Z81/25 II

MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

Band 25
Heft II
1977

ISSN - 0343 - 107 X

Schriftleitung: P. Hugenroth Göttingen

2. Böden sind Filterkörper für Niederschläge. Die Grundwassererneuerung setzt die Passage der Niederschläge durch den Boden voraus. Dabei bestimmen die Filtereigenschaften des Bodens in Abhängigkeit von der klimatischen Wasserbilanz die Menge und Beschaffenheit des neu gebildeten Grundwassers. Grundwasserverunreinigungen beruhen meist auf Überbeanspruchung der Filtereigenschaften der Böden durch potentielle Schadstoffe.

Diese beiden wichtigsten Standortfunktionen, Pflanzenstandort und Filterkörper zu sein, werden in zunehmendem Maße eingeengt durch die Ansprüche von Siedlung, Industrie und Verkehr. Eine vorausschauende Planung der Flächennutzung muß deshalb die Standorteigenschaften der Böden stärker als bisher berücksichtigen. Diesem Ziel in der niedersächsischen Rahmenplanung soll die Bodenkundliche Standortkarte dienen.

2. Die hierarchische Gliederung der Kartenaussage

2.1 Klima-Landschafts-Regionen

Die Eigenschaften eines Standortes werden durch "äußere" und "innere" Ursachen und Einflüsse geprägt. Zu den äußeren Einflüssen zählen insbesondere die Wirkungen des Klimas. Im Flachland Niedersachsens nimmt der klimatische Wasserbilanzüberschuß von Westen nach Osten, also von der Nordseeküste bis zur Grenze zur DDR, deutlich ab, während gleichzeitig das im Sommerhalbjahr herrschende Wasserbilanzdefizit anwächst. Dies bedeutet in ganz grober Übersicht und im langjährigen Mittel, daß im küstennahen Gebiet ein Boden mit etwa 100 mm pflanzenverfügbarem Wasser im Wurzelraum eine ausreichende Wasserversorgung der Pflanzen gewährleistet, während im Dannenberger Zipfel für eine gleichwertige Wasserversorgung eine pflanzenverfügbare Wassermenge von etwa 200 mm vorhanden sein müßte.

In Anlehnung an DAMMANN (1969) und GÖRGES (1969) wird das niedersächsische Flachland in ein maritimes, maritim-subkontinentales und subkontinentales Klimagebiet, das niedersächsische Bergland nach Höhenstufen in ein submontanes und montanes Gebiet gegliedert. Die Grenze zwischen den Höhenstufen des Berglandes liegt etwa bei 400 bis 500 m über NN (Abb. 1).

In eine Bodenkundliche Standortkarte lassen sich die klimatischen Gegebenheiten nur dann einführen, wenn sie sich mit der Verbrei-

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 459-466 (1977)

Die Bodenkundliche Standortkarte von Niedersachsen und Bremen 1 : 200 000.

von

Müller, W. und R.Lüders +

1. Einführung

Die Bodenkundliche Standortkarte im Maßstab 1 : 200 000 ist ein Bestandteil der Karten des Naturraumpotentials, die vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung bearbeitet und herausgegeben werden. In der Eröffnungssitzung zur Jahrestagung der DBG in Bremen hat LÜTTIG (1977) die Zielsetzung dieses Kartenwerkes erläutert (vgl.LÜTTIG & PFEIFFER 1974, BECKER-PLATEN et al.1977).

Die Bodenkundliche Standortkarte gliedert und wertet die Böden Niedersachsens und Bremens unter besonderer Berücksichtigung standortkundlicher Kriterien. Wir verstehen darunter diejenigen Kriterien, welche die Eigenschaften und die Eignung der Böden als Standort bestimmen.

Böden erfüllen im wesentlichen zwei Standortfunktionen:

1. Böden sind Lebensraum und Standort von Pflanzen. Die landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, die der Ernährung von Mensch und Tier dienen, beanspruchen die umfangreichsten Flächen und die günstigsten Standortbedingungen. Die Forstflächen beschränken sich dagegen vorwiegend auf Standorte, die infolge der Ungunst von Boden, Relief oder Klima für die Nahrungsproduktion kaum geeignet sind. Sie erfüllen aber die wichtige Funktion, dem Erholungsanspruch des Menschen und dem ökologischen Ausgleich zu dienen.

+ Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Postfach 510153, 3000 Hannover 51

tung von Landschaften und Böden zur Deckung bringen lassen. Dies ist für Niedersachsen hinreichend günstig der Fall. Auf der Bodenkundlichen Standortkarte werden deshalb Klima-Landschafts-Regionen unterschieden: maritime, maritim-subkontinentale und subkontinentale Flachlandregion, subkontinentale Bergvorlandregion, submontane und montane Berglandregion.

Aus dieser regionalen Gliederung haben wir die Moore und die Talauen aus folgenden Gründen herausgenommen: Die Moore lassen in ihrer Verbreitung zwar eine deutliche Klimaabhängigkeit erkennen, sie besitzen aber gleichzeitig ein eigenes, ein sogenanntes Moorklima. Die Talauen der größeren Flüsse erstrecken sich über mehrere Klima-Landschafts-Regionen und gliedern gleichzeitig als zusammenhängende Gebilde das jeweilige Blattgebiet.

Die Gliederung nach Klima-Landschafts-Regionen weist somit den klimatischen Einflüssen eine übergeordnete Bedeutung zu. Das ist bei bodenkundlichen Karten dieses Maßstabes sonst kaum üblich (z.B. SCHAFFER 1968). Der Vorteil dieses Verfahrens besteht jedoch darin, daß es eine erste grobe standortkundliche Unterteilung Niedersachsens bietet. Die Bodenkundliche Standortkarte enthält deshalb bereits auf dieser Ebene übersichtsmäßig auswertbare, flächenbezogene Aussagen über Klima, Relief, Böden und Landschaft.

2.2 Geomorphologische Unterteilung

Auf der zweiten Gliederungsebene wird eine grobe geomorphologische Unterteilung vorgenommen. Die Geest des Flachlandes wird dabei nach Grundwassernähe und Oberflächenform untergliedert. Die Grundwassernähe beinflußt einerseits die Menge an pflanzenverfügbarem Bodenwasser, andererseits die Gefahr der Grundwasserverunreinigung. Die Oberflächenform gibt Hinweise auf die geologische Situation, die Beschaffenheit des Substrates sowie den Wasserhaushalt. Sie schränkt außerdem die Möglichkeiten der Bodennutzung ein.

Bergvorland- und Berglandregion werden nach Lößverbreitung, Lößmächtigkeit und Oberflächenform gegliedert. Aus dem Löß sind die besten Böden mit dem höchsten landwirtschaftlichen Ertragspotential hervorgegangen. Sie besitzen ein sehr hohes Speichervermögen für pflanzenverfügbares Wasser und sind gut zu bearbeiten. Deshalb werden diese Böden in der Legende deutlich herausgehoben.

Die submontane Berglandregion wird nach der Hangneigung in ein flach- bis mittelhängiges Bergland mit überwiegender landwirt-

schaftlicher Nutzung und ein mittel- bis steilhängiges Bergland mit fast ausschließlicher Forstnutzung unterteilt. Außerdem werden Hochflächen und Kammlagen unterschieden. Die Zuordnung der Hangneigungsstufen kann jedoch nicht streng nach dem Abstand der Höhenlinien vorgenommen werden, sondern es müssen auch unterschiedliche Höhenstufen sowie wechselnde Gesteine und Böden berücksichtigt werden.

Diese Gliederung bedeutet gleichzeitig, daß Hänge unterteilt, und die ausgewiesenen Einheiten unabhängig voneinander betrachtet werden. In der Natur sind die Böden jedoch, z.B. durch Stoffverlagerungen, miteinander verknüpft. Hierauf haben insbesondere SCHLICHTING (1970) und BLUME (1973) hingewiesen. Diese Verknüpfung läßt sich aber in eine Kartenaussage dieses Maßstabes kaum einführen. Auch ist es für uns nicht ersichtlich, wie sie für den Planer lesbar, nachvollziehbar und nutzbringend auswertbar werden könnte.

2.3 Standorteinheiten

Die letztlich auf der Karte ausgegrenzten und farblich ausgewiesenen Standorteinheiten bilden die unterste Stufe der Gliederung (Abb. 2). Sie sind zusätzlich durch eine dreistellige Ziffernfolge gekennzeichnet. Die Standorteinheiten werden in der Kartenlegende in drei Spalten beschrieben, und zwar

1. Standortbeschreibung
2. Vergesellschaftung der Bodentypen
3. Ausgangsmaterial der Bodenbildung.

Die Standortbeschreibung enthält eine Aussage über die ökologisch wirksame Bodenfeuchte mit Grundwasser- und Staunässeeinflüssen und über die wichtigsten Bodenarten und ihre Schichtung. Mit diesen Angaben wird der Wasser- und Lufthaushalt der Böden übersichtsmäßig gekennzeichnet. Außerdem werden stellenweise Hinweise zur Bodenfruchtbarkeit und zu etwaiger Erosionsgefährdung gegeben. Alle diese Aussagen sind möglichst einfach und leicht verständlich gehalten, um sie für den Planer auswertbar zu machen. Bodenkundliche Fachausdrücke werden vermieden. In den Spalten 2 und 3 wird die getroffene Zuordnung für Geowissenschaftler verdeutlicht.

Die Eigenschaften der einzelnen Standorteinheiten sollen darüber hinaus in einem Beiheft weiter erläutert und im Hinblick auf die Nutzungseignung vielseitig ausgewertet werden.

3. Ausblick

Das Kartenwerk der Bodenkundlichen Standortkarte im Maßstab 1 : 200 000 soll 1979 abgeschlossen werden. Es setzt sich insgesamt aus 7 Blättern zusammen, von denen die Blätter Hannover, Osnabrück, Oldenburg und Braunschweig bis Ende 1977 gedruckt sein werden. Die letzten drei Blätter heißen Bremen, Lüneburg und Göttingen. Neben diesen Grundlagenkarten sind zusätzliche Auswertungskarten vorgesehen, in denen das "Natürliche Ertragspotential", die Bodeneignung für die Verwertung von Siedlungsabfällen bei landwirtschaftlicher Nutzung sowie die Bodeneignung für die Erholungsnutzung dargestellt werden sollen.

Mit diesem Kartenwerk wird innerhalb kurzer Frist für Zwecke der Rahmenplanung eine bodenkundliche Übersicht über ganz Niedersachsen einschließlich Bremens geschaffen.

Die Bodenkundliche Standortkarte wird, wie alle vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung herausgegebenen Karten, vom Geo Center in 7000 Stuttgart 80, Postfach 800830, vertrieben.

4. Literatur

BECKER-PLATEN,J.-D., DAHMS,E., GROBA,E., MEYER,K.-D., MÜLLER,W. & STEIN,V. (1977): Karten des Naturraumpotentials von Niedersachsen und Bremen. - Geol.Rundschau, z.Zt. im Druck.

BLUME,H.-P. (1973): Genese und Ökologie von Hangwasserböden. - in E.SCHLICHTING & U.SCHWERTMANN (Hrsg.): Pseudogley und Gley, Verlag Chemie, Weinheim, S.187-194.

DAMMANN,W. (1969): Physiologische Klimakarte Niedersachsens. - N.Arch.f.Nds.18, S.287-298.

GÖRGES,H. (1969): Forstliche Wuchsbezirke in Niedersachsen. - N.Arch.f.Nds.18, S.27-45.

LÜTTIG,G. (1977): Von den Moor- und Bodenkarten zur Kartierung des Naturraumpotentials. - Vortrag, gehalten auf der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Bremen.

LÜTTIG,G. & PFEIFFER,D. (1974): Die Karte des Naturraumpotentials.- N.Arch.f.Nds.23, S.3-13.

SCHAFFER,G. (1968): Der Beitrag der Bodenkunde für die naturräumliche Gliederung der Landschaft. - Mitteilgn.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch.8, S.299-305.

SCHLICHTING,E. (1970): Bodensystematik und Bodensoziologie. - Z.Pflanzenernähr.Bodenkd.127, S.1-9.

Abb. 1:

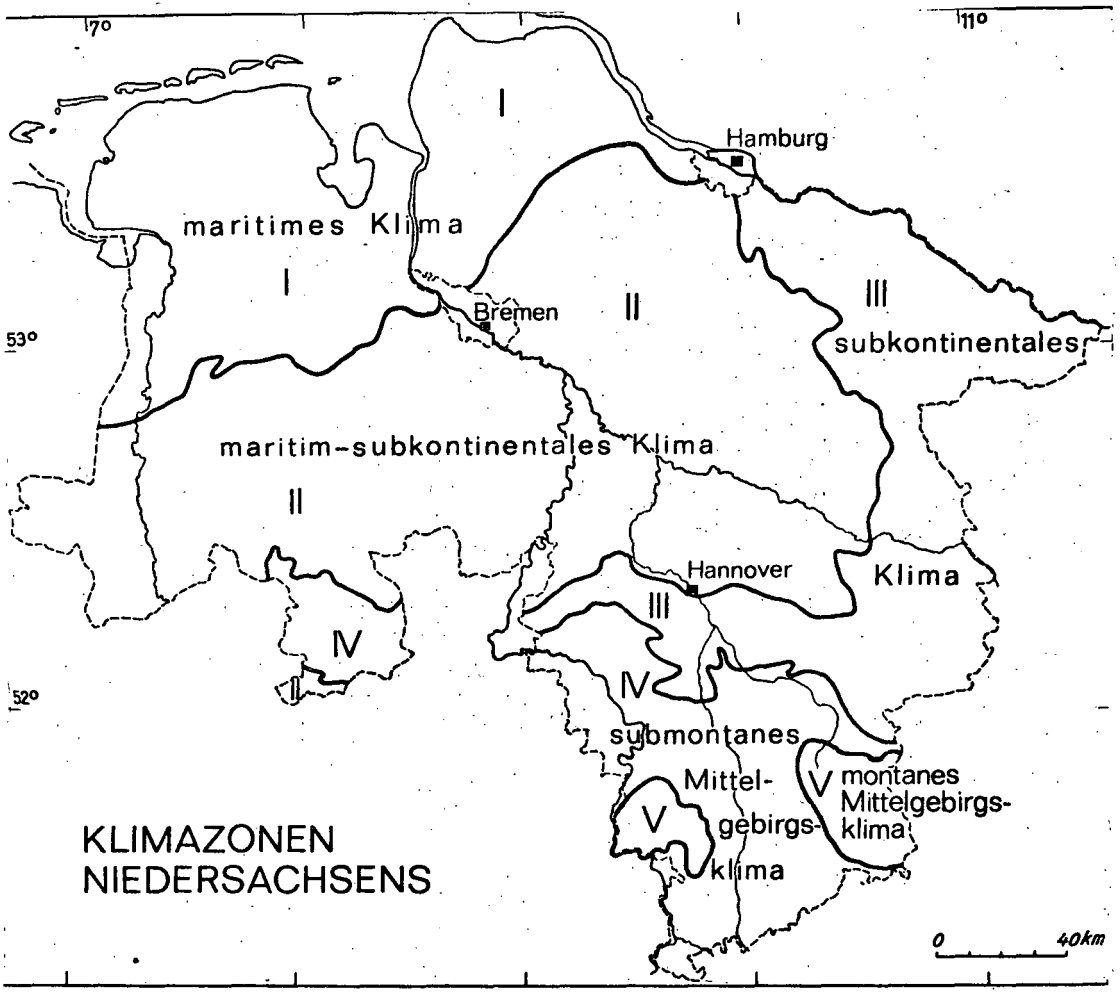
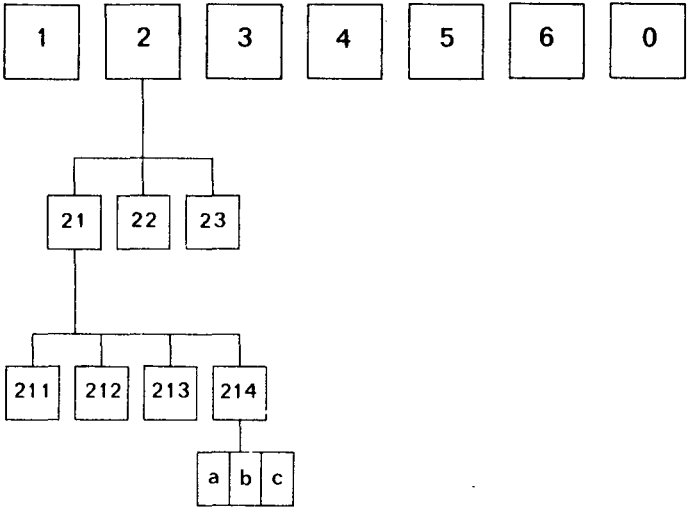

7°
11°
53°
52°
Hamburg
Bremen
Hannover
I
maritimes Klima
I
II
III
subkontinentales
maritim-subkontinentales Klima
II
Klima
III
IV
IV
submontanes
Mittel-
gebirgs-
klima
V
V
montanes
Mittelgebirgs-
klima
KLIMAZONEN
NIEDERSACHSENS
0
40km

Abb. 2 Gliederung der Bodenkundlichen Standortkarte 1 : 200 000



Klima - Landschafts - Region

Geomorphologische Unterteilung

Standorteinheit

a. Standortbeschreibung
b. Vergesellschaftung der Bodentypen
c. Ausgangsmaterial der Bodenbildung

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 467-482 (1977)

Die Marschenkartierung in Niedersachsen, ihre Ziele und Methoden.

von

Müller, W. +)

1954/55 wurde vom Bund und dem Lande Niedersachsen die Durchführung eines Planes beschlossen, der die Sicherung und die Sanierung des Küstengebietes von Niedersachsen zum Ziele hatte.

Neben dem eigentlichen Küstenschutz, z.B. durch Deicherhöhungen, war das Ziel des "Küstenplanes" die Verbesserung der Wirtschaftsbedingungen in dem Land hinter den Deichen. Daß bei allen denkbaren Verbesserungen in diesen Gebieten die Entwässerung der Böden eine ausschlaggebende Rolle spielt, dürfte auf der Hand liegen.

Die Voraussetzungen hierfür waren jedoch nicht überall gleich, wie jahrzehntelange Erfahrungen und viele Versuche gezeigt hatten. Dies lag vor allem an dem unterschiedlichen Verhalten der Marschböden gegenüber dem Wasser. Entwässerungsbedürftig sind diese Böden grundsätzlich. Wie und mit welchem Wirkungsgrad eine Melioration jedoch durchzuführen ist, war weitgehend unklar. Die Landwirtschaftskammern Oldenburg und Hannover forderten daher seinerzeit eine eingehende Bodenerforschung und die Durchführung einer Kartierung. Grundlage sollten neue Untersuchungsergebnisse sein, wie sie damals gerade in den Niederlanden von der Schule Edelmann und in der Bundesrepublik am Institut für Bodenkunde in Gießen erarbeitet worden waren. Ziel war eine Klassifikation der Marschböden unter besonderer Berücksichtigung der Nutzungs- und

+) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Postfach 510153, 3000 Hannover 51

M e l i o r a t i o n s f ä h i g k e i t .

Was war nun dabei an M e l i o r a t i o n s m a ß n a h m e n zu berücksichtigen? Da war einmal die Dränung, die aus ungeklärten Gründen sowohl mit großem Erfolg, oft aber auch mit totalem Mißerfolg angewendet wurde. Es mußte also geklärt werden, welche Bodeneigenschaften dabei eine Rolle spielen und wo jeweils Böden mit solchen unterschiedlichen Eigenschaften auftreten.

Dann gab es die sogenannte Blausandmelioration mit Hilfe von Wühl- oder Kuhlmaschinen, eine Maßnahme, bei der kalkreiches Unterbodenmaterial aus 1,8 bis 3,5 m Tiefe aufgebracht wird, übrigens auch nicht immer mit befriedigendem Erfolg. Es war also festzustellen, wo geeignetes Material ansteht und unter welchen Umständen diese Melioration erfolgversprechend ist.

Ferner galt es festzustellen, wo der gefürchtete Maibold und der weniger bekannte Smink im Unterboden auftritt und was es damit überhaupt auf sich hatte. Derartiges Material läßt - an die Oberfläche gebracht - jegliches Pflanzenwachstum für Jahre absterben.

Schließlich war noch von Interesse, ob, wo und unter welchen Bedingungen Meliorationskalkung, Tiefpflügen, Tieflockern oder ähnliche Maßnahmen angebracht oder möglich waren.

Diese Fülle von praktischen Fragen sollte in möglichst kurzer Zeit nicht nur geklärt, sondern auch mit Hilfe eines noch zu entwickelnden K a r t i e r v e r f a h r e n s aufgenommen und auf möglichst billig zu druckenden Bodenkarten dargestellt werden. Nun, welche H i l f s m i t t e l hatten wir zur Durchführung dieser Arbeiten?

Daß damals - 1955 - , das heutige Handwerkszeug eines Kartierers, wie z.B. kartiergerechte Diagramme zur Ansprache der Bodenart, des Kalk- und Humusgehaltes, der Luft- und Feldkapazität sowie der Wasserdurchlässigkeit aufgrund moderner Analysenverfahren noch nicht vorhanden waren, sondern erst erarbeitet werden mußten, sei hier nur am Rande erwähnt.

Von größter praktischer Bedeutung, vor allem für die drängenden Entwässerungsprobleme, war die Frage, wie die W a s s e r z ü g i g k e i t der Marschböden charakterisiert und erfaßt werden konnte.

Die damals gültige Drännorm DIN 1185 ging vom Tongehalt bzw. den

abschlämmbaren Bestandteilen aus. Mit zunehmendem Tongehalt sollte die Durchlässigkeit abnehmen. In der Praxis war aber bekannt, daß bei vielen, vor allem bei den jungen und gut entwässerbaren Marschböden mit zunehmendem Tongehalt jeweils weitere Dränabstände möglich waren. Andererseits gab es viele Marschböden, bei denen keine oder nur eine unbefriedigende Dränwirkung zu verzeichnen war, unabhängig vom Tongehalt. Die weit voneinander abweichenden Bodeneigenschaften waren nicht durch die Bodenart, sondern nur durch das Bodengefüge zu erklären. Die Gefügeansprache wurde daher Kern unserer Marschbodenklassifikation. Bei der Problematik einer objektiven, in allen Jahreszeiten gleichen Gefügeansprache bedurfte es jedoch eines meßbaren und jederzeit reproduzierbaren Kennwertes. Die Bodenphysik konnte uns den nicht liefern, sie hatte damals noch keine geeigneten Methoden entwickelt.

Eines der gesicherten Ergebnisse unserer Marschforschung in Gießen war, daß kalkfreie Böden - wohlgemerkt Böden und nicht Schlicke - mit hoher Mg-Sorption ungünstige Gefügeeigenschaften aufweisen. Auffällig ist bei solchen Böden eine geringe Gefügestabilität und ganz offensichtlich sind sie schlecht wasserdurchlässig. Diese Böden wurden häufig "Knick" genannt. Böden mit weitem Ca/Mg-Verhältnis haben dagegen im allgemeinen günstige Gefügeeigenschaften mit höherer Wasserdurchlässigkeit.

Wegen dieser Beziehung zu wichtigen physikalischen Bodeneigenschaften und insbesondere auch zur Gefügeansprache im Gelände haben wir den Ca/Mg-Quotienten als objektiv meßbare Kontrollgröße zur Kennzeichnung des Bodengefüges unserer Marschboden-Klassifikation zugrundegelegt. Allerdings nur bei Vorliegen bestimmter Bedingungen z.B. bei ausreichendem Durchlüftungs- und Entwässerungszustand. Inzwischen wurde diese Beziehung durch zahlreiche physikalische Messungen hoch gesichert.

Dieser Befund - die Beziehung des Ca/Mg-Quotienten zum Bodengefüge unter bestimmten Bedingungen - bedurfte natürlich einer D e u t u n g . Eine rationelle Kartierung ist ja nur möglich, wenn die Zusammenhänge von Bodeneigenschaften mit Boden- und Geländemerkmalen bekannt und erfaßbar sind.

Theoretischer Ausgangspunkt war, daß bei der relativen Jugend aller Marschbodenbildungen Unterschiede des geologischen Substrats noch deutlich erkennbar sein müßten. - Die obersten Sedimentschichten

stammen durchweg von der mittelalterlichen Überflutungsperiode oder sie sind noch jünger. -

Leicht erkennbar sind die jungen fruchtbaren Polder- oder Koogböden, die sich hinter den zahlreichen alten Deichlinien deutlich abheben. Aber dies sind im allgemeinen relativ unproblematische Böden, die aus marinen und brackisch-marinen Sedimenten hervorgegangen sind. Die Sedimente sind wegen der hohen Salzkonzentration geflockt abgelagert und kalkreich. Nach Entwässerung und Durchlüftung zeichnen sich diese Böden durch ein weites Ca/Mg-Verhältnis und eine günstige Gefügeentwicklung aus. Derartige Polder- oder Koogböden nehmen jedoch meist weniger als 1/3 unserer gesamten Marschböden ein.

Die im Sinne unseres Kartierauftrages problematischen Böden liegen vor allem am Unterlauf der Flüsse und am Rande der Moore in den brackisch-fluviatilen Sedimenten. Wenn man in derartigen Gebieten kartiert, wird einem schnell klar, daß hier die Marschböden nicht aus Sedimenten hervorgegangen sind, wie man sie heute im Wattenmeer findet und aus denen die jungen Polderböden hervorgegangen sind. Besonders hervorzuheben ist hierbei die Dispergierungsneigung im brackischen Sedimentationsmilieu, die hier zu einer relativen Sinkstoffanreicherung im Wasser - zum Sinkstoffmaximum - führt. Die typischen Brackmarschen behalten auch nach Entwässerung diese Dispergierungsneigung infolge bleibender hoher Mg- und Na-Sorption bei. Für den vom Süßwasser geprägten Gezeitenrückstaubereich der Flüsse ist die relativ geringe Sedimentanlieferung bezeichnend, die die Ursache für die tiefe Lagerung der hier entstehenden Böden ist.

In diesen brackischen und fluviatilen Sedimentationsgebieten war ein wesentliches Hilfsmittel für unsere Kartierarbeiten die Erkenntnis, daß der Kalk in der Marsch hauptsächlich biogenen Ursprungs ist und nur in Sedimentationsräumen entsteht, die ständig vom Wasser beeinflußt werden. Solche Räume sind z.B. die Wattgebiete und die Flußrinnen.

In dem amphibischen Hinterland dieser Wattgebiete und Flußrinnen, das schon halb Festland ist, aber doch noch häufig überflutet wird, findet noch Sedimentation statt. Diese Sedimente sind jedoch entweder kalkfrei - z.B. weil unter den hier gegebenen Sedimentationsbedingungen keine Kalkschaler leben können - , oder es findet

eine sehr schnelle Entkalkung bereits vor der eigentlichen Bodenbildung statt - z.B. infolge intensiver Umsetzungen von Schwefel-Eisen-Verbindungen. Ich möchte hier nicht die alte Kontroverse über kalkfreie Sedimentation oder sehr schnelle Entkalkung aufleben lassen. Praktisch interessiert hier nur, daß im Hinterland von Wattgebieten und Flußrinnen die eigentliche Bodenbildung auf kalkfreien bis kalkarmen Substraten erfolgt.

Das Bild 1 zeigt am Beispiel einer Flußrinne das Prinzip dieser Sedimentationsumstände und deren weitreichenden Konsequenzen für die Bodenbildung, sowie die Möglichkeit für die kartiertechnische Erfassung der verschiedenen Böden. Es stellt, etwas generalisiert, die Situation in der Flußmarsch dar am Beispiel unseres ersten Exkursionspunktes.

In einer Flußrinne wird kalkreiches, zugleich auch tonärmeres Sediment abgelagert. Das Substrat im Hinterland ist kalkfrei und tonreich. Hier kommt es mit zunehmender Verlandung der Flußrinnen, d.h. mit abnehmender Sedimentanlieferung zur Vermoorung. In der Flußrinne selbst endet die Sedimentation schließlich mit ebenfalls tonreichen kalkfreien Substraten.

Der nächste Entwicklungsschritt ist gekennzeichnet durch eine unterschiedliche Setzung dieser Sedimente. Die tonärmeren Flußrinnensedimente sacken weniger als die tonigen Hinterlandsedimente mit ihren Torfschichten. So kommt es zu einer Umkehrung des Landschaftsreliefs. Wo früher eine Flußrinne war, ist jetzt ein Hochgebiet, ein "Inversionsrücken", das ehemalige Flußhinterland wird zur nassen, anmoorigen, häufig auch vermoorten "Inversionssenke".

Erneute Überflutungen treffen vor allem die Inversionssenken. Hier wird mehr Schlick angeliefert als über dem Rücken. Vor allem in den seefernen Überflutungsgebieten des Gezeiteneinflußbereiches entstehen so die typischen Flußmarschen. Das sind ausgesprochene Grundwasserböden mit günstigen Gefügebildungstendenzen bei Entwässerung wegen ihrer hohen Ca-Sorption bei hoher Basensättigung. Gekennzeichnet wird dies durch ein generell weites Ca/Mg-Verhältnis, wie es typisch für alle Süßwassersedimente ist.

Auf den höher gelegenen Inversionsrücken verdichten sich die nach erneuten Überflutungen und Überschlickungen fossil gewordenen Ah- und Go-Horizonte zu ausgesprochenen Staukörpern. Wir nennen sie Dwog-Horizonte, die verdichteten fossilen Ah-Horizonte "Humusdwog",

die verdichteten fossilen Go-Horizonte "Eisendwog". Die Flußmarsch mit Dwoghorizonten, die Dwog-Flußmarsch ist somit vergleichbar mit Gley-Pseudogleyen des Binnenlandes.

Weiterhin ist noch von Bedeutung, daß unter den Inversionsrücken kalkreiche Flußrinnensedimente für den Wühlmaschineneinsatz anstehen.

Wir sehen also, daß relativ geringe Höhendifferenzen von einigen Dezimetern in diesen seefernen Sedimentationsgebieten eine Fülle von Aussagen über Bodeneigenschaften und Meliorationsmöglichkeiten liefern können, wenn es gelingt, mit Hilfe von Bohrungen die Beziehungen zwischen Geo- und Pedogenese aufzudecken. Wir haben hier also ein Kartierhilfsmittel von großer Bedeutung, das wir mit Hilfe der 25-cm Höhenkarten des Landesvermessungsamtes zu einem sehr nützlichen Instrument gemacht haben.

Wie die Topographie ausgewertet wird, möchte ich Ihnen auch noch an einem Beispiel aus einem anderen - seenäheren - vorwiegend brackischem Sedimentationsgebiet aufzeigen.

Das Blatt Nordenham 1 : 25 000 liegt am Unterlauf der Weser zwischen Jadebusen und Weser (Bild 2).

Das Blattgebiet läßt sich aufgrund einfacher topographischer Merkmale in fünf verschiedene Bereiche gliedern:

1. Im Westen liegt eine Grenze, die durch dichte Siedlungsreihen gekennzeichnet ist. In der Natur hebt sich diese durch einen dichten Baumbestand deutlich ab. Diese Häuser wurden auf dem ursprünglich hochwassersicheren Hochmoorrand angelegt. Westlich dieser Grenze ist also Hochmoor zu erwarten (Bild 3).
2. Das Land im Osten davor ist siedlungsarm und bauarm. Die schmalen Moorparzellen setzen sich hier in ein Marschgebiet fort. Es handelt sich offensichtlich um ein ehemaliges Marschvorland, das von den Moorsiedlungen her genutzt wird (Bild 3).
3. Es folgt dann ein von alten Deichen eingefaßtes Gebiet mit einer etwas großzügigeren Parzellierung, das sich trichterförmig nach Nordwesten erweitert und dort Anschluß an den Jadebusen findet (Bild 4). Man kann annehmen, daß es sich hierbei um den Kern eines alten Meereseinbruches handelt, ein Eindruck, der sich nach den Bohrungen als nicht voll zutreffend erwiesen hat. Die zentrale Einbruchsrinne lag weiter westlich.

4. Weiter im Osten befindet sich dann ein etwas höher liegendes Gebiet. Hier sind die Parzellen häufig durch krumme, unregelmäßig verlaufene Gräben abgegrenzt. Hier befinden sich auch zahlreiche größere und kleinere Wurten, die zeigen, daß das Land vor der Bedeichung besiedelt war und die auch zeigen, daß es sich um ein typisches brackisches Sedimentationsgebiet handelt (Bild 5).
5. Nach Osten schließt sich dann ein Gebiet an, das erst in jüngerer Zeit durch Ostverlagerung des Weserlaufes landfest geworden ist. Alte Weserarme und Inseln sind noch mehr oder weniger deutlich erkennbar. Es handelt sich ebenfalls um ein brackisches Sedimentationsgebiet (Bild 6).

Was sagt diese topographische Situation nun über die Verbreitung der Böden mit unterschiedlichen Eigenschaften aus, wie sie bei den Kartierarbeiten zu erfassen ist. Der geologische Schnitt (Bild 7) zeigt uns die ursächlichen Zusammenhänge.

Zunächst das hochliegende Marschgebiet mit den Wurtensiedlungen: Sein Untergrund besteht aus kalkreichen, tonarmen Sedimenten eines vor Chr. verlandeten Weserlaufes. Es stellt einen Inversionsrücken dar, der mit jüngeren, tonreichen, kalkfreien, brackischen Sedimenten überdeckt wurde, ist also eine typische Brackmarsch.

Im Westen liegt das ehemals hochliegende Hochmoorgebiet. Zwischen diesen beiden Hochgebieten können wir eine ehemals vermoorte Inversionssenke vermuten, in die 1362 ein Ausläufer des Jadebusens, das Lockfleth, einbrach. Die alten Sedimente wurden dabei tief ausgeräumt und durch kalkreiche brackisch-marine Sedimente ersetzt, aus denen sich später - nach Eindeichung - Seemarsch-, Brack-Seemarschböden sowie - weiter im Süden - Kalk-Brackmarschböden entwickelten.

Auf dem hochliegenden Inversionsrücken mit den Wurten wurde die Sedimentation von den brackisch-marinen Wässern des Lockfleths im Westen und den brackisch bis brackisch-fluviatilen Wässern der Weser im Osten beeinflußt. Die krummen Gräben sind meist ehemalige Priele, durch die die Sedimentanlieferung erfolgte.

Die Böden sind somit aus brackischen Sedimenten entstanden, die in dispergiertem Zustand abgelagert worden sind. Sie sind außerhalb der ehemaligen Priele kalkfrei, haben eine hohe Lagerungsdichte mit einem groben und wenig stabilen Bodengefüge. Daher sind sie

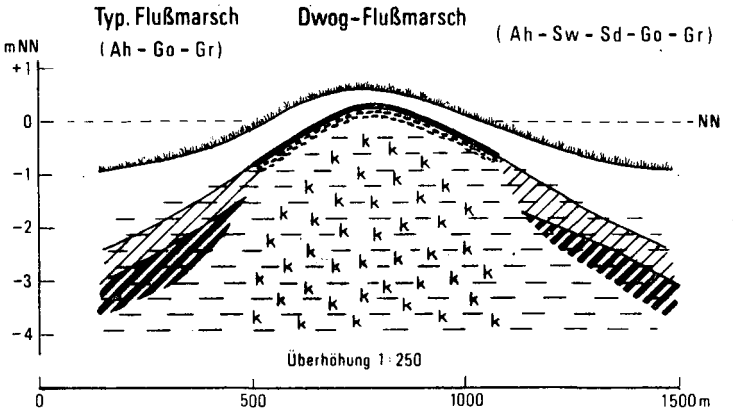
ausgesprochen schlecht durchlässig und demzufolge staunaß. Ihre Dispergierungsneigung ist meist so hoch, daß keine wirksame Dränung möglich ist. Kennzeichnend für diese Böden ist ein kleines Ca/Mg.Verhältnis und eine oft hohe Na-Sorption.

Böden mit ungünstigen physikalischen Eigenschaften nennen wir B r a c k m a r s c h , weil solche Böden nur in brackischen Sedimentationsgebieten auftreten. Entscheidend für unsere Kartierklassifikation ist dabei jedoch, daß es sich um staunasse Böden mit schlechtem Gefüge und solonetzartiger Kationenbelegung handelt. Gut durchlässige Böden aus brackischen Sedimenten mit hohen Gehalten an organischer Substanz, insbes. Schilfrhizome, nennen wir nicht Brackmarsch sondern O r g a n o m a r s c h .

In der scheinbar flachen und kaum differenzierten Landschaft gibt es also eine Fülle topographischer Merkmale, die für die Abgrenzung unterschiedlicher Böden von Bedeutung sind. Nur mit Einsatz solcher Hilfsmittel ist eine rationelle Kartierarbeit möglich.

Dies erfordert jedoch die Erfassung der Zusammenhänge zwischen Geogenese, Pedogenese, die sich auf die Bodeneigenschaften und Fragen der Meliorierbarkeit auswirken. Die fast 20-jährige Arbeit von einem Dutzend Kartierern und die Ergebnisse sehr vieler Bohrungen und Analysen haben diese Zusammenhänge immer wieder bestätigt.

Bild 1 Bodenbildung über Inversionsrücken (verlandete Flußrinne)



Oberfläche

Sd-Horizonte

verdichteter fossiler Ah-Horizont (Humus-Dwog)

verdichteter fossiler Go-Horizont (Eisen-Dwog)

G-Horizonte

Go-Horizonte

ständig GW-erfüllte Schichten Gr-Horizonte

nicht verdichtete humose Horizonte (fossile Ah-Horizonte)

Torfe

kalkhaltige Schichten (verlandete Flußrinne)

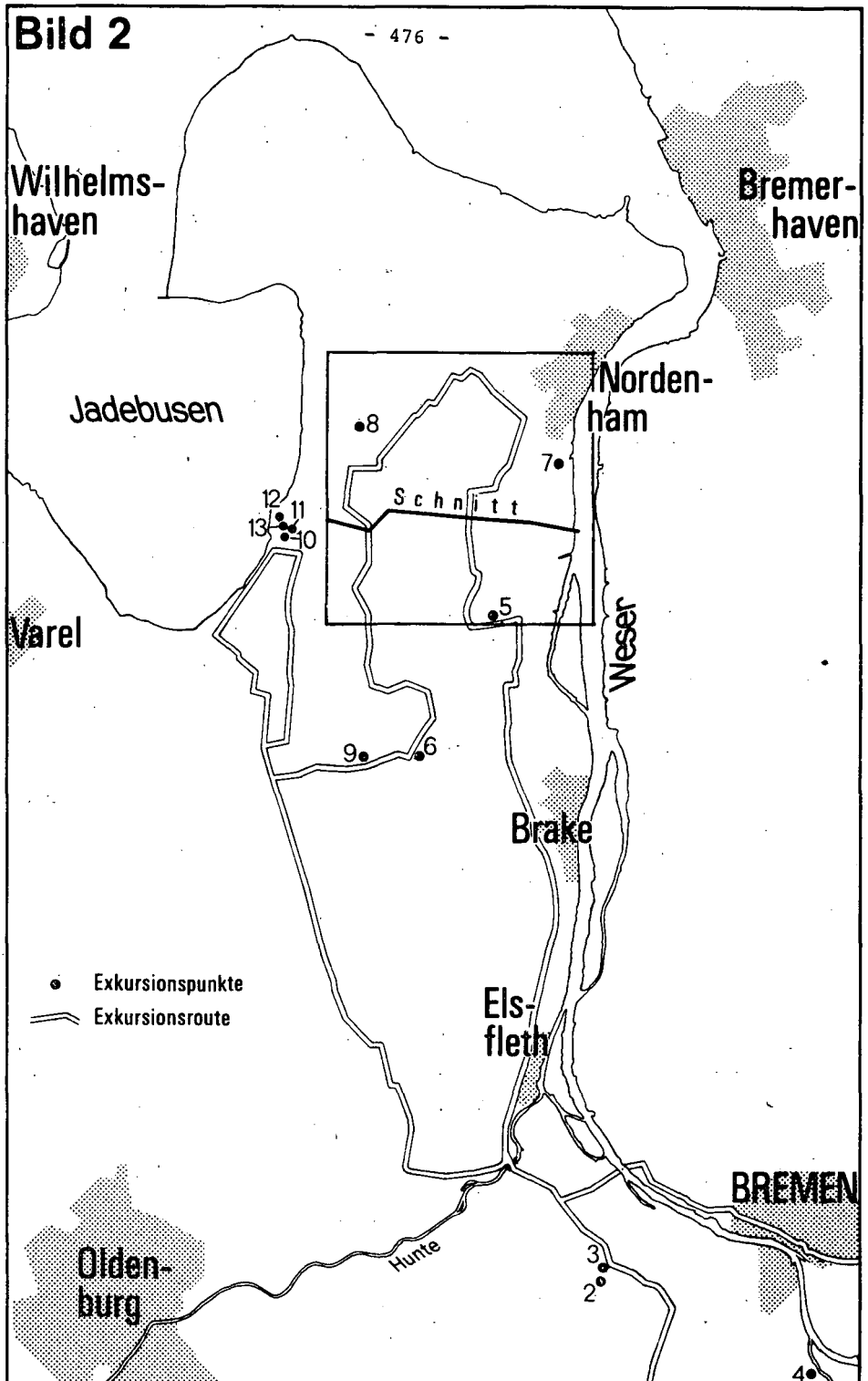


Bild 2
Wilhelms-
haven
Bremer-
haven
Jadebusen
Norden-
ham
8
7
Schnitt
12
11
13
10
5
Varel
Weser
9
6
Brake
Exkursionspunkte
Exkursionsroute
Els-
fleth
BREMEN
Hunte
3
2
Olden-
burg
4

Bild 3

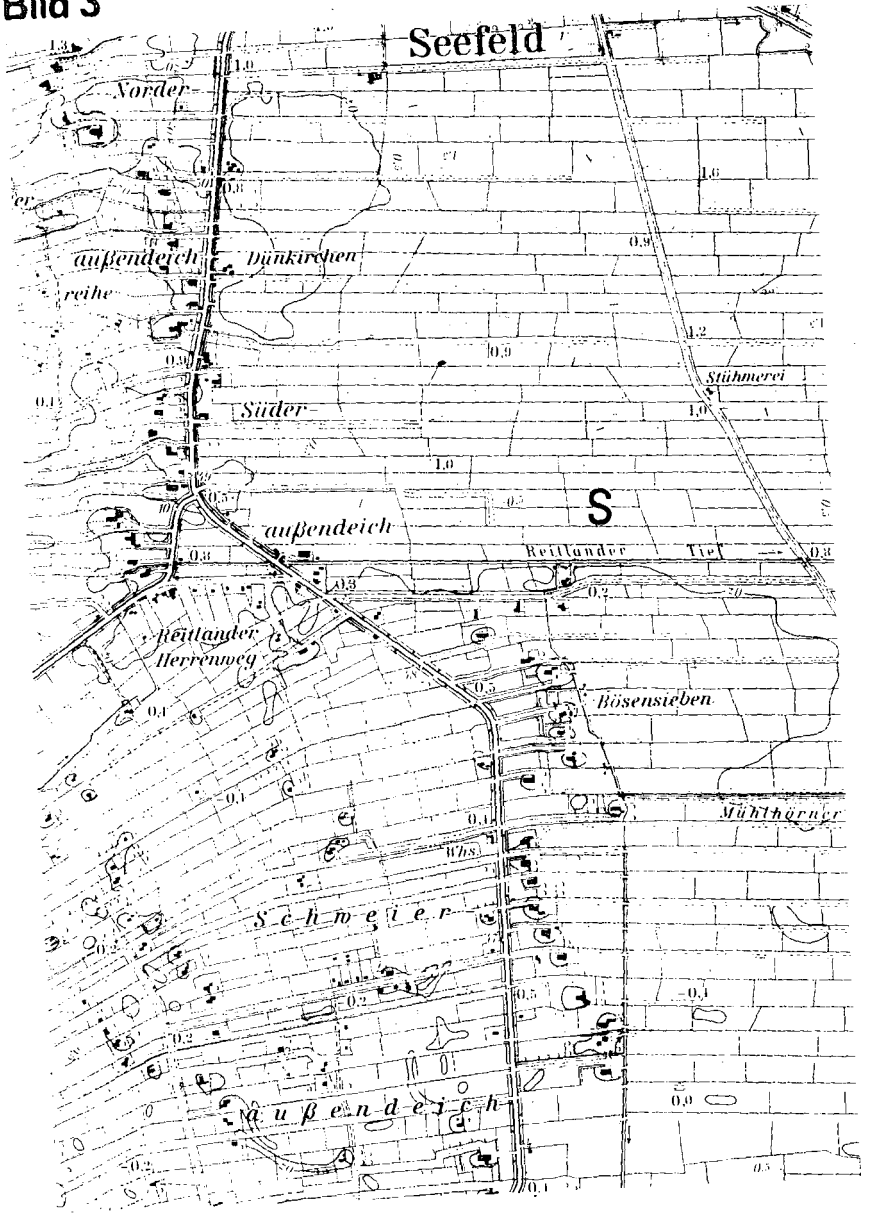

Seefeld
Norder-
außendeich
reihe
Dünkirchen
Süder-
außendeich
Stühmerei
S
Reitlander Tief
Reitlander
Herrenweg
Bösensieben
Mühlhörner
Whs.
Schmeier
außendeich

Bild 4

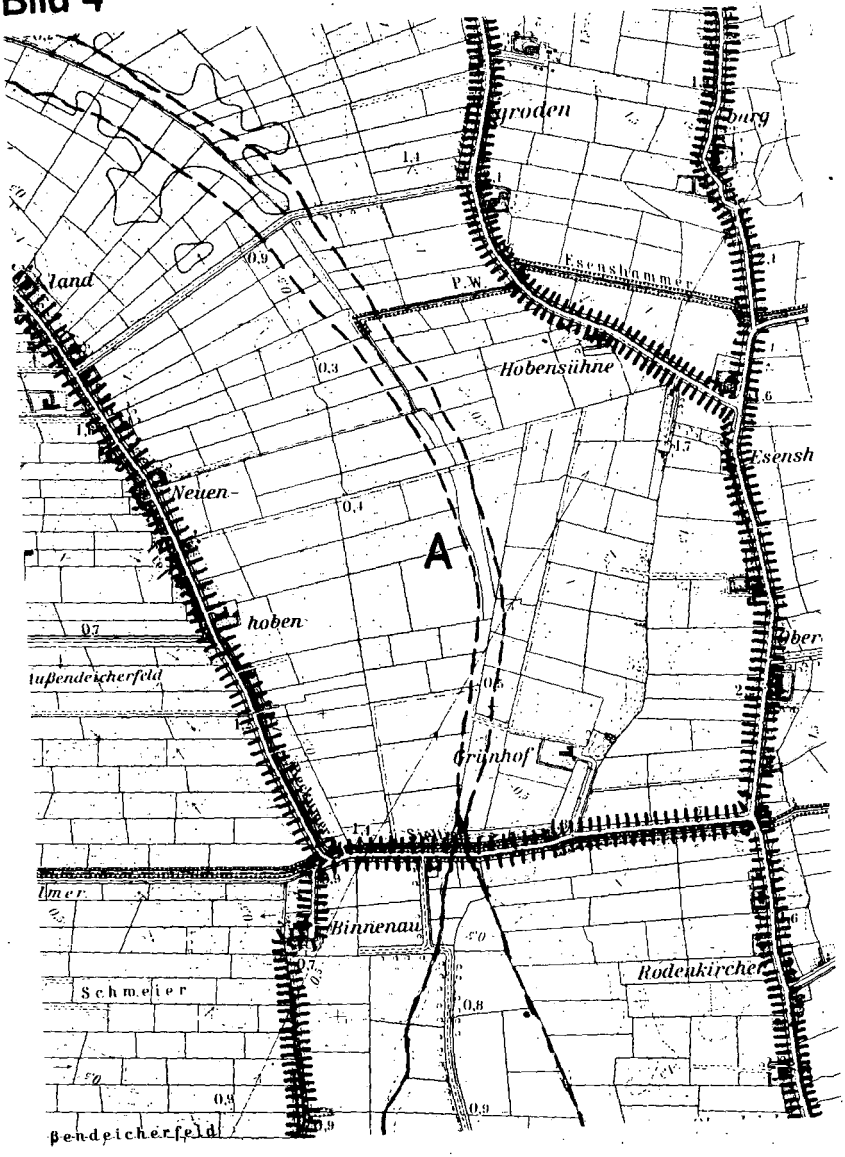

groden
land
P.W.
Hobensühne
Neuen-
hoben
A
Außendeicherfeld
Grünhof
Binnenau
Rodenkirchen
Schmeier
Deichfeld

Bild 5

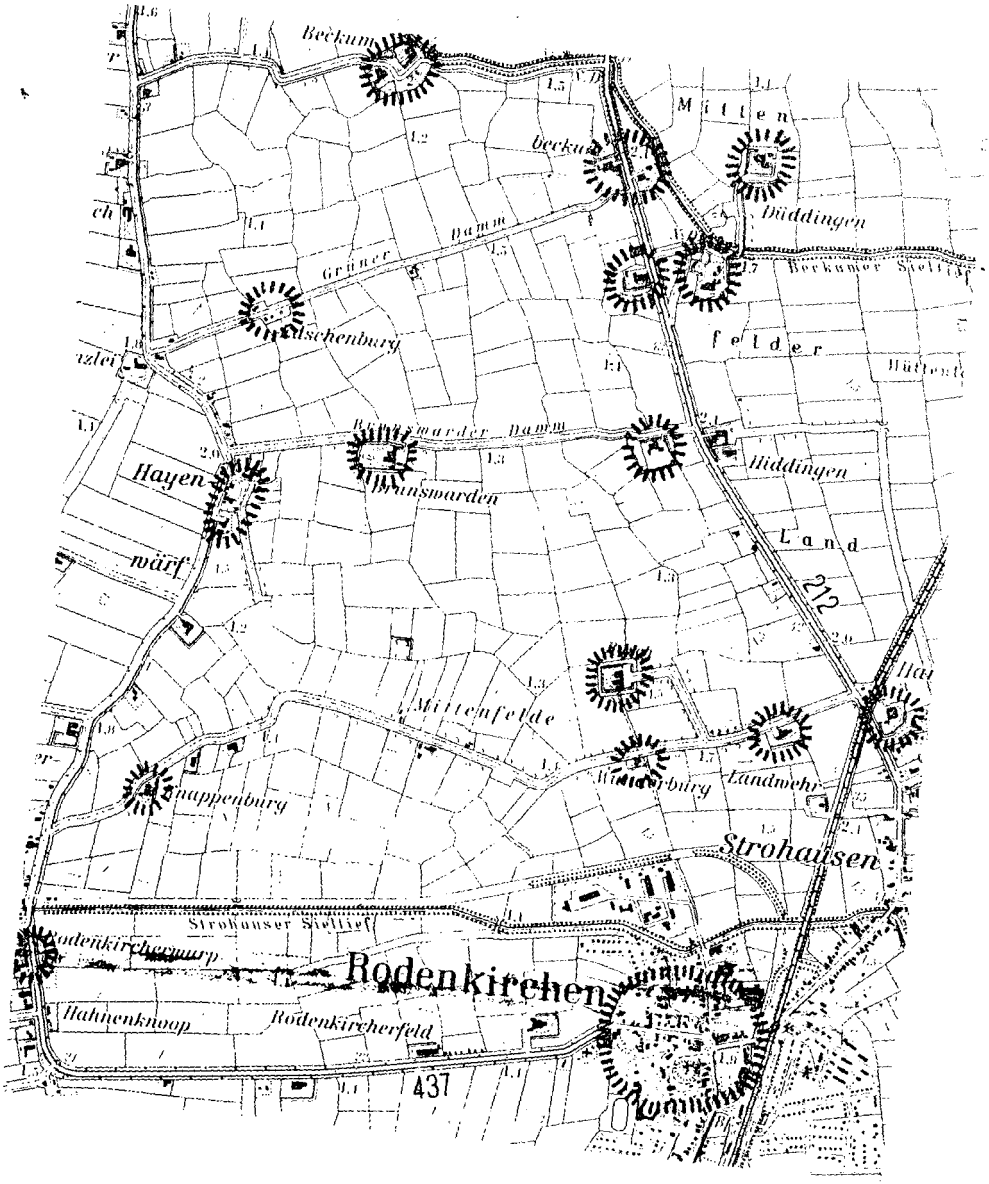
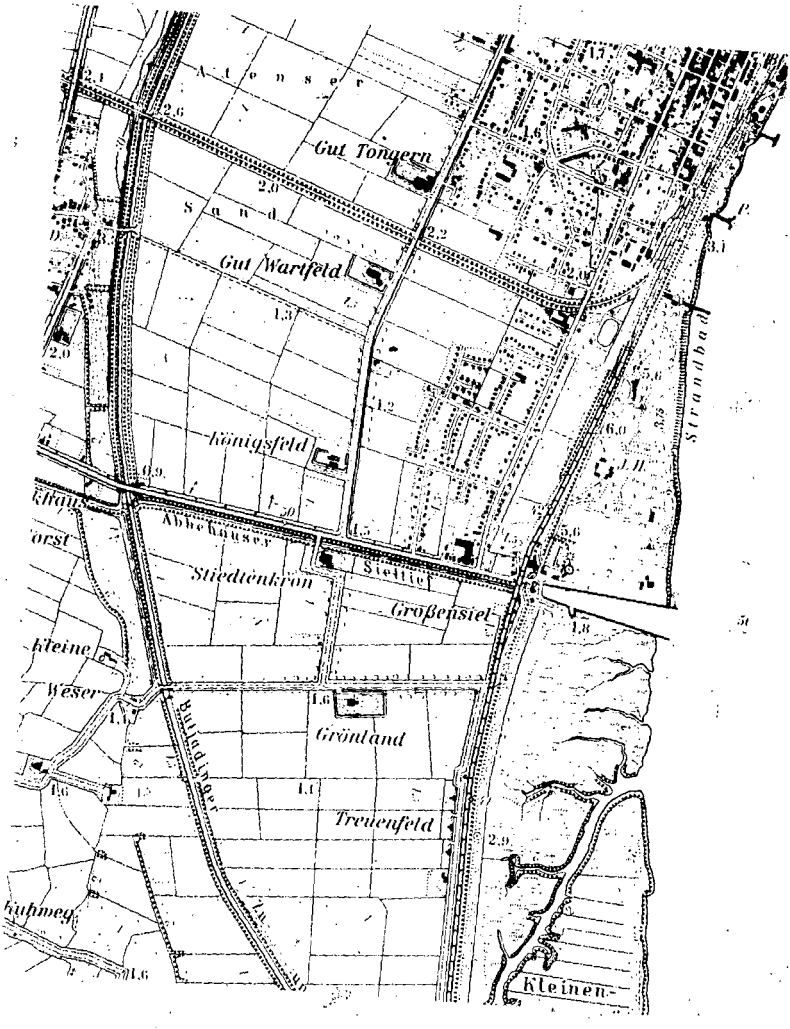
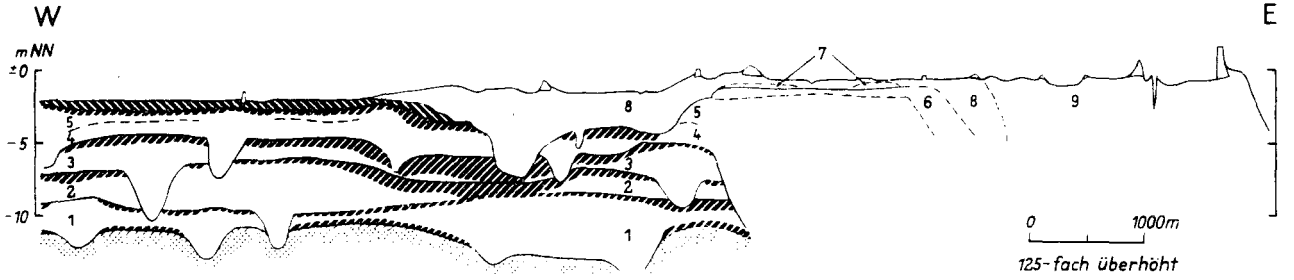

Beckum
Beckum
Mitten
felder
Düddingen
Grüner Damm
Berkumer Siel
Hülschenburg
Hüttenk
Bramwarder Damm
Hiddingen
Hayen
Bramswarden
Land
212
Mittenfelde
Knappenburg
Landwehr
Strohausen
Strohauser Siel
Rodenkirchenwarp
Rodenkirchen
Hahnenknoop
Rodenkircherfeld
437

Bild 6


Gut Tongern
Gut Wartfeld
Königsfeld
Abbehausen
Stiedtenkron
Stettel
Großensiel
Grönland
Treuenfeld
Kleinen
Strandbad
Weser
Kuhmeg

Schnitt durch das Wesertal, 5,5 km südlich Nordenham



schluffige Tone-feinsand. Schluffe
in Rinnengebieten kalkhaltig
humose Tone
Niedermoortorf ±tonig
Hochmoortorf
Feinsande i.a. Flugsande
gröbere Flußsande
Abgrenzung von Sedimenten aus verschiedenen Perioden (gerissen: vermutet)
Lage von ^{14}C-datierten Proben

Sub-Atlantikum	9	Ablagerungen	der	9.	Überflutungsperiode		(jo 4)
	8	"	"	8.	"	"	(jo 3)
	7	"	"	7.	"	"	(jo 2)
Sub-boreal	6	"	"	6.	"	"	(jo 1)
	5	"	"	5.	"	"	(ju 2)
	4	"	"	4.	"	"	(ju 1)
Atlantikum	3	"	"	3.	"	"	(m 3)
	2	"	"	2.	"	"	(m 2)
	1	"	"	1.	"	"	(m 1)

in Klammern: Bisherige Bezeichnung auf den Marschenkarten des N.L.f.B.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 483-488 (1977)

Empirie und Theorie bei der Bodenkartierung

von

KNEIB, W. und SCHROEDER, D.+

Die Bodenkunde versucht komplexe Variablenzusammenhänge mit verhältnismäßig einfachen empirischen Untersuchungen zu klären; sie ist dabei auf übergreifende Theorien angewiesen. SCHROEDER und LAMP (1976) haben in einem Beitrag eine mögliche Theorie zur Bodenklassifikation vorgelegt und dabei auch die Möglichkeiten ihrer empirischen Bearbeitung, sowie die wesentlichen Erkenntniswege der Induktion und Deduktion in der wissenschaftlichen Theorie- und Empiriebildung beschrieben. Während wir unter Empirie die Summe der aus Erhebung und Messung gewonnenen Erkenntnisse verstehen, führt die Theorie zu grundlegenden Konzepten und Postulaten, die nur über eine Erweiterung der Empirie bestätigt oder widerlegt werden können. In der Bodenkartierung, bei der die regionale Strukturierung der dreidimensionalen Bodendecke - der Pedosphäre - auf Bodenkarten zweidimensional dargestellt wird, hat lange Zeit die Empirie dominiert; die Kartierung lieferte der Bodenklassifikation die Erhebungsergebnisse und empfing ihrerseits von der Systematik die Konzeption.

Vor allem in der DDR und USSR, aber auch in den USA haben mit Beginn der sechziger Jahre NEEF, HAASE, FRIDLAND, SIMONSON u.a. aus regionalen Arbeiten heraus neue Theorien zur Bodenregionalisierung in topischer und chorischer Dimension entwickelt.Auch innerhalb der PEDONs - den Basiseinheiten bodengeographischer Gliederung - bauen sich räumliche Anordnungskomplexe (MIEHLICH 1976) aus Einheiten niederer Ordnung auf; eine Unterscheidung von Verbreitung und Genese ist willkürlich. Bodengeographie und Bodengenetik sind in diesem Sinne nicht zwei Teildisziplinen der Bodenkunde, sondern die gleiche Arbeitsrichtung in unterschiedlichen Dimensionen.
In der o.a. Arbeit von SCHROEDER und LAMP wird neuerdings aufgrund der erweiterten Kausalkette der Pedogenese und Pedofunktion postuliert, daß gleich entstandene, also isogene Böden auch isomorph sein, d.h. die gleiche Merkmalskombination aufweisen müssen, und daß solche isomorphen Böden auch die gleichen Funktionen und Reaktionen in Ökosystemen zeigen, also isofunktional (oder isoreagent) sind. Treten solche isogenen, isomorphen und isofunktionalen Böden am gleichen Topos, d.h. am gleichen Ort,

+ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrechts-Universität, Olshausenstr. 4o-6o, 23oo Kiel

im gleichen Areal einer Landschaft auf, kommen wir zu isotopen Böden, den Einheiten der Bodenkartierung. Damit wird in der Theorie nicht nur die Kongruenz von Pedogenese und Pedofunktion gefordert, sondern auch der Versuch unternommen, die Regionalisierung der Böden nach ihrer Nachbarschaft mit der Typisierung der Böden nach ihrer Pedogenese und Pedofunktion zu verknüpfen. Diese Theorie bedarf der Bestätigung durch die Empirie.

Aufgabe der Bodenkartierung ist die Regionalisierung mit dem Ergebnis flächendeckender Karten auf der Basis isotoper Einheiten. Zur Isotopie führen verschiedene Verfahren. Die Zusammenfassung von gleichen vertikalen Abfolgen zu Flächen ähnlicher Struktur der Bodendecke kann zum einen direkt aus der Lage ähnlicher Profile im Untersuchungsgebiet berechnet und entworfen werden. Dieses Verfahren ist jedoch insbesondere für großmaßstäbliche Darstellungen zu aufwendig. Die Regionalisierung bedient sich deswegen der genannten Theorie von der Kausalkette der Pedogenese, nach der gleiche bodenbildende Faktoren zu gleichen Prozessen, gleiche Prozesse zu gleichen Merkmalsverteilungen führen. Sie postuliert: wenn eine an einem Ort festgestellte bestimmte Merkmalsausprägung mit einer spezifischen Faktorenkonstellation erklärt werden kann, dann ist anzunehmen, daß andere Bereiche mit ähnlichen Faktorenkomplexen auch eine ähnliche Struktur der Bodendecke aufweisen. Voraussetzung für dieses Verfahren ist 1. die Richtigkeit der Annahme, daß die Merkmale die Prozesse repräsentieren, sowie Prozesse und Faktoren tatsächlich kausal verknüpft sind und 2. die reproduzierbare Erfassung von Merkmalen und Faktoren.

Die in einem Boden abgelaufenen und ablaufenden Prozesse können nicht kartiert werden, sondern sind nur aus den anderen beiden Gliedern der Kausalkette abzuleiten. Es gilt also d i e Merkmale, die die Prozesse der Pedogenese am deutlichsten widerspiegeln, zu erfassen und sie mit den bodenbildenden Faktoren zu korrelieren.

Daraus folgt, daß innerhalb dieses Vorgehens isomorphe u n d isogene Klassen die Voraussetzung für isotope Einheiten bilden; die Faktoren liefern die Begründung für die Abgrenzung isotoper Einheiten in Karten. Morphogenetische Klassifikation ist also Bedingung und Ergebnis dieser Verfahrensweise. Reine Merkmalssysteme und effektive Klassifikationen im Sinne SCHLICHTINGs (1969) sind nur nach dem erstgenannten Verfahren in Karten darzustellen, wenn nicht im einzelnen die ursächliche Verknüpfung zwischen Merkmalen und Faktoren angegeben werden kann.

Geht man davon aus, daß die Art der bisher erfaßten Merkmale für eine morphogenetische Klassifikation richtig ist, und sie weitgehend reproduzierbar erhoben werden können, dann liegt die Problematik zwischen Theorie und Empirie in der Bodenkartierung zum einen in der ausreichenden und reproduzierbaren Erhebung der Faktoren der Pedogenese und zum anderen in der Zusammenfassung von reproduzierbar-erfaßten Merkmalen zu Horizonten. Diese dienen durch ihre vertikale Kombination und ihre laterale Variabilität einerseits der Kennzeichnung des Bodentyps, -subtyps usw. - also des pedogenetischen Status der untersuchten Böden -, andererseits ermöglichen sie die Abgrenzung von regionalen Bodeneinheiten z.B. Pedotopen. Der zweite Aspekt der r e p r o d u z i e r b a r e n I s o m o r p h i e soll hier an einem Beispiel dargestellt werden.

In einer exemplarischen Untersuchung, die der Verbesserung der Bodenregionalisierung dienen soll, wurde ein repräsentativer Landschaftsausschnitt der Niederen Geest Schleswig-Holsteins von 16o ha in einem Rasterverfahren mit Zufallsbeginn und 6o m Abstand kartiert. Gleichzeitig wurden an den 429 Profilen bis zu einer durchschnittlichen Tiefe von 1,2o m jeweils 6 Proben entnommen und Feld- und Labormerkmale erhoben. Die bei der Feldansprache aufgrund des Gesamteindrucks vorgenommene Horizontierung erfolgt in 3o Horizontklassen. Entsprechend dem vorliegenden theoretischen Konzept müssen die erhobenen Merkmale in der richtigen isomorphen Anordnung morphogenetische Einheiten repräsentieren. Insgesamt wurden 25 Variable bzw. Merkmale erfaßt; dazu gehören als F e l d daten Hue, Value und Chroma der Feucht- und Trockenfarben, Flecken, Gefüge, Festigkeit, Bodenart, besondere Kennzeichen wie helle Quarzkörner, Konkretionen, Durchwurzelung, Kalkgehalt u.a., außerdem zusätzlich als L a b o r - daten Hue, Value und Chroma der Glühfarbe sowie Gehalt an organischer Substanz, pH-Wert und Körnung.

Da die Überprüfung, inwieweit die empirische Zuweisung von Horizontbezeichnungen tatsächlich durch die Merkmale gerechtfertigt ist, bei 3o Gruppen, 25 Variablen und 2542 Proben nicht von Hand erfolgen kann, wurde ein statistisches Verfahren ausgewählt, das dieser Aufgabe gerecht wird. Für ein solches Problem bietet sich die Diskriminanzanalyse an. Sie wurde in der Bodenkunde bereits von WEBSTER und BURROUGH (1974) eingesetzt und liegt in der BRD als fertiges Rechenprogramm innerhalb des SPSS-Programmpaketes an fast allen Rechenzentren vor. Das Verfahren kann somit bei entsprechender Datenaufbereitung auch ohne Programmierkenntnisse benutzt werden. Die Diskriminanzanalyse erlaubt die Überprüfung einer Gruppierung von n Fällen zu k Gruppen auf der Grundlage von m Variablen unter verschiedenen Kriterien (z.B. dem größten

multivariaten F-Wert, den wir benutzten). Außerdem ist es möglich, bisher ungruppierte Fälle oder Proben den bestehenden Gruppen zuzuordnen. Die Analyse ermöglicht ein schrittweises Vorgehen, bei dem nacheinander errechnet wird, inwieweit einzelne Merkmale die Gruppendiskriminanz verbessern oder verschlechtern. In unserem Beispiel geht aus den Einzeldaten hervor, daß alle einbezogenen Merkmale die Gruppenzugehörigkeit verbessern. Das weist darauf hin, daß die Auswahl der Merkmale für die gewählte Gruppierung richtig ist.

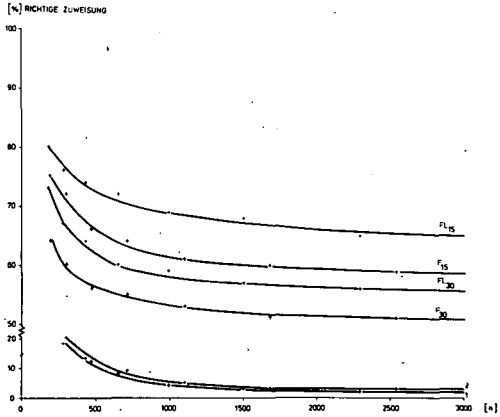


Abb.1: Diskriminanzanalytische Überprüfung von Horizontansprachen

Senkrecht aufgetragen sind die "richtigen Zuweisungen" in %, waagerecht die Zahl der in die Analysen einbezogenen Proben bzw. Horizonte. Die Kurven entstehen zum einen dadurch, daß die Probenzahl durch Zufallsstichproben aus der Grundgesamtheit verändert, zum anderen die Zahl der Merkmale und die der Horizontklassen variiert wurden. Bei den unteren Kurven 1 und 2 wurden statt der Horizontbezeichnungen zufällig normalverteilte Zahlen zwischen 0 und 48 (1) und 0 und 26 (2) zugeordnet. Die Einbeziehung der Felddaten in die Analyse führt zu den Kurven F, Feld- und Labordaten ergeben die Kurven FL, der Index kennzeichnet die jeweilige Zahl der Horizontklassen.

Das Einsetzen beliebiger Zahlen anstatt der Horizontbezeichnungen in die Diskriminanzanalyse (Kurve 1 und 2) entspricht einer völlig falschen Zuweisung. Erwartungsgemäß gehen diese Kurven mit zunehmendem n gegen Null. Der Anstieg der richtig gruppierten Proben bei Verringerung der Stichproben liegt im Prinzip der Diskriminanzanalyse begründet und zeigt, daß dieses Verfahren erst bei

einer ausreichenden Grundgesamtheit angewendet werden kann. Erst bei einer Probenzahl von größer als 1000 sind somit auch Absolutwerte zu interpretieren. Die Kurvenverläufe bestätigen die theoretische Annahme, daß eine Gruppierung mit zunehmender Anzahl der Merkmale und abnehmender Gruppenzahl verbessert werden kann. Die FL-Kurven liegen bei einer besseren Zuweisungsquote als die F-Kurven, die Analyse mit nur 15 Horizontklassen liegt deutlich höher als diejenige mit 30 Horizonten.
Zur Interpretation der Absolutwerte der Kurven, die sich offensichtlich asymptotisch einem Grenzwert nähern, bedarf es der Berücksichtigung von drei möglichen Hypothesen:
1. Die empirische Zuweisung der Horizontbezeichnung war falsch,
2. die Zuweisung war richtig,
3. die Zuweisung war teilweise richtig (oder falsch).
Die erste Annahme können wir ausschließen, da sonst alle Kurven sich dem Verlauf von (1) und (2) annähern müssten. Wenn die zweite Annahme stimmt, dann bedeutet das, daß mit den gewählten Feldmerkmalen keine Gruppierung in 30 Horizonte vorgenommen werden kann, es sei denn, man nimmt in Kauf, daß 5o % falsch eingestuft werden. Bei nur 15 Horizonten verbleibt ein Verhältnis von 4 zu 10 zwischen falsch und richtig gruppierter Gruppe, das 6o % richtiger Zuweisung entspricht. Selbst unter Einbeziehung von Labormerkmalen verbleiben etwa 30 % falsch eingeschätzter Horizonte und damit eine hohe Zahl unrichtig klassifizierter Bodentypen. Wenn man schließlich die dritte Hypothese berücksichtigt, dann könnten von vornherein höchsten ca. 30 % falsch eingeordnet sein. Auch bei dieser Annahme sind jedoch fast 20 % bei der Gruppierung nach Felddaten falsch klassifiziert. Darüber hinaus bleibt die Problematik, warum ein so hoher Anteil falsch eingeschätzt wurde, wozu zahlreiche Vermutungen möglich sind, die Beweisführung jedoch erheblich eingeschränkt ist.
Es könnte der Einwand erhoben werden, ein erfahrener Kartierer dürfte eine sehr viel bessere Zuordnungsquote erreichen; dann stellt sich jedoch die Frage, wie ist diese individuelle Erfahrung zu reproduzieren und die These damit überhaupt zu beweisen? Auch hier könnte nur eine fallweise statistische Überprüfung Klarheit schaffen.
Selbst wenn mit der vorliegenden Untersuchung keine der letzten beiden Hypothesen im statistischen Sinne eindeutig bestätigt oder

verworfen werden kann, wird eine offensichtliche Diskrepanz zwischen Empirie und Theorie deutlich. Sie führt zu erheblichen Erschwernissen bei der Profilansprache. Zweifelsfreie und reproduzierbare Profilaufnahmen sind jedoch eine wesentliche Voraussetzung für gute Karten.

Wenn man unter diesem Ansatz die Grundlagen unserer Klassifikation überprüft, dann ist festzustellen, daß der Übergang von den isomorphen zu den morphogenetischen Einheiten auf Horizontniveau erfolgt, und daß sowohl in der Kartieranleitung (1971) wie bei SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1976) als auch bei MÜCKENHAUSEN (1975, 1977) keine eindeutig merkmalsgebundene Definition der Horizonte vorherrscht, sondern bereits interpretierte Merkmale für die Definition herangezogen werden. Die weitere Typisierung erfolgt dann ausschließlich auf der Basis der so ermittelten Horizontbezeichnungen und ihrer vertikalen Abfolge. Daher scheint es unbedingt notwendig, aus der Summe der bisherigen empirischen Untersuchungen zusätzlich merkmalsgebundene Horizontbeschreibungen zu erarbeiten, die bei der Feldarbeit intersubjektiv nachvollziehbar angewendet und deren Ähnlichkeit und Beziehungen zur Pedogenese statistisch gesichert werden können.

