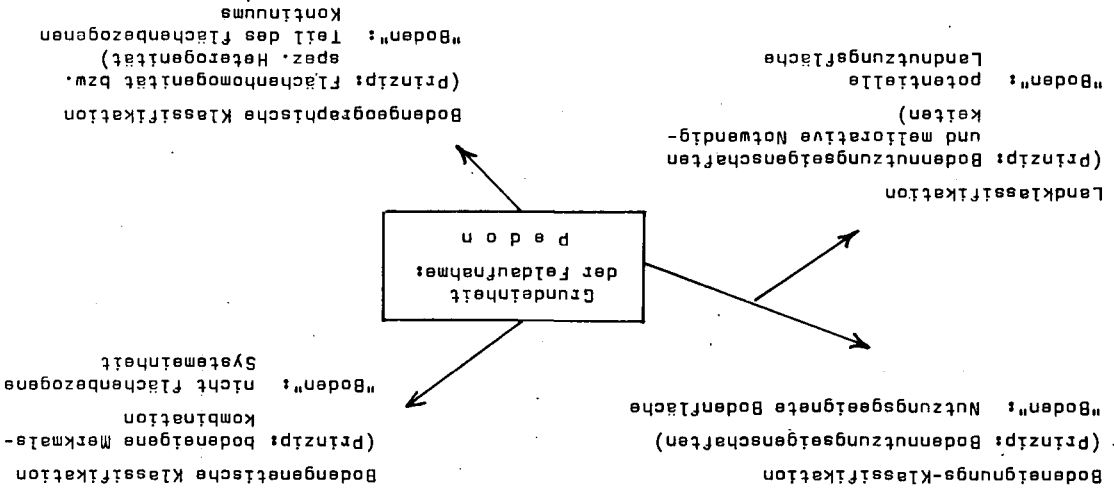
Leider liegen noch nicht genügend Beispiele vor, die die praktische Brauchbarkeit dieses Schemas beweisen könnten. Sicher ist es nicht universell verwendbar, sondern bedarf noch mancher Änderungen. Hierzu wäre kritische Prüfung an anderen Stellen erforderlich.

Wir stehen in der Bodengeographie noch weitgehend am Anfang. Deshalb muß zunächst mit dem Sammeln von Material unter Zugrundelegung einer Arbeitshypothese begonnen werden. Dieses Schema will nicht mehr sein als eine Hypothese, und deshalb ist dieses Referat ausdrücklich als Gedankenbeitrag deklariert.

Folgt man jedoch diesen hier dargelegten Gedankengängen, so erfaßt einem ein mehr oder weniger bestimmtes Unbehagen bei Betrachtung bisheriger Bodenkarten, weil sie meist eine gewisse Inkonsequenz in sich tragen. Sie besteht darin, daß meist boden-genetische und bodengeographische Kategorien vermengt sind. Es besteht deshalb aus diesem Grunde eine zwingende Notwendigkeit für die Klärung dieser Probleme.

Bodenkarten mit definierten Bodengesellschaften werden den unbestreitbaren Vorteil haben, daß sich nicht nur bislang unbekannte Zusammenhänge in der geographischen Verbreitung der Böden klären helfen, sondern daß sie auch unmittelbare Benutzer in der Praxis (z. B. Raumplaner im In- und Ausland) finden werden. Sie werden auch Brückenfunktion zu Nachbardisziplinen (z. B. phys. Geographie) erfüllen.

Abb. 1: Grundlagen der Boden-Klassifikation



Tab. 1: Kriterien zur Kennzeichnung von Bodengesellschaften

1	2	3	4	5	6	7
Boden- gesellschaft	Bodenform (Pedotop)	Fläche der Bodenform	Anzahl der Teilflächen	3/4	Grenzlänge der Bodenform	3/6
Kriterium für:	Art der Vergesell- schaftung	Dominanz (Deckungs- grad)	Abundanz (Indivi- duenzahl)	Zertei- lungs- grad	Flächenform	Muster oder Gefügeform



Gliederung und Beschreibung des Humusprofils

in mitteleuropäischen Wäldern *)

von U. Babel **)

Das Gerüst der Beschreibung des Humusprofils ist die Gliederung in Horizonte. Die Horizonte der Humusaufgabe stellen die von oben nach unten aufeinanderfolgenden Stadien der Zersetzung der Bestandesaabfälle dar. Die mineralischen Humushorizonte kommen durch Einmischungsvorgänge von organischen Materialien in den Mineralboden zustande.

Eine weitgehende morphologische Gliederung und Beschreibung des Humusprofils ist, weil die Morphologie Folge und Ursache bodendynamischer Prozesse ist, von Interesse bei bodenbiologischen Arbeiten sowie bei anderen speziellen Arbeiten über die bodenphysikalischen und die humuschemischen Prozesse im Humusprofil. Die vorgelegten Vorschläge sind dagegen nicht für den allgemeinbodenkundlichen Geländegebrauch gedacht.

Beobachtungen in mitteleuropäischen Wäldern führten zur Auscheidung von 8 Horizonten des Humusprofils. Die Definitionen sind rein morphologisch, also nicht mit genetisch-dynamischen Vorstellungen belastet. Sie halten sich ganz an den Rahmen der L-F-H-Gliederung von HESSELMAN. Es werden möglichst wenige horizontdefinierende Merkmale verwendet (s. Tabelle).

*) Eine ausführliche, illustrierte Veröffentlichung wird an anderer Stelle erscheinen.

**) Dr. U. Babel, Institut für Bodenkunde und Waldernährung der Universität Göttingen, 351 Hann.Münden, Mitscherlichstr.3

		oberirdische Pflanzenreste		organische Feinsubstanz					
		unverändert	verändert	*) 0-10	10-30	30-70	70-90	90-100 (%)	
L	L _n	X							
	L _v		X	(X)					
F	F _r		X		X				
	F _m		X			X			
H	H _r		X				X		
	H _p		(X)					X	
A _h	A _{hh}		(X)		(vielleicht, wechselnde Mengen)				
	A _{hu}								

Tabelle: Definition der Auflagehumushorizonte durch Pflanzenreste und Feinsubstanz.

*) : Die quantitativen Angaben dienen nur der Erläuterung, sie gehören nicht zur Definition!

Als "organische Feinsubstanz" wird das organische Material bezeichnet, an welchem mit bloßem Auge - im Gegensatz zu den "Pflanzenresten" - keine Organ- oder Gewebestrukturen erkennbar sind (oft "amorph" genannt).

L-Horizont (nach HESSELMAN, 1926):

Oberirdische Pflanzenreste ohne quantitativ bedeutend erscheinenden Anteil von Feinsubstanz.

L_n (n: novus, analog C_n):

Oberirdische Pflanzenreste, die gegenüber dem Zustand beim Abfall von der Vegetation unverändert erscheinen.

L_v (v: verändert, analog C_v):

Die Pflanzenreste sind gegenüber dem Zustand beim Abfall von der Vegetation leicht erkennbar morphologisch verändert.

F-Horizont (nach HESSELMAN, 1926):

Oberirdische Pflanzenreste mit geringer bis mittlerer Menge von organischer Feinsubstanz.

F_r (r von Pflanzen-rest):

Oberirdische Pflanzenreste und wenig organische Feinsubstanz.

F_m (m von mittel: mittlere Phase der Zersetzung):

Oberirdische Pflanzenreste und organische Feinsubstanz in etwa gleichen Mengen.

H-Horizont (nach HESSELMAN, 1926):

Oberirdische Pflanzenreste mit wenigen, sehr wenigen oder keinen oberirdischen Pflanzenresten. Mineralische Substanz fehlt oder ist bis zur Hälfte des Substanzvolumens vorhanden.

H_r (r von Pflanzen-rest):

Wenige oberirdische Pflanzenreste.

H_f (f von Feinsubstanz):

Organische Feinsubstanz mit sehr wenigen oder ohne oberirdische Pflanzenreste.

A_h-Horizont (nach Kartierenleitung, Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde 1965);

Durch Humus deutlich gefärbter oberster Mineralbodenhorizont.

A_{hh} (hh: stark humös):

Oberster Teil des A_h, deutlich stärker durch Humus gefärbt oder mit lockerem Gefüge als der darunter folgende Teil des A_h.

A_{hu} (u: unterer Teil des A_h; vorläufige Bezeichnung):

Deutlich durch Humus gefärbter, auf den A_{hh} im Profil folgender Mineralbodenhorizont.

Für wichtig wird vor allem die Ausscheidung des L_v-Horizontes angesehen. In diesem Horizont laufen schon erhebliche Zersetzungs Vorgänge ab, wie auch Bestimmungen des Gewichtsverlustes der Bestandesebfälle gezeigt haben; durch sehr langsame Befeuchtung nach Niederschlägen hebt er sich von den benachbarten Horizonten ab.

Die vorgeschlagenen Subhorizontsymbole können auch für eine Materialbezeichnung verwendet werden. Ein Material, für welches die Definition des F_r-Horizontes zutrifft, läßt sich als "F_r-Material" bezeichnen. Neue Termini für "Humusart" oder "Humuszustand" werden damit überflüssig.

Für die Beschreibung werden außer den horizontdefinierenden Merkmalen zusätzliche Merkmale bestimmt. Ihre Menge oder Ausprägung wird in Schätzskalen von 0-5 oder 1-5 angegeben. Dabei ist 5 stets die größte Menge oder die stärkste Ausprägung.

Ein einzelnen werden angegeben:

Als allgemeine Angaben: Tiefe (Mächtigkeit), Übergang, Gesamtfarbe, Feuchtigkeit;

für das Gefüge: Kohärenz, Dichte, Schichtigkeit der Pflanzenreste, Plattigkeit;

an lebenden Bestandteilen: Lebende Feinwurzeln, Pilze, Tiere;

an unbelebten Gemengteilen: Zerkleinerung der Blatt- oder Nadelreste, Skelöttierung der Blattreste, Bleichung der Blattreste, Wurzelreste, mineralische Substanz.

Ob alle diese Merkmale zu bestimmen sind und ob noch andere bestimmt werden sollen (ad-hoc-Merkmale), muß sich nach dem Einzelfall richten.

Zur Genese und Klassifizierung der Marschböden

von W. Müller *)

SCHRÖDER und BRÜMMER trugen in Mainz mit großem Nachdruck ihre Ansichten zur Genese und Klassifizierung der Marschböden vor. Sie führten aus, daß nach ihrer Ansicht die Entwicklung der Marschen nicht durch die Eigenschaften der Sedimente vorgeprägt und auch nicht durch die Dauer der Bodenbildung allein bestimmt wird. Maßgeblich soll die Intensität der Bodenentwicklung sein, die durch Entkalkung, Lessivierung, schnelle und extreme Versauerung und Tonmineralzerfall verursacht wird. Besonders hervorgehoben wird der Gegensatz zu der üblichen Gliederung der Marschböden (W. MÜLLER 1954, 1958, MÜCKENHAUSEN 1962, SCHEFFER - SCHACHTSCHABEL 1966).

Gegen die von SCHRÖDER und BRÜMMER (BRÜMMER 1968, SCHRÖDER und BRÜMMER 1969) geäußerten Ansichten müssen erhebliche Bedenken angemeldet werden. Die Kritik soll hier auf folgende Punkte beschränkt bleiben:

1. Rezente Sedimente können nicht ohne weiteres mit dem Ausgangsmaterial der Marschböden gleichgesetzt werden.
2. Das vorgelegte Untersuchungsmaterial reicht für die Behandlung der Fragestellung nicht aus, zumal einige wichtige Merkmale und Eigenschaften der Marschböden bei der Auswertung nicht berücksichtigt wurden.
3. Der Kern der Konzeption, die der derzeit üblichen Klassifikation der Marschböden zugrunde liegt, wurde nicht behandelt. Die Anmerkungen von SCHRÖDER und BRÜMMER betreffen lediglich einige Äußerlichkeiten.
4. Bei einer großen Anzahl von Marschböden ist die Einordnung in das von SCHRÖDER und BRÜMMER vorgeschlagene Klassifikationssystem nicht möglich.

*) Nieders. Landesamt für Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Postfach 54

Zu 1: Die weitaus meisten Marschböden sind aus Sedimenten hervorgegangen, die im Hinterland des Wattenmeeres und der Flüsse abgelagert wurden. Dort war der Einfluß salzreicher, saurer Grund- oder Oberflächenwässer aus der Geest oder den Randmooren auf die Sedimentation beträchtlich, vor allem deshalb, weil sich in diesen ruhigen Sedimentationsgebieten das spezifisch leichtere Süßwasser nicht vollständig mit dem schwereren Salzwasser vermischt. Entscheidend für die Sedimentation ist die obere Schicht von Brackwasser, die sich über dem schwereren Seewasser bildet. Bei der meist geringen Sedimentmächtigkeit über Geest-, Moor- oder älteren Marschböden in diesen Hinterländern ist daher eine Sedimentation in reinem Seewasser, wie sie ja noch nicht einmal im Wattenmeer stattfindet, kaum möglich. Dies geht u. a. aus folgender Beobachtung hervor: Im Untergrund vieler älterer Böden treten Sedimente auf, die nicht durch Bodenbildungsvorgänge verändert wurden. Diese können sowohl Ablagerungen des Wattenmeeres wie der Hinterländer darstellen. Die alten Wattsedimente entsprechen nun vollständig den entsprechenden kalkreichen rezenten Bildungen, nicht dagegen die alten Hinterlandsedimente, die meist kalkfrei sind und oft einen erhöhten Gehalt an organischer Substanz aufweisen.

Der Einfluß des Menschen durch Deichbauten und Fahrtrinnenvertiefungen erweist sich u. a. auch darin, daß der Tidehub allein in den letzten Jahrzehnten ganz entscheidend gestiegen ist, z. T. um mehr als das Fünffache. Dadurch wird u. a. eine Sedimentation in den Hinterländern unterbunden, Salzwasser dringt weiter flüßaufwärts vor und Schalenbruchstücke werden weiter verdriftet.

SCHRÖDER und BRÜMMER gehen davon aus, daß die rezenten Sedimente dem Ausgangsmaterial aller Marschböden entsprechen. Dies ist aus den o. a. Gründen unwahrscheinlich.

Zu 2: SCHRÖDER und BRÜMMER führen zum Beweis ihrer Konzeption über die Entwicklung der Marschböden nur sehr wenige (9) Bodenprofile an. Diese müssen aus sehr unterschiedlichen Sedimenten hervorgegangen sein. So wird z. B. eine unreife kalkreiche

Seemarsch mit tiefem Grundwasserstand aus relativ mächtigen marinen Sedimenten in eine Entwicklungsreihe mit Böden gestellt, die meist aus geringmächtigen Sedimenten über Torf hervorgegangen sind und die verbreitet Schilfrhizome und Maibolt bei durchweg hohen Grundwasserständen aufweisen.

Auf Grund eines solchen nur sehr beschränkt vergleichbaren Probenmaterials von geringem Umfang (rd. 30 Proben) werden "allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten" abgeleitet wie z. B. die Abhängigkeit des Ca/Mg-Quotienten vom Tongehalt oder vom pH-Wert. Aus den umfangreichen Ergebnissen der niedersächsischen Marschenkartierung (rd. 30 000 Bodenproben) geht eindeutig hervor, daß derartige allgemeine Gesetzmäßigkeiten nicht existieren.

Eine Ursache für die Fehleinschätzung der Entwicklung der Marschböden durch Schröder und Brümmer liegt vor allem in der nicht erkannten Natur der sog. Organomarschen, die etwa die Hälfte der untersuchten Böden dieser Autoren ausmachen.

Für die Entwicklung der Marschböden werden folgende Prozeßabläufe herausgestellt: Entwässerung, Durchlüftung, Entsalzung - Abbau der organischen Substanz des Schlickes - Entkalkung - Verwitterung, Verbraunung - Versauerung, Tonmineralzerfall, Mg-Freisetzung. Endglied dieser Entwicklung sollen Böden sein, die gleichzeitig eine extreme Versauerung (bis pH 2,5) und sehr kleine Ca/Mg-Quotienten (um 1) aufweisen.

Völlig übergangen wird, daß in den Go-Horizonten dieser extrem saueren Böden hohe Gehalte an organischer Substanz auftreten (durchschnittlich mehr als 9 %) und daß die pH-Werte meist vom Ah- bis zum Gor-Horizont abnehmen. Diese von allen anderen Marschböden völlig abweichenden Werte zeigen, daß es sich hier um eine Sonderentwicklung handelt.

Die als Organomarsch bezeichneten Böden entstehen nämlich nicht aus normalen Wattsedimenten - wie Schröder und Brümmer annehmen -, sondern aus kalkfreien, schwefel-eisenreichen Sedimenten, die

besonders reich an Pflanzenresten (organische Treibeel, Schilfrhizome, Wurzeln) sind und somit den Übergang zum Niedermoor darstellen. Die Ostfriesen bezeichnen derartige Schlicke als Sminke oder Pulvererde (nicht zu verwechseln mit Meibolt). Bei der Durchlüftung und Oxydation der schwefeleisenreichen Verbindungen wird Schwefelsäure gebildet, die die Ursache der extremen Versauerung an der Durchlüftungsgrenze ist. Im weiteren Verlauf der Bodenbildung wird diese Säure ausgewaschen, so daß dann die pH-Werte wieder ansteigen (bis um pH 5). So kommt es, daß die pH-Werte im Oberboden höher als im Unterboden sind.

Die Organomarschen können je nach Sedimentation niedrige oder hohe Ca/Mg-Quotienten aufweisen. Kennzeichnend für sie ist lediglich der hohe Gehalt an Eisen und an organischer Substanz, absolut und bezogen auf 100 g Ton und die hohe Wasserdurchlässigkeit (kf-Werte meist größer als 100 cm/Tag).

Dagegen ist die typische staunasse Knick-Brackmarsch gekennzeichnet durch niedrige Ca/Mg-Quotienten ($< 1,5$) sowie relativ geringe Versauerung und geringe Wasserdurchlässigkeit (kf < 6 cm/Tag) unterhalb der A-Horizonte, die typische Flußmarsch durch höhere Ca/Mg-Quotienten ($> 3,5$) und durchweg stärkere Versauerung (um pH 5,3). Die Konzeption von Schröder und Brümmer (Entkalkung - Versauerung - Mg-Freisetzung) paßt in keiner Weise zu diesen Beobachtungen, die durch viele tausend Analysendaten belegt sind. Sie ist daher unwahrscheinlich.

Zu 3: Die derzeitige Gliederung der Marschböden beruht nach Ansicht von Schröder und Brümmer auf einer Konzeption, die sie "regional-geographisch" nennen. In ihrer Abhandlung behandeln die Autoren jedoch lediglich äußere Teilaspekte dieser Konzeption und geben dabei auch noch einige Definitionen falsch oder unvollständig wieder, so daß der Gedanke nahe liegt, daß ihre Ansichten zu dieser Konzeption auf einem Mißverständnis beruhen.

Schröder und Brümmer beziehen sich in ihrer Kritik auf Modellversuche von W. MÜLLER (1954), durch die folgende Sedimentationszonen auf Grund der Kationenbelegung unterschieden wurden: brackig-marine bis untere Brackwasserzone (Salzgehalte meist $> 9 \text{ ‰}$, jedoch $< 30 \text{ ‰}$); mittlere bis obere Brackwasserzone (Salzgehalt etwa zwischen 9 und $0,3 \text{ ‰}$); gelegentlich schwach brackige Süßwasserzone (Salzgehalte meist $< 0,3 \text{ ‰}$). Die Kritik von Schröder und Brümmer richtet sich nun gegen die Heranziehung des Ionenbelages, insbesondere des Ca/Mg-Quotienten zur Kennzeichnung der Marschböden. Dabei berücksichtigten sie jedoch nicht die vorliegenden Definitionen der verschiedenen Marschbodenbildungen. So gehen sie z. B. offenbar von der falschen Annahme aus, alle Brackmarschen müßten kleine Ca/Mg-Quotienten aufweisen. Dies trifft aber z. B. nicht für die sog. Kalk-Brackmarsch zu, die aus kalkhaltigen Sedimenten hervorgegangen ist und Ca/Mg-Quotienten > 4 aufweist.

Der Ca/Mg-Quotient ist nichts weiter als ein Kennwert, der zusammen mit anderen Kriterien zur Kennzeichnung bestimmter Marschböden herangezogen wird. Entscheidend für die Charakterisierung dieser Böden sind jedoch nicht solche Kennwerte, sondern bestimmte Eigenschaften, die die Prozeßabläufe im Boden bedingen. Bei Marschböden sind dies vor allem das Gefüge von Sedimenten und Böden, die Stabilität der Gefügeaggregate und die Durchlässigkeit der Böden für Grund- und Niederschlagswasser.

Die Grundkonzeption für die übliche Klassifikation der Marschen, die von Schröder und Brümmer gar nicht erwähnt und berücksichtigt wurde, ist folgende:

Im unteren Brackwasser und im marinen Küstenbereich führt die meist hohe Salzkonzentration zu einer Flockung der Sinkstoffe, wodurch eine kartenhausähnliche Mikrostruktur der Sedimente hervorgerufen wird, die zu besonders wasserreichen und weichen Sedimenten führt. Aus diesen durchweg kalkhaltigen Sedimenten entstehen die sog. Seemarschen, die wegen ihrer hohen Wasserdurchlässigkeit unter dem Einfluß stark schwankender Grundwasser-

stände, gespeist aus dem Niederschlagswasser, stehen. Das Grundwasser in den Gr-Horizonten ist generell salzreich. Das Ca/Mg-Verhältnis in den Co-Horizonten dient als Kennwert für die Intensität der bodenbildenden Prozesse (Durchlüftung).

Im mittleren bis oberen Brackwasser kommt es zu einer Dispergierung der Sinkstoffe, was zur Bildung des sog. Sinkstoffmaximums im Wasser führt. Bei langsamer Sedimentation werden die überwiegend plättchenförmigen Feinstbestandteile (Ton und Schluff) vorwiegend horizontal orientiert abgelagert. Dieses Mikrogefüge ist die Ursache dafür, daß die meist kalkarmen bis kalkfreien brackischen Sedimente dieses Ablagerungsraumes relativ dicht gelagert sind. Die entstehenden Böden behalten ihr dichtes Gefüge bei, sie sind wenig wasserdurchlässig und staunäß. Das Ca/Mg-Verhältnis und die Na-Sorption dienen als Kennwert für den Grad der "Solonetznähnlichkeit" bzw. der Ausprägung des "Knickcharaktere" dieser Böden. Das Ca/Mg-Verhältnis ist bei normalen Brackmarschen klein (< 4 ; Knick-Brackmarsch $< 1,5$), bei der Kalkbrackmarsch groß (> 4).

Das unterschiedliche Mikrogefüge der Sedimente und Böden kann mit Hilfe der Elektronenmikroskopie (MATTIAT 1969) und der Mikromorphologie (BORCHERT 1968, W. MÜLLER 1964) nachgewiesen werden. Die unterschiedliche Lagerungsdichte ergibt sich aus Messungen des Eindringwiderstandes definierter Körper.

Als Hauptkriterium für die Klassifikation der Marschböden wird ihre sedimentationsbedingt unterschiedliche Wasserzügigkeit und die davon ableitbaren pedogenen Merkmale herangezogen. Da die Marschböden von sehr unterschiedlichen Sedimenten stammen und sehr verschiedene Eigenschaften aufweisen, erfolgt diese Unterscheidung auf der Ebene der Bodentypen in

Seemarsch-Brackmarsch-Flußmarsch-Organomarsch.

(W. MÜLLER 1958, Arb.Gem.Bodenkunde in Druckvorbereitung)

Daß dies gleichzeitig in gewissem Sinne einer Gliederung nach Sedimentationsräumen entspricht, ergibt sich aus den o. a. Erscheinungen und kann nicht als Gegenargument gegen diese Gliederung herangezogen werden. Sie darf jedoch auf gar keinen Fall "regional-geographisch" verstanden werden, sondern allenfalls "sedimentologisch-kolloidchemisch". Dies geht u. a. auch daraus hervor, daß in Sedimentationsräumen mit großem Süßwasserzufluß (Rhein-Meas-Elbmarsch) die Flußmarsch überwiegt, während dort gleichzeitig die Knick-Brackmarsch in ihrer typischen Ausprägung kaum auftritt, in Sedimentationsräumen mit geringem Süßwasserzufluß (z. B. Emsmarsch) kaum Flußmarsch auftritt, dagegen die Knick-Brackmarsch sehr weit verbreitet ist und Gebiete mit mittlerem Süßwasserzufluß (z. B. Wesermarsch) eine Mittelstellung einnehmen.

Zu 4: Die Klassifikationsvorschläge von Schröder und Brümmer gehen vor allem hinsichtlich der starken Versauerung von falschen Voraussetzungen aus, wie oben dargelegt wurde. Weiterhin wird eine starke Lessivierung bei tonreichen Böden angenommen, ohne daß die durch den holozänen Meeresspiegelanstieg bedingte geologische Mehrschichtigkeit berücksichtigt wird. Unterschiedliche Gehalte an dithionitlöslichem Eisen werden als Folge pedogener Prozesse gedeutet, obwohl bekannt ist, daß brackige und limnische Sedimente bereits primär durchweg höhere Eisengehalte aufweisen. Zudem erlauben die Klassifikationseinheiten (Subtypen)

Salzmarsch-Kalkmarsch-Kleimarsch-Knickmarsch

mit Sicherheit nicht die Einordnung aller auftretenden Böden, wie z. B. die nicht salzhaltige Rohmarsch aus Süßwassersedimenten und die entkalkten Böden auf tonarmen marinen Brandungswällen, die ja schlecht als Kleimarsch bezeichnet werden können. Unklar bleibt weiterhin die Definition der Knickmarschen.