Literatur

AG Bodenkunde: Kartieranleitung. Hannover, 1971

MIEHLICH,G.: Homogenität, Inhomogenität und Gleichheit von Bodenkörpern.Z.Pflanzenern.Bodenkd.139, 597-609,1976

MÜCKENHAUSEN,E.: Die Bodenkunde. Frankfurt, 1975

MÜCKENHAUSEN,E.: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der BRD. Frankfurt,1977

NIE,N.H.u.a.: SPSS: Statistical package for the social sciences.Mc Graw-Hill Book Company, 1975

SCHEFFER,F. und SCHACHTSCHABEL,P.: Lehrbuch der Bodenkunde.Stuttgart,1976

SCHLICHTING,E.: Genetische und effektive Klassifikation von Böden.Z.Pflanzenern.Bodenkd.123, 220-231,1969

SCHROEDER,D.und LAMP,J.: Prinzipien der Aufstellung von Bodenklassifikationssystemen.Z.Pflanzenern.Bodenkd.139, 617-630,1976

WEBSTER,R.and BURROUGH,P.A.:Multiple discriminant analysis in soil survey.J.Soil Sci.25, 120-134,1974

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 489-496 (1977)

Duripans als Ursache der Bodenerosion im Hochbecken von Puebla-Tlaxcala

von

Schönhals, E.+

Lage und Klima des Untersuchungsgebiets

Das Untersuchungsgebiet umfaßt das Becken von Puebla-Tlaxcala und die benachbarten höheren Gebiete. Es liegt ca. 200 km von der Golf- und ca. 350 km von der Pazifikküste entfernt. Die Höhe des zentralen Beckenbereichs und der angrenzenden kuppigen und hängigen Landschaftsteile beträgt 2100 bis etwa 2700 m. Das Klima ist als "Randtropisches Hochlandbinnenklima" zu bezeichnen (GÄB 1976). Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 15 - 17° C. Die jahreszeitlichen Temperaturschwankungen sind gering, während die Tag- und Nachttemperaturen recht beträchtliche Unterschiede aufweisen (bis zu 20° C). Temperaturen unter 0° C treten auf, besonders im Winter und in höheren Gebieten. Starke Unterschiede bestehen zwischen dem Winter- und Sommerhalbjahr: der Winter ist kühl, der Himmel wolkenlos, und Niederschläge fallen nicht oder nur sehr selten; während des Sommerhalbjahres (Mai - Oktober) tritt starke Bewölkung auf, und es fallen ergiebige Niederschläge, meist als Starkregen. Im Untersuchungsgebiet nimmt das Jahresmittel des Niederschlags von N (Block von Tlaxcala) nach S (Valsequillo) zu, und zwar von 700 auf 900 mm (KLAUS 1975).

Geologische Verhältnisse

Das Hochbecken von Puebla-Tlaxcala gehört mit seinen Randgebieten zum größten Teil zur Zona Neovolcánica, die das südliche Mexiko

+ Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr. 23, 6300 Lahn-Gießen 1

zwischen dem 20. und 19. Breitengrad in W-O-Richtung quert. Pliozäne und vor allem quartäre Vulkane und ihre Förderprodukte bestimmen infolgedessen die Landschaft und ihre naturräumliche Ausstattung. Am Westrand des Beckens erheben sich die beiden über 5000 m hohen vergletscherten Vulkane, nämlich der Popocatépetl (5452 m) und der Iztaccíhuatl (5286 m); an der Ostgrenze erreicht die pliozäne Vulkanruine La Malinche eine Höhe von 4461 m.

Diese und zahlreiche kleinere Vulkane förderten große Massen andesitisch-dazitischer Magmen und Pyroklastika. Sie überlagern die nur am Südrand des Arbeitsgebiets vorkommenden gefalteten mesozoischen Gesteine (meist Kreide, in geringem Umfang Jura) sowie pliozäne Becken- und jungpleistozäne Seesedimente (WEYL et al. 1977).

Die Ausgangsgesteine der Böden

Von größter bodenkundlicher Bedeutung sind die quartären Lockergesteine (Tuffe, Aschen, Bimse), weil sie im gesamten Untersuchungsgebiet neben holozänen Umlagerungssubstraten fast ausschließlich das Ausgangsmaterial der Böden bilden. Das Alter der vulkanischen Lockersedimente reicht vom Altquartär bis in die jüngste Vergangenheit (letzter Ausbruch des Popocatépetl vor ca. 400 Jahren). Es besteht daher die Möglichkeit, die Bodenentwicklung auf gleichen oder verwandten Ausgangssubstraten in Abhängigkeit von der Zeit zu untersuchen. Hierfür sind insbesondere die sog. "toba"-Sedimente geeignet. Es handelt sich um äolisch und auch fluvial umgelagerte Pyroklastika, von denen der überwiegende Teil große Ähnlichkeit mit Löß und Sandlöß hat, so z.B. die gelbliche und gelblichbraune Farbe sowie die Körnung (Ton 5 - 15%, Schluff 50 - 60%, Sand 15 - 40%). Auch die an zahlreichen Stellen zu beobachtenden senkrecht abfallenden Aufschlußwände und der mitunter vorhandene geringe Carbonatgehalt erinnern an Löß (HEINE & SCHÖNHALS 1973).
Die verschiedenaltrigen "toba"-Sedimente sind besonders gut in den tiefeingeschnittenen Barrancas am Westhang der Malinche und am unteren Osthang des Popocatépetl sowie in der Vorscholle des Blocks von Tlaxcala aufgeschlossen. An einigen Stellen können bis zu 5 "toba"-Decken mit Mächtigkeiten von 1,5 - 3 m und die daraus hervorgegangenen fossilen Böden beobachtet werden.

Von geringerer Bedeutung sind hellgraue Pyroklastika, die vor allem im Nordteil des Arbeitsgebiets (Block von Tlaxcala) und südlich von Puebla und Cholula verbreitet sind.

Die Böden aus "toba"-Sedimenten und hellgrauen Pyroklastika

Die Untersuchungen haben ergeben, daß die pedogenetischen Prozesse auf diesen Substraten gleich oder ähnlich waren, so daß Böden mit vergleichbarer Horizontfolge, aber mit unterschiedlichem Entwicklungsgrad entstanden sind (AEPPLI 1973, AEPPLI & SCHÖNHALS 1975). Man bezeichnet die Böden aus gelbbraunen "toba"-Sedimenten als Barroböden (span. barro = Lehm). Einige wichtige Eigenschaften sind im folgenden kurz aufgeführt: Die Verbraunung nimmt mit der Profiltiefe ab; der gelb- bis rötlichbraune Oberboden hat den höchsten Tongehalt (30 - 50%); eine begrenzte Tonverlagerung ist erfolgt, wie Tonbeläge in den Grobporen des Unterbodens beweisen; die Texturunterschiede bedingen eine unterschiedlich starke Quellung und Schrumpfung (Hydroturbation); der rötlichbraune, tonreiche Oberboden hat daher ein polyedrisches bis feinpolyedrisches, der untere, tonärmere Profilabschnitt ein prismatisch-grobblockiges Gefüge (Abb. 2).

Die Gefügeunterschiede treten an älteren Aufschlußwänden, in Barrancas und an Hängen, die der Erosion unterliegen, besonders deutlich hervor. An diesen Stellen ist zu beobachten, daß der tonreiche Oberboden mit der meist darüber folgenden holozänen Deckschicht abgetragen wird, während der prismatisch-grobblockige Unterboden weitgehend erhalten bleibt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß nach der Abspülung der Deckschicht und des oberen Barrobodens der Unterboden verhärtet, was zu einer sehr hohen Verfestigung führen kann. Nach MIEHLICH (1977) beträgt der Eindringwiderstand solcher Unterbodenhorizonte meist über 100 kg/cm^2 und er kann - wie bei Festgesteinen - bis zu 800 kg/cm^2 erreichen.

Die nur nach Freilegung und Austrocknung auftretende Verfestigung (Verhärtung) des Unterbodens ist auf die Verlagerung von Kieselsäure zurückzuführen, die bei der Verwitterung der vulkanischen Gläser freigesetzt wird und mit dem Perkolationswasser in den Unterboden gelangt (AEPPLI 1973). Nur in Gebieten mit großer Humidität, deren Maximum in etwa 3200 - 3400 m Höhe auftritt (LAUER & STIEHL 1973), erfolgt ein Transport der Kieselsäure über den pedogenen Bereich hinaus (MIEHLICH 1977). Die kiesel-

säurereichen Unterbodenhorizonte der Barroböden stellen daher Duripans dar (SOIL CONSERVATION SERVICE 1975:41-42); sie werden in Mexiko als "Tepetate" bezeichnet (aus dem Aztekischen: tetl = Stein und petlatl = Matte).
Die Böden der hellgrauen Pyroklastika unterscheiden sich vor allem durch den höheren Tongehalt (bis 60%) und die dunkle Farbe ihres mächtigen A_h-Horizonts von den Barroböden (Abb. 1). Sie haben deutliche Merkmale einer Hydroturbation (sliken sides); sie werden daher als Vertisolähnliche Böden und Vertisole bezeichnet. Auch hier sind die gleichen pedogenetischen Prozesse abgelaufen, so daß in Erosionsgebieten ebenfalls Duripans auftreten, die meist einen noch größeren Verfestigungsgrad haben als die Duripans der braunen Barroböden.

Duripans und Bodenerosion

Die Duripans bilden nach Freilegung eine Abtragungsfläche, die je nach dem Verfestigungsgrad und der Größe und Form der Gefügekörper (Gefügeverbund) mehr oder weniger lange Zeit existiert (Abb. 1 u. 3). Da Duripans i.a. nur eine geringe Wasserdurchlässigkeit haben, kommt es während der Regenzeit zu einer starken Zunahme des Wassergehalts und oft auch zur Wassersättigung des Oberbodens (WEGENER 1977). Infolgedessen tritt leicht Oberflächenabfluß ein, so daß die Deckschicht und der tonreiche Oberboden abgetragen werden. Dadurch entsteht über dem Duripan eine Randstufe von unterschiedlicher Höhe (meist 4-10 dm), die von Jahr zu Jahr hangaufwärts wandert (Abb. 4). Man kann also diesen morphodynamischen Prozeß als "rückschreitende Randstufenerosion" bezeichnen; der Vorgang beginnt oft gleichzeitig an mehreren Stellen eines Hanges oder einer Kuppe (Abb. 3 u. 4). Infolgedessen sind die Barroböden und Vertisolähnlichen Böden (Vertisole) bereits auf großen Flächen vollständig abgetragen worden; eine landwirtschaftliche Nutzung ist dann nicht mehr möglich, und eine Aufforstung hat eine mit hohen Kosten verbundene Lockerung und Zerkleinerung der Duripans zur Voraussetzung.

Wird im Laufe der Zeit der oberste Duripan durch Grabenerosion zerschnitten, so schreitet seine Zerstörung rasch fort, weil die großen Gefügekörper durch Spülvorgänge aus ihrem Verbund gelöst werden und sie schließlich in die Rinnen gelangen (Abb. 2). Hier unterliegen sie als Folge der großen und häufigen Abflüsse einer

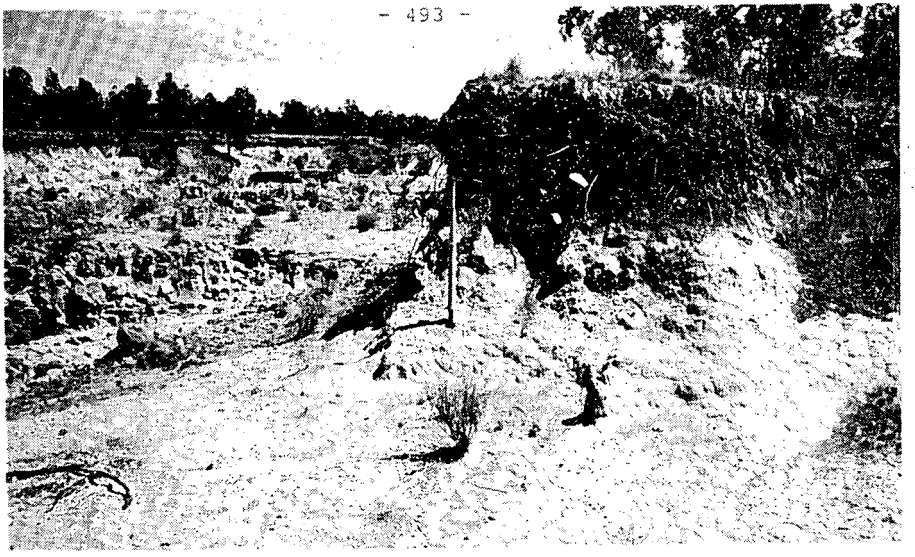


Abb. 1: Erosionsrest eines Vertisols aus hellgrauen Pyroklastika. Der Abtrag des humosen, tonreichen Bodens erfolgt bis auf den in etwa 1,2 m Tiefe beginnenden Duripan(Abb. 2).Er bildet eine Abtragungsfläche,die auch in der linken Bildmitte zu sehen ist.

Abb.2: Duripan aus hellgrauen Pyroklastika. Die prismatisch-grobblockigen Gefügekörper werden durch Spülvorgänge aus ihrem Verbund gelöst und sie gelangen auf dem darunter folgenden älteren Barroboden in die Erosionsrinne.

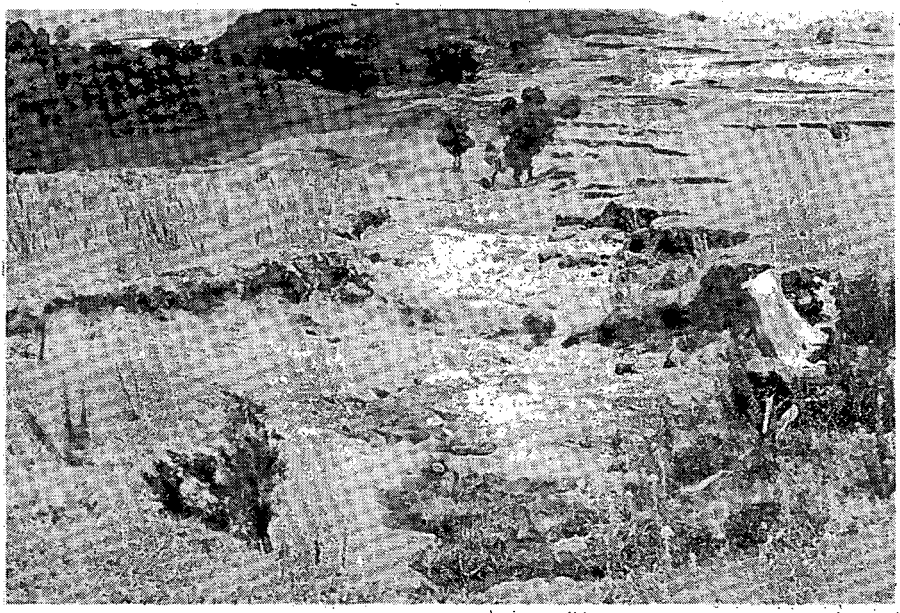


Abb. 3: Trotz geschlossener Vegetationsdecke (Weide) ist bereits auf größeren Flächen der Boden durch rückschreitende Randstufenerosion abgetragen und der Duripan freigelegt worden. Auf ihm fließt das Niederschlags- und Sickerwasser ab.

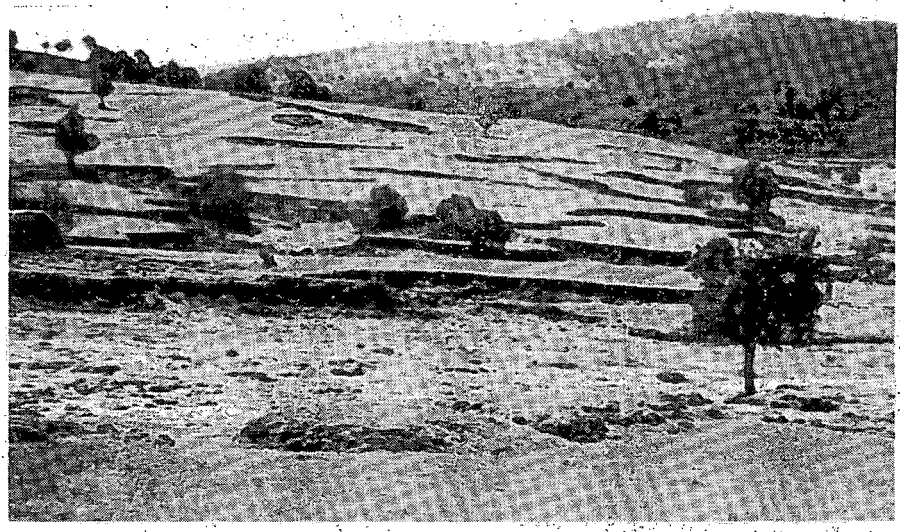


Abb. 4: An zahlreichen Stellen des beweideten Hanges hat die rückschreitende Randstufenerosion begonnen. Infolge häufiger Abflüsse ist der Duripan in der Hangdelle freigelegt worden.

schnellen Zerstörung. Mit dem Abtrag des Duripans geht auch der Abtrag des darunter folgenden Barrobodens bzw. Vertisols und damit die Freilegung des dazugehörigen Duripans einher; er bildet dann für eine gewisse Zeit eine zweite, tiefergelegene Abtragungsfläche. Diese Vorgänge führen schließlich zum restlosen Abtrag der verschiedenaltrigen Pyroklastikaschichten und ihrer fossilen Böden, so daß meist Vulkanite sowie Becken- und Seesedimente an die Oberfläche gelangen (WERNER & SCHÖNHALS 1977).

Die Ursache der Bodenerosion ist wie in vielen anderen Ländern der Mensch, der vor allem durch die Änderung der Bodennutzung (z.B. Umwandlung von Wald in Ackerland) jeglichen Erosionsschutz beseitigt und den Wasserhaushalt der Böden nachteilig beeinflußt (WERNER 1976).

Angesichts der bereits auf großen Flächen erodierten wertvollen Böden ist es an der Zeit, wirksamere Bodenschutzmaßnahmen als bisher zu ergreifen.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat seit 1970 die bodenkundlichen Untersuchungen durch die Gewährung von Personal- und Sachmitteln ermöglicht. Dafür sei der DFG auch an dieser Stelle aufrichtig gedankt.

Schriftenverzeichnis

AEPPLI, H.: Barroböden und Tepetate. Untersuchungen zur Bodenbildung in vulkanischen Aschen unter wechselfeuchtem gemäßigtem Klima im zentralen Hochland von Mexiko.- Diss. d. Justus-Liebig-Univ. Gießen, 173 S.; Gießen 1973.

- & SCHÖNHALS, E.: Die Böden des Beckens von Puebla-Tlaxcala. Untersuchungen zu ihrer Genese und Klassifikation.- Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bd. VIII: 153 S., 27 Abb., 8 Taf., 57 Tab. m. einer Bodenkarte 1:100 000. Franz Steiner Verlag GmbH; Wiesbaden 1975.

GÄB, G. M.: Untersuchungen zum Stadtklima von Puebla (Mexiko).- Diss. d. Rhein. Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, 158 S.; Bonn 1976.

HEINE, K. & SCHÖNHALS, E.: Entstehung und Alter der "toba"-Sedimente in Mexiko.- Eiszeitalter u. Gegenwart, 23/24: 201 - 215; Öhringen 1973.

KLAUS, D.: Niederschlagsgenese und Niederschlagsverteilung im Hochbecken von Puebla-Tlaxcala.- Bonner Geogr. Abh., H. 53: 172 S. u. 34 Abb.; Bonn 1975.

LAUER, W. & STIEHL, E.: Hydrothermische Klimatypen im Raum Puebla-Tlaxcala (Mexiko). - Erdkunde, 27: 230-234; Bonn 1973.

MIEHLICH, G.: Eigenschaften und Genese von Verhärtungslagen in Zentralmexiko ("Tepetate"). Münsteraner Forsch. zur Geologie u. Paläontologie 1977 (im Druck).

WEGENER, H.R.: Quantitative Untersuchungen zur Bodenerosion durch Wasser im zentralen Hochland von Mexiko. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., Bd. 25; Göttingen 1977.

WERNER, G.: La Desforestation en el Volcan "La Malinche".- Comunicaciones, 13: 19-24; Puebla/Mexico 1976.

- & SCHÖNHALS, E.: Ejemplos de la destrucción de los suelos en la region de Puebla-Tlaxcala. - Comunicaciones, 14; Puebla, Mexiko 1977 (im Druck).

U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE: Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making an Interpreting Soil Surveys. - U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 436; Washington 1975.

WEYL, R. (Hrsg.), ERFFA, A. von, HILGER, W., KNOBLICH, K.: Geologie des Hochbeckens von Puebla-Tlaxcala und seiner Umgebung (Erläuterung zu einer geologischen Karte). - Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bd. XI: 130 S., 24 Abb., 27 Bilder, 9 Tab. u. 17 Kartenbeilagen. Franz Steiner Verlag GmbH Wiesbaden; Wiesbaden 1977.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 497-504 (1977)

Quantitative Untersuchungen zur Bodenerosion durch Wasser im zentralen Hochland von Mexiko +

von

Wegener, H.-R. ++

Die Bodenerosion durch Wasser ist eine der augenscheinlichsten Folgen der Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt im zentralmexikanischen Hochland. Ziel dieses Referates ist, einen Eindruck zu vermitteln von der erosiven Wirksamkeit der im Hochland während der Regenzeit fallenden Niederschläge und dem damit verbundenen Erosionsgeschehen.

Material und Methoden

Die im folgenden dargestellte Meßmethode wurde bisher im Untersuchungsgebiet nicht angewendet. Auf unterschiedlichen landwirtschaftlich genutzten Böden wurden Abfluß- und Abtragsmeßparzellen mit einheitlichem Gefälle von 11%, bei einer Vergleichsstation 4%, und gleicher Hanglänge von 6 m eingerichtet. Die Breite betrug bei allen Parzellen 1 m (Abb.1). In der Regenzeit 1975 war jede Meßstation in zwei Parzellen unterteilt. Eine Parzelle war mit Mais bewachsen, die zweite wurde von jeglichem Pflanzenwuchs freigehalten. In der Regenzeit 1976 wurde als weitere Versuchspflanze die Phaseolus-Bohne auf einer dritten Parzelle mit in die Untersuchungen einbezogen. Mais und Bohnen werden im Hochland auf etwa 55 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche angebaut. Zusätzlich wurden Abfluß und Bodenabtrag auf zwei verschiedenartigen "Tepetate"-Parzellen untersucht, weil gerade diese Duripans unterschiedlicher Ausprägung große Flächen im Untersuchungsgebiet einnehmen (AEPPLI & SCHÖNHALS 1975, SCHÖNHALS 1977). Zu erwähnen ist noch, daß jede Meßanlage mit einem Regenschreiber ausgestattet war. Um die Zusammenhänge zwischen der Bodenerosion durch

+ Die Untersuchungen wurden mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Mexiko-Projektes durchgeführt.

++ Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr.23, 6300 Lahn-Gießen 1

Wasser einerseits und Niederschlagsstruktur, Vegetation sowie weiteren Boden- und Standorteigenschaften andererseits zu klären, wurden außerdem entsprechende physikalische und chemische Daten der Bodenprofile und des abgetragenen Bodenmaterials ermittelt.

Auswertung der Meßdaten

Bodenerosion kann mathematisch definiert werden als eine Funktion von Erosivität und Erodierbarkeit:

$$E = f\ (\text{Erosivität}) \cdot (\text{Erodierbarkeit})$$

Im Zusammenhang mit der Bodenerosion durch Wasser ist die E r o s i v i t ä t ein Maß für die potentielle Fähigkeit des Niederschlags, Boden zu erodieren. Sie ist abhängig von physikalischen Charakteristica des Regens und wird in EI_{30}-Einheiten angegeben (WISCHMEIER 1959). Im Gegensatz zu WISCHMEIER, der zur Berechnung des Niederschlags-Erosions-Indexes EI_{30} nur Niederschläge mit 0,5 inch und mehr Regen heranzieht, wurden hier alle Niederschlagsereignisse mit einem EI_{30}-Wert größer als 0,1 (foot-tons$\cdot$ acre$^{-1}\cdot$inch$\cdot$h$^{-1}\cdot$100^{-1}) verwendet. Diese Grenze entspricht dem Erosionsgeschehen auf den Meßparzellen.

E r o d i e r b a r k e i t umfaßt alle Eigenschaften und Kenngrößen eines Standorts, die dessen Erosionsanfälligkeit beeinflussen. Hierzu gehören neben entsprechenden physikalischen Daten des betreffenden Bodens vor allem Hanglänge und -neigung, Vegetation und Kulturmaßnahmen.

Ergebnisse und Diskussion

In Abb. 2a sind einige Niederschlagscharakteristica der Regenzeit 1975 für die Erosionsmeßstation "Amalucan" dargestellt. Für die Monate Mai und Juni konnten die Erosivitäten nicht ermittelt werden, weil nur Summenwerte des Niederschlags vorlagen. Die Gesamtauswertung der Daten zeigt, daß etwa 80 bis 85% aller im Hochbecken von Puebla-Tlaxcala während der Regenzeit von Mai bis Oktober fallenden Niederschläge erosiv sind. Die EI_{30}-Werte für einzelne Niederschlagsereignisse liegen zwischen 0,2 und 16,4, wobei Werte über 10,0 keine Seltenheit sind. Die Abbildung verdeutlicht, daß hohe Dekadensummen der Erosivität gerade am Anfang und in der zweiten Hälfte der Regenzeit auftreten. Zu Beginn der Regenzeit treffen die hocherosiven Niederschläge auf einen durch die Vegetation nur gering bedeckten Boden. Da der Boden zu dieser

Zeit gerade bearbeitet worden ist, ist das Gefüge noch nicht genügend stabilisiert und trotz zunächst günstiger Infiltrationsraten wird sehr viel Boden abgetragen. Die zweite Phase hocherosiver Niederschläge fällt mit dem Wachstumsende des Maises zusammen. Zu diesem Zeitpunkt weist der Bestand seine maximale Biomasse auf, der größte Teil der Blätter ist aber bereits wieder abgestorben. Infolgedessen fallen die Regentropfen zum grossen Teil unmittelbar auf den Boden.

Diese ungünstige Konstellation erosionsfördernder Faktoren bewirkt hohe Abfluß- und Abtragsmengen, die verständlicherweise in Abhängigkeit von der jeweiligen Versuchsparzelle variieren (Abb.3).

Auf den Tepetateflächen fließen ca. 70 - 80% der insgesamt fallenden Niederschlagsmengen oberirdisch ab und gefährden die weiter hangabwärts gelegenen intakten landwirtschaftlichen Nutzflächen. Die dabei transportierten Bodenmengen sind trotz hoher Erosivitäten vergleichsweise gering: In der Regenzeit 1975 wurden auf der Tepetate-Parzelle in Amalucan 18 t Boden pro ha erodiert. Die verkittende Wirkung der Kieselsäure erhöht die Aggregatstabilität und verhindert damit die Aufbereitung und den Transport des Bodenmaterials. Andererseits reduziert diese Verkittung aber auch eine Infiltration des Niederschlagswassers, so daß es zu den bereits beschriebenen hohen Abflüssen kommt.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Maisparzelle auf einem Typischen Barroboden (Abb.4). Diese Parzelle gehört ebenfalls zu der Meßstation Amalucan und war denselben Niederschlägen ausgesetzt wie die beschriebene Tepetatefläche. Die Gesamtsumme des Bodenabtrags belief sich hier in der Regenzeit 1975 auf rund 71 t/ha. Der Abfluß betrug allerdings nur knapp 40 % des Gesamtniederschlags.

Aus Abb. 4 wird der Einfluß der Vegetation (Mais) deutlich; Abfluß und Abtrag sind in der dritten Augustdekade trotz beträchtlicher Erosivität der Niederschläge relativ gering, weil die schützende Wirkung der weit entwickelten Maispflanzen größere Erosionsschäden verhindert. In der ersten Septemberdekade sind dagegen die Abfluß- und Abtragsmengen bei geringerer Erosivität aufgrund des schwächeren Schutzes durch den Bestand höher.

Die Unterschiede zwischen den in Zentralmexiko einerseits und in Mitteleuropa andererseits auftretenden Erosivitäten zeigt ein Vergleich der Abb. 2a mit Abb. 2b. Zwar können auch unter mitteleuropäischen Klimabedingungen hohe Erosivitäten auftreten (2. Juni-Dekade in Abb. 2b), das geschieht jedoch sehr selten; denn mit Ausnahme dieses Wertes und zweier weiterer Dekadensummen im Juli liegen alle EI_{30}-Werte unter 5,0. Die Dekadensummen der Erosivitäten für die Meßstation Amalucan (Abb. 2a) sind mit Ausnahme von zwei Werten immer größer als 10,0. Wir können davon ausgehen, daß auch die Niederschläge in den Monaten Mai und Juni, von denen für die Regenzeit 1975 keine Regenschreiberdaten vorliegen, hocherosiv sind. Diese Annahme wird durch die Niederschlags- und Erosionsereignisse der Regenzeit 1976 bestätigt.

Zusammenfassung

Dieser Beitrag versucht, zwei Besonderheiten des Erosionsgeschehens im zentralmexikanischen Hochland darzustellen: einmal den erosionsfördernden Einfluß bereits erodierter Flächen (Tepetate, Duripans) und zum anderen die hohe Erosivität der Niederschläge und deren ungünstige Verteilung während der Regenzeit.

Die in Kürze vorliegenden Untersuchungsergebnisse zur Bodenerosion durch Wasser und zu weiteren standortökologischen Problemen sollen einen Beitrag zur Kenntnis der Vulkanascheböden leisten und zusätzlich Hinweise zu einer "bodenerhaltenden Nutzung" geben.

Literaturverzeichnis

AEPPLI,H. und SCHÖNHALS, E. 1975. Los suelos de la Cuenca Puebla-Tlaxcala. Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bd. VIII, Wiesbaden

SCHÖNHALS, E. 1977. Duripans als Ursache der Bodenerosion (im vorliegenden Band)

WISCHMEIER, E. 1959. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil-Loss Equation. Proc. Soil Sci. Soc. America 23, 246-249

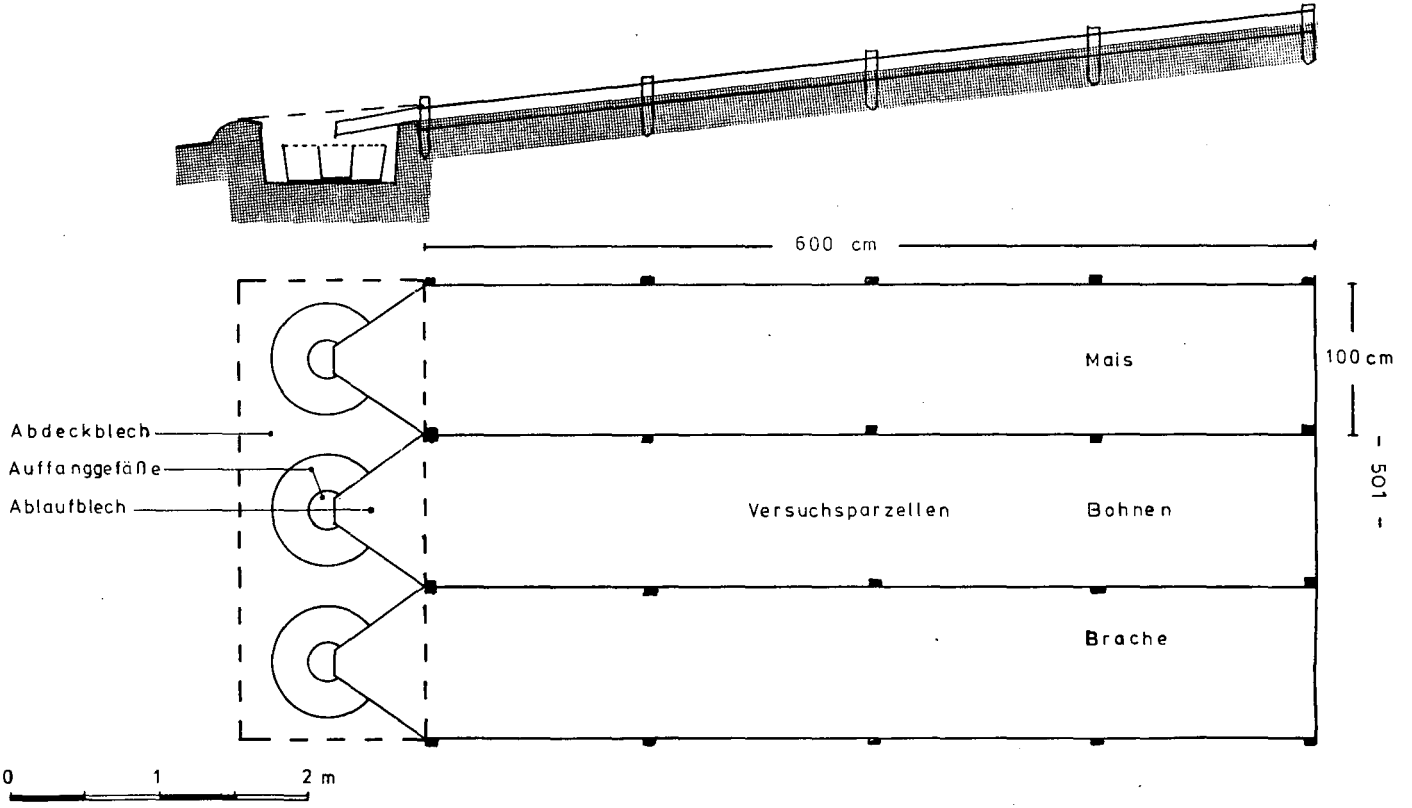


Abb.1: Erosionsmeßanlage

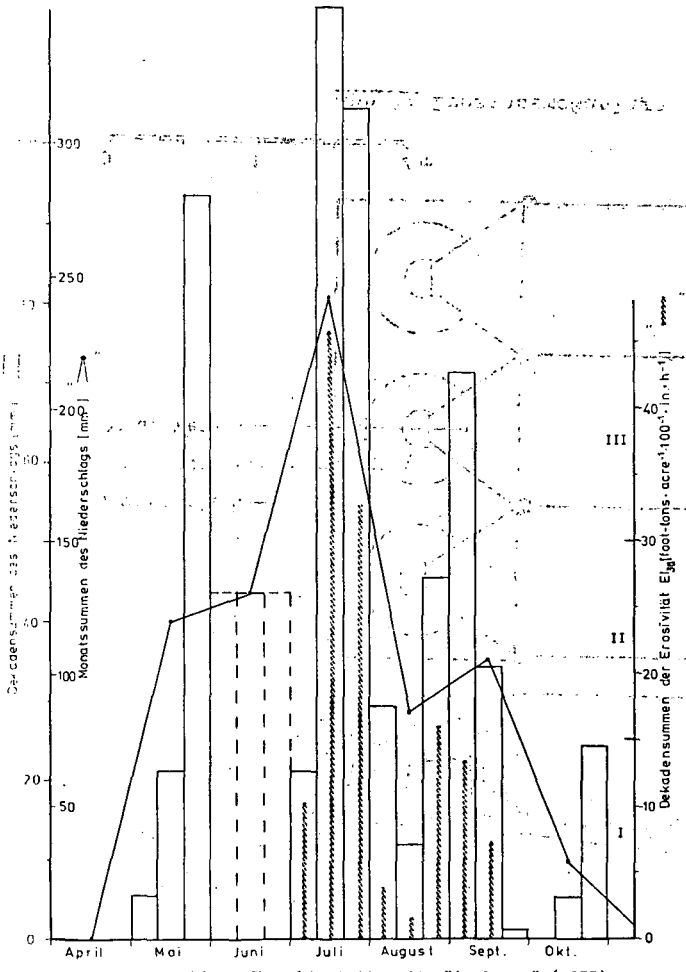


Abb.2a: Niederschlags-Charakteristica für "Amalucan" (1975)

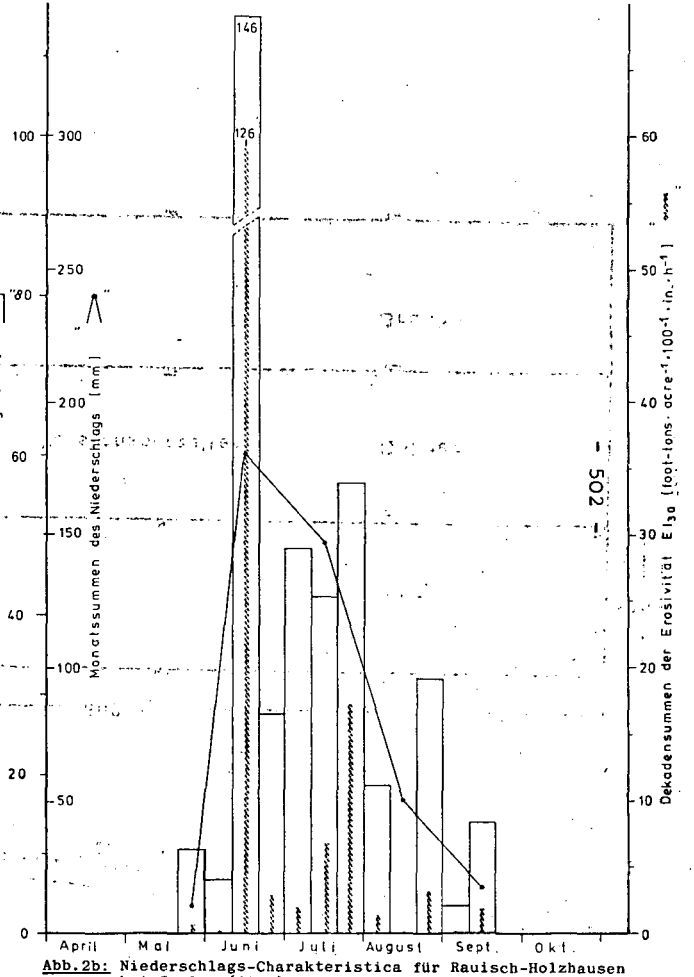


Abb.2b: Niederschlags-Charakteristica für Rauisch-Holzhausen bei Gießen (1966)

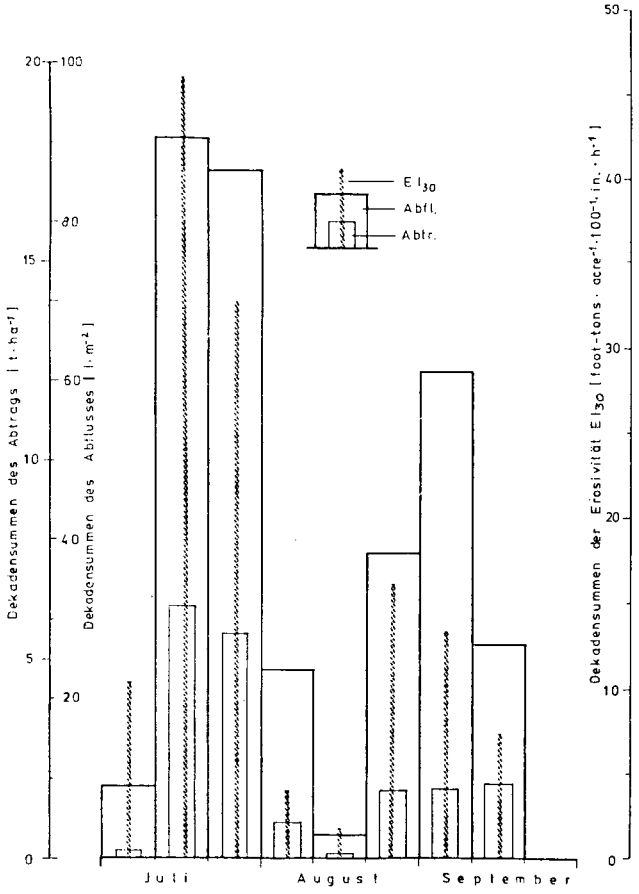


Abb. 3: Erosionsdaten für "Amalucan-Tepetate" (1975)

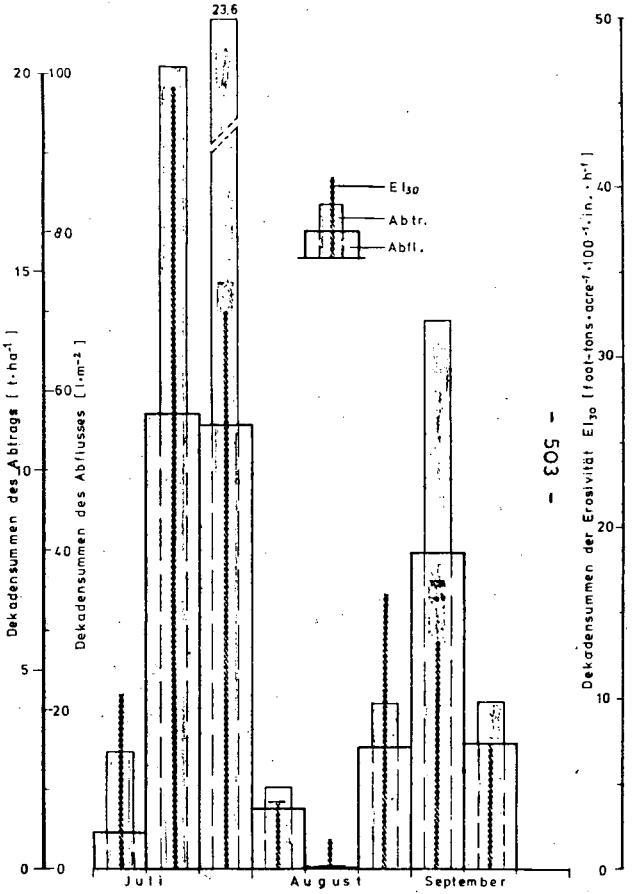


Abb. 4: Erosionsdaten für "Amalucan-Mais" (1975)

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 505-512 (1977)

Der Wert des Luftbildes bei der Bodenkartierung im zentralen Hochland von Mexiko +

von

Werner, G.++

In 2 Jahren kann eine Fläche von annähernd 10.000 km^2 im Maßstab 1:50 000 für eine Bodenkarte 1:100 000 nicht aufgenommen werden, ohne den konventionellen Weg der Kartierung zu verlassen. Da als Kartierungsunterlage aber ohnehin das Luftbild benutzt werden mußte, weil Kartenunterlagen nicht bzw. nicht ausreichend zur Verfügung standen, bot sich eine Kartierung mit Hilfe der Luftbildinterpretation geradezu an.

In Anlehnung an die im INTERNATIONAL INSTITUTE FOR AERIAL SURVEY AND EARTH SCIENCE (Delft-Enschede) entwickelten Kartierungsmethoden (BURINGH 1969, GOOSEN 1967, VINK 1960, 1963, VERSTAPPEN 1970, ZONNEVELD 1972) wurde das Gebiet von Puebla-Tlaxcala bodenkundlich kartiert.

Der oberste Leitgedanke der Kartierungsarbeiten war der, daß alle auf dem Luftbild identifizierbaren Merkmale, die Schlüsse auf die Bodenverhältnisse zulassen, im Gelände zu überprüfen sind, weil man Böden auf dem Luftbild i.d.R. nicht identifizieren kann. So gesehen gibt es für den kartierenden Bodenkundler in der Interpretationsweise beträchtliche Unterschiede zu anderen Disziplinen, die sich mit Luftbildinterpretation befassen. Nach BURINGH ist es dem Bodenkundler beispielsweise unmöglich, nur mittels Luftbildinterpretation Aussagen über die Bodengenese zu machen, es ist für ihn auch äußerst schwierig, beispielsweise an Hand von Farb-(Grau-)tönungen Aussagen über die Textur zu machen. Farben und Farbtönungen sind variable Erscheinungen, abhängig u.a. von Feuchtigkeit, Lichteinfall, Humusgehalt und Vegetation.

+ Die Untersuchungen wurden mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Mexiko-Projekts durchgeführt.

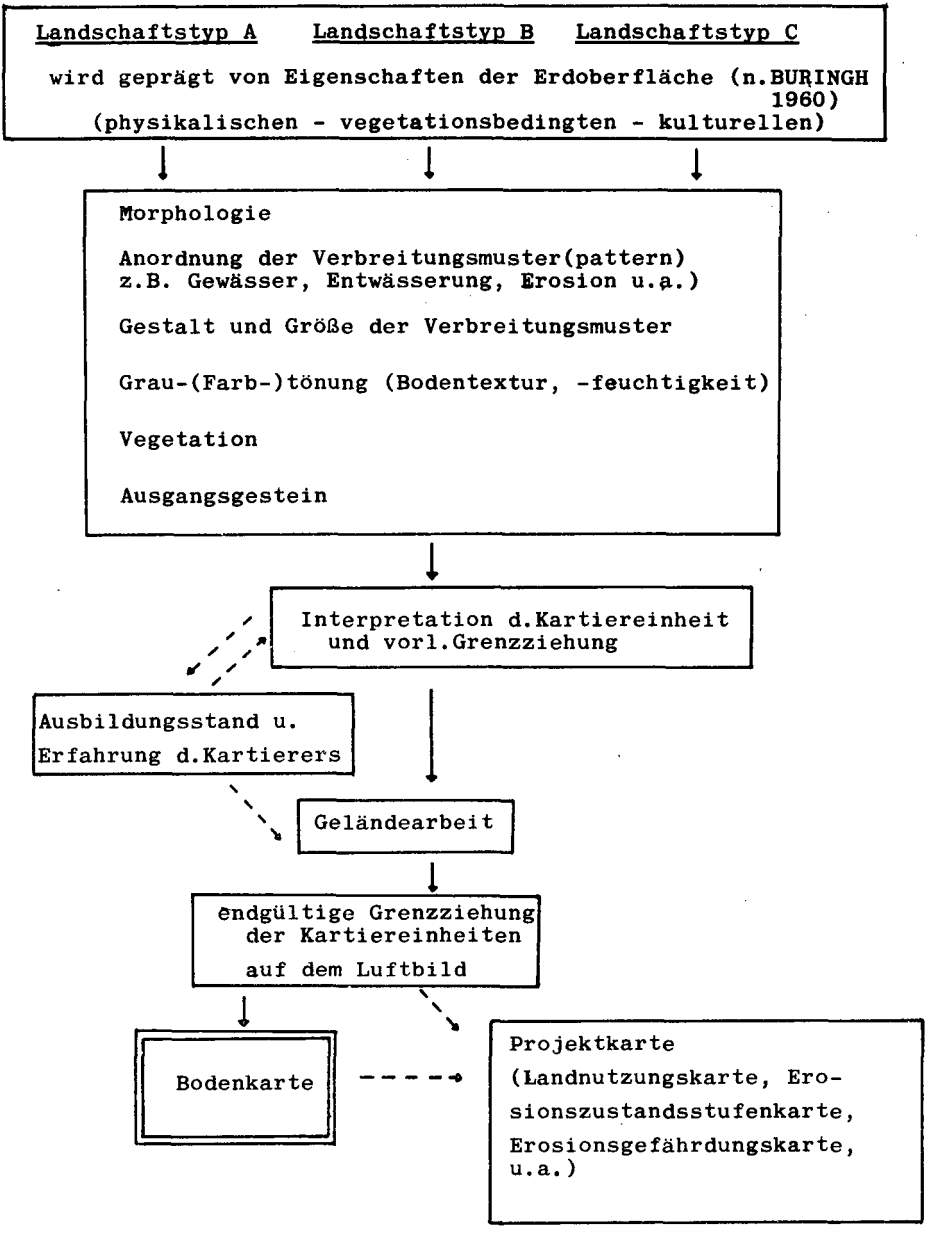
++ Institut für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstr.23, 6300 Lahn-Gießen 1

In der Kartiermethodik lehnte ich mich bei der bodenkundlichen Aufnahme des Projektgebietes an einen Vorschlag von BURINGH an, den er als semidetaillierten Survey bezeichnete:
Nach einer Studie des gesamten Gebietes (Luftbildbetrachtung und Übersichtsbegehung und Kartierungen kleinerer spezieller Regionen, sog. "Beispielszonen",die durch die Vorarbeiten von AEPPLI und SCHÖNHALS (1975) einerseits, von KNEIB, MIEHLICH und ZÖTTL (1973) andererseits bereits vorhanden waren), wurde die Fotointerpretation mit der Kartierung zusammen (d.h. das eine unmittelbar auf das andere folgend) durchgeführt. Alle Ergebnisse der Interpretation wurden sofort im Feld überprüft, zusätzliche Informationen auch im Feld gesammelt. Lediglich ca. 30 - 35 km^2 wurden in einem unzugänglichen Gebiet auf deduktivem Wege aufgenommen.

Nach VINK und BURINGH ist der Wert der Ergebnisse einer Fotointerpretation abhängig vom Grad der Korrelation zwischen den physikalischen, den vegetationsbedingten und den kulturellen Charakteristika der Erdoberfläche und den daraus resultierenden Bodenverhältnissen, wobei den physikalischen Eigenschaften der bedeutsamere Wert beigemessen wird, während die vegetationsbedingten und kulturellen Charakteristika nicht immer sicher sind.

Auf das Aufgabengebiet übertragen heißt das: Während der Feldarbeiten mußten die Zusammenhänge gefunden werden zwischen - wie VINK sie nannte - "individuellen Elementen", die mit der Morphologie, den speziellen Gegebenheiten des Geländes,der Vegetationsbedeckung und der menschlichen Tätigkeit verflochten sind. Sie und die physiographischen Elemente wie Terrassen, Talauen, Plateaus, Schwemmfächer, Dünen, Überflutungsebenen sowie das Erkennen kolluvialer, fluviatiler und lacustriner Sedimentationssysteme oder vulkanischer Systeme erleichtern die Grenzziehung außerordentlich.

Kriterien der Grenzziehung der Kartiereinheiten bei der bodenkundlichen Kartierung (schematisch)



Beispiele aus dem Arbeitsgebiet

Beispiel A: Becken von Apizaco

Beckenbereich mit miozänen, meist kalkhaltigen Beckensedimenten, die von pleistozänen und holozänen Aschen überlagert werden; das Gebiet wird von vielen kleinen Vulkanen durchbrochen.
Interpretation: Das Gebiet ist sehr stark von der Erosion geprägt; das Auskartieren der erodierten Flächen wird durch ihr augenfälliges Verbreitungsmuster (gully pattern) auf dem Luftbild im Stereoskop erleichtert; die helle Tönung unterstützt das Ausgrenzen der Duripan(Tepetate-)flächen (SCHÖNHALS 1977) an den Hangschultern. Schwierig dagegen ist die Identifikation der durch Erosion freigelegten Beckensedimente im Vergleich zu den Duripans, da sie auf dem Luftbild in der Graufärbung sowohl diesen, als auch den erodierten, pleistozänen Beckensedimenten entsprechen. Leichter identifizierbar ist das Muster der Vulkanbauten, zumal wenn sie von der Erosion freigelegt wurden (Lithosole). Erhebliche Schwierigkeiten bereitet das Erkennen der Barroböden (Cambisole), die sich aus pleistozänen, vulkanischen Aschen bildeten. Selbst die wichtigsten Varietäten (sandig-lehmig-schluffig und tonreich) lassen sich nicht ohne weiteres durch Deduktion differenzieren. Ein fleckiges Verteilungsmuster auf dem tonreichen (vertisolähnlichen) Barroboden läßt andere Landnutzung erkennen als auf der Einheit des sandigen Barrobodens. Es handelt sich um Luzerneanbau auf dem tonreichen Boden, über kalkhaltigen Beckensedimenten, der hier standortgerecht betrieben wird.

Die Differenzierung der tepetatebildenden Horizonte untereinander bereitet auf panchromatischen Bildern einige, auf Farbbildern keine Schwierigkeiten. Genetisch gehört zwar zu einem vertisolähnlichen Barroboden der helle Tepetate, jedoch sind die Erosionskanten oft so steil, daß nach einigen Metern bereits der hellbraune ältere Tepetate freigelegt ist und so nur dieser auf dem Luftbild erscheint.

Beispiel B: Becken von Atlixco

Das Ausgangsmaterial sind überwiegend junge Sedimente aus und über Schlammströmen (Lahare) des Popocatépetl, die die nach Süden verlaufende Senke vollständig ausgefüllt haben. Nach der Ablagerung erfolgten Phasen starker Erosion und Akkumulation (letztere hält heute noch an), es erscheint ein schwach welliges Hügelland

aus der die abgesenkten Schollen der Kreidekalke und die erodierten Kuppen der Balsaskonglomerate (Tertiär) herausschauen.
Interpretation: Diese lassen sich im Luftbild eindeutig identifizieren und ausgrenzen. Ebenso deutlich durch die Grautönung und die Morphologie läßt sich die Überdeckung fluviatiler Sedimente über den Laharen abgrenzen. Eine Unterteilung der Fluvisole auf dem LB auf Grund ihrer Textur ist in diesem Gebiet schwierig, da Teile der Fluvisole ganzjährig künstlich bewässert werden und die Grautönung die Feuchtigkeitsintensität widerspiegelt. Allerdings liegt im Bereich der intensivsten Bewässerung der tonreiche humose Fluvisol,auf dem Zuckerrohr angebaut wird.

Der Grund: Die Schlammströme des Popocatépetl stießen auf ein Hindernis, das aus den Schollen der Kreidekalke und Balsaskonglomerate besteht. Ihre Strömungsgeschwindigkeit verminderte sich und die groben Bestandteile sedimentierten, während das Feinmaterial überspült wurde und dann zur Ablagerung kam. Der überwiegende Teil der Fluvisole ist aber der schluffig-sandigen Kartiereinheit zuzuordnen; ihre Umlagerungsprozesse dauern noch heute an.

Beispiel C: Becken von Atoyatempan

Im Gebiet der tertiären Beckensedimente und der Kreidekalke ist es ebenfalls die Morphologie, die in erster Linie die Grenzziehung beeinflußt. Die Verebnungsflächen am Fuß der Cordilliera Tentzo sind mit Kalkkrusten (Caliche) überzogen, die entweder geringmächtige Rendzinen tragen oder - wo die toba-Reste erodiert sind - den Kalklithosolen zuzuordnen sind.
Interpretation: Helle Flächen auf LB's zeigen fast ausnahmslos Caliche, dunklere Grautönungen in Flußnähe Kreidekalke. Bewirtschaftete Flächen mit hellen Tönungen sind Rendzinen oder geringmächtige, vertisolähnliche Barroböden über Caliche. Dunkle Grautönungen der Bewirtschaftungsflächen sind bewässerte, intensiv landwirtschaftlich genutzte Barroböden oder Fluvisole (unter sich durch die Morphologie abgrenzbar).

Luftschrägaufnahmen verdeutlichen den Eindruck. Besonders leicht auszugrenzen: weiche,bunte Beckensedimente im nördlichen Zufluß des Rio Atoyac, mit einiger Erfahrung - aber im Luftbild schwer deutbar - ebenfalls ausgrenzbar:liegende Kreideformationen, die noch nicht die typische Vegetation (meist niedrige Palmenart) zeigen.

Beispiel D: Nordhang des Cerrjon de Amozoc/Unterhang der Malinche

Interpretation: Während man im Becken von Atoyatempan die Caliche auf Grund der hellen Tönung abgrenzen kann, bezieht sich der gleiche helle Grauton am Cerrjon de Amozoc auf Tepetateflächen. In gleicher Position wie der Tepetate befinden sich die Barroböden, deren freigelegte Unterbodenhorizonte die Tepetaten sind.

Hellere Grautöne am Unterhang der Malinche deuten auf kiesig-sandiges Material jüngster Sedimentation, das am Ausgang der Malinche-Barrancas jeweils ältere Fluvisole (und Lahare) überlagert. Starke Dunkelgrau- bis Schwarzfärbung am südlichen Malinche-Unterhang, müßte man auf Grund der bisherigen Erfahrungen als vertisolähnlichen Barro interpretieren, zumal Flächen am Unterhang der Cerrjon de Amozoc dazu im Vergleich deutlich helleren Grauton aufweisen. Letzteres ist kolluvial verlagertes Material der Barroböden (lU - uL); dunkle Tönungen am Malinche-Unterhang dagegen zeigen auf Hangwasser hin, das nach Ende der Regenzeit im mächtigen sandigen Fluvisol, der wahrscheinlich einen Lahar überlagert, abgeführt wird.

Zusammenfassung: Da Böden im Luftbild i.d.R. nicht erkennbar sind, wurden die Grenzen der Kartiereinheiten auf Grund der Korrelationen zwischen den sogenannten physiographischen Einheiten gezogen. Es wurde dabei in Kauf genommen, daß die Identität der Böden innerhalb der auskartierten Einheit bei der Interpretation lediglich vermutet, jedoch nicht bestimmt wurde. Deshalb wurde nahezu jede im Stereoskop vorgenommene Grenzziehung im Gelände überprüft.

An Beispielszonen aus verschiedenen Regionen des Projektgebietes wurde gezeigt,daß gleiche optische Eindrücke im Luftbild je nach Region in Abhängigkeit von Klima, Ausgangsgestein, Relief, Vegetation und kulturellen Einflüssen zu völlig unterschiedlichen Interpretationsergebnissen führen können. Es ist Aufgabe des Kartierers, diese Ergebnisse zu koordinieren und entsprechend seinen Erfahrungen in Kartiereinheiten umzusetzen. Wenn man bei der Bodenkartierung die Luftbildinterpretation als ein wichtiges Hilfsmittel ansieht (sie aber nicht zum Selbstzwecke werden läßt), kann das Luftbild von unschätzbarem Wert sein!

AEPPLI,H. u. SCHÖNHALS,E.: Los Suelos en la Cuenca de Puebla-Tlaxcala. Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft, VIII, 1-156, Wiesbaden 1975.

BURINGH,P.: The application of aerial photographs in soil survey. In: Manual of Photographic Interpretation. Washington, D.C. 1960.

FLORES DIAZ,A.: Procedimiento para elaborar mapas estatales de unidades de suelos. Boletín Guanos y Fertilisantes, 72, 1-19 México, D.F. 1976.

GOOSEN,D.: Aerial photointerpretation in soil survey. Soils Bull. FAO, Rom 1967.

KNEIB,W.,MIEHLICH,G. u. ZÖTTL,H.W.: Clasificación regional de los suelos de la sierra Nevada de México. Comunicaciones 7, 11-13, Puebla,Mex. 1973.

SCHNEIDER,S.: Luftbild und Luftbildinterpretation. Lehrbuch d. allg.Geographie, XI, 1-530, Berlin - New York 1974.

SCHÖNHALS,E.: Duripans als Ursache der Bodenerosion im Hochbekken von Puebla-Tlaxcala. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. Göttingen (im Druck).

VERSTAPPEN, H. Th.: Aerial Imagery and Regionalization. Intern. Arch. Photogramm. 18/1, 25-45, Dresden 1970.

VINK,A.P.A.: Neue Erfahrungen der Bodenkartierung mit Hilfe der Luftbildinterpretation. Wasser u. Nahrung, 6, 137 - 140, 1961.

VINK,A.P.A.: Aerial Photographs and the soil sciences. Verf. Manusscript f. UNESCO 1963.

WERNER,G.: Los suelos del volcán "La Malinche". Comunicaciones 13, 3-17, Puebla, Mex. 1976.

WERNER,G.: La desforestación en el volcán "La Malinche". Comunicaciones, 13, 19-24, Puebla, Mex. 1976.

WERNER,G. u. SCHÖNHALS,E.: Ejemplos de la destrucción de los suelos en la region de Puebla-Tlaxcala.- Comunicaciones, 14, Puebla,Mex. 1977 (im Druck).

ZONNEVELD,I.S.: Land eveluation and land(scape) science. ITC-textbook VII. 4, 106 p. Enschede 1972.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 513-524 (1977)

Landklassifikation zur Nutzungseignung von Böden im Nordosten Brasiliens

von

Lenthe, H.-R.+

Einführung

Die Arbeiten dieser im folgenden vorzustellenden Landklassifikation zur Nutzungseignung von Böden wurden in den Jahren 1975 und 76 im Rahmen der interdisziplinären Tätigkeit der Deutschen Hydrogeologischen Mission Recife durchgeführt. Die fachliche Oberleitung der Mission oblag dabei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover.

Der Nordosten Brasiliens, insbesondere der Bundesstaat Piauí, in dem das nähere Projektgebiet der Mission lag, gehört bekanntermaßen zu den ärmsten und unterentwickeltsten Gebiete des Landes. Die Gründe sind sowohl in den nachteiligen ökologischen Bedingungen, vor allem der ungünstigen Verteilung der Niederschläge und den immer wieder hereinbrechenden katastrophalen Dürreperioden (siehe Abb. 1), als auch in den sozialen Verhältnissen zu suchen. Ein Beitrag zur Entwicklung dieses Gebietes ist in einem Teilergebnis der Missionsarbeiten zu sehen, nämlich der Auswahl und Beschreibung von potentiellen landwirtschaftlichen Projektgebieten. Der Landklassifikation

+ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Postfach 51 01 53, 3000 Hannover 51

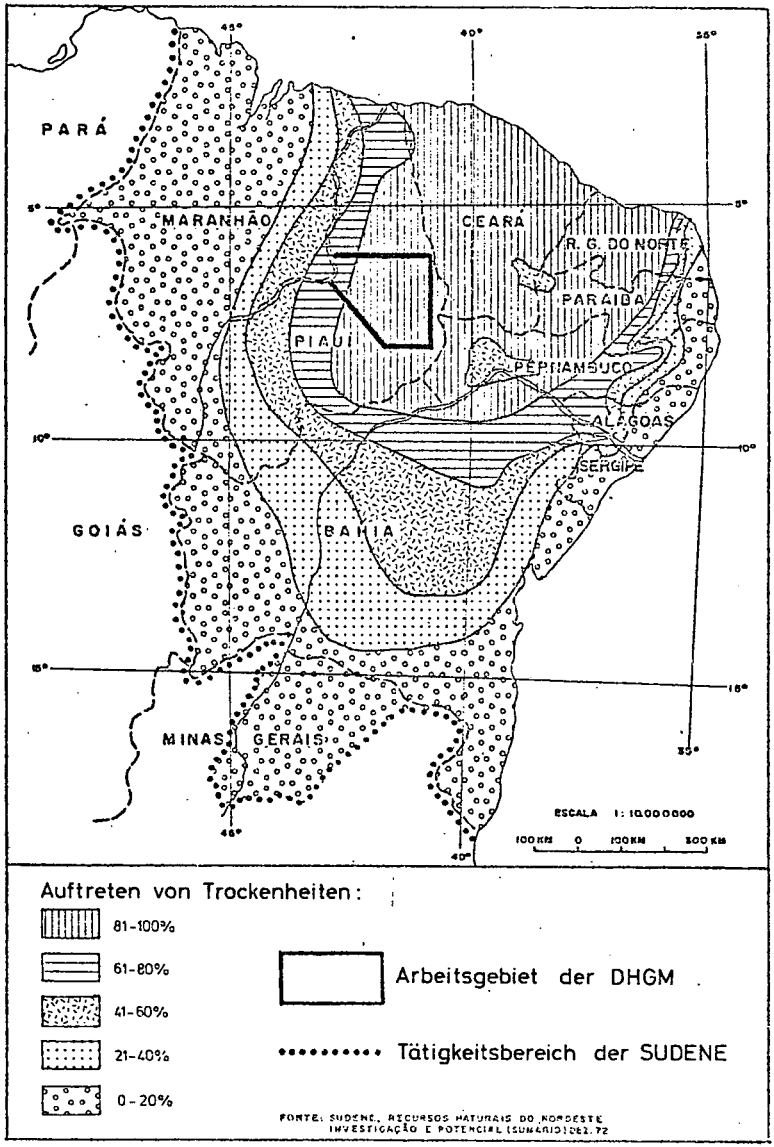


Abb. 1: Lage des Arbeitsgebietes der DHGM

fiel dabei die Aufgabe zu, die Böden dieser Gebiete hinsichtlich ihrer Nutzungseignung zu beurteilen und eine systematische Klasseneinteilung vorzunehmen.

Aufgrund der Vielzahl der den landwirtschaftlichen Produktionsprozeß beeinflussenden Faktoren, die zudem bei einer Bewertung in ihrer Einzel- und auch in ihrer Gesamtwirkung Berücksichtigung finden müssen, ist bei einer Landklassifikation mit sehr komplexen Zusammenhängen zu rechnen. Sie zählt daher zu einem der schwierigsten Teile angewandter Bodenkunde, nicht zuletzt auch deshalb, weil die aus diesen Arbeiten zu ziehenden Schlußfolgerungen, insbesondere die Klasseneinstufung selbst, bei einer anschließenden Projektdurchführung einer Überprüfung durch die Praxis standhalten müssen.

Klassifikationsmethode

Die Landklassifikationsarbeiten in Piauí wurden anhand einer Methode durchgeführt, wie sie im Referat Bodenkunde der BGR entwickelt wurde (LÜKEN, 1974). Die einzelnen Arbeitsabschnitte sind dabei folgende (siehe Abb. 2):

1. Erfassung und Darstellung von Einzelwerten, den sogenannten Basisdaten, die sich in solche der Bodenfaktoren und solche der Umweltfaktoren gliedern,

2. Bewertung der Basisdaten im Hinblick auf ein bestimmtes Nutzungsziel,

3. Einstufung der Böden in eine bestimmte Klasse (gekennzeichnet durch römische Ziffern von I bis V) und Subklassen (gekenn-

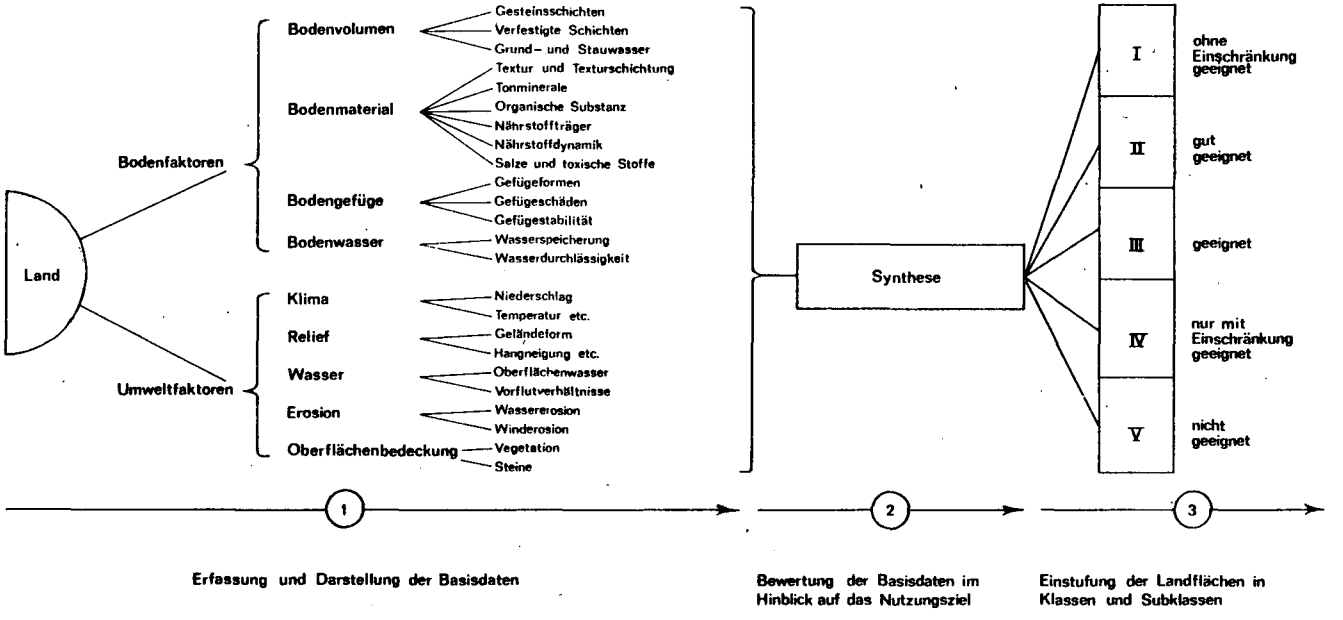


Abb. 2: Arbeitsschema zur Landklassifikation

zeichnet durch kleine Buchstaben, die besonders schwerwiegende Mängel symbolisieren).

Das wesentliche an dieser Klassifikationsmethode ist die induktive Erstellung der Standortbeurteilung. Denn das sich aus der Synthese der Einzelwerte ergebende Gesamtbild in Form einer bestimmten Klasseneinteilung läßt sich jederzeit wieder in seine Grundbausteine zerlegen und bei einer eventuellen Variierung des Nutzungszieles neu interpretieren. Durch dieses System wird außerdem eine größtmögliche Objektivierung der Klasseneinteilung erreicht.

Hauptnutzungsprobleme

Vor einer endgültigen Bewertung von Basisdaten und einer definitiven Klasseneinteilung muß in jedem Fall eine Evaluierung der Hauptnutzungsprobleme im jeweiligen Arbeitsgebiet stehen. Im zentralen Teil Piauís lassen sich diese Probleme bei vorgegebenen Nutzungszielen in den Komplexen "Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit" und "Anbaurisiken durch natürliche Faktoren" zusammenfassen.

Zum ersten Komplex zählt zunächst die Bodendegradierung durch Humusabbau, was vor allem auf den Chapada-Hochflächen ein Problem ersten Ranges darstellt, wie später noch näher erläutert werden wird. Als weiterer Problempunkt ist die Erosionsgefährdung der Böden durch die hier oftmals auftretenden sehr intensiven Niederschläge zu nennen. Auf der Klimastation Teresina wurden beispielsweise Höchstniederschläge von 20,5 mm/5 min und 100 mm/1 h registriert. Drittens muß die Gefahr der Bodendegradierung durch Versalzung erwähnt werden, wobei hauptsächlich zwei Gründe für eine Bewässerungsversalzung sprechen. Zum einen erreicht die potentielle Evaporation als eine der entscheidenden Versalzungs-

faktoren mit rund 2. 700 mm/Jahr sehr hohe Werte, wie sie in ganz Brasilien nur noch in Teilen des Bundesstaates Ceará angetroffen werden und zweitens können im Grundwasser, das zur Bewässerung genutzt wird, sowohl die Gesamtsalzgehalte (bis 4000mmhos) als auch die SAR-Werte (z. T. > 20) die Toleranzgrenzen weit überschreiten. Bodendegradierung durch Vernässung und Versumpfung kann als letztes Problem dieses Komplexes angeführt werden. Da im Arbeitsgebiet ein Ausbau der Flüsse oder allgemeine vorflutverbessernde Teilmaßnahmen noch nicht einmal im Ansatz vorhanden sind, tritt dieses Problem in vielen Talabschnitten auf und es bedarf somit bei zukünftiger intensiver Nutzung meist umfangreicher Meliorationsmaßnahmen.

Anbaurisiken durch natürliche Faktoren sind in diesem Gebiet durch Überflutungen und Dürreperioden gegeben. Überflutungen können innerhalb der viermonatigen Regenzeit in unregelmäßigen Abständen immer wieder auftreten, wobei die Flüsse sich durch eine in unmittelbarer Abhängigkeit von den Niederschlägen stehenden rasch wechselnden Wasserführung auszeichnen, die sich in raschem Abfluß mit hohen Abflußspitzen ausdrückt. Zwar sind diese auf oft nur wenige Stunden verteilt, dennoch können sie erhebliche Schäden auf den Bewässerungsflächen anrichten.

Die Beurteilung der Überflutungsgefährdung spielt daher in dieser Region bei Landklassifikationsarbeiten eine entscheidende Rolle. Im Gegensatz zur Überflutung stellen auch die immer wieder, stets unerwartet auftretenden Dürreperioden ein erhebliches Risiko dar. Der Abb. 1 ist zu entnehmen, daß die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Dürre mit 81 - 100 % zu den höchsten Werten des Nordostens zählt.

Beispielsprojekte:

Nach diesem kurzen Überblick über die Hauptnutzungsprobleme des Gebietes sollen im folgenden beispielhaft 2 der eingangs erwähnten potentiellen Projektgebiete in ihrer Landklassenaufteilung und mit ihren speziellen Besonderheiten vorgestellt werden.

Zum einen handelt es sich um das Bewässerungsprojekt Tranqueira, das aus einem flachen und langgestreckten, kaum intensiv genutzten und an zwei Stellen sich zu einem Becken verbreiternden Tal mit sanft auslaufenden Unterhängen besteht. Das Tal war in vorgeschichtlicher Zeit sicher ein Teil eines großen Flußlaufes, wofür verbreitet auftretende Schotterablagerungen an den Seitenhängen sprechen. Heute wird es dagegen nur von einem kleinen, kaum sichtbaren und nur in der Regenzeit Wasser führenden Bach durchzogen.

Das Besondere an den Landklassifikationsarbeiten dieses Gebietes lag darin, daß hier Flächen mit den unterschiedlichsten Boden- und Umweltverhältnissen in eine übersichtliche Ordnung zu bringen waren, ohne dabei eine verwirrende Anzahl von Klassen und Subklassen entstehen zu lassen. Die Palette der Böden reicht dabei von Cromusterts über Tropaquents und Ustifluvents bis zu Haplustox und Haplustults, hinsichtlich der Umweltverhältnisse von Gebieten mit starker Hangneigung über solche mit Überflutungs- und Versumpfungsgefährdung in ebenen Talsohlen bis zu Flächen in idealer Bewässerungslage. Eine übersichtliche Klassifikationsordnung wurde durch eine von Anfang an vorgenommene Erweiterung des Nutzungszieles erreicht. So wurden bestimmte Flächen nicht nur hinsichtlich einer allgemeinen Bewässerungseignung bewertet, sondern ausschließlich im Hinblick

auf das Nutzungsziel "bewässerter Reis", dieses insbesondere auf den Vertisolen.