Wenn auch die Arbeit von Schröder und Brümmer in verschiedenen Einzelheiten, die hier nicht behandelt wurden, durchaus bemerkenswerte Ergebnisse gebracht hat, so geht die vorgetragene Konzeption der Genese der Marschböden doch von grundsätzlich falschen

Voraussetzungen aus. Das vorgeschlagene neue Klassifikationssystem ist daher weder für wissenschaftliche noch für praktische Zwecke geeignet.

LITERATUR

- BORCHERT, H.: Mikromorphologische Bodengefügebeobachtungen an einer Brack-Seeemarsch, Knick-Brackmarsch und Flußmarsch anhand von 1 m tiefen Bodenschliffen. Geol.Jb. 86, 197-132, 1968.
- BRÜMMER, G.: Untersuchungen zur Genese der Marschen. Diss. Kiel 1968.
- Arb.Gem.Bodenkunde: Kartieranleitung zur Bodenkarte 1 : 25 000. Hannover, in Druckvorbereitung
- MATTIAT, B.: Eine Methode zur elektronenmikroskopischen Untersuchung des Mikrogefüges in tonigen Sedimenten. Geol.Jb. 88, 87-111, Hannover 1970
- MÜCKENHAUSEN, E.: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. DLG-Verlag Frankfurt (Main) 1962.
- MÜLLER, W.: Untersuchungen über die Bildung und die Eigenschaften von Knickschichten in Marschböden. Diss. Gießen 1954.
- MÜLLER, W.: Grundsätzliche Betrachtungen zur systematischen Gliederung der Marschböden. Geol.Jb. 76, 11-24, 1958.
- MÜLLER, W.: Unterschiede in den chemischen und physikalischen Eigenschaften von fluviatilen, brackischen und marinen Sedimenten. Developements in Sedimentology 1, 293-299, 1964.
- SCHEFFER, F. und P. SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde. Enke-Verlag Stuttgart 1966.
- SCHRÖDER, D. und G. BRÜMMER: Beiträge zur Genese und Klassifizierung der Marschen I. Z.Pflanzenernährg., Bodenkunde 122, 228-249, 1969 H3.

Der Einfluß von salzhaltigem Grundwasser auf die
Kationenbelegung nordfriesischer Marschböden

von H. Dümmler *)

Vom Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein werden seit 1957 umfangreiche Bodenkartierungen in der Marsch vorgenommen. Eine Auswertung der im Zusammenhang mit diesen Kartierungen gewonnenen Analysendaten läßt vermuten, daß die Kationenbelegung in zahlreichen Marschböden des nordfriesischen Raumes durch salzhaltiges Grundwasser beeinflusst wurde oder wird. Besonders deutlich tritt ein solcher Einfluß in den Marschböden der Insel Föhr in Erscheinung. Er soll daher anhand dieses Beispiels erläutert werden.

Im Gebiet um Föhr haben sich im Zusammenhang mit der Sedimentation (800 v. Chr., 1364-1500 n. Chr.) (3) und nach abgeschlossener Sedimentation erhebliche Veränderungen des Küstenverlaufes ergeben. Die Nordsee ist weit in ehemals zum Festland gehörende Marschgebiete eingedrungen. Die Veränderungen im Küstenverlauf dürften nicht ohne Einfluß auf Salzgehalt (0,4-3,7 ‰) und Kationenzusammensetzung ($\text{Na} \gg \text{Mg} > \text{Ca} > \text{K}$) des Grundwassers geblieben sein und damit auch die Kationenbelegung der Böden beeinflusst haben, die heute im wesentlichen karbonatfrei sind.

Ergebnisse

1. Die Kationensättigung sehr vieler Böden der Insel zeigt einen typischen Profilverlauf (Tab. 1). Mit zunehmender Profiltiefe nimmt die Ca-Sättigung ab, bei deutlich steigenden Werten für die Mg-, Na-, und K-Sättigung. Mg- und Na-Sättigung erreichen sehr hohe Werte (in den G_2 -Horizonten im Durchschnitt für Mg 46 % bzw. für Na 15 % d. AK).

*) Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein,
23 Kiel, Mecklenburger Str. 22/24

2. Zwischen der Ca-Sättigung und der Mg-Sättigung der einzelnen Bodenhorizonte bestehen signifikante bzw. hochsignifikante negative Beziehungen (Abb. 1-3). Diese Beziehungen sind durch Basenverarmung (insbesondere in den A-Horizonten) und weitere Metallkationen (vorwiegend in den G₂-Horizonten) beeinflusst.
3. Die Beziehungen zwischen der Ca-Sättigung und der Na- bzw. K-Sättigung sind ebenfalls signifikant bzw. hochsignifikant und negativ, während zwischen der Mg- und der Na-Sättigung positive, nur bei den A-Horizonten signifikante Beziehungen bestehen (Tab. 2).

Die negativen Beziehungen zeigen einen Antagonismus zwischen dem Ca als dem auszutauschenden Kation und den mit der Bodenlösung angebotenen Kationen Na, Mg und K. In den positiven Beziehungen findet dagegen zunächst ein überwiegend syntagmatisches Verhalten der mit der Bodenlösung angebotenen Kationen seinen Ausdruck. Dieses Verhalten wird jedoch, wie die entsprechenden Korrelationskoeffizienten zeigen, mit zunehmender Profiltiefe, d. h. mit steigendem Salzgehalt und Na-Überschuß der Bodenlösung abgebaut.

4. Auch in zahlreichen Profilen mit dichten Horizonten findet sich die höchste Mg-Sättigung in dem jeweils tiefer gelegenen Horizont, unabhängig davon, ob dieser Horizont dicht ist oder nicht, so daß dichte und nicht dichte Horizonte mit der gleichen hohen Mg-Sättigung vorkommen (Abb. 4).
5. Im Gegensatz zu den Böden der Insel Föhr ließen sich in dem relativ küstenfernen Gebiet der Eidermarsch die vorstehend beschriebenen Beziehungen zwischen den sorbierten Kationen nicht nachweisen. Hier zeigt sich eine von der Kalkmarsch zur Humusmarsch fortschreitende Ca-Desorption (Abb. 5).

Bei den Humusmarschen deutet sich außerdem eine mit der Ca-Desorption verbundene Mg-Desorption an, während die Knick-

merschen eine etwas höhere Mg-Sättigung (max. 28 % d. AK) aufweisen als die übrigen Böden. Diese etwas höhere Mg-Sättigung in den sauren, tonreichen Knickmarschen weist auf eine Mg-Nachlieferung durch Mineralzersatz hin.

Zusammenfassung

Die vorstehend beschriebenen Untersuchungsergebnisse zeigen, daß sich die Kationenbelegung von Marschböden erklären läßt durch die Einwirkung einer in ihrer Beschaffenheit von verschiedenen Faktoren abhängigen Bodenlösung auf bestimmte Böden und Bodenhorizonte. In den Böden der Insel Föhr wurde dabei besonders der von unten her einwirkende Einfluß der mit dem Grundwasser zugeführten Salze auf die Kationenbelegung herausgestellt. Daneben zeichnet sich, von den A-Horizonten ausgehend (Föhr) bzw. von der Kalkmarsch zur Humusmarsch fortschreitend (Eidergebiet), eine Basenverarmung durch Bodenbildung ab, die vorwiegend in einer Ca-Desorption besteht. Eine Mg-Nachlieferung in tonreichen, sauren Böden ist angedeutet (6).

Neben den hier aufgeführten, die Kationenbelegung beeinflussenden Prozessen, zeigen auch die umfangreichen landschaftlichen Veränderungen im nordfriesischen Raum, daß sich die Beschaffenheit der heutigen Bodenlösung und damit die Kationenbelegung der Marschböden nicht ohne weiteres mit dem Sedimentationsmilieu der Marschenablägerungen in Zusammenhang bringen läßt. Ein Klassifikationssystem, das vom Sedimentationsmilieu ausgeht, kann den tatsächlichen Verhältnissen in vielen Fällen nicht gerecht werden.

Vom Standpunkt der praktischen Bodenkartierung wird vom Geologischen Landesamt Schleswig-Holstein ein morphogenetisches System bevorzugt, das im Übrigen eine sehr detaillierte Darstellung der Marschlandschaft ermöglicht. Während der seit 1957 durchgeführten Bodenkartierung in der Marsch hat sich dabei eine Gliederung der Marschböden ergeben, die inhaltlich weitgehend mit der von Brümmer und Schroeder vorgeschlagenen Systematik übereinstimmt (1,6).

LITERATUR

1. BRÜMMER, G.: Untersuchungen zur Genese der Marschen. Dissertation, Kiel 1968.
2. CERNESCU, N.: Die austauschfähigen Kationen in den Profilen der zonalen Bodentypen Rumäniens und ihr Verhalten beim Verwitterungsprozeß. Ann. de la Faculté d. Agronomie de Bucarest, 1, 1-33, 1939-1940.
3. DITTMER, E.: Die nacheiszeitliche Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste. Meyniens 1, 138-168, 1952.
4. MÜLLER, W.: Grundsätzliche Betrachtungen zur systematischen Gliederung der Marschböden. Geol.Jb. 76; 11-24, Hannover 1958.
5. MÜLLER, W. und FASTABEND, H.: Der Einfluß des sorbierten Magnesiums auf die Wasserdurchlässigkeit und die Lagerungsverhältnisse von Marschböden. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 1, 195-219, 1963.
6. SCHROEDER, D. und BRÜMMER, G.: Beiträge zur Genese und Klassifizierung der Marschen. Z.Pflanzenernähr.,Düng.,Bodenk., 122, 228-249, 1969.
7. STREMMER, H. E.: Tongehalte, Kationenbelegung und Strukturbildung in den Knickmarschböden Schleswig-Holsteins. Mitt.Dtsch.Bodenkundl.Ges. 1, 53-62, 1963.

Tab. 1 Basensättigung und Tongehalt in Marschböden
der Insel Föhr

(Durchschnittswerte aus 52 Profilen)

Horizont	Basensättigung in %					Tongehalt in %
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Summe	
A	34	23	8	2,1	67	28
G ₁	29	41	11	2,8	84	38
G ₂	24	46	15	3,5	89	37

Tab. 2 Korrelationskoeffizienten zur Basensättigung
in Marschböden der Insel Föhr

Horizont	n	Korrelationskoeffizienten "r" der Korrelationen			
		Ca ⁺⁺ :Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺ :Na ⁺	Ca ⁺⁺ : K ⁺	Mg ⁺⁺ : Na ⁺
A	52	- 0,364 ^{**}	- 0,348 ^{**}	- 0,346 ^{**}	0,368 ^{**}
G ₁	52	- 0,692 ^{***}	- 0,392 ^{**}	- 0,568 ^{***}	0,152
G ₂	47	- 0,485 ^{***}	- 0,363 ^{**}	- 0,582 ^{***}	0,045

Abb. 1 Kalzium- und Magnesiumsättigung
in Marschböden der Insel Föhr
(A-Horizonte)

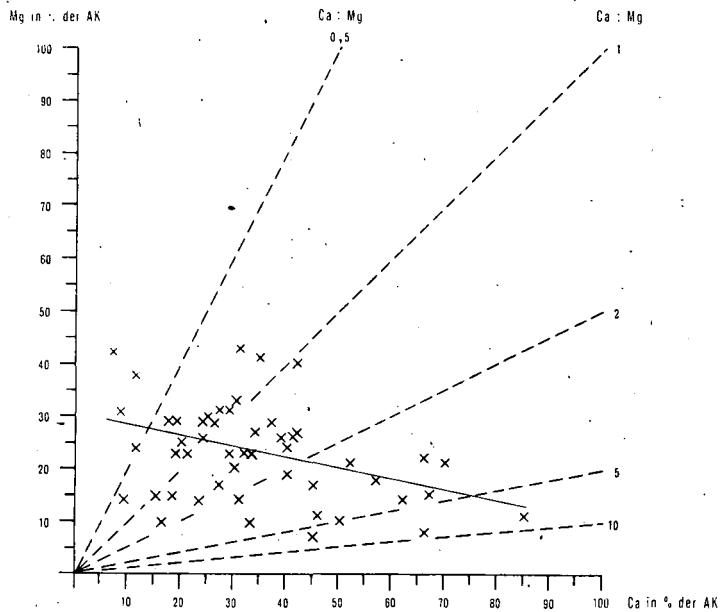
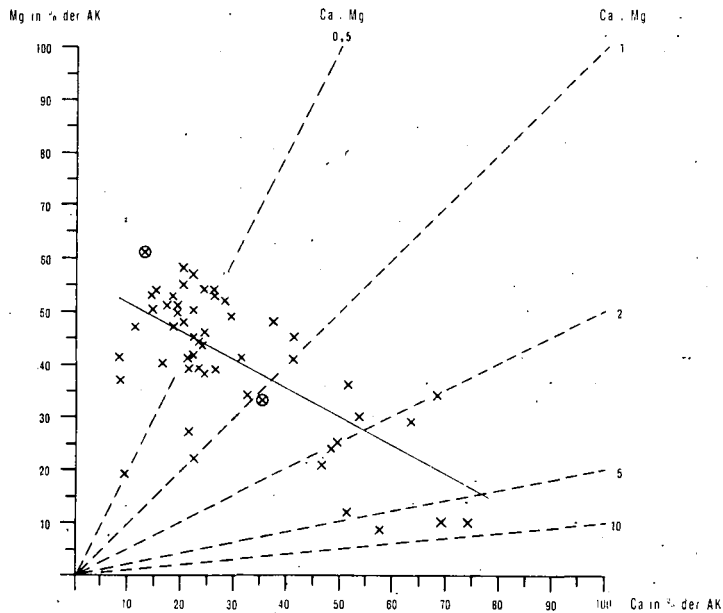
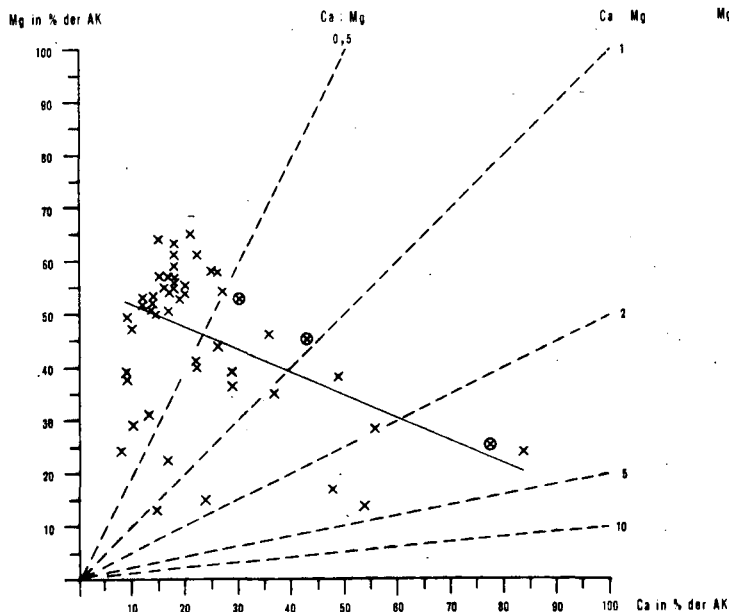


Abb. 2 Kalzium- und Magnesiumsättigung
in Marschböden der Insel Föhr
(G₁-Horizonte)



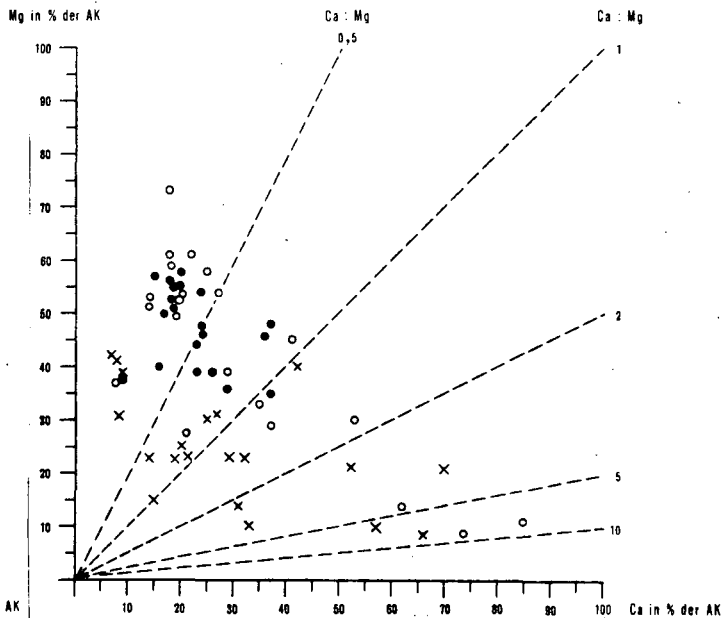
⊗ Spuren von Ca CO₃

Abb. 3 Kalzium- und Magnesiumsättigung
in Marschböden der Insel Föhr
 (G₂ - Horizonte)



⊗ Spuren von Ca CO₃

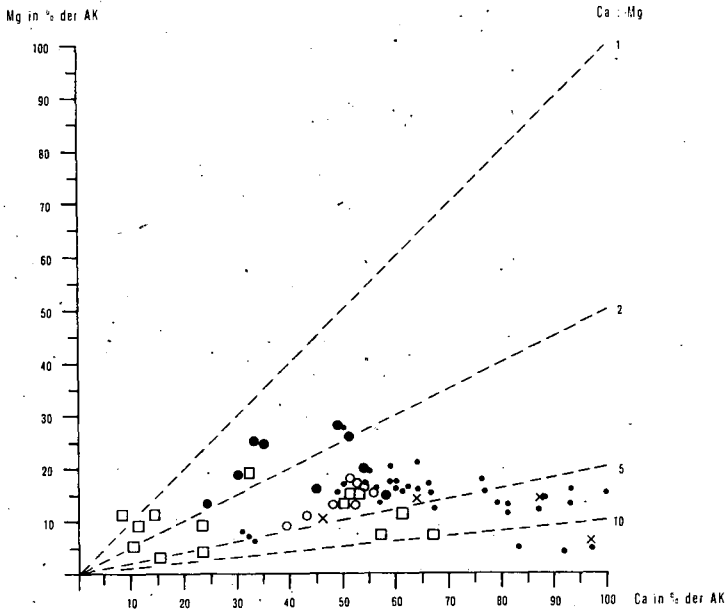
Abb. 4 Kalzium- und Magnesiumsättigung
in Marschböden der Insel Föhr
 (Horizonte unterschiedlicher Lagerungsdichte und
 unterschiedlicher Gehalte an organischer Substanz)



Legende

- Horizonte ohne Verdichtung
- Horizonte mit Verdichtung
- × Horizonte mit > 3 % org. Substanz

Abb. 5 Kalzium- und Magnesiumsättigung in
Marschböden des Eidergebietes



Legende

- × Proben aus Kalkmarschen
- Proben aus Kleimarschen
- Proben aus Kleimarschen mit Dwog
- Proben aus Knickmarschen
- Proben aus Humusmarschen

Untersuchungen zum Carbonatgehalt mariner, brackiger
und fluviatiler Schlicke im Nordseeküstenbereich
zwischen Belgien und Dänemark

von G. Brümmer^{*)}, A.J. de Groot^{**)} und K.H. Zschuppe^{**)}

Aus 38 Untersuchungsgebieten des Nordseeküstenbereiches zwischen Belgien und Dänemark und der Ästuare von Schelde, Maas-Rhein, Ems und Elbe wurden etwa 1200 Schlickproben untersucht.

Innerhalb der marinen Untersuchungsgebiete nimmt der mittlere Carbonatgehalt von hohen Werten in den belgischen Schlickten ($\sim 25\%$) bis auf niedrige Werte in den dänischen Schlickten ($\sim 4\%$) kontinuierlich ab. Vor der schleswig-holsteinischen und dänischen Küste treten stellenweise carbonatarme ($< 1\% \text{ CaCO}_3$) bis carbonatfreie Wattflächen auf.

In Abhängigkeit vom Einzugsgebiet der Flüsse enthalten die fluvialen Schelde- und Rheinschlicke hohe, die fluvialen Ems- und Elbeschlicke dagegen niedrige CaCO_3 -Gehalte. Die im Brackwasserbereich abgelagerten Sedimente weisen in den Ästuarien von Schelde und Maas-Rhein hohe ($16-19\% \text{ CaCO}_3$), im Ems- und Elbe-Ästuarium niedrigere CaCO_3 -Gehalte ($6-12\%$) auf.

Anhand dieser Analysendaten werden Sedimentherkunft und -transport im europäischen Nordseeküstenbereich dargelegt, wie sie von de GROOT (1963, 1964) mit Hilfe des Mangans als Leitelement rekonstruiert worden sind.

Für die Klassifizierung der Marschen nach ihrem Ionenbelag und Ca/Mg-Verhältnis in Seemarschen, Brackmarschen und Flußmarschen folgt aus diesen Ergebnissen, daß die aufgestellte grundlegende Prämisse dieser Gliederung - die Ablagerung carbonatreicher Schlicke im Seewasserbereich und carbonatarmer bis carbonatfreier Schlicke im Brackwasserbereich (MÜLLER, 1954-1964) -

*) Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Univ.Kiel

***) Institut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.), Niederlande

nicht zutreffend ist. Es können sowohl im marinen als auch im brackigen Bereich Schlicke mit hohen wie auch mit niedrigen Carbonatgehalten sedimentiert werden. Eine Unterteilung von See- und Brackmarschen nach ihrem vom ursprünglichen Carbonatgehalt der Schlicke abhängigen Ionenbelag und Ca/Mg-Verhältnis ist somit nicht möglich (vgl. SCHROEDER und BRÜMMER, 1969).

LITERATUR

- de GROOT, A.J.: Maaentoestand van Nederlandse en Duitse holocene sedimenten in verband met slibtransport en bodemgenese. Versl. Landbouwk. Onderz. Nr. 69.7, Wageningen 1963.
- de GROOT, A.J.: Mud transport studies in coastal waters from the western scheldt to the Danish frontier. Developments in Sedimentology, 1, 93-103, 1964.
- MÜLLER, W.: Untersuchung über die Bildung und Eigenschaften von Knickschichten in Marschböden. Diss. Gießen, 1954.
- MÜLLER, W.: Unterschiede in den chemischen und physikalischen Eigenschaften von fluviatilen, brackischen und marinen Sedimenten. Developments in Sedimentology 1, 293-299, 1964.
- SCHROEDER, D. und BRÜMMER, G.: Beiträge zur Genese und Klassifizierung der Marschen. I. Problematik der Marschen-Genese und -Klassifizierung und Untersuchungen zum Ca/Mg-Verhältnis. Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde 122, 228-249, 1969.

Der Kalkgehalt in holozänen Sedimenten des
niedersächsischen Küstengebietes und seine Bedeutung
für die Genese der Marschböden

von J.-H. Benzler, H. Voigt und W. Müller *)

Der Kalkgehalt des Wassers im Tidebereich der Deutschen Bucht steht in Abhängigkeit vom Salzgehalt in der Weise, daß mit abnehmendem Salzgehalt zum brackischen und fluviatilen Bereich hin auch der Gehalt an im Wasser gelöstem Kalk abnimmt. Dies gilt für Unterelbe, Unterweser und Unterems. Der gleiche Zusammenhang zeigt sich zwischen Salzgehalt und in Suspension befindlichem Kalk. Entsprechend nimmt auch der Kalkgehalt des aus diesen Wässern sedimentierten Schlickes zum brackischen Bereich hin ab. Auch biologisch ist dies zu erkennen: Brackwassermollusken bilden kleinere und dünnere Schalen als ihre marinen Verwandten.

Bei marinen Sedimenten (Wattschlick) besteht eine positive lineare Beziehung zwischen Korngröße, Kalkgehalt und Gehalt an organischer Substanz. Der Kalkgehalt ist am höchsten in der Fraktion 2-20 μ , da sich hier die meisten Bruchstücke von Kalkschalen finden und praktisch aller Kalk im Tidegebiet organogener Herkunft ist, worauf schon WERNER MÜLLER in seiner Dissertation hinwies. Die verschiedenen Küstenabschnitte unterscheiden sich dabei nicht durch den Kurvenverlauf, sondern nur durch den unterschiedlichen absoluten Kalkgehalt, der bekanntlich vom Ärmelkanal in Richtung Jütland entlang der südlichen Nordseeküste stetig abnimmt.

Die prozentualen Gehalte an organischer Substanz sind im marinen Sediment niedriger als die Kalkgehalte, soweit die Sedimente anthropogen unbeeinflusst blieben.

*) J.-H. Benzler, H. Voigt und W. Müller,
Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung,
3 Hannover-Buchholz, Postfach 54

Die für die marinen Sedimente gezeigten Beziehungen ändern sich jedoch im brackischen Bereich. Es kann beim Kalk sogar die gegenteilige Beziehung eintreten, also sinkender Kalkgehalt bei ansteigendem Tongehalt. Die Zunahme der organischen Substanz erfolgt dagegen rascher als die Zunahme des Tongehaltes. Die Erklärung ergibt sich aus den Verhältnissen des natürlichen brackischen Sedimentationsbereiches. Das mit der Flut von See kommende Wasser setzt an den Rinnenufern das gröbere Material, im Rinnenhinterland dagegen das feinere Material ab. Gleichzeitig aber erfolgt von der Rinne aus in Richtung Hinterland eine Ausübung des Flutwassers durch Vermischung mit immer größeren Mengen Süßwasser. Dies kann von Geest oder Moor zufließen oder durch Niederschläge zugeführt werden.

Parallel damit geht eine Entkalkung, für die verschiedene Ursachen verantwortlich sind, deren Anteil an verschiedenen Küstenstellen je nach den örtlichen Gegebenheiten aber sehr unterschiedlich sein dürfte. Hierzu zählen:

- 1) Verschlechterung der Lebensbedingungen für Kalkschalenbildner
- 2) Erhöhte CO_2 -Produktion aus dem Abbau des im Brackwasser verstärkt absterbenden Planktons und dem Luxurieren der spezifischen Brackwassermikroben
- 3) Kalkverbrauch durch Beimengung sauren Moor- und Geestwassers
- 4) Kalkverbrauch durch Oxydation von Sulfiden und damit Freisetzung von Schwefelsäure.

Kartierungen in der Wesermarsch haben diese Verhältnisse, die an der heutigen bedeckten Küsten nicht mehr zu verfolgen sind, an Böden und alten Schlickten des Urjadabusens aus der Zeit um 800 v. Chr. Geb., die zwischenzeitlich von Torfen überwachsen waren und kürzlich wieder freigelegt wurden, eindeutig bestätigt.

Diese freigelegten Böden sind im Zentrum des Meeresarmes auch heute noch bis in den Oberboden kalkhaltig, während sie in der durch Schilfrhizome als brackig ausgewiesene Uferzone tiefgründig kalkfrei sind. Die gleichmäßige Jahrtausende alte Bedeckung

mit mehrere Meter mächtigem Torf zeigt, daß trotz gleicher Bodenentwicklung sehr große Unterschiede in der Kalkführung auftreten, so daß eine sedimentationsbedingte unterschiedliche Kalkablagerung doch sehr wahrscheinlich ist.

Nach unseren Vorstellungen führt nach Auswaschung der freien Salze der im Sediment vorhandene Kalk zu einer Umbelegung des Sorptionskomplexes, die Bodenbildung führt zur Seemarsch. Aus kalkfreien Sedimenten entstehen dagegen im Extrem die Knick-Brackmarschen, bei denen die ursprüngliche Na-Mg-Belegung des Sorptionskomplexes erhalten bleibt.

BRÜMMER hat in seiner Dissertation diese Vorstellungen zu widerlegen versucht. Kernpunkt seiner Überlegungen ist die Annahme eines über Ort und Zeit einheitlichen Schlickes, so daß alle Marschböden vom gleichen Punkt ausgehen und die auftretenden Unterschiede nur von Korngröße und Alter abhängen.

Die von BRÜMMER veröffentlichten Kurven für die Beziehungen zwischen Korngröße, Kalkgehalt und Gehalt an organischer Substanz sind dadurch entstanden, daß er Schlickproben aus verschiedenen Sedimentationsbereichen zusammengefaßt hat. Sedimente aus Schlickfallen, etwa Häfen, durch Dammbauten abgeteilte Buchten, auch aus Gruppen und Lahnungsfeldern, alles mehr oder weniger anthropogen veränderte Bereiche, zeigen einen ungewöhnlich hohen Gehalt an organischer Substanz. Entfernt man diese Proben mit brackischer Herkunft aus der BRÜMMERschen Aufstellung, dann erhält man auch hier eine normale lineare Beziehung.

Daß der prozentuale Gehalt an organischer Substanz vieler Proben höher liegt als der Kalkgehalt, ist keine Frage der Korngröße, wie BRÜMMER meint, sondern des Sedimentationsraumes. Auch bei geringen Tongehalten liegt im brackischen Bereich der prozentuale Kalkgehalt unter dem an organischer Substanz.

Bei genauer Betrachtung ergibt sich also, daß die BRÜMMERschen Untersuchungsergebnisse unsere Vorstellungen nicht widerlegen können, z. T. auch nicht im Widerspruch zu uns stehen. Es besteht also kein Grund, von dem bisherigen, durch großräumige Kartierungen und zahlreiche Untersuchungen belegten und theoretisch untermauerten Klassifikationssystem der Marschböden abzugehen.

Mikroskopische Untersuchungen des Mineralbestandes

einer Kalk- und einer Kleimarsch

von E. Kalk *)

An drei Nordseeschlickten vom Hindenburgdamm, von Sterdebüll und von Westerhof durchgeführte mineralogische Untersuchungen (KALK, 1968) wurden an zwei Marschböden, einer 1923/25 eingedeichten Kalkmarsch vom Sönke-Nissen-Koog (SNK) und einer vor 1500 eingedeichten Kleimarsch von Lieth in Dithmarschen, fortgesetzt.

Es war vorgesehen, den Mineralbestand zu ermitteln, diesen mit dem der Schlickte zu vergleichen, Mineralneubildungsvorgänge und Bodenbildungsprozesse zu erkennen und zu deuten. Vom Profil SNK wurden der A_h -Horizont und zwei G_0 -Horizonte, vom Profil Lieth zusätzlich der G_r -Horizont untersucht.

Nach Beseitigung der organischen Substanz, jedoch ohne vorherige Eisenextraktion, und nach Abtrennung der Tonfraktion wurden die Proben in der üblichen Weise in die Fraktionen zwischen $6,3$ und 2μ aufgetrennt. Für die mikroskopischen Untersuchungen an den Fraktionen $> 6,3\mu$ wurden Kanadabalsam-Präparate, für die an der Fraktion $6,3 - 2\mu$ Membranfilter-Präparate angefertigt.

Während bei den Schlickten sowohl die Quarz- und Feldspat- als auch die Phyllosilikat-Gehalte in enger Beziehung zum Grob- bzw. Feinkornanteil stehen, läßt sich bei den untersuchten Marschböden nur für die Quarz-Komponente von Profil SNK eine negative Beziehung zur Fraktion $< 2\mu$ ableiten.

Die Quarzgehalte liegen im G_{01} -Horizont von Profil SNK am höchsten, im G_{02} -Horizont dagegen am niedrigsten. Die Feldspat-, Phyllosilikat- und Carbonat-Gehalte nehmen im Profil SNK in Richtung von unten nach oben ab.

*) Dr. Eberhard Kalk, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 23 Kiel, Olshausenstr. 40-60

Im Profil Lieth nehmen die Quarz- und die Feldspat-Gehalte von unten nach oben zu, die Phyllosilikat-Gehalte dagegen ab. Carbonate sind in Profil Lieth nur im A_h -Horizont und auch nur in geringen Spuren vorhanden. Die Schwermineral-Gehalte liegen im A_h -Horizont von Profil SNK um das Dreifache über den normalen Werten; in sämtlichen anderen Horizonten sind diese ungefähr gleich. Die sonstigen Minerale, zu denen auch die Eisenhydroxid-Konkretionen gehören, sind im G_{02} -Horizont von Profil Lieth besonders stark angereichert.

Aus der Gegenüberstellung der Mineralverteilung in den einzelnen Fraktionen der Schlickprobe von Westerhof und dem G_{02} -Horizont von Profil SNK sowie der Schlickprobe von Sterdebüll und dem G_r -Horizont von Lieth ist zu entnehmen, daß, abgesehen von der den Schlickten fehlenden Mittelsandfraktion, nur relativ geringfügige Unterschiede zwischen den Böden und Schlickten bestehen. Die in der Feinschlufffraktion auftretenden Unterschiede sind durch die bei den Schlickten mitausgezählten Organismenschalen-Bruchstücke bedingt.

Aus der Aufgliederung der Feldspäte auf die verschiedenen Korngrößenfraktionen ergibt sich eine deutliche Beziehung zur Körnung. Das bedeutet, daß der Feldspat im feinsand- und grobschluffreichen Profil SNK in den Fraktionen 200 - 63 und 63 - 20 μ , in dem schluffreichen Profil Lieth hauptsächlich in der Fraktion 63 - 20 μ vorliegt.

Die Aufgliederung der Phyllosilikat-Komponente nach Kornfraktionen und Horizonten deutet auf eine Überlagerung von Körnungs-, Zerfalls- und Anreicherungs-Effekten hin. Die Abnahme der Glaukonit- und Biotit-Gehalte auf Minimalwerte im Profil Lieth, die Anreicherung von Verwitterungs-Produkten (möglicherweise "iddingsitischen" Bildungen) in diesem Profil scheint für eine stärkere Verwitterungsintensität, zumindest jedoch für den längeren zeitlichen Verwitterungs-Ablauf zu sprechen.

Als zusätzliches Beweismittel dienen die in geringeren Mengen vorliegenden, überwiegend im Profil Lieth angetroffenen montmorillonitischen Bildungen, der Kaolinit sowie die nicht näher bestimmbar Phyllosilikate -wahrscheinlich Illite-, die wegen

ihrer schweren mikroskopischen Identifizierbarkeit mit dem Muskovit und Chlorit zu einer Gruppe zusammengefaßt wurden, und die im Profil SNK von unten nach oben ab-, im Profil Lieth dagegen zu-nehmen.

Die mikroskopischen Untersuchungsergebnisse lassen, abgesehen von der nahezu vollständigen Entkalkung von Profil Lieth, auf eine intensive Phyllosilikat-Verwitterung schließen.

Die an den Feldspäten, Phyllosilikaten und Kieselsäureskelett-Resten angestellten verwitterungsmorphologischen Beobachtungen deuten auf eine unterschiedlich starke Verwitterungsanfälligkeit hin. Doch lassen die zur Verfügung stehenden Proben wegen der unterschiedlichen Korngrößenzusammensetzung des Ausgangsgesteins einen quantitativen Vergleich nur unter Vorbehalten zu. Das vollständige Verschwinden von Glaukonit und Biotit bzw. deren starke Abnahme sowie die vermutliche Neubildung von Phyllosilikaten und Anreicherung von Eisenhydroxid-Konkretionen in Profil Lieth wird jedoch als Beweis für eine starke Mineralumsetzung sowie für den Ablauf der damit verbundenen Bodenbildungs-Prozesse angesehen.

Die Verwitterungsbildungen können umgewandelte Primärminerale oder echte Neubildungen sein. Vermutlich sind diese jedoch aus verwitterungseinstabilen Mineralen durch chemischen Lösungsangriff entstanden.

LITERATUR

KALK, E.: Mikroskopische Untersuchungen des Mineralbestandes von Nordsee-Schlickten,
Z. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde,
123, 1-11, 1968.



Die Rolle des Kalkes bei der Entstehung des Sodas
und der "Szik" - Bodenprofile

von R. Vámos *)

In der ungarischen Tiefebene ist der Solontschak auf den kalkhaltigen Sedimenten der Donau und auf Böden entstanden, wo das ganze Bodenprofil bedeutende Mengen Kalk enthält. Der Solonetz dagegen ist vorwiegend auf den sauren Sedimenten der Theiss entstanden, welche keinen Kalk enthalten.

An der Oberfläche der Solontschak-Böden kommt oft Na_2CO_3 vor, auf Solonetz-Böden aber nicht. Kalk und Soda sind im letzteren nur im B- und C-Horizont anzutreffen, das heißt, Soda ist immer nur in der kalkhaltigen Schicht vorhanden. Der A-Horizont des Solonetz ist durch den Salzangel und die hohe (16-18 ml) Austausch-Azidität, und der B-Horizont, durch die Anreicherung der Fe und Al-Oxyde und die Anwesenheit von gewissen sekundären Mineralien, Eisenkonkretionen und Gips gekennzeichnet.

Die Hauptursache für die Unfruchtbarkeit ist im Falle des soda-haltigen Solontschaks neben den Salzen die giftige Wirkung des NaOH und im Falle des Solonetzes die geringe Mächtigkeit (wenige cm) der fruchtbaren Schicht.

Die Faktoren der Entstehung der Alkali-Bodenprofile sind nach 'Sigmund (1923) die periodische Wasserbedeckung, die wasserundurchlässige Schicht und das trockene, warme Klima im Sommer. Diese Faktoren sind jedoch nur die Vorbedingungen jener mikrobiologischen Vorgänge, als deren Ergebnis das Soda und das Alkali-Bodenprofil entsteht.

*) Dr. R. Vámos, Institut für Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie, Universität Szeged, Ungarn

In den mit Wasser gesättigten Böden setzt im Frühjahr mit dem Anstieg der Temperatur der Abbau der organischen Substanzen ein. Unter optimalen Verhältnissen kommt es zur Vermehrung der Bakterien. Die Hauptfaktoren der Vermehrung sind: die Menge der organischen Substanz, ihre Qualität und die Temperatur. Die Vermehrungsphase der aeroben Bakterien verursacht einen starken Sauerstoffverbrauch, worauf die Nitratreduktion einsetzt und anschließend die Reduktion des Mangans und Eisens, worauf später - bei niedrigem Redoxpotential - die Sulfatreduktion folgt. Als Energiequellen für die sulfatreduzierenden Bakterien kommen neben dem Wasserstoff noch Aethanol, Milchsäure und Brenztraubensäure in Frage, Essigsäure zu verwerten sind sie aber nicht fähig. Im Beisein von Kalk ist die Essigsäureproduktion gesteigert.

Als Ergebnis der Sulfatreduktion entstehen Natriumhydrokarbonat und Schwefelwasserstoff. Der H_2S bildet mit den im Boden enthaltenen Fe-Ionen und anderen Eisenverbindungen FeS .

Der Sulfidgehalt des Schlammes in saueren Böden ist hoch, er kann bis zu 40-50 mg/100 g erreichen, wogegen er in Kalkböden gewöhnlich unter 10 mg/100 bleibt.

Dort, wo in der so weit reduzierten Schlammschicht die Verhältnisse aerob werden, wird das FeS in mehreren Stufen zu Schwefelsäure oxydiert.

In der Alkalisierung stellt also die periodische Unterwasserssetzung, das heißt, das Abwechseln nasser und trockener Perioden, die Grundbedingung für die oben geschilderten Reduktions-Oxydationsprozesse dar. Aus dem Umstand, daß auf einem so relativ kleinen Gebiet wie der ungarischen Tiefebene auf den gleichen Klimaeinflüssen Alkaliböden mit vollkommen abweichendem Profil entstehen konnten, läßt sich folgern, daß die ursprüngliche Mineralzusammensetzung und der Kalkgehalt des Bodens den Ablauf und die Wirkung der obigen Prozesse beeinflussten, welche die Alkali-Bodenarten und deren zahlreiche Übergangsformen entstehen ließen.

1. In kalkhaltigem Boden schützt der Kalk das Soda vor der Schwefelsäure und so wird das Soda im ganzen Bodenprofil angereichert und kristallisiert an der Oberfläche aus. Die Schwefelsäure wird größtenteils durch Kalk, nach der "Ausblüfung" von Natron neutralisiert. Auf diese Weise sind die Solontschak-Böden entstanden.
2. In sauren, kalkfreien Böden, wo die auslaugende Wirkung der Schwefelsäure zur Geltung kommt, hat die vorübergehende Wasserbedeckung Böden vom Solonetz-Typ' entstehen lassen. Zwischen den beiden "Szik"-Bodentypen besteht trotz der gemeinsamen Entstehungsvorgänge keine genetische Beziehung. Die Kenntnis dieser Prozesse dient als Erklärung auch für die bisher schon erfolgreich angewandten Verfahren zur Bodenverbesserung.



Die quartären Sande im nördlichen Westfalen und ihre Bodenbildungen

von H. Dahm-Arens^{*)}

Die großen Flachlandgebiete im nördlichen Westfalen werden von Quartärsedimenten beherrscht, wobei den Sanden eine besondere Stellung zukommt. Es sind im wesentlichen der Bereich des Münster-schen Kreidebeckens und die an den Teutoburger Wald nach Norden zu anschließenden Flachlandteile. Im Münsterschen Becken, das ausgefüllt ist mit mächtigen Oberkreidesedimenten, deren Basis sich nur an den Rändern heraushebt, sind die Gesteine der Oberkreide in großen Flächen von örtlich sehr mächtigen quartären Sanden überdeckt, und nur in geringem Umfang treten die kretazi-schen Sedimente unmittelbar an der Oberfläche auf. In den nördlich an den Teutoburger Wald anschließenden Landesteilen sind die Verhältnisse sehr ähnlich, nur daß hier meist Unterkreideschichten die präquartäre Oberfläche bilden.

Bei den in diesen Gebieten weit verbreiteten Sanden handelt es sich vorwiegend um äolische und fluviatile Sande, untergeordnet kommen glaziäre Sande vor. Eine Unterscheidung ist auf den vorhandenen geologischen Karten bisher kaum vorgenommen worden. Meist sind die Sande als Tal-sande im weiteren Sinne gekennzeichnet, womit über ihre Genese und über ihr Alter wenig ausgesagt ist. Im allgemeinen sind es fluviatile Sande, die während der letzten Vereisung, meist als Niederterrassensande, aufgeschüttet worden sind. Sie besitzen z. B. an der Ems große Mächtigkeiten, z. T. bis zu 15 m, und eine derart ungewöhnliche Ausdehnung, daß von der großen Emsterrasse gesprochen wird. Fast ausnahmslos werden die fluviatilen Sande von Flugdecksanden des ausklingenden letzten Glazials überdeckt. Sie haben von allen Quartärsedimenten räumlich die größte Verbreitung. Die Flugsanddecke ist meistens

*) Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen,
415 Krefeld, de Greiff-Str. 195

1 bis 1,50 m mächtig, oft stellt sie nur eine dünne Haut bis zu 20 cm dar. Dagegen werden Mächtigkeiten von 3 m und mehr selten erreicht. Aber auch die Flugdecksande sind vielfach wieder von jüngeren Flugsanden, den Dünensanden des Postglazials, in unterschiedlicher Mächtigkeit überweht worden. Soweit die stets morphologisch hervortretenden Dünenrücken und -kuppen nicht zerstört worden sind, lassen sich meist mehrere Dünengenerationen nachweisen, die entweder auf Klimaschwankungen oder auf den Einfluß des Menschen zurückzuführen sind.

Die Angaben zur Petrographie bereiten die geringsten Schwierigkeiten, da im allgemeinen Mittel- bis Feinsande überwiegen. Allerdings hat sich bei der Auswertung einer großen Anzahl von Analysen gezeigt, daß die Flugdecksande ihr Maximum im Mittelsand mit durchschnittlich 50 bis 65 % haben, und der Feinsandanteil beträgt meist 20-30%. Die fluviatilen Sande haben ihr Maximum im Feinsand mit rd. 50 bis 55%. Aber dieser Unterschied ist nur gering und auch nicht überall vorhanden. Dagegen sind meist deutliche Verschiedenheiten bei den glazifluviatilen Sanden zu beobachten, und selbst dort, wo die Korngrößenzusammensetzung kaum Unterschiede aufweist, sind sie in der Mineralzusammensetzung zu finden, die nun wieder ihrerseits Rückschlüsse auf die Genese bzw. die Herkunftsgebiete erlaubt.

Für die Charakterisierung der geologischen Gegebenheiten stehen noch die Angaben zur Stratigraphie aus. Da aber mit Hilfe der Bodenbildungen viele quartärstratigraphische Probleme zu lösen sind, sollen zunächst die Böden erläutert werden, um anschließend den Aussagewert der Bodenbildungen für die Datierung der Sande an einigen Beispielen zu demonstrieren. Der vorherrschende Bodentyp auf den Sanden im nördlichen Westfalen ist der Podsol. Tritt im Bodenraum bis zu 2 m Tiefe Grundwasser auf, so haben sich Übergänge zu semiterrestrischen Böden gebildet. Die Podsolierung ist bei diesen Böden als Folge größerer Pflanzenproduktion und dadurch bedingtem stärkerem Sauerhumusanfall meist intensiver als bei grundwasserfreien Podsolen. Entsprechend der Tiefenlage des Grundwassers haben sich Gley-Podsole, Podsol-Gleye und Gleye entwickelt.

Aber auch bei geringmächtigerer Sanddecke über kalkhaltigen bindigen Sedimenten haben sich Podsole mit Übergängen zu Pseudogley-Podsolen entwickelt, allerdings meist nur mit ange-deutetem B_g-Horizont. Häufig ist der gesamte Flugdecksand zu einem mächtigen Eluvialhorizont geworden, und an der Grenze zum kalkhaltigen bindigen Unterboden ist ein schmaler B-Horizont ausgebildet worden.

Die Mineralzusammensetzung der Sande spielt ebenfalls eine große Rolle bei der Genese und somit bei der Profilausprägung. Sind die Sande sehr eisenarm, so kommt es zwar zur Ausbildung primärer Podsole, aber verlagert werden nur Humusstoffe und das meist bis in große Tiefe hinein.

Die Bodenprofile auf Flugdecksand und Niederterrassensand sowie auf glaziärem Sand sind im allgemeinen durch eine klare Horizontfolge gegliedert. Die Substrate dieser Böden gehören stratigraphisch in das Pleistozän, so daß für die Bodengenese eine relativ lange Zeit zur Verfügung stand, zumindest die Dauer des Holozäns mit rd. 10 000 Jahren. Aber auch während dieser Zeit haben noch Umlagerungen und Sedimentationen stattgefunden, die z. B. in Form von Dünenänden im nördlichen Westfalen weitverbreitet vorkommen. Die Untersuchung vieler Dünenprofile hat gezeigt, daß profilmorphologisch kaum Unterschiede zu den Podsolen auf Flugdecksand vorhanden sind, nur der B-Horizont ist i. a. weniger stark ausgebildet worden. Die Tendenz ändert sich nicht, wenn Dünenände zweier Generationen übereinander lagern, die durch Bodenbildung voneinander getrennt sind. Sowohl die Sande der ersten Akkumulationsphase als auch die der zweiten tragen einen Podsol. Vielfach ist noch eine dritte Generation zu finden, in der allerdings nur ein Podsol-Ranker ausgebildet ist, und die somit sehr jung sein muß.

Mit Hilfe von Pollenanalysen und Radio-Karbon-Untersuchungen der Humushorizonte begrabener Podsole ist versucht worden, das Mindestalter der Sande zu ermitteln. Zunächst hat sich ergeben, daß im nördlichen Westfalen die bekannte allerödzeitliche Bodenbildung, die in gleicher Ausbildung in den Sanden von Holland über Deutschland und Dänemark bis weit nach Polen hin zu beobachten ist,

an vielen Stellen vorkommt. Es handelt sich dabei um einen Podsolboden in Flugdecksand der älteren Dryaszeit mit Humusresten, vor allem mit Holzkohleresten. Über diesem Bodenbildungshorizont lagern Flugdecksande der jüngeren Dryaszeit mit einem meist mächtigen Podsolprofil.

Auf der Grundlage einer größeren Anzahl von Profilen mit charakteristischen fossilen Bodenbildungshorizonten ist eine stratigraphische Tabelle für die Flugsande im nördlichen Westfalen aufgestellt worden. Es lassen sich drei verschieden alte Flugdecksande nachweisen, die jeweils durch einen Bodenbildungshorizont voneinander getrennt sind. Zu unterst liegt der älteste Flugdecksand, der in der ältesten Dryaszeit, z. T. noch im Hochglazial der Weichselkaltzeit, zur Akkumulation gelangte. Die Unterbrechung der Sedimentation für kurze Zeit im Bölling-Interstadial führte zu einer schwachen Bodenbildung. In einigen Profilen ist dieser fossile Bodenbildungshorizont optisch nicht zu erkennen, aber die Schwermineraluntersuchung hat ergeben, daß sich das prozentuale Mengenverhältnis deutlich verschiebt und zwar insofern, daß der Gehalt an instabilen Mineralen abnimmt, wodurch die verwitterungsstabilen Minerale relativ angereichert werden. In der nachfolgenden Kälteperiode der älteren Dryaszeit lebte die äolische Akkumulation wieder auf, und es kamen die älteren Flugdecksande zur Ablagerung, die im Alleröd-Interstadial den charakteristischen Verwitterungshorizont erhielten. Es folgt der jüngere Flugdecksand, der in der jüngeren Dryaszeit bis zum Beginn des Präboreals gebildet wurde. Im Präboreal setzte die holozäne Bodenbildung ein, die später durch den Ackerbau überprägt, stellenweise von Dünenständen überdeckt wurde.

Anhand des Pollenspektrums datierte Bodenbildungen aus dem Präboreal und dem Subboreal sind an verschiedenen Stellen im nördlichen Westfalen ebenfalls gefunden worden. Es handelt sich um Niedermoorbildungen, z. T. um Übergangsmoore, die durch Dünenstände subfossil geworden sind. In den auflagernden Dünenständen haben sich deutliche Podsole mit Ortstein entwickelt, die zum Vergleich mit benachbart liegenden Podsolen jedoch nicht so deutlich

ausgebildet und wahrscheinlich jünger sind. Die Mächtigkeit der Dünensande über den begrabenen Mooren schwankt erheblich. Bei einem Profil am Südhang des Teutoburger Waldes wurde auf einem als Subboreal datierten Übergangsmoor eine Dünenauflage von 3,55 m festgestellt. Hier war an der Oberfläche nur eine schwache Bodenbildung als Ranker-Podsol vorhanden. Die Dünensande bestanden, vor allem im unteren Bereich, aus einer feinschichtigen Wechselagerung von humosem und gebleichtem Sand. Das bedeutet, daß die an der ehemaligen Oberfläche anstehenden stark zersetzten Torfe vom Wind aufgenommen und bewegt worden sind. Das Vorkommen von regelrechten Torfdünen im nördlichen Westfalen zeigt, daß solche Erscheinungen keine Einzelfälle sind.