Die ausschließliche Nutzungseignung für bewässerten Reis bedeutet in der Gesamtbeurteilung der Böden bereits eine Abstufung. Daher sind die Klassen in ihrer Bewertung nur innerhalb eines Nutzungsvorschlages vergleichbar. Eine Beschränkung der Nutzung auf bewässertem Reis ist vornehmlich im hohen Tongehalt und der sehr geringen Durchlässigkeit dieser Böden begründet, Eigenschaften, die auf die meisten Kulturen sehr nachteilig wirken, die jedoch für bewässerte Reiskulturen eher vorteilhaft sind. So verhindert der undurchlässige Boden auf den überstauten und auf ständigen Wasseraustausch angewiesenen Reisflächen größere Wasserverluste. Außerdem kann der Reis die natürliche Fruchtbarkeit dieser Böden in sehr guter Weise ausnutzen, da er aus der sich in den obersten Bodenschichten bildenden Boden-Wassersuspension die benötigten Nährstoffe, die hier in höheren Konzentrationen gelöst sind, leicht aufnehmen kann. Kürzere Überschwemmungen, die auf diesen Standorten der untersten Talsohle aufgrund der schlechten Vorflutverhältnisse vorkommen, vermag Reis zudem viel besser zu überstehen als andere Bewässerungskulturen.

Alles in allem wurden von den insgesamt klassifizierten 3.842 ha 46 % in die Landklassen der allgemeinen Bewässerung und 27 % in die Landklassen der Reisbewässerung eingestuft. Der Flächenrest von 27 % war zu keinem der erwähnten Nutzungsziele geeignet.

Ein Gebiet ganz anderer Prägung stellt das potentielle Regenfeldbauprojekt Chapada Grande dar. Es besteht aus zwei ausgedehnten Hoch-

plateaus, die durch einen auf gleicher Höhe liegenden, sich teilweise bis zu 50 m verengenden Bergrücken verbunden sind. Der nördliche sowie der hier vorgestellte südliche Teil besitzen einen sehr einfachen Landschaftsaufbau. Die praktisch ebenen Oberflächen der beiden Plateaus finden ihre Begrenzung durch die 400 m Isohypse, an die sich dann die zum Teil sehr steil nach allen Seiten abfallenden Hänge anschließen. Die Vegetation des Typs "Cerrado Grosso" (woodland savanna) ist auf allen Flächen gleichmäßig ausgeprägt und besteht aus typisch krumm gewachsenen Bäumen und einem üppigen Grasbewuchs. Der Jahresniederschlag erreicht hier im langjährigen Mittel die für einen Regenfeldbau günstige Höhe von 1000 bis 1200 mm. Die Flächen der Chapada werden aus sehr alten, tiefverwitterten und ausgewaschenen Böden gebildet, deren besonderes Kennzeichen ein umbric-epipedon ist, dessen Humusgehalt bis zu 6 % betragen kann (Bodentyp Umbriustox).

Trotz dieser einheitlichen Boden- und Umweltverhältnisse mußten dennoch Unterschiede in der Klasseneinteilung vorgenommen werden. Sie liegen einmal in den unterschiedlichen Humusgehalten (Klassen II u. III) und zum anderen in den an den Seitenflächen auftretenden Plinthitschichten begründet, die sowohl eine Bearbeitung des Bodens als auch das Pflanzenwachstum stark beeinträchtigen können. (Klassen IV u. V).

Die Hauptnutzungsprobleme dieser Chapada-Flächen liegen bei zukünftigem Ackerbau vor allem in der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, genauer in der Erhaltung des Humusgehaltes, der hier eine besondere Rolle spielt und als stabilisierender Faktor angesehen werden muß. Denn aufgrund ihrer negativen Eigenschaften - geringe Sorptionskapazität (KAK = 10 mval/100g Ton), niedriger Gehalt an austauschbaren Basen (V-Wert = 18%), geringer Nährstoffgehalt

(z. B. verfügbares P = 1 ppm), durch niedrigen pH-Wert einschränkende Verfügbarkeit vieler Nährstoffe (pH KCl = 4, 4), Gefahr der AL-Toxizität und geringe nutzbare Feldkapazität (nFK = 10 Vol %) - besitzen diese Oxisole im Grunde nur eine geringe potentielle Fruchtbarkeit (alle analytischen Angaben beziehen sich auf den humuslosen Unterboden). Die aktuelle Fruchtbarkeit ist dagegen hoch, denn die natürliche, zur Zeit üppige und den Standortverhältnissen angepaßte Vegetation kann sich aus dem Biocyclus ernähren, wobei das zum Teil recht mächtige Epipedon dieser Böden mit hohem Gehalt an organischer Substanz die hierzu notwendigen Nährstoffe liefert. Durch Umbruch wird allerdings dann der Biocyclus gestört, organische Substanz beschleunigt abgebaut und große Mengen organisch gebundener Nährstoffe freigesetzt . Dadurch mag zunächst ein uppiges Wachstum der Kulturen während der ersten Jahre nach dem Umbruch bewirkt werden, doch fehlt dem Boden die Sorptionskapazität, um die frei gewordenen Nährstoffe in pflanzennutzbarer Form zu binden. Sie werden entweder in einer Form festgelegt, die durch die Pflanze nicht nutzbar ist, oder aus dem durchwurzelten Bodenraum ausgewaschen.

Ein gutes Farmmanagement allerdings, das ein durchdachtes Fruchtfolgesystem einschließlich Weidewirtschaft verbunden mit einer gezielten Düngerwirtschaft in den Mittelpunkt seiner Überlegungen stellt, wobei vor allem auf die Erhaltung des stabilisierend wirkenden Humusgehaltes Wert gelegt wird, kann auf diesen Standorten sicher Erfolge erzielen, zumal die anderen die Nutzungseignung bestimmenden Faktoren recht günstig zu beurteilen sind.

Um dieses Problem zu klären und um gleichzeitig die besten Bewirtschaftungsformen zu ermitteln, ohne jedoch bei sofortigem Umbruch der Gesamtfläche und ungenügender Kenntnis der auf den pflanzlichen Produktionsprozeß Einfluß nehmender Faktoren, schwerwiegende ökologische Schäden hervorzurufen, ist geplant, zunächst

eine Pilotstation unter wissenschaftlicher Leitung zu errichten. Bei günstigen Versuchsergebnissen ständen dann immerhin rund 28.000 ha potentieller Siedlerfläche zur Verfügung.

Von der auf der südlichen Chapada insgesamt ausgewiesenen Fläche in Höhe von 12.502 ha mußten 13 % in die Landklasse II, 49 % in die Klasse III, 35 % in die Klasse IV und 3 % in die ungünstigste Klasse V eingestuft werden.

Zusammenfassung

Die Aufgabe der vorgestellten Landklassifikation lag in der Beurteilung der Nutzungseignung von Böden potentieller Projektgebiete mittels einer systhematischen Klasseneinteilung der untersuchten Flächen. Die dabei angewandte Arbeitsmethode ging von einer induktiven Erstellung der Standortbeurteilung aus, die jederzeit eine Rückverfolgung der Klasseneinteilung auf der Grundlage der sie bewirkenden Basisdaten ermöglichte. Hauptnutzungsproblem bei zukünftigen landwirtschaftlichen Projekten der pflanzlichen Produktion liegen im Arbeitsgebiet in der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit (Gefahr der Bodendegradierung durch Humusabbau, Erosion, Versalzung und Versumpfung) und in Anbaurisiken durch natürliche Faktoren (Überflutung und Dürreperioden). Ein Bewässerungs- und ein Regenfeldbauprojekt wurden abschließend beispielhaft mit ihren besonderen Problemen vorgestellt.

Literaturangabe:

LÜKEN, H. : Bodenbewertung nach Nutzungseignung für Landentwicklungsvorhaben. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 20, 158-169

BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE - DEUTSCHE HYDROGEOLOGISCHE MISSION, SUPERINTENDENCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE: Pesquisas Hidrogeológicas, Pedológicas e Agro-Economicas para Aproveitamento da Regiao Centro-Leste do Piauí, Recife 1976, Archiv BGR

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 525-534 (1977)

Die Böden mit landwirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten in Central-Piaui/Nordost-Brasilien

von

Kemper, B.+

Es soll hier berichtet werden über bodenkundliche Untersuchungen und Ergebnisse, die von 1974 bis 1976 im Rahmen der Deutschen Hydrogeologischen Mission im Nordosten Brasiliens durchgeführt wurden.

Das Arbeitsgebiet mit 30 000 km^2 Ausdehnung ist etwa so groß wie Belgien und liegt 450 km von der Küste entfernt im Staate Piaui. An brauchbaren Unterlagen waren vorhanden: Topographische Karten im Maßstab 1 : 100 000 und Luftbilder.

Zunächst galt es, die vorhandenen Bodengesellschaften in einer Übersichtskarte zu erfassen. Wegen der Kürze der Zeit mußte man sich dabei auf die Böden mit landwirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten beschränken. Hierzu wurde eine Luftbildauswertungskarte erstellt. Die einzelnen Einheiten dieser Karte wurden dann im Gelände bodenkundlich näher untersucht und beschrieben, bzw. ihre Grenzen überprüft und ergänzt. Zur Klassifizierung der Böden wurde das System der Soil Taxonomy, die ehemalige 7th Approximation gewählt. Der Zusammenhang zwischen Nutzungsvorschlag, Landform und Bodentypen der ausgewiesenen Kartiereinheiten geht aus der folgenden Legende hervor.

+Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Stilleweg 2, Postfach 510 153
3000 Hannover 51

Legende

zur Übersichtskarte von Böden mit landwirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten in Zentral-Piaui

Nutzungsvorschlag: Bewässerungsanbau

Einheit No 1	Ebene alluviale Täler; i.a. mit Überflutungsgefahr, junge Böden mit hohem Nährstoffpotential Ustipsamments - Ustifluvents - Chromusterts
2	Schmale konkave Täler, junge kolluviale, i.a. sandige Böden
3	Unterste Erosionsebene und auslaufende, schwach geneigte Unterhänge, sehr unterschiedliche Bodentypen, nur 10-50 % der Fläche für Bewässerung geeignet Ustorthents - Rhodustalfs - Plinthustults - Quartzipsamment etc.

Nutzungsvorschlag: Regenfeldbau

Einheit No 4	Hochebene mit höheren, mittleren Jahresniederschlägen (900 mm), alte und tiefgründig verwitterte Böden. Haplustox - Umbriustox - ustoxic Quartzipsamments
5	Eben bis schwach gewellt; Böden von hohem Nährstoffpotential aus diabasischem Verwitterungsmaterial. Pellusterts - Ustropepts

Nutzungsvorschlag: Weide

Einheit No 6	Mehr oder weniger ebene Flächen mit natriumverhärteten Böden Natrustalfs - Natraqualf

Gebiete ohne oder nur mit sehr begrenzten landwirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten

Einheit No 7	Die Böden außerhalb der ausgewiesenen Einheiten erscheinen zum gegenwärtigen Zeitpunkt für landwirtschaftliche Entwicklungsmaßnahmen ungeeignet

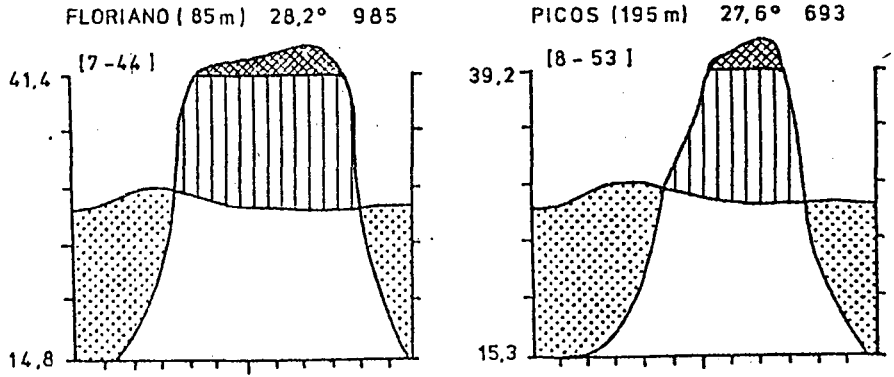


Abb. 1: Klimadiagramme nach Walter

Anhand der Bodenübersichtskarte, in Verbindung mit der hydrogeologischen Übersichtskarte der Wasserresourcen, wurden 8 projektfähige Gebiete ausgewählt, in denen die bodenkundlichen Verhältnisse detaillierter aufgenommen wurden.

Das Arbeitsgebiet liegt im sogenannten trockenen Vieleck Nordostbrasiliens. Die Klimadiagramme nach Walter von den Städten Picos und Teresina (Abb. 1) zeigen eine ausgeprägte Trockenzeit von 5 Monaten und eine Regenzeit bei wenig schwankenden Temperaturen zwischen 26° und 30°. Nach der Soil Taxonomy haben diese Böden also ein typisches "ustic moisture regime".

Geologisch wird das Gebiet charakterisiert durch das Paraibabecken, das aus einer bis 3 000 m mächtigen Sedimentfolge kleinklastischer bis grobklastischer Gesteine unter devonischen bis kretazischen Alters gebildet wird. Die Formationen tauchen nach Westen zum Rio Parnaiba hin ein. Durch die wechselnde Abfolge von Tonschiefern und Sandsteinen kommt es zur Ausbildung artesischen Grundwassers. Die Körnung dieser Sedimente ist für die heutige Textur der Böden, soweit sie in situ entstanden sind, maßgebend. Aber auch andere Bodeneigenschaften werden durch das Ausgangsgestein der Bodenbildung bestimmt. So ist z. B. der Gehalt an verfügbarem Phosphor im Alluvium des Einzugsgebietes der tonschieferreichen Formation Pimenteiras mit 10 - über 180 ppm wesentlich höher als im Alluvium der anderen Formationen mit Werten von 10 bis weit unter 1 ppm P. Außer den Sedimentgesteinen treten vereinzelt Diabasinseln auf, auf denen sich charakteristische Böden gebildet haben.

Die Geomorphologie des Gebietes wird mit geprägt durch die Aktivität der Erosion. Dies sei demonstriert an einem einfachen Schema der verschiednen Landschaftsformen und ihrer Beziehung zu den ausgewiesenen Kartiereinheiten (Abb. 2).

Die Hochebenen sind aufgrund ihrer Exposition und ihrer sehr durchlässigen Böden am wenigsten der Wassererosion ausgesetzt (Einheit No 4). Daran grenzen Flächen an, die aufgrund der intensiven Verwitterung und Erosion stark zergliedert sind. Sie werden auf der Karte nicht ausgewiesen und bilden mit anderen Land-

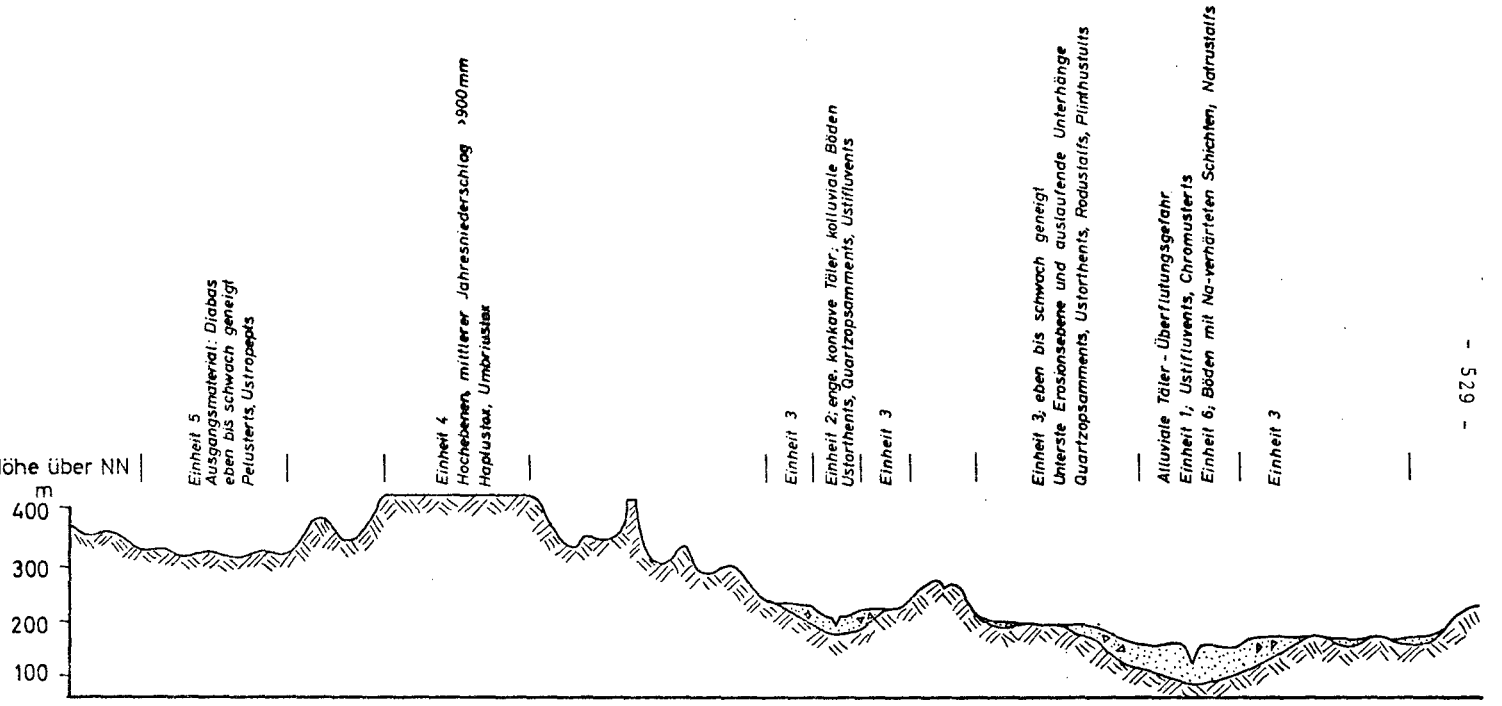


Abb. 2:

Schematische Darstellung der Beziehung zwischen Geomorphologie und Kartiereinheiten der Böden mit landwirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten in Zentralpiauí / Brasilien

formen die Einheit No 7. Die bereits erwähnten Diabasinseln fallen schon im Luftbild durch ihre geringere Erosionsanfälligkeit auf. Hier haben sich Böden mit hoher natürlicher Fruchtbarkeit bilden können (Einheit No 5). Das Gebiet wird durchzogen von schmalen konkaven Tälern, die im allgemeinen mit Kolluvium ausgefüllt sind (Einheit No 2). Das gesamte Gebiet läuft zu den großen Tälern hin aus, in Flächen, die der Erosion am längsten ausgesetzt und schon ± eingeebnet sind (Einheit No 3). In dieser untersten Erosionsebene liegen dann die eigentlichen alluvialen Täler der großen Flüsse (Einheit No 1). Diese sind noch nicht reguliert und versiegen während der Trockenzeit. Sie haben andererseits während der Regenzeit sehr hohe Abflußspitzen (Rio Itaim $Q = 225\ m^3/s$; $q = 12\ l/s \cdot km^2$ - Rio Caminè $Q = 136\ m^3/s$; $q = 49\ l/s \cdot km$ Extremwert bei 80 bzw. 27 Ablesungen in der Zeit von 1964 - 1972) und bauen mit großen Sedimentfrachten die Täler allmählich auf.

Eng verbunden mit den kurz geschilderten geomorphologischen Verhältnissen ist das Alter der Böden. Gerade in diesem Raum ist es eines der wichtigsten bodenbildenden Faktoren. Als ein Kennzeichen für das Alter bzw. den Grad der Verwitterung der Böden sei im folgenden die Aktivität des Tones -ausgedrückt in mval/100 g Ton- benutzt.

Die weitaus ältesten Böden werden auf den Hochebenen angetroffen. Sie sind tiefgründig verwittert mit einem Solum bis zu 20 m. Darunter befinden sich meist Lateritkrusten, die an den Flanken der Hochebenen an die Oberfläche kommen. Der T-Wert pro 100 g Ton liegt im B-Horizont durchweg unter 16 mval. Es ist ein typischer oxic Horizont vorhanden, ohne Primärminerale und von Nährstoffen ausgewaschen, mit pH-Werten zwischen 3,9 und 4,4 (KC 1).

Die bodenphysikalischen Eigenschaften sind sehr günstig, was die Wasserdurchlässigkeit und die Durchlüftung betrifft. Die Böden schwanken in ihrem Tongehalt je nach Ausgangsgestein der Bodenbildung zwischen 10 und 50 %.

Die tonreichen Böden haben meist einen bis 60 cm mächtigen A-Horizont mit 3-4 % organischer Substanz (umbric epipedon). Dieser hohe Humusgehalt ist bedingt durch den natürlichen Biocyclus der relativ üppigen Baumsavanne, verbunden mit einer praktisch unbegrenzten Durchwurzelungstiefe der Böden. Der hohe Aluminiumgehalt dieser Böden (2-3 mval/100 g Boden) bedeutet ein noch nicht abschätzbares Risiko hinsichtlich Al-Toxidität bei Kultivierung und Nutzung. Trotz des hohen Tongehaltes und trotz der sehr günstigen Struktureigenschaft beträgt die nutzbare Feldkapazität nur 10 Vol %, ein weiterer Hinweis auf die sehr geringe Aktivität der Tonminerale. Angesprochen wurden diese Böden als typic Umbriustox.

Bei den sandreichen Böden der gleichen Kartiereinheit treten die Eigenschaften des oxic-Horizontes zurück und das Profil wird hier geprägt durch die Eigenschaften des Quarzsandes. Es sind also Quartzipsamments, in denen erst auf Subgroup Ebene die charakteristischen Eigenschaften der Tonfraktion und des Klimas in der Bezeichnung ustoxic zum Ausdruck kommen, also ustoxic Quartzipsamments. Zwischen diesen Typischen Standorten gibt es alle Übergänge, die dann in den Bezeichnungen

arenic Haplustox und
arenic Umbriustox

ihren Ausdruck finden.

Die Fläche dieser Böden wurde dort als geeignet für den Regenfeldbau ausgewiesen, wo mit jährlichen Durchschnittsniederschlägen zwischen 900 - 1200 gerechnet werden kann. Im südöstlichen Teil des Arbeitsgebietes, wo die Niederschläge bis auf 550 mm absinken, wurden sie nicht berücksichtigt.

Jünger in ihrer Entwicklung sind die Böden auf den schon erwähnten Diabasinseln der Kartiereinheit No 5. Ihre hohe natürliche Fruchtbarkeit macht sich meist schon durch die intensive Nutzung bemerkbar. Der Tongehalt liegt i.a. zwischen 30 und 40 %. Der Ton ist von hoher Aktivität (100-120 mval/100 g Ton). Der V-Wert

liegt zwischen 90-100 %. Die dunkle Farbe täuscht einen hohen Humusgehalt vor, der aber nur 0,7 - 1,5 % beträgt. Wegen ihrer ausgeprägten Struktureigenschaft, des Auftretens von Slikensides und des hohen Tongehaltes sind es Vertisole, also usterts. Die dunkle Farbe charakterisiert sie auf der great group Ebene als Pelusterts. Sofern die Böden in ebener Lage vorkommen oder in flachen Senken, kann es zur Sodifizierung kommen. Da sich aber kein typischer Natric-Horizont gebildet hat, soll mit der Subgroup-Bezeichnung natric pelustert angedeutet werden, daß es sich nur um einen Übergang zu Natriumböden handelt. Diese Böden wurden im gesamten Arbeitsgebiet, also auch in den trockeneren Teilen als geeignet für den Regenfeldbau ausgewiesen.

Auf der untersten Erosionsebene, also in den tiefen Lagen, wo es noch nicht zu Überschwemmungen kommt (Kartiereinheit No 3), kommen i.a. Böden mit deutlicher Horizontierung vor.

Es sind einmal die Böden, die nach der alten amerikanischen Nomenklatur als red yellow podsolic soils bezeichnet werden, mit ausgewaschenem, humusarmen hellen A-Horizont und ausgeprägtem B_t-Horizont. Die rote Farbe bestimmt den Namen auf der great group Ebene. So sind es typic Rodustalfs. Die intensive Verwitterung der Böden kommt in der niedrigen Tonaktivität zum Ausdruck. Sie liegt im A- bzw. B-Horizont zwischen 25 und 48 mval/100 g Ton. Die pH-Werte liegen zwischen 4,7 und 5,9. Diese Böden haben sich dort entwickeln können, wo die Erosion abgeklungen war oder ihr Bodenabtrag in Grenzen blieb. Heute sind sie stellenweise erneut starkem Erosionsabtrag ausgesetzt. Wenn dies zum Verlust des A- und B-Horizontes führt, bleiben Entisole übrig, die als typic ustorthents bezeichnet werden müssen. So kommt es hier immer wieder durch Erosion zur Renovierung der Böden und Mineralisierung der Nährstoffe aus dem Ausgangsgestein.

Wenn die Erosion die Entwicklung der Böden dagegen nicht unterbricht, kann die Verwitterung weiter fortschreiten, der V-Wert sinkt weiter ab und aus den Alfisolen entstehen Ultisole. Stellenweise wurden hier plintische Horizonte vorgefunden, so daß die Böden dann als typic Plinthustults bezeichnet werden müssen.

Neben den genannten Bodentypen kommen in der Kartiereinheit No 3 auch noch reine Quartzsande - die typic Quartzipsamments - vor.

In den kolluvialen Tälern der Einheit 2 haben sich im Laufe der Zeit die regelmäßigen Ablagerungen zu teilweise mächtigen A-Horizonten kumuliert. Die kurzen und flachen Überflutungen führen wegen der Einzugsgebiete und der ausgedehnten Flächen nicht zu Erosionsschäden wie in den angrenzenden Tälern der größeren Flüsse. Es sind i.a. die wertvollsten Gebiete leider nur kleinflächig verfügbar. Es sind junge Böden mit sehr aktiven Tonmineralen, hohen V-Werten und teilweise sehr hohen K- und P-Werten. Zum Teil weisen sie ein typisches mollic epipedon auf und werden dann als fluventic Haplaquolls bezeichnet; ist das mollic epipedon weniger ausgeprägt, erscheinen sie als mollic ustifluvents.

Bei den alluvialen Böden muß man unterscheiden zwischen den jüngeren Ablagerungen und denen, die schon eine gewisse Bodenentwicklung durchgemacht haben, wie sie in der Einheit No 6 zusammengefaßt sind. Die Böden dieser Einheiten weisen gebleichte Horizonte mit einem Natriumanteil an der Sorbtionskapazität von 14-81 % und Säulenstruktur auf. Es sind typische natric-Horizonte vorhanden und die Böden werden daher auch als Natrustalfs bzw. bei hydromorphen Merkmalen als Natraqualfs bezeichnet. Die verhärteten undurchlässigen Schichten führen in der Regenzeit zu weiten Überschwemmungen und es kommt stellenweise zur Überlagerung ganz junger Sedimente.

Die jüngsten alluvialen Ablagerungen der Einheit No 1 bilden Böden, die in etwa unseren Aueböden entsprechen, also i.a. Fluvents. Es kommen von lehmigen Sanden bis schluffigen Tonen alle Bodenarten zur Ablagerung. In dieser Reihenfolge nimmt auch die Überflutungsgefahr und -dauer i.a. zu. Die leichten Böden nämlich, arenic und typic ustifluvents, kommen auf den Uferwällen vor, während die länger unter Wasser stehenden backswamps je nach Tongehalt und Überflutungsdauer von aquia Ustifluvent mit hydromorphen Merkmalen bis zu fluventic Chromusterts mit Slikensides gebildet werden.

Rund 91 % der kartierten Fläche gehören zur Einheit No 7. Es handelt sich hier um Böden ohne oder nur mit sehr begrenzten landwirtschaftlichen Entwicklungsmöglichkeiten. Hierzu gehören einmal die Hochebenen im südöstlichen Teil des Gebietes mit Niederschlägen unter 900 mm, dann vor allem auch der größte Teil der Flächen zwischen Hochebenen und Tälern. Dies ist eine Landschaft mit stark entwickeltem Relief, die durch Erosion geprägt ist: zum Teil Gesteinsböden, z. T. stark erodierte Böden ("badlands") und z. T. Flächen, auf denen durch die allmählich dichter gewordene Gesteinsauflage die Erosion wieder abgeklungen ist.

Zum Schluß sei noch hingewiesen auf eine Karte über die Bevölkerungsdichte in einem Teil des bodenkundlich kartierten Gebietes. Hier leben die Menschen fast nur von Subsistenzwirtschaft, also letztlich von der Nutzung des Bodens und des Wassers. Die auf der Bodenübersichtskarte ausgewiesenen Einheiten sind in etwa identisch mit den besiedelten Gebieten. Die ländlich orientierte Bevölkerung kennt aus Erfahrung die am besten nutzbaren Böden und siedelte sich in ihrer Nähe an, und nicht etwa z. B. an ausgebauten Hauptstraßen, die in diesen Gebieten über die trockene Hochebene mit weniger als 600 mm Jahresniederschlag führt.

Literatur

1. BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE - DEUTSCHE HYDROGEOLOGISCHE MISSION: Pesquisas Hidrogeológicas, Pedológicas e Agroeconômicas para Aproveitamento da Região Centro-Leste do Piani. Abschlußbericht, Recife 1976. Archiv BGR (unveröffentlichter Bericht)

2. CEPA-Pl.: Diagnóstico Agropercuário do Estado do Piaui, Bd. II. Teresina, 1973

3. IBGE: Subsidios ao Planejamento da Área Nordestina, Picos e sua Região. Rio de Janeiro, 1971

4. SERETE S/A: Levantamento Básico dos Recursos Naturais da Bacia do Rio Parnaiba nos Estados do Piani, Maranhão e Ceará, Teil 1, Band I, II und III. Recife, 1975, Archiv SUDENE (unveröffentlicht)

5. SUDENE: Projeto Lameiro, Levantamento de Reconhecimento de Solos. Série Pedologia No 5. Recife, 1969

6. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Soil Conservation Service: Soil Taxonomy. Washington, 1976

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 535-542 (1977)

Tief humose Böden mit Naßbleichung (Planosole) im Gebiet von Santa Fe, Argentinien

von

Stephan, S.+

Die Planosole sind periodisch staunasse Böden flacher und muldiger Lagen mit Hauptverbreitung in Wald-Steppe-Übergangsgebieten, die sich von den staunassen Böden unseres Klimas deutlich unterscheiden.
Mitteleuropäische Böden, deren Profil durch periodische Staunässe geprägt ist, bilden den Bodentyp Pseudogley mit Marmorierung bzw. Rostfleckung im Unterboden und Naßbleichung sowie Eisenkonkretionen im Oberboden. Zwei seltene Subtypen des Pseudogleyes sind durch Merkmale gekennzeichnet, die in Planosol-Profilen regelmäßig auftreten. Es handelt sich um den konkretionsreichen und den Hardpan-Pseudogley, die durch laterale Zufuhr von Eisen bzw. Kieselsäure entstehen (MÜCKENHAUSEN, 1977). Die staunasse Varietät der degradierten Schwarzerde könnte als Übergang zum Planosol aufgefaßt werden. Die Fleckung des Unterbodens ist durch Humate verdeckt (KOPP, 1965). Zwar tritt auch die Aufhellung im Oberboden stark zurück, könnte aber bei diesem Reliktboden durch späteren allgemeinen Humusschwund verwischt worden sein.

Der Planosol zeigt ebenfalls Naßbleichung im Oberboden (A_2-Horizont), der jedoch stets mit scharfer Grenze über dem ungebleichten Staukörper (B_2-Horizont) liegt. Nahe dieser Grenze sind Fe- und Mn-Konkretionen angereichert.
Der A_2 des Planosols entsteht nach BRINKMANN (197o,77) durch Ferrolyse: Während der Naßphasen wird organische Substanz von dreiwertigem "freiem" Eisen oxidativ zerstört. Das nun zweiwertige Eisen kann andere Kationen aus dem Sorptionskomplex verdrängen. Bei seiner Oxidation in den Trockenphasen werden H-Ionen gebildet und zerstören Tonminerale, freiwerdendes Al chloritisiert aufweitbare Tonminerale, es wird Kieselsäure frei. Durch das Verschwinden quellfähiger Kolloide wird der A_2 starr und setzt sich mit Rissen vom quellbaren B_2-Material ab.

+ Institut für Bodenkunde der Universität, Nußallee 13, 53oo Bonn

Im Gegensatz zu dieser Auffassung sieht KUBIENA (197o) den Kieselsäureüberschuß, durch den insbesondere Eisen peptisiert werden kann, als eine Ursache der Naßbleichung an.
Nach der Weltbodenkarte (FAO-UNESCO,1974,S.1o) trägt die Tonzerstörung im Oberboden zur Texturdifferenzierung beim Planosol wesentlich bei. DUDAL (1973) nennt als entscheidendes Planosolkriterium die Tonzerstörung über einer schlecht durchlässigen Lage, wogegen zungenförmige Degradation längs selektiver Dränwege nicht anerkannt wird. Damit dürfte eine Unterscheidung von Planosol und Pseudogley meist möglich sein.
Zwar können vernäßte Profile komplizierter werden, wenn Sulfide auftreten und wieder oxidiert werden, und in der Bodeneinheit Planosol kommt eine solche Schwefel-Dynamik bei den Reis-Paddy-Böden vor; dennoch fallen auch diese nicht aus dem gesetzten Rahmen.

Die Planosole der Pampa-Region werden als mollic Planosols eingestuft (FAO-UNESCO,1971). Von den 47o ooo km^2 der argentinischen Pampa werden nach MIACZYNSKI u.TSCHAPEK (1965) etwa 1oo ooo km^2 von "Wiesenböden" eingenommen, an denen die Planosole den größten Anteil haben. Im Gebiet von Santa Fe am NE-Rand der Pampa ist der zonale Boden ein Brunizem mit B_2-Horizont, der sich aus Löß mit erheblichem Anteil saurer Vulkanasche gebildet hat (STEPHAN, DE PETRE, DE ORELLANA, PRIANO, im Druck). Ausprägung und Tiefe der Horizonte variieren in guter Abhängigkeit vom Klima, es handelt sich also nicht um zweischichtige Böden; wohl hat sich der Oberboden in jüngerer Zeit lithologisch verändert, z.B. durch erneute Aschezufuhr (RECK,1933). Nun ist in dieser ebenen Landschaft das Drännetz schwach entwickelt, und viele Stellen sind abflußlos. Bei Starkregen staut sich hier das Wasser über dem B_2-Horizont, um durch heftigen Wind bald wieder ausgetrocknet zu werden. Im Wechsel von Vernässung und starker Austrocknung entsteht aus dem zonalen Boden der Planosol.
Manche Autoren fassen den Planosol zwar als Solod auf, und tatsächlich werden bei der Verwitterung der vulkanischen Gläser Mg, K und Na frei und gefügewirksam. Wegen der fortschreitenden Abdichtung der Mulden und fehlender Entwässerung ist jedoch die Überwindung eines früheren Solonetz-Stadiums schwer vorstellbar. Wir nehmen daher folgende Entwicklungsreihe an:
B r u n i z e m → B r u n i z e m m i t B_2 → P l a n o s o l.

Eine Brunizem-Planosol-Catena in Rafaela

In der Experimentalstation des INTA in Rafaela (s.Abb.1) hatten

PIÑEIRO u.PANIGATTI (1972) eine Catena in einer schwachen Mulde untersucht, wo sich nach Regen Wasser staut. Die Laborwerte (Abb. 3) zeigen die erwartete Versauerung des Oberbodens und Abnahme des Tongehaltes im A_2, jedoch in Körnung und Kationen-Belegung zugleich den lateralen Transport, den Abb.5 mit Zeichnungen nach Dünnschliffen des tiefstgelegenen Profils belegt.
Die starke Verhärtung des A_2 beruht auf Verkieselung (STEPHAN, 1973). Bei der Verwitterung des rhyolithreichen Lößes und bei der Ferrolyse wird Kieselsäure frei und gelangt direkt oder über die Phytolithenbewehrung der Gräser in den Boden; auch das Wasser aus der Umgebung bringt Phytoopal mit.
Die Verringerung dieser Verhärtung wäre ein praktisches Problem. Nach dem mikroskopischen Bild liegt die Kieselsäure weitgehend in Form von Phytolithen vor. Der relativ geringe zementierende Anteil sollte besser pflanzenverfügbar sein und läßt sich vielleicht mit Hilfe stark akkumulierender Pflanzen abernten.
Die mikroskopische Untersuchung der Catena durch STEPHAN u.DE PETRE (1973) zeigt die Abnahme des Grobschluffs und die Zunahme des Opal-Anteils zur tiefsten Stelle hin (Abb.4). Mit der Planosolierung wächst die Eisenkonzentration, und zwar besonders in den B-Horizonten (!). Wie bei unserer degradierten Schwarzerde (s.o.)ist auch hier mehr geschehen, als makroskopisch sichtbar wird. Im B_2 zeigen sich Eisenkrusten an Leitbahnen (Abb.6a), wo beim Pseudogley Bleichung eintritt.
Abb.2 gibt ein Schema dieses Planosols (Naßphase, zweittiefstes Profil). Der Humusmangel im A_2, der den Standort zusätzlich entwertet, kann auf die geringe Produktivität, aber auch auf Ferrolyse zurückgeführt werden.

<u>A_2- und B_2-Horizonte weiterer Profile</u> (zur Lage vergl.Abb.1)
An weiteren Profilen wurde die Variabilität dieser Böden untersucht. Es ergeben sich Unterschiede zwischen der großflächigen, schwachen Planosolierung im E des Gebietes und den intensiveren Planosolen der kleinen Mulden. Vor allem spielt in den kleinen Depressionen der laterale Transport eine wichtige Rolle.
Achtmalige Extraktion mit Salzsäure und Natronlauge im Wechsel (SEGALEN,1968, BALLMANN,1972) zeigte in allen A-Horizonten einen erheblichen Überschuß von Si über Al. Die Al-Werte von A_1- und A_2-Horizonten lagen innerhalb der Profile dicht zusammen. Die Si-Werte sinken in den großflächig planosolierten Böden vom A_1 zum A_2 auf etwa 2/3 ab, während sie beim muldig gelegenen Planosol fast gleich sind und hoch über Al liegen (MORRAS u.STEPHAN, in Vorber.).

Über drei Profile soll kurz berichtet werden:
Profil 1 ist ein planosolartiger Brunizem in ebenem Gelände. Der schwach aufgehellte A_1/A_2 reicht bis 38 cm, enthält ab 25 cm zahlreiche kleine Fe-Konkretionen und hat Schwammgefüge. Der B_2 aus dichten Prismen hat reichlich Fließplasma und größere Konkretionen.
Profil 2 ist ein Planosol in ebener Lage. Die Grenze zwischen A_2 und B_2 ist mikroskopisch gut ausgeprägt (Abb.6b).
Profil 3 ist als lokale Bildung durch Fehlstellen und Pfützen im Acker gekennzeichnet. Der verhärtete A_2 reicht 44 cm tief, und der intensive B_2 zeigt Eisenkrusten an Porenwänden (Abb.6a).

Schlußbemerkung

Im Untersuchungsgebiet findet in vernässenden Depressionen intensive Planosolbildung statt. Im feuchteren Ostteil findet man auch in ebener Lage eine mäßige Naßbleichung des Bodens. Zwar sind die Unterschiede im Jahresmittel der Niederschläge gering (Abb.1), verändern aber die Länge der niederschlagsarmen Perioden merkbar.

Die Ferrolyse konnte an unserem Material noch nicht exakt nachgewiesen werden, würde aber eine Erklärung für Naßbleichung und Verkieselung bieten. Bei den reliefbedingten Planosolen haben laterale Vorgänge neben den Prozessen im Profil selbst eine erhebliche Bedeutung und müssen unbedingt in die Betrachtungen einbezogen werden. Dadurch wird eine Bilanzierung sehr schwierig.

Die Kollegen DE PETRE u.MORRAS (Min.Agr.Ganad.Santa Fe) sowie PIÑEIRO, PANIGATTI u.MOSCONI (Est.Exp.INTA Rafaela) haben das Material mit ausgewählt und entnommen; Herr KOLVENBACH stellte die Schliffe her, Frl.DEDERICHS zeichnete Diagramme; Prof.MÜCKENHAUSEN hat die Arbeiten stetig unterstützt; die Reisemittel kamen von der DFG. Allen sei gedankt.

Literatur

BALLMANN,P.: Verwitterung und Mineralneubildung in tertiären Trachyttuffen des Siebengebirges unter Berücksichtigung der Ablagerungsverhältnisse.- Pedologie (Gent) 22, 328-355, 1972.

BRINKMANN,R.: Ferrolysis, a hydromorphic soil forming process.- Geoderma 3, 199-206, 1970.

BRINKMANN,R.: Surface-water gley soils in Bangladesh: Genesis.- Geoderma 17, 111-144, 1977.

DUDAL,R.: Planosols.- In: Pseudogley und Gley, S.275-285. Weinheim, Verl.Chemie, 1973.

FAO-UNESCO: Soil map of the world 1:5 Mio., Vol.4 South America.- Paris, Unesco, 1971.

FAO-UNESCO: dgl. Vol.1 Legend.- Paris,Unesco, 1974.

KOPP,E.: Über Vorkommen "degradierter Steppenböden" in den Lößgebieten des Niederrheins und Westfalens und ihre Bedeutung für die Paläobodenkunde und Bodengenese.- Eiszeitalter und Gegenwart 16, 97-112, 1965.

KUBIENA,W.L.: Micromorphological features of soil geography.- New Brunswick, Rutgers Univ.Press, 197o.

MIACZYNSKI,C.R.O.u.M.TSCHAPEK: Los suelos de estepa de la región pampeana.- Rev.Invest.Agropec.INTA Ser.3 (Buenos Aires), 3, 35-79, 1965.

MÜCKENHAUSEN,E.: Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland.- 2.Afl.Frankfurt/Main, DLG-Verlag, 1977.

PIÑEIRO,A.u.J.L.PANIGATTI: Génesis de un suelo Planosol.- Rev.Invest.Agropec.INTA ser.3 (Buenos Aires), 9, 1-27, 1972.

RECK,H.: Die Tätigkeit des Descabezado grande und Quizapu (Chile) von Juli 1932 - Juli 1933.- Z.Vulkanol.15, 192-194, 1933.

SEGALEN,P.: Note sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux.- Cah.ORSTOM sér.Pédol. (Paris), 6, 1o5-126, 1968.

STEPHAN,S.: Ansammlungen von biogenem Opal im A_2-Horizont eines Planosols.- Z.Pflanzenern.Bodenkd.136, 17o-173, 1973.

STEPHAN,S.u.A.A.DE PETRE: Génesis de un suelo Planosol.II.Micromorfología.- Rev.Invest.Agropec.INTA Ser.3 (Buenos Aires), 1o, 237-257, 1973.

STEPHAN,S.,A.A.DE PETRE,J.A.DE ORELLANA,L.J.J.PRIANO: Brunizem soils of the central part of the province of Santa Fe, Argentina.- Pedologie (Gent), in Druck.

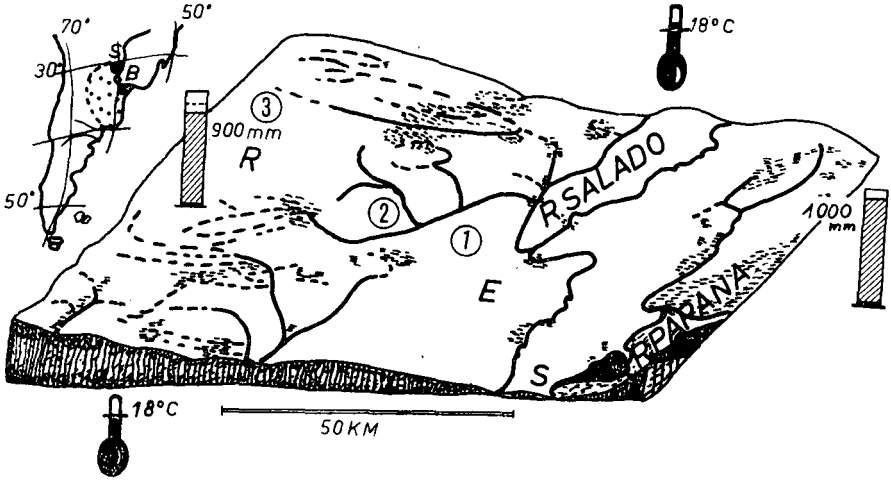


Abb.1: links oben: Lage der Pampa-Region.
Blockdiagramm: Untersuchungsgebiet.

B Buenos Aires, S Santa Fe, R Rafaela. Planosol-Catena bei R. 1-3 weitere Profile, soweit im Text erwähnt. Gradienten der jährlichen Temperaturmittel und Niederschläge durch Meßgeräte angedeutet.

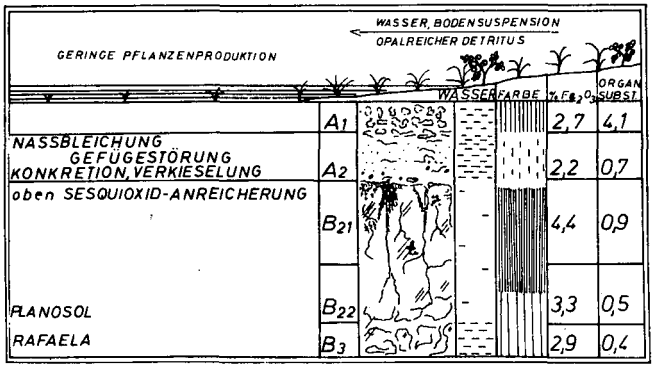


Abb. 2

Abb.2 Catena Rafaela, zweittiefstes Profil (Schema).

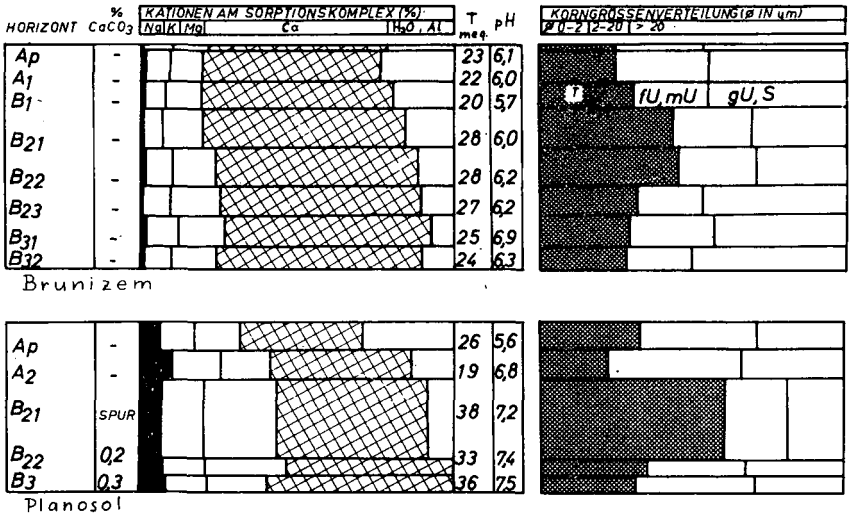


Abb.3: Auswirkung der Planosol-Bildung (nach Werten aus PIÑEIRO u.PANIGATTI,1972 und STEPHAN u.a.,in Druck).

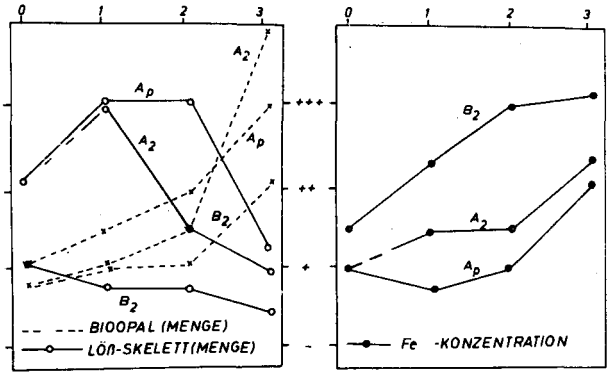


Abb.4: Mikromorphologie (aus STEPHAN u.De PETRE, 1973). Catena von o = Brunizem mit B_2 bis 3 = typ.Planosol (tiefste Stelle). Ausprägung von - fehlend bis +++ sehr intensiv.

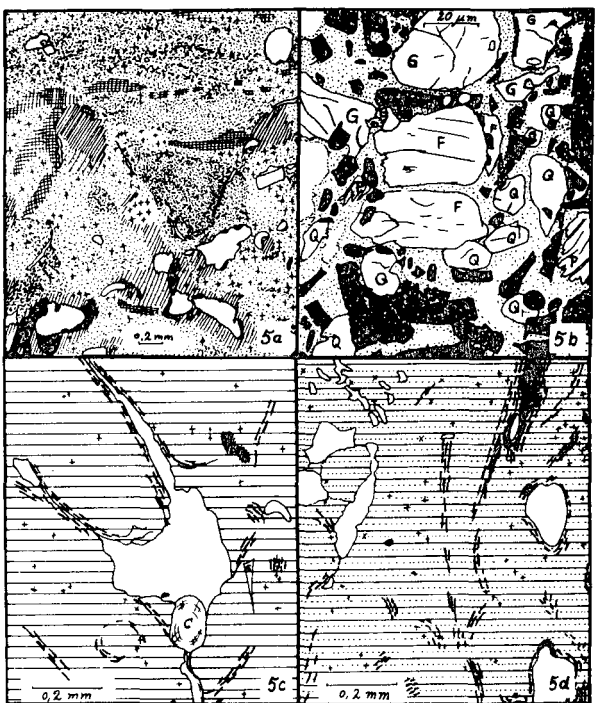


Abb. 5: Rafaela, tiefster Planosol. a) A_2, b) A_1, Detail. Feinschluffige Grundmasse fleckweise verkieselt. c) B_2, d) B_3.

Abb. 6a) Fe im B_2 von Profil 3, b) Riß zwischen A_2 u. B_2 in Profil 2.

skeletreiches Band, + Einzelkörner >40µm, in 5c,d >30µm, Phytoopal, Ansammlung von Opal-Detritus, kolloidarme Matrix, dunklere, tonreiche Matrix, dgl. mit weniger Feinton, Orientierungsdoppelbrechung, Fe-Konzentration, links opak, C klarer Kolloidtropfen, G rhyol. Glas, Q Quarz, F Feldspat, P Pyroxen, Poren ausgespart.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 543-548 (1977)

Ergebnisse einer bodenkundlichen Satellitenbildauswertung in der Sahelzone der Republik Niger

von

KANTOR, W. +)

Einleitung:

Mit diesem Beitrag soll der Frage nachgegangen werden, welche Aussagekraft Satellitenbilder als Unterlagen für die Klassifizierung von physiographischen Einheiten, der Bodennutzung und der Böden haben, und wie diese Informationen für praktische Fragen der Landentwicklung und des Bodenschutzes genutzt werden können (KANTOR, 1977). Dazu wurden sechs Falschfarbenbilder von LANDSAT I und II im Maßstab 1 : 500 000 mit weniger als 10 % Wolkenbedeckung aus der Sahelzone der Republik Niger zwischen Niamey und Tahoua bodenkundlich ausgewertet.

In der Sahelzone herrscht ein sehr labiles ökologisches Gleichgewicht, wie die Dürrekatastrophe der Jahre 1969 - 73 gezeigt hat. Neben den klimatischen Faktoren ist die Überbeanspruchung der natürlichen Ressourcen durch den Menschen, hier vor allem die nicht standortsgemäße Bodennutzung, eine wichtige Ursache für das Auftreten solcher Katastrophen. Deshalb sind Informationen über die aktuelle Bodennutzung und die Bodenverhältnisse in dieser Zone für die Entwicklungsplanung von großer Bedeutung.

Die Erderkundungssatelliten (LANDSAT) der NASA umkreisen die Erde täglich 14 mal in einer polnahen, sonnensynchronen Bahn (9.45 Uhr) in 900 bis 950 km Höhe. Ein Aufnahmezyklus eines Satelliten umfaßt 18 Tage. Durch die Inbetriebnahme von LANDSAT II (am 22. 1. 75; LANDSAT I am 23. 7. 72) ist eine Bilddeckung von dem gleichen Gebiet im Abstand von 9 Tagen möglich.

Das multispektrale Aufnahmesystem (MSS = Multispectral scanner) registriert die reflektierte Energie der Erdoberfläche auf vier Kanälen in folgenden Wellenlängen:

Kanal 4	0,5 - 0,6 μ (grün-gelb)
Kanal 5	0,6 - 0,7 μ (gelb-rot)
Kanal 6	0,7 - 0,8 μ (rot-infrarot)
Kanal 7	0,8 - 1,1 μ (nahes infrarot)

Jeder Kanal ist mit 6 Dedektoren ausgestattet. Insgesamt bilden 24 Dedektoren

+) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Postfach 51 01 53

D - 3000 Hannover 51

das Aufnahmesystem im Satelliten. Das Auflösungsvermögen des Satelliten liegt bei 79 x 57 m. Die Kantenlänge einer Szene mißt 185 km, d. h. jede Szene bedeckt ein Gebiet von 34. 225 qkm. Eine Szene setzt sich aus 2 340 Zeilen mit je 3 240 Bildpunkten zusammen. Eine Szene besteht aus 7. 581. 600 Bildpunkten. Die Impulse werden zur Erde gefunkt, korrigiert und auf Bändern gespeichert. Sie sind die Grundlage auch zur Herstellung der Falsch-Farben-Bilder.

Natürliche Bedingungen im Arbeitsgebiet:

Der ausgewählte Teststreifen liegt im semihumiden (600 mm/J.) bis ariden (350 mm/J.) Klimabereich. Geologisch besteht das Untersuchungsgebiet im SW aus präkambrischen Gesteinen (Granodiorite, Granite, Metamorphite), im NE dagegen aus den tertiären "Continental terminal" (Ct) mit Sand- und Tonablagerungen. Das Gebiet ist flachwellig, mit alten versandeten Flußläufen (Dallole), die als Relikte eines pluvialzeitlichen Entwässerungssystems das Tertiärbecken (Iullemeden-Becken) durchziehen. Anthropogene Veränderungen (Überweidung) sind in der Landschaft häufig anzutreffen (KOGBE 1973; MENSCHING et. al. 1970; JANKE 1973; MACHENS 1966; GREIGERT und POUGNET 1965, 1967).

Methoden:

Die Auswertung wurde visuell und mit der EDV durchgeführt. Zur visuellen Abgrenzung der Farbmuster wurde über das Bild eine Transparentfolie gelegt und die einzelnen Farbmuster zunächst ohne eine Zuordnung zu Kartiereinheiten abgegrenzt. Die Sicherheit der Zuordnung bestimmter Kartiereinheiten steigt, je unterschiedlicher das Strahlungsverhalten der Einheiten zur Umgebung ist. Es wurde versucht, aus den abweichenden Farbmustern eines Gebietes Rückschlüsse auf die Bodenverhältnisse zu ziehen, die im Gelände überprüft werden mußten. Ein räumliches Sehen ist nur im Überlappungsbereich der Bilder möglich. Für boden- und vegetationskundliche Auswertungen ist ein Vergleich von Bildern am Ende der Trocken- und Regenzeit besonders aufschlußreich.

Die EDV-Auswertung bietet den Vorteil der Maßstabsvergrößerung auf etwa 1 : 20 000. Auch ist eine nachfolgende Generalisierung auf einen mittleren Maßstab zur besseren Darstellung möglich.

Ergebnisse:

Insgesamt wurden 18 Kartiereinheiten auf den Satellitenbildern ausgeschieden. Die Geländearbeit ergab, daß einige Einheiten zusammengefaßt werden konnten. Flächige Signaturen waren gut, lineare hingegen schlecht abgrenzbar. Gut auskartierbar waren aufgrund ihrer Formen und/oder Intensitätsdifferenzen folgende Einheiten:

- offene Wasserfläche (Intensität)
- Gewässernetz (Formen)
- Plinthit-Flächen mit Steilkanten (Intensität, Formen)
- Sand- und Dünengebiete (Formen, Intensität)
- Vegetation und Feuchtstellen (Intensität)
- Bewässerungsgebiete (Intensität, Formen).

Durch einen raschen kleinflächigen Wechsel der Farbmuster entstehen Mischsignaturen. Sie können nicht eindeutig dieser oder jener Kartiereinheit zugeordnet werden. Eine Hilfe bei ihrer Abgrenzung liefert der Vergleich von zeitverschiedenen Aufnahmen. So war im kristallinen Teil des Arbeitsgebietes aufgrund des kleinflächigen Wechsels der Farbmuster die Abgrenzung der Einheiten wesentlich schwieriger als auf dem Ct mit seinen großflächigen Einheiten.

Weitere Mischsignaturen lagen beim bedeckten Laterit (Oxisol) vor. Er ist relativ feucht und erscheint daher im Satellitenbild dunkel. Die substratbedingte Färbung ist nicht von der Färbung zu trennen, die durch die Feuchtigkeit und den Gehalt an organischer Substanz hervorgerufen wird. Die Vegetation ist auf dem bedeckten Laterit stark entwickelt. Sie zeigt oft ein ähnliches Farbmuster wie dunkle, tonige Böden (Gelände der Viehzuchtstation Toukounous). So ist eine sichere Zuordnung der Farbmuster zu Kartiereinheiten ohne Geländekenntnisse nicht möglich.

Einzelne Felder sind visuell im Satellitenbild nicht identifizierbar. Hierfür muß auf die Bildpunktauswertung mit einer EDV-Anlage zurückgegriffen werden. Erste Versuche ergaben, daß aufgrund der Strahlungsintensität z. B. Wasser-, Plinthit-, Sand- und Vegetationsflächen auskartiert werden können. Für eine Übersichtskartierung ist es erforderlich, den Maßstab von 1 : 20 000 auf 1 : 100 000 zu verkleinern. Dies geschieht digital und photooptisch. Dabei ist auch eine Generalisierung möglich. Die EDV-Auswertung kann z. T. die langwierige Handauswertung ersetzen, wodurch Zeit und Kosten gespart werden können.

Ein weiterer Vorteil der EDV-Verarbeitung der Aufnahmedaten ist die Überwachung von Landschaften mit labilem ökologischen Gleichgewicht. Anhand der Wiederholungsbefliegungen können Veränderungen in der Landschaft (z. B. Vegetationsausbreitung, Dünenbildung, Versumpfung) schnell auskartiert werden.

Zusammenfassung und Schlußfolgerungen:

Die Satellitenbildauswertung nutzt die multispektrale Aufnahmetechnik und die Wiederholungsbefliegung um den Kenntnisstand über eine bestimmte Region zu erweitern. Die Aussagekraft der zunächst hypothetischen Bodenkarten hängt dabei von folgenden Voraussetzungen ab:

1. Der Größe der Flächeneinheiten und ihrer deutlichen farblichen Abgrenzung im Satellitenbild.

2. Den Erfahrungen des Bearbeiters.

3. Den vorhandenen Unterlagen.

Aus den bisherigen Ergebnissen der Satellitenbildauswertung können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

- Für aride bis semiaride Klimagebiete liefert das Satellitenbild für eine Kartierung wertvolle Informationen.

- Ohne ausreichende Geländeüberprüfungen sind grobe Fehlbeurteilungen nicht auszuschließen.

- Der Boden ist nur auf der Ebene von Bodenassoziationen, nicht aber auf der Ebene von Bodentypen zu identifizieren.

- In Einzelfällen lassen sich Bodentypen aus bestimmten Merkmalen ableiten (z. B. Plinthitkrusten).
  Auch dabei können Fehlbeurteilungen auftreten.

- Bodendynamische Prozesse wie Erosion, Versalzung, Versumpfung, Überlagerungen usw. lassen sich bei großflächiger Ausbreitung aus dem Satellitenbild gut ableiten.
  Diese Prozesse können jedoch nur bei Wiederholungsbefliegungen erfaßt werden.

- Landschaftselemente wie z. B. die Morphologie, Wasserläufe und die Vegetation können im Satellitenbild gut auskartiert und für bodenkundliche Zwecke genutzt werden.

- Durch die EDV-Bearbeitung der Aufnahmedaten ist eine Beschleunigung und Verbesserung der Auswertung zu erreichen. Dies trifft vor allem für Gebiete mit Mischsignaturen zu, die dann aufgrund der Vergrößerung auf 1 : 20 000 zu trennen sind.

- Flächen, die kleiner als 0,45 ha (79 x 57 m in der Natur) sind, können z. Z. aus technischen Gründen nicht identifiziert werden.

Literatur

BOCQUIER, G. et GAVAUD, M. : Republique du Niger, Carte Pedologique de l' Ader Doutchi. 1 : 100 000. O. R. S. T. O. M. (keine Jahresangabe).

B. R. G. M., 1959: Afrique Occidentale, Carte Geologique, Blatt Nr. 5 u. 6 (Mali-Obervolta-Niger). 1 : 2 M.

D' HOORE, J. L., 1964: Soil Map of Africa, Blatt 5, 1 : 5 M. Commission for Technical co-operation in Africa (C. C. T. A.); Interafrican Pedological Service Joint Project No. 11, Lagos 1964.

GAVAUD, M. et BOULET, R., 1964, 1977: Carte Pédologique de Reconnaissance de la Republique du Niger 1 : 500 000. Blatt Niamey, Maradi, O. R. S. T. O. M.

GREIGERT, J., 1961: Republique du Niger, Carte Geologique de Reconnaissance du Bassin des Iullemeden 1 : 1 M.

GREIGERT, J. et POUGNET, R. ,1966: Republique du Niger. Carte Geologique. 1 : 2 M. B. R. G. M.

GREIGERT, J. et POUGNET, R., 1967: Essai de description des formations geologiques de la Republique du Niger. Mémoires du B. R. G. M., No 48.

Institute Geographique National (I. G. N.) Paris, 1969 - 1971: Topographische Karte. Carte de l' Afrique de l' Ouest, Republik du Niger, 1 : 200 000 (alle Blätter).

JANKE, B., 1973: Naturraumpotential und Landnutzung im Nigertal bei Niamey/Rep. Niger. Geograph. Ges. Hannover.

KANTOR, W., 1977: Auswertung von Satellitenbildern als Basismaterial für die Erarbeitung eines langfristigen Sahel-Hilfeprogramms. BGR-Zwischenbericht, Hannover, Juli 1977.

KOGBE, C. A., 1973: Geology of the upper cretaceous and tertiary sediments of the Nigerian sector of the Iullemeden Basin (Westafrica). Geol. Rundsch. 62: 197 - 211.

MACHENS, E., 1966: Republique du Niger, Carte Geologique du Niger Occidental 1 : 200 000. B. R. G. M.

MENSCHING, H., GIESSNER, K. und STUCKMANN, G., 1969/70: Sudan - Sahel - Sahara. Geomorphologische Beobachtungen auf einer Forschungsexpedition nach W - und N - Afrika. Jhrb. Geogr. Ges. Hannover.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 549-556 (1977)

Chloridgehalte in der wurzelnahen Bodenlösung und in Maiswurzeln bei Bewässerung mit chloridhaltigem Wasser

von

U. Schleiff[+]

1. Einführung und Problemstellung

Bei hohen Salzgehalten in der Bodenlösung besteht für Kulturpflanzen die Gefahr, trotz hoher Wassergehalte des Bodens nur unbefriedigend mit Wasser versorgt zu werden. Voraussetzung für eine gute Wasseraufnahme der Pflanzen ist eine ausreichende Differenz der Wasserpotentiale zwischen Boden und Pflanze, die bei salzhaltiger Bodenlösung jedoch abnimmt. Aus Untersuchungen in Preßsäften von Gerstesprossen geht hervor, daß bei zunehmender Substratversalzung auch das Wasserpotential in Pflanzen durch Cl^--Akkumulation um 4-5 at abnehmen kann (Bihler aus Kreeb, 1974).

Für die Wasserversorgung der Pflanzen von besonderem Interesse aber ist der Grad der osmotischen Anpassung in dem eigentlichen Organ der Wasseraufnahme, der Wurzel, die der salzhaltigen Bodenlösung direkt ausgesetzt ist. Sie entnimmt das Wasser aus ihrer unmittelbaren Umgebung, wo die Salzgehalte meist wesentlich höher als in der wurzelfernen Bodenlösung liegen. Dies geht aus folgender Überschlagsrechnung zur Wasser- und Cl^--Aufnahme hervor: Zur Erzeugung von 1 g Tr.S. werden z.B. 500 ml Wasser von der Pflanze aufgenommen. Cl^--Gehalte in Weizensprossen zur Zeit des Ährenschiebens betragen 50-80 meq Cl^-/g Tr.S. Demnach dürften Cl^--Gehalte in Bodenlösungen, die $>$ 1-1,6 meq/g Tr.S. sind, zu Cl-Anreicherungen in Wurzelnähe bzw. in der Wurzel führen.

[+] Lehrgebiet für Bodenkunde und Kulturtechnik der TU Braunschweig

Riley und Barber (1970 und Sinha und Singh (1976) bestimmten in der Wurzelnähe deutlich höhere Salzgehalte im Vergleich zur durchschnittlichen Bodenlösung, die abhängig von der Transpirationsrate und dem Salzgehalt der Bodenlösung waren.

Im vorliegenden Beitrag wird der Einfluß unterschiedlicher Wassergaben auf die Cl^--Gehalte der wurzelnahen Bodenlösung und die Fähigkeit der Wurzeln, durch Cl^--Aufnahme zur Erhaltung der notwendigen Differenz der Wasserpotentiale zwischen Boden- und Wurzelwasser beizutragen, untersucht.

2. Versuchsdurchführung

Aussaat von Mais, Sorte Eta, in PVC-Vegetationsgefäßen von 45 cm Höhe, 310 cm^2 Oberfläche und 13 l Volumen, die mit einer Mischung aus 16 kg Quarzsand (0,1-0,5 mm Korngröße) und 1,5 kg Ca-Bentonit gefüllt waren; maximale Wasserkapazität 4,2 l/Gefäß (=34 Vol.%), Wasserkapazität bei 50-60 % pflanzenverfügbaren Wassers 3 l/Gefäß (=24 Vol.%); teilweise Fällung des Ca^{2+} durch Vorbefeuchtung des Substrates mit 2 l Wasser, das 40 meq Na HCO_3/l, 20 meq Mg SO_4/l und 20 meq Na_2 SO_4/l enthielt.

Zusammensetzung des Bewässerungswassers entsprechend Tab. 1; Bewässerung mit 1,2 l/Gefäß (=40 mm) erfolgte nach Abnahme der Wassergehalte auf 50-60 % pflanzenverfügbaren Wassers, kleinere Wassergaben bei Vegetationsbeginn.

Tab. 1: Composition of irrigation water

Degree of problem (Ayers, Westcot, 1976)	EC in mmhos/cm	Concentration in meq/l			
		Na^+	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}
No problem	0,62	2,5	2,5	3,5	1,5
Increasing problem	3,0	15	15	21	9
Severe problem	4,7	25	25	35	15

N-Düngung in 4 Gaben à 280 mg N/Gefäß als NH_4 NO_3, P-Düngung in 2 Gaben à 310 mg P/Gefäß als K H_2 PO_4 · H_2O. Entnahme der Wurzelproben aus 5 - 20 cm Tiefe nach 4-5 Wochen Vegetationsdauer im 8-9 Blattstadium, Abschütteln wurzelferner Bodenteilchen, Abspülen wurzelnaher Bodenteilchen in 50 ml aqua dest., Cl^--Bestimmung im Filtrat mit 0,01 n Ag NO_3 und 5 %iger K_2 C_rO_4 als Indikator.

Ermittlung der Cl^--Gehalte in wurzelnaher Bodenlösung durch Bezug des gemessenen Cl^- auf die abgespülte Bodenmenge mit 20 Gew.% H_2O. Bestimmung der Cl^--Gehalte in Wurzeln nach Trocknung bei 70 °C und 105 °C, 30 Minuten Schütteln in 2 %iger HNO_3. Ableitung osmotischer Potentiale aus kryoskopischer Messung wäßriger Lösungen zu je 50 meq % NaCl und $MgCl_2$: $y_{at} = 28,7 \cdot x$ meq Cl^-/l (Schleiff, 1976).

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Chloridgehalte durchschnittlicher Bodenlösungen und in Wurzelnähe

Die Chloridkonzentrationen von Bodenlösungen sind abhängig vom Wassergehalt des Bodens. Die in Fig. 1 aufgetragenen Cl^--Konzentrationen wurden bei Gefäßkapazität und Austrocknung auf 50 % pflanzenverfügbares Bodenwasser aus der Cl^--Zugabe und dem entsprechenden Wassergehalt der Gefäße rechnersich ermittelt. Die Cl^--Messung im 1:2-Extrakt ergab meist um 20-30 % geringere Werte.

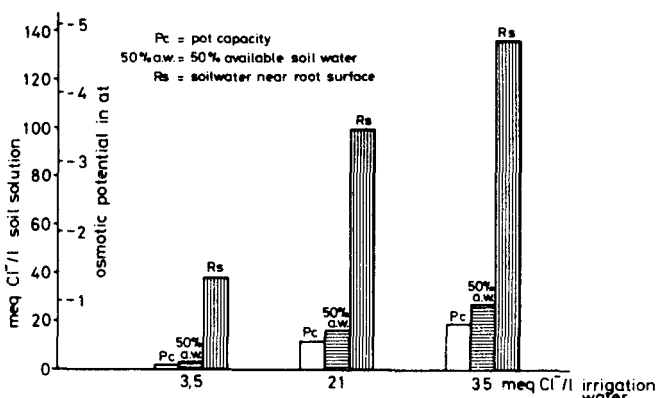


Fig. 1: Chloride concentration of soil solution in the average and near the root surface

Abb. 1: Chlorid-Konzentration in der durchschnittlichen Bodenlösung und an der Wurzeloberfläche von Mais

Die Probenahme wurde 6 Tage nach einer 40-mm-Bewässerung und unmittelbar vor der nächsten Bewässerung vorgenommen. Der durchschnittliche Salzgehalt der Bodenlösung bei 50 % pflanzenverfügbaren Boden-

wassers betrug entsprechend Fig. 1 3, 16 und 27 meq Cl^-/l. Bedingt durch die Bewegung salzhaltiger Bodenlösung zur Wurzeloberfläche einerseits und die selektive Aufnahme von nur gering salzhaltigem Wasser durch die Pflanzenwurzel andererseits, blieben in Wurzelnähe sehr viel salzreichere Bodenlösungen zurück. Die Salzakkumulation in Wurzelnähe ist abhängig vom durchschnittlichen Salzgehalt der Bodenlösung. Bei guter Wasserqualität mit niedrigen Cl^--Gehalten war die Cl^--Konzentration in Wurzelnähe mit 40 meq Cl^-/l 13mal höher als in der durchschnittlichen Bodenlösung bei 50 % pflanzenverfügbaren Bodenwassers. Bei 35 meq Cl^-/l im Bewässerungswasser war die Cl^--Versalzung der Wurzeloberfläche mit 135 meq Cl^-/l noch 5mal höher als in der durchschnittlichen Bodenlösung.

3.2 Einfluß unterschiedlicher Wassergaben auf die Salzakkumulation an der Wurzeloberfläche

Eine Bewässerungsgabe erniedrigt die Konzentration der Bodenlösung n der Wurzelzone durch Verdünnung und gegebenenfalls durch Salzauswaschung bis unterhalb der Wurzelzone. Dadurch wird der Salzstreß für die Pflanzenwurzel verringert. Die Abnahme der durchschnittlichen Versalzung der Bodenlösung wird aus dem Mischungsverhältnis und den Salzgehalten von Bodenlösung und Bewässerungswasser abgeleitet. In derartigen Berechnungen bleibt der Einfluß einer Wassergabe auf die wurzelnahe Bodenlösung, der die Wurzeln tatsächlich ausgesetzt sind, unberücksichtigt. Welche Bedeutung nun die Höhe unterschiedlicher Wassergaben auf die Versalzung der wurzelnahen Bodenlösung haben kann, wird in Fig. 2 dargestellt.

Die Salzkonzentration an der Wurzeloberfläche von Wurzeln aus 5-20 cm Bodentiefe wurde schon durch eine niedrige Wassergabe von 35 mm deutlich gesenkt; bei niedriger und mittlerer Salzanreicherung von 40 bzw. 100 meq Cl^-/l Bodenlösung auf etwa die Hälfte, bei hoher Salzanreicheung von 140 meq Cl^-/l auf 100 meq Cl^-/l (Fig. 2). Die Salzauswaschung aus der wurzelnahen Bodenlösung durch eine 90 mm-Bewässerung war dagegen wesentlich effektiver. Noch drei Tage nach der Bewässerung war die wurzelnahe Versalzung deutlich geringer als bei der 35 mm-Gabe unmittelbar nach der Bewässerung.