Zusammenfassend soll noch einmal betont werden, daß die im Quartär abgelagerten Sande des nördlichen Westfalens petrographisch nur wenig und oft nicht eindeutig differenziert sind, daß es aber andererseits mannigfache Merkmale bodenkundlicher Art für die detaillierte Alterseinstufung gibt. Obwohl die Bodenbildung in allen Phasen des Quartärs praktisch immer wieder die eine Richtung auf den Podsol nahm, so ist bei ausreichender Gebietserfahrung eine gesicherte Interpretation möglich, die auch der Bodenkunde verwandten Disziplinen wertvolle Beiträge liefert.



Verbreitung und Eigenschaften rotgefärbter Sandböden in Nord-

deutschland

von F. Bailly *)

Die vorherrschenden terrestrischen Böden der sandigen Geest Nordwestdeutschlands sind (a) die unter Laubwald entstandenen Braunerden, die in tieferen Profilabschnitten unterhalb des B_v -Horizontes auch Lessivierungsmerkmale aufweisen können (braune B_t -Illuvationsbänder), sowie (b) die meist infolge Verheidung oft aus Braunerden entstandenen Podsole, die in tieferen Profilabschnitten unterhalb des B_{hs} -Horizontes oft schwarze B_h -Illuvationsbänder besitzen. Diese Böden können in Niederungen oder kleinen Tälern zu den semiterrestrischen Böden überleiten. Hier treten neben zahlreichen anderen Formen der Gleye in manchen Gebieten, in denen an organischen Eisenverbindungen reiches Grundwasser (Herkunft meist aus Mooregebieten) vorhanden ist, auch eisenreiche Gleye auf, deren G_o -Horizonte z. T. raseneisenerz-artigen Charakter haben; sie sind vielfach reliktilsch geworden infolge rezenter Grundwasser-Absenkung durch den Menschen.

In dieser Landschaft wurden in zahlreichen Aufschlüssen und Kartierungen zwei verschiedenartige Phänomene, deren Auftreten sich teilweise auf ehemaligen Grundwassereinfluß zurückführen läßt, beobachtet und untersucht:

A. Orangebraune Horizonte in Podsolen

In Humuspodsolen treten gelegentlich unter den braun-schwarzen B_h -Horizonten dünne orangebraune Horizonte auf. Ihre Mächtigkeit beträgt oft nur 5-10 cm, die Farbwerte nach Munsell liegen meist bei (5-)7,5 YR 5-6/6-8 (trocken) bzw. 4-5/6-8 (feucht).

*) Institut f. Bodenkunde, 3 Hannover-Herrenhausen, Herrenh. Str. 2

Die Gehalte an dithionitlöslichem Eisen (Fe_D) sind in diesem Horizont stets beträchtlich hoch; selbst bei Podsolen aus extrem eisenarmen Flugsanden ($< 0,1\%$ Fe_D) besitzen derartige orangebraune Horizonte oft Fe_D -Gehalte von 1-2 %. Gelegentlich können diese Horizonte bei noch höheren Fe_D -Gehalten krustenartig verhärtet sein und in ihrem Erscheinungsbild an die Eisenanreicherungs-Horizonte, wie sie von den sog. Bändchenpodsolen aus dem Schwarzwald, dem schottischen Hochland usw. beschrieben werden, erinnern.

Die orangebraunen Horizonte bzw. die ihnen analogen Eisenanreicherungskrusten zeigen folgende weiteren Eigenschaften: Sie schmiegen sich im allgemeinen dem B_H -Horizont auf dessen Unterseite an. Auf- und Abbewegungen des B_H -Horizontes an Profilwänden (z. B. im Bereich von Wurzelzapfen) machen sie dann entsprechend mit. Gelegentlich trennen sie sich aber auch vom B_H -Horizont, doch wird dabei der B_H -Horizont von ihnen normalerweise nicht durchschnitten; sie setzen sich fast immer nur in größere Tiefe hin vom B_H -Horizont ab. An erodierten und wieder überwehten Profilen ist zu erkennen, daß sich normalerweise in den jüngsten Überwehungen keine orangebraunen Eisenanreicherungen mehr gebildet haben.

Die orangebraunen Horizonte werden daher nicht als B_S -Horizonte des Podsol, sondern als reliktsche G_0 -Horizonte angesehen, die sich bei Vorhandensein von eisenreichem Grundwasser unter dem in Entstehung begriffenen B_H -Horizont nach Einsetzen der Podsolierung gebildet haben. Dies könnte auf einen vermutlich nur geringfügigen, aber oft weit verbreiteten Grundwasseranstieg nach der großräumigen Ausbreitung der Heide-Gesellschaften hindeuten (Bailly, 1970).

B. Intensiv rotbraune Böden mit ferromagnetischen Eigenschaften

In einem sehr schmalen Übergangsbereich (wenige 10 m) zwischen semiterrestrischen und terrestrischen Böden treten sporadisch rotbraune Böden auf. Die Vorkommen besitzen meist nur wenige $10-100\text{ m}^2$ Ausdehnung. Die Horizontmächtigkeit wechselt zwischen

ca. 10 und 70 cm. Über den rotbraunen Horizonten tritt meist nur ein A_h -Horizont auf; gelegentlich können geringmächtige A_g - oder B_v -Horizonte zwischengeschaltet sein. Unter dem rotbraunen Horizont folgt C-Material, das gelegentlich auch durch Rostflecken eines G_0 -Horizontes überprägt sein kann. Die Farbwerte nach Munsell liegen bei (2,5-)5 YR 3-4/6-8 (trocken). Die Schwarzbeimengung und die Farbintensität sind also so groß, daß im feuchten Zustand die Farbensprache häufig nicht durchführbar ist, weil die Werte außerhalb der Munsell-Karten liegen.

Die Fe_d -Gehalte in diesen sog. Rotböden sind sehr hoch. Selbst in Rotböden aus extrem eisenarmen Flugsanden konnten Gehalte bis 5 % festgestellt werden.

In der Abbildung wird eine charakteristische Profilreihe bei Meitze (Wietzel nördl. von Hannover) dargestellt (einzelne Profile dieser Reihe wurden 1969 auf der Exkursion B (=E) während der Tagung der DBG gezeigt). Die Abbildung zeigt die eigentümliche Lage dieser sporadisch auftretenden Rotböden-Vorkommen im Grenzbereich zwischen Gleyen (häufig eisenreiche Gleye) und terrestrischen Böden (häufig Podsole, gelegentlich podsolierte Braunerden); letztere besitzen hier stellenweise den zuvor beschriebenen orangebraunen Horizont. In vielfacher Abwandlung tritt an allen beobachteten Rotboden-Fundpunkten diese Beziehung zwischen terrestrischen Böden, Rotböden und Gleyen auf.- Für eine holozäne Entstehung der Rotböden spricht die Tatsache, daß sie mehrmals innerhalb junger Flugsande über Usselo-ähnlichen Podsol-Rankern (mit Holzkohle-Resten) angetroffen werden konnten.

Die starken Ferromagnetismus aufweisenden Rotböden enthalten in den Ton-, z. T. auch den Feinschluff-Fractionen Maghemit (γ - Fe_2O_3) und - in vermutlich geringerer Menge - Hämatit (α - Fe_2O_3). Beide Minerale konnten demgegenüber weder in den orangebraunen Horizonten der Podsole noch in den G_0 -Horizonten der Gleye nachgewiesen werden. Die Entstehung der Minerale kann nicht auf Brandeinwirkung zurückgeführt werden; die dazu erforder-

derlichen Holzfeuer hätten je nach den Bedingungen der Wärmeübertragung großflächig eine bis mehrere Wochen lang brennen müssen, um bis in die erforderliche Profiltiefe (ca. 60 cm) die Entstehung von Maghemit (bei etwa 250°C) zu bewirken. Für die Entstehung von Hämatit würden noch sehr viel längere Brandzeiten erforderlich sein. Die Rotböden sind aber stets frei von irgendwelchen Resten ehemaliger Brandstellen.

Die hohen Eisengehalte der rotbraunen Horizonte müssen also auf Grundwassereinfluß zurückgeführt werden; es sind demnach keine B_v -, sondern (reliktische) G_o -Horizonte, wobei es noch unbewiesen ist, ob bei ihrer Entstehung der zuvor vermutete geringe Grundwasseranstieg nach der Verheidung ebenfalls wirksam geworden ist. Der Mechanismus, der die über das Grundwasser herangeführten Eisenoxide in Maghemit und Hämatit umgewandelt hat, ist unbekannt; ihre Entstehung bei normalen Bodentemperaturen in unserem Klimagebiet kann aber demnach nicht prinzipiell ausgeschlossen werden.

Literatur

Bailly, F. (1970): Beitrag zur Frage der Eisenanreicherung durch Grund- und Stauwasser in nordwestdeutschen Podsolen. Zeitschr. Pflanzenern., Bodenkunde (im Druck).

NW

SO

PODSOLE

ROTBÖDEN

EISENREICHE
(RELIKT-)GLEYE

60 m

30 m

Horizont-Symbole:

 A_h/A_{he}


 Orangebraune
Horizonte

 A_e

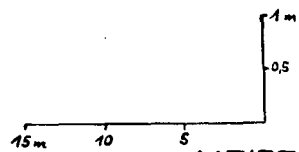
 Rotbraune
Horizonte

 B_h

 C(mit B_h -Bändern)

 Rostbraune
 G_0 -Horizonte

 C(mit G_0 -Flecken)



MEITZE

Abbildung: Vergesellschaftung von Rotböden mit terrestrischen und semiterrestrischen Böden im Wietzetal bei Meitze (Mtbl. 3424 Mellendorf, H 58-27725, R 35-52675)

326 B



Historisch datierbare Parabraunerden im Neckarland

von S. Müller *)

Die Parabraunerden aus Lößlehm zeigen im Weinbauklima des Neckarlandes (Jahresdurchschnittswerte: 8,5-9,5°C, 650-750 mm Niederschlag) eine sehr einheitliche Ausprägung (3,5). Nahezu unabhängig vom Relief haben alte Waldböden einen 30-40 cm mächtigen gelblichgrauen, lessivierten Oberboden mit kaum ausgeprägtem A_h-Horizont, dessen Untergrenze in den wärmsten Landesteilen besonders deutlich vom Bt-Horizont abgesetzt ist. Der Bt-Horizont reicht normalerweise 70-80 cm tief; dann geht er in einen B_v-Horizont über. Die Entkalkungstiefe beträgt beim jüngsten Löß 0,80 - 1,20 m, bei älteren Lössen über 2 m. Diese tiefere Entkalkung ist gewöhnlich mit Pseudovergleyung verbunden.

Das Erscheinungsbild der Parabraunerde findet man im Neckarland in älteren Erdwällen aus Lößlehm überall phänotypisch angedeutet, meistens in einer strukturellen Differenzierung zwischen lockerem Oberboden und festem, gröber struiertem Unterboden. Die beste Information gibt ein Vergleich der aus Lößlehm aufgeschütteten Abschnitte der Eppinger Linien mit einem sehr gut erhaltenen Stück des römischen Limes, der streckenweise ebenfalls aus Lößlehm aufgeschüttet wurde.

Die Eppinger Linien sind Verteidigungswälle der benachbarten Herzogtümer Baden und Württemberg, die 1695-1697 zur Zeit des Reichskrieges gegen Ludwig XVI gebaut wurden, um die offene Kraichgau-Pforte zwischen Schwarzwald und Odenwald abzuriegeln. Sie sind heute rund 275 Jahre alt.

Der Limes wurde bei Öhringen, dem römischen "Vicus Aurelianus" unter Kaiser Marc Aurel etwa zwischen 155 und 170 nach Christi

*) Geol. Landesamt, 7 Stuttgart, Sängergstr. 5

errichtet. Der rund 1800 Jahre alte Grenzwall verläuft hier auf 81 km schnurgerade von Lorch im Süden nach Walldürn im Norden.

In beiden Wällen sind die Bilder der Bodenprofile äußerlich sehr ähnlich. Nähere Untersuchungen erweisen aber starke Unterschiede im Entwicklungsgrad.

Die Körnungsanalysen (Tabelle 1) lassen im römischen Limes bereits eine ausgeprägte Tonwanderung erkennen, die bei den Eppinger Linien noch völlig fehlt. Allerdings ist auch auf dem Limes die Lessivierung nicht durchweg homogen ausgeprägt, sondern es gibt Stellen, wo sie aussetzt. Im ungestörten Vergleichsprofil des Limesvorfeldes ist die Tonverlagerung in der hier entstandenen Pseudogley-Parabraunerde aus älterem Lößlehm stärker dokumentiert als im Vorfeld der Eppinger Linien. Von J. WERNER*) gefertigte und kommentierte Dünnschliffbilder vom Limesprofil zeigen ebenfalls die Tonwanderung recht deutlich. Dort ist also seittder vor 1800 Jahren erfolgten künstlichen Aufschüttung aus dem vermutlich auf der Walloberfläche liegenden Bt-Material bereits wieder so viel Ton mobilisiert und verlagert worden, daß die Dynamik der Parabraunerde klar nachweisbar ist.

Unabhängig von der nachweisbaren Tonverlagerung liegt sowohl in den 275 Jahre alten Eppinger Linien als auch im 1800 Jahre alten Limes gleichermaßen der phänotypische Eindruck einer Parabraunerde vor, mit denselben Maßen für die Oberboden- Unterboden-Differenzierung wie bei den benachbarten ungestörten Naturböden. Tonhäutchen sind in beiden Fällen makroskopisch kaum zu erkennen.

Da die eingangs erwähnte Konstanz der Tiefenlage des Grenzbereichs Oberboden/Unterboden zwischen 30 und 40 cm bereits in der nicht lessivierten Braunerde aus aufgeschüttetem Lößlehm bei den Eppinger Linien phänotypisch herauskommt, sehe ich darin eine primäre

*) Es ist geplant, die Bilder der Dünnschliffe in einer späteren gemeinsamen Arbeit zu publizieren. Vorerst danke ich Herrn Dr. J. Werner, Geolog.Landesamt Freiburg i.Br., für seine freundschaftliche Hilfe.

Tabelle 1

Körnungsanalysen mit Na₄P₂O₇ aufbereitet.

(Die Untersuchungen wurden von B. Conzelmann im Laboratorium des Geologischen Landesamts, Zweigstelle Stuttgart, ausgeführt.)

I Eppinger Linien bei Mühleck

errichtet: 1695 - 1697

a) Aufschüttung					b) Vergleichsprofil: Parabraunerde				
Tiefe (cm)	0,002	0,02-0,002	0,1-0,02	0,1-2mm	Tiefe (cm)	0,002	0,02-0,002	0,1-0,02	0,1-2 mm
5 - 15	27,4	34,0	37,0	1,6	5-20 A ₁	13,5	42,2	42,1	2,2
15 - 25	27,9	35,3	35,1	1,7	25-35 A ₁	16,5	37,8	43,1	2,6
25 - 45	25,9	34,7	38,1	1,3	40-45 B _t	24,6	35,0	38,8	1,6

II Römischer Limes bei Öhringen

errichtet um das Jahr 160 p.C.

a) Aufschüttung					b) Vergleichsprofil: Pseudogley-Parabraunerde				
Tiefe (cm)	0,002	0,02-0,002	0,1-0,02	0,1-2mm	Tiefe (cm)	0,002	0,02-0,002	0,1-0,02	0,1-2 mm
10 - 20	14,3	42,3	40,3	3,1	10-20 A ₁	5,8	44,7	45,3	4,2
30 - 50	25,6	38,7	32,9	2,8	40-50 B _{gt}	24,2	34,2	40,1	1,5
80 - 90	26,2	33,6	38,5	1,7	80-90 B _v	21,7	31,6	45,2	1,5

Disposition des Substrats. Der spätere Lessivierungsprozeß scheint auf der Basis einer derartigen Primärdisposition zu erfolgen.

Die Ursache der primären Veränderung wurde schon in früheren Arbeiten (4) des Verfassers in der durchschnittlichen Eindringtiefe der sommerlichen Tageswelle der Bodentemperatur gesucht. Die außerordentliche Konstanz dieser Eindringtiefe wurde durch neuere Messungen bestätigt (2).

Über die Ergebnisse wird in gesonderten Arbeiten berichtet.

Hier sei nur erwähnt, daß sich eine thermisch aktive Oberzone von einer thermisch passiven Unterzone differenziert und daß dazwischen, bei etwa 35 cm, sich eine sehr konstante Inversions-schicht einstellt, in der nächtliche Temperaturumkehr herrscht, d. h. während der kältesten Nachtstunden besteht hier ein Wärmemaximum im Boden.

Es liegt nach diesen Beobachtungen nahe, die übereinstimmende Konstanz der erwähnten Bodengrenzen mit dieser konstanten thermischen Bodenschichtung in Verbindung zu bringen. Darauf weist auch eine weitere Erscheinung hin, die uns im Limesprofil entgegentritt. In einer Dissertation von F. Dürr (1) wird die Verteilung vulkanischer Schwerminerale untersucht, die äolisch oder bei der Aufschüttung auf die Limesoberfläche kamen.

Sie sind heute gleichmäßig in dem rund 40 cm mächtigen Oberboden, der hier auf dem künstlichen Wall seit der Römerzeit entstandenen Parabraunerde, verteilt. Das heißt aber, die thermische Zirkulationszone ist zugleich eine Zone der "Bioturbation", in der das Edaphon so aktiv ist, daß der ganze Bereich von bodenwühlenden Tieren, insbesondere vom Regenwurm im Laufe der Zeit völlig umgesetzt und homogenisiert wird.

Diese Beobachtungen legen folgende Hypothese nahe: Bei den Gegebenheiten des Neckarlandes hält sich die Lessivierung in ungestörten Böden aus Lößlehm an die von der thermischen Zirkulation und der Bioturbation vorgezeichneten Grenzflächen. Im Aktivierungsbereich des Oberbodens werden die inneren Oberflächen kollidireicher

Böden stark verändert. Biogene Zerkleinerung, Temperatur- und Feuchtigkeitewechsel sowie Basenverlust begünstigen Kolloidzerfall und -verlagerung, während im thermisch passiveren Unterboden die konservierenden Tendenzen der Kolloidbildung und -erhaltung dienen. Auf der Basis dieser primären Disposition dürfte die Verlagerung mobiler Bodenkolloide nicht von oben allmählich nach unten fortschreitend, sondern mehr oder weniger gleichzeitig in der thermisch und biologisch aktivierten Zone erfolgen. Im thermisch passiven, porenärmeren Unterboden ist die örtliche Konservierung eingewanderter und neu gebildeter Kolloide begünstigt. Ihre Ablagerung erfolgt entlang der sich verengenden Sickerbahnen des Wassers. Der Zeitaufwand für den Prozeß erlangt die Größenordnung von Jahrtausenden.

LITERATUR

- 1.) DÜRR, F.: Vulkanische Schwerminerale in Bodenprofilen Württembergs. Jahrb.f.Geologie, Paläontologie, Mh., 111, p.465-462, Stuttgart 1953
- 2.) GOETZ, R. und MÜLLER, S.: Relationships between the daily temperature wave and the development of the natural soil profile. US-Highway Research Board. Special Report 103: Effects of temperature and heat on engeneering behavior of soils, Proceedings of an international conference p. 51-65, Washington 1969
- 3.) MÜLLER, S.: Typische Waldbodenprofile der südwestdeutschen Gäulandschaften (Farbaufnahmen von K.Glatzel, R.Jahn und K.E. Rehfuess. Mittlg.des Vereins f. Forstl.Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtg. Nr. 14, Stgt. 1964
- 4.) MÜLLER, S.: Thermische Sprungschichtenbildung als differenzierender Faktor im Bodenprofil. Ztschr.Pflanzenernährg.,Düngg.,Bodenkunde, 109.Bd., H. 1, S.26-34, Weinheim 1965
- 5.) MÜLLER, S. mit SCHLENKER, G. und WERNER, J.: Südwestdeutsche Waldböden im Farbbild, nach Aufnahmen von K. Glatzel, R. Jahn u. a. Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg, Bd. 23, Stgt. 1968.



Vergleich der Profilentwicklung von Parabraunerden aus Löß unter
Laubwald und Acker

von H. Kußmaul *) und H. W. Zöttl **)

Um zu ermitteln, wie sich jahrhundertelange Ackernutzung auf die Entwicklung des Bodenprofils auswirkt, werden Parabraunerden unter Acker verglichen mit solchen, die heute noch naturnahen Eichen-Hainbuchen-Wald tragen.

Die Böden entwickelten sich aus jüngerem Würm-Löß im Gebiet südlich von Würzburg. Sie erhalten heute ca. 600 mm Niederschlag pro Jahr. Die Jahresdurchschnittstemperatur des Gebietes beträgt etwa 8,5°C.

Zur klaren Abtrennung der nutzungsartenbedingten Unterschiede in der Profilentwicklung muß gesichert sein, daß die Pedogenese der Acker-Wald-Paare bis zur Rodung der heutigen Ackerflächen gleich abgelaufen ist. Die untersuchten Standorte wurden daher sehr kritisch auf ihre Vergleichbarkeit überprüft. Die jeweiligen Vergleichsprofile liegen in ebenem Gelände (0-0,9% Gefälle), der Abstand zwischen ihnen ist gering (50 - 80 m). Die Konstanz der Wald-Feld-Grenze ist für die letzten 150 Jahre gesichert, 4-500 Jahre zurück wahrscheinlich. Die Einheitlichkeit des Ausgangsmaterials wird mit Hilfe des Körnungsquotienten $Q = (20-30 \mu) : (30-50 \mu)$ varianzanalytisch geprüft (KUßMAUL 1969). Dabei ergibt sich, daß bei drei Vergleichsparen sowohl die horizontale Einheitlichkeit (= Vergleichbarkeit) als auch die vertikale Einheitlichkeit (= Homogenität) gegeben ist.

*) Institut für Bodenkunde der Universität Stuttgart-Hohenheim

**) Lehrstuhl für Bodenkunde der Universität Hamburg

Die Ackernutzung beeinflusste die Profilentwicklung im Vergleich zum Zustand unter Wald vor allem in folgendem:

1. Die Tonverlagerung reicht im Ackerprofil bis tief in den kalkhaltigen Löß (Abb. 1, s. 2 μ -Fraktion im C-Horizont). Man findet dort Illuviations-Cutane auf den Wänden von Schwundrissen bis 1,5 m Tiefe. Unter Wald treten hingegen bereits ab 1 m Tiefe auf diesen Wänden Kalkausscheidungen auf. Die Kalkgehalte im C-Horizont des Ackerbodens sind jeweils geringer als im Waldboden, ohne daß jedoch die Entkalkungsgrenze merklich abgesunken wäre.

Man kann dies auf die im Ackerboden vermutlich höheren Sickerwassermengen zurückführen. Der Acker weist zwar eine höhere Evaporation auf als der Wald, die Gesamtverdunstung (Evaporation + Interception + Transpiration) liegt aber um etwa ein Drittel niedriger (höhere Interception und längere Transpirationsperiode im Wald - BAUMGARTNER 1967, PAPP 1963).

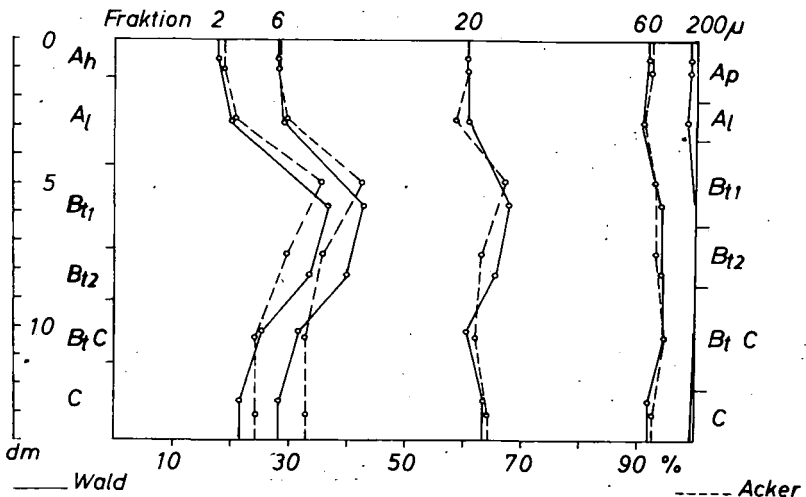


Abb. 1: Korngrößenverteilung des Vergleichspaares "Eßfeld"

2. Das Texturprofil ist unter Acker weniger ausgeprägt als unter Wald (Abb. 1, s. Tiefenfunktionen der Ton-Fraktion). Dies geht auch klar aus den Horizontbilanzen der Tonverlagerung hervor (Tab. 1). Unter Acker errechnet sich jeweils eine um 5-20 % geringere Tondurchschlämmung als unter Wald.