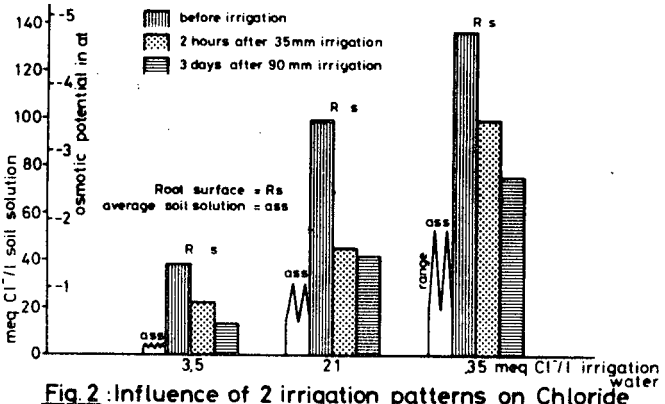


Fig. 2 :Influence of 2 irrigation patterns on Chloride accumulation on root surface

Abb. 2: Einfluß 2 unterschiedlicher Bewässerungsgaben auf die Chlorid-Akkumulation an der Wurzeloberfläche

3.3 Chloridgehalte in Maiswurzeln bei zunehmender Versalzung

Das Wasserpotential der wurzelnahen Bodenlösung wurde durch 3,5 meq Cl^-/l Bewässerungswasser um 1 at, bei 21 meq Cl^-/l um 2 at und bei 35 meq/l um 4 at erniedrigt (Fig. 3). Damit die Wasserauf-

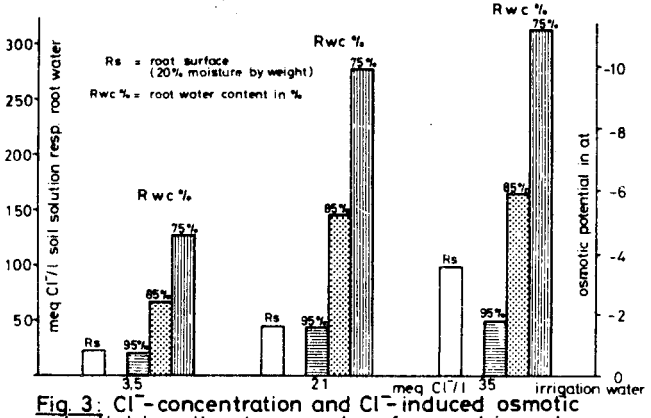


Fig. 3: Cl^--concentration and Cl^--induced osmotic potential in soil water on root surface and in root water at different water contents

Abb. 3: Cl^--Konzentration und Cl^--verursachtes osmotisches Potential im Bodenwasser an der Wurzeloberfläche und im Wurzelwasser bei verschiedenen Wassergehalten der Wurzel

nahme der Wurzeln insbesondere bei einem Wasserpotential von -4 at nicht erheblich eingeschränkt wird, muß auch in der Wurzel eine entsprechende Abnahme des Wasserpotentials stattfinden. Welchen Beitrag die von der Wurzel aufgenommenen Chloride leisten können, soll durch Bezug der Cl^--Gehalte auf die aktuelle Wassermenge in der Wurzel dargestellt werden.

Da die Messung aktueller Wassergehalte von Wurzeln im Boden bei unterschiedlichem Austrockungsgrad technisch nicht durchführbar ist, müssen Schätzwerte genommen werden. 95 % Wassergehalt in Wurzeln ist als ein hoher Wert anzusehen, der unmittelbar nach der Bewässerung erreicht wird. Zwiebelwurzeln von salzhaltigen Böden, die gewaschen, mit Filterpapier getrocknet und anschließend bei 105 °C getrocknet wurden, enthielten 93-95 % Wasser.

Mit abnehmendem Matrixpotential des Bodens sinkt auch der Wassergehalt von Wurzeln. Eine Abnahme der Wassergehalte von 95 auf 85 % verursacht eine Cl^--bedingte Abnahme der Wasserpotentiale um etwa 200 %, das ist in der 35 meq Cl^-/l-Variante eine Abnahme von -2 auf -6 at und entspricht einer Zunahme der Chlorid-Konzentration von 50 auf 160 meq Cl^-/l Wurzelwasser.

Niedrigere Wassergehalt von 75 % erscheinen unter salzarmen Bedingungen wie bei 3,5 meq Cl^-/l möglich und würden mit etwa 120 meq Cl^-/l Wurzelwasser noch nicht zu einer irreversiblen Schädigung führen. Bei hoher Bodenversalzung und gleichzeitiger Abnahme der Wassergehalte von Wurzeln auf 75 % würde die Cl^--Konzentration im Wurzelwasser bis auf 300 meq Cl^-/l zunehmen und sicher letal wirken. Da der Sukkulenzgrad von Pflanzen bzw. Pflanzenteilen mit dem Cl^--Gehalt zunimmt, erscheint eine Abnahme der Wassergehalte lebender Maiswurzeln mit hohen Cl^--Gehalten bis auf 75 % unwahrscheinlich. Eine Chlorid-bedingte Abnahme osmotischer Potentiale in Maiswurzeln um -10 at durch Cl^--Salze dürfte unrealistisch sein.

4. Schlußfolgerungen

Eine Beurteilung von Salzschadwirkungen an Hand der Entwicklung der durchschnittlichen Bodenversalzung ist oft sehr unbefriedigend. Bei gleicher durchschnittlicher Versalzung der Wurzelzone kann sich je nach Bewässerungsmaßnahme die Versalzung der wurzelnahen Bodenlö-

sung und die Salztoleranz der Pflanzen erheblich unterscheiden. Detaillierte Kenntnisse über den Einfluß verschiedener Bewässerungsverfahren auf den Verlauf der Bodenversalzung in Wurzelnähe bzw. an den Wurzeloberflächen in der Hauptwurzelzone könnten sicher einen Beitrag zur Auswahl optimaler Bewässerungsmaßnahmen mit geringstem Salzschaden liefern.

Der pflanzenverfügbare Wassergehalt eines versalzten Bodens mit einem bestimmten Matrixpotential verringert sich nach Ayers und Westcot (1976) entsprechend der Abnahme des Wasserpotentials durch gelöste Salze in der Bodenlösung: Matrixpotential und osmotisches Potential gemeinsam begrenzen die Pflanzenverfügbarkeit des Bodenwassers, wobei als letaler Grenzwert -15 at Wasserpotential angenommen werden. Diese einfache Addition des Matrix- und osmotischen Potentials zur Ermittlung des Wasserpotentials mag vorläufig als Entscheidungshilfe im praktischen Bewässerungsfeldbau ausreichen. Die unterschiedlichen Ursachen für die abnehmende Verfügbarkeit des Bodenwassers einerseits und die Möglichkeiten der Pflanzenwurzel andererseits, das Wasserpotential durch Salzaufnahme erheblich zu senken, deuten auf die Notwendigkeit einer differenzierten Betrachtungsweise hin.

Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziert. Fräulein Gelleszun danke ich für die Sorgfalt bei der Durchführung der Versuche.

Riley, D. and Barber, S.A.: Salt accumulation at the soybean (Glycine max. (L.) Merr.) root-soil interface
Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol 34, 1970, 154-155

Sinha, B.K. and Singh, N.T.: Salt distribution around roots of wheat under different transpiration rates
Plant and Soil 44, 1976, 141-147

Schleiff, U.: Chlorid- und Kationengehalte von Weizensprossen im Vegetationsverlauf bei zunehmender Bodenversalzung durch Bewässerung mit chloridhaltigem Wasser
Mitt. des Leichtweiß-Institutes für Wasserbau der Techn. Univ. Braunschweig, H.50, 1976, 423-431

Ayers, R.S. and Westcot, D.W.: Water quality for agriculture, irrigation and drainage paper 29, Rome, 1976

Kreeb, K.: Ökophysiologie der Pflanzen
G. Fischer Verlag, Stuttgart, 1974

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 557-558 (1977)

Zur Problematik der Wasser- und Salzbilanzierung eines Bewässerungsgebietes (Autorreferat)+

von

Schaffer, G.++

Die nachhaltige Ertragsfähigkeit des Bodens unter Bewässerungsfeldbau in ariden Klimaräumen kann bei unausgeglichenem Wasser- und Salzhaushalt durch Versalzung gemindert oder sogar gefährdet werden. Einen gewissen Aufschluß über Ursachen und Umfang der Bodenversalzung kann die Wasser- und Salzbilanz geben. Versucht man jedoch, eine derartige Bilanz für ein größeres Bewässerungsgebiet aufzustellen, ergeben sich Probleme, die ihre Genauigkeit und Vollständigkeit betreffen. Anhand der Bilanzierung für das Tinajones-Bewässerungsgebiet (siehe umseitige Skizze) in Nord-Peru werden die angesprochenen Probleme aufgezeigt. Sie werden vornehmlich von der Inhomogenität des Bewässerungsgebietes (nachgewiesen mittels Luftaufnahmen) sowie von ungenauen, teils fehlenden Eingabedaten für die Bilanz verursacht. Um sowohl den einwandfrei belegbaren Nachweis über die örtlich sehr unterschiedlich ablaufende Bodenversalzung, als auch Grunddaten für die Planung der Be- und Entwässerung, des Anbaus etc. gewinnen zu können, ist ein enges Meß- und Beobachtungsnetz von Bodenprofilen und Grundwasserbeobachtungsrohren über das gesamte Bewässerungsgebiet unbedingt erforderlich. Diese dienen zur Erlangung von hydrophysikalischen und chemischen Kennwerten sowie von Angaben über Salinitätsänderung und Bewegung des Boden- und Grundwassers.

+ Die Originalarbeit ist unter dem gleichnamigen Titel in Heft 50 (1976) der Mitt. d. Leichtweiß-Instituts für Wasserbau der Technichen Universität Braunschweig erschienen

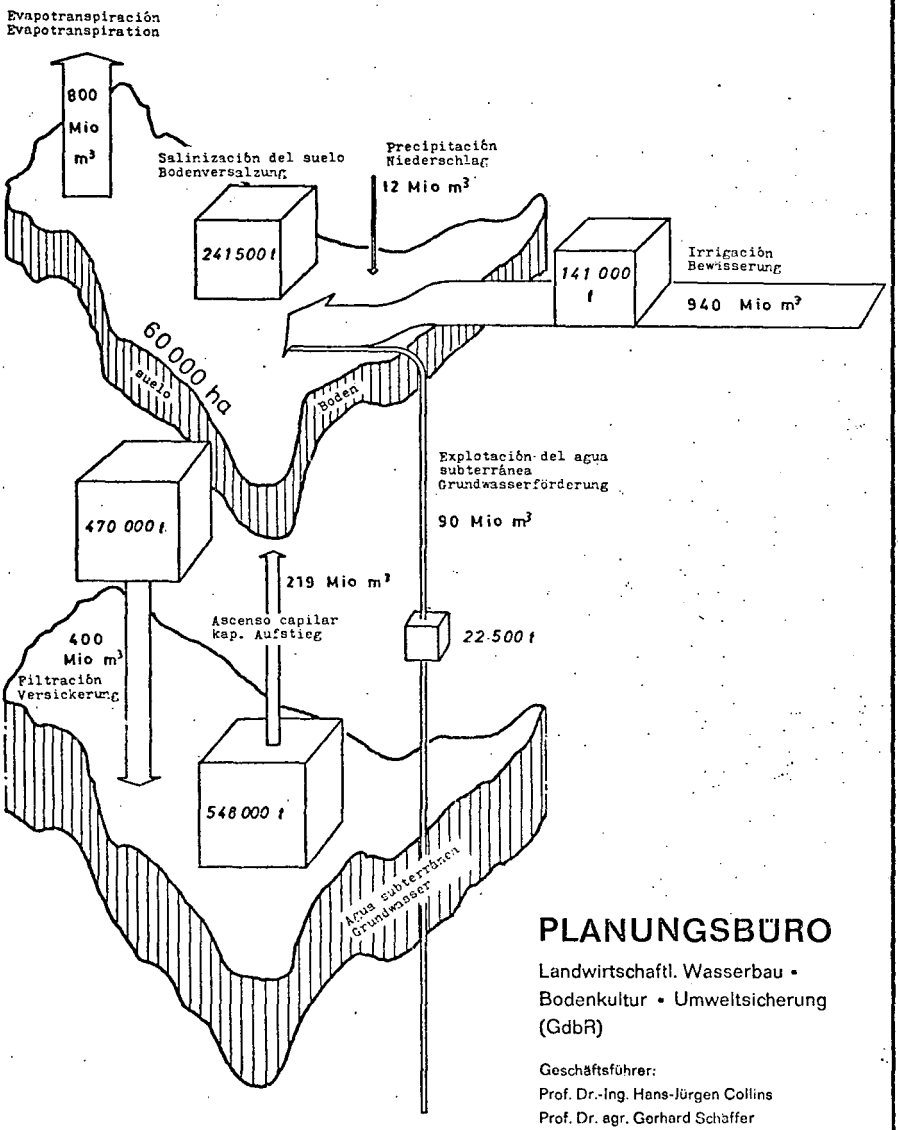
++ Leichtweiß-Institut für Wasserbau der TU Braunschweig, Beethovenstraße 51a, 3300 Braunschweig, Postfach 33 29

Zona de Riego del Valle de Chancay

Bewässerungsgebiet Chancaytal / Peru

Balance medio anual de aguas y sales

Durchschnittliche Jahresbilanz für Wasser und Salz



PLANUNGSBÜRO

Landwirtschaftl. Wasserbau • Bodenkultur • Umweltsicherung (GdbR)

Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Collins
Prof. Dr. agr. Gerhard Schäffer

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 559-570 (1977)

Klimasequenzen von Steppenböden aus Osteuropa und den USA unter besonderer Berücksichtigung der Genese des "argillic horizon"

von BRONGER, A.+

Einleitung und Problemstellung

Sowohl in den Steppengebieten Osteuropas wie in den Präriegebieten der westlichen Central Lowlands und der Great Plains der USA findet sich eine ausgeprägte zonale Anordnung des Klimas und damit der Vegetation: vom Laubwald über die Waldsteppe, Langgrassteppe (bzw. -prärie), Kurzgrassteppe (-prärie) bis hin zur Wüstensteppe bzw. Halbwüste. Jedoch folgen in den USA die Zonen von Osten nach Westen, in der SU von Norden nach Süden: bei sinkenden Niederschlägen nehmen die Temperaturen, damit die potentielle Verdunstung zu. Außerdem liegt die Nordgrenze der Great Plains der USA auf der gleichen geographischen Breite wie der zentrale Teil der Ukraine, wobei andererseits im westlichen und auch noch im mittleren Teil der europäischen SU die zusätzliche Erwärmung durch den Golfstrom, wenn auch in sehr abgeschwächter Form sich bemerkbar macht. Diese Unterschiede der zonalen Anordnung dürften ein wesentlicher Grund dafür sein, daß zwar die Böden der Steppengebiete i.e.S. der europäischen SU mit denen der nördlichen Great Plains im Ganzen noch gut vergleichbar sind, daß es aber große Schwierigkeiten machte, die "Prärieböden" (später Bruniseme, heute Udolls) der USA mit den Waldsteppenböden Osteuropas zu vergleichen (s.u.).

Größere Teile beider Gebiete sind mit Löß bedeckt, so daß der bodenbildende Faktor Ausgangssubstrat bei der vergleichenden Betrachtung der Bodensequenzen weniger ins Gewicht fällt. In beiden Gebieten ist die Verbreitung der Böden recht gut bekannt

+ Geographisches Institut der Universität, 23 Kiel, Olshausenstr. 40-60

(u.a. 1, 15, 21, 23), jedoch sind nur wenige Versuche unternommen worden, die Böden beider Steppengebiete miteinander zu vergleichen, um die unterschiedliche Struktur und Genese der Bodendecke zu deuten (u.a. 10, 11, 12, 16, 24).

Aus diesem Fragenkomplex soll hier ein spezieller Problemkreis herausgegriffen werden. In welchen Böden der Klimasequenz zwischen Wald und Trockensteppe läuft der Prozeß der Tonverlagerung ab? Im südlichen Ostmitteleuropa ist eine gegenwärtige Tonverlagerung nur in Lößböden unter Wald mikromorphologisch zu beobachten, nicht mehr in Gebieten mit Waldsteppe als potentieller natürlicher Vegetation (5). Findet sich der Prozeß der Tonverlagerung in den Lößböden Osteuropas ebenfalls nur unter Wald oder auch in der Waldsteppe oder sogar der Steppe i.e.S.? In den Central Lowlands der USA haben jedoch nicht nur Waldböden (Udalfs) und Böden der "Waldprärie" (17, 19), d.h. einige der Udolls einen um $\geqslant$ 20% höheren Tongehalt im Unterboden (s. Abb.1), der dann als Tonanreicherungshorizont bzw. "argillic horizon" angesprochen wird. Auch in den Great Plains bis hin zur Kurzgrasprärie sind unter den Ustolls (früher Tschernoseme und Kastanoseme) und sogar unter den Aridisols solche weitverbreitet, die einen argillic horizon besitzen (1). Wie sind diese Unterschiede in Struktur und Genese der Bodendecke zu deuten? Ist der höhere Tongehalt im Unterboden im Vergleich zum jeweiligen A-Horizont auch in den Ustolls und Aridisols (s.Abb.1), der zur Ausgliederung des argillic horizon als "diagnostischer Horizont" führt, nur durch Tonilluviation erklärbar?

Dabei muß betont werden, daß die Definition der "diagnostischen Horizonte" eine "streng genetische Richtung" (8) haben soll. Der argillic horizon wird genetisch als Illuvialhorizont angesehen, "in dem Tone aus Schicht- und Gittersilikaten durch Illuviation in einem bestimmten Ausmaß angereichert sind" (26, S.19, auch 9, 14). Das wichtigste notwendige Kriterium, das offensichtlich im allgemeinen auch als hinreichend angesehen wird, ist die Zunahme des Tongehalts um $\geqslant$ 20% gegenüber dem überlagernden Horizont. Daneben werden in vielen, aber nicht in allen Fällen makroskopisch sichtbare Tonhäutchen als zusätzliches Kriterium angesehen, dazu ein erweitertes Feinton: Gesamtton-Verhältnis.

Material und Methoden

Die genannten Fragen wurden anhand von Bodensequenzen untersucht,

einmal zwischen Moskau und der Krim, wo die wesentlichsten Bodentypen der südlichen Laubwaldzone, der Waldsteppe und der Steppe i.e.S. anläßlich des 10. Internationalen Bodenkundlichen Kongresses, studiert und Proben, insbesondere für mikromorphologische Untersuchungen, genommen werden konnten. Untersucht wurden ein "Grauer Waldboden" bei Pushino/Oka, drei "mächtige" oder "typische Tschernoseme" (unter ursprünglicher Steppe, unter 200-jährigem Wald mit Grasdecke und unter Ackerland) im Waldsteppengebiet nahe Kursk, ein "dunkelgrauer podsolierter Waldboden" in einem ursprünglichen Wald in der südlichen Waldsteppe nahe Kharkov, ein "gewöhnlicher Tschernosem" der Festuca-Stipa Steppe nördlich Zaporozhye, ein "südlicher Tschernosem" der Festuca-Stipa Trockensteppe etwas nördlich Melitopol und ein "dunkler Kastanosem" bei Askania Nova in einer noch trockneren Festuca-Stipa Steppe, vergesellschaftet mit Solonezböden (s. auch 25). Diesen Untersuchungen werden Ergebnisse von Lößböden aus dem südöstlichen Mitteleuropa (5) gegenübergestellt.

In den Präriegebieten der USA wurden während eines längeren Aufenthaltes 1976[1)] einmal Böden auf Geschiebemergel in einer Klimasequenz vom Osten Nord-Dakotas bis in den nördlichen Teil Montanas studiert. Die bisherigen Hauptuntersuchungen, auf die sich die folgenden Ausführungen stützen, wurden in einer Klimasequenz von Lößböden vor allem im mittleren Teil der Waldprärie und Langgrasprärie von den Udalfs über die Udolls in Iowa und Ostnebraska durchgeführt. Besonders wurden Udic Argiustolls der Langgrasprärie, noch im Osten, ein Typic Argiustoll der gemischten Prärie und ein Aridic Argiustoll der Kurzgrasprärie im zentralen Teil und im Westen Nebraskas, zwei Aridic Argi- bzw. Paleustolls im Nordosten Colorados und zum Vergleich ein Ustollic Haplargid im Süden Montanas ebenfalls der Kurzgrasprärie (mit Artemisia tridentata) untersucht. - Die Böden der südlichen Great Plains, vor allem (Pale) Ustolls und (Pale) Ustalfs reichen in ihrer Entstehung oft bis weit ins Mittelpleistozän, z.T. möglicherweise bis ins Tertiär zurück. Deshalb bestehen keine regelhaften Beziehungen zu den bodenbildenden Faktoren der Gegenwart, insbesondere zum heutigen Klima und heutiger (potentieller natürlicher) Vegetation (19).

---

1) Der DFG sei für eine Reisebeihilfe gedankt.

Der oben skizzierten Problemstellung entsprechend lag das Schwergewicht auf den mikromorphologischen Untersuchungen der genannten Böden, denn sie ermöglichen den Nachweis einer Tonverlagerung. Darüber hinaus kann die Mikromorphologie Auskunft darüber geben, ob der Prozeß der Tonverlagerung in einem früheren Stadium der Bodenentwicklung abgelaufen ist (22, 4, 5, 6). Jedoch können daraus ableitbare Schlußfolgerungen auf die (Poly)Genese von Böden hier nur angedeutet werden.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen können nur kurz unter den Blickpunkt der o.g. Fragestellung zusammengefaßt werden.
Die drei "mächtigen" bzw. "typischen Tschernoseme (am ehesten "Typic Vermiborolls") in der Waldsteppe von Kursk ähneln sich in ihrem Horizontaufbau - abgesehen von A_p-Horizont im Profil unter Ackerland - weitgehend. Unter einem ca 80 cm mächtigen, carbonatfreien A_h- folgt ein $A_{(ca)}$-Horizont mit Bieloglaska und Pseudomycel als Zeichen intensiver Carbonatmetabolik. In diesem Horizont ist durch Bioturbation Material aus dem liegenden Löß eingearbeitet, kenntlich vor allem an den zahlreichen Krotowinen, die auch im Löß vorkommen. Die Mikromorphologie aller drei Böden ist im A_h- und besonders im $A_{(ca)}$-Horizont charakterisiert durch ein hohlraum- und aggregatreiches Feinschwammgefüge. Das gilt auch für den Tschernosem, der sich seit 200 Jahren unter Eichenwald, vorher unter Steppe entwickelt hat, insbesondere ist auch hier nirgends Feintonplasma[1] zu sehen.

Der "gewöhnliche Tschernosem" ("Typic Haplustoll" bzw. "Vermustoll") nördlich Zaporozhye mit einem A_h- bis 60 cm (bis ca. 55 cm carbonatfrei) und einem $A_{(ca)}$-Horizont bis 80 cm, der "südlichen Tschernosem" ("Aridic Haplustoll", A_h- bis 50 cm, $A_{(ca)}$- bis 60 cm) und der "dunkle Kastanosem" (ebenfalls "Aridic Haplustoll", A_h- bis 40 cm, $A_{(ca)}$ bis 55 cm) zeigen mikromorphologisch ein im Ganzen recht ähnliches Bild wie der "typische Tschernosem". Die biologische Durchmischung nimmt nach Süden (mit trockener werdendem Klima) langsam ab.

---

1) Braunlehm-Teilplasma nach KUBIENA (18); wahrscheinlich weitestgehend identisch mit dem Begriff "illuviation argillans" (3) bzw. mit dem Begriff "clay skins" in der mikromorphologischen Einschränkung von NETTLETON et al. (20).

Unter ursprünglichem (altem) Wald findet sich dagegen auch in der südlichen Waldsteppe bei Kharkov kein Tschernosem, sondern ein "dunkelgrauer podsolierter Waldboden" ("Typic Argiudoll" nahe dem "Hapludoll") mit einem gut 50 cm mächtigen A_h- über einem 70 cm mächtigen B_{vt}-Horizont mit einigen Krotowinen. Mikromorphologisch besitzt dieser Boden auch noch im unteren B_{vt}-Horizont ein hohlraumreiches Feinschwammgefüge, sehr ähnlich wie in einem Tschernosem. Das Feintonplasma umgibt die Aggregate nur in dünnen Säumen als Zeichen für eine hier nur geringe Tonverlagerung. - Auch in der (wärmeren und) trockneren Dobrogea/Rumänien haben in der dortigen Steppe die Tschernoseme ein A-C-Profil, d.h. keinen argillic horizon. In den wenigen - edaphisch bedingten - Waldinseln tritt dagegen kein Tschernosem, sondern ähnlich wie bei Kharkov ein Waldboden mit einem mächtigen A_h-Horizont (47 cm, mit AB-Hor. 63 cm) und einem ebenfalls mächtigen, entkalkten $B_{v(t)}$-Horizont (45 cm) auf, in dem die Tonverlagerung nur im oberen Teil in Form von ganz schmalen Säumen vom Feintonplasma in nur wenigen der zahlreichen Leitbahnen zu sehen ist, im A_h-Horizont fehlt auch hier ein Eluvialgefüge (näheres s. 5).

Dieser letzte Boden, wie der ihm sehr ähnliche Boden bei Kharkov als "dunkelgrauer (podsolierter) Waldboden" angesprochen, weist nach seinem Horizontaufbau wie nach seiner Mikromorphologie eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Udoll (früher Brunizem) z.B. dem der "Tama"-Serie (s.Abb.1) auf. Auch dieser hat einen auffallend mächtigen A_h-Horizont bis über 60 cm und einen gut 20 cm mächtigen AB-Übergangshorizont ("B_1"- in der amerikanischen Nomenklatur, vgl. Abb.1), darunter einen bis 60 cm mächtigen, farblich deutlich abgesetzten, braunen B_{vt}-Horizont. Mikromorphologisch zeigt nicht nur der A_h- sondern auch der ganze B_{vt}-Horizont ein aggregatreiches Feinschwammgefüge, was nur im unteren Teil etwas hohlraumärmer ist. Nur im mittleren Teil ("B_2"-) ist - im ganzen sehr wenig - Feintonplasma zu finden, das zwar noch doppelbrechend, aber zum größeren Teil bereits im Gefüge vereinnahmt ist. Im untersten Teil des B_{vt}-Horizontes ("B_3") sind nur Spuren von Feintonplasma im Gefüge sichtbar, gealtert, mit abgenommener Doppelbrechung. Infolge der mikromorphologisch nur geringen Tonverlagerung auch des Fehlens eines Eluvialgefüges steht der hier untersuchte Boden einem Hapludoll näher als einem Argiudoll. - Bemerkenswert ist,

daß dieser Boden ein Prärie- d.h. Steppenboden ist, die makro- wie mikromorphologisch sehr ähnlichen "dunkelgrauen Waldböden" der (Wald)Steppe in Osteuropa dagegen nur unter Wald vorkommen. Dieser scheinbare Widerspruch läßt sich am ehesten durch eine unterschiedlich verlaufene Klima- und Vegetationsgeschichte, damit unterschiedliche Bodenentwicklung erklären, worauf an anderer Stelle näher eingegangen werden soll.

Auch die nach Westen (mit trockener werdendem Klima) sich anschließenden Ustolls haben nun sehr häufig ein Tonmaximum im mittleren Teil des Profils (Beispiele s.Abb.1), so daß der entsprechende Horizont als argillic horizon bezeichnet wird. Dieser dient wiederum als "diagnostischer Horizont" dazu, die Argiustolls (und Paleustolls) von den übrigen Ustolls zu unterscheiden. Der oft bedeutend höhere Tongehalt im jeweiligen Unterboden dieser weit verbreiteten Argiustolls (vgl.1) ist auch am Profil häufig durch ein subpolyedrisches Gefüge sichtbar, das sich vom Krümelgefüge des Oberbodens deutlich abhebt. Besonders bei Böden in der Kurzgrasprärie ist dieser Unterschied zu entsprechenden Böden Osteuropas (s.o.) auffallend. Oft sind die Unterschiede im Tongehalt (s.Abb.1) und damit im Makrogefüge des argillic horizon im Vergleich zum jeweiligen Oberboden so groß, daß man an ein Mehrschichtenprofil bzw. an einen polygenetischen Boden denken muß.

Mikromorphologisch zeigt aber nicht nur der A-Horizont der untersuchten Argiustolls ein aggregat- und hohlraumreiches Feinschwammgefüge. Auch in den "B_2"- bzw. "B_{2t}" -Horizonten der Udic, Typic und Aridic Argiustolls von Nebraska findet sich in vielen Teilen, im Westen sogar vorwiegend ein noch aggregat- und hohlraumreiches Brückengefüge; bei den Udic Argiustolls sind Teile des Gefüges hohlraumarm. Feintonplasma als Anzeichen für den Prozeß der Tonverlagerung findet sich nur in Spuren am Rande von schorfigen Aggregaten; in der Mehrzahl der Profile fehlt es vollkommen. Im Aridic Argiustoll sowie im Aridic Paleustoll in der Kurzgrasprärie von NE Colorado und ebenfalls im Ustollic Haplargid im Süden Montanas (s.Abb.1) ist die Mehrschichtigkeit innerhalb der Bodenprofile mikromorphologisch ganz eindeutig. Der jeweilige A_h-Horizont vom Aridic Argi- bzw. Paleustoll besitzt ebenfalls noch ein aggregat- und hohlraumreiches Feinschwammgefüge; die Farbe der skelettreichen Matrix ist wie üblich schmutzig (dunkel)braun. Im starken Kontrast

dazu besitzt der "B_{2tb}"-Horizont im ersten Fall zumeist ein sehr dichtes, skelett- und hohlraumarmes Gefüge. Dieses zeigt in einigen Teilen eine mehr oder weniger starke Orientierungsdoppelbrechung der eingeregelten, tonreichen Substanz, manchmal am Rande eines schmalen langgestreckten Hohlraumes oder Sprungrisses. Feintonplasma, auch in gealterter Form, fehlt. Im zweiten Fall, dem Aridic Paleustoll ist das dottergelb bis schwach rötlich braune Material des "B_{2tb}"-Horizontes in vielen Teilen offensichtlich sekundär zu einem aggregatreichen Gefüge umgewandelt. Die "BC_{cab}"-Horizonte in beiden Böden sind wesentlich aggregat- und hohlraumreicher. Wie der Index b bei den B_{2t}-Horizonten andeutet, handelt es sich hier aller Wahrscheinlichkeit nach beim jeweiligen Unterboden um älteres, reliktes Bodenmaterial, d.h. bei beiden um polygenetische Böden. - Der sehr geringmächtige A-Horizont des Ustollic Haplargid, dessen (dunkel) graues, skelettreiches Material zumeist noch gut aggregiert ist, enthält bereits scharf abgesetzte Klümpchen von gelbbraunem, wesentlich tonreicherem Material aus dem B_{2t}-Horizont; an anderen Stellen ist eine scharfe Grenze ausgebildet. Im B_{2t}-Horizont ist das gelb- bis rötlich braune skelettarme Material - am ehesten mit dem eines erdigen Braunlehms (vgl.5) vergleichbar - z.T. wahrscheinlich sekundär aggregiert. Die noch vorhandenen Leitbahnen sind völlig frei von Feintonplasma; dieses findet sich nur an wenigen kleinen Stellen, gealtert, sekundär im Gefüge vereinnahmt. Orientierungsdoppelbrechung ist dagegen in vielen Teilen des Gefüges zu sehen. - Der "B_3"-Horizont ist dagegen wieder wesentlich skelett-, hohlraum- und aggregatreicher. Auch hier handelt es sich beim "B_{2t}"-Horizont nicht um einen argillic horizon, entstanden durch Tonilluviation (s.o.,26), sondern aller Wahrscheinlichkeit nach um älteres, reliktisches Bodenmaterial, d.h. ebenfalls um einen polygenetischen Boden.

Schlußfolgerungen und Diskussion

Aus den hier nur kurz skizzierten Ergebnissen insbesondere der mikromorphologischen Untersuchungen an ausgewählten Argiustolls und eines Haplargids muß gefolgert werden, daß das Tonmaximum dieser Böden nicht oder nur zum allergeringsten Teil durch Tonilluviation erklärt werden kann. Als Ursache für das jeweilige Tonmaximum im Unterboden kommt in erster Linie eine sedimen-

täre Inhomogenität des bodenbildenden Substrates, hier der Lösse in Betracht. Bei den drei zuletzt genannten Böden der Kurzgrasprärie haben wir es speziell mit polygenetischen Böden zu tun in der Weise, daß die jeweiligen Unterböden wahrscheinlich (mindestens teilweise) bereits das Ergebnis wesentlich älterer bodenbildender Prozesse waren. Zusätzlich kann man in Betracht ziehen, daß in semihumiden bis semiariden Gebieten, so hier bei den Ustolls (und vielleicht auch bei den Udolls) das Maximum der Tonbildung nicht wie in humiden Gebieten im Oberboden, sondern im obersten Teil des Unterbodens liegt. Dies wurde von BOURNE u. WHITESIDE (2) an einem "medial chernozem" der Langgrasprärie gezeigt und von uns durch Verwitterungsbilanzen an Braunerden (an der Grenze zu Tschernosemen) im südöstlichen Teil Mitteleuropas belegt (7). Das würde aber nur zu einem geringen Teil die beträchtlichen Tongehaltunterschiede der hier untersuchten Böden (vgl.Abb.1) erklären.

Natürlich kann nicht ausgeschlossen werden, daß Ustolls auch dieses Teiles der Great Plains ein Tonmaximum im Unterboden haben, das durch Tonilluviation entstand, mithin dieser Horizont auch im genetischen Sinn als argillic horizon zu bezeichnen ist. Für eine solche genetische Ansprache ist aber die Feststellung von Tongehaltsunterschieden allein nicht ausreichend. Auch die hier genannten Böden der europäischen SU haben höhere Tongehalte im unteren Teil des Bodens, jedoch liegt in einigen dieser Böden der Tongehalt im unterlagernden Löß noch höher (s.25), so daß schon deshalb auf eine sedimentäre Inhomogenität geschlossen werden muß. Die Mikromorphologie bietet dagegen die Möglichkeit, den Prozeß der Tonverlagerung bzw. Tonanreicherung eindeutig nachzuweisen.

Zitierte Literatur

1. AANDAHL,A.R.(1972): Soils of the Great Plains, Map 1:2,5Mill.
2. BOURNE,W.C. and WHITESIDE,E.P.(1962): A Study of the Morphology and Pedogenesis of a Medial Chernozem Developed in Loess.- Soil Sci.Soc.Am.Proc.26: 484-490
3. BREWER,R.(1964): Fabic and Mineral Analysis of Soils. - New York (John Wiley & Sons)
4. BRONGER,A.(1969/70): Zur Mikromorphogenese und zum Tonmineralbestand quartärer Lößböden in Südbaden. - Geoderma 3: 281-320

5. BRONGER,A.(1973): Zur quartären Klima- und Landschaftsentwicklung des Karpatenbeckens auf (paläo) pedologischer und bodengeographischer Grundlage. Habilitationsschrift, Kiel (erschienen in: Kieler Geogr.Schriften, Bd.45, 269 S., 6 Farbtaf., Kiel 1976)

6. BRONGER,A.(1977): Die Sequenzen Braunerde (-Lessivé) - erdiger Braunlehm (-Lessivé). Tonverlagerung als Klimaindikator? - Fifth Internat. Working Meeting on Soil Micromorphology, Granada (Spain) (in press)

7. BRONGER,A., KALK,E. u. SCHROEDER,D.(1976): Über Glimmer- und Feldspatverwitterung sowie Entstehung und Umwandlung von Tonmineralen in rezenten und fossilen Lößböden. - Geoderma 16: 21-54

8. CLINE,A.J. and JOHNSON,D.D.(1963): Threads of genesis in the seventh approximation. - Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27: 220-222

9. FAO-UNESCO(1974): Soil Map of the World. Vol. I: Legend, Vol. II: North America. - Paris

10. EHWALD,E.(1965): Die neue amerikanische Bodenklassifikation.- Sitz.ber.d.Dt.Akad.d.Landwirtsch.wiss. XIV, 12, 108 p., 1 Tab., Berlin (Ost)

11. FLOROV,N.(1929): Zur Frage der Degradierung der dunkelfarbigen Böden von Nordamerika. - Bodenkdl. Forschgn. Beih. Mitt. Internat. Bodenkundl. Ges. I: 200-224 (1 Tafel)

12. FRIDLAND,V.M. u. EROKHINA,A.A.(1963): Comparative Genetic Characteristics of Soils of North America, USSR and Western Europe. - Voprosy Genetiki Pochv, AN Publ.: 216-266, Moskow. Published in Engl. by Amerind Publ.Co., New Delhi 1976, 70 p. and a coloured soil map of North America, 1:20 Mill.

13. HOLE,F.D.(1961): A classification of pedoturbations and some other processes and factors of soil formation in relation to isotropism and anisotropism.- Soil Sci. 91: 375-377

14. HOLZHEY,C.S., NETTLETON,W.D. and YECK,R.D.(1973): Microfabric of some argillic horizons in udic, xerix and torric soil environments of the United States. - Soil Microscopy-Proceedings of the Fourth Int. Working-Meeting on Soil Microscopy: 747-760, Kingston/Can.

15. IVANOVA,E.N., LETUNOV,P.A., ROZOV,N.N., FRIDLAND,V.M., SHASHKO,D.J., SHUVALOV,S.A.(1963): Soil Geographical zoning of the USSR (in relation to the agricultural usage of lands). - IPST, Jerusalem 1967, 480 p.

16. IVANOVA,Y.N., LOBOVA,Y.V., NOGINA,N.A., ROZOV,N.N., FRIDLAND, V.M. and SHUVALOV,S.A.(1970): Development and current Status of Research on the Genesis of Soils in the USSR. - Soviet Soil Science 1971: 129-144

17. KNAPP,R.(1965): Die Vegetation von Nord- und Mittelamerika und der Hawaii-Inseln. - Stuttgart

18. KUBIENA,W.L.(1956): Zur Mikromorphologie, Systematik und Entwicklung der rezenten und fossilen Lößböden. - Eiszeitalter und Gegenwart 7: 102-112, Öhringen

19. KÜCHLER,A.W.(1964): Manual to accompany the Map Potential Natural Vegetation of the Conterminous United States. - Amer.Geogr.Soc., Spec. Publ. No. 36, New York

20. NETTLETON,W.D., FLACH,K.W. and BRASHER,B.R.(1969): Argillic horizons without clay skins. - Soils Sci. Soc. Am. Proc. 33: 121-125

21. Physical-Geographic Atlas of the World - Moscow 1964. (Translation of the legend matter and explanatory text in: Soviet Geography, May - June 1965, 403 p.)

22. SMOLÍKOVÁ,L.(1967): Polygenese der fossilen Lößböden der Tschechoslowakei im Lichte mikromorphologischer Untersuchungen. - Geoderma 1: 315-324

23. Soils of the Central Region of the United States (1960): North Central Reg. Publ. No.76, 192 p., 1 map 1:2,5 Mill., Madison, USA

24. STREMME,H.(1930): Böden der feuchttrockenen gemäßigten Regionen: 1. Die Steppenschwarzerde, 2. Die Präricböden. - in: Handbuch der Bodenlehre, Bd.III: 257-294, Berlin

25. The East-European Plain. Forest Steppe and Steppe Zones. Guide to Soil Excursion, Tour 1, 10. Internat. Congress of Soil Science. Moscow (Nauka) 1974, 87 p, 92 tables, 1 Fig.

26. USDA, Soil Conservation Service (1975): Soil Taxonomy. - Agriculture Handbook No 436, Washington D.C.

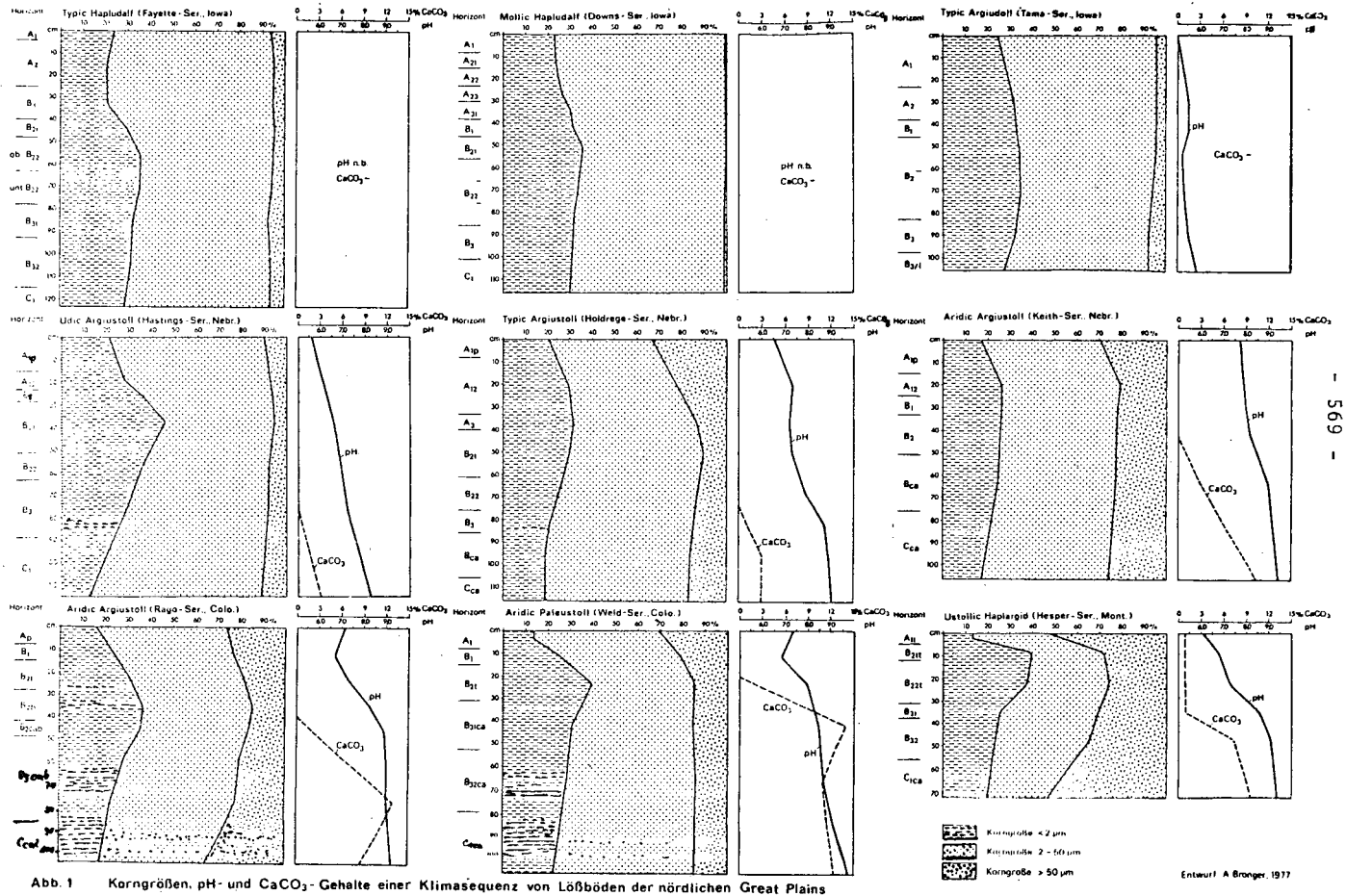


Abb. 1 Korngrößen, pH- und $CaCO_3$-Gehalte einer Klimasequenz von Lößböden der nördlichen Great Plains

Quellen: G. D. Smith, W. H. Allaway and F. F. Riecken 1950, E. M. White 1953 (Thesis), Soil Survey Lab. Data Nebraska (1966), Colorado (1967), Montana (1966).

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 571-586 (1977)

Vorläufige Ergebnisse einer Bodenchronosequenzstudie im Zillertal

von

Zech, W.* und Wilke, B.-M.*

Die Möglichkeiten, den Ablauf der Pedogenese in Abhängigkeit vom Faktor Zeit zu studieren, sind beschränkt. Entweder läßt sich das Alter der Böden nur ungenau angeben oder die übrigen Faktoren der Bodenbildung (Klima, Gestein, Relief, etc.) sind nicht als hinreichend konstant anzusehen. Eine recht gute Möglichkeit, eine Zeitreihenstudie durchzuführen, bot sich am Hornkees im Zillertal, wo Heuberger (Geographisches Institut Universität München, Manuskript in Vorbereitung) im Gletschervorfeld 7 Moränenwälle kartieren und datieren konnte. Die Altersbestimmung erfolgte eichenometrisch, dendrochronologisch und durch Radiocarbonanalysen. Tab. 1 informiert über das Alter der Moränenwälle sowie der Horizontfolgen und der systematischen Ansprache ihrer Böden.

* Lehrstuhl Bodenkunde und Bodengeographie an der Universität Bayreuth

Tab. 1: Horizontfolge und bodensystematische Ansprache der Profile

Profil u. Wall Nr. (Alter)	Horizontfolge (Mächtigkeit in cm)	bodensystematische Ansprache
1 (1923)	Aih Cv Cn (0-3;3-10;10+)	Rohboden-Ranker
2 (1901/2)	Ah AhCv Cn (0-6;6-15;15+)	Ranker
3 (1850)	Ah AhBv Cv (0-6;6-20;20+)	stark verbraunter Ranker
4 (ca. 1780)	Ah AhBv Bv Cv (0-5;5-12;12-50;50+)	alpine Braunerde* (stellenweise mit Ae)
5 (ca. 1680)	O Aeh Bsv Bv_1 Bv_2 CvBv (3-0;0-5;5-10;10-35;35-50;50+)	podsolige alpine Braunerde*
6 (ca. 1600)	O Aeh Bsv Bv (2-0;0-5;5-15;15-100)	podsolige alpine Braunerde*
7 (ca. 1350)	O Aeh Ae Bsh_1 Bsh_2 fAh (6-0:0-10;10-12;12-30;30-50;50+)	alpiner Podsol*
8 außerhalb der post-glazialen Wälle	O Aeh Ae Bhs Cn (8-0;0-4;4-10;10-20;20+)	alpiner Podsol*

* Ein analytischer Vergleich mit alpinen Braunerden von Typlokalitäten ist vorgesehen zur Klärung der Frage, ob der Schwerpunkt der Benennung unserer Böden mit Recht auf Braunerde bzw. Podsol liegt, oder ob wir besser von

- alpinen Braunerde-Rankern bzw.
- alpinen Podsol-Rankern

sprechen sollten.

Vor der Diskussion der Analysenergebnisse sollen im folgenden kurz die Faktoren der Bodenbildung beschrieben werden: Das Alter der Böden deckt sich annähernd mit dem Alter der Moränen, da mit dem Rückzug des Gletschers auch die Bodenbildung einsetzte. Sämtliche Moränen bestehen aus sog. Zentralgneis, einem Granitgneis. Das Ausgangsgestein der Böden kann somit vom mineralogisch-petrologischen Standpunkt her als einheitlich angesehen werden. Darauf weist auch die Tatsache hin, daß die Schwermineralgehalte in der Feinsandfraktion der mineralogisch untersuchten Horizonte kaum verschieden waren (etwa 18 %).

Gewissen Schwankungen unterlag das Klima, wie die Eisvorstöße und -rückzüge beweisen. Man nimmt heute an, daß die Gletscher vorstoßen, wenn die Sommer kühler und niederschlagsreicher werden. Während der uns interessierenden Zeitspanne waren diese Schwankungen vermutlich gering, so daß ihr Einfluß auf die Pedogenese unbedeutend gewesen sein dürfte. Die derzeitigen mittleren Jahresniederschläge liegen bei 1800 mm und die mittleren Jahrestemperaturen betrugen $\pm$ 0° C (Heuberger mündl. Mitt.).

Wir gehen außerdem davon aus, daß der biotische Faktor nicht sonderlich variiert. Wahrscheinlich besiedeln stets vergleichbare Successionen den Moränenschutt. Profil 1 und 2 weisen eine nur spärliche Vegetation auf (Solidago alpestris, Poa alpina, Polytrichum piliferum, Huperzia selago, Sempervivum montanum, Sedum album, Thymus pulegioides, Trifolium thalii, Myosotis alpestris u.a.), Profile 4-7 dagegen tragen eine dichte Pflanzendecke (Caluna vulgaris, Vaccinium vitis idea, Juncus trifidus, Juniperus, Rhododendron ferrugineum, P. mugo u.a.). Die untersuchten Pedons liegen alle annähernd in 2000 m Seehöhe (1996-2030 m) und haben Südexposition.

Die Profilansprache und Probennahme erfolgte an Stellen maximaler Bodenbildung. Die Berechnung der Stoffmengen beschränkte sich wegen des Blockreichtums auf die obersten 50 cm der Profile.

Analytische Kennzeichnung

Methoden: Textur: Bürettmethode nach Fabricius und Müller; pH mit Glaselektrode und 1 n KCl; austauschbare Kationen nach Perkolation mit 1 n NH_4Cl (Al colorimetrisch mit Aluminon, Ca nach La_2O_3-Zusatz im AAS); C_t im Carbhomat (Wösthoff), C_o nach Extraktion mit Ammoniumoxalat, Fe_o mit NH_4-oxalat nach Schwertmann, Fe_{KCl} nach Extraktion mit 1 n KCl und Anfärben mit Sulfosalizylsäure.

Ergebnisse und Diskussion

Die Korngrößenanalyse (Abb. 1a und 1b) ergibt für die Profile 1-4 Tongehalte kleiner 10 %, was auf die geringe Verwitterung zurückzuführen ist. Der hohe Tongehalt im Untergrund vom Wall 7 weist auf einen älteren Boden hin, der durch den Gletschervorstoß um ca. 1350 aufgearbeitet bzw. überschüttet wurde. Das ist auch makroskopisch erkennbar. Die Tonminima im A_e-Horizont der Böden 5 und 6 sind möglicherweise auf Einwehung, Ausblasung oder Abspülung zurückzuführen. Eine Tonzerstörung halten wir wegen des geringen Podsolierungsgrades für weniger wahrscheinlich.

Die Tonmengen in $kg/m^2/50$ cm Bodentiefe nehmen verständlicherweise mit dem Alter der Böden zu. Der Sprung von 25,1 kg im Profil 6 auf 53,7 kg im Profil 7 dürfte durch die Aufbereitung älteren Solums durch den Gletscher von 1350 bedingt sein.

Typische, die Acidität kennzeichnende Parameter sind in Abb. 2a und 2b dargestellt. Die pH-Werte liegen, bedingt durch das saure Ausgangsgestein um 4, also niedrig. Erst ab Wall 4 kann eine beginnende Oberbodenversaurung festgestellt werden.

Die Gehalte an austauschbarem Al stiegen im A_h bzw. A_e bis auf 10,8 mval/100 g Boden an (Boden 7, A_{eh}-Horizont), während das austauschbare Ca in umgekehrter Richtung abnimmt. Die Mengen an austauschbarem Al in $kg/m^2/50$ cm Bodentiefe stiegen - ähnlich wie bei den Tonmengen - mit zunehmendem Alter der Böden an.

Abb. 3a und 3b informieren über die Tiefenfunktion des Kohlenstoffes. Man erkennt mit zunehmender Profiltiefe eine Abnahme des C_t-Gehaltes. Eine Ausnahme macht Profil 7. Er zeigt 3 Maxima und zwar im A_{eh}, B_{sh1} und im A_h.

Die durch Podsolierung hervorgerufene Verlagerung von organischen Substanzen aus dem Oberboden zeichnet der oxalatlösliche Kohlenstoff (= C_o) ab Profil 5.

Die C_t-Vorräte in $kg/m^2/50$ cm nehmen mit dem Alter der Moränen von 0,476 kg (= Wall 1) auf 26,959 kg (Wall 7) zu. Wie schon erwähnt, dürfte der eine Teil der organischen Substanz des Walles 7 aus aufgearbeiteten älteren Böden stammen. Trotzdem ist das Ausmaß der Humusakkumulation erstaunlich, denn in den tiefhumosen, ca. 10.000 Jahre alten Böden am Lusen, Bayerischer Wald, fanden wir 12-13 kg $C_t/m^2/50$ cm, während im Zillertal im 375 Jahre alten Boden 6 bereits 10,7 kg nachgewiesen werden konnten.

Das Fe_d/Fe_t-Verhältnis (Abb. 4a und 4b) wird mit zunehmendem Alter der Böden weiter, entsprechend der Zunahme des Verwitterungsgrades. Die Fe_o/Fe_d-Maxima zeigen von Profil 1-7 ebenfalls zunehmende Tendenz. Die älteren Böden sind deutlich humusreicher, was vermutlich höhere Fe_o-Gehalte bedingt. Fe_{KCl} zeichnet im Profil 5 und 6 deutlich die beginnende Podsolierung. Im alpinen Podsol, Profil Nr. 7, fehlt jedoch ein A_{eh}-Minimum.

Zur Kennzeichnung der Mineralverwitterung in Abhängigkeit vom Faktor Zeit wurden röntgenographische Untersuchungen an einigen Ton- und Schluffreaktionen durchgeführt. Aufnahmen der Mg-belegten Präparate (Abb. 5 und 6) zeigen, daß die C-Horizonte vorwiegend aus 10 Å-,14 Å- und 10/14 Å-Wechsellagerungsmineralen (peaks bei 11,8 Å) bestehen. Daneben konnten Feldspat, Quarz und Kaolinit nachgewiesen werden.

Der Anteil der Wechsellagerungen nimmt mit zunehmendem Alter der Böden zu, der Illitanteil hingegen ab. Sieht man jedoch von dem außerhalb der Moränenwälle liegenden Boden (8: A_e) ab,

so sind die Veränderungen nur geringfügig, insbesondere in der Mittelschluffraktion. Halbquantitative Auswertungen der Diagramme erbrachten, daß in der Tonfraktion der älteren Moränenböden die Illitgehalte gegenüber dem Ausgangsmaterial um 10 % abgenommen und die Wechsellagerungsgehalte um ca. 10 % zugenommen haben.

Behandlungen der Tone und Schluffe mit Glycerin, Kalium und Erhitzen (550° C) zeigten, daß die 14 Å-Minerale keine aufweitbaren Anteile besitzen. Nach K^+-Behandlung kontrahieren die 14 Å-Minerale bis auf einen geringen Rest auf 10 Å (Vermiculit), die Wechsellagermengen kontrahierten nach Erhitzen vollständig auf 10 Å.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die Wechsellagerungen aus Vermiculit- und Illitschichten bestehen, wobei die Kontrahierbarkeit einiger der Vermiculitschichten schon durch Aluminiumeinlagerungen blockiert sind. Letzteres ist bei den niedrigen pH-Werten der Böden zu erwarten.

Zusammenfassung

Die Bodenentwicklung auf 7 datierten Moränenwällen am Hornkees, Zillertal, zeigt, daß sich alpine Braunerden nach etwa 200 Jahren, alpine Podsole nach etwa 600 Jahren bilden. Mit dem Alter der Moränen nehmen auch die Ton- und besonders die Humusmengen in $kg/m^2/50$ cm Bodentiefe zu, ebenso die Mengen an austauschbarem Al. Auch der Anteil von Fe_d zu Fe_t steigt. Die Illitmengen nehmen von Profil 2 (C_n-Horizont) bis Profil 8 (A_e-Horizont) um etwa 10 % ab, Wechsellagerungsminerale dagegen um etwa 10 % zu.

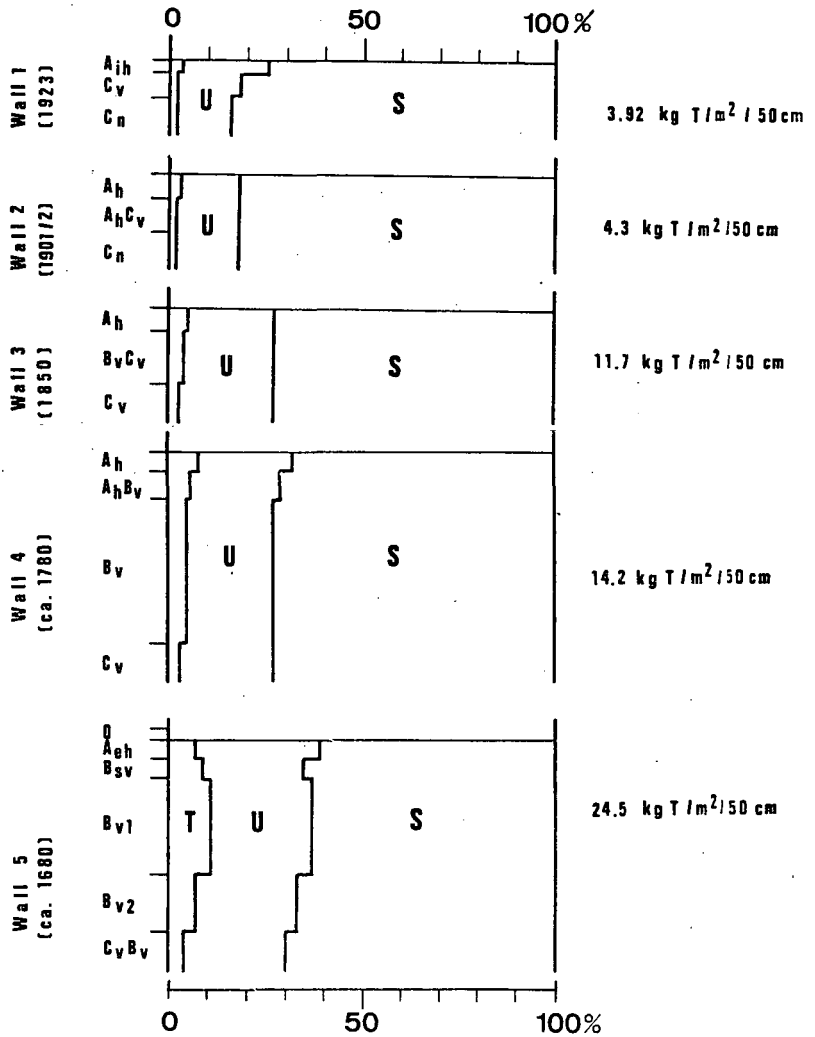

0
50
100%
Wall 1
(1923)
Aih
Cv
Cn
U
S
3.92 kg T/m2 / 50cm
Wall 2
(1901/2)
Ah
AhCv
Cn
U
S
4.3 kg T/m2/50 cm
Wall 3
(1850)
Ah
BvCv
Cv
U
S
11.7 kg T/m2/50 cm
Wall 4
(ca. 1780)
Ah
AhBv
Bv
Cv
U
S
14.2 kg T/m2/50 cm
Wall 5
(ca. 1680)
O
Aeh
Bsv
Bv1
Bv2
CvBv
T
U
S
24.5 kg T/m2/50 cm
0
50
100%

Abb. 1a

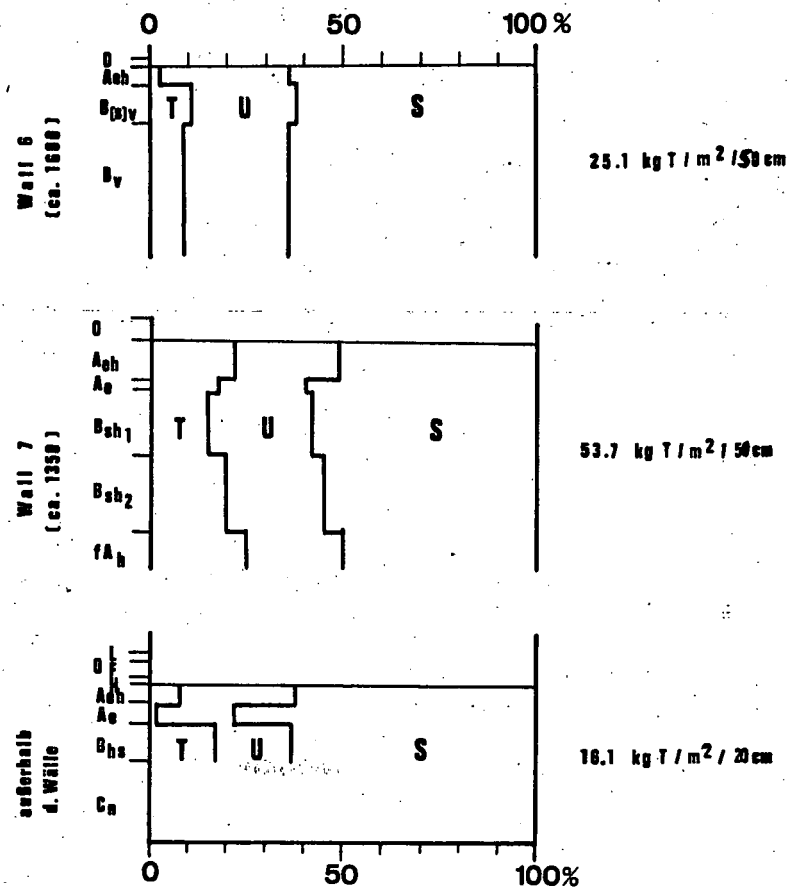

0
50
100 %
Wall 6
(ca. 1600)
O
Ash
B(x)v
Bv
T
U
S
25.1 kg T / m2 / 50 cm
Wall 7
(ca. 1350)
O
Ash
Ae
Bsh1
Bsh2
fAh
T
U
S
53.7 kg T / m2 / 50 cm
außerhalb
d. Walle
O
Ash
Ae
Bhs
Cn
T
U
S
16.1 kg T / m2 / 20 cm
0
50
100%

Abb. 1b

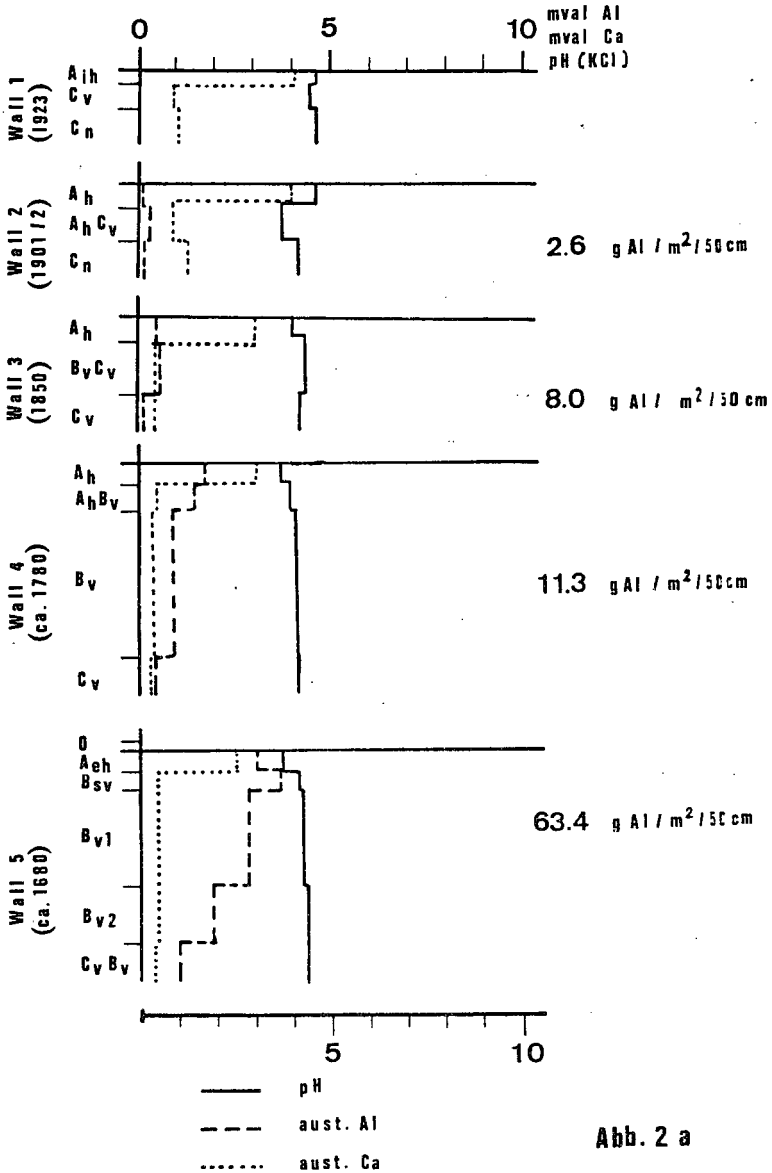

0
5
10
mval Al
mval Ca
pH (KCl)
Wall 1 (1923)
Ah
Cv
Cn
Wall 2 (1901/2)
Ah
Ah Cv
Cn
2.6 g Al / m²/50cm
Wall 3 (1850)
Ah
Bv Cv
Cv
8.0 g Al / m²/50cm
Wall 4 (ca. 1780)
Ah
Ah Bv
Bv
Cv
11.3 g Al / m²/50cm
Wall 5 (ca. 1680)
O
Aeh
Bsv
Bv1
Bv2
Cv Bv
63.4 g Al / m²/50cm
5
10
pH
aust. Al
aust. Ca

Abb. 2 a

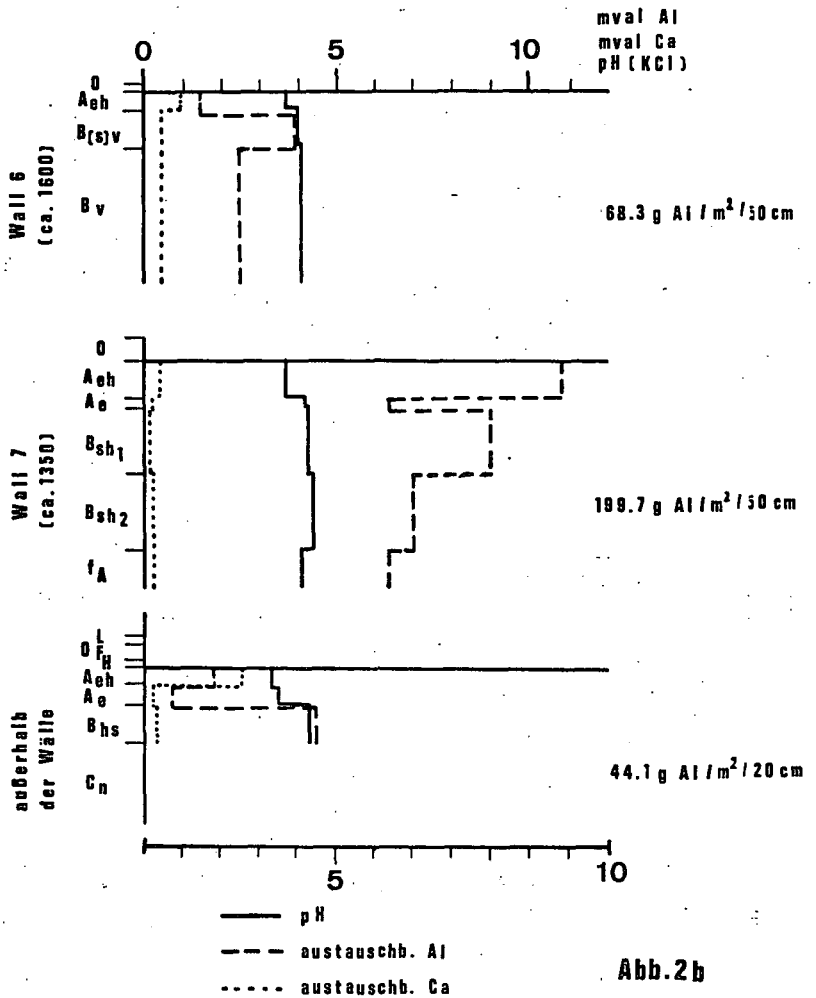

mval Al
mval Ca
pH (KCl)
0
5
10
Wall 6
(ca. 1600)
O
Aeh
B(s)v
Bv
68.3 g Al / m² / 50 cm
Wall 7
(ca. 1350)
O
Aeh
Ae
Bsh1
Bsh2
fA
199.7 g Al / m² / 50 cm
außerhalb der Wälle
OL
OF
OH
Aeh
Ae
Bhs
Cn
44.1 g Al / m² / 20 cm
5
10
pH
austauschb. Al
austauschb. Ca

Abb.2b

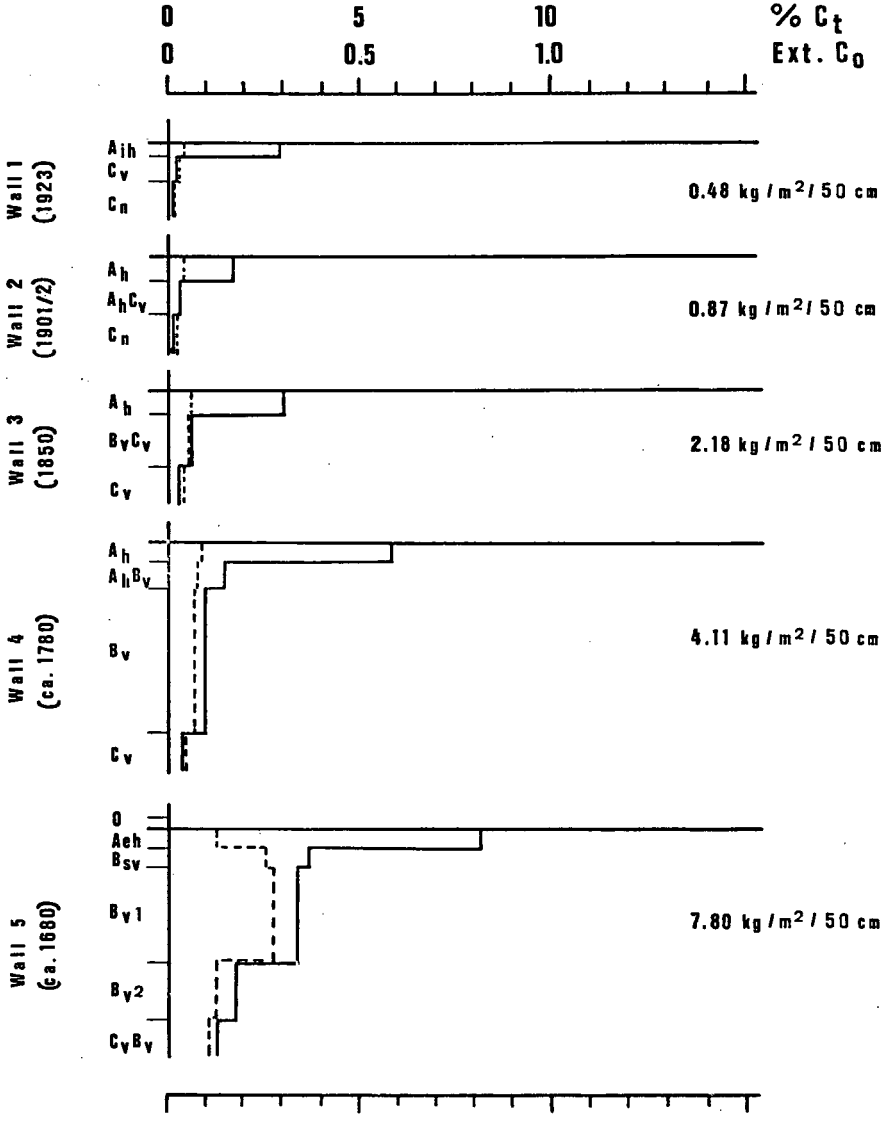

0
5
10
% Ct
0
0.5
1.0
Ext. Co
Wall 1 (1923)
Aih
Cv
Cn
0.48 kg/m2/50 cm
Wall 2 (1901/2)
Ah
AhCv
Cn
0.87 kg/m2/50 cm
Wall 3 (1850)
Ah
BvCv
Cv
2.18 kg/m2/50 cm
Wall 4 (ca. 1780)
Ah
AhBv
Bv
Cv
4.11 kg/m2/50 cm
Wall 5 (ca. 1680)
O
Aeh
Bsv
Bv1
Bv2
CvBv
7.80 kg/m2/50 cm

Abb. 3a

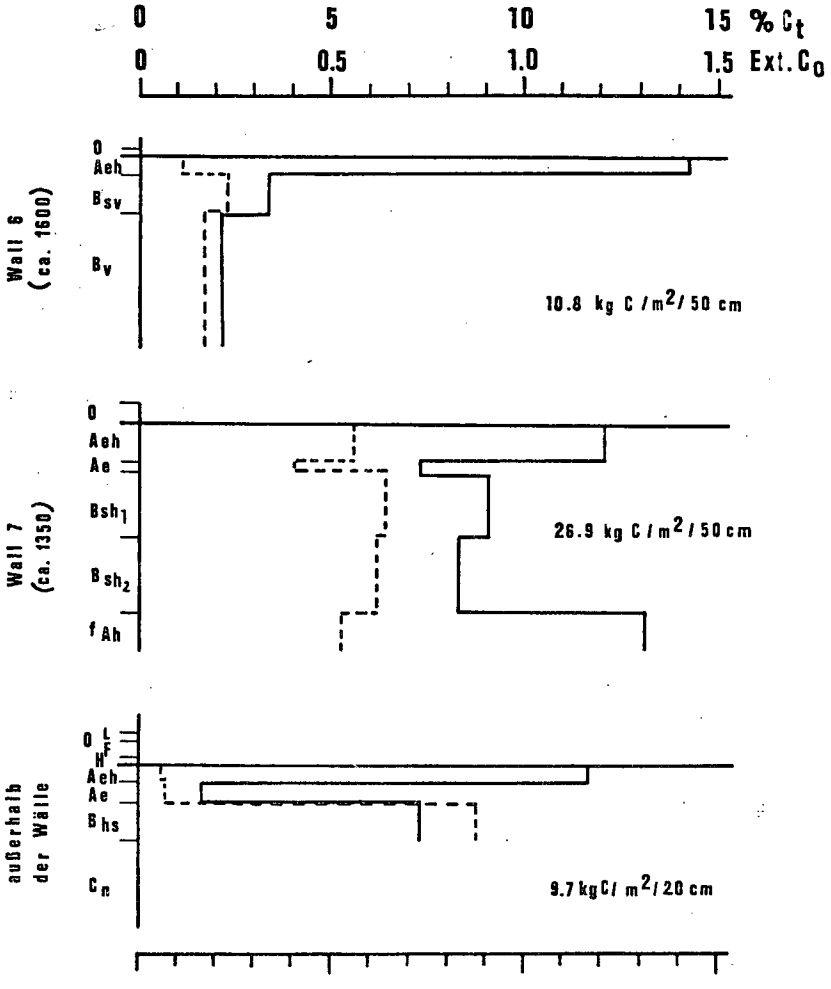

0
5
10
15 % Ct
0
0.5
1.0
1.5 Ext. Co
Wall 6 (ca. 1600)
O
Aeh
Bsv
Bv
10.8 kg C / m2 / 50 cm
Wall 7 (ca. 1350)
O
Aeh
Ae
Bsh1
Bsh2
f Ah
26.9 kg C / m2 / 50 cm
außerhalb der Wälle
O L F H
Aeh
Ae
Bhs
Cn
9.7 kg C / m2 / 20 cm

Abb.3b

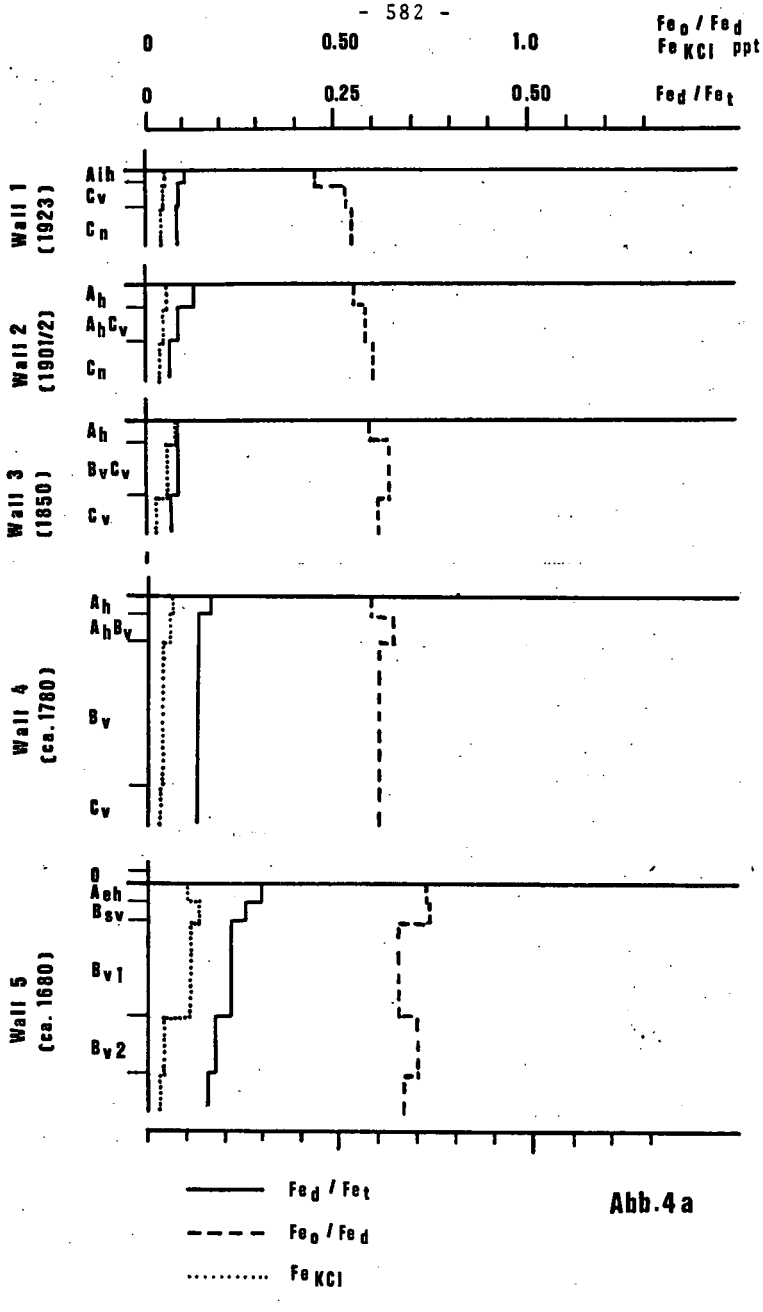

0
0.50
1.0
Fe o / Fe d
Fe KCl ppt
0
0.25
0.50
Fe d / Fe t
Wall 1 (1923)
Alh
Cv
Cn
Wall 2 (1901/2)
Ah
AhCv
Cn
Wall 3 (1850)
Ah
BvCv
Cv
Wall 4 (ca. 1780)
Ah
AhBv
Bv
Cv
Wall 5 (ca. 1680)
O
Aeh
Bsv
Bv1
Bv2
Fe d / Fe t
Fe o / Fe d
Fe KCl

Abb. 4a

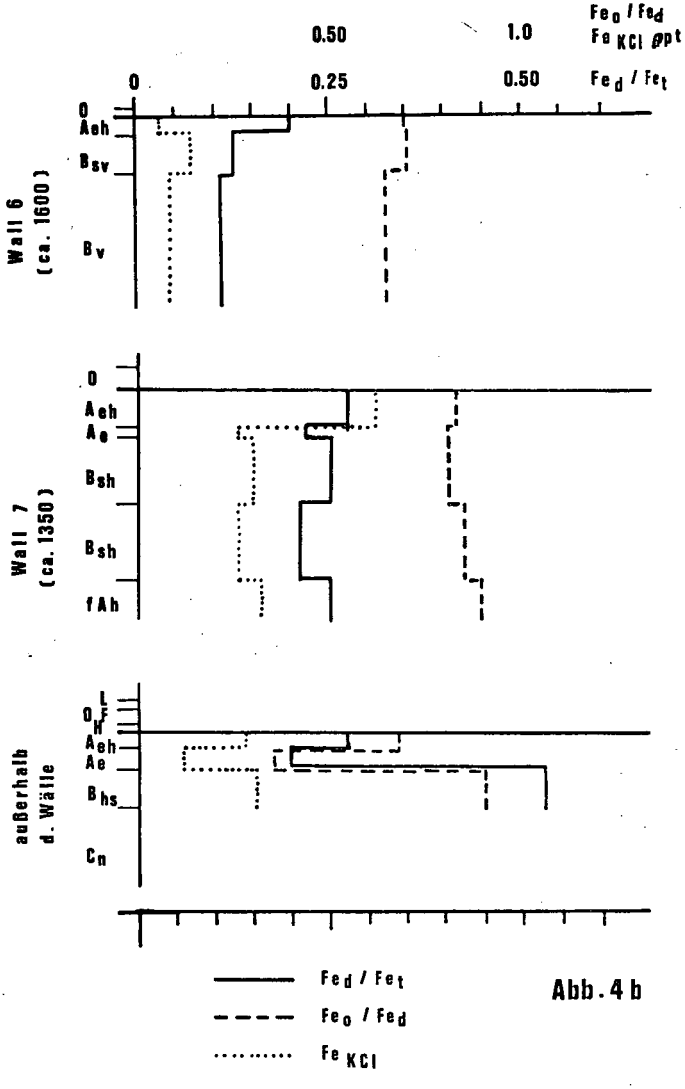

Fe0 / Fed
Fe KCl ppt
Fed / Fet
0.50
1.0
0
0.25
0.50
Wall 6
(ca. 1600)
O
Aeh
Bsv
Bv
Wall 7
(ca. 1350)
O
Aeh
Ae
Bsh
Bsh
fAh
außerhalb
d. Wälle
L
O F
H
Aeh
Ae
Bhs
Cn
Fed / Fet
Fe0 / Fed
Fe KCl

Abb. 4 b

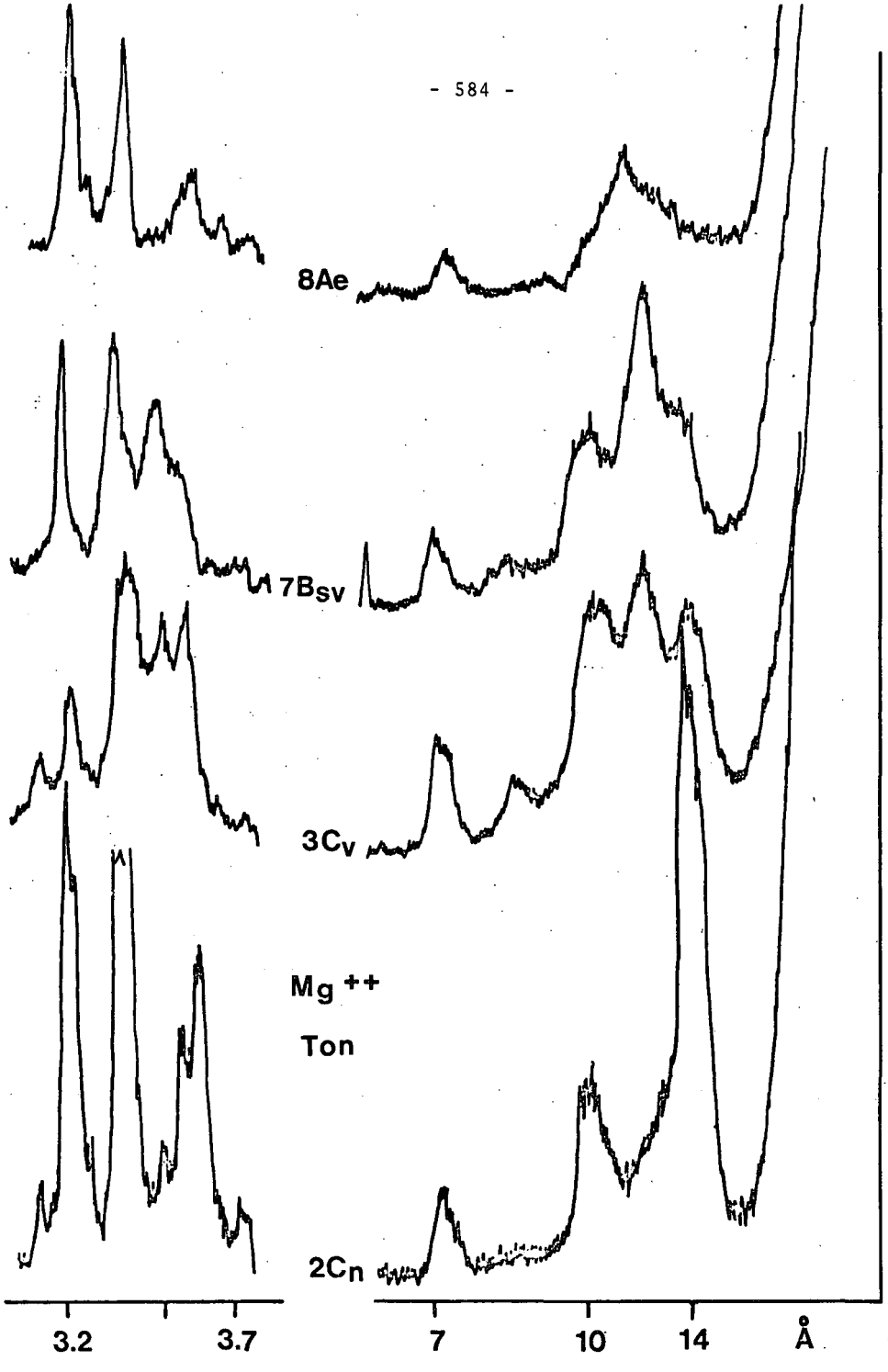


Abb.

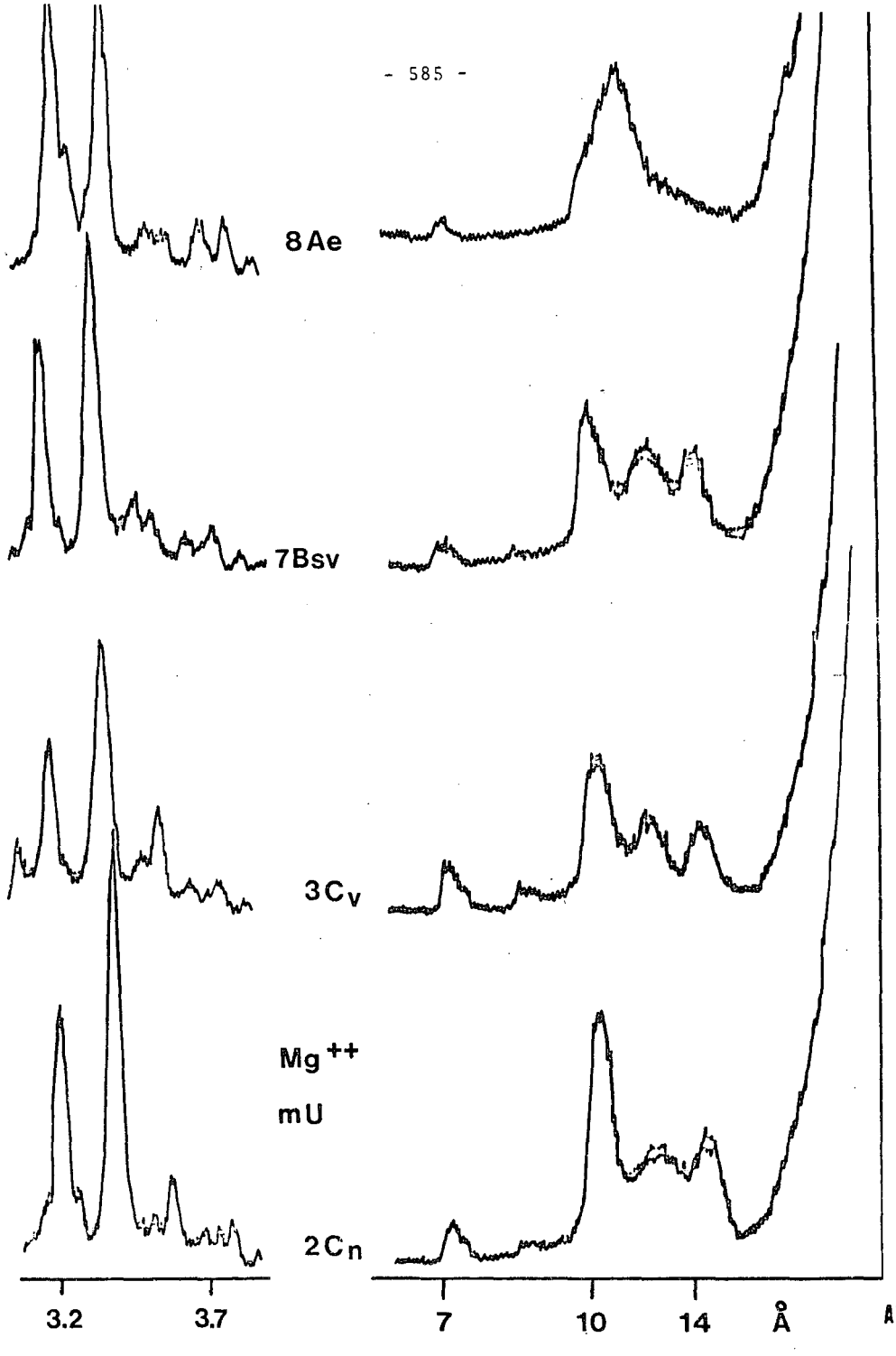


Abb. 6

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 587-594 (1977)

Bemerkungen zu den Tests auf "Homogenität" des Ausgangsmaterials

von
Miehlich, G.+

Viele bodengenetische Untersuchungen haben das Ziel, die Veränderung vom Gestein zum Boden quantifizierend zu messen, um das Ausmaß bodenbildender Prozesse und ihre Abhängigkeit von der Wirkung von Faktoren der Bodenbildung zu erfassen. Dabei wird häufig das Prinzip der Bilanzierung angewandt, unter dem ich ganz allgemein jeden Vergleich zwischen dem Jetztzustand und dem Zustand vor Einsetzen des zu untersuchenden Prozesses verstehe. Hierbei müssen Aussagen über den Ausgangszustand gemacht werden. In aller Regel benötigen die verändernden Prozesse lange Zeiträume, so daß der Ausgangszustand nicht direkt erfaßt werden kann - er muß also rekonstruiert werden.

Voraussetzung hierfür ist, daß in der Nähe des untersuchten Pedons noch Reste des unbeeinflußten Ausgangsmaterials zu finden sind, die als Bezugsbasis dienen können. Mit Hilfe sogenannter Indexsubstanzen (BARSHAD in BEAR 1964), die weder verwitterbar noch verlagerbar sind, wird überprüft, ob der Rest des unveränderten Ausgangsmaterials und der untersuchte Bodenkörper einem homogenem Gesteinskörper entstammen. Um den Test unabhängig von Massen- und Volumensänderungen im Verlauf der Bodenbildung zu machen, werden mindestens zwei Indexsubstanzen bestimmt und der Quotient gebildet, der im folgenden als Testgröße Q bezeichnet wird.

Es soll in diesem Referat nicht untersucht werden, inwieweit die verschiedenen Indexsubstanzen die Bedingung der Verwitterungs- und Verlagerungsstabilität erfüllen. Ziel dieses Referats ist es

1. die Kriterien zu überprüfen, nach denen entschieden wird, ob die Werte für Q dafür sprechen, daß das Ausgangsmaterial als homogen oder inhomogen bezeichnet wird.

+ Ordinariat für Bodenkunde, Schloßstr.5, 2057 Reinbek

2. zu fragen, welche Aussagen mit Hilfe eines derartigen Tests über den Ausgangszustand eines Gesteinskörpers gemacht werden können.

Die Tatsache, daß es einen Test gibt, der die Homogenität des Ausgangsmaterials untersucht, läßt vermuten, daß es auch eine Begriffsbestimmung gibt, die besagt, wie ein homogenes Ausgangsmaterial beschaffen ist und welche Kriterien für die Inhomogenität gelten. Man sucht jedoch vergeblich in der Literatur danach. Es bleibt die Aussage: Homogenität herrscht, wenn die Testgröße Q für alle untersuchten Proben gleich ist - dies ist schon formal keine Definition.

Betrachtet man die Ergebnisse von Homogenitätstests genauer, so stellt man fest, daß sich die Testgrößen niemals gleichen, obwohl die zur Bilanzierung herangezogenen Pedons schon eine extreme Vorauswahl in Richtung auf die Einheitlichkeit des Ausgangsmaterials darstellen. Dies ist auch gar nicht zu erwarten, da - neben anderen, später zu besprechenden Gründen - schon wegen des Analysenfehlers, mit dem die Bestimmungen behaftet sind, eine völlige Übereinstimmung nicht gegeben ist. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Streuung der Testgröße Q durch die Quotientenbildung wegen der Fehlerforsetzung besonders hoch ist. Man kann also formulieren: selbst wenn es ein homogenes Ausgangsmaterial gäbe, könnte man die Homogenität wegen des Analysenfehlers nicht nachweisen.

Da eine völlige Übereinstimmung der Testgröße Q nicht zu erwarten ist, muß gefragt werden, welche Testgrößenunterschiede für die Homogenität noch tolerierbar sind und ab wann von Inhomogenität gesprochen wird. Hierzu möchte ich aus KUNDLER (1959) zitieren: "Mit einer Mehrschichtigkeit muß immer dann gerechnet werden, wenn [die Testgröße] innerhalb eines Profils <u>stark</u> schwankt." - oder - "Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß [die Testgröße] im untersuchten Profil vom A_1 bis zum C-Horizont nur <u>unbedeutend</u> schwankt." - oder - "Der Schluß auf Einheitlichkeit des Ausgangsmaterials wird dadurch erhärtet, daß [die Testgröße] in allen Bodenhorizonten <u>praktisch</u> gleich ist." Man spürt das Unbehagen, das der Autor bei dieser Entscheidung hat, er gibt jedoch nirgendwo an, welche Unterschiede der Testgröße für Homogenität noch tolerierbar sind. Andere Autoren plagen diese Skrupel nicht; sie erwähnen mit keinem

Wort wie die Entscheidung getroffen wird.

CHAPMAN u. HORN (1968) bemerken, daß es keine allgemein akzeptierte Grenze zwischen Homogenität und Inhomogenität gibt und legen selbst willkürlich eine Verdoppelung (bzw. Halbierung) der Testgröße als Kriterium fest.

Häufig werden statistische Testverfahren zur Entscheidung herangezogen. GRIFFITH (1953) sagt: Homogenität herrscht, wenn die Gesamtstreuung zwischen den Proben die Analysenfehlerstreuung nicht signifikant übersteigt. Der Analysenfehler ist jedoch keine konstante Größe und das Testverfahren toleriert umso größere Unterschiede als homogen je kleiner die Stichprobe ist. Dies bedeutet, daß dasselbe Ausgangsmaterial je nach Qualität der Analyse und Zahl der Analysenwiederholungen homogen und inhomogen zugleich ist. Mit dem Zahlenmaterial des Autors läßt sich zeigen, daß in einem Fall das Ausgangsmaterial bei vierfacher Analysenwiederholung noch homogen, bei fünffacher jedoch inhomogen wird.

Für eine Reihe von Autoren (z.B. CALLEBAUT u. DE LEENHEER 1966, CADIGAN 1962, KUSSMAUL 1969, SCHLICHTING u. BLUME 1961) wird die Frage, ob Inhomogenität vorliegt durch einen statistischen Test entschieden, der überprüft, ob die Unterschiede zwischen Versuchseinheiten statistisch signifikant sind. Die Versuchseinheiten können hierbei Horizonte, Profile, oder Parzellen sein. Voraussetzung hierfür ist, daß für jede Versuchseinheit mehr als ein Wert bestimmt wurde. Gegen diese Gruppe von Verfahren gibt es mehrere Einwände:

1. Die Tests verlangen, daß die Grundgesamtheit bekannt ist und die Proben in Bezug auf diese Grundgesamtheit nach bestimmten Regeln entnommen werden. Für die Probenahme bei pedogenetischen Untersuchungen bedeutet dies, daß das untersuchte Pedon real gegeben sein muß und die Proben in Bezug auf dieses Pedon entnommen werden müssen - eine Voraussetzung, die bei der gängigen Probenahme mit Horizontparallelen nie gegeben ist.

2. Der Signifikanztest ist abhängig von der Probenzahl. Je kleiner der Stichprobenumfang, desto größer werden die Unterschiede, der Testgröße Q, die sich nicht signifikant unterscheiden und damit für homogen gehalten werden. Besonders bei einem Stichprobenumfang von nur wenigen Proben nimmt dieser Einfluß progressiv zu. In der

pedogenetischen Probenahmepraxis gilt jeoch die Parallelprobe, die bekanntlich die kleinste statistisch verrechenbare Stichprobe darstellt, bereits häufig als Luxus.

3. Die Streuung der Testgröße Q setzt sich aus Analysenfehlerstreuung und der Merkmalsvarianz des Ausgangsmaterials zusammen. Ähnlich wie bei GRIFFITH (1953) wird also auch bei diesen Tests die Entscheidung ob das Ausgangsmaterial homogen oder inhomogen ist vom Analysenfehler abhängig.

4. Für die Testentscheidung ist die absolute Höhe der Merkmalsstreuung innerhalb der kleinsten Untersuchungseinheit von Bedeutung. Je größer die Streuung innerhalb z.B. der Horizonte sind, desto größere Unterschiede zwischen den Horizonten werden für homogen gehalten.

5. Die angewandten Testverfahren sind ungeeignet, weil sie sicher gegen das Risiko erster Art sind. d.h. gegen die Fehlentscheidung "der Test zeigt Unterschiede an, die nicht existieren". Die Fragestellung verlangt jedoch einen Test, der kritisch ist gegen das Risiko zweiter Art, nämlich die Fehlentscheidung "der Test zeigt keinen Unterschied an, obwohl einer existiert". Dies hat u.a. zur Folge, daß im Gegensatz zur Logik umso höhere Unterschiede für homogen gehalten werden je kleiner man die Irrtumswahrscheinlichkeit ansetzt.

Abgesehen von all diesen Einwänden, die als solche diese Tests wertlos machen, ist jedoch prinzipiell zu fragen, ob es sinnvoll ist, einen statistischen Test anzusetzen, der prüft, <u>ob</u> das Ausgangsmaterial homogen oder inhomogen ist. Da die Testgröße Q immer streut, ist es nur eine Frage des Aufwandes nachzuweisen, daß jedes Ausgangsmaterial inhomogen ist.

Dies ist auch grundsätzlich sinnvoll, da in jedem Boden substratbedingte Inhomogenität auftritt. KUNDLER (1959) spricht in diesem Zusammenhang von "natürlichen Schwankungen in der Zusammensetzung des Geschiebemergels". Dies scheint mir begrifflich nicht sehr glücklich, da in Umkehrung Schichtung unnatürlich sein müßte. SCHLICHTING u. BLUME (1961) sprechen von "stets vorhandenen gewissen Inhomogenitäten". Beide Zitate zeigen, daß auch in Pedons, die für sehr einheitlich gehalten wurden, Inhomogenitäten auftreten, die jedoch <u>homogen gesetzt</u> werden.

Im Gegensatz dazu halte ich es für sinnvoller, grundsätzlich jeden Gesteins- bzw. Bodenkörper als inhomogen anzusehen und zu definieren (MIEHLICH 1976): ein Gesteins- bzw. Bodenkörper wäre homogen, wenn er - zerlegt in beliebige Teilausschnitte - in allen Merkmalen übereinstimmt. Jede Merkmalsdifferenz zwischen den Teilausschnitten ist Inhomogenität. Gesteins- bzw. Bodenkörper sind inhomogen. Die Inhomogenität wird durch zwei Parameter gekennzeichnet:

1. durch das Ausmaß der Merkmalsunterschiede zwischen den Teilausschnitten (= Proben), das hier als Variabilität bezeichnet wird.
2. durch die Anordnung der Merkmalsunterschiede im dreidimensionalen Gesteins- bzw. Bodenkörper.

Aus vielen Untersuchungen zur Variabilität von Gesteins- bzw. Bodeneigenschaften (vgl. Zusammenstellung bei BECKETT u. WEBSTER 1971) läßt sich ableiten, daß die Streuung merkmalsspezifisch ist. Das Ausmaß der Merkmalsunterschiede läßt sich daher nicht durch eine Kennziffer beschreiben. Jedes Merkmal hat seine spezifische Variabilität. Darüberhinaus ist die Merkmalsstreuung stark abhängig von der Masse (bzw. dem Volumen) der Teilausschnitte (MIEHLICH 1976). Die Variabilität des Ausgangsmaterials ist also eine extrem komplexe Größe, die durch eine Untersuchung in ihrer Gesamtheit nicht erfaßbar ist, die jedoch in jedem Gesteinskörper eine gegebene Größe darstellt.

Für die Untersuchung der Bilanzierungsfähigkeit eines Bodens ist es jedoch gar nicht notwendig, alle Merkmale in allen Masseneinheiten zu betrachten. Bei konstantem Probengewicht entfällt der Einfluß unterschiedlicher Masse und die Zahl der Merkmale, die den zu untersuchenden Prozess beeinflussen, ist ebenfalls begrenzbar.

Die Anordnung der Merkmale im dreidimensionalen Bodenkörper stellt - wie die Variabilität - eine hochkomplexe, volumenabhängige Größe dar. Aber auch hier läßt sich zur Überprüfung der Bilanzierbarkeit eine starke Eingrenzung durchführen. Durch die Wahl eines, der Entstehung des Gesteinskörpers angepaßten, Probenahmeschemas mit gitterförmiger Anordnung der Proben läßt sich die Zahl der notwendigen Proben beschränken (MIEHLICH 1970).

Es ist nach dieser Definition von Homogenität/Inhomogenität nicht mehr sinnvoll zu prüfen, ob das Ausgangsmaterial homogen oder inhomogen ist. Die Fragestellung des Tests ist daher neu zu formulieren in "wie hoch ist die Inhomogenität des Ausgangsmaterials eines untersuchten Bodenkörpers und wie wirkt sich die substratbedingte Inhomogenität auf die vorgesehene pedogenetische Untersuchung aus". Diese Formulierung bezieht bewußt den Test auf Inhomogenität in die eigentliche Bilanzierung mit ein. Dies ist notwendig, da bislang in aller Regel der Homogenitätstest innerhalb der Untersuchung ein völlig isolierter Vorspann ist, in dem über Zulassung bzw. Ablehnung der vorausgewählten Pedons entschieden wird. Ein einmal zugelassenes Pedon wird danach behandelt als wäre es völlig frei von substratbedingten Inhomogenitäten. Im Gegensatz dazu scheint es mir notwendig, den Einfluß der Inhomogenität des Ausgangsmaterials auf die Bilanzierung zu erfassen.

Dazu ist es erforderlich, den Zusammenhang zwischen der Testgröße Q und den übrigen Merkmalen des Ausgangsmaterials zu überprüfen. In allen mir bekannten Arbeiten mit Homogenitätstests wird schlicht unterstellt, daß es einen strikten Zusammenhang zwischen der Testgröße Q und den übrigen Eigenschaften gibt, sonst könnte man aus der Testgröße Q nicht auf die Homogenität der übrigen Eigenschaften schließen.

Im Gegensatz dazu halte ich es für notwendig, innerhalb des unveränderten Ausgangsmaterials zu überprüfen, ob und gegebenenfalls welcher Zusammenhang zwischen der Testgröße Q und pedogenetisch bedeutsamen Eigenschaften wie z.B. Varianz und Anordnung des primären Tongehalts besteht. Nur so ist es möglich, die Inhomogenität der pedogenetisch bedeutsamen Eigenschaften des Ausgangsmaterials innerhalb des Solums zu ermitteln und in ihrer Wirkung auf die Pedogenese abzuschätzen.

Literatur

BEAR, F.E.: Chemistry of the Soil. New York 1964.

BECKETT, P.H.T., WEBSTER,R.: Soil Variability: A Review. Soils and Fertilizers 34, 1-15 (1971).

CADIGAN, R.A.: A Method of Determining the Randomness of Regional Distributed Quantitative Geologic Data. J. of Sedimentary Petrology 32, 813-818 (1962).

CHAPMAN, S.L., HORN,M.E.: Parent Material Uniformity and Origin of Silty Soils in Northwest-Arkansas based on Zirconium - Titanium Contents. S.S.S. Amer. Proc. 32, 265-271 (1968).

CALLEBAUT, R., de LEENHEER,L.: Etude de la structure et de la fertilité physique des sols sur fermes mecanisées, 2. note. Pedologie (Ghent) 16, 42-74 (1966).

GRIFFITH, J.C.: Estimation of Error in Grain Size Analysis. J. of Sedimentary Petrology 23, 74-84 (1953).

KUNDLER,P.: Zur Methodik der Bilanzierung der Ergebnisse von Bodenbildungsprozessen, dargestellt am Beispiel eines Texturprofils auf Geschiebemergel in Nordwestdeutschland. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 86, 215-222 (1959).

KUSSMAUL,H.: Vergleich von Lößböden unter Laubwald und Acker. Diss. München 1969.

MIEHLICH, G.: Veränderung eines Lößlehm-Pseudogleys durch Fichtenreinanbau. Diss. Hamburg 1970.

MIEHLICH, G.: Homogenität, Inhomogenität und Gleichheit von Bodenkörpern. Z. Pflanzenernähr. Bodenkd. 1976, Heft 5, 597-609.

SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P.: Das typische Profil auf jungpleistozänem Geschiebemergel in der westbaltischen Klimaprovinz und seine grundsätzliche Deutung. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk.95, 193-208 (1961).

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 595-596 (1977)

Sandfrostkeile in einer norddeutschen Moränenlandschaft und ihre pedologische Wirkung+

von

R. Hoffmann++

Grundmoränen aus weichselzeitlichem Geschiebemergel werden im Berliner Raum von sandigen Spalten durchzogen, die miteinander ein Polygonnetz bilden. Diese Spalten erreichen Tiefen von >3 m und sind stets kalkfrei. Ebenso ist der an sie grenzende Teil des Geschiebemergels entkalkt. Zwischen zwei Sandkeilen bildet die Entkalkungsgrenze eine Mulde und erreicht in Keilnähe ihren höchsten Punkt, um dann nahezu parallel zum Keil abzufallen. Die Spalten sind von stein- und kiesfreiem, gut sortiertem Sand gefüllt, dessen Korngrößenmaximum zwischen 200 und 300 µm liegt. Nach oben werden die Keilsande von einem Pfropfen aus einem kiesig-lehmigen Gemisch gegen darüberliegenden Geschiebedecksand oder Flugsand abgegrenzt.

Aus einem Vergleich der Geländebefunde mit Ergebnissen aus Arbeiten über heutige Periglazialgebiete (Berg und Black, 1966; Pewé, 1959) werden folgende Schlüsse über die Keilgenese gezogen:
Die Spalten sind in einem kalt-ariden Klima durch Kälteschrumpfung entstanden.
Sie wurden mit einem relativ groben Flugsand gefüllt, ohne daß die Spalten zuvor mit Eis gefüllt gewesen waren.
Unter humideren Klimaverhältnissen kam es später zu einer Eislinsen-

+) Eine Arbeit aus dem Institut für Ökologie - Fachgebiet Bodenkunde der Technischen Universität Berlin

++) Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 3000 Hannover 51, Postfach 510153

bildung, die zu einer Hebung der Oberfläche führte. Oberflächliches Auftauen im Sommer bewirkte eine seitliche Umlagerung des aufgetauten Geschiebemergel in den Sandkeil. Das umgelagerte Material wurde kryoturbat mit dem oberen Keilsand vermischt (Pfropfenbildung).

Die Sandfrostkeile beeinflussen Verlagerungsprozesse im Boden. So stellen sie innerhalb des dicht gelagerten Geschiebemergel ein schnell dränendes Netz dar. Die erhöhte Sickerwassermenge in diesem Bereich hat zu einer Entkalkung des Keilsandes und des angrenzenden Geschiebemergel geführt. Der muldenförmige Verlauf der Entkalkungsgrenze, die zugleich die Untergrenze der Tonverlagerung bildet, zwischen zwei Keilen erklärt sich aus einer höheren Sickerwassermenge an dieser Stelle.

Eine ausführliche Darstellung der Entstehung von Sandfrostkeilen und deren Einfluß auf die Bodenbildung ist den Arbeiten von Blume und Hoffmann (1977) und Hoffmann (1976) zu entnehmen.

Literatur:

Berg, T. und Black, R.: Preliminary measurements of growth of nonsorted polygons, Victoria Land, Antarctica, 61-108; in J. Tedrow (Ed.): Antarctic soils and soil forming processes. Amer. Geophy. Union, Publ. 1418, Washington, 1966.

Blume, H.-P. und Hoffmann, R.: Entstehung und pedologische Wirkung glaziärerFrostkeile einer norddeutschen Moränenlandschaft. Z. Pflanzenernähr. und Bodenkde. zum Druck eingereicht, 1977.

Hoffmann, R.: Genese und Ökologie polygenetischer Parabraunerden mit Periglazialerscheinungen im Berliner Raum. Diss. TU Berlin, 1976.

Péwé, T.: Sand-wedge polygons in the Mc Murdo Sound region, Antarctica. Am. J. Sci. 257, 545 (1959).

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 597-604 (1977)

Schweretrennung an verschieden alten Sandmischkulturböden zur Darstellung bodenbildender Prozesse

von

Scheffer, B.[+] und H. Hidding[++]

Aus Ertragsdaten und ersten chemischen Untersuchungen zur Humifizierung an verschieden alten Sandmischkulturböden leitet KUNTZE (1972) einen Bodenbildungsprozeß ab. Er unterscheidet dabei drei Phasen: Setzung, Homogenisierung und Humifizierung, verbunden mit einem intensiven Abbau und Umbau der Torfsubstanz in der Krume. Die organische Substanz eines Sandmischkulturbodens, die anfangs aus rohem Torf bestand, wird mit fortschreitendem Alter der Kultur und ständiger Bodennutzung so verändert, daß sie nicht mehr leicht abbaubar ist und auch eine Entmischung der Sand- und Humusteilchen nicht mehr oder kaum noch stattfinden kann. Als Endphase dieses Prozesses wird ein dem Plaggenesch ähnlicher anthropogener Boden angenommen.

Die Bodenentwicklung von Sandmischkulturböden soll durch weitere qualitative und quantitative Untersuchungen der organischen Substanz nachgewiesen werden. Solche Untersuchungen wurden an Krumenboden von fünf verschieden alten Sandmischkulturböden, einem tiefgepflügten humosen Heidepodsol (58 Jahre alt) und einem (ca. 250 Jahre alten) Plaggeneschboden aus dem Raum Königsmoor, Krs. Harburg (TK 25, Nr. 2723/24) mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt. Im Rahmen dieser Arbeit interessierte insbesondere, ob und in welchem Maße die organischen und anorganischen Bodenkomponenten stabile Verbindungen (Verknüpfungen) eingehen, dadurch den Gefügeaufbau und die Gefügestabilität fördern und die Erosionsanfälligkeit mindern. Deshalb wurden Versuche zur Schweretrennung

+ Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Außeninstitut für Moorforschung und angewandte Bodenkunde, 2800 Bremen, Friedrich-Mißler-Straße 46/50

++ Landbouwhogeschool, Wageningen/Niederlande

durchgeführt. Die Schweretrennung mit Tetrachlorkohlenstoff bietet sich besonders an, da die organische Substanz eine Dichte $< 1,5$ g/cm^3 hat und daher leicht von mineralischen Bestandteilen abtrennbar ist.

1. Untersuchungsmaterial

Einige chemische Kenndaten der Versuchsböden sind in der Tabelle 1 dargestellt. Der mineralische Untergrund der untersuchten Sandmischkulturböden enthält im Mittel 1,6% Ton, 1,7% Schluff, 37% Feinsand, 54,7% Mittelsand und 5% Grobsand.

Tab. 1

Chemische Kenndaten der Versuchsböden

Boden	Alter	pH ($CaCl_2$)	Asche % TM	C % org.	N TM
Sandmischkultur	0	3,0	64,5	55,3	0,59
"	8	4,0	92,3	50,1	1,44
"	15	4,5	91,7	52,6	1,68
"	20	4,6	90,3	50,0	1,65
"	36	4,7	94,6	47,2	2,03
tiefgepflügter Erica-podsol	58	4,2	93,2	45,6	2,00
Plaggenesch	250	4,9	97,7	53,0	4,35

2. Ergebnisse

Die mit Hilfe der Schweretrennung erzielten Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Mit fortschreitendem Alter einer Sandmischkultur (Abbildung 1) nimmt der spezifisch schwerere Anteil ($d > 1,59$) ständig zu. Das Sand-Torf-Gemisch (1:2), das einer frisch angelegten Sandmischkultur entspricht, läßt sich zu 89,7% in spezifisch schwerere und zu 10,3% in spezifisch leichtere Fraktionen auftrennen. Aber schon eine acht Jahre alte Sandmischkultur enthält in der Krume (0 - 20 cm)

Abb.1: Schweretrennung mit CCl_4

spez. schwererer Anteil

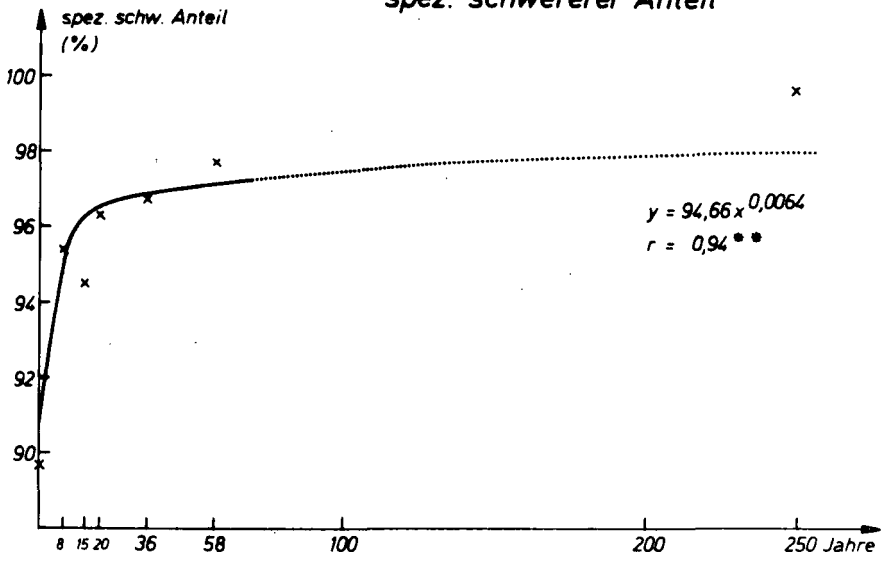


Abb.2: Schweretrennung mit CCl_4

C-Gehalt der org. Subst. in d. spez. schw. Fraktion

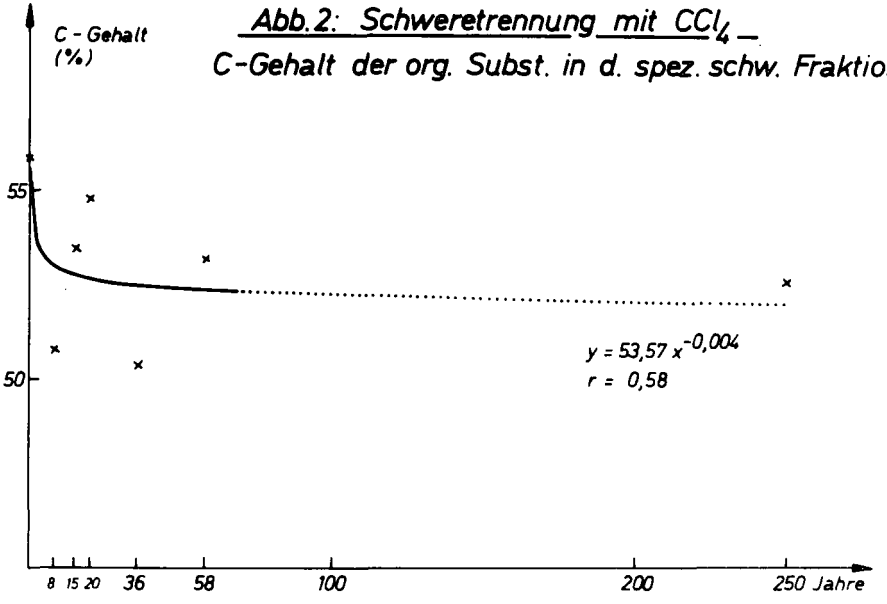
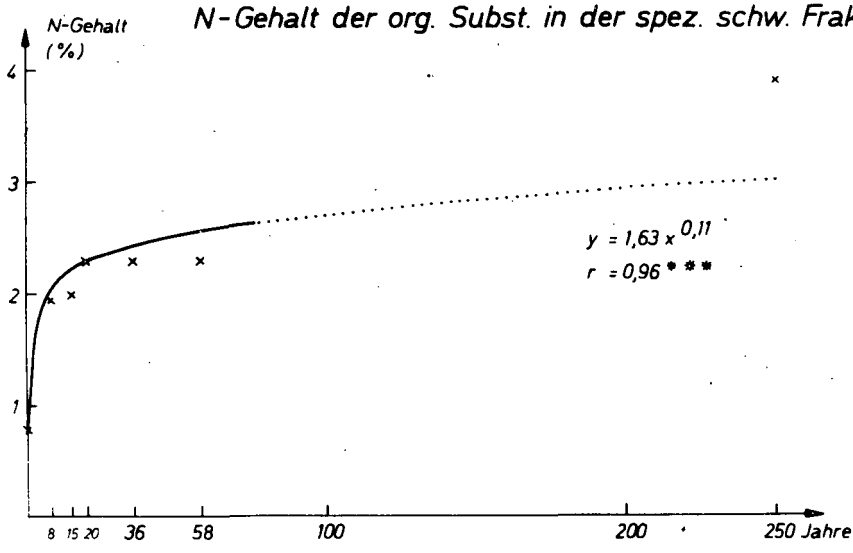


Abb. 3: Schweretrennung mit CCl_4

N-Gehalt der org. Subst. in der spez. schw. Fraktion



bereits 95,4% spezifisch schwerere Anteile und nur noch 4,6% spezifisch leichtere Anteile. Die Schweretrennung mit Krumenboden eines ca. 250 Jahre alten Plaggeneschbodens ergab 99,7% spezifisch schwerere Fraktion.

Die Regressionsgleichung lautet $y = 94,66\ x^{0,0064}$; $r = 0,89^{**}$ (x = Alter der Sandmischkultur; y = spezifisch schwererer Anteil in Prozent). Demnach nimmt die spezifisch schwerere Fraktion mit fortschreitendem Alter einer Sandmischkultur stets zu und dürfte schließlich einen ähnlichen Wert wie beim Plaggeneschboden erreichen.

Der Kohlenstoffgehalt der organischen Substanz in der spezifisch schwereren Fraktion (Abbildung 2) nimmt mit fortschreitendem Alter ab, bedingt durch Torfverzehr und Umbau der sauerstoff- und stickstoffärmeren organischen Substanz in entsprechend reichere Verbindungen. Die Abnahme des Kohlenstoffgehaltes ist nicht einheitlich bei den untersuchten Böden. Die entsprechende Regressionsgleichung lautet $y = 53,57\ x^{-0,004}$; $3 = 0,58$ (x = Alter der Sandmischkultur; y = C-Gehalt der organischen Substanz in der spezifisch schwereren Fraktion).

Der Stickstoffgehalt der organischen Substanz in der spezifisch schwereren Fraktion (Abbildung 3) steigt dagegen mit fortschreitendem Alter an; es findet also ein ständiger Einbau statt. Das Sand-Torf-Gemisch enthält nur 0,8% N, ein 58 Jahre alter tiefgepflügter humoser Ericapodsol 2,3% N in der organischen Substanz der spezifisch schwereren Fraktion. Die Regressionsgleichung lautet $y = 1{,}63\ x^{0{,}11}$; $r = 0{,}96^{***}$ (x = Alter; y = N-Gehalt der organischen Substanz in der spezifisch schwereren Fraktion). Der Zunahme des Stickstoffs in der organischen Substanz kommt eine besondere Bedeutung zu. In den ersten Jahren nach Herrichtung einer Sandmischkultur "verbraucht" der Boden zum Umbau der organischen Substanz relativ viel Stickstoff.

In jungen Sandmischkulturböden sind ca. 70% des Stickstoffs und Kohlenstoffs in der spezifisch leichteren Fraktion ($d < 1{,}59$) gebunden, während in alten Kulturen (58 Jahre alt) 70 - 80% in der spezifisch schwereren Fraktion ($d > 1{,}59$) angetroffen werden (SCHEFFER, B. 1977).

3. Diskussion

Das Sand-Torf-Gemisch einer Sandmischkultur entwickelt sich erst allmählich zu einem Boden. Junge Sandmischkulturen unterliegen nach dem Austrocknen schnell einer Sand-Torf-Entmischung, und durch Wind und Wasser kann deshalb die spezifisch leichtere organische Substanz leicht erodiert werden. Dagegen lassen sich alte Sandmischkulturen und auch Plaggeneschböden kaum oder sehr schwer mechanisch in Sand und organische Substanz auftrennen; die organische Substanz muß also fest an den mineralischen Bestandteilen des Bodens haften.

Die Versuche der Schweretrennung ergaben, daß die organische Substanz mit fortschreitendem Alter einer Sandmischkultur durch Bindungen an mineralische Bodenkomponenten stabilisiert wird. Die Sandmischkulturen werden laut Korrelationsrechnungen im Laufe ihrer Entwicklungsphase einem Plaggeneschboden immer ähnlicher. So entsteht durch anthropogene Einflüsse aus Sand und Torf ein dem Plaggenesch, der ja selbst ein anthropogen geformter Boden ist, ähnlicher humoser Sandboden, dessen organische Substanz nichts mehr gemein hat mit dem Ausgangsmaterial Torf.

Aus den Versuchen der Schweretrennung lassen sich folgende weitere Schlüsse zur Entwicklung von Sandmischkulturböden ziehen. In den ersten Jahren nach Anlage einer Sandmischkultur finden in der eingangs geschilderten Phase zunehmender Homogenisierung die größten Umsetzungen statt. Bodenbelüftung, Erhöhung des pH-Wertes und Zufuhr von Nährstoffen fördern die Aktivität der Bodenmikroorganismen. Die Stickstoffdüngung führt zur Bildung neuer N-reicher organischer Substanzen und zu einem verstärkten Abbau auch der schwerer abbaubaren Torfkomponenten.

Über die Bindungsformen der organischen Substanz an die mineralischen Bodenkomponenten in Sandmischkulturböden hat man bisher noch keine klaren Vorstellungen. Generell ist auch über Bindung und Stabilität der organischen Substanz an Tonminerale wenig bekannt (SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL 1976). In den tonarmen Sandmischkulturböden dürften auch Bindungen der organischen Substanz an Schluff- und Feinsand-Fraktionen möglich sein. ROCHUS (1977) beschreibt in Krumenproben aus Sandmischkulturböden "Ton-Humus-Komplexe" und Huminsäuren, die an Kieselsäure gebunden sind. Beide Fraktionen nehmen mit zunehmendem Alter einer Sandmischkultur zu. Besonders N-reiche organische Substanzen sind in der Lage, stabile organo-mineralische Verbindungen mit Schluff- und Feinsandteilchen zu bilden. Ob solche Verbindungen die gleiche Stabilität und auch die erhöhte bacterielle Resistenz haben wie organo-tonmineralische Verbindungen ist noch völlig unbekannt. Als Bindungsformen kommen auch hier in Frage: Ionenbindung, Wasserstoffbrücken, organische Dipole.

Oligotrophe Hochmoortorfe gehen mit Tonmineralien auch bei längerer Einwirkungszeit keine Reaktion im feststellbaren Umfang ein (SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL 1976). Erst nach dem biochemischen Umbau der organischen Substanz und Einbau von Stickstoff ist diese in der Lage, solche Bindungen einzugehen. Die Bildung organo-mineralischer Verbindungen wird auch besonders durch die Aktivität der Bodenmikroorganismen gefördert. Diese scheiden Schleimstoffe aus, die mineralische Teilchen umhüllen und verkleben (verkitten) können. So haftet z.B. mikrobiell gebildeter Eisenocker an glatten Glasflächen, während rein chemisch entstandener Eisenocker mit Wasser leicht abspülbar ist. Zur Ermittlung der Stabilität der Bindungen in Sandmischkulturböden

sind noch weitere Versuche mit Proben aus tiefgepflügten bzw. übersandeten Niedermooren unterschiedlichen Alters geplant.

4. Zusammenfassung

Die organische Substanz der anthropogenen Sandmischkulturböden durchläuft Entwicklungsphasen der Bodenbildung vom rohen Torf zu stickstoff-reichen organischen Verbindungen.

Die Schweretrennung mit Tetrachlorkohlenstoff ergab, daß mit fortschreitendem Alter einer Sandmischkultur die spezifisch schwerere Fraktion ($d > 1,59$) ständig zunimmt und Kohlenstoff und Stickstoff vorzugsweise in dieser Fraktion eingebaut werden. Korrelationsrechnungen zeigen auf, daß sich Krumenböden von Sandmischkulturen in Richtung Plaggeneschböden entwickeln. Das Bodengefüge der Krume von Sandmischkulturen wird im Laufe der Entwicklung durch die Bildung organo-mineralischer Verbindungen stabilisiert.

5. Literatur

KUNTZE, H.: Die Torfkomponente in der Bodenbildung auf Sandmischkulturen.- Mitteilungen Dtsch. Bodenkundl. Ges. 15, 155 - 162 (1972).

ROCHUS, W.: The organic nitrogen content of peat soils combined with different fractions of humic substances.- Soil organic matter studies, Vol II, 365 - 370 (1977); IAEA Wien.

SCHEFFER, B.: Stabilization of organic matter in sand mixed cultures.- Soil organic matter studies, Vol II, 359 - 363 (1977); IAEA Wien.

SCHEFFER, F. u. P. SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde.- 9. Auflage (1976); Enke-Verlag-Stuttgart.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 605-612 (1977)

Die mikromorphologische Deutung der Torfzersetzung

von

Schwaar, J.+

1. Einleitung

Torfdünnschnitte - mit dem Mikroskop betrachtet - gewähren Einblicke in das Nebeneinander von noch strukturierten Pflanzenresten und schon völlig humifizierter Substanz. Dabei ist das prozentuale Verhältnis dieser beiden Anteile der Ausdruck für den Grad der Torfzersetzung, die auch mit makroskopischen, chemischen und physikalischen Methoden bestimmt werden kann. Ausführlich berichtet hierüber SCHNEIDER (1958). Während letztere nur Durchschnittswerte für die untersuchten Schichten angeben und damit keine Angaben über die Feinstrukturen der Torfe zulassen, gestattet die mikroskopische Methode detaillierte Einblicke in das Torfgefüge und daraus ableitend, ausführliche Rückschlüsse auf die Bildungsbedingungen (botanisch, hydrologisch, großklimatisch) des jeweiligen Torfes. Neben diesem wissenschaftlichen Anwendungsbereich spielt die Torfzersetzung auch in Landwirtschaft, Torftechnologie und Balneologie eine nicht unbedeutende Rolle.

2. Untersuchungsgebiet

Als Untersuchungsgebiet wurden Nordwestdeutschland und Gough Island/Südatlantik ausgewählt. Beide Regionen weisen durch ihr humides Klima bedingt, umfangreiche Moorbildungen auf. Die nordwestdeutschen Entnahmepunkte liegen im Geestemündungstrichter 8 km östlich von Bremerhaven und im oberen Wümmetal zwischen Königsmoor und Tostedt, Krs. Harburg-Land.

Koordinaten :

TK Nr. 2418 (Bramel)	rechts	34 80280	hoch	59 34480	Pkt. 1
TK Nr. 2418 (Bramel)	rechts	34 87790	hoch	59 33600	Pkt. 2
TK Nr. 2427 (Tostedt)	rechts	35 45220	hoch	58 59300	Pkt. 3

Auf Gough Island befindet sich der Entnahmepunkt 200 m nördlich der meteorologischen Station.

+) Nds.Landesamt für Bodenforschung
Außeninstitut für Moorforschung und Angewandte Bodenkunde
Friedrich Mißler Str. 46-48
28 Bremen

3. Methoden

Wir schließen uns in der Methodik weitgehend PUFFE,D.& GROSSE-BRAUCKMANN,G. (1963) und GROSSE-BRAUCKMANN,G.&PUFFE,D. (1964) an. Die anteilmäßige Erfassung noch erhaltenen Pflanzenstrukturen (Tab. 1) erfolgte mit einem Integrations-Strichplattenrevolver der Fa. Zeiss (SCHWAAR 1971). An den schon erwähnten Entnahmepunkten wurden ungestörte Proben entnommen. Bei geringen Torfmächtigkeiten geschah dieses an der Stichwand ausgehobener Gruben (Königsmoor, Gough Island). Bei großen Torfmächtigkeiten (Geestemündungstrichter) konnte auf Proben zurückgegriffen werden, die im Rahmen eines Gutachtens von einer Bohrfirma genommen wurden. Hier stand uns Material bis zu einer Tiefe von 9,25 m und 7,03 m zur Verfügung. Die Torfprofile untersuchten wir in Abständen von 5 cm. Von jedem 5 cm - Stück fertigten wir 5 Dünnschnitte mit dem Mikrotom an. Parallel dazu wurden die mit 5 % iger Kalilauge abgetrennten pflanzlichen Großreste von jedem 5 cm - Stück untersucht.

4. Ergebnisse

4.1 Moor im Geestemündungstrichter

Die Durchmusterung der Serienschnitte schwach zersetzter Torfe (Taf.I,1-3) vom Entnahmepunkt 1 zeigte über weite Strecken gut erhaltene Pflanzenreste, die fast ausschließlich aus Sphagnen (Sph.imbricatum, Sph.papillosum, Sph.magellanicum) bestehen. Die Anteile humifizierter Substanz sind gering (Tab. 1). Zur mikroskopisch nachweisbaren Monotonie der Torfzersetzung kommt eine Gleichförmigkeit (Sphagnen) der torfbildenden Artenkombination. Zusammengenommen deutet dieses auf gleichartige oder nur wenig wechselnde Bedingungen bei der Torfbildung hin. Das Zusammenwirken der dafür verantwortlichen Vorgänge (Großklima, örtliche hydrologische Verhältnisse, autogene Wachstumsrhythmen) muß

Bildtafel I :

I/1	Schwach zersetzter Torf,	Pkt. 1,	4x,	99-104	cm Tiefe
I/2	Schwach zersetzter Torf,	Pkt. 1,	4x,	84- 89	cm Tiefe
I/3	Schwach zersetzter Torf,	Pkt. 1,	10x,	174-179	cm Tiefe
I/4	Mäßig zersetzter Torf,	Pkt. 2,	4x,	444-449	cm Tiefe
I/5	Mäßig zersetzter Torf,	Pkt. 2,	4x,	295-300	cm Tiefe
I/6	Mäßig zersetzter Torf,	Pkt. 2,	4x,	373-378	cm Tiefe
I/7	Stark zersetzter Torf,	Pkt. 1,	4x,	646-651	cm Tiefe
I/8	Stark zersetzter Torf,	Pkt. 1,	4x,	662-667	cm Tiefe
I/9	Stark zersetzter Torf,	Pkt. 1,	4x,	676-681	cm Tiefe
I/10	Stark zersetzter Torf,	Pkt. 1,	4x,	456-461	cm Tiefe
I/11	Stark zersetzter Torf,	Pkt. 1,	4x,	533-538	cm Tiefe
I/12	Stark zersetzter Torf,	Pkt. 1,	4x,	711-716	cm Tiefe

am Entnahmepunkt im Geestemündungstrichter über lange Zeiten konstant gewesen sein. Entsprechende zeitliche Datierungen sind vorgesehen (Pollenanalysen, ^{14}C-Datierungen).

Keine solche mikromorphologische Gleichförmigkeit der Torfe haben wir am 7,5 km entfernten Entnahmepunkt 2. Hier wurde deutlich, daß die mäßig zersetzten Torfe (H 4-7 nach der Skala von L.v.POST) gegenüber den schwach und stark zersetzten Torfen mikromorphologisch uneinheitlich sind (Taf. 1,4-6; Tab. 1). Stark zersetzte Partien wechseln mit schwach zersetzten Schichtungen ab. Dieser Wechsel wird von Schnitt zu Schnitt sichtbar; die einzelnen Schnitte sind in sich einheitlich zersetzt. Diese Feststellung gilt sowohl für die vorgefundenen Hoch- als auch Niedermoortorfe. Für die Torfbildung lassen sich hier kurzfristig wechselnde, labile Phasen ableiten, die auf dem Zusammenwirken der eingangs erwähnten Ursachen beruhen. Bei unseren Untersuchungen fanden wir bislang keine mikromorphologisch einheitlichen Torfe von mäßiger Zersetzung. Dieses schließt ihr Vorkommen aber nicht aus.

Eine Sonderstellung nehmen die Erlenbruchwaldtorfe ein, die in den tieferen Schichten des Entnahmepunktes 1 angetroffen werden. Stärkere Lagen und das Vorkommen von Erlenfrüchten zeigen einen Erlenbruchwald als torfbildende Pflanzengesellschaft an. Ein nachträgliches Einwachsen aus einer Moorstillstandslage in schon gebildeten Torf ist deshalb wenig wahrscheinlich, wenn auch betont werden muß, daß solche nachträglichen Durchdringungen recht häufig sind. In den Serienschnitten sehen wir gut erhaltene Erlenholzreste (Taf. I,7-9) neben völlig humifizierter Substanz. Im Gegensatz zu den Torfen am Entnahmepunkt 2 (Humifizierungswechsel von Schnitt zu Schnitt) haben die Erlenbruchwaldtorfe die festgestellte "Doppelstruktur" über größere

Bildtafel II :

II/1 Mäßig zersetzter Torf, Gough Island, 4x, 40-45 cm Tiefe
II/2 Mäßig zersetzter Torf, Gough Island, 10x, 40-45 cm Tiefe
II/3 Mäßig zersetzter Torf, Gough Island, 4x, 40-45 cm Tiefe
II/4 Mäßig zersetzter Torf, Gough Island, 10x, 45-50 cm Tiefe
II/5 Mäßig zersetzter Torf, Gough Island, 10x, 45-50 cm Tiefe
II/6 Mäßig zersetzter Torf, Gough Island, 10x, 45-50 cm Tiefe
II/7 Stark zersetzter Torf, Gough Island, 10x, 70-75 cm Tiefe
II/8 Stark zersetzter Torf, Gough Island, 10x, 85-90 cm Tiefe
II/9 Stark zersetzter Torf, Gough Island, 10x, 85-90 cm Tiefe
II/10 Stark zersetzter Torf, Pkt. 3, 10x, 65-70 cm Tiefe
II/11 Stark zersetzter Torf, Pkt. 3, 10x, 65-70 cm Tiefe
II/12 Stark zersetzter Torf, Pkt. 3, 10x, 70-75 cm Tiefe

Tab. 1 Erhaltene Pflanzenstrukturen in %

L. v. POST	Mikroskopische Methode	
H	$\bar{x}$	s
2-3	99,16	1,14
3-4	91,10	3,46
4-5	24,14	27,59
5-6	19,96	24,45
6-7	6,39	6,15
7-8	11,49	8,61
8-9	0,32	0,33

Schichtmächtigkeiten. Diese mikromorphologische Monotonie weist wiederum auf einheitliche Bedingungen über längere Zeiträume hin. Die Erscheinung verschiedener Zersetzung in einem Dünnschnitt dürfte folgende Ursache haben :

Im Erlenbruchwald, der am wenigsten Nässe bedürftigen Sukzession der Niedermoorbildung, wachsen hochschäftige Arten mit ihrer oberirdischen Masse außerhalb der Naßzone und fallen im Herbst auf eine meist abgetrocknete Oberfläche. Eine rasche und gründliche Zersetzung ist die Folge. Deshalb finden wir in Erlenbruchwaldtorfen neben Holzresten und wenigen Radizellen, die in der Naßzone überdauern, keine weiteren Pflanzenreste außer Samen und Früchten (Lycopus, Rubus). Manchmal weisen aber moosreiche Erlenbruchwaldtorfe auf eine feuchtere Ausbildungsform des torfbildenden Erlenbruchwaldes hin.

Manchmal - wie im untersuchten Fall - weisen Schilftorfe (Taf. I,10-12) ebenfalls ein Nebeneinander von strukturierten Pflanzenresten (Schilfrhizomen) und völlig humifizierter Substanz auf. Beim Torfbildungsprozeß bleiben die in der Naßzone liegenden Rhizome und Wurzeln erhalten, während die oberirdische Masse durch Luftzutritt rasch abgebaut wird. Eine Ausnahme machen - wie bei den Erlenbruchwaldtorfen - moosreiche Schilftorfe.

4.2 Oberes Wümmetal bei Königsmoor

Kompliziertere Vorgänge werden im oberen Wümmetal bei Königsmoor (Entnahmepunkt 3) deutlich. Hier stellten wir durch Serienschnittuntersuchung stark humifizierte Hochmoortorfe fest (Taf.II,9-12), die bei einer Gesamtmächtigkeit von 115 cm die unteren 95 cm einnehmen. Die Anteile der noch erkennbaren Pflanzenreste betragen weniger als 1 % (Tab. 1). Diese gleichmäßig stark zersetzten Hochmoortorfe weisen wieder auf lang andauernde, einheitliche Bedingungen bei der Torfbildung hin. Diesem untersuchten Kleinst-Hochmoor (Schlatt) steht - durch sandige Geest ge-

trennt - in 500 m Entfernung ein größerer Hochmoorkomplex gegenüber,in dem zeitgleich - durch pollenanalytische Untersuchungen bestätigt - schwach zersetzte Hochmoortorfe gebildet wurden.Dieses Nebeneinander von synchron gebildeten schwach und stark zersetzten Hochmoortorfen weist in die gleiche Richtung wie die Untersuchung von SCHNEEKLOTH (1963,1965,1970,1971),der die Humifizierungswechsel verschiedener Hochmoore zeitlich bestimmte und herausfand,daß diese Kontakte keine synchronen Leithorizonte sind. An den von uns untersuchten,dicht beieinander liegenden Standorten im oberen Wümmetal müssen verschiedenartige Bedingungen für die Hochmoorbildung geherrscht haben; an den jeweiligen Standorten müssen sie aber einheitlich gewesen sein. Pollenanalytischen Untersuchungen zufolge ist die gleichzeitige Bildung der schwach und stark zersetzten Torfe - vorsichtig formuliert - in das erste nachchristliche Jahrtausend zu stellen.Genauere Angaben werden ^{14}C-Daten erbringen. Über die umfangreichen palynologischen Untersuchungen wird demnächst an anderer Stelle berichtet werden.

4.3 Gough Island

Die interessantesten Aspekte erbrachten die Ergebnisse von Gough Island (SCHWAAR 1976).Hier gibt es einen oberflächennahen mäßig zersetzten Torf;darunter liegt ein stark zersetzter Torf (Taf. II,1-9). Diese Verschiedenheit wird noch durch eine Uneinheitlichkeit von Schnitt zu Schnitt verstärkt.Stark wechselnde Bedingungen müßten die Ursache sein. Dagegen sprechen aber die pollenanalytischen Untersuchungen von HAFSTEN (1961),der für die letzten 5000 Jahre Vegetationsänderungen und Klimawechsel ausschloß. Hier bleibt ein Problem im Raum stehen. Weitere Untersuchungsergebnisse werden klären müssen,ob nicht auf Gough Island Klimaänderungen stattgefunden haben,die nur durch durch die wechselnde Mikromorphologie der Torfe erfaßt werden,dagegen nicht durch palynologische Untersuchungsergebnisse,weil die räumliche Isolation der Insel eine schnelle Einwanderung wärme- und kälteertragender Arten unmöglich machte.Mangelnde Konkurrenz ließ auch die nicht optimal angepaßten Arten überleben und täuscht eventuell eine Gleichförmigkeit des Klimas vor.

5. Zusammenfassung

An verschiedenen Moorstandorten (NW-Deutschland,Gough Island)

wurden von ungestörten Torfproben Dünnschnitte mit dem Mikrotom angefertigt. Die mikroskopische Interpretation zeigte örtlich und zeitlich recht unterschiedliche Torfbildungsbedingungen auf, die ihre Ursache im Zusammenwirken von Großklima, hydrologischen Verhältnissen und autogenen Wachstumsrhythmen der Moore haben. Für eine erweiterte und vertiefte Deutung von Pollenanalysen und Großrestuntersuchungen haben sich Torfdünnschnitte als wertvoll erwiesen.

Meinen Mitarbeiterinnen Frau R. Wolters und Frau R. Corzelius danke ich für sorgfältige technische Assistenz.

6. Literatur

GROSSE-BRAUCKMANN, G. & PUFFE, D. (1964): Untersuchungen an Torfdünnschnitten aus einem Moorprofil vom Teufelsmoor bei Bremen.- Soil micromorphology, 1; 83-93.

HAFSTEN, U. (1960): Pleistocene development of vegetation and climate in Tristan da Cunha and Gough Island.- Arsbok Univ. Bergen, Math.-Naturv., 20.

PUFFE, D. & GROSSE-BRAUCKMANN, G. (1963): Mikromorphologische Untersuchungen an Torfen.- Z. Kulturtechn. u. Flurb., 4; 159-188.

SCHNEIDER, S. (1958): Der Zersetzunggrad des Torfes und seine Bestimmung.- Torfnachrichten, 9; 1/2, 1-4.

SCHNEEKLOTH, H. (1963): Das "Hohe Moor" bei Scheessel.- Beih. Geol. Jb., 55; 1-104.

----------(1965): Die Rekurrenzfläche im Großen Moor bei Gifhorn - eine zeitgleiche Bildung.- Geol. Jb., 83; 477-496.

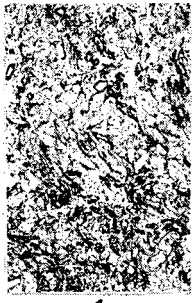
----------(1970): Die Altersunterschiede des Schwarz/Weißtorfkontaktes im Kehdinger Moor.- Geol. Jb., 89; 135-146.

----------(1971): Das Ahlen-Falkenberger Moor.- Geol. Jb., 89; 63-69.

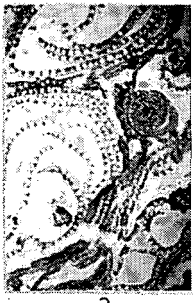
SCHWAAR, J. (1971): Wurzeluntersuchungen aus Niedermooren.- Ber. Dtsch. Bot. Ges., 84, 745-757.

----------(1976): Gough Island- Wissenschaftliches Neuland.- Umschau, 76; 718/719.

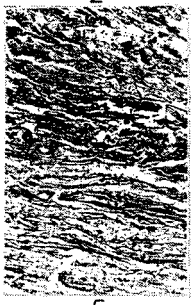
TAFEL I


1

2


3

4


5

6

7

8

9

10

11

12

TAFEL II

1

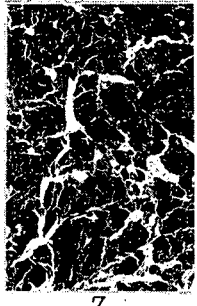
2

3

4

5

6


7

8

9

10

11

12

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 613-618 (1977)

Ermittlung von (para) autochthonen Anteilen in Böden einer Karstlandschaft

von

F. Alaily+

Auf der Ostalb treten über Malm ζ-Kalkstein neben flachgründigen, tonigen Terra fuscen tiefgründige, feuersteinreiche Podsole und schluffige Stagnogleye auf. Solche tonigen, feuersteinreichen (roten und ockerfarbenen) und schluffigen Substrate wurden als toniger Lehm bzw. Feuersteinlehm oder Schlufflehm bezeichnet (vgl. S. MÜLLER, 1951).
Aufgrund von Mikrofossilien, Mineralbestand und Körnung (Abb. 1) sowie Quotienten aus stabilen Merkmalen besteht Schlufflehm hauptsächlich aus Löß mit beigemengtem Kalklösungsrückstand (KLR), während Feuersteinlehme und tonige Lehme zum Großteil kiesiger bzw. toniger KLR mit geringen Lößbeimengungen sind. Körnung sowie Ti- und Zr-Gehalte des KLR werden dabei durch das Verhältnis von recht einheitlichem feinklastischen Material (kl) und ausgefällter und unterschiedlich grob aggregierter Kieselsäure (ly) bestimmt (ALAILY u. SCHLICHTING, 1975).
Es stellten sich nun die Fragen, ob
(1) die Mächtigkeiten von Feuersteinlehm und tonigem Lehm
(a) autochthon durch Verwitterung bzw. durch Erosion oder
(b) paraautochthon durch unterschiedliche Akkumulation von lokal umgelagertem Malm ζ KLR differenziert wurden.
(2) der KLR-Anteil im Schlufflehm (a) autochthon durch Kryoturbation oder (b) paraautochthon durch (äolische. fluviatile, solifluktive) Umlagerung angereichert wurde.
Wenn der KLR-Anteil im Boden (Rl) autochthon entstand und nicht

+Institut für Ökologie - Bodenkunde, Technische Universität Berlin, 1000 Berlin 33, die Untersuchungen wurden im Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim durchgeführt.

erodiert wurde, dann muß die aus den Mengen verwitterungsstabiler Indizes und deren Gehalten im Ausgangsmaterial berechnete Mächtigkeit des verwitterten Kalksteins gleich der aus der Schichtenfolge rekonstruierten sein. Wenn aber der Boden durch Erosion geköpft oder durch Sedimentation angereichert wurde, dann wird der errechnete Wert niedriger bzw. höher sein als der tatsächliche.

Die verwitterungsstabil betrachteten KLR-bürtigen Zr-Gehalte im Boden ($=Zr_{Rl}$) wurden aus dem Zr-Gehalt des Horizontes (Zr_t) und des Lösses (Zr_L) sowie dem nur aus dem Löß-Anteil stammenden fgU (20-30 µm)-Feldspat des Horizontes (F_B) und des Lösses (F_L) wie folgt errechnet:

$$Zr_{Rl} = Zr_t - ((Zr_L \cdot F_B) : F_L)$$

Diese Gehalte sowie die auf analoge Weise ermittelten Ti_{Rl}-Gehalte sind in Abb. 2 mit den entsprechenden KLR-Werten aufgeführt. Es ist zu erkennen, daß die Ti:Zr-Verhältnisse der KLR-Anteile in den Bodenhorizonten und den KLR ähnlich sind. Die hohen Ti- und Zr-Gehalte in den KLR-Anteilen des Schufflehmes und Feuersteinrotlehmes können auf residuelle Anreicherung infolge von Verwitterung zurückgeführt werden.