Dies ließe sich dadurch erklären, daß die Tonverlagerung sich mit Einsetzen der Ackernutzung abschwächte, während sie unter Wald stark weiterlief. Dagegen sprechen aber a) die Tonbeläge in den C-Horizonten der Ackerböden und b) die Aziditätsverhältnisse. Die pH(KCl)-Werte der Ackerprofile liegen bei 5 - 7, so daß dort ein Optimum der Tonverlagerung zu erwarten wäre, unter Wald aber bei 3,5 - 4,5, in einem Bereich also, in dem die Tonpeptisation durch Austausch-Aluminium bereits behindert werden kann.

Tab. 1: Horizontbilanzen der Tonverlagerung

Standort		Tonverlust im A-Horiz. (kg/m ²)	Tongewinn im B-Horiz. (kg/m ²)
Eßfeld	Wald	71	69
	Acker	65	66
Rammerschlag	Wald	67	68
	Acker	58	57
Rodheim	Wald	63	61
	Acker	47	47

Daher ist eine andere Deutung wahrscheinlicher, nämlich daß unter Acker der Tonverlagerung eine sekundäre Durchmischung von Ober- und Unterbodenmaterial entgegenwirkt. Eine solche undifferenzierte Verlagerung von tonreicher Mineralsubstanz nach oben kann unter Acker bewirkt werden durch a) die großen Regenwurmarten, die bis 2 m Tiefe zu finden sind und im Waldboden fehlen, b) die Kultur- und Erntemaßnahmen des Menschen und c) durch schlagartiges Entweichen komprimierter Luft, die entsteht, wenn Starkregen schnell in die im Ackerboden häufig

vorhandenen Schwundrisse eindringen (SIUTA und TERELAK 1963). Der dabei sekundär nach oben verlagerte Ton kann rasch wieder abtransportiert werden. Für obige Annahme spricht auch die Schluffbilanz: Nur in den Ackerprofilen läßt sich eine Schluffverlagerung aus dem B- in den A-Horizont errechnen (Zunahme um 3-6 %).

Die beiden beschriebenen Vorgänge, Verlagerung von B_t-Material nach oben und Tonilluviation bis in den kalkhaltigen Untergrund, bewirken, daß die Texturdifferenzierung der Parabraunerde unter Ackernutzung abgeschwächt wird.

LITERATUR

- BAUMGARTNER, A.: Ermittlung der tatsächlichen Verdunstung aus Messungen des vertikalen Wasserdampfaustausches und der Energiebilanz. Sonderh. Gewässerkd. Mitt. 192-195 (1967).
- KUGMAUL, H.: Vergleich von Lößböden unter Laubwald und Acker. Diss. Naturw.Fak. Univ. München, 1969.
- PAPP, M.: Wasserhaushalts-Untersuchungen an holozänen Parabraunerden aus würmeiszeitlichem Löß in Niedersachsen. Diss. Landwirtsch. Fak. Univ. Göttingen, 1963.
- SIUTA, J. und TERELAK, H.: Phenomena of Deformations by Air in some Loess Soils at the Antopol Experiment Station. Pam. Pulawski 9, 293-305 (1963).

B C - Ü b e r g a n g s h o r i z o n t e

in circumalpinen Terrassenschottern

von F. Fezer *)

Die von Gletscherschmelzwässern aufgeschütteten sandigen Kiese sind infolge einer allgemeinen Hebung zerschnitten; auf den unteren Terrassen haben sich etwa 1 m mächtige Parabraunerden entwickelt, auf den oberen, älteren sind diese pseudovergleyt, geköpft oder von Moräne, Fließerde oder Löß bedeckt. Wegen der lückenhaften Erhaltung der Oberböden wurde der C_V - H o r i z o n t untersucht, um das Sediment datieren zu können. Mit zunehmendem Alter fällt der Anteil an runden Karbonatkörnern in der Schluff-Fraktion linear ab. Die durch unterschiedliche Dränung, Vegetation o. ä. bewirkte Streuung der Werte muß vorerst in Kauf genommen werden. Grundwasser und Kalkinkrustierungen ("Nagelfluh") stoppen jedoch die T i e f e n v e r w i t t e r u n g (BLANCK et al.) völlig, so daß sich das Alter ebenso wenig bestimmen läßt wie an manchen Terrassenkanten, wo sogar der C_V -Horizont geköpft sein kann.

Zum Vergleich werden die Profile auf die L ö s u n g s f r o n t (WERNER 1964, bisher meist "Entkalkungsgrenze" genannt, "Sure front" nach CHRISTENSEN) ausgerichtet, was zwar nicht ganz korrekt, aber der beste Behelf ist. Diese kann durch Bodentiere, Baumwurzeln und Froststrukturen (BACHMANN) sehr unruhig und durch Tonverlagerung unscharf werden, auch pH-Wert und Karbonatgehalt zeigen breite Übergänge (MANCINI), ferner ist sie nach der Anfälligkeit der Gesteine und nach der Gerölldicke differenziert (Abb. 1). Je feiner das Korn, desto tiefer reicht die Verwitterung.

*) Geomorphologisches Labor des Geogr. Institutes,
69 Heidelberg, Bergheimerstr. 147

Unter älteren Böden dringt die Lösungsfront nicht einfach tiefer, sondern greift bei den feinen Körnungen und bei Geröllen anfälliger Gesteine (z. B. Dolomit, s. Abb. 2) besonders weit aus (CZJZEK). Entlang den Sickerbahnen in altpleistozänen Schottern kann der Sandanteil bereits entkalkt sein, während dazwischen Inseln frischen Materials erhalten bleiben. Es gibt dann keine Boden-"Horizonte" mehr, weil die Grenzen ebenso häufig senkrecht verlaufen.

Lösungsfront für einzelne Gesteine:

Verwitterung an der B/C-Grenze:	Kalke Kieselkalke
Anwitterung im C_{Ca} -Horizont	Sandsteine
Aufblättern bis in große Tiefen	Mergelkalke
Vergrusen " " " "	Dolomite Biotitschiefer

Vorschlag für die Abgrenzung der Horizonte:

Kalkgerölle erhalten, Sandanteil entkalkt	BC	
Nach oben ansteigender Feinsandgehalt sinkender pH-Wert	C_v	C_{Ca}
Am wenigsten verwitterte Mitte	C_n	
Verwitterung anfälliger Gesteine, Einschlammung von Schluff, Rostbeläge	G_o	

LITERATUR

- BACHMANN, F., 1966. Fossile Strukturböden und Eiskeile auf jungpleistozänen Schotterflächen im nordostschweizerischen Mittelland.
Diss. Zürich.
- BLANCK, E. und ZAPFF, L., 1925. Über Tiefenverwitterungserscheinungen im mittleren Buntsandstein des Reinhardswaldes.
Chemie der Erde 2, S. 446 - 480.
- CHRISTENSEN, W., 1962. Betragtninger over den geokemisk udvikling i de övre jordlag i Danmark. Den sure Front.
Medd. fra Dansk Geol. Foreningen 15, S. 112 - 122.
- CZJZEK, J., 1852. Geologische Verhältnisse der Umgebung von Hainburg, des Leithagebirges und der Ruster Berge.
Jahrb. k. k. Reichsanstalt III/4, S. 35-55.
- FEZER, F., 1969. Tiefenverwitterung circumalpiner Pleistozän-schotter.
Heidelb. Geogr. Abh. 24, 160 S.
- MANCINI, F., 1960. Osservazioni sui loess e sui paleosuoli dell Anfiteatro Orientale del Garda e di quello di Rivoli.
Atti Soc. Ital. Scienze Nat. Milano 49, S. 221 - 248.
- METZGER, K., 1968. Physikochemische Untersuchungen an fossilen und relikten Böden im Nordgebiet des alten Rheingletschers.
Heidelb. Geogr. Abh. 19.
- WERNER, J., 1964. Grundzüge einer regionalen Bodenkunde des südwestdeutschen Alpenvorlandes.
Schriftenreihe Landesforstverw. Baden-Württ. 17, Freiburg, 91 S.

Verwitterungshorizonte (= LÖSUNGSFRONT) in Würmschottern

Fig: 1

 alles frisch
  teilweise verwittert

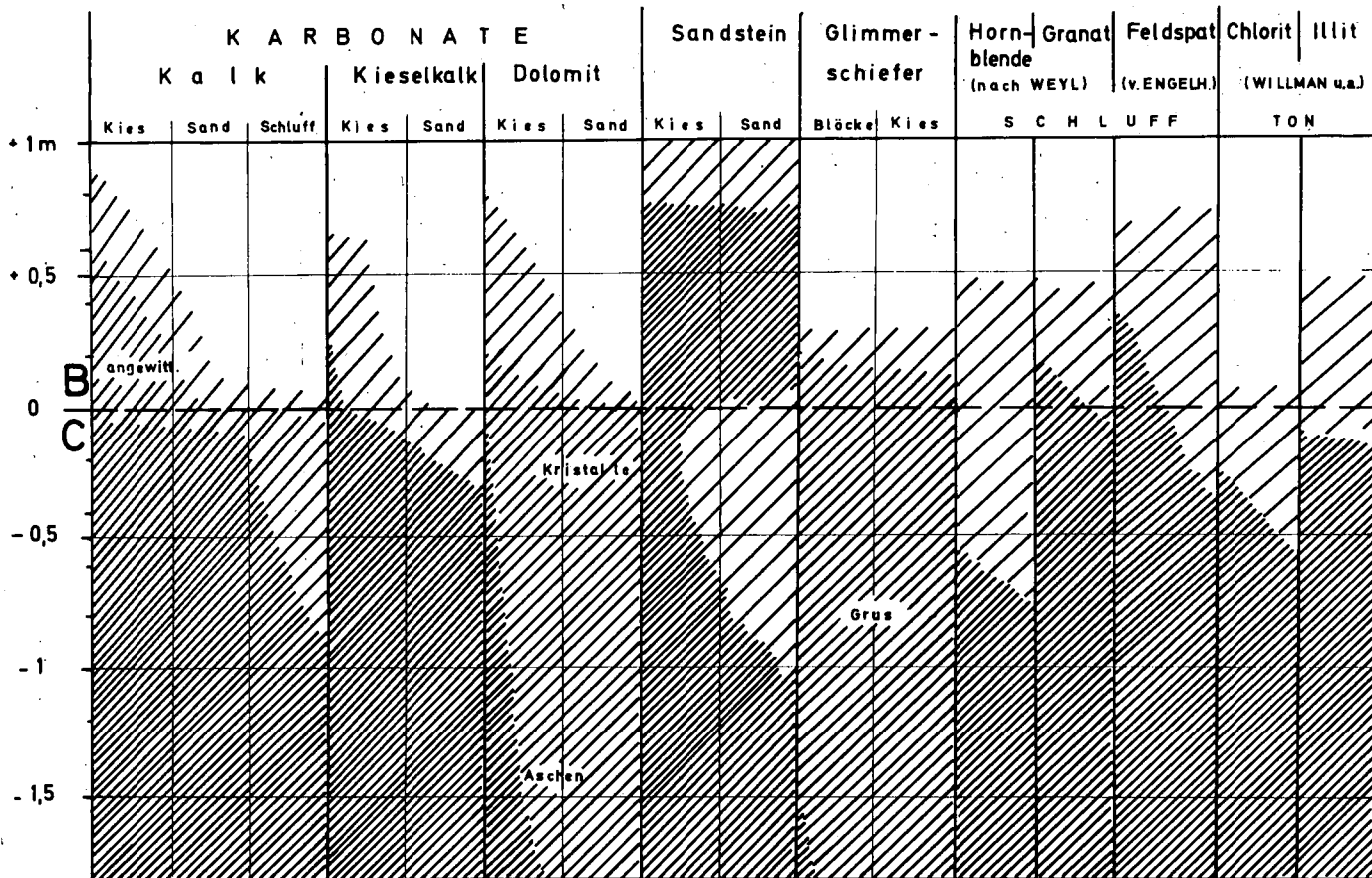
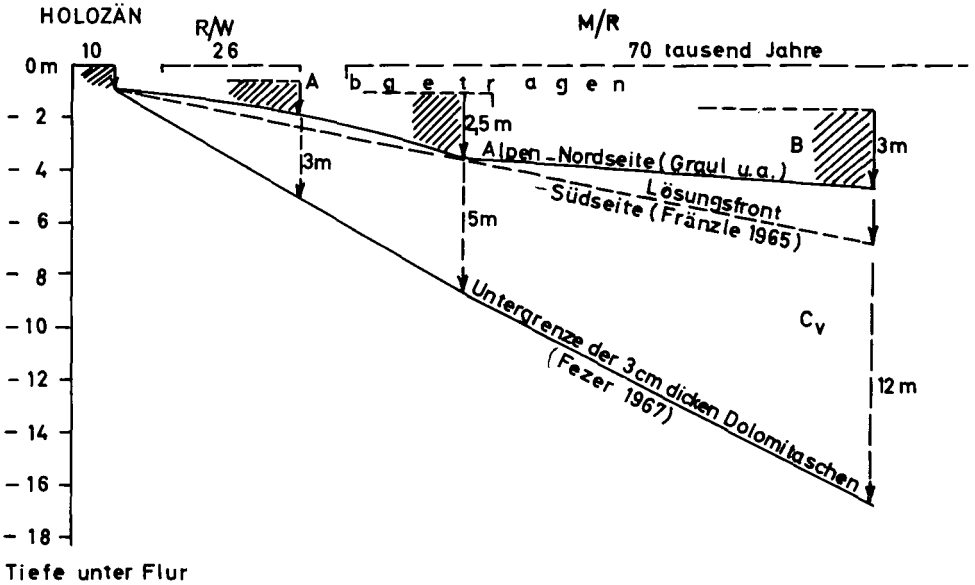


Fig:2 Entwicklung von Reliktböden

auf circumalpinen Schottern
(Zeitskala nach BOURDIER 1961)

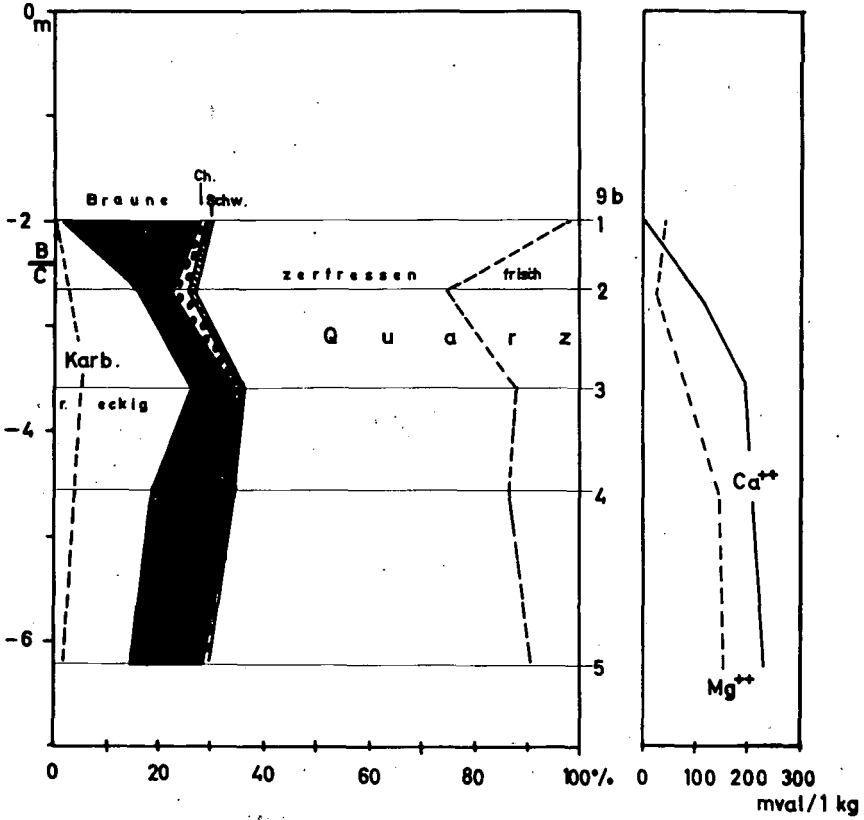
WÜRM | Jung-RIß | Haupt- | MINDEL |



Günzschofter in Rot

Schluffanalyse

Fig: 3



Lithosol - Braunerde - Vertisol - Catena des Wochechagebietes
westlich Addis Abeba/Äthiopien

von Ida Valetton *)

Westlich Addis Abeba - auf der N-Seite des ostafrikanischen Grabensystems - sitzen auf einer jungtertiären vulkanischen Unterlage einzelne Miozäne Vulkane auf. Der Wochecha ist ein solcher flacher, isolierter Kegel aus alkalitrachytischen Tuffen, der an den Flanken und den ihnen vorgelagerten Ebenen in der Höhenlage zwischen 2400 - 2100 m über NN eine Lithosol-Braunerde-Vertisol-Catena trägt, die wahrscheinlich im Pleistozän angelegt wurde und deren Bildung heute noch anhält. Jüngere Erosion hat bis zu 50 m tiefe Runsen in die Hänge eingeschnitten und die Profile gekappt, so daß in den Hanglagen nur die tieferen Teile des B-Horizontes erhalten blieben.

Das heutige Klima zeichnet sich durch eine kleine und eine große Regenzeit mit 1200 mm/a Niederschlag und mittleren Jahrestemperaturen um 18 - 20°C aus. Die Drainage ist am Hang sehr gut, am Hangfuß entspringen zahlreiche Quellen. Die Depressionen werden von zahlreichen reich verzweigten Gewässernetzen durchzogen, die in den Regenzeiten zu Staunässe im Boden führen.

Beschreibung der Bodentypen

3 Bereiche mit folgenden Bodentypen folgen untereinander:

- 1.) am höheren Hang: gekappter graubrauner Lithosol, Mächtigkeit im Mittel 20 cm, maximal 50 cm, durchsetzt von reliktschen Gesteinsbrocken; krümelig eckig brechend; im Bereich besonders intensiver Entwässerung rot gefärbt.

*) Prof. Dr. Ida Valetton, Geologisch-Paläontologisches Institut, 2 Hamburg 13, von-Melle-Park 11

- 2.) am tieferen Hang: gekappte rotbraune Braunerde; Mächtigkeit im Mittel 20-50 cm; durchsetzt von reliktschen Gesteinsbrocken; Übergang vom krümelig-eckigen Bruch hangabwärts in Böden mit fettiger, dichter Konsistenz; während Trockenzeit Bildung von Trockenrissen (1 cm breit, bis 50 cm tief) mit Bestegen aus hämatitreichen Konkretionen von 1 mm ϕ .
- 3.) in den Depressionen: vollständige Profile dunkelgrauen Vertisols; Mächtigkeit bis 5 m; fettig - stark quellfähig - zähplastisch; in Trockenzeiten mit bis zu 50 cm breiten und mehreren Metern tiefen Trockenrissen. Kryoturbationerscheinungen; etwa 1,50 m unter Oberfläche ein 0,50 m mächtiger Kalk-Konkretionshorizont aus weißgrauen, nierenförmigen Knollen von 1 - 5 cm ϕ , als Kalkanreicherungshorizont im Bereich der Grundwasserspiegelschwankungen.

Petrographie

Die pH-Werte im Tuff liegen um 7, sie sinken im Lithosol und der Braunerde auf 6, um im Vertisol wieder auf 7 anzusteigen und erreichen ihr Maximum in der Kalkkonkretionslage mit 7,5 - 8.

Die Porosität ist sehr groß. Der Tuff hat 25-30 %, Lithosol und Braunerde 45 % und Vertisol 30 % Porenraum.

Das Ausgangsgestein ist ein plastisch weicher Alkali-Trachyttuff, der sich wie folgt zusammensetzt:

Mineralzusammensetzung in Vol %	Ψ 8/1	Ψ 8/2
texturlose glasige Grundmasse (mit Kaolinitanteil)	62.1	63.5
Na-Sanidin-Einsprenglinge	22.2	21.8
Lapilli	15.4	14.4
Accessorische Minerale	0.3	0.3

Die Tonfraktionen des Tuffs setzen sich in der Korngröße 0 - 2 $\mu\beta$ nur aus Kaolinit und Glas, die in den Fraktionen 2 - 6 μ und 6 - 20 $\mu\beta$ in zunehmenden Maße von Illit und Feldspat ersetzt werden.

Der Lithosol (II) zeichnet sich chemisch durch Verlust an Alkalien und SiO_2 und Anreicherung von Al_2O_3 , Fe_2O_3 und TiO_2 aus. In den Tonfraktionen herrscht neben Spuren von Feldspat und Illit der Kaolinit vor. Der Amorphanteil (Allophan) ist sehr groß. Eisen ist z. T. stark mobilisiert und dürfte an die Amorphsubstanz gebunden sein.

Über die Zone der braunen Böden (III) zum Vertisol (IV) nehmen die Gehalte an Al, Ti und Fe allmählich ab, während die SiO_2 -Werte langsam ansteigen. Der organisch gebundene Kohlenstoff hat seine Höchstwerte in der Braunerde mit 1-2 % C.

In Zone III ist das Eisen stark mobilisiert. Es liegt in röntgenamorpher Form vor und dürfte dem Goethit nahestehen. Auf Schwundrissen bildet sich Hämatit. (Der Allophananteil in Zone III ist sehr groß.)

In Zone IV sind außer reliktsichen Hämatitkörnern keine Fe-Mineralen mehr zu erkennen. Die Tonfraktion im Vertisol setzt sich aus neu gebildetem Montmorillonit und Sudoit (Al-Chlorit) und deren mixed layer zusammen. Der Amorphanteil wird sehr gering.

Es ergibt sich eine hangabwärts gerichtete Abfolge von Tonmineralien Kaolinit - Allophan - Montmorillonit + Sudoit, die durch Mineralabbau und -neubildung erklärt wird.

Chemisch ergibt sich ein hangabwärts gerichteter Lösungstransport, der am höheren Hang zur Anreicherung von Al, Fe und Ti und Verarmung an Si, Ca, Na und K und in den Depressionen zur Anreicherung von Si und Ca und zur Verarmung an Al, Fe und Ti führt. K und Na werden ganz entfernt.

Diese Prozesse werden überlagert von einer mechanischen Hangerosion und von einem hangabwärts gerichteten mechanischen Transport.

LITERATUR: VALETON, I. (1969): Lithosol-Braunerde-Vertisol-Catena des Wochechagebietes westlich Addis Abeba. Mitt.d.Geol.-Paläontol.Inst.d.Univ. 38, (dort weitere Literatur)



Die Voraussetzungen für die Auswertung bodenkundlicher Untersuchungen am Beispiel der Auswertung der Bodenkarten von Niedersachsen 1 : 5 000 und 1 : 25 000

von W. Müller *)

Die bodenkundliche Forschung hat in den letzten Jahren und Jahrzehnten deutliche Fortschritte gemacht. Diese Fortschritte führen zwangsläufig zu einer immer stärkeren Spezialisierung. Die Materie "Bodenkunde" wird immer komplizierter und schwerer überschaubar, so daß zunehmend Verständigungsschwierigkeiten schon zwischen den Fachkollegen auftreten. Daher darf nicht verwundern, wenn sich außerhalb der Bodenkunde stehende Interessenten gar nicht erst mit dieser komplizierten Materie beschäftigen möchten, zumal ihnen deren Nutzen weitgehend unklar bleibt.

Aus diesen Gründen ist eine mehr vereinfachende und auf die Erfassung der Zusammenhänge gerichtete bodenkundliche Betrachtungsweise erforderlich. Im Zentrum dieser Betrachtungsweise sollte die Erfassung konkreter Bodeneigenschaften stehen, die auch für praktische Zwecke interpretierbar sind. Um Mißverständnisse zu vermeiden, müßte diese Interpretation von der Bodenkunde selbst ausgehen. M. E. bestehen folgende Voraussetzungen für die Durchführung einer derartigen Arbeitsweise:

1. Durchführung einer B o d e n k a r t i e r u n g ,
da Angaben über Bodenflächen erforderlich sind,
2. weitgehende Einbeziehung der B o d e n a n a l y t i k
in diese Kartierarbeiten, da quantitative Aussagen
erwartet werden,
3. N o r m u n g d e r U n t e r s u c h u n g s -
v e r f a h r e n und Einhaltung eines standarti-

*) Nieders. Landesamt für Bodenforschung,
3 Hannover-Buchholz, Postf. 54

sierten Untersuchungsprogrammes, da sonst eine Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse nicht gewährleistet ist,

4. Entwicklung eines Klassifikationssystems der Böden, das auf wichtige, meßbare Bodeneigenschaften ausgerichtet ist,
5. Herstellung von speziellen Auswertungskarten, die eindeutige und klar verständliche Angaben für die Praxis enthalten.

Das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung hat in Zusammenarbeit mit anderen Institutionen derartige Arbeiten mit der Herstellung der neuen Bodenübersichtskarten im Maßstab 1 : 25 000 und Spezialkarten 1 : 5 000 begonnen. Dabei werden diese bodenkundlichen "Befundkarten" durch jeweils zwei spezielle Auswertungskarten ergänzt, die in möglichst einfach gehaltener Darstellungsweise eine Interpretation der bodenkundlichen Befunde, vor allem für den Landwirt, den Kulturtechniker, den Bodenschätzer bzw. Flurbereinigungsfachmann und den Landesplaner enthalten. Beide Kartenwerke weisen in der Darstellung keine grundsätzlichen Unterschiede auf. Die Karten i. M. 1 : 25 000 sind Übersichts- und Vorplanungskarten, die vor allem bei schwierigen bodenkundlichen Verhältnissen oder kostspieligen Projekten durch Spezialkarten i. M. 1 : 5 000 ergänzt werden.