Die ursprüngliche Mächtigkeit des verwitterten Kalksteins (Mu) ergibt sich dann aus Zr_{Rl}, der aktuellen Mächtigkeit in cm (Ma) und dem Raumgewicht (Rg) der Bodenhorizonte sowie dem Ø Raumgewicht ($=2.58\ g/cm^3$) und Zr-Gehalt ($=2.9$ ppm) des Malm ξ-Kalksteins zu

$$Mu = (Zr_{Rl} \cdot Ma \cdot Rg) : (2.58 \cdot 2.9 \cdot 100) \quad \text{Meter}$$

Rekonstruiert wurde die Mächtigkeit des verwitterten Kalksteins als Differenz zwischen den Obergrenzen des ursprünglichen Malm ξ und des heutigen C- bzw. D-Horizontes (s. Abb. 3).

Auf diese Weise ergaben sich folgende Kalkstein-Mächtigkeiten

	Feuerstein-ockerlehm	toniger lehm	Schluff-lehm+	
aus Zr-Menge	59	10	22	Meter
aus Niveau	57	50	15	Meter

+nicht bis zum C bzw. D untersucht.

Nach diesen Ergebnissen ist der KLR-Anteil im Feuersteinlehm

und tonigen Lehm autochthon entstanden, im letzteren Falle aber durch Erosion geköpft worden. Dagegen wurde der KLR-Anteil im Schlufflehm paraautochthon durch horizontale Umlagerung angereichert.

Die Resistenz des Feuersteinlehms gegen Erosion könnte die Ursache für seine Erhaltung sein. Offensichtlich neigen solche reliktischen Rotlehme unter den heutigen Klimabedingungen zur Podsolierung (vgl. ALAILY und SCHLICHTING, 1975).

Literaturverzeichnis:

ALAILY, F. und E. SCHLICHTING: Die Entstehung von Podsolen und Pseudogleyen in einer Kalkstein-Landschaft. Mitt. DBG, 22, 621-624 (1975).

BÄUERER, M.: Die Geologie des Blattes Oberkochen (7226, 1:25000). Arb. Geol. Paläontol. Inst. Stuttgart, N.F. 36, (1963).

GEYER, O.F. und GWINNER, M.P.: Einführung in Geologie von Baden-Württemberg. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart (1964).

KNOBLAUCH, G.: Sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen an Weißjurakalken der geschichteten Fazies im Gebiet von Urach und Neuffen. Diss. Tübingen (1963).

MÜLLER, S.: Die Böden des Nördlichen Härtfeldes. Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde u. Forstpflanzenzüchtung. 11, (1951).

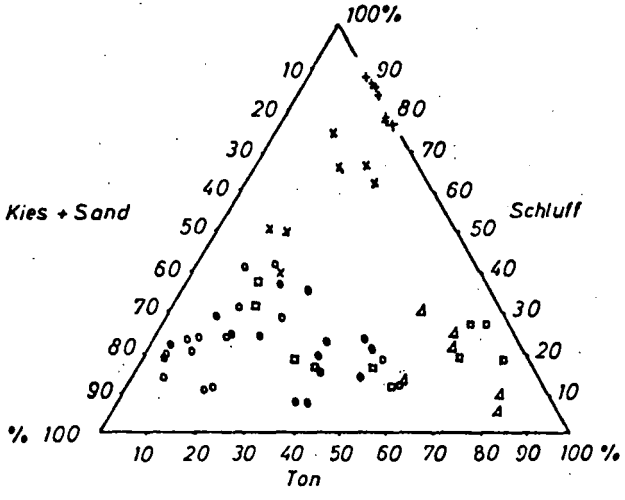


Abb. 1 Korngrößenspektren von KLR, Löß und den untersuchten Lehmen (legende s. Abb. 2).

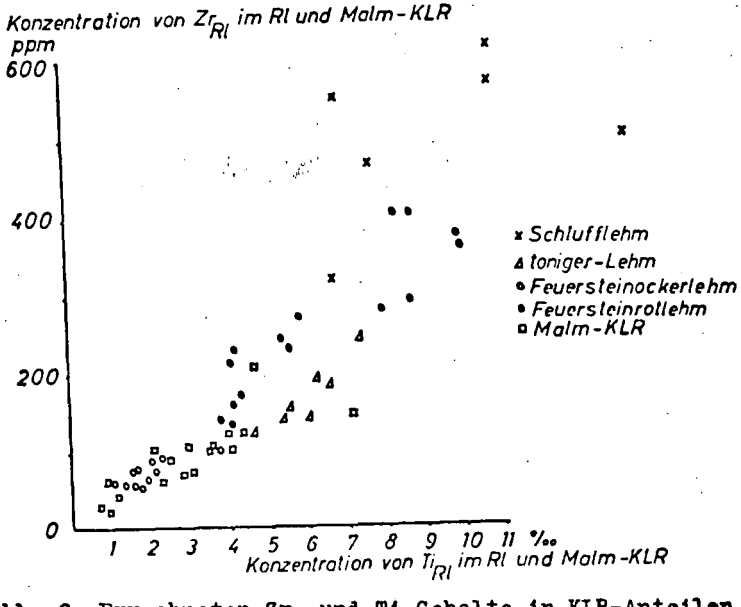


Abb. 2 Errechneten Zr- und Ti-Gehalte in KLR-Anteilen der untersuchten Lehme (Rl) sowie in Malm-KLR.

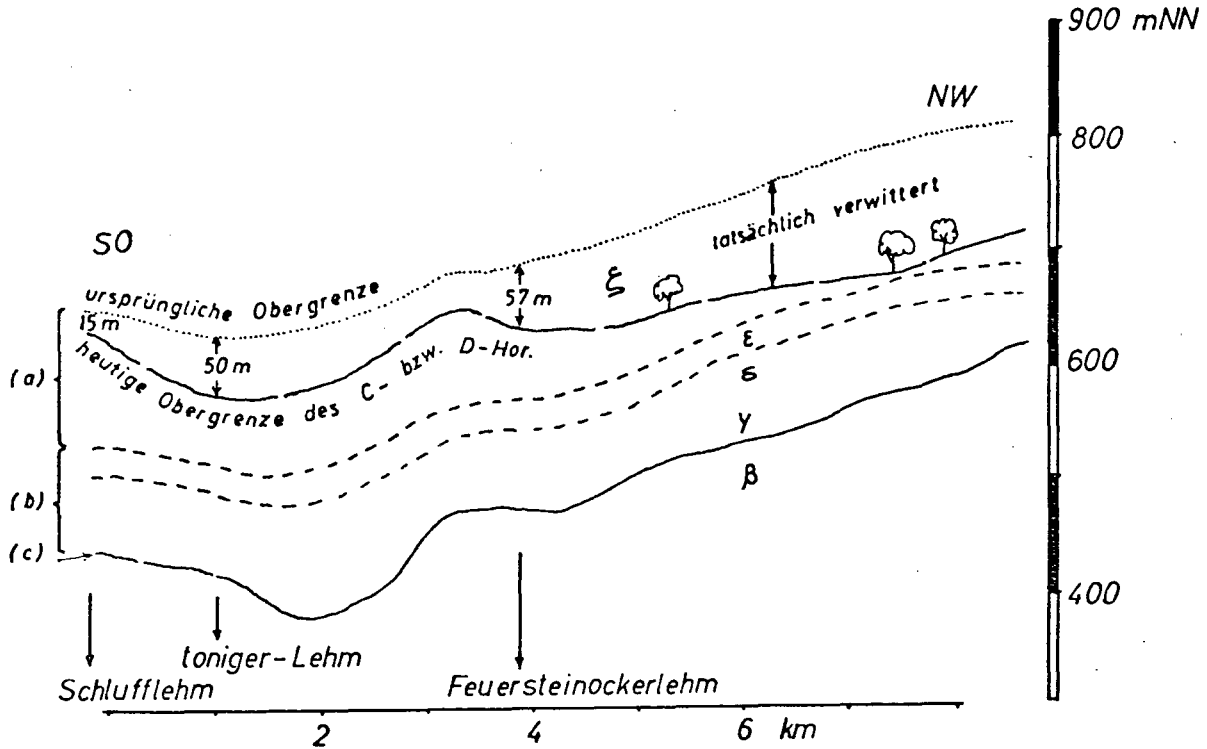


Abb. 3 Landschaftsschnitt (gezeichnet nach Angaben von (a) KNOBLAUCH, 1963, (b) GEYER und GWINNER, 1964, und (c) BÄUERER, 1963), mit den vermuteten Mächtigkeiten des verwitterten Kalksteins.

Mitteilg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 619-622 (1977)

Ansprache und Beurteilung von Humus und Kalk im Boden.

von

Benzler, J.-H.+)

Wenn in der Praxis von einem humusreichen oder humusarmen Boden gesprochen wird, meint man im allgemeinen einen Boden, dessen Eigenschaften in stärkerem oder geringerem Maße von Humus bestimmt werden bzw. dessen Humusgehalt höher oder niedriger liegt als das für die Nutzung erforderliche Optimum. Es ist hier also die Humuswirksamkeit gemeint, die nicht nur vom absoluten Gehalt an Humus - im Gelände geschätzt vor allem nach der Farbe - , sondern auch von der Art der Humussubstanz, der Gefügeausbildung und anderem abhängt. Ein "humusreicher" Sandboden hat also absolut weniger Humus als ein "humusreicher" Tonboden.

Das gleiche gilt, wenn man von einem kalkarmen oder kalkreichen Boden spricht, wobei die Kalkwirksamkeit ebenfalls außer vom absoluten Gehalt an Kalk - geschätzt nach dem Aufbrausen beim Übergießen mit Säure - von Bodenart, Gefügeausbildung, Art der Kalksubstanz und anderem abhängt. Im Labor wird nur der absolute Gehalt an Humus oder Kalk gemessen. Unter Humus versteht man dabei (DIN 19684) die organische Substanz, deren Gehalt durch nasse Oxydation ermittelt und üblicherweise in Gewichtsprozenten (% C x 1,72) angegeben wird. Statt Kalk wird heute überwiegend von Carbonat gesprochen (DIN 19684). Der Gehalt wird über die CO_2-Freisetzung ermittelt und in Gewichtsprozenten $CaCO_3$ angegeben.

Für die Einstufung der gefundenen Gehalte werden Skalen benutzt,

+) Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Postfach 510153, 3000 Hannover 51

in denen die Bezeichnung humos bzw. kalk(carbonat)-haltig in Stufen - meist von "sehr schwach" bis "sehr stark" - mit entsprechenden absoluten Werten gekoppelt wird.

Die Begriffe Humusgehalt und Kalk(Carbonat)gehalt und die zugehörigen Eigenschaftswörter humos (humushaltig) und kalk(carbonat)haltig werden also in doppeltem Sinn benutzt, einmal zur Beschreibung der Wirksamkeit auf den Boden, zum anderen zur Angabe des absoluten Gehaltes im Boden. Dies zeigt sich klar in der Tabelle für den Carbonatgehalt in der Kartieranleitung der GLÄ (S. 41). Die Überschrift lautet: "Beurteilung des Carbonatgehaltes im Boden", bei den Stufen heißt es "carbonatarm" und "carbonatreich".

Aus dem gleichen Grunde sind viele Tabellen für Humus- und Kalk-(Carbonat)gehalt unterteilt nach Bodenart oder Nutzung, von denen ja die Humus- und Kalkwirkung weitgehend abhängt. Es wird aber nicht angegeben, was nun zu den "schweren" oder "leichten" Böden rechnet. Im Extremfall ist es einfach: ein Sandboden ist ein leichter, ein Tonboden ein schwerer Boden. Im Mittelfeld, bei den Lehm- und Schluffböden, ist die Einstufung als "leichter" oder "schwerer" Boden dagegen sehr von den örtlichen Verhältnissen abhängig. Der gleiche Lehmboden wird in einem Sandgebiet häufig zu den schweren Böden gerechnet, in einem Tongebiet zu den leichten. Bei beschreibender Angabe des Humus- und Kalkgehaltes müßte also stets hinzugefügt werden, welche Skala benutzt wurde. Es müßte also heißen "humos (leichte Böden)" oder "humos (schwere Böden)". Bei der Übernahme von Profilbeschreibungen in die EDV ist dies sogar unumgänglich, wenn nicht ein heilloses Durcheinander eintreten soll. Bei der Tabelle für den Gehalt an organischer Substanz in der Kartieranleitung (S. 42) wird unterschieden zwischen "landwirtschaftliche Nutzung im Ap-Horizont" und "forstliche Nutzung im Ah-Horizont". Streng genommen dürfte diese Skala also nur für Ap- bzw. Ah-Horizonte verwendet werden. Ein Grünlandboden, Ah-Horizont bei landwirtschaftlicher Nutzung, steht schon zwischen beiden Skalen, ebenso eine Aufforstungsfläche nach landwirtschaftlicher Zwischennutzung. Außerdem geht man davon aus, daß im Wald kaum eine Bodenbearbeitung erfolgt. In der modernen Forstwirtschaft wird aber immer häufiger und immer tiefer gepflügt, so daß die Unterschiede sich immer öfter verwischen.

Aus den dargelegten Gründen empfiehlt es sich besonders im Hinblick auf die Bodenkartierung und die Vergleichbarkeit der Profilbeschreibungen, von einer Zweiteilung der Humus- und Kalk(Carbonat)-Skalen abzugehen und eine einheitliche Abstufung einzuführen. Dies setzt allerdings voraus, daß klar zwischen absolutem Gehalt und Wirksamkeit unterschieden wird.

Als Beispiel sei das Bodenwasser angeführt. Hier gibt es den Begriff des "Wassergehaltes" (absoluter Gehalt) und den Begriff der "Feuchte" (Beurteilung des Wassereinflusses im Boden über Wasserspannung, pF-Wert u.a.). Die Bodenfeuchte kann im Gelände relativ leicht und sicher geschätzt werden (trockener, feuchter, nasser Boden). Jedem ist dabei klar, daß ein "nasser" Sandboden absolut weniger Wasser enthält als ein "nasser" Ton- oder Torfboden. Eine Verwechselung zwischen Wassergehalt und Wassereinfluß (Bodenfeuchte) ist dabei ausgeschlossen.

Wenn eine ähnliche Unterscheidung bei Humus und Kalk getroffen werden sollte, bieten sich folgende Ausdrücke an:

Absoluter Gehalt an organischer Substanz wird als humos bezeichnet, abgestuft nach sehr schwach bis sehr stark (humushaltig wird sich kaum durchsetzen lassen). Für die Humuswirksamkeit werden die Bezeichnungen humusarm, humusversorgt und humusreich benutzt. Entsprechend für den absoluten Gehalt an Carbonaten die Bezeichnung carbonathaltig, abgestuft nach sehr schwach bis sehr stark, für die Kalk(Carbonat)wirkung die Bezeichnungen kalkarm, kalkversorgt, kalkreich.

Welche Zahlenwerte den Abstufungen für Humusgehalt und Carbonatgehalt dabei zugeordnet werden, ist hierbei ohne Bedeutung.

Für die Humus- und Kalk(Carbonat)wirkung bietet sich folgende Einstufung an:

humusarm kalkarm	Humusgehalt Carbonatgehalt	sollte erhöht werden
humusversorgt kalkversorgt	Humusgehalt Carbonatgehalt	sollte gehalten werden
humusreich kalkreich	Humusgehalt Carbonatgehalt	könnte (oder sollte) sinken

Welche Lösung im einzelnen auch gefunden wird, auf jeden Fall muß erreicht werden, daß eine Angabe in einer Profilbeschreibung ohne zusätzlich Erklärung eindeutig ist. Ein Einsatz der EDV ist sonst nicht sinnvoll möglich.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft, 25, 623-632 (1977)

Beitrag zu den Grundlagen der Humusprofilbeschreibung

von

U. Babel

I. Einleitung

Humusprofile sind komplexe Einheiten. Es sind Gestalten im Sinne von K. Lorenz (1959). Sie werden im Gelände überwiegend durch den Gesichtssinn, daneben durch Gefühl und Geruch, in Einzelfällen durch das Gehör (Geräusch beim Zerteilen) wahrgenommen. Sie können durch die Fähigkeit des Menschen zur Gestaltwahrnehmung rasch erfaßt und gut behalten werden. Sie können auch gut anderen komplexen Eindrücken zugeordnet werden. Das wiederholte Betrachten und Vergleichen von Gestalten führt - im wesentlichen unbewußt - zur Abstraktion von Grundbildern, von Typen (Kretschmer, 1967).

Für die wissenschaftliche Arbeit hat die Fähigkeit der Gestaltwahrnehmung neben diesen Vorteilen die Nachteile:

1.) Komplexe Gestalten können nicht mitgeteilt werden. Nur dadurch, daß sie unmittelbar gezeigt werden, kann ihre Kenntnis vermittelt werden. Dabei und insbesondere bei der Gewinnung von Typen aus den Einzelgestalten fließen mehrere subjektive Elemente ein:

   die Erfahrung des Beobachters,

   die Ziele des Beobachters,

   physiologische Besonderheiten des Beobachters (im Extrem z.B. Farbenblindheit).

   Bei Erfahrung und Zielen spielt eine schwer einzuschätzende Rolle, was K. Lorenz die Prägnanztendenz nennt: das Streben, Bekanntes oder Erwartetes wahrzunehmen.

2.) Komplexe Gestalten sind nicht unmittelbar interpretierbar.

II. Gliederung in Merkmale

Aus diesen Gründen ist eine Auftrennung der komplexen Gestalt notwendig. Dieses Vorgehen, wie es im Prinzip bei jeder Bodenprofilbeschreibung üblich ist, gliedert stufenweise den Komplex Humusprofil in Merkmale auf, bis man zu (wenigstens im Prinzip) meßbaren Größen gelangt, die als Elementarmerkmale bezeichnet werden können (Abb. 1). Dabei tritt eines der Grundprobleme des morphologischen Arbeitens (und nicht nur des morphologischen) hervor: Welche Merkmale sind herauszugreifen, welche geben am ehesten Informationen, welche sind die entscheidenden Merkmale? Ein Profilbild im Gelände enthält ebenso wie ein Dünnschliffbild eine Fülle von Informationen. Das Herausgreifen einer notwendigerweise beschränkten Anzahl von Merkmalen bedeutet zwangsläufig einen Verzicht auf viele andere.

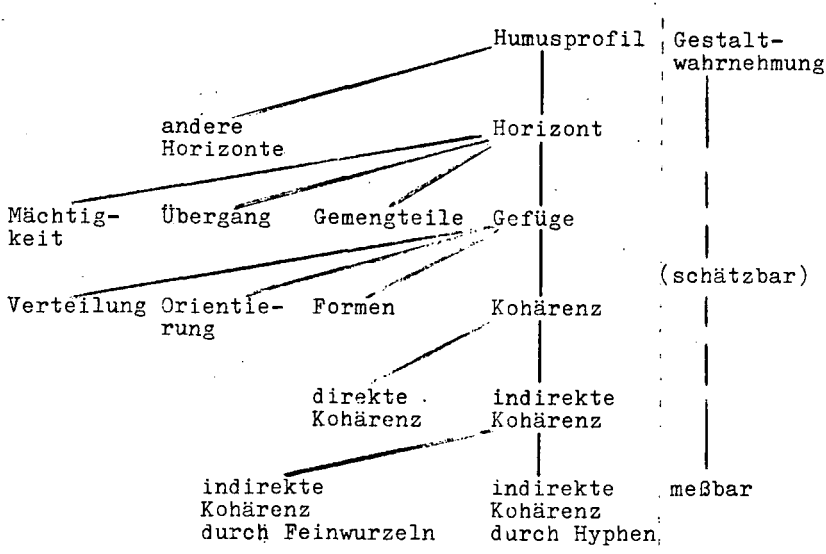


Abb.1: Hierarchie der Merkmale zur Beschreibung von Humusprofilen: die Komplexmerkmale werden fortschreitend in Teilmerkmale aufgelöst bis man zu meßbaren Elementarmerkmalen gelangt - hier durchgeführt für das Elementarmerkmal "indirekte Kohärenz durch Pilzhyphen".

Die Forderungen, die an ein Merkmal zu stellen sind, lauten:

1.) ein Merkmal soll durch seine Menge das zu Beschreibende differenzieren; (zu beachten ist, daß ein Elementarmerkmal sich nur noch quantitativ, nicht mehr qualitativ in verschiedenen Humusprofilen unterscheiden kann, da jede Qualität wieder ein Teilmerkmal eines Komplexmerkmals ist);

2.) ein Merkmal soll gut zu erkennen sein (bei Humusprofilbeschreibungen im Gelände in der Regel mit bloßem Auge);

3.) ein Merkmal soll ökologisch interpretierbar sein; gemeint ist zunächst humusökologisch: ist bekannt wie es entsteht und wie es wirkt?, welche Organismen haben es hervorgebracht oder beeinflußt, auf welche Organismen übt es Einfluß aus?

III. Das Arbeiten mit Merkmalen

III.1: Horizontgliederung als 1. Beispiel

Es geht um eine der Grundlagen der praktischen Humusprofilbeschreibung. Die morphologische Untersuchung von Humusauflagen im Gelände zeigt eine Abnahme von Pflanzenresten und eine Zunahme von organischer Feinsubstanz von oben nach unten. Das Merkmal Pflanzenrest-Anteil (oder Feinsubstanz-Anteil) erfüllt offenbar die Forderungen der Differenzierung der zu vergleichenden Einheiten und der Erkennbarkeit. Auch die Forderung der Interpretierbarkeit ist erfüllt, wie vor allem aus mikromorphologischen Untersuchungen bekannt ist (Babel, 1975): Die Feinsubstanz ist überwiegend Produkt der Fraßtätigkeit streuzersetzender Tiere; sie bedeutet Erhöhung der Oberfläche für biologische, chemische und physikalische Prozesse. Das Merkmal ist außerdem quantifizierbar (Abb. 2).

Wenn man eine Humusauflage nach dem Auftreten von Pflanzenresten oder Feinsubstanz in Horizonte untergliedert, erhält man theoretisch $2^2=4$ Möglichkeiten. Realisiert sind im wesentlichen 3 Möglichkeiten (Tab. 1). Zu fragen ist, ob die 4. Möglichkeit, das Fehlen (oder geringe Auftreten) sowohl von Pflanzenresten als auch von Feinsubstanz ebenfalls in der Natur vorkommt.

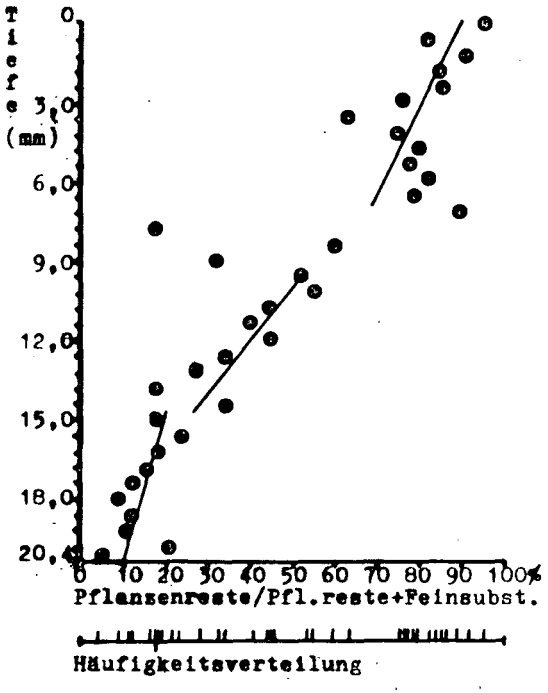


Abb.2: PFLANZENREST-ANTEIL in der Humusauflage eines Ta-Ki-Bu-Moders (Punktzählung an Dünnschliff, von Tiefe 7,2 bis 9,0 mm Störungen)

(Dies scheint in speziellen Situationen der Fall zu sein: so wurden unter Rasen von Carex brizoides Horizonte gefunden, die fast nur aus lebenden Feinwurzeln bestanden.)

Die 3 Möglichkeiten erinnern an die 3-Gliederung der Humusauflage in L - F - H, die auf Hesselman (1926) zurückgeht. Er spricht jedoch im F von "in Zersetzung befindlichen Pflanzenresten". Wenn man, wie vielfach vorgeschlagen wird, diese als Merkmale mit in die Horizontdefinitionen hereinnimmt, erhält man 3 Grundgemengteile und $2^3 = 8$ Horizont-Möglichkeiten (Tab. 2).

Tab.1: 2 Hauptgemengteile der Humusauflage, die
a) in bedeutender Menge auftreten,
b) in geringer Menge auftreten oder fehlen können

2^2 = 4 Kombinationen

		Pflanzenreste	Feinsubstanz
1	L ?	X	
2	F ?	X	X
3	H ?		X
4	beides fehlt		

Realisiert sind offenbar im wesentlichen 4 dieser Horizonte. Sie entsprechen Ln, Lv, F und H von Babel (1971, 1975). Auch hier ist zu fragen, ob auch die übrigen 4 dieser 8 Horizonte existieren.

Sicher ist, daß man mit diesem einfachen Prinzip nicht mehr

Tab.2: 3 Hauptgemengteile der Humusauflage, die
a) in bedeutender Menge auftreten,
b) in geringer Menge auftreten oder fehlen können.

2^3 = 8 Kombinationen

		Pflanzenreste unverändert	Pflanzenreste verändert	Feinsubstanz
1	L	X		
2	L ?	X	X	
3	L ?		X	
4	F		X	X
5	H			X
6	existent ?	X		X
7	existent ?	X	X	X
8	alle 3 fehlen			

als 8 Horizonte haben kann. In der Natur gibt es aber mehr als 8 verschiedenartige Auflagehorizonte: sie werden erhalten, indem man weitere Merkmale zu den genannten 3 (oder 2) hinzufügt. Sie wären dann als Unterformen der Haupthorizonte aufzufassen, wenn man Pflanzenrest- und Feinsubstanzauftreten als hierarchisch höherstehende Merkmale auffassen will, wofür wohl die Entstehung und die Wirkung der Feinsubstanz sprechen. Ein Zusatzmerkmal ist z.B. die Kohärenz des H-Horizontes, die v. Zezschwitz, 1976, als Brechbarkeit bezeichnet. Auch die quantitative Betrachtung der Hauptgemengteile führt, wie der Verfasser früher vorgeschlagen hat, zu Unterformen (Babel, 1971).

Es scheint zweckmäßig, sich bei der Definition der Horizonte auf wenige Elementarmerkmale zu stützen, da sonst die Gefahr von Überdefinitionen entsteht, es sei denn, man möchte wirklich nur bestimmte Unterformen definieren, also auf eine regional oder systematisch breitere Gültigkeit verzichten.

III.2: Pilzmyzel als 2. Beispiel

Das Arbeiten mit einem besonders unter Fichten-Wuchsstörungen auffallenden Gemengteil kann die humusökologische und standortskundliche Anwendung des Arbeitens mit Elementarmerkmalen zeigen. In zahlreichen Geländeuntersuchungen wurde gefunden, daß in der Humusauflage auftretendes Pilzmyzel sowohl ein gut differenzierendes als auch ein gut erkennbares Merkmal ist (Babel, in Vorbereitung). Es ist auch interpretierbar, wie Abb. 3 zeigt.

III.3: Erarbeitung von Humusprofiltypen

Die Arbeit mit Elementarmerkmalen führt zunächst scheinbar zu einer Atomisierung sowohl der Profile als auch höherer, systematischer Einheiten nach denen Profile geordnet werden können, nämlich Klassen oder Typen. Dieses ist besonders dann der Fall, wenn man freie Kombinierbarkeit verschiedener Merkmale zu Humusprofilen annimmt. So erhält man, wenn man 5 Haupt-Horizonte in Humusprofilen annimmt (Ln, Lv, F, H, Ah), von denen jeder anwesend sein kann oder fehlen, geringe, mittlere oder hohe Kohärenz haben und mit scharfem oder unscharfem Übergang

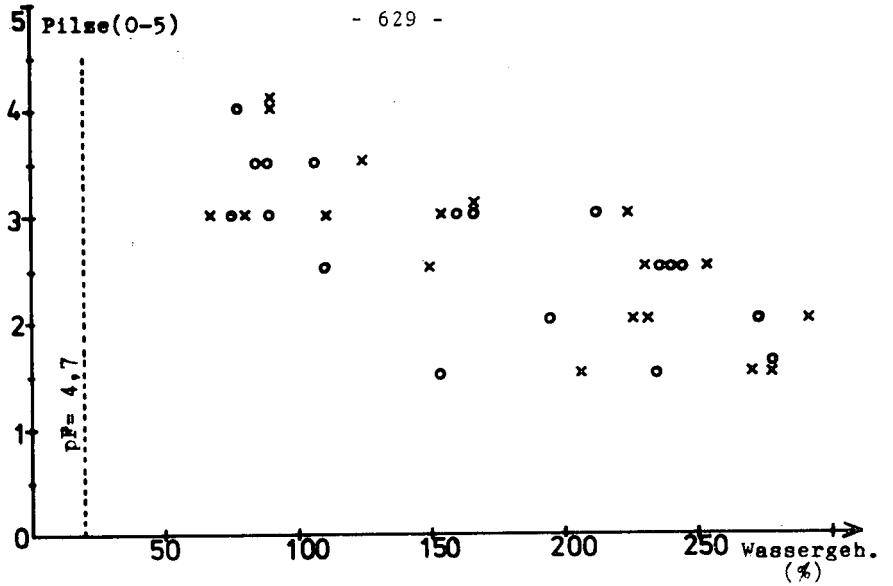


Abb.3 : Beziehung Wassergehalt zu Pilzmyzel als Nachweis von Beziehung Pilzmyzel zu Trockenheit.(Fichtenbestand OM5: ca. 10 cm mächtige Humusauflage,Oktober 1975.)

x: 5-10mm (ca.Fr); r=-0,79*/o:15-20mm (Fm bis H);r=-0,71*****

zum folgenden Horizont übergehen kann, 7^5=16807 mögliche Kombinationen. Zwar heißt das, daß man mit diesen wenigen Merkmalen viele Varietäten erfassen kann. Es heißt aber auch, daß eine unübersehbare Vielfalt eintritt, die geordnet werden muß. Zweifellos werden manche dieser Kombinationen häufiger, andere seltener sein, andere gar nicht existieren. Die häufigsten wären die Typen.

Ein sehr vorläufiger Versuch, Humustypen zu erarbeiten, wird in Tab. 3 und 4 vorgestellt. Eine in einer bestimmten Grundgesamtheit häufigste Mengenausbildung eines Merkmals dürfte für die Erarbeitung von Typen entscheidend sein. Die typische Ausbildung, die durch die Kombination der jeweils häufigsten Merkmalsausbildungen erhalten wird, ist im gezeigten, statistisch natürlich noch unzureichenden Material tatsächlich existent.

Tab.3: HUMUSPROFILMERKMALE (Gelände) in 7 Fichtenwuchsstockungsbeständen

Merkmal*	Klasse 0	1	2	3	4	5	$\bar{x}$ (mm)
Mächtigkeit der Auflage	0	2	1	1	3	0	45,4
Mächtigkeit L	0	3	4	0	0	0	6,4
Mächtigkeit H	0	1	1	1	0	4	22,7
Mineralkörner in der Aufl.	7 (fehlt)				(vorhd)	0	
Pilzmyzel in der Aufl.	0	1	1	1	1	3	
Feinwurzeln in der Aufl.	0	0	0	0	1	6	
Dichte in der Aufl.	0	0	6	0	1	0	
filzige Aufl.	2	-	-	1	-	- - 4	
Übergang Aufl./Ah	5 scharf					2 unscharf	
Dichte Ah	0	0	1	2	4	0	

* Merkmale i.a. in 6 Klassen, teils Messungen (Mächtigkeiten), teils Schätzungen 0-5

Zusammenfassung

Für die Beschreibung und Gliederung von Humusprofilen ist zu beachten, daß Komplexgestalten nicht mitteilbar und nicht direkt interpretierbar sind. Richtig ausgewählte Einzelmerkmale dagegen sind mitteilbar, meßbar und interpretierbar. Trotzdem wäre es nicht richtig, bei Vorarbeiten auf die Fähigkeit zur Gestaltwahrnehmung zu verzichten.

Diese grundsätzlichen Überlegungen werden an Einzelbeispielen von Humusprofilmerkmalen erläutert.

Tab.4: Vorläufige Merkmale des Typus des Humusprofils in Fichtenwuchsstörungsbeständen in Südwestdeutschland, abgeleitet aus den Häufigkeitsmaxima in Tab.3.

L*	6 - 10 mm	frei von Mineralkörnern scharfer Übergang
F*	filzig hohlraumreich reich an Pilzmyzel 8	
H*	25 mm reich an Wurzelresten	
Ah	dicht	

*: L+F+H: 61 - 80 mm

Literatur:

Babel, U. (1971): Gliederung und Beschreibung des Humusprofils in mitteleuropäischen Wäldern. Geoderma 5, 297-324

Babel, U. (1975): Micromorphology of Soil Organic Matter. p. 369-473 in J. Gieseking: Soil Components, Vol. 2: Organic Components. Springer, New York.

Babel, U. (in Vorbereitung): Humusuntersuchungen zum Wirkungsgefüge in Fichtenwuchsstörungsbeständen. Mitt. Ver. Forstl. Standortskunde, H. 26.

Hesselman, H. (1976): Studier över barrskogens humustäcke. Meddel. Statens Skogsförsoksanst. 22, 169-552.

Kretschmer, E. (1967): Körperbau und Charakter. 25. Aufl., 484 p., Springer, Berlin usw.

Lorenz, K. (1959): Gestaltwahrnehmung als Quelle wissenschaftlicher Erkenntnis. Z. exp. u. angew. Psych. 4.

v. Zezschwitz, E. (1976): Ansprachemerkmale der terrestrischen Waldhumusformen des nordwestdeutschen Mittelgebirgsraumes. Geol. Jahrbuch F3, p. 53-105.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 633-638 (1977)

Genese und Nomenklatur krumenvertiefter Ackerböden.

von
G.Schwerdtfeger +)

Böden, die für die Pflanzenproduktion genutzt werden,können eine durch menschliche Eingriffe veränderte Horizontfolge aufweisen.Besonders ausgeprägt ist diese Veränderung oft auf den Ackerböden in der Abteilung der Terrestrischen Böden.Die Klasse der Terrestrischen Anthropogenen Böden wird auch als Terrestrische Kultosole bezeichnet.

Anthropogene Bodentypen

Durch eine einmalige Einwirkung entsteht der Bodentyp des Rigosols. Auch kurzfrisig aufgeschüttete Bodenmassen sind in diese Klasse systematisch einzuordnen (3).
Dagegen sind die Eschböden mit den beiden Bodentypen des Plaggen - esch und des Erdesch als Folge einer jahrhundertelang durchgeführten Verbesserung der armen Böden Nordwesteuropas mit Zufuhr großer Mengen organischer Substanz entstanden.
Ein weiterer anthropogener Bodentyp ist der Hortisol.Er ist lange in intensiver Gartenkultur bewirtschaftet worden, die geradezu zu einer "Anthropogenen Schwarzerde" geführt hat. Mückenhausen (4) weist darauf hin, daß der Bereich alter Siedlungen durch den Hortisol abgegrenzt werden kann.Bei diesem Bodentyp stuft die Varietät die Mächtigkeit des anthropogenen Horizontes ab:

schwach ausgeprägt	=	A-Horizont	30 - 40 cm mächtig
mittel ausgeprägt	=	A-Horizont	40 - 60 cm mächtig
stark ausgeprägt	=	A-Horizont	über 60 cm mächtig.

Da beim einfachen Graben der Boden nicht auf 30 cm, sondern nur spatentief gewendet wird, gibt es viele Gartenböden, in denen der regelmäßig organisch gedüngte und daher nährstoff- und humusreiche A-Horizont unter 30 cm mächtig ist.Diese werden dann jedoch auch nicht als Hortisol bezeichnet.

Der Agrosol

In die Klasse der Terrestrischen Kultosole sind auch die durch in-

Fachhochschule Nordostniedersachsen,Fachbereich W.u.K.in Suderburg

tensive Bodenbearbeitung krumenvertieften Ackerböden einzuordnen, deren A_p-Horizont über 30 cm mächtig ist. Für diesen Bodentyp wird der Name Agrosol vorgeschlagen. In der Abteilung der Hydromorphen Böden und der der Moore kommt dieser Bodentyp nicht vor. Wenn Ausgangsbodentypen aus diesen Abteilungen in intensive Ackerkultur genommen worden sind, ist in allen erfolgreichen Fällen eine tiefgreifende Bodenverbesserung durchgeführt worden. Diese hat den Luft- und Wasserhaushalt soweit verändert, daß sie Bedingungen der terrestrischen Böden wie Regenverdaulichkeit (1) geschaffen hat.
Enge Getreidefruchtfolgen führen den Böden große Mengen an Stroh und Stoppelresten zu. Um diese einseitige Humusbilanz auszugleichen und um die biologische Aktivität anzuregen, ist häufig noch eine zusätzliche Gründungung erforderlich. Diese Massen an organischer Substanz sollen vom Boden innerhalb kurzer Zeit verarbeitet werden. Beispielsweise muß von der Strohmenge ein Drittel bereits im Herbst umgesetzt werden, damit der Rest in der nächsten Vegetationszeit abgebaut werden kann. Hierzu ist eine sorgfältige, intensiv mischende Einarbeitung der organischen Substanz unerläßlich. Durch eine Erhaltungskalkung auf die Stoppel wird die durch Bearbeitung geschaffene Krümelstruktur stabilisiert.
Dies ist zugleich eine Voraussetzung der schnellen Verrottung der organischen Substanz. So kann genügend Sauerstoff in den Boden gelangen, weil sich der Anteil größerer, luftführender Poren stark erhöht. Damit verbessert sich die Regenverdaulichkeit der Ackerkrume. An Stelle des früher üblichen, flachen Schälens der Stoppel wird heute schon im Spätsommer auf den abgeernteten Getreideschlägen eine tiefere Bodenbearbeitung mit vielscharigen Pflügen oder anderen Geräten (2) vorgenommen.

Krumenvertiefung

Die Vertiefung der bearbeiteten Horizonte eines Profils ist nur dort möglich, wo im Unterboden eine für diese Maßnahme geeignete Korngrößenzusammensetzung ansteht. Flachgründige Böden auf festem Gestein oder unfruchtbaren Sanden sind hierfür nicht geeignet. Es geht auch nicht an, daß Nährstoffe und Humus bei der Krumenvertiefung ins Minimum kommen.
Daher war man während vieler Jahrtausende auf allen leichten Böden gezwungen, ihre Bodenfruchtbarkeit auf höchstens 20 cm zusammenzuhalten. Zu den oft sehr kleinen Ackerflächen gehörten wesentlich größere, extensiv bewirtschaftete Futterflächen in Form der Wald-

weide oder Hutung.Die Wiese war die "Mutter des Ackers".Tiefwurzelnde Kulturpflanzen konnten nicht angebaut werden (6).
Erst im 18.Jahrhundert begann ein sehr langsamer Wandel durch Besömmerung der Brache,mehrjährigen Ackerfutterbau,Zwischenfruchtbau und Hereinnahme von Hackfrüchten in die Fruchtfolgen. Vorher konnte der Boden nicht vertieft,sondern nur aufgehöht werden.Die Erdmistbereitung führte zu den verschiedenen Eschbodentypen.Doch auch wenn die Eschhorizonte bis zu 60 cm Mächtigkeit angewachsen waren,wurden nur die obersten 20 cm bearbeitet.
Durch die Zunahme der Zugkraft in den Traktoren,die heute schon vielfach die 100-PS-Grenze überschritten hat,konnten die Pflugkonstrukteure zu vielscharigen Pflügen übergehen.Doch nicht nur die Arbeitsbreite,sondern auch die Pflugtiefe ist erheblich gesteigert worden. Wo mit Gespannen während vieler Jahrtausende der Boden 18 bis 21 cm tief gewendet,gelockert und gemischt wurde,wird von intensiv wirtschaften Landwirten - zwar nicht zu allen Kulturpflanzen - 32 bis 36 cm tief gepflügt.
Nicht nur durch Pflugarbeit, sondern auch durch andere Geräte wird die Krume tiefer bearbeitet.Hier ist an erster Stelle der Schwergrubber zu nennen.Dieses Gerät hat sich weltweit in vielen Ackerbaubetrieben in erstaunlich kurzer Zeit einen festen Platz erworben.Grubber mit flexiblen S-Zinken dringen bis zu 30 cm tief in den Boden.Bei Widerstand von Steinen biegt sich der S-Zinken kräftig nach hinten und oben.Die vibrierenden Federzinken bewirken ein intensives Krümeln des Bodens und sind daher auf allen schwereren Böden von besonderem Vorteil.
Noch stabilere Schwergrubber können für Arbeitstiefen über 30 cm zum Lockern und Unterfahren von Pflugsohlen verwandt werden. Hierfür werden Grubber mit schmalen,starren Meißeln eingesetzt,bei denen der Gänsefuß aus zwei Pflugscharen besteht.Ihre Rahmenhöhe sollte möglichst 90 cm betragen (2).
Unterbodenlockerer werden ein- bis fünfscharig gebaut.Um gezielt Bodengefügeschäden, wie Ortsteinhorizonte und Verdichtungsschichten unterhalb der Krume, zu beseitigen, werden Arbeitstiefen zwischen 50 und 90 cm benötigt.Wenn derartige Bodenbearbeitungsmaßnahmen auch nicht mehr direkt zur Krumenvertiefung führen, so wird dadurch die Tiefgründigkeit eines Ackerbodens doch wesentlich verbessert.Die für Podsole und Staunässeböden charakteristischen Horizonte werden nachhaltig beseitigt.
Derartig veränderte Horizontfolgen können nicht mehr den ursprünglichen Bodentypen zugeordnet werden.Sie gehören aber auch nicht zu

den meist über ein Meter tiefgepflügten Kultosolen und auch nicht zu den Rigosolen des Gartenbaus (4).

Humusanreicherung

Nicht nur das Gefüge, sondern auch der Humushaushalt kann durch eine Bodenbearbeitung mit diesen Geräten begünstigt werden. Allerdings muß man viele Böden erst an die Strohdüngung "gewöhnen". Wenn große Strohmengen durch einen Meißelgrubber mit gleichzeitiger Tiefenlokkerung eingearbeitet werden, kann es in den ersten Jahren zu Mindererträgen kommen. Nach Ausgleich des Nährstoff- und Wasserhaushaltes werden auch große Strohmengen vom Boden aufgenommen und in bodenverbessernden Humus umgesetzt. Dabei ist dieses Verfahren gegenüber dem durch viele Vorschriften erschwerten Strohverbrennen mit 2,4 AKh/ha besonders arbeitsgünstig.

Die Vorteile der tieferen Bearbeitung und Humusanreicherung liegen in einer besseren Durchwurzelung und in einer größeren Wasserspeicherung. Die stärkere Duchwurzelung erfolgt nur bei guter Nährstoffversorgung. Hier liegt sicher ein Grund, wenn die im Gefolge der Energiekrise geforderte Düngereinsparung von vielen Praktikern nur wenig befolgt wird. Dadurch, daß nicht nur die Pflanzen der anstehenden Ernte, sondern der Boden in seiner vollen Bearbeitungstiefe gedüngt wurde, ist die Nachhaltigkeit hoher Erträge gesichert.

Nährstoff- und Wasserhaushalt

Wenn in den Mineralen eines Bodens ausreichend Kalium vorhanden ist, wird mit der tieferen Bearbeitung des Bodens durch gesteigerte Verwitterung ein besseres Kalium-Nachlieferungsvermögen erreicht. Phosphor ist in vielen naturnahen Böden ähnlich wie in entsprechenden Gewässern der wachstumbegrenzende Faktor. Aus dieser Erkenntnis haben die intensiv wirtschaftenden Betriebe bei diesem Nährstoff am meisten Vorratswirtschaft getrieben. Der ertragsichernde Erfolg dieser Düngungsmaßnahme darf beim Streit um den Phosphataustrag von Ackerflächen in die Gewässer (5) nicht außerachtgelassen werden. Analysenergebnisse, die die Veränderung der Böden kennzeichnen, weisen Phosphatwerte von 20 mg P_2O_5 je 100 g Boden und höher auf. Nicht nur die verbesserte Nähtstoffversorgung der tiefer bearbeiteten Böden, sondern auch die positive Auswirkung auf den Wasserhaushalt sollte beachtet werden. Die Trockenjahre 1975 und 1976 haben dies in Norddeutschland besonders deutlich gemacht. Auf tiefgründigen Ackerflächen ist die Feldkapazität gegenüber nur flach bearbeiteten Schlägen bei gleichem Ausgangsbodentyp um 10 bis 20 mm höher.

Auf allen leichteren und mittleren Böden ist dies vorrangig auf die Erhöhung des Humusanteils zurückzuführen.
Mit der Intensivierung der Bodenbearbeitung im Hinblick auf größere Arbeitstiefen und der erhöhten mineralischen Düngung,insbesondere mit Stickstoff, ist auch ein vermehrter Humusabbau verbunden.Die Kunst des Ackerbauers ist es,diese nährstoffliefernden Umsetzungen in die Hauptwachstumszeit seiner Kulturpflanzen zu legen.Daher ist der Gesamthumusgehalt eines Ackers nur bis an die für den jeweiligen Bodentyp kennzeichnende Obergrenze zu erhöhen.Diese liegt bei Agrosolen in Nordwestdeutschland unter 3%.
Für die Verbesserung der bodenphysikalischen Verhältnisse und damit besonders der wasserhaltenden Kräfte ist nicht nur die Gesamtmenge des Humus, sondern seine Qualität entscheidend.Diese läßt sich am besten über das C/N-Verhältnis erfassen.Bei einer richtigen Stroheinarbeitung in Form der "Düngung auf Umsatz" sind auch auf Böden, deren C/N-Verhältnis sonst über 20 liegt, C/N-Werte um 10 möglich.

Zusammenfassung

Es ist zu erwarten, daß sowohl die Vertiefung der Krume durch Pflug- und Grubberarbeit als auch ihre Anreicherung mit Phosphat- und Stickstoffkomplexen durch erhöhte Mineraldüngergaben verbunden mit einem intensiven Gründüngungsanbau keineswegs am Ende ist.Soweit es sich bei diesen Ackerflächen um Standorte mit Bodenzahlen unter 40 handelt, sind es in vielen Fällen flachgründige,basenarme Brauerden oder Podsole gewesen.Von diesem Bodentypen ist nichts mehr übriggeblieben.Daher ist eine Kartierung auf solchen Flächen, die nur die früheren Bodentypen erfaßt, falsch.
Es wird vorgeschlagen,diese Böden in die Terrestrischen Anthropogenen Böden eizureihen.Ihr Nährstoffreichtum stellt sie in die Nähe der Eschböden.Da aber die Bodengenetik ganz anders verläuft und die Entwicklung keineswegs abgeschlossen ist,sollte ein selbständiger Bodentyp ausgewiesen werden.
Es wird daher vorgeschlagen, diese Böden als Agrosole zu bezeichnen. Ihr A_p-Horizont sollte eine Mächtigkeit von mehr als 30 cm haben.Oft wird darunter noch ein A_h-Horizont liegen.Die Ausgangsbodentypen können zur Bezeichnung der Subtypen vorangestellt werden.

Literatur

1 Baden,W.,H.Kunzte,J.Niemann,G.Schwerdtfeger und F.-J.Vollmer: Bodenkunde-Verlag Eugen Ulmer Stuttgart , 1969, Seite 361 - 364
2 Kruse,W.: Bodenbearbeitung nach der Getreideernte auf leich-

ten Böden.in:Schlepper und Bodenbearbeitung auf leichten Böden.- Informationsschrift für eine Maschinenvorführung der Landwirtschaftskammer Hannover am 30.August 1977 in Trauen,Krs.Soltau ,Seite 10

3 Mückenhausen,E.: Die Bodenkunde.- DLD-Verlag Frankfurt,1975, Seite 417 und 452 - 455

4 Mückenhausen,E.: Entstehung,Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland, 2.Auflage.- DLG-Verlag Frankfurt, 1977, Seie 139

5 Schmid,G. und H.Weigelt: Grundsatzfragen zur Eutrophierung der Seen in Oberbayern.Mitteilung I: Waginger- und Tachingersee.-Mitteilung II: Walchen- und Kochelsee. Z.f.Kulturtechnik und Flurbereinigung, 12,84-104 u. 13, 34-55, 1971/72

6 Schwedtfeger,G. und G.Schröder: Windschutz auf leichten Böden.- 1.Bericht: Geologische,vegetationskundliche und agrarhistorische Vorbedingungen für Winderosionsgefährdung.- Z.f.Kulturtechnik und Flurbereinigung, 17, 349-357, 1976

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 639-644 (1977)

Über Bodenentwicklungen in Hügelgräbern im Taunus

Von

FICKEL[+],W., BECKMANN[++],H., PLASS[+++],W., SCHRADER[+],L., STEPHAN[++],S., WIECHMANN[++],H., ZAKOSEK[++],H.

Bei bodenkundlichen Kartierungsarbeiten auf Bl. 5717 Idstein wurde im Raum Ohren, einem Gebiet, auf dem sich über 400 Hügelgräber (Alter: ca. 600 v.Chr., späte Hallstattzeit) aus Lößlehm befinden, die Beobachtung gemacht, daß es in diesen Hügelgräbern zu Horizontbildungen gekommen ist, die auf Lessivierungen schließen lassen, also zu Bodenbildungen in Richtung Parabraunerde. Für ausführliche Untersuchungen wurden gemeinschaftlich mit dem Hessischen Landesamt für Denkmalpflege 2 Hügelgräber aufgegraben, davon ein Grab bei Ohren. Dieses Hügelgrab steht auf einer Fläche, die ausgehalten ist als Pseudogley, z.T. kolluvial überdeckt, aus lößlehmhaltigem Solifluktionsschutt über stark verlehmtem, gelbem Schieferzersatz. Die Geländeoberfläche, ~ 295 m über NN, ist nach SW zu schwach geneigt. Die mittlere jährliche Niederschlagssumme beträgt ~ 650 mm, die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur ~ 7° C.

Um Klarheit über die Bodenbildungen im Grabhügel, sowie die unterschiedlichen bodengenetischen Vorgänge des alten Bodens unter dem Grab, verglichen mit dem jetzigen Boden außerhalb des Grabes zu bekommen, wurde in ca. 25 m Entfernung vom Hügelrand ein Vergleichsprofil in einem Schurf (hier Schurf II) aufgenommen (siehe Lageplan). Das Schüttmaterial des Hügels (ca. 150 m^3) ist bis zu einer Tiefe von durchschnittlich 15 cm dem Oberboden einer ca. 15 m breiten Ringfläche außerhalb des Grabes entnommen worden. Das ließ sich einmal anhand der vermutlichen Schichtgrenze Decksediment/Mittelschutt, bzw. der Horizontgrenzen S_w-S_d, zum anderen aus der unterschiedlichen Horizontmächtigkeit des S_w und in den anschliessenden Massenberechnungen leicht nachweisen.

Nachfolgend sind die Horizontabfolgen beider Profile aufgeführt:

+ Hess. Landesamt f. Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden
++ Inst. f. Bodenkunde, Nußallee 13, 5300 Bonn
+++ Geographisches Inst., Senkenberganlage 36, 6000 Frankfurt a.M.

Schurf I:

YA_{eh} +) - YA_1B_{sh} +) - YA_1 - $YB_{bt'}$ - $YB_{t'b}$ - A_1S_w - $B_tS_wS_d$ - B_tS_d - IIB_tS_d

Schurf II:

A_{eh} - S_w - $B_tS_wS_d$ - B_tS_d - IIS_d

Zwei Beispiele von Dünnschliffuntersuchungen aus Horizonten YA_1 und $YB_{bt'}$ veranschaulichen die Intensität der Tonverlagerung:

Schliff 1 (YA_1): Der Schliff wurde im Durchlicht untersucht und lag zwischen halbgekreuzten Polarisatoren. Daher erscheinen die Poren grau, die Mineralkörner (vorwiegend Quarz) sind aufgehellt bis weiß, das Plasma ist von Humus und Eisen olivgrau gefärbt. Wurzeln, organische Reste und eine Eisenkonkretion sind braun bis opak. Das Gefüge ist größtenteils feinstkrümelig-locker, aufgelockert durch kleine Tiere und Wurzeln, und weitgehend aus Kotpartikeln aufgebaut. Es hat kein reliktisches oder gar aktives Fließplasma, obwohl solches in der Aufschüttung vorhanden war. Leicht verwitterbare Minerale sind nicht zu sehen.

In gleicher Weise ist das Material des $YB_{bt'}$-Horizontes dargestellt. Hier treten als weiterer Bestandteil leuchtend gelbe, z.T. braun imprägnierte Kutanen aus orientiertem Ton auf. Selbst bei kompakteren, die Fließplasma-Fragmente der Aufschüttung darstellenden Ansammlungen zeigt die Form eine plastische Anpassung an das heutige Gefüge. Meist hat sich der Ton jedoch mit dem Wasser bewegt, ist abgelagert und z.T. konzentriert worden und zeigt gelegentlich bereits schichtige Lagerung.
Der lockere Aufbau hat die Tonwanderung begünstigt.

Vielleicht am deutlichsten werden die Probleme der Lessivierung im Hügelgrab einerseits und die bodengenetischen Probleme in einem unter dem Hügelgrab begrabenen Profil, sowie in einem Normalprofil außerhalb des Hügelgrabes andererseits in den Tabellen 1 und 2 dargelegt.

Im Hügelgrab läßt sich bei der Korngrößenverteilung eine erhebliche Zunahme der Tonfraktion im $YB_{bt'}$ (25 %) und im $YB_{t'b}$ (27 %) gegenüber dem YA_1 (18 %) beobachten. Bei der Porengrößenverteilung ist in beiden Horizonten auch ein hoher Anteil an Makroporen zu erkennen (7,9 % und 5,5 %), vergleicht man diese Werte mit denen der darunter liegenden Horizonte (2,7 % und 2,0 %), bzw. in Schurf II (0,6 %; 0,4 % und 0,3 %). Die Feldkapazität ist im $YB_{bt'}$ infolge höheren Tongehaltes gegenüber dem YA_1 größer, ebenso das Trockenraumgewicht. Überhaupt spiegelt das Trocken-

---

+) YA_{eh} und YA_1B_{sh} sind in der Schnittzeichnung wegen geringer Mächtigkeit als A_h bezeichnet.

raumgewicht hier sehr gut die Abläufe der inneren Setzung des Schüttgutes, bzw. des Hügelgrabes wider. So treten auch in den unter dem Hügelgrab und außerhalb des Hügelgrabes vergleichbaren Horizonten unterschiedliche Trockenraumgewichte auf:

	unter dem Hügelgrab	Schurf II
$B_tS_wS_d$	= 1,59 g/cm^3	1,61 g/cm^3
B_tS_d	= 1,64 g/cm^3	1,82 g/cm^3

Vergleicht man hier dazu die Anteile der Ton- und Feinschluffraktion der beiden Horizonte, so liegen die Werte außerhalb des Hügelgrabes ebenfalls höher, dafür gehen die Anteile der Grobporen merklich zurück.

Zusammenfassung:

Nach der Aufschüttung des Hügelgrabes setzte innerhalb des aufgeschütteten Lößlehms erneut eine Lessivierung ein, überwiegend begünstigt durch den hohen Porenanteil, vor allem an Grobporen. Vergleicht man den weiteren Verlauf der Bodenbildung im Altboden unter dem Hügelgrab und außerhalb des Hügelgrabes (im Schurf II), so zeigt sich, daß die Entwicklung der Bodenbildung unter dem Hügel durch die Grabaufschüttung merklich gebremst worden ist. Wir haben hier daher nur einen Parabraunerde-Pseudogley gegenüber einem Pseudogley in Schurf II.

Literatur:

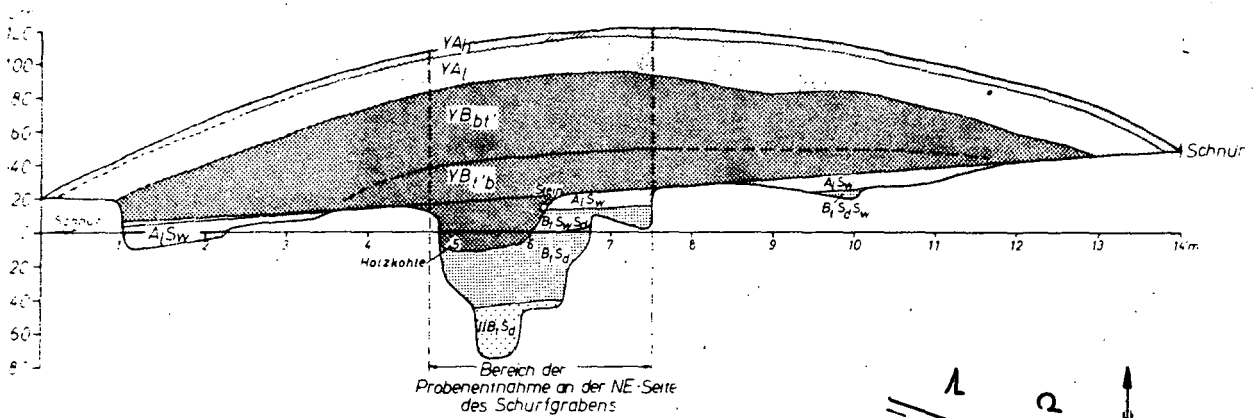
FICKEL, W. (1970): Erl. Bodenkte. Hessen 1:25 000, Bl. 5715 Idstein, 108 S., 24 Tab., 24 Prof.; Wiesbaden.

HEIDE, G. (1964): Kulturböden aus künstlich umgelagertem Bodenmaterial, 8th INTERN.CONGRESS OF SOIL SCIENCE, BUCHAREST, ROMANIA.

MÜLLER, S. (1970): Historisch datierbare Parabraunerden im Neckerland, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 10, 327-331.

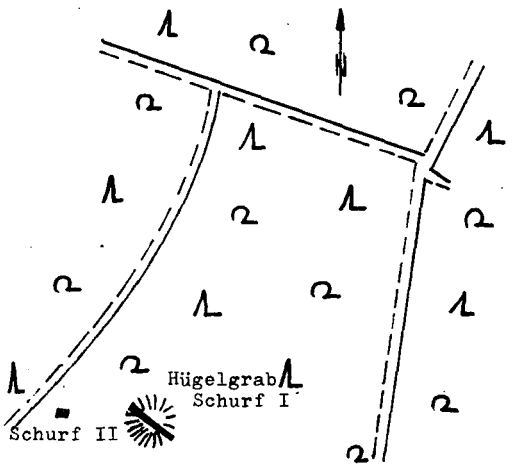
WATERBOCK, H.T. (1964): Podsolierungserscheinungen bei Grabhügeln (Taf. VII-XXVI). Overdruk uit Palaeohistoria, VOL. X.

HÜGELGRAB OHREN (Schnitt)



Lageplanskizze

Maßstab
100 m



	TIEFE cm von	TIEFE cm bis	KORNGRÖSSENVERTEILUNG % VOM FEINBODEN <2 mm (mm) < 0,002	0,002 -0,006	0,006 -0,02	0,02 -0,06	0,05 -0,2	0,2-2	TONMINERALE IN DER TONFRAKTION HAUPT-BE-STAND-TEILE	NEBEN-BE-STAND-TEILE	SPUREN
Schurf I											
Horizont											
YA_{eh}	0	2	18	8	28	34	6	6	I	K,C	w
YA_1B_{sh}	2	4/6	18	9	26	35	6	6	I,C	K	w
YA_1	4/6	25/32	18	8	29	34	6	5	I,C		K
$YB_{bt'}$	25/32	70/75	25	7	24	33	6	5	I	K,C	w
$YB_{bt'}$ (Südseite)			27	8	21	32	6	6	I	K	C,w
$YB_{t'b}$	70/75	90/95	27	8	20	35	5	5	I	K,C	w
A_1S_w	90/95	100/105	16	10	28	34	6	6	I	K	C,w
$B_tS_wS_d$	100/105	120/125	22	10	24	32	6	6	I	K	C
B_tS_d	120/125	150/155	39	6	17	27	5	6	I	K,C	
IIB_tS_d	150/155	190	38	6	18	28	2	8	I	K,C	M
Schurf II											
A_{eh}	0	2	17	6	24	42	6	5	I	K,C	
S_w	2	20/25	28	8	22	31	5	9	I	K,C	
$B_tS_wS_d$	20/25	35/40	38	7	14	27	5	9	I	K	
B_tS_d	35/40	85/90	38	11	17	28	2	4	I	K,C	M
IIS_d	85/90	160	41	10	15	27	2	5	I	K,C	M

I = Illit, K = Kaolinit, C = Chlorit, M = Montmorillonit, w = Wechsellagerungen zwischen 10 u. 14 Å, mit KCl auf 10 Å kontrahierbar.

	TIEFE cm von	TIEFE cm bis	PORENGRÖSSENVERTEILUNG (Aquival.Ø in µ) in % des Ges.Bo.Vol. Ø: 600 pF: <0,7	>50 <1,8	50 - 10 1,8-2,5	10-0,2 2,5-4,2	<0,2 >4,2	FK f.10 dm 50 µ pF 1,8 l/m² bzw.mm	LUFT-KAPAZITÄT >50 µ VOL.%	GESAMT-POREN-VOL. %	TROCKEN-RAUM-GEW. g/cm³
Schurf I											
Horizont											
YA_1	4/6	25/32	7,9	23,7	3,4	13,8	12,4	295	23,7	53,3	1,24
YB_{bt}	25/32	70/75	5,5	19,4	3,3	14,6	12,2	301	19,4	49,5	1,34
$B_tS_wS_d$	100/105	120/125	2,7	10,3	4,0	13,2	12,0	292	10,3	39,5	1,59
B_tS_d	120/125	150/155	2,0	4,4	2,2	13,4	17,9	337	4,4	38,1	1,64
Schurf II											
$B_tS_wS_d$	20/25	35/40	0,6	6,3	4,0	16,6	12,3	329	6,3	39,2	1,61
B_tS_d	35/40	85/90	0,4	3,1	1,0	5,3	21,7	280	3,1	31,1	1,82
IIS_d	85/90	160	0,3	2,2	2,2	8,7	19,0	299	2,2	32,1	1,80

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 645-650 (1977)

Bodenkundliche Untersuchungen während der archäologischen Grabungen im Bremer Dom.

von

Heinemann, B.+

1. Einleitung

In den Jahren 1974-1976 fanden im Bremer Dom St.Petri umfangreiche archäologische Untersuchungen statt. Diese Arbeiten erbrachten neue, wesentliche Erkenntnisse zur Baugeschichte des Domes, außerdem konnten zahlreiche Bischofsgräber wiederentdeckt und umfangreiches liturgisches Gerät geborgen werden (BRANDT,K.H. 1977). Die bodenkundlichen Untersuchungen im Rahmen weiterer geowissenschaftlicher Arbeiten (ORTLAM,D. u.SEYLER,E. 1977) galten vor allem der Genese bestimmter Schichten und Böden des Domuntergrundes sowie deren Beeinflussung und Veränderung im Zuge der Baugeschichte.

2. Geologisch-bodenkundlicher Überblick

Der Bremer Dom befindet sich auf dem am O-Ufer der Weser gelegenen Dünenzug. Dieser erstreckt sich von Achim im SO bis nach Burg-Gramke im NW und erreicht am Bremer Dom 11 m über NN. Die Dünen bildeten einen sicheren Weg entlang der Weser durch das mehr oder weniger vermoorte und nasse Bremer Becken (SCHMIDT,A. 1963). Auf den Dünen sind im allgemeinen typische Podsole entwickelt. Im Bereich des Domes wechselt deren morphologische Ausprägung auf kleinem Raum auffällig stark. Neben tiefen und mehrschichtigen Podsolen treten sowohl Braunerde-Podsole als auch Podsol-Braunerden auf. Ein engräumiger Wechsel der Böden auf den Weserdünen wurde bereits von GROHNE (1953) in Mahndorf beobachtet.

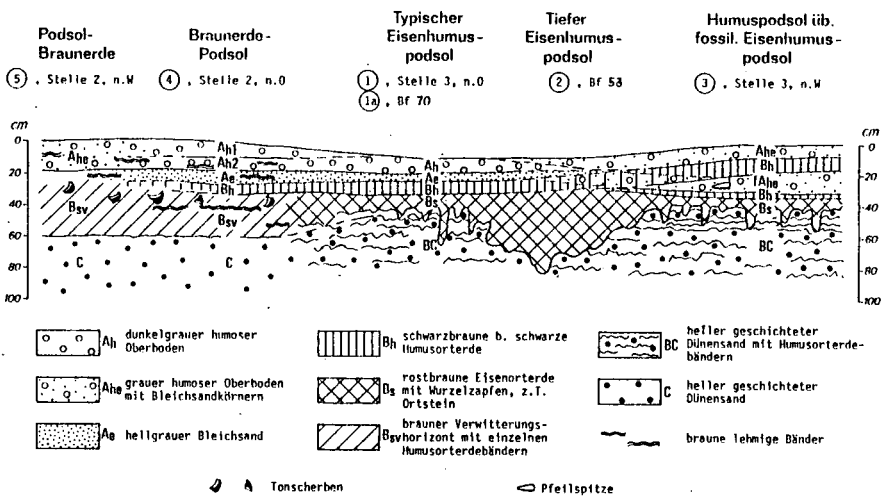
+ Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Postfach 510153, 3000 Hannover 51

3. Morphologische Untersuchungen

Die Profiluntersuchungen erfolgten an stehengebliebenen Wänden von Schachtgräbern und Suchschnitten. Ein systematisches Abbohren des Untergrundes war wegen der zahlreichen Bestattungen im Dom und der fortgeschrittenen archäologischen Untersuchungen nicht möglich. Die vorgefundenen Böden und deren genetischen Zusammenhang zeigt Abb. 1.

Abb.1 Typische Bodenprofile im Bremer Dom

(vereinfachter, schematischer Schnitt, Längen unmaßstäblich; unter den Bodennamen Nr.der im Text beschriebenen Böden und Fundpunkt)



Die verschiedenen Böden treten in einem Abstand von weniger als 20 m auf. Ortsangaben unter den Profilbezeichnungen, wie z.B. Stelle 2, n.W bzw. n.O, entsprechen nur etwa 2,2 m. Humuspodsole über fossilen Eisenhumuspodsolen sind im Dom eng mit tiefen Podsolen verzahnt, der die "Doppelpodsole" trennende fA_{he} ist dabei oft nur wenige cm mächtig. Durch den Fund einer Pfeilspitze der älteren Bronzezeit im fA_{he} ist die obere Flugsanddecke frühestens zwischen 1500 bis 1100 v.Chr.Geb. entstanden. Tiefer Ortstein, wie er insbesondere an Unterhängen von Dünen vorkommt, trat in mehreren Suchschnitten als deutliche Kante an der Profilwand hervor. Die Podsol-Braunerden und Braunerde-Podsole weisen morphologisch sowie durch die im B_{sv} zahlreich gefundenen Tonscherben der vorrömischen Eisenzeit auf einen Siedlungshorizont -, der mächtige A_h auf eine An-

reicherung humosen Materials hin. Diese war jedoch lange vor der Überbauung beendet, wie die später entstandenen humosen und lehmigen Bänder im A_h- und B_{sv}-Horizont erkennen lassen. Durch die Überbauung, insbesondere mit der Errichtung des heutigen, größeren romanisch-gotischen Domes, wurden die Böden mehr oder weniger konserviert.

4. Laboratoriumsuntersuchungen

Analysenergebnisse von vier untersuchten Profilen zeigt die nachfolgende Tabelle. Da besonders P-Gehalte siedlungsbedingte oder kulturbeeinflußte Veränderungen erkennen lassen (GEBHARDT,H. 1976, GUNDLACH,H. 1971, KIEFMANN,H.M. 1975), wurde Gesamt-P bestimmt.

Ergebnisse der Laboratoriumsuntersuchungen

Analytiker Dr. H. Fastabend

Profil-Nr., Fundpunkt, Typ	Horiz. Bez.	Entnahmetiefe (cm)	pH (KCl)	Karbonate (%)	Org. Subst. (%)	Kornverteilung (Gew.%) (Siebanalyse, Ø in µ) < 63	63-125	125-200	200-630	630-2000	Fe-Gehalt (%Fe) Fe_o	Fe_{dith}	P-Gehalt C/P	ppm P
①, Stelle 3, n. O Typischer Eisenhumuspodsol	A_h	0-10	5,5	–	2,8	1,3	3,1	13,7	74,7	7,2	0,07	0,11	501	323
	A_e	10-20	4,6	–	1,4	1,7	3,3	13,7	73,0	8,3	0,02	0,05	128	633
	B_{hs}	20-30	4,5	–	2,6	0,8	1,9	9,6	69,3	18,4	0,26	0,33	164	916
	B_s	50-60	4,6	–	0,4	0,1	1,2	10,1	73,5	15,1	0,03	0,07	132	174
	BC	100-110	5,0	–	0,2	0,1	2,2	18,1	73,9	5,7	0,02	0,06	144	76
(1a), Pr.70 Typischer Eisenhumuspodsol, sekundär aufgekalkt	A_e	10-20	6,7	0,3	1,9	1,1	3,1	13,2	74,9	7,7	0,05	0,06	614	199
	B_{hs}	25-35	7,3	0,9	1,8	1,5	3,1	14,4	74,2	6,8	0,14	0,15	264	393
	B_s	40-50	6,4	–	1,0	1,2	3,1	13,6	73,5	8,6	0,07	0,13	138	419
	B_s	60-70	6,0	–	0,6	0,2	1,4	9,5	75,4	13,5	0,06	0,11	109	266
②, Pr.53 Tiefer Eisenhumuspodsol mit Ortstein, Oberboden sekundär aufgekalkt	A_{he}	10-20	6,3	–	1,9	1,1	3,3	13,7	74,4	7,5	0,07	0,11	311	353
	B_h	30-40	4,5	–	2,3	1,8	3,8	15,0	73,1	6,3	0,09	0,16	401	331
	B_s	50-60	4,1	–	1,9	1,9	3,8	14,7	71,9	7,7	0,12	0,16	188	585
	B_s	70-80	4,3	–	0,3	0,2	2,2	14,6	73,1	9,9	0,04	0,08	150	113
	BC	85-90	4,4	–	0,2	0,1	1,9	12,9	72,1	13,0	0,03	0,07	n.b.	144
④, Stelle 2, n.S Braunerde-Podsol, sekundär aufgekalkt	A_h	10-20	7,1	0,5	2,9	1,0	2,8	10,8	74,8	10,6	0,15	0,19	269	624
	B_{sv}	50-60	7,4	2,7	1,4	1,4	3,2	12,6	70,7	12,1	0,14	0,19	178	453
	B_{sv}	70-80	7,2	3,1	0,2	0,4	0,2	15,5	70,8	10,4	0,06	0,10	n.b.	166

Nach der K o r n g r ö ß e n v e r t e i l u n g bestehen die Dünensande vorwiegend aus Mittelsand. Die Streuung in dieser Fraktion beträgt <2 %, z.T. <1 %. Einer Abnahme des fS-Anteiles zum Unterboden steht eine vermutlich schichtungsbedingte geringe Zunahme des gS gegenüber. Die pH - W e r t e liegen im stark sauren bis neutralen Bereich. Die Profile 1a und 4 sowie die Oberböden

von 1 und 2 sind mit natürlichen Podsolen nicht vergleichbar. Die Werte lassen auf eine Anreicherung mit Ca^{++} aus überlagerndem Bauschutt u.ä. schließen, wie sie z.B. bei Umbauten der früheren Kirchen oder bei längerer Zerstörung des Dachstuhles möglich war. Die Fe - G e h a l t e , sowohl an dithionitlöslichem (Fe_{dith}) als auch an oxalatlöslichem (Fe_o), sind durchweg so niedrig, wie dies in Böden aus Flugsanden in Nordwestdeutschland häufig der Fall ist. Da sich die Bodenentwicklung am besten am Fe_o ablesen läßt, überraschen die Maxima im B_{hs} oder im B_s nicht. Hohe Gehalte im Oberboden und B_{sv} von Profil 4 unterstreichen den geringeren Podsolierungsgrad und rechtfertigen die typologische Ansprache.