Auf den Karten werden in Flächenfarbe Bodeneinheiten dargestellt, die die Klassifikationseinheit, die Bodenart bzw. Bodenartenschichtung und das Ausgangsgestein umfassen.

Die Aufstellung der Klassifikationseinheiten erfolgt in Anlehnung an die Bodensystematik. Feinheiten der Bodengesehe werden nicht berücksichtigt. Im Vordergrund steht die Unterscheidung von Böden mit unterschiedlichem Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt. Folgende Unterscheidungskriterien werden vorangestellt:

1. Bodentyp bzw. -subtyp,
2. Tiefenlage bzw. Mächtigkeit desjenigen Horizontes, der für den Wasser- und Lufthaushalt jeweils bestimmend ist,
3. der meßbare und kartiertechnisch schätzbare Ausprägungsgrad, der in diesem Zusammenhang jeweils wichtigsten Bodeneigenschaft.

So sind z. B. beim Pseudogley die Tiefenlage des Staukörpers und der ökologische Staunässegrad die wichtigsten Klassifikationskriterien, nicht dagegen die Genese des Pseudogleyes oder die Ausprägung der Pseudogley-Merkmale.

Dieses Klassifikationssystem ist - in ständiger Konfrontation mit der Praxis - noch im Ausbau begriffen. Bislang wurden vor allem Böden aus den Marsch-, Moor-, Geest- und Lößlandschaften Niedersachsens erfaßt.

Eine Besonderheit der niedersächsischen Bodenkarten ist die tabelleartig gestaltete Legende am rechten Kartenrand. Sie ist in drei Abschnitte gegliedert:

1. Kennzeichnung der Bodeneinheiten (u. a. mit Beschreibung der bodentypologischen Merkmale, der Bodenartenschichtung und des Ausgangsgesteins),
2. wichtige Eigenschaften der Bodeneinheiten (u. a. mit definierten Bodenkennwerten zum Wasser- und Lufthaushalt, zur Gründigkeit und Bearbeitbarkeit),
3. Angaben zur Nutzung und Melioration der Bodeneinheiten (mit Angaben zur Bodennutzungspotenz und Hinweisen zur notwendigen oder zweckmäßigen Melioration),
4. Hinweise auf Abweichungen und Vergesellschaftungen mit anderen Böden u. a.

Besonders eingehende Angaben erfolgen zum Wasser- und Lufthaushalt der Bodeneinheiten, so zu physikalischen Eigenschaften, zu den mittleren und tiefsten Grundwasserständen und zum Auftreten von

Stau- oder Hangwasser. Abschließend erfolgt eine ökologische Beurteilung in Feuchtstufen und Stufen der mittleren Durchlüftung.

Die starke Betonung der Bodeneigenschaften erfordert die konsequente Einbeziehung der Bodenanalytik in die Kartierarbeiten, bei der es vor allem auf die Ermittlung kartiertechnisch erfaßbarer Kennwerte ankommt. Dies wird durch vergleichende statistische Untersuchungen profilmorphologischer, bodenchemischer und bodenphysikalischer Untersuchungsdaten angestrebt.

Voraussetzung für derartige Arbeiten ist die Normung der Untersuchungsverfahren und der Untersuchungsprogramme. Seit mehr als 10 Jahren werden Untersuchungsverfahren verwendet, die den neuen, z. Z. in Gelbdruck erscheinenden Fachnormen "Bodenuntersuchungsverfahren im Landeskulturbau" DIN 19680-19684 voll entsprechen. Diese Normen sind auch mit der Kartieranleitung der Geologischen Landesämter abgestimmt, so daß für diese Untersuchungsverfahren bereits jetzt eine breite Anwendungsbasis gegeben ist.

Ein Standarduntersuchungsprogramm, das bei allen untersuchten Böden gleichmäßig durchgeführt wird, umfaßt Korngrößen-, Humus-, Kalk- und pH-Bestimmungen, sowie k_f - und p_f -Messungen. Bei bindigen Böden werden ferner Untersuchungen der Austauschkapazität und der sorbierten Ionen vorgenommen. Dieses Analysenprogramm wird in umfangreiche profilmorphologische Untersuchungen eingegliedert, bei denen besonders auf gefügekundliche Untersuchungen Wert gelegt wird. Darüber hinaus erfolgen Spezialuntersuchungen je nach den Erfordernissen der verschiedenen Böden.

Die auf diese Weise erarbeitete bodenkundliche Befundkarte gibt umfangreiche Informationen über wichtige Bodeneigenschaften wieder, die vielseitig wissenschaftlich und praktisch auswertbar sind. Der Praktiker ist jedoch weniger an den Befunden selbst als an deren Interpretation interessiert. Daher wurden spezielle Auswertungskarten für einige wichtige praktische Fragen entwickelt.

In der Auswertungskarte I werden bodenkundliche Befunde im Hinblick auf die Bodennutzungspotenz und die möglichen oder zweckmäßigen Meliorationsmaßnahmen ausgewertet.

Die Angaben zur Bodennutzungspotenz gehen nicht von der derzeitigen Nutzung aus. Angegeben wird eine jeweils optimale Nutzung und wann möglich eine weitere Bodennutzung, wobei Meliorationsmaßnahmen mitberücksichtigt werden.

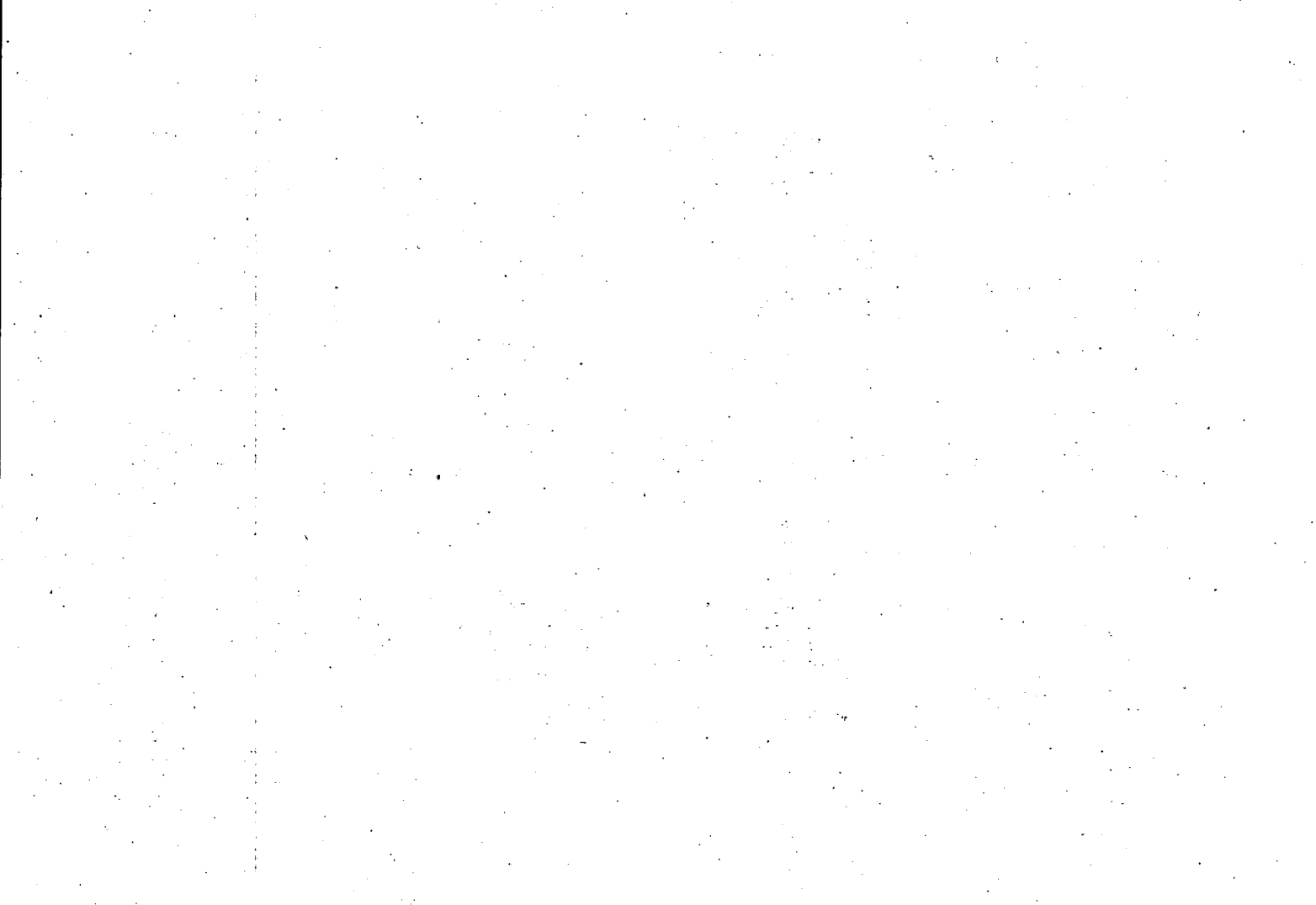
Im Hinblick auf notwendige oder zweckmäßige Meliorationsmaßnahmen wird auf technische Einzelheiten hingewiesen, die sich auf Grund der Bodeneigenschaften oder -horizontierung ergeben. So erfolgen z. B. bei der Dränung Angaben zum Dränabstand, der Dräntiefe, zum möglichen Dränerfolg und zu Gefahren für die Dränung (z. B. Verockerungsgefahr).

Weitere Angaben beschäftigen sich mit dem meliorativen Tiefpflügen, der Untergrundlockerung, wobei die erforderliche Bearbeitungstiefe aufgeführt wird.

Es kann nicht ausbleiben, daß bei der Bearbeitung dieser Auswertungskarten auch Fragen auftreten, über die es noch wissenschaftliche Meinungsverschiedenheiten gibt. In diesen Fällen erfolgen Angaben nach dem jeweils neuesten Stand der Erkenntnisse, da die Praxis im allgemeinen mit ihren Entscheidungen nicht auf die Entwicklung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse warten kann. Um jedoch die Auswirkungen der aufgeführten Ratschläge beurteilen zu können, werden Feldversuche durchgeführt oder es erfolgt eine enge Zusammenarbeit mit anderen Versuchsanstellern.

Die Auswertungskarte II gibt alle erfaßbaren Angaben zum Wasser im Boden wieder und stellt die Bodenart des Oberbodens dar. Aus beiden Angaben zusammen ergeben sich Rückschlüsse auf einige Bewirtschaftungsfragen wie z. B. Bearbeitbarkeitsdauer und Trittfestigkeit. Im Bedarfsfalle werden weitere Auswertungskarten hergestellt, so z. B. zu Fragen der Erosionsbekämpfung.

Wir glauben, daß diese Arbeitsweise die Anwendung bodenkundlichen Spezialwissens in der Praxis erleichtert und das Interesse an solchen Ergebnissen erwecken kann.



Kleinmaßstäbliche Bodenübersichtskarten (1 : 100 000) für
Zwecke der Raumplanung in Niedersachsen

von R. Lüders *)

"Der Boden ist neben der Bevölkerung die wichtigste Gegebenheit und das bedeutsamste Element der Raumplanung und Raumordnung", so steht es im Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung (Hannover 1966). Auch der Gesetzgeber (z.B. Raumordnungsgesetz des Bundes) hat die grundsätzliche Bedeutung des Bodens erkannt. Der Planer, der nun nach diesen Grundsätzen arbeiten will, muß jedoch bald feststellen, daß es nur wenige Bodenkarten gibt, die er für seine Planungen nutzbringend verwenden kann. Dies dürfte in erster Linie daran liegen, daß auf Bodenkarten, soweit sie überhaupt vorhanden sind, häufig Aussagen über die Bodeneigenschaften und die Nutzungseignung der Böden fehlen.

Das Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung stellt deshalb für die agrarstrukturelle Vorplanung in den niedersächsischen Landkreisen Bodenübersichtskarten im Maßstab 1 : 100 000 her, die nach folgender Konzeption entwickelt sind:

1. Der Planungsraum (meistens ein Landkreis) wird in möglichst große Landschaftseinheiten gegliedert, um großräumiges Denken zu ermöglichen.
2. Die Großgliederung wird nach Merkmalen weiter unterteilt, die für Zwecke einer Bodennutzung besonders wichtig sind.
3. Die Legende wird in leicht lesbarer Form zusammengestellt.
4. Die Legendenaussage wird so umfassend gestaltet, daß auf eine zusätzliche Erläuterung verzichtet werden kann.

Bisher wurden folgende Landschaftseinheiten unterschieden und auf der Bodenkarte farblich dargestellt:

*) Dr. R. Lüders, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover-Buchholz, Postf. 54

Geestlandschaft (Niederterrassenlandschaft)	Braungelb
Marschlandschaft	Blau
Talauen	Blau
Lößlandschaft	Orange
Gebirgslandschaft	Braun

(grundwassernahe Niederungen erscheinen ebenfalls in Blau, Moore in Grün).

Die weitere Unterteilung erfolgt in der Geestlandschaft nach der Lage zum Grundwasser und der Oberflächenform, in der Lößlandschaft nach der Oberflächenform und der Lößmächtigkeit, in der Gebirgslandschaft nach der Oberflächenform. Dies sind einfache Ordnungsprinzipien, die für die Bodennutzung bedeutsam sind.

Die letzte Untergliederung führt dann zu den Bodeneinheiten, die als vorherrschende und begleitende Bodentypen ausgewiesen sind.

Die Legende benutzt geläufige Ausdrucksweisen ohne Abkürzungen und Symbole. Sie ist in drei Abschnitte unterteilt:

1. Gliederung der Böden
2. Bemerkungen zu wichtigen Bodeneigenschaften
3. Angaben zur Bodennutzung.

Der zweite dieser Abschnitte enthält diejenigen Bodeneigenschaften, die im wesentlichen die auf den Boden zurückzuführende Produktivität des Standortes bestimmen:

1. Gründigkeit und Durchwurzelbarkeit, in erster Linie mit Angabe derjenigen Faktoren, welche die Durchwurzelbarkeit begrenzen.
2. Wasser- und Lufthaushalt mit einer Bewertung des Wasserbindungsvermögens, des Grund-, Hang- und Stauwasser-einflusses sowie der Durchlüftung.
3. Nährstoffhaushalt mit Angaben des Nährstoffnachlieferungs- und Bindungsvermögens.

4. Sonstiges, insbesondere mit Aussagen über mögliche Bodenerosion und über Erschwerungen bei der Bodenbearbeitung.

Der dritte Abschnitt ist gegliedert in

1. derzeitige Nutzung und Bewertung,
2. Hinweise zur Melioration und Standortverbesserung,
3. Beurteilung der Nutzungseignung.

Diese Beurteilung berücksichtigt in Bezug auf die Nutzung des Bodens drei miteinander konkurrierende Ansprüche: Die landwirtschaftliche Bodennutzung, der gemäß dem Raumordnungsgesetz der Vorrang gebührt, wird nach Ackerland oder Grünland gegliedert und bewertet. Die mögliche (oder bereits vollzogene) Nutzung als Erholungsgebiet wird insbesondere für Waldflächen angegeben. Für die Nutzung als Baugelände werden die geringwertigen, trockenen, tiefgründigen Böden vorgeschlagen.

In der hier skizzierten Darstellungsweise sind bisher die Bodenübersichtskarten 1 : 100 000 für die Landkreise Osnebrück, Hildesheim-Marienburg, Bremervörde, Harburg, Lüneburg, Norden und für das Gebiet der unteren Aller gedruckt worden. In Druckvorbereitung befinden sich (1969) die Blätter Holzminden und Leer.



Beispiele der Auswertung von Bodenkarten i. M. 1 : 5 000 für
spezielle Zwecke der landwirtschaftlichen Betriebsberatung

von H. Voigt und G. Roeschmann *)

Im Frühjahr 1968 wurden von den Verfassern drei landwirtschaftliche Betriebe bodenkundlich kartiert. Die auf Grund dieser Kartierungen hergestellten Bodenkarten i. M. 1 : 5 000 mit verschiedenen daraus abgeleiteten Karten dienen als Beratungsunterlage für kulturtechnische und ackerbauliche Maßnahmen mit dem Ziel einer verbesserten Bodenbewirtschaftung durch die Betriebsleiter.

Die Kartierungen fanden statt auf dem Rittergut Gadenstedt (100 ha), dem Rosenhof Hesse/Moringen (100 ha) und dem Betrieb Kroos/Rössing bei Nordstemmen (60 ha). Die Betriebe wirtschaften viehlos, sind voll mechanisiert und liegen mit dem überwiegenden Teil ihrer Flächen auf Lössböden.

Die Betriebsleiter zeigten großes Interesse für die Kartierungen und trugen mit Angaben eigener spezieller Beobachtungen zu einem schnellen und erfolgreichen Ablauf bei. Das Interesse an einer verstärkten Bodenberatung beruht vor allen Dingen auf drei Gründen:

1. Bei fortschrittlichen Landwirten setzt sich - gestützt auf die Erfolge einzelner Pionierbetriebe - immer mehr die Erkenntnis durch, daß ein höherer Betriebserfolg weniger über verstärkte Düngung allein als über eine optimale Bodenbewirtschaftung möglich ist, und daß damit einer genaueren Kenntnis der Böden steigende Bedeutung zukommt.
2. Sowohl die Umstellung in der Humusversorgung des Ackers von der Stallmistzufuhr auf Stroh- und Gründüngung als auch

*) Nieders.Landesamt f.Bodenforschung, 3 Hannover-Buchholz, Postf.54

3. der sich ausweitende Getreideanbau bringen neue Probleme der Bodenverbesserung und -erhaltung mit sich, an deren Lösung in erster Linie Bodenkundler mitwirken müssen.

Aus der Vielzahl der Kartier- und Auswertungsergebnisse werden einige Beispiele gegeben. Die Bodenkarte der Rittergutsflächen in Gadenstedt zeigt Überwiegend Parabraunerden und Pseudogleye aus Löß sowie deren Übergänge, z. B. Parabraunerde - Pseudogleye. Ferner treten Gleye und Pseudogleye aus Kolluvien auf. Der Löß hat hier eine mittlere Mächtigkeit von 8 - 14 dm und liegt über Kalkmergel, Kreideton oder Geschiebelehm. Örtlich treten Rendzinen auf.

Der Eigentümer des Betriebes Gadenstedt klagte vor allem über erschwerte Bodenbearbeitung infolge von Vernässungen und unterschiedlicher Abtrocknung sowie Minderernten in nassen Jahren. Als Hauptursache hierfür konnten auf ca. 90% der Böden Pflugsohlenverdichtungen in einem Tiefenbereich zwischen 2 - 5 dm unter Flur erkannt werden. Hinzu kommen auf einigen Flächen zeitweilig zu hohe Stau- bzw. Grundwasserstände im Untergrund.

Bodenphysikalische Untersuchungen über die Porenverteilung zeigten im Pflugsohlenbereich eine starke Abnahme der Poren $> 50 \mu$ sowie eine geringere Abnahme der Poren zwischen 10 - 50 μ , also der schnell und langsam dränenden, für den Lufthaushalt verantwortlichen Porengrößen. Mächtigkeit und Ausprägung der Verdichtungen stehen meist im Zusammenhang mit dem unterschiedlich hohen Stand des Stauwassers im Untergrund.

Dem Betrieb Gadenstedt wurden neben der Bodenkarte auch Auswertungskarten mit Vorschlägen für Lockerung, Dränung, Tiefumbruch und Krumenvertiefungen übergeben. -

Auf dem Betrieb Rosenhof bei Moringen treten ähnliche Böden wie in Gadenstedt auf. Der Anteil der Parabraunerden ist hier jedoch wesentlich höher als der der Pseudogleye, da die Lößmächtigkeit allgemein größer ist und die Stauschichten im Untergrund tiefer

liegen. Das Problem der Vernässung und der Pflugschollenverdichtung ist hier demzufolge geringer. Im Vordergrund steht das Problem der Wassererosion, die sich durch Bodenabtrag am Hang und Bodenauftrag in den Senken negativ auswirkt. In vielfacher Wiederholung bestimmt hier folgende Profilserie die Bodenverteilung:

Auf Kuppen und an Oberhängen Parabraunerden, an Mittelhängen stark erodierte Parabraunerden, an Unterhängen und in Senken Kolluvien, aus denen sich Gläye oder Pseudogleye entwickelten.

Die Wirkungen der Verlagerungsvorgänge wurden anhand der Humus- und Kalkgehalte sowie weiterer Nährstoffe wie Phosphorsäure, Kalium und Magnesium verfolgt. In den Karten wurde die Kalk- und Humusverteilung dargestellt, da besonders diese "Bodendünger" von Bedeutung für die Bodenbearbeitung (Ausrollgrenze) sind. Eindeutige Anreicherungen z. B. von Kalk, Humus, Magnesium und Phosphorsäure in den Kolluvien, denen entsprechende Oberbodenverarmungen in den erodierten Parabraunerden am Mittelhang gegenüberstehen, müssen bei der Bodenbewirtschaftung eine gebührende Berücksichtigung finden. Diese deutlichen Beziehungen zwischen Bodentypen und Pflanzennährstoffen sowie weiteren Bodeneigenschaften führen zu der Forderung, mehr als bisher bei Bodenuntersuchungen und der Bemessung der Düngung vom Bodentyp auszugehen.

Zur Erosionsbekämpfung wurde u. a. der Tiefumbruch einer Parabraunerde am Oberhang eines stark erodierten und erosionsgefährdeten Hanges empfohlen. Hierdurch sollen im Ap-Horizont die Bindigkeit erhöht, die Verschlammungsneigung vermindert und die Wasserleitfähigkeit im gesamten Profil verbessert werden.

Auf einer Meliorationskarte wurden sämtliche für den Betrieb in Frage kommenden Maßnahmen, gestuft nach Dringlichkeiten, angegeben: Lockerung, Umbruch, Dränung, Nährstoffversorgung.

Während die Betriebe bei Gadenstedt und Moringen durch Flurbereinigung bzw. Aussiedlung arrondiert sind, liegen die Flächen des Betriebes in Rössing in unterschiedlicher Entfernung vom Hof in der gesamten Gemarkung verteilt. Dies hatte bei der Kartierung

zur Folge, daß einige zur Beurteilung von Bodeneigenschaften oder zur bodensystematischen Benennung benötigten Kriterien außerhalb der Kartierungsflächen zu finden waren (z. B. Hang- bzw. Grundwassereinzugsgebiete oder Erosionsflächen). Daher mußten örtlich auch benachbarte Flächen anderer Betriebe in die Kartierung einbezogen werden.

Grundsätzlich traten in Rössing ähnliche Böden und Probleme auf, wie in den beiden anderen Betrieben. Ein deutlicher Unterschied bestand darin, daß die Böden - meist Parabraunerden - nur sehr selten unter Staunässe leiden, da der 1,5 - 2,5 m mächtige Löß hier großflächig auf Mittelterrassenschottern und -kiesen liegt. Pflugsohlenverdichtungen waren relativ selten. Besonderheiten stellten Probleme der Melioration von Auenböden in der überschwemmungsbedrohten Leine-Niederung dar sowie die Nutzung und Verbesserung eines Hangwasser-Moores am Rande der Mittelterrasse und die Entwässerung der direkt unterhalb des Moores liegenden, stärker vernähten Ackerflächen auf der Niederterrasse. -

Auf Grund der von uns erarbeiteten Verbesserungsvorschläge sind bereits die ersten Maßnahmen erfolgreich in Angriff genommen bzw. durchgeführt worden.

Pedochemische Verwitterung, Mineral-Umwandlung und
Mineral-Neubildung in den Pyroklastika und in den
Tuff-Mischsedimenten der Laacher Eruptionsphase

von H. Gebhardt, P. Hugenroth und B. Meyer *)

Bei unseren Untersuchungen über die pedochemische und lithohydrochemische Verwitterung der Trachyt-Pyroklastika haben wir unser besonderes Augenmerk auf die Frage nach der örtlichen und zeitlichen Differenzierung der Verwitterung, der Stoff-Abfuhr und -Zufuhr und der eigentlichen Umwandlung in den Mikrochemotopen der verwitternden Bims-Bröckchen und Tuff-Aggregate gelegt. Diese Untersuchungen wurden an Dünnschliffen und Anschliffen, sowie an Trümmerpräparaten einzelner isolierter Matrix-Partien gemacht. Die folgenden Modellvorstellungen resultieren aus der Kombination aller Untersuchungs-Befunde.

Wir sehen hier den Versuch alle gemachten Beobachtungen und gewonnenen Meßergebnisse synoptisch in einem Entwicklungsschema der Bims-Verwitterung darzustellen. Dazu stellen wir uns eine Blasen-Trennwand aus dem Inneren eines frischen, noch völlig intakten Bims-Bröckchens vor und verfolgen morphologisch in Teilschritten die Umwandlung dieser Wandpartie, wie sie sich im Laufe der pedogenetischen Verwitterung des Bims-Bröckchens vollzieht.

PHASE I In diesem Zustand erscheinen die Glaswände innerhalb des Bims-Bröckchens völlig glatt und frei von jeglichem Belag. Das Trachyt-Glas ist absolut isotrop. Als Einschlüsse in den Glaswänden finden sich intakte Sanidine und Pyroxene.

PHASE II Die Glas-Wände beginnen durch Abschuppung tongroßer Allophan-Plättchen, die sich in einer dünnen Entkieselungshaut auf den Wand-Oberflächen gebildet haben, rau zu werden. Ton-Ausschwemmungen zeigen, daß in diesem Zustand ausschließlich röntgen- und elektronenamorpher Allophan in tongroßen Plättchen gebildet ist. Es kommen jedoch auch Allophan-Plättchen in Fein-

*) Institut für Bodenkunde, 34 Göttingen, von-Siebold-Str. 4

schluffgröße vor. Die feinen Plättchen sind zum Poren-Lumen hin angeordnet, die größeren bilden die unteren dem Glas aufliegenden Schichten. Die feinen Plättchen werden bereits verschwemmt und setzen sich als geschichtete dicke Porenwandbeläge ab. Diese zeigen Regelungsdoppelbrechung, SiO_2 - Al_2O_3 Molverhältnisse von 1,7 und ihr Lichtbrechungsindex ist $n = 1,585-1,600$. Allophan Ton aus gealterten Partien solcher Beläge zeigt bereits Elektronen-Beugungsbilder. In diesem Stadium der Verwitterung kann die Auflösung der Pyroxene schon so weit fortgeschritten sein, daß an Stellen, wo Pyroxene eingeschlossen sind, das Netzwerk des Glases brüchig wird. Durch die Zersetzung entstehen Diffusionssäume von Eisen, das sich in den Allophan-Häuten ausbreitet und den Allophan durch Bildung feinsten Eisenoxid-Hüllen braun färbt. Der Übergang vom gläsernen Wand-Kern zur Allophan-Haut ist nicht abrupt, sondern erfolgt über eine Hydrogel-Glas-Zone, in der die SiO_2 -Abfuhr schwächer ist. An Stellen, wo die steife Glas-Lamelle aufgezehrt ist, kommt es leicht zum Bruch. Die schluffgroßen Bruchstücke können aus reinem Allophan, reinem Hydrogel-Glas, meist aber aus Glas/Allophan oder Hydrogel-Glas/Allophan-Übergängen bestehen.

PHASE III Die Zone der Kieselsäure-Verarmung schreitet in die Glas-Wände hinein fort. Die Allophan-Haut verdickt sich nur noch unwesentlich. Zwischen die Allophan-Haut und die Hydrogel-Glas-Zone schiebt sich in dieser Verwitterungs-Phase des Bims-Glases eine Zone gut kristallisierten Kaolinit, der in Form großer zusammenhängender Platten die Stützfunktionen der Glaswände zu übernehmen beginnt. Während die Sanidin-Einsprenglinge bislang unberührt geblieben waren, setzt nun eine progressive Anlösung und Umwandlung zu Kaolinit ein. Die Feldspäte zeigen dabei z. T. ausgeprägte Lösungs-Kavernen, die mit Kaolinit plombiert sind. Wie die Umwandlung des Glases zu Kaolinit ist auch die Feldspat-Umwandlung ein Desilifizierungs-Prozeß, der sich widerspruchlos in die generelle Umwandlungstendenz des Glases einfügt. Bemerkenswert ist hier, daß leichter verwitterbare Komponenten, wie das Trachyt-Glas, in erheblichem Maße am Stoff-Umsatz beteiligt sind.

PHASE IIIa Stellt man sich vor, daß bei einer mechanischen Beanspruchung eines derartig verwitterten Bims-Teilchens die Wände dort zerbrechen, wo das weiche Hydrogel-Glas einen maximalen Prozentsatz des Wandquerschnitts ausmacht, so kann nun ein breites Spektrum verschiedenartiger Mineral-Übergangs-Bruchstücke gebildet werden. Es treten auf: Übergänge vom Glas zum Kaolinit, sowie reine Kaolinit-Allophan-, Glas-, und Feldspat-Schluff-Körner und Plättchen. Die um die aufgelösten Pyroxene herum abgeschiedenen Eisenoxid-Krusten geben der inkrustierten Glas-Kaolinit-Allophan-Substanz eine gewisse Stabilität. Nach dem Herausbrechen aus dem Waben-Verband führen diese denn als opake Neubildungen ein Eigenleben.

PHASE IV Frisches Glas ist in diesem Verwitterungszustand so gut wie gar nicht mehr vorhanden. An Knoten- und Gabelungstellen sind noch kleine Inseln von Hydrogel-Glas vorhanden, der übrige Teil der ehemaligen Glas-Lamelle ist von der ständig nach innen fortschreitenden Kaolinitisierung aufgezehrt worden. Im Verwitterungszustand IV vollzieht sich innerhalb der Allophan-Haut eine Verfestigung, d. h. es wird immer schwerer, Allophan-Teilchen durch einfaches Herausschwemmen von den Kaolinit-Waben zu lösen. Stattdessen platzt bei geringer mechanischer Beanspruchung die Allophan-Haut als ganzes von den Kaolinit-Lamellen. Es häufen sich in Trümmerpräparaten derartiger Proben schluffgroße, rauh gepunktete Allophan-Plättchen, die alle Übergänge zu Kaolinit zeigen. Es entsteht der Eindruck, als ob die Kaolinit-Zone sich nicht nur in das Innere der Poren-Wand hinein ausbreitet, sondern daß sie sich nunmehr auch auf Kosten der Allophan-Haut nach außen hin auszudehnen beginnt. Dies würde eine Resilifizierung der Allophan-Haut bedeuten. Si-Quelle sind wahrscheinlich die Hydrogel-Glas-Reste, deren Kieselsäure auf dem immer länger werdenden Diffusionsweg zu den Wandoberflächen hin zur Verkittung der losen Häutchen und zur Resilifizierung des Allophans beiträgt. Weitere Hinweise auf eine tatsächliche Resilifizierung der peripheren Verkittungszone sind ferner: 1. Die sekundäre Verkittung der Allophan-Haut erfolgt durch Opal-Abscheidungen, 2. Bei gründlicher Dispergierung der abgeplatzten Fladen zeigt sich, daß sie kaum noch

elektronenamorphen Allophan enthalten. Mindestens 80% der tongroßen Allophan-Stückchen besitzen schon hexagonale Gitterstrukturen, obwohl sie noch röntgenamorph sind. 3. In zunehmendem Maße finden sich in enger Vergesellschaftung mit dem Allophan Halloysit-Röllchen. Deren Entstehungsort liegt ebenfalls in der ehemaligen Allophan-Haut.

Bei den Feldspäten verläuft die Umwandlung zu Kaolinit weiter. Bei mechanischer Beanspruchung werden jetzt überwiegend abgesprengte Allophan-Krusten-Stücke und Allophan-Kaolinit-Übergänge erzeugt.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß in den Frühstadien der Verwitterung der direkte Umwandlungsweg vom Glas über das Hydrogel-Glas zum Allophan bzw. zum Kaolinit dominiert. In den Spätstadien kann darauf die Rückwandlung vom Allophan in Kaolinit oder Halloysit einsetzen. Die Feldspat-Verwitterung läuft einseitig in Richtung auf den Kaolinit.

Wenden wir uns nun den Dreischicht-Mineralen der Schluff- und Tonfraktionen zu, die auf jeden Fall einer Fremdstoff-Beimengung zum Tuff entstammen. Dargestellt sind zuerst die bisher bekannten Hauptzerfallstypen:

1. der heteroklastische Zerfall, der direkt zur Bildung feinstertongroßer Glimmer-Schüppchen führt. Das Verwitterungsprodukt besteht aus verschieden großen Teilchen, dem großen Rest-Kern und den feinen Schüppchen. Dieser Prozeß ist besonders bei Biotiten zu beobachten.
2. Der isoklastische Zerfall (gleichgroße Bruchstücke), der als mechanisch und chemisch bedingtes Phänomen besonders an Muskoviten und Chloriten zu beobachten ist.

Unsere Untersuchungen an Glimmern aus Tuff-Mischsedimenten (TMS) zeigten uns, daß es darüber hinaus offensichtlich noch weitere spezifische Verwitterungsarten gibt. Eine Umwandlung des Muskovits in Kaolinit kann sich theoretisch ohne Kieselsäure-Abfuhr vollziehen. Bei Biotiten, die die gleiche Umwandlungsrichtung zeigen, wäre eine erhebliche SiO_2 -Abfuhr vonnöten. Eine Umwandlung der Glimmer in Kaolinit klingt zunächst sowieso wenig glaubhaft. Man

muß jedoch festhalten, daß es sich bei den von uns mit Sicherheit festgestellten Glimmer-Kaolinit-Umwandlungs-Produkten um Bildungen handelt, die spezifisch für das Bims- und Tuff-Verwitterungsmilieu sind.

Machen wir uns einige Gedanken über den Verbleib der Kieselsäure. In Stufe IV der Glasumwandlung fanden wir eine sekundäre Verfestigung der Allophan-Hülle durch abgeschiedenen Opal und eine Resilifizierung. Sicher wird ein weiterer erheblicher Teil der freigesetzten Kieselsäure aus den Bims-Decken abgeführt. Man beobachtet aber auch auf den Oberflächen der beigemischten nicht tuffbürtigen Mineral-Körner dicke Opal-Beläge. So sind auch in den primären Verwitterungsstadien der TMS die Schluff-Glimmer mit einer m.o.w. dicken amorphen Opal-Hülle maskiert, was man an künstlich erzeugten Splintern beweisen kann. Diese Umhüllung ist es, die die Verwitterung aller Glimmer-Arten in eine andere Richtung (III) lenkt.

Mit zunehmendem Verwitterungsgrad der TMS wandeln sich die Opal-Hüllen der Glimmer zu Allophan. Die poröse Opal-Auflage hemmt die hydrolytische Verwitterung der Phyllosilikate kaum. Es scheint als ob sie die Verwitterung beschleunigt, indem ein Teil des Glimmer Al und - Fe in die Opal-Hüllen diffundiert und hier zur Allophan-Bildung Anlaß gibt. Zerdrückt man in diesem Zustand einzelne Glimmer-Plättchen, so zerfallen sie zu Bruchstücken, die alle Übergänge zwischen Glimmer, Allophan und gelegentlich noch Opal vereinen. Den porösen Allophan-Belag kann man leicht und für die Glimmer schonend mit NaOH herunterlösen. Die nun nackten Glimmer zeigen Lösungs-Kavernen, -Rundungen, -Erosions-Furchen und sichelförmige Ablösungs-Zungen, wie wir sie an verwitternden Glimmern aus glasfreien Locker-Sedimenten noch nicht beobachten konnten. Dies ist ein Zeichen dafür, daß sich unter der schützenden Hülle eine von mechanischen Einflüssen nicht gestörte Lösungs-Verwitterung im Sinne einer fortschreitenden diffusiven Disproportionierung des Aluminiums vollzieht.

Mit der fortschreitenden Ausdehnung der Verwitterungs-Kruste in das Innere der Glimmer hinein wandelt sich die Tendenz der mineralogischen Umwandlung zum Kaolinit. Dabei wird sowohl die beste-

hende Allophan-Hülle als auch das Grundgerüst der Glimmer von der sich verdickenden Kaolinit-Zone aufgezehrt. Bruchstücke dieser Verwitterungsphase IIIc bestehen überwiegend aus Glimmer-Kaolinit-Plättchen. Diese Plättchen und die mit Kaolinit verkrusteten Gesamt-Teilchen zeigen bei einer NaOH-Behandlung keine erkennbaren Veränderungen mehr im Gegensatz zu Stufe IIIb.

Zusammenfassend ist zu sagen: Die Aussage, daß Glimmer kaolinitisiert werden ist insofern inkorrekt, als ein wesentliches Element des Kaolinites von außen in Form von Kieselsäure zugeführt wird. Der Kaolinit entsteht also als ein Mischkomponenten-Reaktionsprodukt aus Glimmer-Substanz und Kieselsäure, wobei die Stufe des Allophans durchlaufen wird. Infolgedessen ist es auch nicht gerechtfertigt, zur Beschreibung dieses Vorganges die Begriffe "Aufkieselung" und "Entkieselung" zu verwenden. Im Grunde handelt es sich nämlich um einen diffusiven Ausgleich des Al-Gehaltes zwischen den Glimmern und dem gesamten Querschnitt der zugefügten SiO_2 -Hülle. Dabei verarmen die unter der Hülle befindlichen peripheren Glimmerpartien an Al, während die Kieselgel-Hülle Aluminium aufnimmt. Die Verteilung der SiO_2 scheint bei dieser Festkörper-Reaktion konstant zu bleiben.

Die Umwandlung der Phyllosilikate zu Allophan und Kaolinit beschränkt sich in den Tuff-Misch-Sedimenten nicht auf die Glimmer der Schluff-Fraktionen, sondern ergreift auch die Ton-Fraktionen. Elektronenmikroskopische Aufnahmen von tongroßen Glimmerteilchen, die nicht von ihrer Allophan-Hülle befreit wurden, zeigten Lösungs-Kavernen und an den Rändern Lösungs-Buchten, ferner eine große Zahl von sich ablösenden kreis- bis mandel- oder nierenförmigen Allophan-Schüppchen. Elektronen-Feinbereichsbeugung gestattete beim rasterhaften Abfahren der Oberfläche Bezirke auf den Ton-Teilchen zu beschreiben, die elektronenamorph waren und solche die hexagonale Strukturen aufweisen. Wohlkristallisierter Kaolinit konnte nicht mehr nachgewiesen werden, wohl Halloysit, der klare Röllchen zeigt und mit den Illit-Relikten verbacken sein kann.

Zum Abschluß sei noch auf eine bodengenetisch bedeutsame Erscheinung dieses Verwitterungsganges hingewiesen: Die aus den Bims-, Tuff- und Tuff-Misch-Sedimentdecken abgeführte Kieselsäure kann in unter- und überlagernden, an pyroklastikafreien Sediment-Decken Verwitterungserscheinungen auslösen. Diese gleichen den an den Dreischicht-Phyllosilikaten der TMS beobachteten Veränderungen. So kann am Beispiel von bimsüberlagerten Lössen nachgewiesen werden, daß die aus Illit, Vermikulit und Montmorillonit bestehenden Feinton-Fraktionen, bei intensiver Einwirkung auch die Grobton-Fraktionen, unter dem Einfluß infiltrierender SiO_2 (z. T. ohne vorherige Entkalkung) allophanisiert und z. T. kaolinisiert werden.

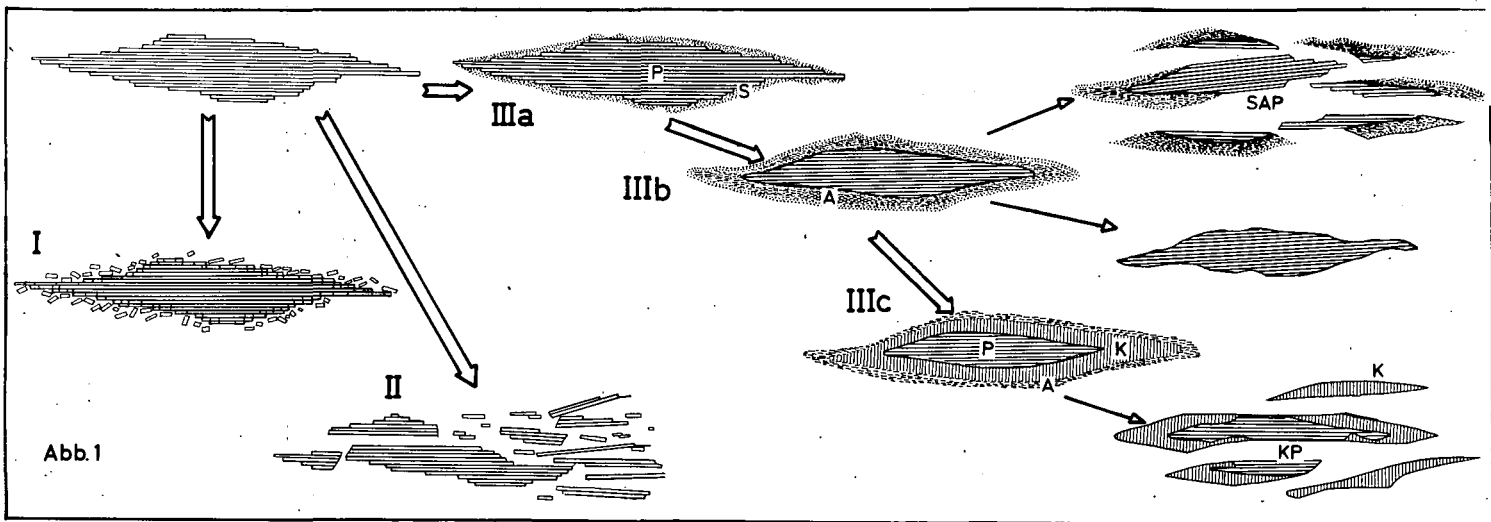
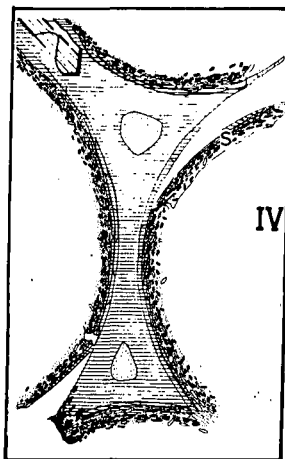
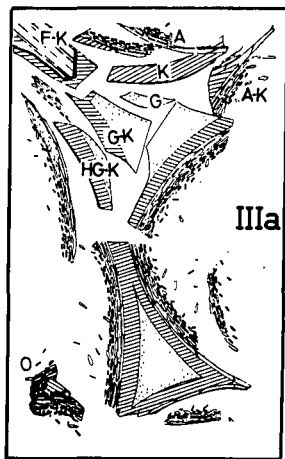
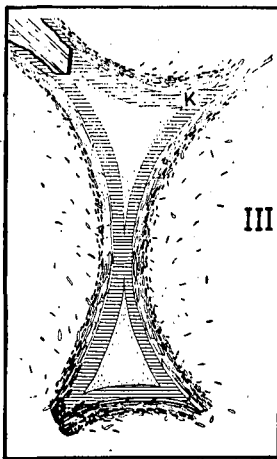
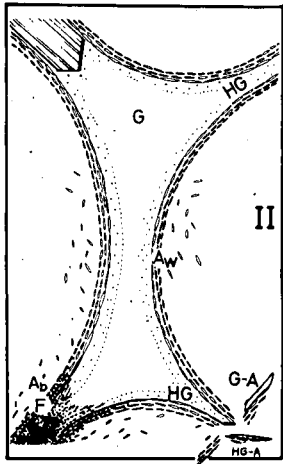
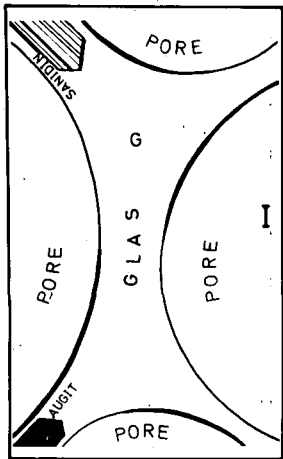


Abb. 1

Intrakristalline Quellung montmorillonitischer Tonminerale in
Abhängigkeit von Kationenbelegung und Wasserdampf-Partialdruck

von H. Gebhardt, D. Heitmann und B. Meyer *)

1. Einleitung

Grundlagen der Klassifikation aufweitbarer Dreischicht-Tonminerale ist ihr charakteristisches intrakristallines Quellungsverhalten, das von der Art der Zwischenschicht-Kationen abhängt. Die Wirkung unterschiedlicher Wasserdampf-Partialdrücke auf die Hydratation der Zwischenschicht-Ionen und damit auf das charakteristische Quellungsverhalten findet jedoch bei den bisher in der Literatur vorgeschlagenen röntgendiagnostischen Verfahren (1, 8, 9) keine Berücksichtigung. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es zu prüfen, inwieweit sich aus den Änderungen der Basisabstände montmorillonitischer Tonminerale in Abhängigkeit von definierten Wasserdampf-Partialdrücken tonmineraldiagnostische Möglichkeiten ergeben. Ferner soll erreicht werden, ein umfassenderes Bild des intrakristallinen Quellungsverhaltens zu gewinnen. Als methodisches Hilfsmittel soll besonders die Kombination von Differential-Thermo-Analyse (DTA) und Röntgen-Beugungs-Analyse (RBA) Anwendung finden. Ausführlichere Angaben zur Problemstellung und Diskussion finden sich an anderer Stelle (2).

2. Material

Zur Untersuchung gelangen die Kornfraktionen $< 0,6 \mu$ dreier verschiedener montmorillonitischer Tone:

- a) Standard- oder Lagerstättenmontmorillonit aus Upton/Wyoming, bestehend aus 100% "Standardmontmorillonit" nach SCHWERTMANN (9).

*) Institut f. Bodenkunde, 34 Göttingen, von-Siebold-Str. 4

- b) Rendsina-Ton ("Bodenmontmorillonit" einer Turonkalk-Rendsina) bestehend aus 80 % Montmorillonit der Verwitterungsstufe V nach SCHWERTMANN (9).
- c) Lößton (montmorillonitreiches Tonmineralgemisch eines carbonathaltigen Jungwürm-Lösses) mit etwa 40 % Montmorillonit der Verwitterungsstufe IV und V.

Die Untersuchungsergebnisse werden im folgenden nur am Beispiel des Montmorillonits / Upton demonstriert. Für die Bodentone werden nur die wichtigsten Abweichungen vom Verhalten des Montmorillonits erläutert.

3. Herstellung der Gleichgewichts-Ton-Präparate und Aufnahme der Röntgen-Beugungs-Diagramme

Im Gegensatz zu den herkömmlichen Verfahren werden die mit den Tonsuspensionen beschichteten Objektträger in Vakuum-Exsiccatoren mit folgenden definierten Wasserdampf-Drucken sowohl im Desorptions- als auch Adsorptionsgang ins Gleichgewicht gesetzt:

Tabelle 1: Systeme zur Erzeugung definierter H_2O -Dampfdrucke(20°C)

Exsikatorfüllung gesättigte Lösung von	Relative Luftfeuchte im Exsiccator (%)	Entsprechende Matrix- Saugspannung (pF)
H_2O	99	4,2
Na_2SO_4	96	4,7
K Cl	87	5,2
$(NH_4)_2SO_4$	79	5,5
K_2CO_3	48	6,0
$MgCl_2$	32	6,2
Li Cl	10	6,5
H_2SO_4 Konz.	0,013	7,1

Der Gleichgewichts-Wassergehalt wird auch bei den extrem feuchten Varianten nach etwa 7 Tagen erreicht. Zur Erfassung des Saugspannungsbereiches über $p_f = 7,1$ werden die Tonpräparate vier Stunden auf 105, 150, 200, 250, 350 und 500°C erhitzt. Die Röntgenbeugungs-Diagramme aller Gleichgewichts-Ton-Präparate (GTP) werden sofort nach Entnahme aus dem Exsikator bzw. Trockenschrank mit einem vorher auf das zu erwartende Strahlungsmaximum eingestellten Zählrohr-Goniometer aufgenommen.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Hysterese, Reversibilität

Das in den GTP vorhandene Wasser besteht nun nicht nur aus intrakristallinem Zwischenschichtwasser, sondern zum größten Teil aus interkristallinem Porenwasser, das zwischen den Tonplättchen der GTP durch Kapillarkräfte gebunden wird. Die De- und Adsorption dieses Intergranular-Wassers überlagert die Aufnahme und Abgabe von interkristallinem Zwischenschicht-Wasser so stark, daß sich die Gesamt-Wassergehalts-Kurven nur sehr schlecht zur Messung der intrakristallinen Quellung eignen. Die durch Hydratation bedingten dampfdruck-abhängigen Aufweitungsstufen der verwendeten Tonminerale zeichnen sich zu undeutlich und kaum reproduzierbar in den Gesamt-Wassergehalts-Kurven ab. Ferner zeigen die Gesamt-Wassergehalts-Kurven der GTP ausgeprägte Hysterese-Schleifen, die auf den Entzug und die Kondensation von Intergranular-Wasser zurückzuführen sind.

Im Gegensatz dazu sind die im folgenden dargestellten Kurven des röntgenographisch ermittelten dampfdruck-abhängigen intrakristallinen Quellungszustandes voll reversibel und im De- und Adsorptionsgang hysteresefrei. Erst nach Überschreiten bestimmter kritischer Erhitzungstemperaturen kommt es zur irreversiblen Kontraktion auf den minimalen Basisabstand (s. Tabelle 2):

Tabelle 2: Temperaturen einsetzender Kontraktions-Irreversibilität (°C)

Zwischenschicht Ion β Å	Montmorillonit/Upton GREENE-KELLY (4,5)	Eigene Ergebnisse	Rendsina-Ton
Li 1,56	200-330	200	250
Na 1,96	430-540	300	350
K 2,66	430-540	350-500	350-500
NH ₄ 2,86	--	350-500	350-500
Cs 3,30	--	350-500	350-500
Mg 1,56	200-330	300	350
Ca 2,12	430-540	300	350
Ba 2,86	540-640	350-500	350-500
Al 1,14	--	300	350

4.2 De- und Adsorption im Temperaturbereich 70-200°C,
Formen der Wasserbindung, DTA-Kurven, Aufweitung und
Kontraktion bei erhöhten Temperaturen

Betrachten wir zunächst die Wasserbindung im Temperaturbereich zwischen 70 und 200°C, also im Bereich, in dem bei allen Ionenbelegungen noch volle Reversibilität des hydrationsbedingten Aufweitungsverhaltens gegeben ist. Bereits HENDRICKS u. a., 1940 (6) kamen durch detaillierte Auswertung von DTA-Kurven des Montmorillonit/Upton zu einer Gliederung der in diesen Temperaturbereich auftretenden H₂O-Bindungsformen. Diese Gliederung ist in Tabelle 3 übernommen und erweitert worden.