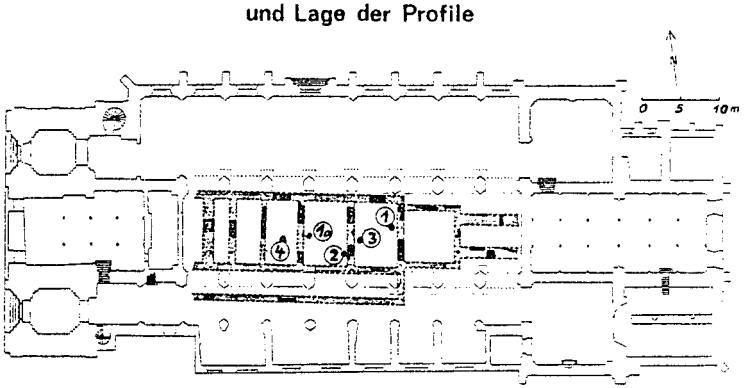
Die P - G e h a l t e sind in allen Profilen außerordentlich hoch. Eine Beziehung zur Bodenentwicklung läßt sich trotzdem deutlich erkennen. Bei den Braunerden weisen Oberboden und B_{sv}, bei den Podsolen B_h und B_s die höchsten Gehalte auf. Diese 4-6 fach höheren Gehalte gegenüber natürlichen Böden im Bremer Raum (GEBHARDT,H. 1977) liegen in der Größenordnung von Grauen Plaggeneschen (FASTABEND,H. und v.RAUPACH,F. 1961). Hieraus muß auf eine intensive ackerbauliche Nutzung oder eine Besiedlung vor der Überbauung geschlossen werden. Sie kann allerdings nicht bis zur Errichtung der ersten Kirche bestanden haben, da diese in einer Heidefläche angelegt sein soll (Straßennahme Domsheide). Bei der der Nutzung folgenden weiteren Podsolierung wurde P insbesondere im B angereichert. Ein außerhalb des Domes entnommenes Parallelprofil zeigte neben pH-Werten zwischen 7 und 7,2 bis in mehr als 1,8 m Tiefe ebenfalls eine intensive P-Anreicherung im B_h bis zu 1047 ppm P. Infolge der Überbauung und der außerordentlich geringen Durchfeuchtung wurde die biologische Aktivität in dem Dom-Böden auf ein Minimum eingeschränkt. Die in der Kirche Bestatteten können daher nur unwesentlich als P-Lieferanten angesehen werden. Bei der Probenahme wurden die unmittelbaren Grabstellen ohnehin ausgespart.

5. Untersuchungsergebnisse und Baugeschichte

Nach den archäologischen Untersuchungen ließen sich mehrere Bauperioden bzw. Umbauten der präromanischen Kirchen feststellen. Abb. 2 zeigt den Grundriß des heutigen, romanisch-gotischen Domes sowie die Umrisse von Kirchen aus karolingisch-ottonischer Zeit. Während z.Zt. des 1.Bischofs von Bremen nur eine Holzkirche

zwischen 1 und 1a existierte, wurden bald darauf Steinbauten errichtet. Wenig später erfolgten bereits mehrfache Verlängerungen nach W und der Anbau eines Chores und einer Kapelle im O. Profil 1a liegt unmittelbar neben dem Eingang der ältesten Steinkirche, Profil 4 im W bereits außerhalb dieser Kirche. Die Profile 1 und 2 markieren den Standort der ältesten Kirche. Hier wurde der Boden. in seinen chemischen Eigenschaften, z.B. im pH-Wert, am geringsten durch Bautätigkeit beeinflußt. Die nahe von Fundamenten sowie im Bereich der W-Wände gelegenen Böden zeigen dagegen einen unterschiedlichen Einfluß. Er führt von einer Erhöhung des pH-Wertes im Oberboden bis zu einer Neutralisierung und z.T. zur Karbonatanreicherung im gesamten Profil. Hierdurch werden intensive Baumaßnahmen, Wiederaufbau und Abriß, bei zeitweilig offenem Himmel mit mehr oder weniger starker Durchfeuchtung, bestätigt. Die Lehmestriche der ältesten Kirchen, die z.T. unmittelbar auf dem Ortstein oder dem hellen Dünensand angelegt worden sind, haben also noch eine relativ gute Durchlässigkeit besessen. Die Feststellung von BRANDT (1977), daß z.B. Stelle 2 ständig überbaut gewesen ist, muß daher korrigiert werden. Die lehmigen Bänder im A- und B-Horizont der Profile 4 und 5, deren Bildung unter neutralen Bedingungen nicht erfolgt, bestätigen den längeren Zeitraum zwischen vorrömischer Besiedlung und der späteren Überbauung.

Abb. 2 **Bremer Dom mit Grundriß älterer Kirchen und Lage der Profile**



6. Literatur

BRANDT,K.H.: Ausgrabungen im Bremer St.Petri-Dom 1974-1976. - Röver, Bremen 1977.

FASTABEND,F. u.vonRAUPACH,F.: Zur Kenntnis der Plaggenböden in Nordwestdeutschland. - Geol.Jb.78, 139-172, 3 Abb., 11 Tab., Hannover 1961.

GEBHARDT,H.: Bodenkundliche Untersuchung der eisenzeitlichen Ackerfluren von Flögeln-Haselhörn (Krs.Wesermünde). - Probl.d.Küstenforschung im südl.Nordseegebiet 11, 91-100, 4 Abb., 5 Tab., 2 Taf., Lax, Hildesheim 1976.

GROHNE,E.: Mahndorf. Frühgeschichte des Bremischen Raumes. - Dorn-Verlag, Bremen-Horn 1953.

GUNDLACH,H.: Chemische Untersuchungen zur Auffindung von Siedlungsresten im Bereich der Wittekindsburg. - Nachr.Nds.Urgesch.40, 102-111, 1 Abb., Lax, Hildesheim 1971.

KIEFMANN,H.M.: Historisch-geografische Untersuchungen zur älteren Kulturlandschaftsentwicklung in der Siedlungskammer Bosau, Ostholstein, unter besonderer Berücksichtigung der Phosphatmethode. - Diss.Kiel 1975.

ORTLAM,D. u. SEYLER,E.: Geowissenschaftliche Untersuchungen im Bremer Dom. Kap.IV in Brandt,K.H. 1977: Ausgrabungen im Bremer St.Petri-Dom 1974-1976, Röver, Bremen 1977.

SCHMIDT,A.: Das Bremer Becken. - Ber.z.dt.Landeskunde 30, 1-31, 1963.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 651-660 (1977)

Bodennutzung in Wasserschutz- und Wasserschongebieten

1. Kurzbericht über die bisherige Tätigkeit des Arbeitskreises „Bodennutzung in Wasserschutz- und Wasserschongebieten" der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft

von

B. Wohlrab *

1.1 Veranlassung

Wasserschutzgebiete dienen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung oder, korrekter gesagt, der Versorgung mit Wasser, von dem Trinkwassereigenschaften verlangt werden. Im Vordergrund stehen dabei hygienische, chemisch-toxikologische, ästhetische und aufbereitungstechnische Anforderungen an das gewonnene Rohwasser. Es kann sich um Grundwasser, aber auch um Oberflächenwasser handeln, das insbesondere aus natürlichen Seen und sogenannten Trinkwassertalsperren entnommen wird.

Der Begriff Wasserschongebiete (SCHWILLE, 1961) wurde inzwischen abgewandelt in „Wasservorranggebiete" oder „Wasservorbehaltsgebiete". Gemeint sind Gebiete mit Gewässern, die zur Zeit noch nicht zur Trinkwasserversorgung genutzt werden, die aber aufgrund von wasserwirtschaftlicher Vorsorgeplanung für die künftige Bedarfsdeckung reserviert und in geeigneter Weise gesichert werden sollen (BGBl, 1976).

* B. Wohlrab, Institut für Landeskultur der Justus-Liebig-Universität Gießen, Senckenbergstraße 3, 63 Lahn-Gießen.

Um die flächenbezogene Bedeutung der Wasserschutzgebietsfrage zu umreißen, werden einige wenige Zahlen genannt:

Insgesamt gehören zu den rund 500 Wasserwerken mit einer Förderleistung von jeweils über 0,2 Mio cbm/Jahr in Niedersachsen Schutzgebiete (sei es schon festgesetzt oder noch im Verfahren) bzw. Einzugsgebiete (d.h. Verfahren noch nicht eingeleitet) in der Größe von insgesamt 4850 km² (NMELF, 1976). Das entspricht ungefähr 10 % der niedersächsischen Landesfläche. Welche Flächen davon anteilsmäßig auf die Zonen I, II und III entfallen, geht aus der zitierten Übersicht allerdings nicht hervor. Über 5000 Trinkwassergewinnungsanlagen in Hessen haben Einzugsgebiete in der Größenordnung von insgesamt über 4500 km², d.h. von rund 22 % der Landesfläche (HMLU, 1974). Davon nehmen nach einer Schätzung aufgrund der bisher schon rechtskräftig ausgewiesenen Schutzgebiete die Zonen I und II, in denen an die Bodennutzung besondere Anforderungen gestellt werden, mit rund 480 km² 2,3 % der Landesfläche ein. In Bayern wurden bisher rund 4500 Schutzgebiete ausgewiesen, die insgesamt eine Fläche von knapp 2200 km² umfassen (BLafW, 1976). Das entspricht rund 3 % der Staatsfläche.

In den Wasserschutzgebieten sind wassergefährdende Handlungen auszuschließen. Nutzungen, die die Wassergüte beeinträchtigen können, werden bestimmten Auflagen unterworfen (DVGW-Regelwerk, 1975). Das trifft auch für die gärtnerische, land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung zu und hatte letztlich Anlaß für das Tätigwerden dieses Arbeitskreises gegeben (WOHLRAB, 1974). Er sah und sieht seine Aufgabe vor allem in der Erarbeitung geeigneter Kriterien zur Beurteilung der Einflußmöglichkeiten der Bodennutzung auf die Wassergüte unter den jeweiligen Standortbedingungen und in der Ableitung sinnvoller Empfehlungen für die Bodennutzung, mit dem Ziel, einerseits die Qualität des für die Trinkwasserversorgung in Anspruch genommenen Gewässers zu erhalten, andererseits Übermaßverbote hinsichtlich der Bodennutzung zu vermeiden.

1.2 Schutzgebiete für Grundwasser

Der Arbeitskreis hat sich zunächst den Schutzgebieten für Grundwasser gewidmet und inzwischen Beurteilungskriterien und Empfehlungen zur Bodennutzung in Zone II solcher Schutzgebiete in Form einer erläuterten Übersichtstafel herausgegeben (DBG/WOHLRAB, 1976 *). Hierbei ging es primär um die Bewertung der Filterfähig-

---

* Sonderdrucke können bezogen werden bei der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Geschäftsstelle, v. Sieboldstr. 4, 34 Göttingen, zum Preis von 5,- DM (3,50 DM für Mitglieder der DBG).

keit der ungesättigten Zone über dem Grundwasser. Ausgangspunkt der Bewertung sind daher die Mächtigkeit und die Bodenart der Schichten bzw. Horizonte dieser Zone einerseits und der Flurabstand zur Grundwasseroberfläche andererseits. In der Übersichtstafel sind die Angaben hierzu in generalisierten Bodenprofildarstellungen zusammengefaßt. Sie werden durch eine quantifizierende Beschreibung der nutzbaren Feldkapazität, der Wasserleitfähigkeit für gesättigtes Fließen und des Sorptionsvermögens ergänzt. Es schließen sich einige Korrekturkriterien an. Die aus Gründen der Übersichtlichkeit notwendige Generalisierung der Ausgangsmerkmale machte es erforderlich, solche Korrekturen bei der Bewertung vorzusehen. Aus der Zuordnung zu fünf Bewertungsklassen von „sehr günstig" bis „sehr ungünstig" ergeben sich differenzierte Empfehlungen zu Meliorationen, zur Nutzung, Düngung und Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln in der Zone II von Grundwasserschutzgebieten.

1.3 Schutzgebiete von Trinkwassertalsperren

Zur Zeit beschäftigt sich der Arbeitskreis mit den Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren. Solche Talsperren liegen und werden auch in Zukunft überwiegend angelegt im hügeligen oder gebirgigen oberen Einzugsgebiet von Wasserläufen. Im Vordergrund der Betrachtung steht daher die Gefahr des unmittelbaren Stofftransportes mit dem Oberflächenabfluß direkt oder indirekt über die Talsperrenzuflüsse in den zur Trinkwasserversorgung genutzten Speicher. Ausgangspunkt der Beurteilung ist aus diesem Grunde die Geländeneigung als wichtiges geomorphologisches Kriterium. Da der Oberflächenabfluß nach seiner Entstehung und seinem Mengenanteil jedoch nicht nur von der Geländeneigung sondern auch von anderen Standorteigenschaften abhängt, sind weitere wesentliche Kriterien zu berücksichtigen. Als solche wurden in dem vorliegenden ersten Entwurf herangezogen die Mächtigkeit des Lockermaterials, seine Schichtung bzw. Horizontierung sowie seine Bodenart. Bei letzterer werden - in erster Linie unter Berücksichtigung der Erosionsneigung - vier Gruppen unterschieden (siehe Abb. 1), nämlich:

A Schluffböden und schluffreiche Böden (starke Gefährdung durch Erosion),

B Lehmböden und schluffreiche Sandböden (mäßige Gefährdung durch Erosion),

C Tonböden (geringe Gefährdung durch Erosion),

D Sandböden (ebenfalls geringe Gefährdung durch Erosion).

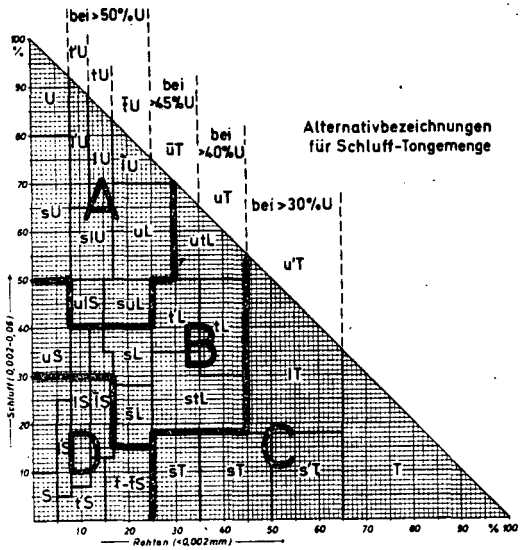


Abb. 1 Bodenartendiagramm aus der Kartieranleitung (AGB, 1971) mit der Abgrenzung der vier Bodenartengruppen A bis D.

Als weitere, hauptsächlich interpretierende, bodenkundliche und hydrologische Kennwerte werden herangezogen:

die nutzbare Feldkapazität des Lockermaterials (im Hinblick auf Aufnahmefähigkeit des Niederschlagswassers, Verweildauer und Filterleistung),

die kf-Wert-Klassifizierung (zur Kennzeichnung der Infiltrationsfähigkeit und der vertikalen Wasserleitfähigkeit des Solums),

das Wasserleitvermögen des Gesteinsuntergrundes im Vergleich zum darüber lagernden Lockermaterial.

Bei einer Zusammenfassung dieser Beurteilungskriterien in einer Übersichtstafel ist zwangsläufig aus Gründen der praktischen Anwendbarkeit eine zum Teil starke Generalisierung notwendig. Von Fall zu Fall muß daher auch hier auf Korrekturmöglichkeiten zurückgegriffen werden. Dies kann geschehen, indem zunächst der im Gelände tatsächlich festgestellte Erosionsgrad zur Beurteilung und Bewertung herangezogen wird, vor allem dann, wenn er stärkere Abtragsneigung erkennen läßt, als aus den Beurteilungskriterien abzuleiten ist. Ein anderer Weg ist die Berücksichtigung weiterer geomorphologisch bedeutsamer Angaben, weiterer im Gelände erfaßbarer Bodeneigenschaften und besonders relevanter hydrometeorologischer Daten. Ziel der umrissenen geomorphologischen, bodenkundlichen und hydrologischen Standortbeurteilung und -bewertung ist es, die notwendigen Konsequenzen hinsichtlich der Bodennutzung und Landbewirtschaftung unter den besonderen Erfordernissen im Niederschlagsgebiet einer Trinkwassertalsperre zu ziehen. Für die fünf Bewertungsklassen „sehr günstig" bis „sehr ungünstig" ergeben sich daraus differenziert für Schutzzone II und III allgemeine und konkrete Empfehlungen zur Gewässerpflege und zum land- und forstwirtschaftlichen Wasser- und Wegebau, zu kulturtechnischen Maßnahmen, zur Nutzung und zur Düngung und Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln.

1.4 Literatur

AGB, 1971: Kartieranleitung, 2. Aufl. der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde. - Herausgeber: Bundesanstalt für Bodenforschung u. Geol. Landesämter der BRD, Hannover.

BLafW, 1976: Zahl und Flächen der Wasserschutzgebiete in den kreisfreien Städten und Landkreisen Bayerns; nicht veröffentl. Tabelle des Bayer. Landesamtes für Wasserwirtschaft.

BGBl, 1976: Viertes Gesetz zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes vom 26.4.76; Bundesgesetzblatt, Teil I, Nr. 48, v. 30.4.76, S. 1109-1118.

DBG/WOHLRAB, 1976: Beurteilungskriterien und Empfehlungen zur Bodennutzung in Zone II von Schutzgebieten für Grundwasser; Ztschr.f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 17, 221-228.

DVGW-Regelwerk, 1975: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete W 101, 102 und 103, Febr. 1975, Deutscher Verein v. Gas- und Wasserfachmännern, D-6236 Eschborn.

HMLU, 1974: Wald und Landschaft,Erläuterungsheft zur Flächenschutzkarte Hessen; Min.f. Landw. u. Umwelt, Hess. Forsteinrichtungsamt Gießen; Text: RÖDIG/SCHWARZ.

NMELF, 1976: Wasserschutzgebiete Niedersachsens; herausgegeben vom Niedersächsischen Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Hannover, Jan. 1976.

SCHWILLE, F., 1961: Wasserschongebiete, Deutsche Gewässerkundl. Mitt. 5, S. 43-46.

WOHLRAB, B., 1974: Forderungen an die Bodennutzung in Wasserschutzgebieten aus der Sicht der Wassergüte - Konsequenzen für die bodenkundliche Arbeit. - Mitt. d. Deutsch. Bodenkundl. Ges. 18, 152-165; Göttingen.

---

2. Bericht über die fünfte Sitzung des Arbeitskreises „Bodennutzung in Wasserschutz- und Wasserschongebieten" der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft am 6. September 1977 in Bremen

von

K. Mollenhauer *

Dem Arbeitskreis „Bodennutzung in Wasserschutz- und Wasserschongebieten" lag anläßlich seiner Sitzung am 6. September 1977 in Bremen der 1. Entwurf der „Beurteilungskriterien und Empfehlungen zur Bodennutzung in Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren" mit Erläuterungen vor, nachdem bereits am 4. Oktober 1976 in Göttingen ein kurzer Rohentwurf diskutiert worden war (WOHLRAB und MOLLENHAUER, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 23, 215-220, 1976).

---

* Konrad Mollenhauer, Diplomlandwirt, Graveneggstraße 6, D-6400 Fulda.

Die Erörterungen begannen mit der Problematik einer übersichtlichen Darstellung, die beim ersten Entwurf angesichts des Umfangs des Stoffes und der Darstellungstechnik noch nicht erreicht werden konnte. In der inhaltlichen Diskussion wurde zunächst die Frage aufgeworfen, warum die zur Zeit zu bearbeitenden Beurteilungskriterien im Gegensatz zu den bereits verabschiedeten „Beurteilungskriterien und Empfehlungen für die Bodennutzung in Zone II von Schutzgebieten für Grundwasser" (DBG/WOHLRAB, Zeitschr. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 17, 221-228, 1976) nicht deutlicher an die Filterfähigkeit des Bodens anknüpfen und stattdessen überwiegend von der Erosionsneigung der Standorte abhängig gemacht werden. Hier sollte die Bedeutung beider Faktoren herausgearbeitet werden. Notwendig erscheine dies unter anderem deshalb, weil die Zuflüsse zur Talsperre ja auch von Grundwasser gespeist werden, also von Wasser, das in möglicherweise durchlässigen Gesteinen Filterschichten durchflossen habe. Dies treffe vor allem für die Zone III zu, weil die unmittelbare Umgebung des Stauraumes in der Regel aus schwer durchlässigen Gesteinen bestehe. Allerdings kann hierzu darauf hingewiesen werden, daß bei den Angaben über Mächtigkeit und Bodenart auch die Filterfähigkeit angesprochen wird, wenn auch in sehr konzentrierter Form. Darüber hinaus jedoch beansprucht die Erosionsneigung in Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren wohl ein vorrangiges Interesse und wurde deshalb auch als vorrangiges Kriterium für die Unterteilung der Standorte herangezogen. Jedoch soll die Bedeutung der Filterfähigkeit im Schema der Darstellung der Beurteilungskriterien besser deutlich gemacht werden.

Weitere Diskussionsbemerkungen betrafen die Frage der Bewertung der Feinsande. Es wurde erörtert, ob Feinsande in steileren Lagen im Einzugsbereich von Trinkwassertalsperren in nennenswertem Umfang auftreten; Beispiele dazu wurden genannt. Eine ungünstigere Bewertung der Feinsande, soweit diese bei der Kartierung differenzierbar seien, erscheine erforderlich. Denkbar wäre eine Einreihung unter die Bodenartengruppe B (siehe Punkt 2.2.2 der Übersichtstafel des 1. Entwurfes).

Erwogen wurde auch, bei der Aufgliederung der einzelnen Standorte unter die Bewertungsklassen der Übersichtstafel auch die Bodentypen als Kriterium für die Klassifizierung heranzuziehen. Die dann zu erwartende starke Erweiterung der Übersichtstafel läßt dies aber nicht zu. Die Bedeutung der Bodentypen sollte daher stärker bei den Korrekturkriterien (2.3.2.2) herausgearbeitet werden, wobei auch anthropogene Böden besonders zu erwähnen wären.

Eingewandt wurde zu dem 1. Entwurf ferner, daß hydrologische Fragen zu kurz gekommen seien, und zwar insbesondere im Hinblick auf staunasse Böden und auf Böden mit Hangwassereinfluß. Bei diesen werde nämlich die Qualität des Wassers sehr stark beeinflußt. Hierzu kann aber darauf hingewiesen werden, daß solche Standorte bereits berücksichtigt wurden, nämlich unter den bei „mittel" und „ungünstig" aufgeführten geschichteten Profilen mit geringerer Wasserleitfähigkeit in den tieferen Schichten. Allerdings handele es sich, so wurde bemerkt, dort um Fälle, bei denen die geringere Wasserleitfähigkeit in tieferen Bereichen auf Unterschiede in der Textur zurückgeführt werden. Nicht beachtet seien dagegen diejenigen Fälle, in denen bei gleichen Körnungsverhältnissen die geringere Durchlässigkeit auf eine größere Lagerungsdichte zurückzuführen ist. Ein stärkeres Hervorheben solcher Standorte mit Staunässe oder Hangwasserzug erscheine notwendig. Es ist zu prüfen, ob dies, wie schon vorgesehen, im Rahmen der Korrekturkriterien geschehen kann oder ob innerhalb der Bewertungsklassen weitere entsprechende Einzelbeispiele angeführt werden müssen.

Kritisiert wurde auch, daß das Problem der Verschlämmungsneigung bestimmter Böden nicht genügend berücksichtigt sei. Es ist jedoch zu prüfen, ob dies nicht mit dem Korrekturkriterium 2.3.2.2 schon erfaßt werden kann.

Zur Angabe der k_f-Wert-Klassen wurde festgestellt, daß in dem vorliegenden 1. Entwurf nur die Klassen III, IV und V (aus der Kartieranleitung der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde, 2. Auflage, Hannover, 1971) vorkommen, was bei den Durchlässigkeitsbeiwerten nur den Umfang von etwa einer Zehnerpotenz ausmache; daraus ergab sich dann die Fra-

ge, ob dies im Gelände überhaupt noch unterscheidbar sei. Eine Unterscheidbarkeit der genannten drei Klassen beim Kartieren wurde jedoch bejaht und die Meinung vertreten, man solle es bei dieser Klasseneinteilung belassen.

Es kam auch der Hinweis, daß in dem Entwurf der Unterschied zwischen den Zonen II A und II B noch herausgearbeitet werden müsse.

Im weiteren Verlauf der Diskussion wurde auch die Zielsetzung der Arbeit an den Beurteilungskriterien und Empfehlungen für die Bodennutzung in Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren erörtert. Auf die Frage, ob dabei eine Einschränkung der Schutzzonen im Auge behalten werde, wurde eingewandt, daß bei der bisherigen Praxis die Bodenkunde bei der Abgrenzung der Zonen II und III noch kaum beteiligt gewesen sei; dies sei bislang Sache der Hydrologen. Man müsse hier davon ausgehen, daß seitens des Arbeitskreises nur Beurteilungskriterien und Empfehlungen für die Bodennutzung in bereits abgegrenzten Schutzzonen erarbeitet werden. Vorschläge für die Abgrenzung selbst seien insofern noch nicht geplant. Dennoch solle man dies im Auge behalten; es sei nämlich nicht ausgeschlossen, daß im konkreten Fall die Beurteilungskriterien und Empfehlungen im Hinblick auf die Nutzungsfolgen doch schon bei der Abgrenzung herangezogen würden; auch an eine Empfehlung, Plateaulagen grundsätzlich in die Zone III einzugliedern, könne man beispielsweise denken.

Abschließend sprach sich der Arbeitskreis für eine weitere intensive Zusammenarbeit mit dem DVGW aus, die als wichtig angesehen wurde. Der Federführende wurde ermächtigt, mit dem DVGW entsprechende Verhandlungen zu führen. Für die weitere Tätigkeit des Arbeitskreises selbst soll es auch in Zukunft hauptsächlich bei Treffen im Rahmen von Tagungen der DBG oder ihrer Kommissionen bleiben. Dringend erwünscht wurden dabei jedoch ausgiebigere Beratungen und mehr Zeit zur Diskussion.

Die Mitglieder des Arbeitskreises und andere an seiner Tätigkeit In-

teressierte werden gebeten, bis spätestens zum 15. Februar 1978 Änderungs- und Ergänzungsvorschläge zum 1. Entwurf der „Beurteilungskriterien und Empfehlungen zur Bodennutzung in Schutzgebieten von Trinkwassertalsperren" an das

Institut für Landeskultur der Justus-Liebig-Universität Gießen, Senckenbergstraße 3, D-6300 Lahn-Gießen

zu richten. Die nächste Sitzung des Arbeitskreises wird im Herbst 1978 anläßlich einer Tagung der Kommission VI (voraussichtlich gemeinsam mit der Kommission IV) der DBG stattfinden.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 661-668 (1977)

Bodenhydrologische Untersuchungen in einem Berliner Düne-Moor-Ökotop zur Beurteilung der Auswirkungen menschlicher Eingriffe

von

Schwiebert, HP.+

Berlin als Ballungsgebiet ohne Umland belastet seine natürlichen Ressourcen erheblich. So wurde z.B. durch steigenden Wasserverbrauch in den letzten Jahren das Grundwasser beständig abgesenkt und dadurch wertvolle Ökotope gefährdet.

Das Naturschutzgebiet "Teufelsbruch" ist ein Niedermoor mit seltener Fauna und Flora im Talsandbereich der Havelniederung, der vom Moor aus um ca.2 m ansteigt und stellenweise von Flugsand überdeckt ist. Vom Moor aus haben sich in Abhängigkeit vom Grundwasserstand verschiedene Vegetationszonen aus Erlen, Birken, Kiefern und Bodentypen: Anmoorgley, Gley, entwässerter Kalkgley, Rosterde, entwickelt, wo jeweils Meßstellen eingerichtet und von Mai 72 bis April 74 wöchentlich Messungen der Wasserdynamik durchgeführt wurden.

Bei der Charakterisierung des Standortes wurde besonderer Wert auf die Kennzeichnung der Wasserbindung und der Wasserleitfähigkeit gelegt.

Statik und Dynamik des Ökotops werden exemplarisch an Ergebnissen der Rosterde, des Anmoorgley und des Moorprofils aufgezeigt.

Die Talsande des Untersuchungsgebietes setzen sich aus gut sortiertem quarzreichen Fein- bis Mittelsand zusammen mit ausgeprägtem Maximum der Fraktion 100 - 200 µm; der Wert dafür schwankt bei Profil 1 um 60%. Die Fraktionen kleiner 60 µm erreichen zusammen 10 - 15%, abschlämmbare Teilchen unter 5%. Der Anteil an Mittelsand liegt zwischen 12 und 20%, Grobsand fehlt völlig.

Die gute Sortierung des Sandes zeigt Auswirkungen auf die Wasserbindung: auch hier finden wir ein deutliches Maximum, u.z. im Bereich pF 1,8 - 2,5, das hier über 20% beträgt. Die Porenvolumen liegen im humosen A-Horizont bei 56% und um 45% in den mineralischen Horizonten.

Die gesättigte Wasserleitfähigkeit läßt sich bei allen Profilen in die Stufen IV und V der Kartieranleitung einordnen, erklärlich durch den erstaunlich hohen Anteil an Gröbstporen von bis zu 12%. In diesem Profil liegt der kf-Wert zwischen 7,2 und 1,4 x 10^{-3} cm/s.

---

* ehem. im Inst. f. Ökologie, Englerallee 19, 1000 Berlin 33, priv. Fritschestr. 68, 1000 Berlin 10.

Nach Hoghoudt-Ernst ermittelte Werte liegen um 1-2 Zehnerpotenzen niedriger.

Die ungesättigte Wasserleitfähigkeit wurde bis zu 700 cm WS bestimmt, einem Wert, der bei den Tensiometermessungen nicht überschritten wurde. Die k_u-Werte wurden ausnahmsweise auf Wassergehalt bezogen, um die laufend ermittelten Bodenwassergehalte direkt ökologisch interpretieren zu können. 700 cm WS entsprechen im A_{eh} 13,3%, im B_vC nur 3,2%. Dementsprechend liegen die k_u-Werte hier bei 8×10^{-13}, dort bei $1,9 \times 10^{-9}$. Die übrigen Horizonte liegen entsprechend ihrem leitenden Querschnitt dazwischen. Ab etwa 12%, das entspricht 100 - 150 cm WS, verringert sich die Wasserbewegung stark.

Körnung, Wasserbindung und Wasserleitfähigkeit zeigen einen engen gegenseitigen Bezug, der in den Kurvenverläufen deutlich zutage tritt (s. Abb.i.Anh.).

Während des Meßzeitraums 72 - 74, auch davor und danach, war der Witterungsverlauf Berlins durch Niederschlagsdefizit mit ausgesprochenen Trockenzeiten gekennzeichnet. Es fielen nur 85% des langjährigen Mittels. Das waren auf einer Freifläche in der Nähe der Meßstelle 966,4 mm. 77% davon betrug die Wassereinnahme am Meßpunkt 1, Stammabfluß gab es bei den Kiefern kaum.

Die Bodenwassergehalte wurden in den obersten 2 m des Profils durch die Niederschläge mit Sickerwasserfronten geprägt, während der unterste Meter des Meßbereichs deutlich vom Grundwasser bestimmt ist, das hier um 3 m schwankt. Im Sättigungsbereich beträgt der Wassergehalt 45,1%, für den größten Profilbereich scheinen 9 - 15% nahezu statisch.

Das ganze Profil ist gut durchlüftet.

Der Gehalt nutzbaren Wassers beträgt überwiegend 6 - 12%, 5% werden nur selten unterschritten.

Es erstaunt, daß die Tensionen, errechnet über die Desorptionskurve, nur in den obersten Zentimetern pF 3 erreichen, meist aber zwischen 300 und 150 cm WS und sogar darunter liegen, doch ist selbst bei diesen geringen Werten die Wasserbewegung mit Größen um 10^{-7} cm/s äußerst gering.

Die Tensiometerwerte, ermittelt in 30, 50, 80 und 150 cm Tiefe, liegen mit geringen Abweichungen in den gleichen Größen.

Beim <u>Anmoorgley</u> besteht, wie bei allen Profilen dieser Catena, in den Bodeneigenschaften große Übereinstimmung zu den vorstehend genannten Ergebnissen:

Bei der Körnung dominiert wieder die Fraktion 60 - 100 µm mit ca. 60%.

Bei den Wasserbindungskurven dominiert in den rein mineralischen Horizonten der Bereich pF 1,8 - 2,5. In den T_h und A_h Horizonten ist die Wasserbindung durch den hohen Humusgehalt bestimmt und hat ihr Maximum bei pF 2,5 - 4,2.

Die ungesättigte Wasserleitfähigkeit der humosen Horizonte ist durch deren hohen Feinporenanteil deutlich größer als die der rein mineralischen Horizonte, die auf 10^{-10} ansteigen.

Unterschiede in der Dynamik ergeben sich also durch die Vegetation - die Wassereinnahmen liegen mit 808 mm bei 83% der Freifläche, durch Stammabfluß wurde der Interzeptionsverlust nochmals um 5% vermindert - und den Grundwasserstand, der zwischen 6,4 und 14 dm unter Flur schwankte. Es wird daraus die bisherige Grundwasserabsenkung deutlich, da der Profiltyp eine andere Dynamik erwarten läßt. Die Torfauflage bedingt, daß im Oberboden der Wassergehalt zeitweise auf 50% steigt, im übrigen Profilbereich sind es meist über 30% und nie unter 18%.

Die obersten 3 dm waren stets über 15% durchlüftet, während im Unterboden Luftmangel herrschte, was auch durch die Vegetation angezeigt wird.

Die hohe Wasserbindungsfähigkeit der Torflage bedingt zeitweise minimale Gehalte pflanzenverfügbaren Wassers mit Tensionen über 1000 cm WS. Übereinstimmend mit der Berechnung zeigen die Tensiometer meist Werte unter 100 cm WS an.

Das Moorprofil gliedert sich in unterschiedlich zersetzte Torflagen, Post 2 - 5, mit Porenvolumen über 90%. Mit dem Zersetzungsgrad verändert sich die Wasserbindung zu geringerer hin. So setzt der T_{fl} aus der jüngsten Bildung mit dem höchsten Anteil an Poren unter 0,2 µm Durchmesser der Wasserbewegung schon bei geringer Entwässerung einen hohen Widerstand entgegen.

Die Wassereinnahmen betragen 887,5 mm.

Der Grundwasserstand schwankt zwischen 4 und 8 dm u.Fl.

Die Wassergehaltsschwankungen sind gering und unterschreiten selten 5o%. Dann liegt der Luftgehalt, bedeutsam für die Zersetzung, bei 40%, meist bei 15 - 20% in den obersten 2 dm. Der Gehalt pflanzenverfügbaren Wassers sinkt zeitweise auf 10%, eigentlich noch ausreichend, doch beträgt die Saugspannung dann schon pF 3,5 und darüber, so daß die Moorvegetation aus dieser Schicht kein Wasser mehr aufnehmen kann.

Diese Untersuchungen hatten durch den geplanten Bau eines Kraftwerkes in unmittelbarer Nähe des Naturschutzgebietes eine aktuelle Bedeutung erhalten, da im Zuge der Baumaßnahmen längerfristig das Grundwasser hätte abgesenkt werden müssen.

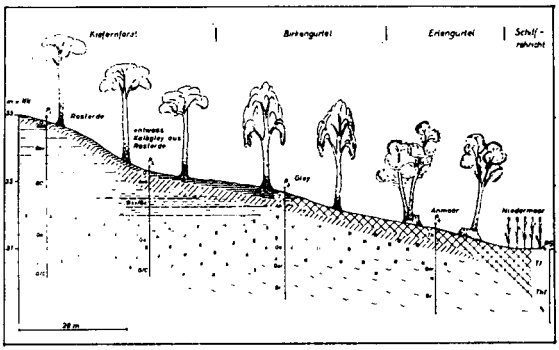
Zur Verdeutlichung einer solchen Situation seien die Ergebnisse zweier benachbarter Profile einander gegenübergestellt. Bodenmerkmale und Vegetation sind ähnlich. Der Grundwasserstand differiert um 5 dm und schwankt bei dem einen Profil (P 4) zwischen 6 und 14 dm, bei dem anderen (P 3) zwischen 11 und 19 dm unter Flur. Es zeigt sich, daß bei dem Profil mit tieferem Grundwasserstand sich ein wesentlich trockneres Wassergehaltsprofil aufbaut, das selbst bei gleichen Wasserständen um ca. 10% unter ersterem liegt.

Inzwischen wurde der Standort vom OVG Berlin für den Kraftwerksbau gesperrt.

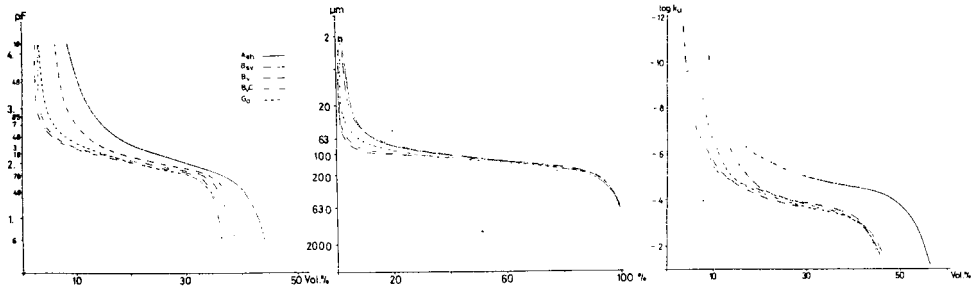
Literatur

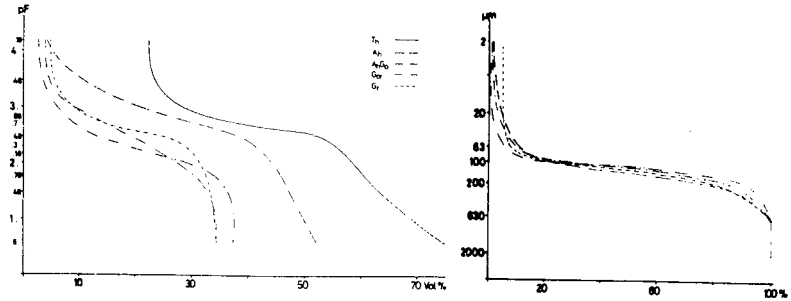
Neumann, Friedrich: Struktur, Genese und Ökologie hydromorpher Bodengesellschaften West-Berlins
Dissertation TUB D 83, 1976

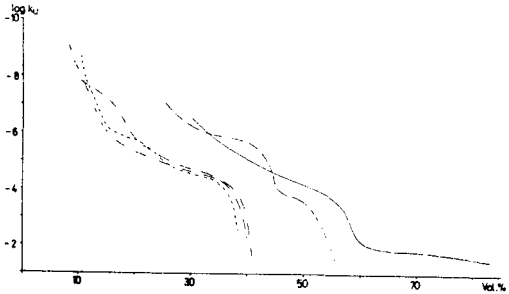
Abbildungen



Schematischer Schnitt eines südexponierten Flachhanges im Naturschutzgebiet "Teufelsbruch"







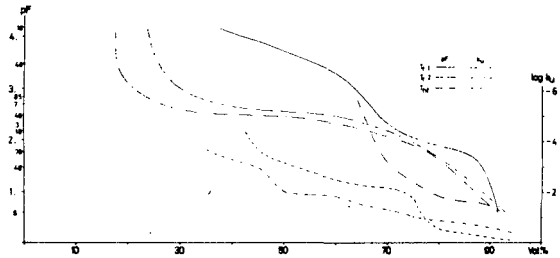
v.o.n.u.

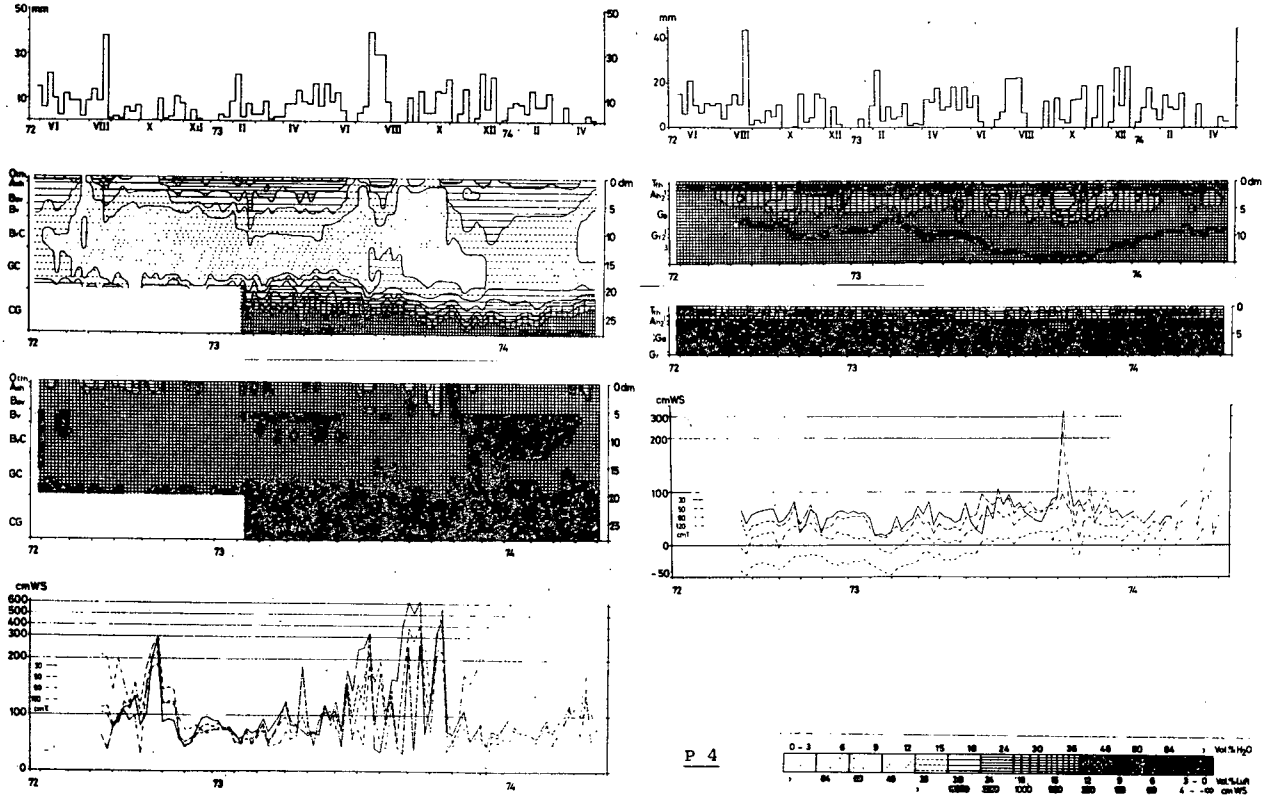
P 1, P 4, P 5

pF Wasserbindung

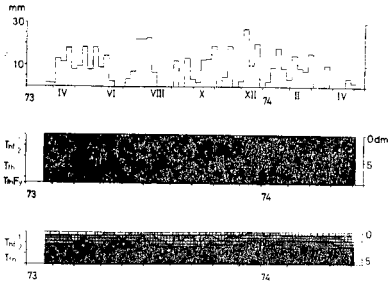
µm Körnung

log ku Wasserleitfähigkeit



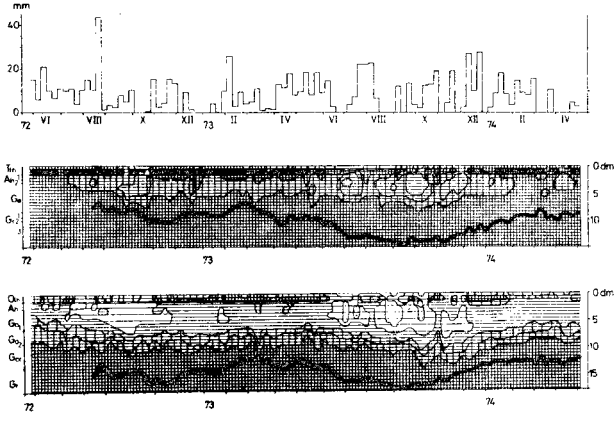


P 1 v.o.n.u. Wassereinnahmen/7 d, Bodenwassergehalte m. Gw, Tensionen, -meßwerte



P 5

v.o.n.u. Wassereinnahmen/7 d, Bodenwassergehalte, Tensionen



P 3/4

v.o.n.u. Wassereinnahmen/7 d, Bodenwassergehalte m. Gw P 4, desgl. P 3

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 669-672 (1977)

Boden- und Landschaftssicherung im Zuge der Rohstoffgewinnung

von

H. Dahm - Arens +

Die Versorgung der Steine- und Erden-Industrie mit oberflächennahen Rohstoffen, wie Kies, Sand, Ton und Torf, Kalk-, Sand- und Tonstein, stellt einen nachhaltigen Eingriff in die Landschaft dar. Ihre Gewinnung erfolgt fast nur in geringen Abbautiefen, wobei stets die Oberfläche verletzt wird. Die Entnahme mineralischer Bodenschätze ist somit flächenextensiv und bodenzerstörend. Sie konzentriert sich aus Kostengründen, d.h. in Abhängigkeit von der Nachfragemenge, in den dichtbesiedelten Landschaftsräumen, die bereits durch andere Bedürfnisse, z.B. Bebauung, Verkehrswege, Grundwassergewinnung und -schutz, Naherholung, intensiv belastet sind. Schon mittelfristig ist für die transportgünstig zu den Ballungsräumen liegenden Vorkommen durch Erschöpfung der Vorräte, durch Überbauung oder den Abbau verhindernde Maßnahmen und Auflagen eine Verknappung von Steine- und Erden-Rohstoffen zu befürchten. Dazu kommt, daß der Bedarf an mineralischen Bodenschätzen in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen hat und zur Zeit noch eine Steigerungsrate von 8 % aufweist. Der Umsatz der Steine- und Erden-Industrie betrug 1968 etwa 11,5 Mrd. DM; 1976 annähernd 20 Mrd. DM. Das wieder bedeutet eine erheblich größere Inanspruchnahme rohstofführender Flächen. Die Jahresproduktion der Kies- und Sandgewinnung

+ Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, De-Greiff-Str.195, 4150 Krefeld

wird vom Fachverband mit 500 Mill. t angegeben. Da im langjährigen Mittel 70 000 t/ha zu Grunde zu legen sind, beträgt der Flächenbedarf in der Bundesrepublik - nur beim Abbau von Sand und Kies - 70 km^2/Jahr, hochgerechnet bis zum Jahrhundertende 1750 km^2. Von diesem Bundesvolumen entfallen 25 % auf Nordrhein-Westfalen, so daß hier, bei gleichbleibender Abbaurate, Flächenverluste von 440 km^2 veranschlagt werden müssen.

Am Gesamtabbau der nutzbaren Steine und Erden in der Bundesrepublik nehmen die Sande und Kiese mit rd. 60 % den Schwerpunkt aller Abgrabungen ein. Die deutliche Verlagerung auf die Sand- und Kiesgewinnung, die u.a. der Wandel im Materialbedarf durch den Übergang zu anderen als bisher üblichen Baumaterialien bedingt, sowie der Einsatz moderner Abgrabungstechniken haben zur Veränderung der Abbauverhältnisse über und im Grundwasserbereich geführt. Heute wird auf 75 % der Abgrabungsflächen von Kies und Sand im Grundwasser abgebaut.

Aufgabe der Verwaltung und Wissenschaft ist es, die notwendige Rohstoffversorgung zu ermöglichen bei gleichzeitiger Sicherung des Bodens und der Landschaft. In den Ländern der Bundesrepublik sind mit besonderen Gesetzen zur Landesentwicklung die Voraussetzungen für die Lagerstättensicherung geschaffen worden. Darüber hinaus sind in den letzten Jahren in mehreren Ländern gesetzliche Regelungen zur Ordnung der Abgrabungen getroffen worden. So hat z.B. Niedersachsen im April 1972 das "Gesetz zum Schutz der Landschaft beim Abbau von Steinen und Erden (Bodenabbaugesetz)" erlassen. Im November 1972 verabschiedete Nordrhein-Westfalen das "Gesetz zur Ordnung von Abgrabungen (Abgrabungsgesetz)". Wenig später, im Juni 1973, folgte das Land Bayern mit den "Richtlinien für Anlagen zur Gewinnung von Kies, Sand, Steinen und Erden."

Die Gesetze sind in ihrem Wortlaut und in ihren Forderungen sehr ähnlich, so daß sie überregionale Bedeutung haben und

grenzüberschreitend einheitliche Maßnahmen zulassen. Nach Maßgabe dieser Gesetze unterliegen alle Abgrabungen der Genehmigungspflicht. Um eine möglichst vollständige Rechtsgrundlage für die Beurteilung der Gesamtsituation und der Rekultivierungsmöglichkeiten jedes Abgrabungsvorhabens zu erhalten, ist nach den Verwaltungsvorschriften einer Anzahl von Fachbehörden Gelegenheit zur Stellungnahme zu geben. Durch die Beteiligung der Geologischen Landesämter ist dafür gesorgt, daß bodenkundliche und geologische Erkenntnisse in die Entscheidungen einfließen. Es werden Vorschläge gemacht für die Abraumbehandlung, z.B. Gewinnung u. Lagerung des Mutterbodens und des kulturfähigen Bodenmaterials, für Maßnahmen auf der Grubensohle vor der Rekultivierung, für Grundwasser- und Staunässebehandlung, für Böschungswinkel in Abhängigkeit von der Bodenart, für Nutzungsmöglichkeiten. So kann die Gefahr nachhaltiger Schädigung des Bodens und der Landschaft rechtzeitig erkannt und durch geeignete Maßnahmen gebannt werden. Inzwischen sind zu den Abgrabungsgesetzen "Technische Richtlinien zur Herrichtung von Abgrabungsflächen" in Kraft gesetzt worden, an denen die Geologischen Landesämter maßgeblich mitgearbeitet haben.

Gravierender als die Flächeninanspruchnahme selbst sind die daraus nachhaltig verbliebenen sichtbaren Landschaftsschäden, vor allem die Vielzahl der bis vor kurzem meist regellos betriebenen Eingriffe in die Landschaft. Schwierigkeiten bereiten insbesondere die Abbauarreale, die infolge großer Entnahmemengen nur z.T. wieder verfüllt werden können. Gerade beim Kies- und Sandabbau sind wegen zu großen Massendefizits viele offene Wasserflächen entstanden, die im Rahmen der Wiedereingliederung zu einer neuen Landschaft mit hinreichend ökologischem Nutzwert gestaltet werden müssen. Für zahlreiche Großsteinbrüche, die schon seit Jahrzehnten im Abbau stehen, dürfte diese Möglichkeit nur begrenzt zu erreichen sein. Es wird jedoch versucht, offengelassene Abbaustätten wieder in die umgebende Landschaft einzubinden.

Bei Neuanträgen ist durch das Abgrabungsgesetz jeder Abbautreibende zur unverzüglichen Rekultivierung des in Anspruch genommenen Geländes und damit zur Beseitigung von Landschaftsschäden schon während der Abgrabung verpflichtet. Jedem Abgrabungsantrag muß ein Rekultivierungsplan beigefügt sein, aus dem u. a. die Möglichkeiten der landschaftsgerechten Wiedereingliederung, der Folgenutzung, der Umwelterhaltung und Lebensraumwahrung zu erkennen sind. Unter Berücksichtigung übergreifender Fakten läßt sich damit durch planerische Regelungen auf der Grundlage des Naturraumpotentials die Notwendigkeit einer volkswirtschaftlich ausgewogenen Nutzung realisieren. Das Problem der konkurrierenden Ansprüche und der Frage der Priorität in der Konfliktsituation Rohstoffversorgung/Boden- und Landschaftssicherung dürfte in dieser Form weitgehend zu lösen sein.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 673-682 (1977)

Verwertung der Abwärme von Kernkraftwerken in der Landwirtschaft

Von
G. Schmid+)

Einleitung und Problemstellung

Bei der Energieerzeugung durch Kernspaltung, sowie bei der Stromerzeugung aus den fossilen Brennstoffen Kohle, Öl und Erdgas können nur etwa 1/3 der freiwerdenden Energie in elektrischen Strom verwandelt werden und der überwiegende Anteil von etwa 2/3 der Energie wird in Form von Abwärme frei. Da diese Abwärme in der Gegenwart mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nicht gespeichert und auch nicht verwertet werden kann, muß das Abfallprodukt Abwärme der Stromerzeugung als Wärmemüll bezeichnet und auch behandelt werden. Bei einer Kernkraftwerkstandardeinheit von 1.300 Megawatt ist mit einem stündlichen Anfall von 2,1 Milliarden kcal Wärmemüll zu rechnen (1, 4).

In der Vergangenheit erfolgte die Beseitigung dieser Abwärme, insbesondere bei kleinen Kraftwerken im offenen Kühlsystem über Flüsse. Die Flüsse sind aber in der Zukunft beim Betrieb größerer Einheiten nicht mehr in der Lage die Abwärme umweltfreundlich zu beseitigen. Die zur Diskussion stehenden Trockenkühltürme sind für die gegenwärtig geplanten und im Bau befindlichen Kraftwerke dieser Größenordnung noch nicht praxisreif. Es bietet sich deshalb in der Gegenwart bei der Beseitigung der Abwärme von Kernkraftwerken bzw. von Kraftwerken mit Energieerzeugung aus fossilen Brennstoffen als einzige Alternative die Naßkühlturmlösung an.

Wenn auch davon ausgegangen werden muß, daß auch diese Beseitigungsform nicht in allen Gliedern umweltneutral bzw. umweltfreundlich betrieben werden kann, ist diese aber von allen gegenwärtig praktikablen Abwärmebeseitigungsmöglichkeiten mit Sicherheit die umweltschonenste Lösung. Unter Berücksichtigung ökonomischer Gesichtspunkte handelt es sich aber auch bei dieser Handhabung um

+) Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau,
Abt. Boden- u. Landschaftspflege, München.

eine mit erheblichem Kostenaufwand durchgeführte Energiebeseitigung. Langfristig ist aber ein Ersatz der Abwärmebeseitigung durch eine Abwärmeverwertung anzustreben. Für die Lösung dieser umweltrelevanten Frage mit Betonung wirtschaftlicher Gesichtspunkte hat H. LUCKOW (2) eine echte Alternative entwickelt, die gegenwärtig im Agrothermprojekt auf ihre Eignung als praktikables Verwertungssystem in der Landwirtschaft geprüft wird (3).

Die Verwirklichung dieses Vorhabens hätte den Vorteil einer optimal umweltfreundlichen Problembewältigung und einer Einschaltung eines Abfallproduktes in den landwirtschaftlichen Betriebskreislauf. Wenn langfristig die Kosten einer landwirtschaftlichen Verwertung nicht wesentlich höher sind als die bisher praktizierten Beseitigungsformen und auch ein akzeptabler Mehrertrag bei landwirtschaftlichen Kulturen erzielt werden kann, wäre durchaus denkbar, daß das Agrothermvorhaben zu einem praxisreifen Verfahren der Verwertung von Wärmemüll aus Kernkraftwerken entwickelt werden kann.

Versuchsprogramm

Der Versuchsstandort des Agrothermprojektes befindet sich beim Kernkraftwerk in Gundremmingen und besteht aus einer Versuchsfläche von 5 ha Größe. Die Bodenheizung erfolgt über Kunststoffrohre mit 55 mm Durchmesser. Die Rohrverlegung erfolgte im einheitlichen Abstand von 1 m, bei einer variablen Tiefe von 0,6 bis 1,6 m. Die Verlegung erfolgte mit einer Dränmaschine und wurde grabenlos durchgeführt. Bei einer Versuchs- und damit Heizrohrlänge von 250 m mit eingebauten Umschalteinrichtungen besteht die Möglichkeit, die Verweildauer des Heizwassers wahlweise auf 250, 500, 750 und 1000 m Länge einzustellen. Außerdem kann mit Pumpenkapazitäten verschiedener Größenordnungen bzw. durch Kombination mehrerer Pumpen in Verbindung mit der variablen Bodenheizrohrlänge von 250 - 1000 m die dem Boden zugeführte Abwärme so verändert und eingestellt werden, daß experimentell alle Bereiche und die Grenzen des Wärmeabbaues ermittelt werden können.

Im durchgeführten Versuchsprogramm ist beabsichtigt alle umweltrelevanten Einflüsse auf den Naturhaushalt und landwirtschaftlich, sowie ökonomisch bedeutsamen Auswirkungen in stündlichen bis

mehrstündlichen Abständen zu registrieren auf Magnetband zu speichern und mit Hilfe einer Datenübertragungsanlage in 6-Stundenintervallen auf die EDV-Anlage in München zu übertragen. Dadurch wird die Möglichkeit eröffnet, eventuell auftretende unerwünschte Auswirkungen der Bodenheizung auf Standort und Umwelt sofort zu erkennen und gegebenenfalls notwendige Umstrukturierungsmaßnahmen einzuleiten.

Bei der Erfassung der boden- und umweltrelevanten Auswirkungen der Bodenheizung sind im besonderen die Veränderungen der Boden- und Lufttemperatur, sowie der Boden- und Luftfeuchtigkeit von vorrangigem Interesse. Besonders eine langfristige und größere Veränderung der Bodentemperatur wird nicht im vollen Umfange vorhersehbare Auswirkungen auf die Bodeneigenschaften, wie Humusgehalt, biologische Tätigkeit, Mineralisierung von Nährstoffen und Erhöhung der Löslichkeit von Schwermetallen, Abbau von Pflanzenschutzmittelrückständen, sowie auf die Entwicklung von Pilzkrankheiten und eventuell auch tierischen Schädlingen haben. In einer Langzeitwirkung könnte dieser Einfluß durchaus auf die Bodenfruchtbarkeit eine globale Aufwertung zur Folge haben, wobei eventuell bestehende negative Einflüsse von untergeordneter Bedeutung sein dürften.

Vorläufige Versuchsergebnisse

Nach bisher vorliegenden Versuchsergebnissen ist der landwirtschaftlich genutzte Boden der Versuchsfläche als Wärmeleiter und im begrenzten Umfange auch als Wärmespeicher sehr gut geeignet. Der Einfluß der Bodenheizung wird bei 3 Bodenprofilen geprüft:

T1 = Unbeheizte Variante
T2 = beheizte Variante (0,80 m Heizrohrtiefe)
T3 = beheizte Variante (1,40 m Heizrohrtiefe)

In der Abbildung Nr. 1 sind die Bodentemperaturen bis 2,5 m Profiltiefe am 9.11.1976 vor Inbetriebnahme der Bodenheizung erfaßt. Der Temperaturverlauf im gesamten Profil der drei Profile mit einer maximalen Abweichung von etwa 1,0 ^{o}C zeigt deutlich, daß die für die Wärmeleitfähigkeit und -speicherkapazität bestimmenden Bodeneigenschaften auf allen 3 Versuchsvarianten einheitlich und ausgeglichen sind und der Versuchsboden für die Überprüfung vorliegender Versuchsfrage besonders prädestiniert ist. Im besonderen ist aber bereits

die jahreszeitlich bedingte Abkühlung der oberen Bodenhorizonte durch die abgesunkenen atmosphärischen Temperaturen erkennbar. Unmittelbar nach dieser Bestandsaufnahme wurde die Bodenheizung in Betrieb genommen. Wegen eines technischen Defektes mußte die Bodenheizung Mitte Januar 1977 wieder stillgelegt werden.

Erst am 16.5.1977 konnte der Betrieb der Anlage wieder aufgenommen werden. Die Temperaturmessung am 31.5.1977, also 15 Tage nach Inbetriebnahme läßt bereits einen deutlichen Temperaturanstieg des Bodens der beheizten Varianten erkennen (siehe Abb. Nr. 2). Aus der gemessenen Temperaturerhöhung ist ersichtlich, daß sich bereits nach dieser relativ kurzen Zeit die Wärmeleit- und speicherfähigkeit auf das gesamte Bodenprofil bis 2,50 m Profiltiefe erstreckt. Während sich das Maximum der Temperaturerhöhung in den Bodenhorizonten befindet, in denen die Heizrohre verlegt sind, ist aber bereits bei einer Heizrohrtiefe von 0,8 m, wie auch bei 1,4 m eine ausgeprägte Wärmeleitfähigkeit in die flachgründigeren und tiefgründigeren Bodenhorizonte erkennbar. Deutlich zeichnet sich bei der Heizrohrtiefe von 1,4 m gegenüber 0,8 m eine erhöhte Wärmespeicherung und damit auch Wärmeaufnahmefähigkeit im gesamten gemessenen Profilbereich ab.

Eine weitere am 3.8.1977 aufgezeichnete Temperaturmessung zeigt deutlich, daß auf beiden beheizten Varianten die Bodentemperatur noch weiter beachtlich ansteigt. Auch zu diesem Zeitpunkt ist die Wärmespeicherung und Wärmeleitfähigkeit des Bodens bei einer Heizrohrtiefe von 1,4 m der flacheren Lage von 0,8 m deutlich überlegen. Diese Oberlegenheit erstreckt sich auf alle Bodenhorizonte bis 2,50 m Profiltiefe. Aus dem Kurvenverlauf der Temperaturprofile T1 und T2 ist zwar erkennbar, daß auch größere Wärmemengen in tiefere Bodenhorizonte abgeführt werden, daß aber quantitativ der überwiegende Anteil der dem Boden zugeführten Abwärme in die höher liegenden Bodenhorizonte geleitet wird, dort durch die Kulturpflanzen verwertet bzw. an die Atmosphäre abgegeben wird(siehe Abb. Nr. 3).

Schlußfolgerungen

Diese ersten Versuchsergebnisse über die Möglichkeiten der Temperaturerhöhung landwirtschaftlich genutzter Böden zeigen überzeugend, daß die Böden fähig sind, beachtliche Wärmemengen aufzunehmen,weiterzuleiten bzw. zu verwerten. Bei der bisher erzielten Temperaturerhöhung

im Heizrohrbereich von T3 von maximal 9 °C und von 4 - 5 °C im Krumenbereich zeigen deutlich, daß es durch diese Form der Verwertung der Abwärme von Kernkraftwerken möglich ist, völlig veränderte Standort- und Wachstumsbedingungen für landwirtschaftliche Kulturpflanzen zu erzielen. Da diese Wärmemengen nur zum kleineren Teil durch die Kulturpflanzen verwertet werden können und zum überwiegenden Anteil über den Wärmeleiter Boden an die Atmosphäre abgegeben werden, ist zunächst davon auszugehen, daß auch die bodennahen atmosphärischen Temperaturen im Bereich des Pflanzenbestandes ansteigen. Dadurch könnten Wachstumsbedingungen für landwirtschaftliche Kulturpflanzen entstehen, die gegenüber unbeheizten Böden einer nachweisbaren Aufwertung gleichkommen.

Die bisherigen Ergebnisse ergaben außerdem, daß vom Heizrohr die Wärme im Boden nicht nur in die oberen Schichten abgeleitet wird, sondern auch beachtliche Mengen in tieferliegende Bodenhorizonte abgeführt werden. Temperaturerhöhungen konnten bereits bis zu einer maximalen Profiltiefe von 8,0 m ermittelt werden. Durch diese Bodenaufheizung werden die physiologischen Eigenschaften des Standortes nachhaltig verändert, so daß der erfolgreiche Anbau von zumindest einjährigen subtropischen Pflanzen in den Bereich der Überlegungen und Möglichkeiten tretenkönnte.

Eine Einschränkung des Anbaues von Kulturpflanzen des semihumiden bis humiden Kontinentalklimas ist mit annähernder Sicherheit nicht zu befürchten, weil die ökonomische Streubreite der in den europäischen Breitengraden vertretenen Zuchtsorten auch langfristig maximale Bodentemperaturerhöhungen im Wurzelstandraum von 10 °C mit großer Wahrscheinlichkeit ohne Ertragseinbußen verkraften dürfte. Ob die Anbaueignung für winterjährige subtropische Pflanzen durch die Bodenheizung im Kontinentalklimaraum mit teilweise langanhaltenden Wintertemperaturen von Minus 20 °C ausgeweitet werden kann, ist gegenwärtig noch völlig unbeantwortet.

In welchem Umfange durch die Bodenheizung die Bodenfeuchtigkeit, insbesondere im Heizrohrbereich, pflanzenphysiologisch nachteilig verändert wird, kann nach dem Stand der derzeitigen Untersuchungen gegenwärtig noch nicht beantwortet werden. Einiges spricht bereits dafür, daß zumindest auf mittelschweren bis schweren Böden mit einem hohen Anteil an Mikroporen und damit einem hohen Anteil an biologisch toten Bodenwasser eine Reduzierung der Bodenfeuchtigkeit nicht zu befürchten ist.

Eine endgültige Aussage, ob das System der Bodenheizung zu einer echten Alternative der Wärmebeseitigung bzw. -verwertung der Abwärme von Kernkraftwerken entwickelt werden kann und das System der Naßkühltürme gleichwertig bzw. wirtschaftlich vorteilhaft ersetzen kann, kann erst nach mehreren Versuchsjahren erfolgen. Die Verwirklichung dieser Zielvorstellung hängt davon ab, ob die Kosten für die Errichtung der Bodenheizung und der Betrieb derselben zu den Kosten für den Bau und Betrieb der Naßkühltürme in einer angemessenen Beziehung stehen und die Vorteile der höheren Bodentemperaturen gegenüber eventuell auftretenden pflanzenphysiologischen Nachteilen überwiegen.

Schrifttum

1. Facius, H. u. Ettemeyer, R.: Zehn Jahre Demonstrationskraftwerk KRB Gundremmingen. Atomwirtschaft - Atomtechnik Heft 9/10, S. 454 - 457, 1976.

2. Luckow, H.: Memorandum zur Nutzung der Abwärme von Kernkraftwerken in der Landwirtschaft. Unveröffentlichte Studie S. 1 - 3, 1974.

3. Schmid, G., Gernert, H., Schuch, M., Haisch, A., Krauß, G., Weigelt, H. u. Jordan, F.: Verwertung von Wärmemüll aus Kernkraftwerken in der Landwirtschaft. Bayer. Landw. Jahrbuch, 54. Jahrgang, S. 275 - 289, 1977.

4. Messerschmitt-Bölkow-Blohm: Stellungnahme zu den Oberlegungen von Dr. W. Ständer: "Die Verwertung von erwärmten Kühlwasser aus Kondensatoren von Kernkraftwerken für landwirtschaftliche Zwecke". Unveröffentlichtes Manuskript.

Abb. 1

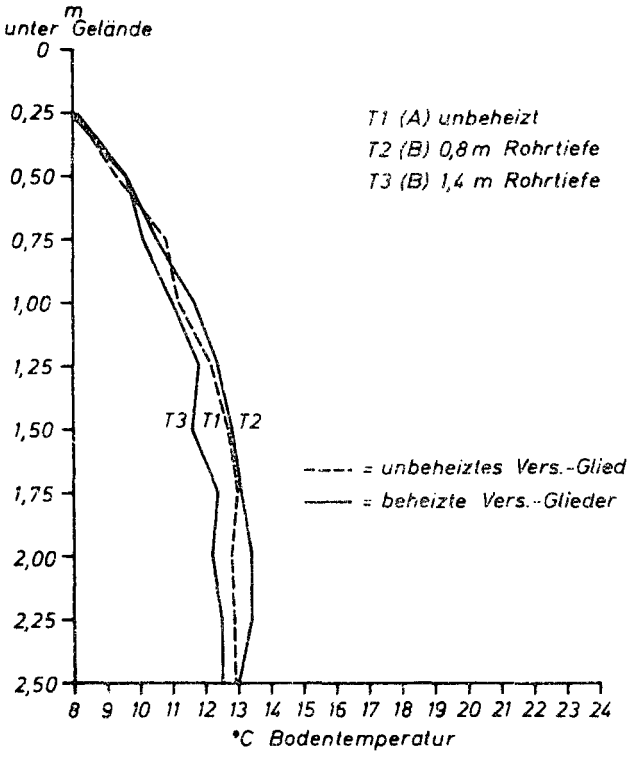

Agrotherm Gundremmingen
ohne Heizung; Stand: 9. 11. 1976
m
unter Gelände
0
0,25
0,50
0,75
1,00
1,25
1,50
1,75
2,00
2,25
2,50
T1 (A) unbeheizt
T2 (B) 0,8 m Rohrtiefe
T3 (B) 1,4 m Rohrtiefe
T3
T1
T2
= unbeheiztes Vers.-Glied
= beheizte Vers.-Glieder
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
°C Bodentemperatur

Abb. 2

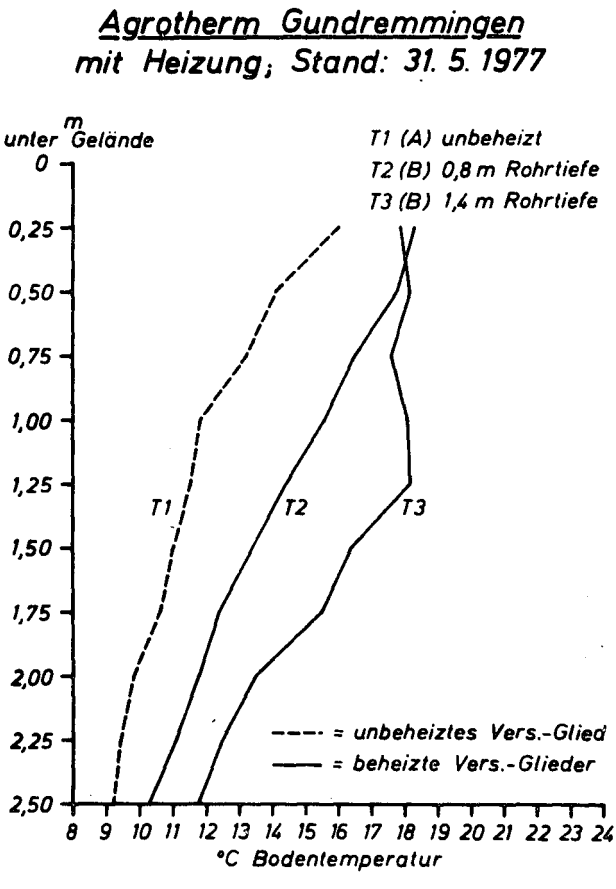
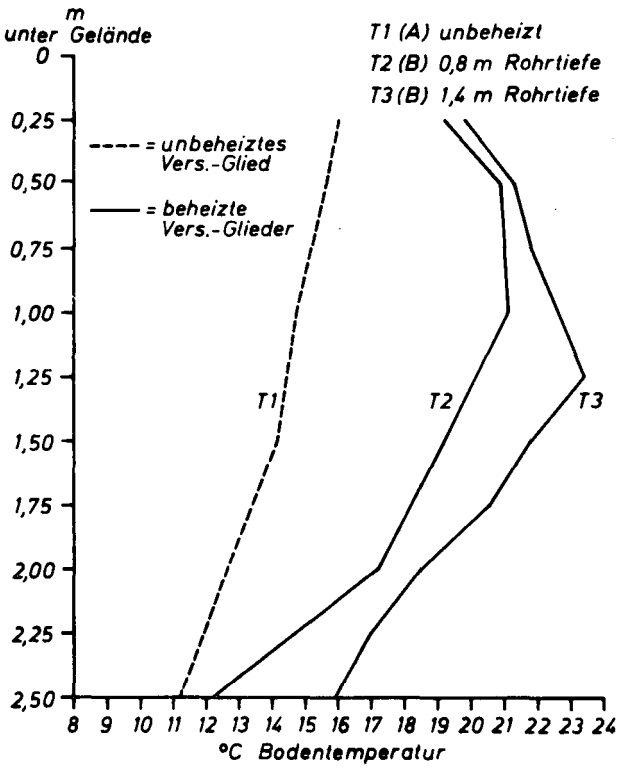

Agrotherm Gundremmingen
mit Heizung; Stand: 31. 5. 1977
m
unter Gelände
0
0,25
0,50
0,75
1,00
1,25
1,50
1,75
2,00
2,25
2,50
T1 (A) unbeheizt
T2 (B) 0,8 m Rohrtiefe
T3 (B) 1,4 m Rohrtiefe
T1
T2
T3
---- = unbeheiztes Vers.-Glied
—— = beheizte Vers.-Glieder
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
°C Bodentemperatur

Abb. 3


Agrotherm Gundremmingen
mit Heizung; Stand: 3. 8. 1977
m
unter Gelände
0
0,25
0,50
0,75
1,00
1,25
1,50
1,75
2,00
2,25
2,50
---- = unbeheiztes Vers.-Glied
—— = beheizte Vers.-Glieder
T1 (A) unbeheizt
T2 (B) 0,8 m Rohrtiefe
T3 (B) 1,4 m Rohrtiefe
T1
T2
T3
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
°C Bodentemperatur

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25,683-688 (1977)

Bodenveränderungen an einer Mülldeponie

von

Blume, H.-P.+

Im Rahmen unserer Untersuchungen anthropogener Einflüsse auf Eigenschaften Berliner Böden wurden in Nähe der Mülldeponie Wannsee deutliche Veränderungen festgestellt. Untersucht wurde eine Parabraunerde-Bodenschaft aus Geschiebedecksand über Geschiebemergel unter Wald, die an drei Seiten von einer Mülldeponie umgeben ist, deren 2o Meter mächtige Schüttung in einer ehemaligen Sandgrube und anschließende Abdeckung mit Bodenaushub im Jahre 1968 beendet wurde (s. Abb.).