Die Dehydrationszacken der eigenen DTA-Kurven stimmen nicht genau mit den älteren von HENDRICKS u.a. überein, dagegen recht gut mit später von GREENE-KELLY (3) veröffentlichten Werten. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang jedoch nicht die genaue Bestimmung der Dehydratationstemperatur, sondern die Tatsache, daß in den DTA-Kurven tatsächlich vier Formen der Wasserbindung, d. h. vier unterschiedliche Bindungsenergien zum Ausdruck kommen.

Tabelle 3: Dehydrations-Temperaturen (DTA, °C)

Stufe	Externer <u>interkristal-</u> liner intergranulärer Porenbereich	Interner <u>intra</u> kristal- liner Bereich (Zwischen- schicht-Wasser)	Dehydrations-Temperatur- Schwerpunkte	
			eigene Ergebnisse	HENDRICKS u.a.
I	Feinstkapillares Poren- u. Ober- flächen-Wasser (Adsorptions- wasser)	Mehrschicht- Wasser (2. u. weitere H ₂ O- Molekül- schichten)	115	160
II		1. Wassermole- küllage in den Zwischenschich- ten (nicht in Kationennähe)	150	200
III		Ionen-Hydrat- tions-Wasser	200	260
=====				
IV		Konstitutions- (Kristall-) Wasser	725	--

Am Beispiel des Montmorillonits/Upton sei zunächst die Endotherm-Reaktion bei 200°C (Stufe III; Ionen-Hydrationswasser) besprochen. Die in Abbildung 1a und 1b, rechts oben, dargestellten DTA-Kurven lassen sich in zwei Ionengruppen ordnen:

Gruppe 1 umfaßt die stärker hydratisierenden Ionen Li, Mg, Ca, Ba und Al;

Gruppe 2 die schwach oder nicht hydratisierenden einwertigen Ionen Na, K, NH₄ und Cs.

Gruppe 1 zeigt bei 200°C eine endotherme Zacke, die bei Gruppe 2 fehlt. Sie ist Stufe III der Wasserbindung zuzuschreiben, die der einsetzenden Hydratation der Zwischenschicht-Kationen entspricht. Ihre Intensität folgt der Hydratationspotenz der Ionen: Al > Mg > Ca > Li > Ba. Alle Ionen der Gruppe 1 zeigen bereits zwischen 250 und 150°C eine entsprechende Zunahme der Basisabstände.

Endotherm-Reaktion bei 150°C, Stufe II

Diese Reaktion, die der Einlagerung oder dem Entzug der ersten Wassermolekülschicht entsprechen soll, kommt außer beim Mg deutlich bei den beiden einwertigen Kationen Cs und NH₄ heraus, bei denen infolge geringer Hydrationsneigung die 200°C-Ionen-Hydrationszacke fehlt. Es sind dies unter den einwertigen Kationen diejenigen, deren Aufweitungskurve im betrachteten Temperaturbereich zwischen 200 und 100°C erhebliche Veränderungen der Basisabstände erkennen lassen - ähnlich wie die stärker hydratisierenden mehrwertigen Ionen: Diese großen kontraktionschwachen Kationen, die sich nicht mehr voll in die Sechseringe der Si-Tetraederschichten einfügen und eine gewisse Sperrwirkung ausüben (s. Abb. 1 b, Cs-Montmorillonit, minimaler Basisabstand = 10,9 Å), führen offensichtlich zum frühzeitigen Einbau der ersten Wassermolekül-Schicht.

Endotherm-Reaktion bei 105°C, Stufe I

Diese Endotherm-Reaktion im niedrigsten Temperaturbereich hat nur wenig Vergleichswert. Sie umfaßt alle unter Stufe I aufgeführten externen und internen Bindungsformen des Wassers. Die bei Na- und K-Belagung auftretenden Verschiebungen sind möglicherweise auf Beteiligung der Stufen II und III auf diesem niedrigen Niveau zurückzuführen.

4.3 Expansion und Kontraktion im pF-Bereich 4,2-7,1

Die am Beispiel des Montmorillonits/Upton dargestellten Abhängigkeiten zwischen Wasserdampf-Partialdruck und Expansions- bzw. Kontraktionsverhalten bestätigen im wesentlichen die aus der Literatur (7) bekannte stufenförmige Aufweitung, die der Einlagerung einer, zweier oder mehrerer Wassermolekül-Schichten entspricht. Wesentliche Abweichungen im Aufweitungsverhalten der drei untersuchten Tone ergeben sich nur bei der Einlagerung der ersten Wassermolekülschicht, abgesehen davon, daß der Lößton eine dritte H₂O-Schicht gar nicht einzubauen vermag.

1. Wassermolekül-Schicht

Gravierende Unterschiede bestehen vor allem bei den einwertigen Kationen:

- a) Das Kontraktionsvermögen steigt in der Reihenfolge Li-Na-K, d. h. die Kontraktion von Aufweitungsstufe 1 ($\sim 12 \text{ \AA}$) auf den maximalen Basisabstand erfolgt in der angegebenen Reihenfolge bei zunehmenden Wasserdampf-Drucken (vergl. Abb. 1 a). Auf das besondere Verhalten von NH_4 und Cs wurde bereits hingewiesen.
- b) Das Kontraktionsvermögen der einzelnen Ionen steigt in der Reihenfolge Montmorillonit-Rendsinatton-Löbton, also in der zu erwartenden Reihenfolge zunehmender Elementarladung.

Besonders stark sind die Verschiebungen beim diagnostisch bedeutsamen Kalium-Ion: Bei 30 % rL sind die Montmorillonit-Anteile des Löbtons bereits kontrahiert, während Rendsinatton und Montmorillonit/Upton noch auf Stufe 1 aufgeweitet vorliegen. Hieraus ergeben sich wichtige tonmineraldiagnostische Ausblicke.

5. Tonmineral-diagnostische Ausblicke

Die Unterscheidung verschiedener Typen reversibel kontrahierender Montmorillonite findet aufgrund des Kalium-Kontraktionstestes statt, der bei den sogenannten "Standard-Montmorilloniten" nur zu Basisabständen von etwa $12-12,6 \text{ \AA}$ führt, bei den "Bodenmontmorilloniten" dagegen zu solchen von $9,5-10 \text{ \AA}$. Soll dieses Kriterium der unterschiedlichen Kontraktionsbereitschaft weiter gelten, so ist es notwendig, die Tonpräparate vor der RBA im Exsiccator mit einer definierten Luftfeuchtigkeit ins Gleichgewicht zu setzen. Die Wahl der Luftfeuchte wäre Sache einer Übereinkunft:

- a) Ca 10-18% r L: Der Löb-Montmorillonit und der überwiegende Anteil des Rendsinattons sind bei K-Belägung auf 10 \AA kontrahiert, der Montmorillonit/Upton ist dagegen auf $12,5 \text{ \AA}$ "aufgeweitet". Dieses Verhalten entspricht der bisherigen Unterscheidung von "Boden- und Standard-Montmorilloniten".

- b) Ca 30-40 % r L: Nur der Löß-Montmorillonit liegt auf 10 Å kontrahiert vor und würde zu den "Bodenmontmorilloniten" zählen. Rendsinaton und Montmorillonit/Upton sind dagegen auf 12,5 Å "aufgeweitet".

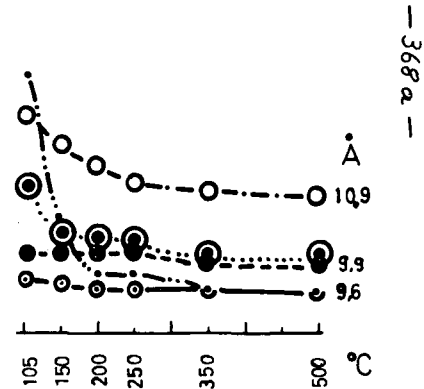
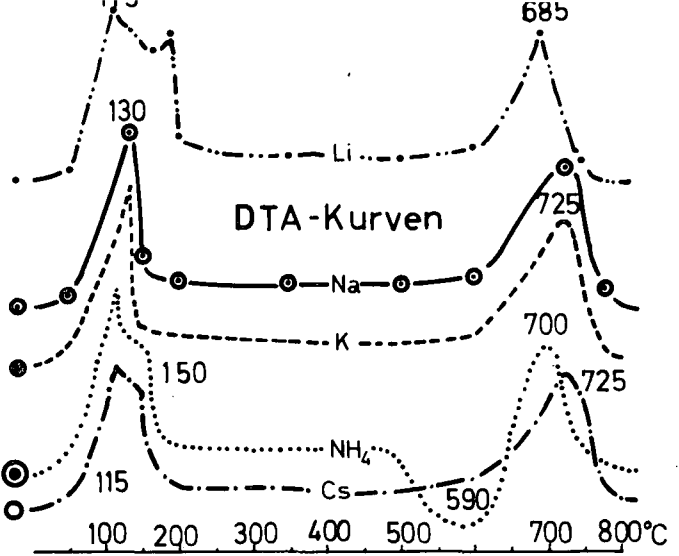
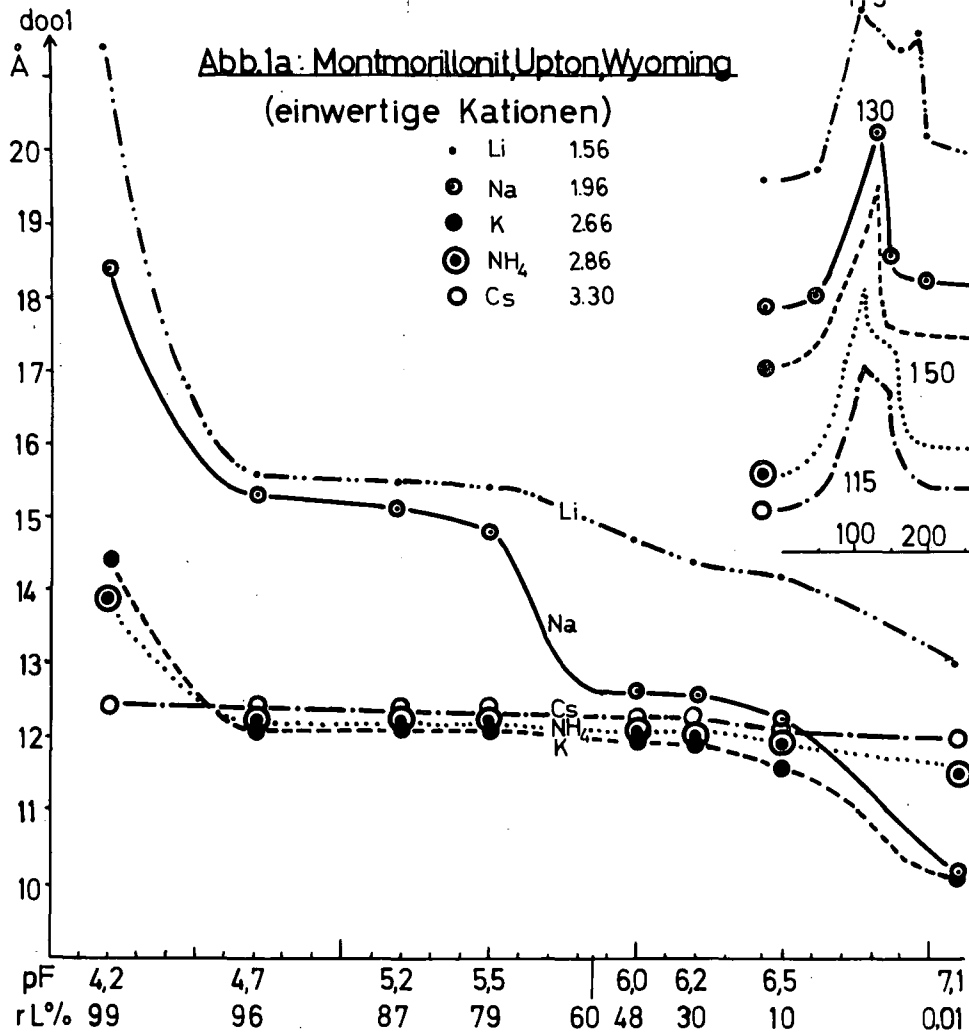
Von den mehrwertigen Ionen kann nur dem Ca-Kation ein diagnostischer Wert zugesprochen werden. Bei den übrigen zeigt der Aufweitungseffekt einen zu irregulären Gang. Nur bei den Ca-Tonen ist die Einlagerung der zweiten Wassermolekül-Schicht bereits bei 10% r L abgeschlossen (vergl. Abb. 1 b). Bei rL-Werten von 10 oder 30 %, die für den K-Kontraktionstest vorgeschlagen werden, sind alle untersuchten Dreischicht-Tonminerale - auch die Vermikulite des Lößtons - bei Ca-Belegung voll auf zwei Wassermolekülschichten aufgeweitet. - Als Unterscheidungsmerkmal der einzelnen Tone kann die absolute Größe der Basisabstände bei Ca-Belegung gelten, die von 15,4 (Montmorillonit/Upton auf 14,9 (Rendsina-Ton) und 14,5 Å (Lößton) abfällt.

6. LITERATUR

- 1) BLACK, C. A. (Ed.), 1965, Methods of Soil Analysis, Series Agronomy No. 9, 671-698, Am.Soc.Agronomy, Madison,W.
- 2) GEBHARDT, H., MEYER, B. und HEITMANN, D., 1969. Göttinger Bodenkundl. Berichte, 14, 1970.
- 3) GREENE-KELLY, 1953, Clay Min. Bull. 2, 79-85
- 4) GREENE-KELLY, 1953, J. Soil Sci. 4, 233-237
- 5) GREENE-KELLY, 1953, Clay Min. Bull. 2, 52-62
- 6) HENDRICKS, S.B., NELSON, R.A. und ALEXANDER, L.T., 1940, J. Am.Chem.Soc. 62, 1457-1464
- 7) MACEWAN, D.M.C., 1961, Montmorillonite minerals, in "The x-ray identification and crystal structures of Clay minerals", Editor: G.Brown, Min.Soc., London 1961
- 8) SCHEFFER, F., MEYER, B. und FÖLSTER, H., 1961, Chemie der Erde 21, 210-238
- 9) SCHWERTMANN, U., 1961, Pflanzenernährung, Bodenkunde 95, 209-227

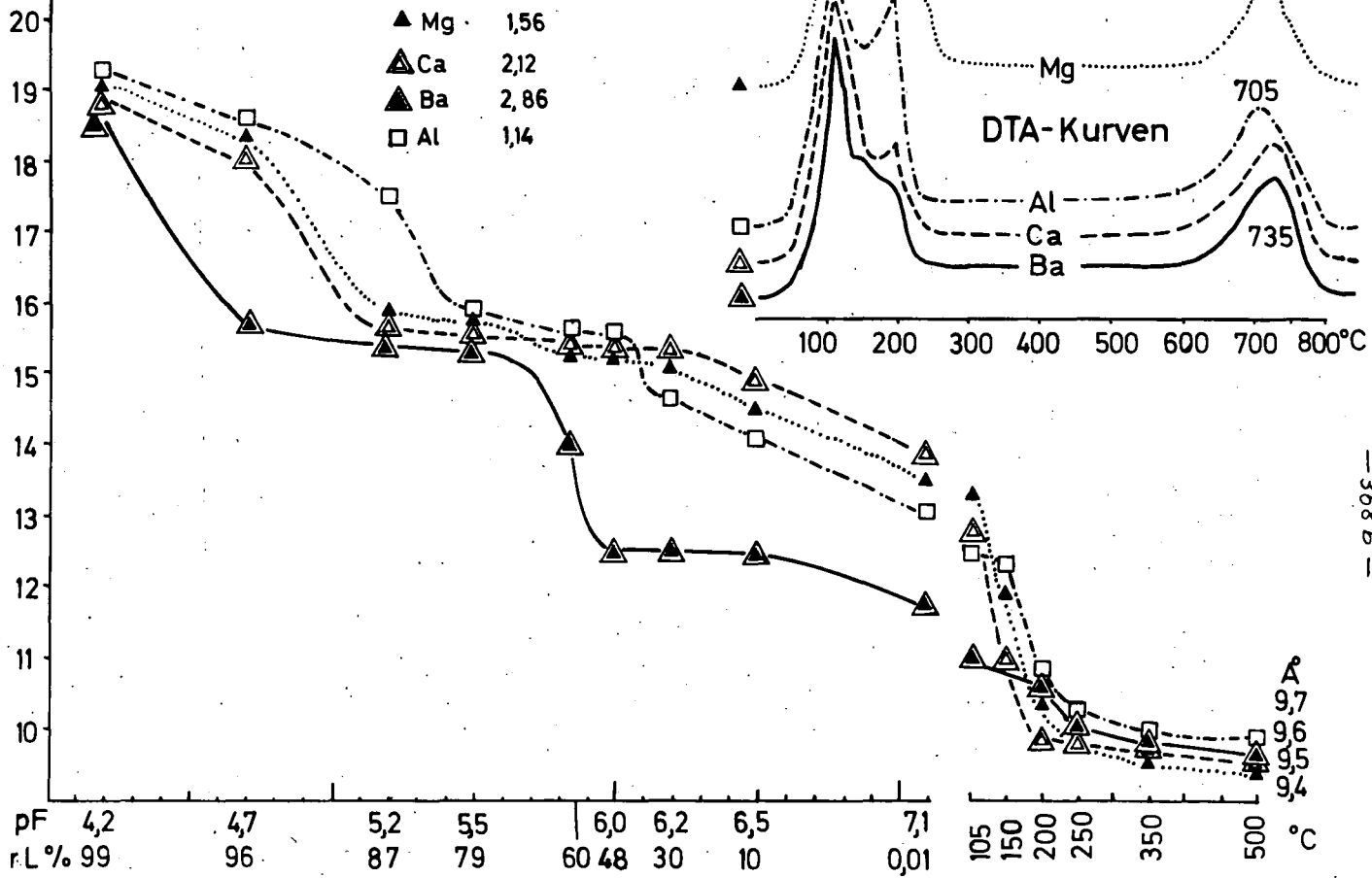
Abb.1a: Montmorillonit, Upton, Wyoming
(einwertige Kationen)

•	Li	1.56
◐	Na	1.96
●	K	2.66
⊙	NH ₄	2.86
○	Cs	3.30



— 368 a —

Abb.1b Montmorillonit, Upton, Wyoming
(mehrwertige Kationen)



- 368 b -

Zur Kinetik der Kalium-Freisetzung aus Glimmern

von H. Graf von Reichenbech^{*)}

Bei der Freisetzung von Zwischenschicht-K aus Glimmern handelt es sich um einen mit einer Strukturveränderung des Austauschers verbundenen Kationenaustausch mit wandernden Reaktionszonen. Die K-Freisetzung aus den Zwischenschichten verläuft sehr viel langsamer als der Austausch an frei zugänglichen Mineraloberflächen. Neben den auftretenden Gleichgewichten verdient daher der Ablauf der Austauschreaktion Beachtung. Er kann z. B. für die Mineralverwitterung im Boden geschwindigkeitsbestimmend sein.

Zur Analyse der Kinetik dieses Vorgangs muß der Austauschmechanismus in seine einzelnen Teilvorgänge aufgegliedert werden. Hierbei ist vor allem zwischen der durch die Elektroneutralitätsbedingung gekoppelten, im aufgeweiteten Bereich der Zwischenschichten ablaufenden Diffusion der ein- und austauschenden Ionen zwischen Lösungsphase und Reaktionszone einerseits und dem mit der Strukturumwandlung der Austauscherphase verbundenen Platzwechsel der Ionen innerhalb der Reaktionszone andererseits zu unterscheiden.

Auf den Ablauf der Diffusion in den expandierten Zwischenschichten wirken außer den äußeren Bedingungen (Temperatur) Teilchengröße, Ladungsdichte und Basisebenenabstand der Minerale sowie Durchmesser, Wertigkeit und Hydratationsenergie der am Austausch beteiligten Kationen ein. Diese Faktoren stehen zum Teil in Wechselwirkung miteinander.

Der Ablauf des Platzwechsels der Ionen in der Reaktionszone wird außer durch die oben genannten Faktoren durch den Energiebedarf beeinflusst, der sich für die mit der Aufweitung der Minerale verbundene Verformung der Silikatschichten ergibt.

*) Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde,
23 Kiel, Olshausenstr. 40-60

Besonders die in der Reaktionszone ablaufenden Vorgänge sind - wie an Beispielen gezeigt wird - noch nicht ausreichend aufgeklärt, um eine sichere Deutung der bei der Untersuchung des Zwischenschichtionenaustausches an Biotiten und Muskoviten ermittelten kinetischen Daten zu ermöglichen. Weitere Untersuchungen werden daher in Zukunft in erster Linie mit dem Ziel unternommen werden müssen, die Modellvorstellungen über den Austauschmechanismus zu verfeinern.

Tonmineralumwandlung durch Düngung

von E. A. Niederbudde *)

Die Untersuchungen über düngungsbedingte Tonmineralumwandlungen wurden an Böden mit expandierten 2:1-Mineralen (K-Düngung) und an Böden mit sekundären Al-Chloriten (Kalkung) durchgeführt.

Die Wirkung der K-Düngung auf die 2:1-Mineralen wurde durch Versuche an einer Parabraunerde aus Geschiebemergel, die 70 Jahre hindurch eine für vorherrschenden Getreideanbau übliche Düngung von 80 kg K/ha erhalten hatte, mittels röntgenographischer und sorptionschemischer Methoden erfaßt. (Angaben zu Versuchsanstellung und K-Bilanz s. NIEDERBUDE, SCHWARZMANN und SCHWERTMANN 1969a).

Die Kalkwirkung wurde ebenfalls unter naturnahen Bedingungen ermittelt. Die sauren Böden aus Löß und Geschiebemergel (pH 3,6-5,4) wurden mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ auf ein pH von 7,5-8,0 eingestellt, 12 Wochen bei maximaler Wasserkapazität gehalten, ein Aliquot zur Untersuchung entnommen und dann bei pH 2,0 gehalten. Die Ergebnisse beziehen sich hier auf die Probenentnahme nach 12 Wochen.

Die Feintone ($< 0,2 \mu$) der B_t -Horizonte ungedüngter Parabraunerden enthalten überwiegend Montmorillonite illitischen Ursprungs und schlecht geordnete Illite. Durch die K-Düngung wird der Montmorillonitanteil vermindert, ebenfalls wird die AK_x und PBC^{K} (NIEDERBUDE et al. 1969, 1969a) kleiner. Im Grobton konnte ein Einfluß der K-Düngung auf die genannten Werte nicht sicher nachgewiesen werden. Sie waren in ungedüngten Böden schon sehr klein.

Die Kalkung wirkte sich überwiegend in einer Vergrößerung der AK_x - und PBC^{K} -Werte aus. Im einzelnen wurden folgende Unterschiede festgestellt: In Böden mit hohen Feintongehalten (B_t -Horizonte aus Löß) war der Anstieg der PBC^{K} besonders hoch, in Böden mit niedri-

*) Institut für Bodenkunde, 1 Berlin 33, Engler-Allee 19-21

gen Feintongehalten dagegen gering (A_1 -Horizonte von Parabraunerden aus Löß), bzw. nicht nachzuweisen (A_1 -Horizonte von Parabraunerden aus Geschiebemergel).

Der Anstieg der AK_x -Werte in den Lößböden zeigte keine Tendenz zu den Feintongehalten. In den A_1 -Horizonten der Parabraunerden aus Geschiebemergel blieben die AK_x -Werte bis zum Zeitpunkt der genannten Probenentnahme unverändert.

Nach der Kalkung waren die K-Ca-Aktivitätenverhältnisse der Gleichgewichtslösung des Bodens (AR_0 , BECKETT und NAFADY 1967) in allen Fällen niedriger als vorher.

Aus diesen Versuchen kann geschlossen werden, daß praxisübliche Mineraldüngungen Tonmineralumbildungen einleiten können, die wesentliche Veränderungen der ursprünglichen tonmineralogischen Zusammensetzung bedingen werden. Es ist also zu erwarten, daß Verwitterungsprozesse durch den Eingriff des Menschen gestoppt und die Mineralprozesse eine Umkehrung erfahren können. Die Befunde haben also nicht nur landwirtschaftlich-praktische Konsequenzen, sie sind auch für bodengenetisch-tonmineralogische Untersuchungen bedeutsam.

SCHRIFTTUM

1. BECKETT, P.H.T. und NAFADY, M.H.M.: Studies on Soil Potassium VI. The effect of K-fixation and release on the form of the K: (Ca+Mg) exchange isotherm. J. Soil Sci. 18, 244-262 (1967).
2. NIEDERBUDDE, E.A., SCHWARZMANN, A. und SCHWERTMANN, U.:
Tonmineralbedingter K-Haushalt einer gedüngten Parabraunerde aus Würm-Geschiebemergel.
Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkunde, H. 124, 212-224 (1969a).
3. NIEDERBUDDE, E.A., TODORCIC, B. und WELTE, E.:
Veränderungen von K-Formen und K-Ca-Aktivitätenverhältnissen des Bodens durch K-Düngung und K-Entzug der Pflanzen.
Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkunde 123, 85-100 (1969).