Die pH-Werte des Oberbodens der Berliner Parabraunerden liegen unter Wald normalerweise bei 4: in Deponienähe wurden sie auf 6-7 erhöht, und zwar noch in einem Abstand von 5o Metern. Alkalische Stäube während des Deponiebetriebes haben das wohl bewirkt. Außerdem sind die Böden der ersten 1o bis 3o Meter verdichtet und mit einer 5o-1o cm mächtigen Lehmdecke überschichtet. Beim Öffnen von Profilgruben in Deponienähe wurde im Unterboden starker Geruch nach Deponiegasen festgestellt, und zwar noch Jahre nach Abschluß der Schüttung. Nach Messungen des abfalltechnischen Labors des Umweltbundesamtes bestand die Bodenluft in 1,5 Meter Tiefe teilweise zu 6o % aus Methan

+ Institut für Ökologie der Techn. Universität Berlin
1ooo Berlin 33, Engler Allee 19-21

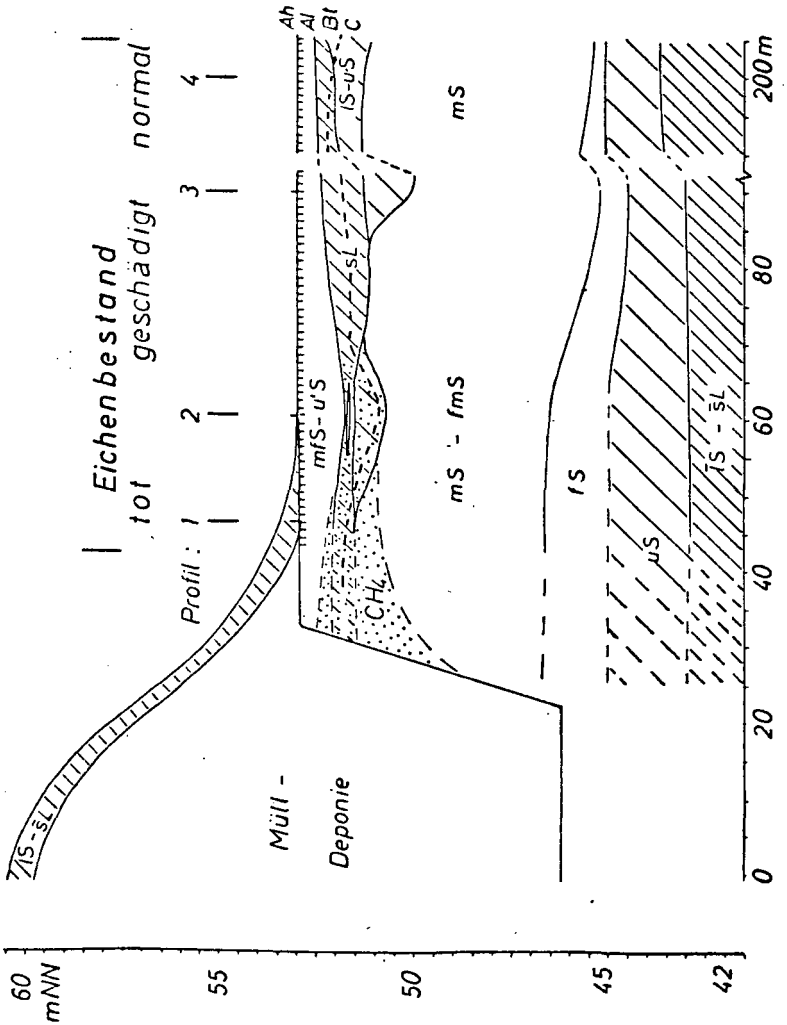


Abbildung 1: Boden- und Sedimentaufbau an der Mülldeponie Berlin-Wannsee mit Lage untersuchter Bodenprofile und Bereich CH_4-haltiger Bodenluft (n. Messungen im Frühjahr und Kartierungen im Sommer 1976)

(neben 3o % CO_2, 1o % N_2 und $<$1 % O_2). 1o Meter neben der Deponie war die Parabraunerde (1) besonders im B_t-Horizont, aber auch im unteren A_1-Horizont (bzw. Geschiebedecksand) sowie im frischen Geschiebemergel grüngrau (5 GY 6/1) bis blauschwarz (5 BG 2/1) verfärbt. Ähnliches wurde bei Tonbändern einer Braunerde aus Geschiebesand in 25 Meter Abstand festgestellt (2).

Die Ursache dieser Reduktionsmerkmale ist in einem Verbrauch des Sauerstoffes durch CH_4-zersetzende Mikroben (KUNZE, 1975) und/oder Verdrängung der Bodenluft durch das aufsteigende Methan zu sehen. Für diese Deutung sprechen niedrige Redoxpotentiale, die teilweise selbst im Sommer nach einer langen Trockenperiode,mithin gegeringer Wasserfüllung der Poren, unter O mV lagen (Profile 1 u. 2 der Tabelle). Gleichzeitig lagen in den Reduktionshorizonten die (mit NH_4-Azetat bei pH 7 und N-Atmosphäre) austauschbaren Gehalte an Fe und vor allem Mn im Vergleich zu entfernter gelegenen Böden hoch. Es ist also zu einem starken Anstieg dieser verfügbaren Nährstoffe gekommen, wobei toxisch wirkende Konzentrationen allerdings nicht erreicht wurden. Gleichzeitig korrespondierten in diesen Horizonten hohe (mit $K(Al\ SO_4\ _2)$-Lösung) austauschbare NH_4-Gehalte mit entsprechend niedrigen NO_3-Gehalten (eine im Frühjahr 1977 im unteren Al-Horizont der Parabraunerde 1 festgestellte Konzentrierung an Ammonium und Nitrat könnte durch Mikroben verursacht sein, die sich vom Methan ernährten, oder die Deponiegase enthielten auch Ammoniak).

Größere Verluste an (unter reduzierenden Bedingungen) löslichem Mn, Fe und P sind bisher offensichtlich nicht aufgetreten, da sich die Gehalte an tonbezogenen Dithionit-Mn und -Fe sowie Säure-P der entsprechenden Horizonte beider Parabraunerden kaum unterscheiden (Tabelle). Das mag aber daran liegen, daß Berlin

Tabelle: Bodeneigenschaften an der Deponie Berlin-Wannsee
(gP: Poren >8o µϕ, % S-W.: % vom S-Wert, d: dithionitlösl., v: HCl-lösl.)

Hor.	cm	% Ton	% gP	pH $CaCl_2$	mV Eh	ppm Mn	ppm Fe	ppm NH_4	ppm NO_3	% v.Ton Mn_d	% v.Ton Fe_d	% v.Ton P_v	% S-W. Na
1. Aufschüttung über Parabraunerde mit Deponiegas													
(A)	o-3	3		6.9						o.o6	2.6	o.8	o.7
dD	3-55	1o	5.1	7.3						o.o6	3.o	o.4	o.4
	55-58	Müll											
Ah	58-74		5.5	6.5	+55o	o.1	o.7	<o.1	3.7	o.11	6.1	1.3	o.4
Alv	74-118	2		5.8	+52o	5.5	3.3	o.7	4.3	o.o8	4.6	o.5	2.o
Agl(r)	118-145			5.1[x]	+5oo[x]	1oo[x]	3.o[x]	63[x]	38[x]				
IIBtr	145-175	24	1.4	6.8	- 3o	77	29	11	2.5	o.o7	2.7	o.1	o.4
Ccr	175-192	12		7.6[x]	+19o[x]	4o[x]	2.5[x]			o.16	1.8	o.3	o.3
IIICr	192-21o	2	7.3	6.7	+44o	14	o.7	o.2	2.5	o.21	3.o	o.7	o.4
2. Überdeckte Braunerde mit Tonbändern und Deponiegas													
IIIBtr	16o-18o	1o		4.5	+33o	1o6	1.7	5.9	3.6				
3. Parabraunerde, eutrophiert													
Ah	o-2o	3	14.3	7.4	+59o	<o.1	o.9	<o.1	3.6	1.o	9.1	1.4	o.3
Alv	2o-54	2	6.7	7.1	+63o	<o.1	<o.1	o.1	4.o	o.3	5.2	o.6	1.o
IIBt	68-1o3	24	3.5	6.8	+5oo	8.7	<o.1	o.9	9.4	o.o4	3.4	o.1	o.6
Cc	115-124	16		7.4						o.o9	2.3	o.3	o.8
IIIGC	124-18o	2	11.1	7.1	+7oo	7.2	3.1	o.7	5.5	o.4	6.8	o.8	2.o
4. Parabraunerde, normal													
Ah	o-15			4.o[x]	+68o[x]	>2[x]	>2[x]	2.6[x]	7.9[x]				
Alv	15-56												
IIBt	56-8o			5.8[x]	+65o[x]	1.5[x]	<o.1[x]	1.5[x]	4.o[x]				
Cc	8o-1oo			7.5[x]	+58o[x]	1.7[x]	1.2[x]	2.3[x]	4.o[x]				

[x] Probenahme im März 1977; ansonsten Probenahme im August 1976

zum Übergangsbereich zwischen humiden und ariden Klimaverhältnissen gehört und überdies eine Folge trockener Jahre seit Abschluß der Deponieschüttung keine nennenwerte Wasserperkolation in den tieferen Untergrund zuließ. Durch Methan verursachter Sauerstoffmangel hat auf dem untersuchten Standort auch zu starker Schädigung tief wurzelnder Eichen geführt, in unmittelbarer Deponienähe sogar zu deren Absterben. Bodenveränderungen und Vegetationsschäden an Mülldeponien wurden bereits berichtet (FLOWER und MILLER, 1969; FUKUSHI u.a., 1975), allerdings nur in einem geringen Deponieabstand. An der Mülldeponie Wannsee konnten demgegenüber noch in einem Abstand von über 25 Metern Wirkungen festgestellt werden. Das wurde durch einen, die Seitenausbreitung der Deponiegase begüntigenden Wechsel sandiger und lehmiger Bodenlagen sowie durch eine lehmige Abdeckung, die bis in den benachbarten Bestand reicht, bewirkt (s. Abb.). Veränderungen durch Müll-Sickerwässer sind im benachbarten Ökosystem hingegen offenbar nicht aufgetreten, denn das hätte ua.a. zu einem Anstieg der Natriumionen beim deponienahen Boden führen müssen (vgl. hierzu i.d.Tabelle die S-Wert-bezogenen Na-Gehalte beider Parabraunerden).

Eine ausführliche Darstellung der vom Umweltbundesamt angeregten und finanziell unterstützten Untersuchungen erfolgt an anderer Stelle (BLUME, BORNKAMM und SUKOPP, 1978).

Literatur

Blume, H.-P., R. Bornkamm, H. Sukopp u. M. Runge (1978): Vegetationsschäden und Bodenveränderungen in der Umgebung einer Mülldeponie. Z. Kulturtechnik, z. Druck eingereicht.

Flower, F. und L. Miller (1969): Report of investigation of vegetation kills adjacent to landfill. College of Agric. and Enveronment Sci., Rutgers Univ., New Brunswick.

Fukushi, S., K. Shirai und K. Minami (1975): Einfluß der in der Mülldeponie gebildeten Gase auf den Boden. Soil Sci. Plant Nutr. 21, 293-3oo.

Kunze, H. (1975): Beobachtungen über Veränderungen des Pflanzenwuchses durch Bakterientätigkeit im Bereich von Methanausgasungen. Faun.-Flor. Notizen aus dem Saarland 7, 1.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 689-694 (1977)

Zur Auswirkung von Grundwasserabsenkungen auf den Grünlandertrag.

von

H.Voigt+

Grundwasserabsenkungen sind durch künstliche Eingriffe in den Wasserhaushalt der Böden, z.B. durch Entwässerungsmaßnahmen oder Grundwasserentnahmen durch Wasserwerke möglich. Temporäre Grundwasserabsenkungen treten in Trockenjahren wegen zu geringer oder ausbleibender Grundwasserneubildung auf. Ertragsbeeinflussungen durch solche Grundwasserabsenkungen setzen voraus, daß vor der Absenkung Grundwasseranschluß für die Vegetation bestand und außerdem ein Bedarf an kapillar aufsteigendem Wasser vorhanden war.

Da der Pflanzenertrag von vielen Faktoren und nicht nur von der Wasserversorgung abhängt, ist eine schlüssige Antwort oder eine Prognose über Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag nur dann zu geben, wenn Boden, Nährstoffversorgung, Grundwassergang, Klima, Witterungsverlauf und Art der Bodennutzung bekannt sind bzw. berücksichtigt werden.

Als Beispiel einer Ertragsbeeinflussung sei in folgendem die Auswirkung von Grundwasserabsenkungen auf den Grünlandertrag bei Gley-Podsolen im Trockenjahr 1976 beschrieben.

Die Untersuchungen erfolgten im Rahmen eines Beweissicherungsverfahrens, das in der maritim-subkontinentalen Flachlandregion im westlichen Niedersachsen durchgeführt wird. - In solchen Beweissicherungsverfahren, die im Zuge von Grundwasserentnahmen durch Wasserwerke erfolgen, wird durch Bodenkartierungen insbesondere der Wasserhaushalt der Böden vor einer Grundwasserabsenkung ge-

+ Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Postfach 510153, 3000 Hannover 51

kennzeichnet, weiterhin werden Grundwasser- und Ertragsmessungen durchgeführt. Ziel dieser Maßnahmen ist die Erfassung des Ausmaßes von Ertragsbeeinträchtigungen.

Das Klima im Untersuchungsbereich ist gekennzeichnet durch durchschnittlich 650 bis 700 mm Niederschlag und eine Lufttemperatur von 8,4°C. Die klimatische Wasserbilanz zeigt einen Wasserüberschuß von 200 bis 300 mm/Jahr. Im Sommer besteht ein Defizit von 50 bis 75 mm.

Die Kartierung der Böden erfolgte in den Jahren 1974 und 1975 vor dem Beginn von Grundwasserentnahmen durch ein Wasserwerk. Bei der Kartierung wurden 8 Grünlandflächen für Ertragsmessungen ausgewählt. Dabei wurden 4 Beweisflächen für Ertrags- und Grundwassermessungen in den zukünftigen Absenkungsbereich gelegt. 4 weitere Beweisflächen wurden als Vergleichsflächen außerhalb des zukünftigen Absenkungsbereiches ausgewiesen. - Sämtliche Flächen wurden bodentypologisch als Gley-Podsole eingestuft. Für die Grünlandvegetation bestand vor der Grundwasserabsenkung Grundwasseranschluß bei Grenzflurabständen/Vegetationszeit zwischen 11 und 13 dm unter Geländeoberfläche.

Um bei der beabsichtigten Korrelation zwischen dem Grünlandertrag und dem Grundwasserstand bzw. -gang möglichst enge Beziehungen zu erhalten, wurde bei der Auswahl der Flächen sehr viel Sorgfalt aufgewandt mit dem Ziel, innerhalb der Flächen möglichst gleiche Bodeneigenschaften, einen gleichen Nährstoffzustand und eine gleiche botanische Zusammensetzung zu erhalten. Dieses Ziel wurde recht gut erreicht:

Die Horizontfolge der untersuchten Gley-Podsole war stets gleich: Ah/Ae/Bh(meist Orterde)/Go(grau, stellenweise eisenfleckig)/Gr. Als Ausgangssubstrat wurden Dünensande über Talsanden angetroffen, bodenartlich mittelsandige Feinsande über schwach mittelsandigen Feinsanden bis schwach schluffigen Feinsanden. Als Grenzflurabstände, d.h. berechnete Werte maximaler Grundwasser-Tiefstände, bis zu denen ein Grundwasseranschluß der Grünlandvegetation möglich ist, wurden 17 bis 19,5 dm berechnet. Die nutzbaren Feldkapazitäten im Durchwurzelungsbereich (70 bis 85 mm) sprechen dafür, daß bereits in normal feuchten Jahren ein zusätzlicher Wasserbedarf aus dem Grundwasser nützlich ist. Die Nährstoffversorgung der Böden kann allgemein als gut bezeichnet werden (Laktatwerte: $>$21 mg P_2O_5, $>$12 mg K_2O, $>$6 mg). - Pflanzensoziologisch

gehören die Beweisflächen zum Wirtschaftsgrünland im weitesten Sinne (Molinio-Arrhenatheretum). Die Assoziationszugehörigkeit weist zu den Weidelgras-Waldkleeweiden (Lolio-Cynosuretum). Die heute übliche Düngung hat einen recht einheitlichen Pflanzenbestand hervorgebracht. Die Feuchtezahlen (4,7 bis 5,8) weisen auf Frische hin. Die Stickstoffzahlen sprechen für mäßig stickstoffreiche Standorte.

Die erfolgten Grundwassermessungen im Trockenjahr 1976 ergaben für die untersuchten Standorte Werte, die ca. 0,4 bis >5 m unter den in der Vegetationszeit üblichen Werten liegen. Sie sind z.T. witterungsbedingt (0,4 bis 0,6 m), im übrigen jedoch durch die Grundwasserentnahme eines Wasserwerkes bedingt.

Die Ertragsmessungen auf den Beweisflächen zeigen große Unterschiede. Nähere Angaben über den Witterungsverlauf 1976, die Böden und die Ertrags- und Grundwassermessungen 1976 sind in einer weiteren Veröffentlichung zum gleichen Thema vorgesehen.

In der Darstellung 1 wird hier in verschiedenen Kurven lediglich das Gesamtergebnis aufgezeigt, das auf Einzelvergleichspaaren beruht. Angegeben sind die Gesamterträge in dt/ha TM, sowie die Erträge des 1. bis 3. Schnitts, also der Einzelschnitte, bezogen auf den durchschnittlichen Grundwasserstand in der Vegetationszeit.

Aus der Gegenüberstellung ergibt sich, daß zwischen dem Grünlandertrag und dem Grundwasserstand eine hochgesicherte negative Beziehung besteht. Der Ertrag nimmt ab mit abnehmendem Grundwasserstand. Dies gilt sowohl für den Gesamtertrag als auch für die Teilerträge (Einzelschnitte).

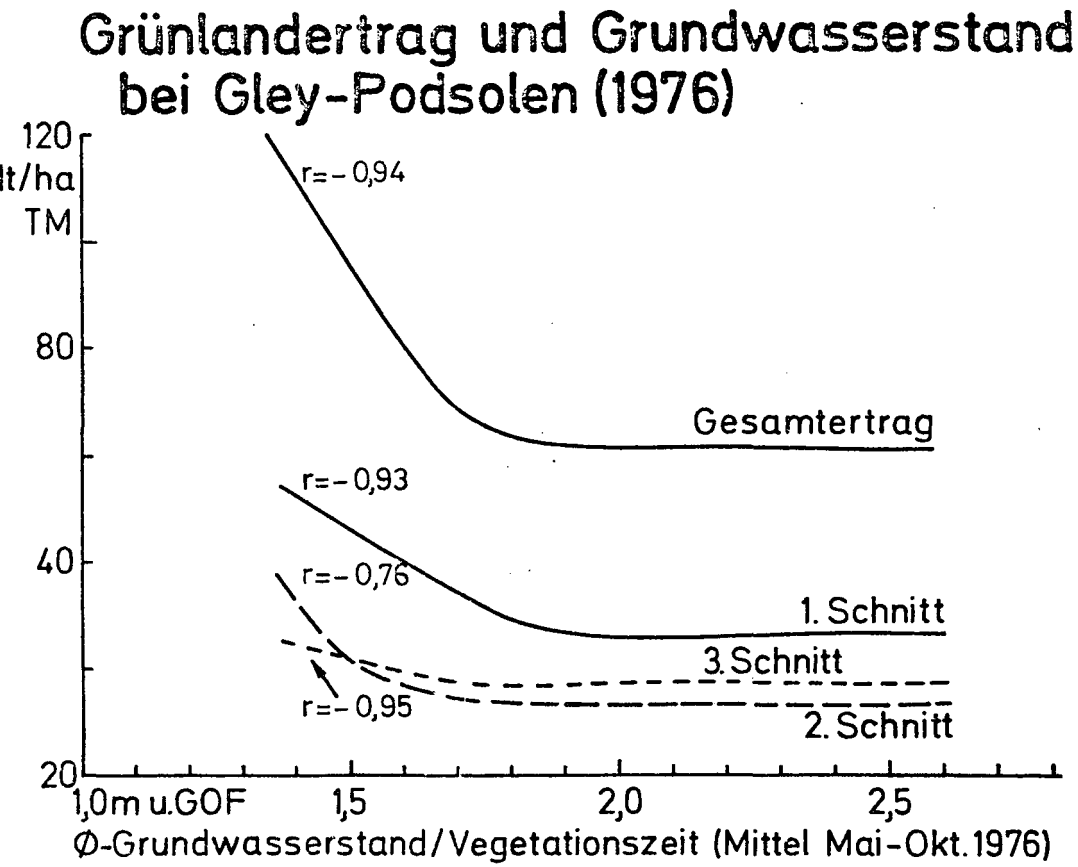
Bei einem durchschnittlichen Grundwasserstand/Vegetationszeit ab 17 bis 19 dm unter Geländeoberfläche verlaufen die Kurven waagerecht. Somit besteht ab dieser Marke zwischen dem Grundwasserstand und dem Grünlandertrag keine Beziehung mehr. Für den mit Beweissicherungen befaßten Bodenkundler ist die durch die Ertrags-Grundwasserkorrelation festgestellte Marke sehr wichtig, weil sie in guter Übereinstimmung steht mit dem zuvor berechneten Grenzflurabstand. Diese Übereinstimmung zwischen dem aus der Durchwurzelungstiefe und der kapillaren Aufstiegshöhe berechnetem Grenzflurabstand mit dem aus dem Ertragsverlauf ermittelten Grenzflurabstand bestätigt und sichert die Gültigkeit der von uns benutzten effektiven Durchwurzelungstiefen und kapillaren Aufstiegshöhen.

Das Ergebnis dieses Beitrages läßt sich wie folgt zusammenfassen:

1. Im Trockenjahr 1976 wurden bei 8 Grünlandböden mit gleichen Eigenschaften (Gley-Podsol aus feinsandigem Mittelsand über Feinsand), ähnlichem Nährstoffzustand und ähnlicher pflanzensoziologischer Beschaffenheit, Ertrags- und Grundwassermessungen vorgenommen.

2. Diese Messungen haben ergeben, daß zwischen dem Grünlandertrag und dem Grundwasserstand eine hochgesicherte negative Korrelation besteht. Somit wirken sich Grundwasserabsenkungen unter den gegebenen Bedingungen negativ auf den Ertrag aus und zwar bis zu einer Absenkungstiefe von ca. 19 dm unter Geländeoberfläche.

3. Zwischen dem berechneten Grenzflurabstand und dem aus der Ertrags-Grundwasserrelation ermittelten Grenzflurabstand besteht ebenfalls eine enge Beziehung.


Grünlandertrag und Grundwasserstand
bei Gley-Podsolen (1976)
120
dt/ha
TM
80
40
20
r=-0,94
Gesamtertrag
r=-0,93
r=-0,76
1. Schnitt
3. Schnitt
r=-0,95
2. Schnitt
1,0m u.GOF
1,5
2,0
2,5
Ø-Grundwasserstand/Vegetationszeit (Mittel Mai-Okt.1976)

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 695-704 (1977)

Prognostische Konzepte im Funktionswandel der Hydromelioration

von

H. Hebestreit

1. Problematik

Jede Zunahme des Intensitätsoptimums steigert die Nachfrage nach Meliorationen - zumal im Rahmen der Flurbereinigung. Je enger dann die Betriebe sich am Markt orientieren und zugleich Arbeitskräfte an den Meistbietenden abgeben, destomehr muß rationellere, stets weiter mechanisierte Wirtschaft die Verluste überkompensieren. Durch solche Fortschritte wandelt die Sorge um den Wasserhaushalt (d.h.: den haushälterischen Umgang mit allen Wasservorräten der Landschaft) ihr Gesicht.

Seit der Gründerzeit erschlossen sich dem Lande bequemere Energie- und Transportwege, als die (bislang sorgfältig gehüteten Kleingewässer sie bieten konnten. Seit 1939 wurden auch Rieselwiesen entbehrlich. Und die Furcht vor Wassernot war bald vergessen. Wo aber eine Wirtschaftsfläche (teil- oder zeitweise) 'zu naß' Arbeiten aufhielt oder eine Anpassung an den Markt erschwerte, forderte solche Wassersnot energische Abwehr.

Auf sich selbst gestellt würde der einzelne Betrieb dem wachsenden Handikap erliegen. Zu Recht hält daher die öffentliche Hand Mittel bereit - und eine Fachmannschaft, die sich der Wasserregelung annimmt, denn die Hantierung mit dem rechtlichen, finanziellen und dem immer stärker ausgebauten technischen Apparat gehört in die Hand des Spezialisten. Auf den Höfen aber beschäftigt sich jede Generation nur noch einmal kurz und knapp mit der Wasserregelung.

Gewöhnlich bildet die finanzielle und rationelle Gunst großer Bauvolumina Gemeinschaften, die (landwirtschaftlich und technisch beraten) dem Verfahren ihrer Wahl auf demokratische Weise die Prognose stellen. Dahinter stehen Unternehmen bereit, jeden Baugrund binnen kurzem mit gefällerichtigen, äquidistanten Rohrsystemen auszurüsten.

Den Hauptteil der prognostischen Erörterung füllt die Frage nach dem Umfang des Projekts, weil heute kaum noch scharf begrenzte (Stagno- oder Naß-) Gleye kulturfähig gemacht werden sollen. Sorge machen die garegeschädigten (inhomogenen) Großflächen im Grenzbereich zwischen Gleyen und Pseuogleyen.

Abb. 1

Plan einer Systemdränung

(kleiner Auschnitt)

1 m tief, 10 m Abstd. ± 10 %

in kupiertem Gelände mit

Böden aus Geschiebe,

Schwemmlöß und

versch. Torfen

Abb. 2

Grundrisse aktueller Dränabstandsversuche

(DBG - Tagung in Regensburg 1975)

3 Dräne von 120 m Länge,

die übrigen 30 m lang,

'Dränabstände' z.T. > 30 m

vgl.: Abb. 5 und 12 in Heft 1

Bay. Landw. Jahrb. 49 (1972) 65

0 3 6 9 12 Dm

Ist der Umfang geklärt, so kann die Diskussion sich unter dem Eindruck von Präzedenzfällen an der Frage nach dem Baumaterial erhitzen. Weniger Interesse findet dann die Wahl der günstigen Grundrisse und Dimensionen. Das Problem einer passenden Verfahrenskombination vollends wird nur dort angeschnitten, wo man dafür ausgebildete Fachleute kennt, wo vor allem auch der Landwirt die Kunst der 'meliorativen Bodenbewirtschaftung' zu meistern versteht.

Die Mehrzahl der Abnehmer plädiert für eine Systemdränung (Abb. 1). Sie erwartet davon eine zehnprozentige (also mit bloßem Auge wahrnehmbare) Standortverbesserung der durchschnittlichen Meliorationsflächen. Dagegen lassen exakte hydraulische (Abb. 3) und Ertrags- (Abb. 4) Beobachtungen vermuten, daß der gewünschte Effekt nur 30 % Wahrscheinlichkeit besitzt. Analoge Verteilungen sind aus der medizinischen Literatur bekannt, die zeigte, daß selbst eine unsinnige Diagnostik 30 % Treffer erzielen kann.

Zwar apostrophierte JENNER die Dränung als "beste Bodenverbesserung", doch wiesen Kenner der Materie (z.B. FAUSER und BELLIN) auf die im Kern unsichere Prognostik hin. Wie später ein technologisch und didaktisch gleich erfolgreicher Versuch von KOWALD deutlich machte, enthält die (damit widerlegte) Theorie des Praktikers irrationale Elemente. Ähnliche Indizien bieten auch Lehrbücher der Bodenkunde (z.B. MITSCHERLICH) und Dränversuche (Abb. 2). Umso lehrreicher wäre das Aufspüren der verborgenen Wurzeln.

2. Erfahrungen

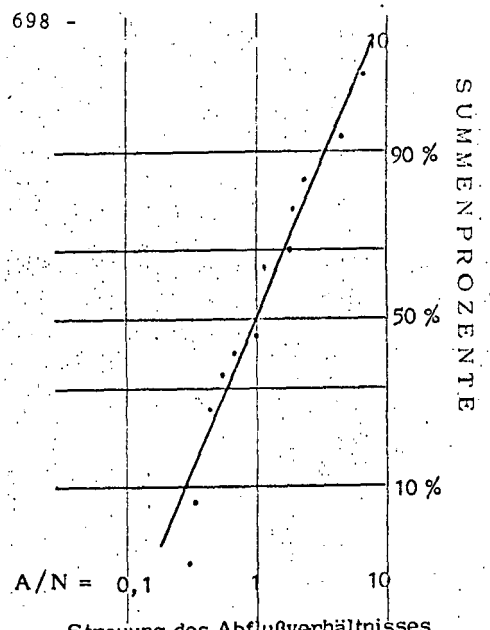
Im Vorfeld aktueller (wie oben erwähnt: subventionierter) Projekte genießt die Systemdränung mit möglichst engen Sauger +) -Abständen größtmöglicher Nennweiten volles Prestige. Daher bleiben offensichtliche Mißverhältnisse ohne Gewicht für Meinungsumfragen. Insistiert der Erfahrungsaustausch auf exakten Angaben oder verfügt er über Kontrollmethoden, so wandelt sich das Urteil. Die Zaunwirkung rationaler Meliorationen verstärkt diese Tendenz, wie im folgenden Beispiel.

Nach vieljähriger Diskussion mit Praktikern und Behörden gab das Entgegenkommen der Firmen BRENIG und DEUTZ (die Prototypen der Lockerungsgespanne stellten) eine Möglichkeit, den Zündfunken von Petzenkirchen und Ahrweiler ins benachbarte Bayern überspringen zu lassen. Auf Grund der Diagnose: "lockerungsfähige Pseudogleye" nutzten die Besitzer von mehr als 2 km^2LN die Gelegenheit zu Erfahrungen mit bislang skeptisch beurteilten kombinierten Meliorationen. Die Witterung im Herbst 1969 begünstigte das Projekt. Umso mehr Sorge machte die allenfalls en passant mögliche Überwachung der in fünf Regierungsbezirken verstreuten Flächen.

+) irrationaler Ausdruck, denn Sauger bieten Vorflut, aber saugen nicht!

Abb. 3

Ergebnis einer hydraulischen Kontrolle von Dränsystemen



Streuung des Abflußverhältnisses von Dränschüttungen im logarithmischen Wahrscheinlichkeitsnetz (nach VAN DER WEERD u. VISSER)

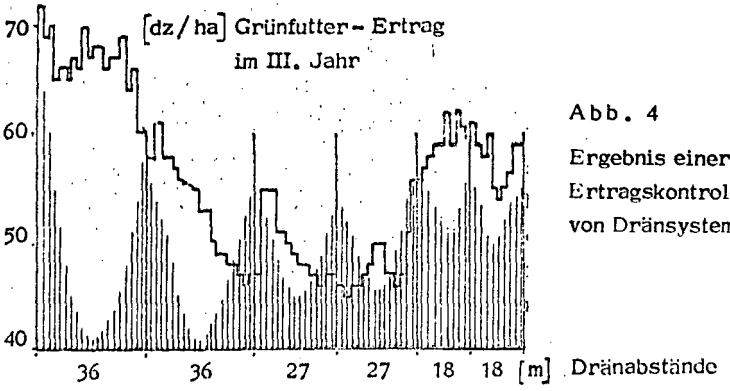


Abb. 4

Ergebnis einer Ertragskontrolle von Dränsystemen

Ortsfunktion der Erträge im Mitscherlich-Streifenversuch unter dem Einfluß verschiedener Dränabstände in Ljustorp (Västernorrland) 1958

Schraffiert: durch die Dräntheorie und Beobachtungen in Arnekärr, Gammalstorp, Hubo und Olmskog begründete Hypothese.

nach HÅKANSSON (1961)

Die Aufgabe schien lösbar durch eine Kombination von Umfragen mit exakten Kontrollen und Erweiterung der Vergleichsbasis+) durch den Blick auf benachbarte Meliorationssysteme. Das Ergebnis bestätigt die Befunde anderer Autoren. Der merklichen Ertragsteigerung (maximal: Pelosol-Pseudogley eines Kreislehrgutes) steht heute eine Quote von ca.5 % unzulänglicher Erfolge gegenüber, die mit Diagnosefehlern oder Verstößen gegen SCHULTE-KARRINGs Regel "minimal nach maximal" erklärt werden könnten. Im übrigen zeigt eine genügend große Stichprobe die bereits bekannte 30 %-Verteilung des Erfolges schematischer Meliorationsverfahren.
Leider hindert der Fortschritt auf den Baustellen die Aufmerksamkeit für alle Spuren früherer Maßnahmen, deren Fehlprognosen in Form überkreuz laufender Röhrensysteme ein fossiles Dasein führen. Ebenso lehrreich wäre daneben die Treffsicherheit gut erhaltener (vormals selbstverständlicher daher nur kurz in der Dränanweisung vermerkter) Bedarfsdräne. Soweit aus Tonrohren, stammen sie von vier Kulturtechniker-Generationen. Alle älteren Vorläufer aus Holzrohren, Packwerk oder Faschinen sind Bauernwerk einer Tradition von 40 Generationen - ausgenommen die Besitzer jener alten keltischen Kulturböden, deren Flurteilung das Relief der 'Ackerberge' (durch das Ausheben von Egge und keltisch - römischen Pflug) konserviert hat. Umso mehr Kulturtechnik verlangten bald die Rodungen der offenbar kampflos einsickernden Siedler auf schwerem, mehr Zugkraft forderndem Neuland. Dies wurde für den Beetpflug parzelliert. Je häufiger hier der Akker während der Pflugzeit 'zu naß' wirkte, desto unsympathischer das Auseinanderpflügen! Fast zwangsläufig erzeugten so Beetpflüge auf schweren Böden das Bild der Bifänge, deren Meedjeschlote der Spaten hydraulisch präzise an die Vorflut anschließen konnte. Die Form zeigt den zwischen Etsch und Belt unter Wald und Weide bis heute konservierten Archetyp((6)).

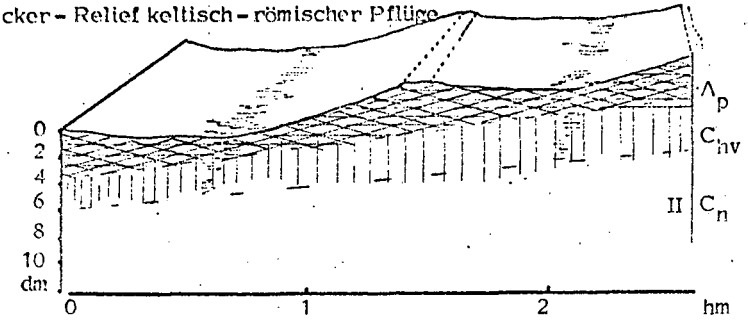
3. Anleitungen

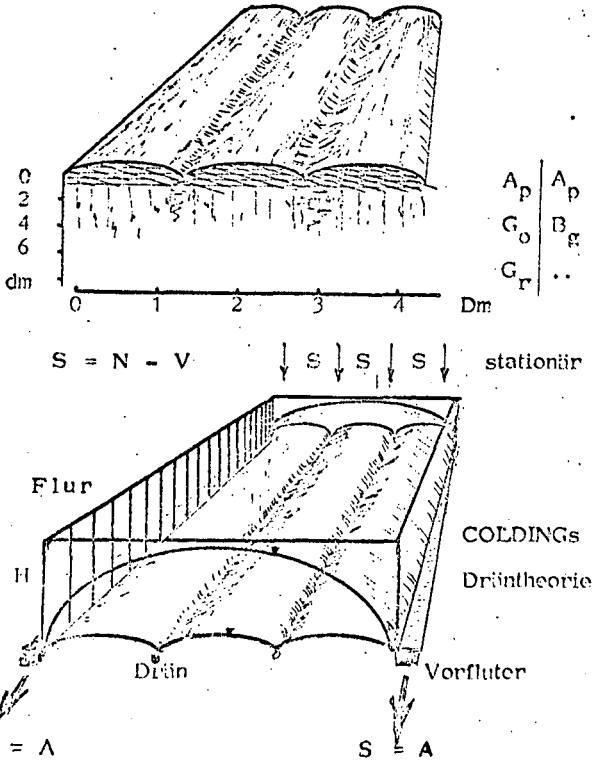
Als älteste Quellen seines Faches zitiert der Kulturtechniker lateinische Autoren, deren Bedarfsdräne in das Relief der römischen Ackerflur passen (Abb. 5). Im Mittelalter pausierte das Interesse für Hydromeliorationen. Erst die Zeitgenossen Cromwells fanden wieder eine Anleitung auf dem Büchermarkt, die nun keineswegs auf römisch - britische Parzellen (celtic cells) zugeschnitten war, sondern auf die Bifänge sächsischer Pflüge. Captain BLIGH führte damit den englischen Kulturtechniker von der Oberflächen - Wasserregelung zum Eingriff ins Grundwasser. Einschließlich des Namens gibt sein Modell den Prototyp moderner Hydromeliorationen.

+) das von Ing.agr.(grad) M.Müller (bay.Landesstelle f. Gewässerkunde) mit seiner ad hoc-Mannschaft durchgeführte Großprojekt kom.Wasserregelung

Abb. 5

Acker - Relief keltisch - römischer Pflüge





mit den Grundwasserhöhen über Sohlschicht bzw. Vorflut

H im Scheitel und h im Drän(Graben), sowie den Abständen x

beschreibt die GW-Oberfläche die Ellipse $H^2 - h^2 = \frac{S\ x^2}{k_f}$

Abb. 6 Bifänge und Drän theorie

Ein Jahrhundert später erregte ELKINGTON ungeheures Aufsehen durch seine treffsicheren Bedarfsdränungen, doch machte das Verfahren so wenig Schule, wie 1 1/2 Jahrhunderte später die Wünschelrutenlehrgänge von Dr.CLAUS in Sachsen und Bayern. Zwar schien die Bedarfsdränung dort selbstverständlich wo die Oberfläche unübersehbare Indizien zeigt, oder wo das Relief der Sohlschicht bekannt ist (cf. HARRACH, Mitt.DBG 10 (1970) 66), sonst aber bleibt sie geheimnisvolle Schatzgräberei. Sobald dagegen PARKES während der Londoner Weltausstellung seine Tonrohrpresse vorstellte, sah jeder Landwirt sofort die Möglichkeiten : Das Rohrsystem bringt die lästigen Oberflächengerinne in den Untergrund. Der Weg wird frei für die neuen Dampf- und Wendepflüge.

Das System entspricht dem Archetyp, dessen hydraulisches Bild COLDING ein Menschenalter nach PARKES zeichnete (abb.6), ohne daß jemand von dieser Theorie Notiz nahm. Dem Praktiker schien die Sache ohnehin so plausibel, daß erst die dritte Generation von Kulturtechnikern sich Zweifel gestattete - selbstverständlich nicht im Kern des alten Kulturraumes der Beetpflüge, sondern an seinem Ostrand, wo noch die Zoche das Bild prägte und der keltisch - römische Pflug.

Unterstützt vom Interesse der Zeitgenossen für die "mechanische Bodenanalyse" folgte Kopecký der Hypothese: Je 'schwerer' der Boden, desto mehr Dräne ; Empfehlungen für die Wahl der Abstände wird die Wissenschaft empirisch - statistisch begründen.

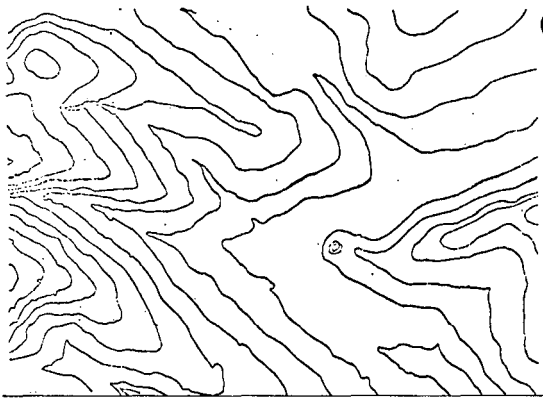
Einen derartigen Ansatz hatte Colding von vorneherein für inadäquat gehalten, zumal der Skandinavier die Proportionalität von Tongehalt und Durchlässigkeit mancher Böden zu gut kennt. Ebensowenig mag der Moor- und Marschbewohner von der invarianten Körnung eines Lockergesteins auf die höchst variable Strömung in einem Boden schließen.

Seither beherrschen hydraulische Deduktionen nach dem Vorbild von COLDING ROTHE - HOOGHOUDT - ERNST das Feld der Dränabstandsbestimmungen neben dem empirisch - statistischen Konzept von KOPECKÝ - CANZ - FAUSER und ZUNKER. Sie alle halten sich an den Rahmen des Archetyps, sie alle setzen hydraulische Homogenität voraus, obwohl schon die ersten Versuchsfelder dieser Annahme energisch widersprachen (cf. FAUSER; ROTHE und PHILIPP u.a.m.).

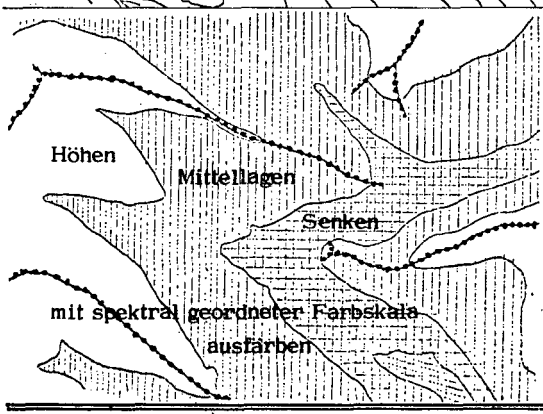
Beide Konzepte finden wir im Bestand anerkannter Regeln der Baukunst, denen der Praktiker Anweisungen zur Dimensionswahl seiner Hydromeliration entnimmt. Stehen der prognostischen Diskussion (gelegentlich) Argumente in Gestalt einer Bodenkarte 1 : 25 000 mit einer Tabelle überall normgerecht (cf. Mitt. DBG 22 (1975) 21) bestimmter Bodenkennwerte zur Verfügung, so liefert diese nur spärliche Argumente, wo und wenn :

Abb. 7 Orographische Analyse

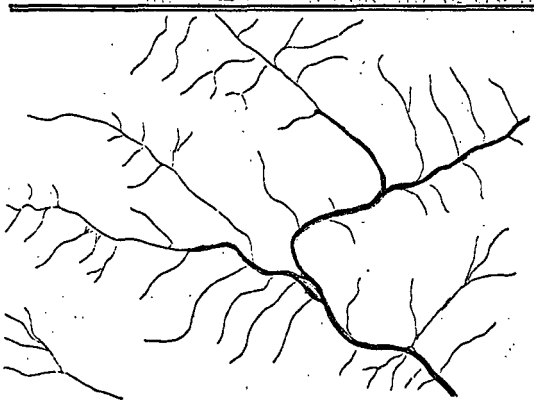
Lehrgangsbeispiel (Grünlandinstitut Steinach)



Höhenlinien im Bereich Unternieder= steinach (Höhenflurkarte 1 : 5 000)



Höhenstufen von den Lehrgangsteilnehmern schraffiert ; Wasserscheiden markiert (rot)



permanente Gewässer dunkelblau

temporäre Wasserzüge blaßblau markieren

(Richtigkeit während jedes Starkregens kontrollierbar)

Abb. 8 Hydrographische Analyse

1) dem an bautechnischen Aufgaben geschulten Ingenieur die diagnostische Sprache der Bodenkunde vorwiegend Fremdworte bietet ;

2) der (kaum vorbereitete) deduktive Schluß auf die meliorationskritische Strömung durch Karteninhalt und -maß unsicher bleibt ;

3) die 'repräsentativen' Angaben am Rande des jeweiligen Meliorations= problems liegen, wo der Kartierer nicht Kulturtechniker war ;

4) das Ergebnis unserer Diskussion vom 3.3.66 über den Kartenmaßstab (Mitt. DBG 7 (1967) 108) unverändert zutreffen sollte ;

5) der Ingenieur seine Meliorationen nicht selber exakt zu kontrollieren pflegt (zur Methodologie cf. Lit. 1972) ;

6) das in situ gewonnene Urteil alle aus einem "Minimum an bodenkund= lichen Angaben" deduzierten Folgerungen überholt, worauf bereits jede Anwendung des Fehlerfortpflanzungsgesetzes deutet !

Tabellen exakter Materialangaben über eine Catena horizontierter Körper legen dem Kulturtechniker eine durchschnittliche Therapie (der o.g.Treff= sicherheit) nahe, mindern aber seine Aufmerksamkeit für die meliorations= kritischen Strömungsbilder seines Operationsfeldes.

Ein wirksames Korrektiv liefern bereits Interesse und Verständnis für die Spuren der älteren Kulturtechnik im Relief der Landschaft und im Profil der angeschnittenen Böden. Dafür allerdings gibt es noch wenig didaktisch aufbereitetes Material. Umso einfacher ist das inzwischen seit fast zwei Jahrzehnten in vielen Lehrgängen erprobte, durch Merkblätter und nun auch Fachzeitschriften publizierte Verfahren der Orohydrographischen Analyse. GRIPP lehrte seine Schüler den orographischen Teil dieser Methode zur Bestimmung glaziärer Relief - Formen (Abb.7). Der Kulturtechniker schließt nun eine einfache Überlegung an :

Sobald die Böden eines Meliorationsgebietes soweit mit Wasser gesättigt sind, daß Dräne wirken könnten, liegt die Grundwasseroberfläche annähernd parallel zu den Höhenlinien der Dt.Grundkarte, die mithin als Äquipoten= tiallinien zu verstehen sind. Die Strömung folgt jeweils der Richtung des größten Gefälles und des geringsten Widerstandes. Skizziert man ihr Bild innerhalb der Wasserscheiden, so erkennt man außer der Inhomogenität die aktuellen, sowie die reliktischen Transportmengen und -wege (Abb. 8). Mit einiger Übung sieht man außerdem die Spuren von Zuschüssen aus der Tiefe.

Wie die Erfahrung lehrt, schlägt diese Methode eine tragfähige Brücke zur interdisziplinären Zusammenarbeit von Hydrogeologen, Vegetationskundlern, Meteorologen, Landschaftspflegern, Pedologen und Kulturtechniker. Sie hat sich in der Hand des Praktikers als Basis schneller Diagnosen seines Operationsfeldes und für die Prognostik des Meliorationserfolges bewährt.

5. Quellenverzeichnis

a)

Dränanweisung DIN 1185 Berlin, Köln 1959

Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 7 (1967)

Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Regensburg 1975

b)

K. Bellin	Entwicklung und Probleme des Dränversuchs unter besonderer Berücksichtigung des Ertragsversuchs	Mitt. Inst. f. Wasserwirtschaft u. ldw.Wasserbau d. TH Hannover 4 (1964)
L.A.Colding	Om lovene for vandets bevægelse i jorden	Vidensk.Selsk.Skr. 5.Ræk Nat.og Math.Afd 9 (1872) 562
O. Fauser	Das kulturtechnisch-pedologische Versuchsfeld auf dem Schloßgut Ellwangen	Der Kulturtechniker 13 (1910) 310
T. Harrach	Bodenkundliche Exkursion Lützellinden	Mitteilgn. DBG 10 (1970) 66
A. Håkansson	Dräneringsförsök med olika dikesavstand	Grundförbättring 14 (1961) Spec.Nr. 4
H. Hebestreit	Bodenkundliche Diagnostik der Hydromelioration	Bay.Landw.Jahrbuch 49 (1972) 65
H. Jankuhn	Ackerfluren der Eisenzeit und ihre Bedeutung für die frühe Wirtschaftsgeschichte	37./38.Ber.röm.germ. Kommission 1956/57 Berlin 1958
M. Jenner	Die volkswirtschaftliche Bedeutung der Dränung in Deutschland	Z. f. Kulturtechnik 2 (1961) 4
R. Kowald	Der Weg des Wassers zum Drän in grundwasservernäßten Böden	Z. f. Kulturtechnik 1 (1960)
A.E.Mitscherlich	Bodenkunde 7.Auflage	Berlin, Hamburg 1954
J.K.Müller	Vom Unsinn der Irisdiagnostik	n + m 4 (1967) 30
J. Rothe	Die Strangentfernungen bei Dränungen	Landw.Jahrbuch 59 (1924) 453
J. Rothe A. Philipp	Die bisherige Tätigkeit auf dem ostpreußischen Dränversuchsfeld Friedrichstein u.ihre Ergebnisse	Der Kulturtechniker 36 (1933) 466
H. Schulte-Karring	Die meliorative Bodenbewirtschaftung	LLVA Ahrweiler 1970
B.van der Weerd W.C.Visser	Een Apparat voor het meten van draindebieten onder water en enkele op dese metingen steunend resultaten	Cultuurtechnisch Tijdschrift 4 (1965) 143
H. Wildhagen	Holozän-Chronostratigraphie der Ackersedimente der Leine im Bereich des Leinetalgrabens	Mitteilgn.DBG 18 (1974) 328

c)

Exkursionshinweise der Herren Dr. Kohl und Dr. Rückert (Bayer.Geol.LA) und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Untersuchungen, die im Nebenergebnis auf den aufgezeigten Aspekt führten; beides verpflichtet zu besonderem Dank.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 705-708 (1977)

Bodenhydrologie und Moorschutz

von

R. Eggelsmann*)

Einleitung

Im moorreichen Niedersachsen standen 1971 nur 0,57 % der ursprünglich fast 350.000 ha Hochmoor unter Naturschutz (PREISING, 1971). Es sind im allgemeinen relativ kleine Schutzgebiete, die meistens eingerichtet wurden, um bestimmte dort wachsende Pflanzen zu erhalten. Während die umgebenden Moorflächen bis vor kurzem relativ wenig verändert waren, so ist dies in einer sich immer mehr technisierenden Umwelt gegenwärtig und künftig nicht mehr der Fall.

Aus der Sicht der Moorkunde sprechen viele Gründe für eine gesicherte Erhaltung der wenigen noch unter Naturschutz gestellten Moor-Teilgebiete, und zwar bis in eine möglichst ferne Zukunft (OVERBECK, 1975), wobei vorwiegend an Hochmoore gedacht wird.

Problem

Der Wasserwirtschaftler, Kulturtechniker und Landwirt kann solche Naturschutzgebiete jedoch nur dann schützen und auf Dauer erhalten, wenn bekannt ist, ob und wie breit ein wirksamer Schutzgürtel um ein Moor-Naturschutzgebiet erforderlich ist.

In der Praxis gehen die Meinungen darüber oft weit auseinander und werden häufig genug emotionell vertreten. Nur objektive, d.h. naturwissenschaftliche Kriterien können helfen, eine für alle Beteiligten befriedigende und überzeugende Entscheidung zu treffen.

---

*) R. Eggelsmann,
Nieders. Landesamt für Bodenforschung -Außeninstitut für Moorforschung und Angew. Bodenkunde, Friedrich-Mißler-Straße 46/48, 2800 Bremen 1, BRD

In einem früheren Beitrag (EGGELSMANN, 1975) wurde vorgeschlagen, analog zu den bewährten Schutzzonen bei Wassergewinnungsanlagen (DVGW-Richtlinie) auch für Moor-Naturschutzgebiete drei Schutzzonen vorzusehen. Es sind dies:

Schutzzone I - das eigentliche Naturschutz k e r n gebiet;

Schutzzone II - ein Schutzgürtel aus hydrologischen Gründen;

Schutzzone III - als Schutzstreifen gegen sonstige Einflüsse (Staub, Lärm u.dgl.m.).

Hier soll jedoch nur die Schutzzone II näher erörtert werden.

Anwendung bodenhydrologischer Erkenntnisse

In zahlreichen Gutachten wurde die Grenze der Schutzzone II nach einer empirischen Formel berechnet, die für 32 ebene, nicht geneigte Versuchsfelder in Nordwestdeutschland abgeleitet wurde (Hochmoor, Niedermoor, Sandmischkulturen, Sand). Es wurde aus dem Verlauf der geometrischen Mittel der Hochwasserwerte (Winterhalbjahr) das Gefälle der Grundwasseroberfläche (in °/oo) zu Gräben oder Dränen bestimmt, ferner die k_f-Werte im Felde gemessen (Bohrlochmethode). Durch Korrelation nach logarithmischer Transformation ergab sich folgende empirische Gleichung:

$$J = 500 \cdot \frac{0{,}01}{k_f}$$

hierin bedeuten:

J = Grundwassergefälle in °/oo,

k_f = Durchlässigkeit in m/d,

(aus: EGGELSMANN, R., 1964).

Es ist andererseits

$$J = \frac{h}{l} \quad \text{(in °/oo).}$$

Aus den im betreffenden Moor gemessenen k_f-Werten (geometrisches Mittel) und der bekannten (oder angenommenen) mittleren Tiefe der künftigen Grabenwasserstände unterhalb des mittleren Winter-Grundwassers errechnet sich die Breite der Schutzzone II nach:

$$l = \frac{h \cdot k_f \cdot 1000}{5} \quad \text{(in m).}$$

Je nach Felddurchlässigkeit, Oberflächenrelief und Einschnittstiefe benachbarter Vorfluter und Gräben ergeben sich für die Schutzzone II Breiten von (mindestens) 50 m bis rd. 250 m (recht ähnliche Werte sind bekannt für die Schutzzone II bei Wassergewinnungsanlagen).

Schlußbemerkung

Mittels vorgenannter Methode konnte in zahlreichen Fällen für bestehende Naturschutzgebiete in Mooren die Breite einer Schutzzone aus hydrologischer Sicht objektiv bestimmt werden. Wir wurden dazu nicht zuletzt angeregt durch unsere moor-hydrologischen Untersuchungsergebnisse aus über 25 Jahren (BADEN & EGGELSMANN, 1963, 1964; EGGELSMANN 1960, 1964, 1967, 1971, 1973).

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Kuratorium für Wasser und Kulturbauwesen wird für die Förderung Dank gesagt.

Zusammenfassung

Es wird über die Anwendung einer empirischen Formel berichtet, nach der aus gemessenen Durchlässigkeitswerten (Bohrlochmethode) und bekannten Einschnittstiefen geplanter Gräben die Breite einer Schutzzone aus hydrologischer Sicht berechnet werden kann.

Literatur

BADEN, W. u. EGGELSMANN, R.: Zur Durchlässigkeit der Moorböden. - Zeitschrift f. Kulturtechnik, 4, S. 226-254, Hamburg 1963.

BADEN, W. u. EGGELSMANN, R.: Der Wasserkreislauf eines nordwestdeutschen Hochmoores. - 156 S., 71 Abb., 39 Tab., KfK-Heft 12, Verlag Wasser u. Boden, Hamburg 1964.

DVGW-Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete (3. Aufl.). I. Teil Grundwasser. - Techn. Arb. Bl. W 101, Frankfurt a.M. 1975.

EGGELSMANN, R.: Über den unterirdischen Abfluß aus Mooren. - Wasserwirtschaft, 50, S. 149-54, 1960.

EGGELSMANN, R.: Zur Beziehung zwischen Grundwassergefälle und Durchlässigkeit. - Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., 2, S. 121-127, Göttingen 1964b.

- : Die Verdunstung der Hochmoore und deren hydrologischer Einfluß. - Dt. Gewässerkdl. Mitt., 8, S. 138-47, Koblenz 1964c.

- : Oberflächengefälle und Abflußregime der Hochmoore. - Wasser und Boden, 19, Heft 8, S. 247-252, Hamburg 1967.

- : Über den hydrologischen Einfluß der Moore. - TELMA, 1, S. 37-48, Hannover 1971.

- : Die Rolle der Moore bei der Grundwasserbildung. - Dt. Gewässerkdl. Mitt., 17, S. 134-137, Koblenz 1973.

- : Zur Erhaltung von Naturschutzgebieten im Moor aus hydrologischer Sicht. Moor und Torf in Wissenschaft und Wirtschaft. Herausg. Torfforschung GmbH Bad Zwischenahn, S. 105-111, 1975.

OVERBECK, F.: Botanisch-geologische Moorkunde. - Karl-Wachholtz-Verlag, Neumünster, 1975.

PREISING, E.: Der Schutz der Moore aus der Sicht der Raumordnung. - TELMA, 1, S. 27-30, Hannover 1971.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 709-714 (1977)

Tiefpflugverfahren für flachgründige Niedermoore

von

R. Bartels u. P.C. Hagemann

Der zweifelsohne durchschlagende Erfolg der Herrichtung von Sandmischkulturen aus wurzelechten Hochmooren ist vor allem in folgenden Punkten begründet:

1.) Verbesserung des Mikroklimas.

2.) Ausreichender Bodenschluß = bessere Kapillarität, Unterbinden der Vermullungsneigung, höhere Trittfestigkeit und Tragfähigkeit.

3.) Harmonisches Nährstoffangebot = Verminderung der Lagerneigung im Getreidebau.

4.) Geringerer Unkrautdruck.

5.) Größere Beweglichkeit in der Fruchtwahl.

6.) Stabilisierung der Bodensubstanz (d.h. der Zwang der Rekultivierung unterbleibt).

Drei Argumente sprechen dagegen, auch flachgründige Niedermoorprofile nach demselben Verfahren zu Mischkulturen herzurichten:

1.) Die organische Substanz - hier der Niedermoortorf - wird aufgrund des hohen Nährstoffgehaltes bei Ackernutzung allzu schnell zersetzt und führt dadurch in den ersten Jahren nach Tiefumbruch zu erhöhter, unkontrollierter Nährstofffreisetzung (Begünstigung der vegetativen Phase, bes. durch hohe N-Mengen).

2.) Auf das Volumen bezogen macht der Torf anfangs 50-70 % der Krume einer Mischkultur aus, entsprechend bleiben auch andere Nachteile der Schwarzkultur erhalten.

3.) Niedermoore wachsen meist über bindigerem Material auf, so daß die Gefahr besteht, daß haftnasse bzw. zur Dichtlagerung neigende Böden geschaffen werden.

Es hat an Bemühungen nicht gefehlt, o.g. Schwierigkeiten bei der Bewirtschaftung von Niedermooren zu begegnen. Erinnert sei hier nur an die Rimpauschen Moordammkulturen oder andere Besandungsverfahren zur Herrichtung von Sanddeckkulturen auf Niedermoor (BADEN, 1937).

Über Standortverbesserung flachgründiger, sandunterlagerter Niedermoore durch Anlage von Pflugsanddeckkulturen berichtet WOJAHN 1960. Hier handelt es sich um Mittel-Grobsand im Liegenden. Lassen sich Niedermoore auch durch Tiefpflügen meliorieren, wenn der Mineralboden im Untergrund durch höheren Schluffanteil geprägt wird?

Von der Landwirtschaftskammer Hannover und dem Außeninstitut für Moorforschung und Angewandte Bodenkunde wurde mit finanzieller Unterstützung der DFG zu dieser Frage bei Braunschweig ein Feldversuch auf einem Grünlandstandort angelegt. Bis 70 cm stand hier stark zersetzter (H 7-8) Niedermoortorf an, der darunterliegende Geschiebesand enthielt 3 % Kies, die weiteren Angaben beziehen sich auf den Feinboden. Das Grundwasser wurde ab 1969 auf mehr als 3 m u. GOF abgesenkt.

Tabelle 1: Tiefpflugsanddeckkultur (Ausgangsmaterial)

0 - 70 cm	Niedermoortorf	(H 7-8)
	pH NKCl	4,8
	Asche % TM	36,6
	N % TM	2,35
> 70 cm	u S	
	< 0,002	9 %
	0,002 - 0,06	38 %
	pH NKCl	3,8
	Asche % TM	97,9

Zur besseren Übersicht sind die Horizonte nach praktischen Gesichtspunkten zusammengefaßt. Fossile Pflanzenwurzeln führen bis in den mineralischen Untergrund hinein. Das z.T. stark reduzierte Material enthielt pflanzenschädliche S-Verbindungen, darauf mußte bei der Meliorationskalkung Rücksicht genommen werden.

Ein Teil der Fläche wurde nach Art der Dt. Sandmischkultur auf 1 m gepflügt, ein weiteres Teilstück zu einer Tiefpflugsanddeckkultur

hergerichtet, hier wurde die Bearbeitungsgrenze auf die Sanddecke begrenzt. Nullvariante ist die Niedermoorschwarzkultur.

Wenn wir die Bodenentwicklung und die Reaktion der Pflanzenbestände verfolgen, werden die Bewirtschaftungsschwierigkeiten der Schwarzkultur immer wieder deutlich (Auswinterung, ungleichmäßiger Bestand, Unkrautdruck).

Eine Humusanreicherung im Zuge des Bodenbildungsprozesses setzt in der Krume der Sanddeckkultur noch nicht ein, die Folge sind Stauwasserschäden, weil selbst nach 7 Jahren das Niederschlagswasser nach Starkregen nur äußerst langsam in die Krume eindringt. Kf-Messungen in einer Tiefe von 10-15 cm bestätigen dieses.

Tabelle 2: Wasserdurchlässigkeit der Krume (10-15 cm u. GOF)

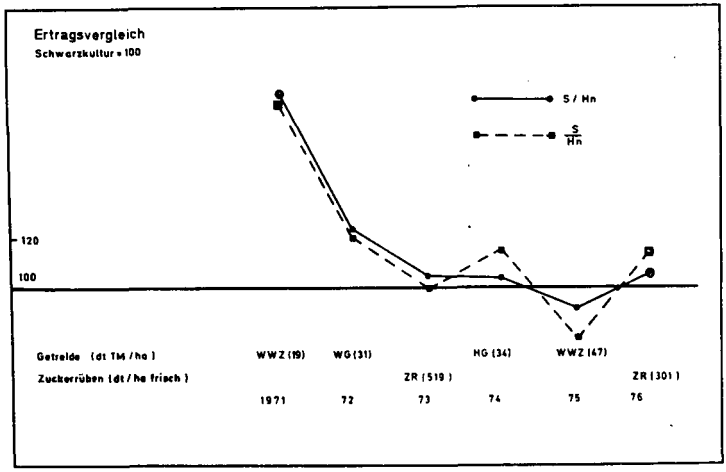
	cm/d $\bar{x}$	s	n
Hn	113	53,4	11
S/Hn	26 (1,5)*	19,8	14
S/Hn	48	31,3	11

*Fehlstellen

Durch Fehlstellen selbst in flachen Senken (1975) fällt der Durchschnittsertrag ab. Der Einfluß des nährstoffreichen Niedermoortorfes auf die Verunkrautungsneigung wird noch nach 6 Jahren im Winterweizen deutlich. Die Sanddeckkultur blieb völlig unkrautfrei. Auf der Sandmischkultur begünstigt der in die Krume eingepflügte Niedermooranteil das Massenauftreten von Windhalm.

Ausschlaggebend für den Erfolg solcher Maßnahmen ist die Ertragsbeeinflussung.

Abbildung 1:

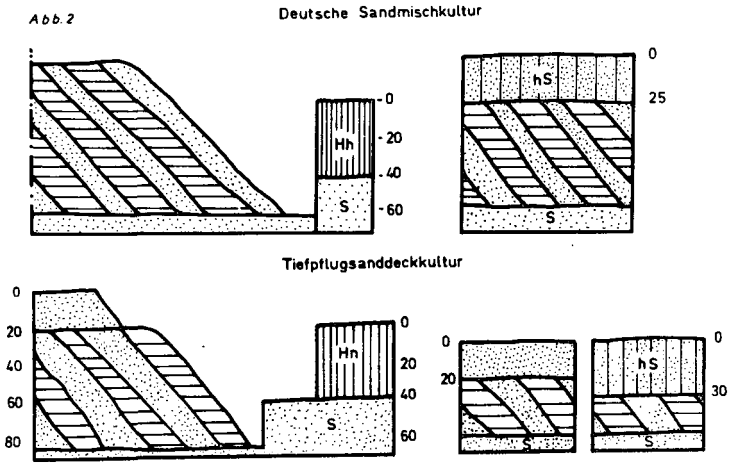


Bis auf 1975 wird auf den tiefgepflügten Flächen mehr geerntet. Signifikante Unterschiede über die gesamte Versuchszeit sind zwischen den beiden beschriebenen Verfahren nicht aufgetreten.

In Bezug auf die Qualität des Erntegutes ist zu erwähnen, daß Zuckerrüben nur zögernd den Untergrund der Deckkultur erschließen und daher stark beinig werden.

Zusammenfassung:

Abbildung 2:



Mit Hilfe moderner Tiefpflüge lassen sich aus flachgründigen Niedermooren Misch- oder Deckkulturen herrichten. Durch den rel. hohen Anteil an organischer Substanz in der Krume der Mischkultur kommt es zu einem unkontrollierten Freisetzen von Nährstoffen mit entsprechenden Folgen.

Befindet sich im Liegenden stärker schluffhaltiges Material, setzt die Bodenbildung bei der Deckkultur nur zögernd ein. Nach diesen Erfahrungen ist zu prüfen, ob durch Einmischen geringer Torfmengen bei Anlage der Deckkultur oder sofort nachher die Bodenbildung unterstützt werden sollte, so daß sich schneller eine stark humose Krume bilden kann.

Literatur:

BADEN, W.: Sinn und Zweck, Pflege und Nutzung der Sanddeckkultur auf Niedermoor. Mitt. f. Moorwirtschaft, Beilage zur Deutschen Landeskulturzeitung, 2, 298-300, 1937.

WOJAHN, E.: Über die Standortverbesserung flachgründiger, sandunterlagerter Niedermoore durch Anlage von Pflugsanddeckkulturen. Z.f. Landeskultur, Bd.1, H 1/2, S. 31-71, 1960.

KUNTZE, H.: Boden- und moorkundliche Kriterien der Tiefkultur. Intern. Symp. Moor- u. Torfges., 154-176, 1974.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 715-726 (1977)

Untersuchungen zur Lagerungsdichte von Sandmischkulturen

von
W. Burghardt*

1. Einleitung

Sandmischkulturen entstehen durch Tiefpflügen von Mooren. Danach folgen schräggestellte Sand- und Torfbalken aufeinander. In der Krume werden Sand und Torf vermischt. Dieser neu geschaffene Boden unterliegt einer Entwicklung, die wesentlich von der Umwandlung des Torfes als organisches Rohmaterial zu Humus bestimmt wird. Die Auswirkung auf die Lagerungsdichte soll im Folgenden beschrieben werden. Die Rohdichte stellt sich unter verschiedenen Belastungen, wie durch Druck und Rütteln, ein. In diesem Zusammenhang wurde versucht, den Einfluß der Belastung auf die Lagerungsdichte im Stampfvolumeter mit zu erfassen. Hierzu wurden schon von HARTGE (1969) sowie HARTMANN und DE BOODT (1974) Versuche durchgeführt. Miteinbezogen in diese Untersuchung wurde ein tief gepflügter Podsol und eine Fehnkultur. Die Fehnkultur entsteht durch Besanden der Hochmoorböden. Sie zeichnet sich dadurch aus, daß durch die Bearbeitung fortwährend in geringem Umfang Torf in die Krume eingearbeitet wird.

2. Material und Methoden

Im Herbst 1972 wurden in Königsmoor, Kreis Harburg, von 13, 18, 34 Jahre alten Sandmischkulturen, sowie von einer Fehnkultur und einem vor 58 Jahren tiefgepflügten Podsol Volumenproben von je 1 Liter entnommen. Die Probenahme erfolgte auf einer Fläche von jeweils 1 ha an 20 Stellen. Es wurden sofort die Rohdichte frisch und der Wassergehalt bestimmt.

Von den frischen Proben wurden 200 g in einen Meßzylinder gefüllt und in diesem auf einem Stampfvolumeter (JEL ST2 nach DIN 53194) verdichtet. Nach 5000 Schlägen wurde das Stampfvolumen ermittelt.

* W. Burghardt, Nds. Landesamt für Bodenforschung, Außeninstitut für Moorforschung u. Angew. Bodenkunde, Friedrich-Mißler-Str. 46/48, 2800 Bremen.

Nach Umrechnung der Einwaage auf 105°C trockenem Boden wurde die Rohdichte berechnet sowie der Aschegehalt und die Korngrößenzusammensetzung der Asche bestimmt. Die Korngrößenverteilung des untersuchten Probenmaterials schwankte für alle Proben in engen Grenzen, so daß hier eine Vergleichbarkeit gegeben war (Tab. 1).

3. Zum Vorgang der Verdichtung im Stampfvolumeter

Durch das Stampfen im Stampfvolumeter werden Impulse in Form von Stößen an die Bodensäule im Meßzylinder übertragen. Das Stampfvolumen von reinen trockenen Sanden nimmt dabei mit steigender Einwaage geringfügig zu. Die Rohdichte verringert sich entsprechend (Tab. 2). Bei Sandmischkulturen steigt hingegen die Rohdichte mit der Einwaage erheblich an.

Trockene Sande weisen im Stampfvolumeter eine höhere Rohdichte auf als feuchte (Tab. 3). In Sandmischkulturen ist ein umgekehrtes Verhalten feststellbar. Mit dem Wassergehalt nimmt die Rohdichte zu (Tab. 4). Weiterhin zeigte sich, daß bei reinen Sanden die Verdichtung im oberen Drittel des Stampfvolumeters größer ist als darunter.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß das Stampfvolumeter besonders geeignet ist, das elastische Verhalten von Böden zu charakterisieren. Bei Sand erfolgt eine konzentrierte Wirkung des Kraftstosses auf die oberflächennahen Schichten. Entsprechend ist die Verdichtung dort am stärksten.

Die Sand-Torf-Gemische der Sandmischkulturen sind hingegen nicht in dem Maße als elastisch anzusprechen. Die Energie des Stampfvolumeterstosses führt in stärkerem Umfange zu einer bleibenden Verformung und damit zu einer Zunahme der Lagerungsdichte in allen Schichten.

4. Ergebnisse

4.1. Die Rohdichte der Feldproben

Der Aschegehalt der Sandmischkultur (Tab. 5) nimmt erwartungsgemäß mit dem Alter zu, wobei die gleichzeitig geringer werdende Streuung auf eine allmähliche Homogenisierung hinweist. Die Fehnkultur nimmt infolge der erwähnten fortwährenden Einarbeitung von Torf in die Krume eine Zwischenstellung ein.

Die Trockensubstanzen steigen parallel zu den Aschegehalten an.

Ihre Streuung verhält sich entsprechend derjenigen der Aschen. Die Rohdichte (Tab. 6) der feuchten Feldproben liegt einheitlich zwischen 1,45 und 1,51 g cm^{-3}. Sie weist somit keine Abhängigkeit vom Alter der Kultur oder dem Aschegehalt auf. Die auf die Trockensubstanz bezogene Rohdichte steigt mit dem Alter der Kultur.

4.2. Die Rohdichte im Stampfvolumeter

Im Stampfvolumeter (Tab. 7) steigt auch die Rohdichte der feldfeuchten Proben mit dem Alter an. Noch deutlicher ist dieser Anstieg bei Bezug auf 105°C trockene Proben. Ein Vergleich mit der Rohdichte der Feldproben (Abb. 1) zeigt, daß im Stampfvolumeter nicht die im Feld vorgefundenen Rohdichten erzielt werden können. Diese Differenz wird mit zunehmendem Alter der Proben geringer. Bei Fortführung der Kurven würde sich ein Schnittpunkt bei 108 Jahren ergeben. Dabei ist der Alterseinfluß bei der Rohdichte der Stampfvolumeterproben deutlicher ausgeprägt, als bei der Bestimmung im Felde.

Enger ist die Beziehung der Asche zu den an den Feldproben wie auch den Stampfvolumeterproben ermittelten Ergebnissen (Abb. 2). Bei gleichem Aschegehalt ist die Rohdichte der Feldproben deutlich größer. Der Unterschied scheint mit steigendem Aschegehalt geringer zu werden. Betrachtet man nun diese Beziehung bei den einzelnen Altersstufen (Abb. 3), so ergibt sich ein differenziertes Bild. Bei den Feld- wie bei den Stampfvolumeterproben wird die Beziehung zwischen Rohdichte und Asche mit dem Alter weiter. Mit Ausnahme der Fehnkultur nähern sich innerhalb der Altersstufen die Rohdichten der Feld- und Stampfvolumeterproben mit zunehmendem Aschegehalt, und dies umso stärker, je älter die Kultur ist. Bei älteren Kulturen weisen sogar einige Proben im Felde wie im Stampfvolumeter gleiche Rohdichten auf.

5. Diskussion der Ergebnisse

Die ermittelten Ergebnisse zeigen, daß die im Felde vorliegende Rohdichte nicht mit dem Stampfvolumeter erzielt werden kann. Auch gibt es zumindestens für verschieden alte Sandmischkulturen keine für sämtliche Proben gleich starke Beziehung zwischen der im Feld und im Stampfvolumeter bestimmten Rohdichte. Eine Deutung der im Felde vorgefundenen Rohdichte durch die im Stampfvolumeter erzeugten Vorgänge ist somit nicht möglich. Wie gezeigt werden konnte,

beschreibt das Stampfvolumeter die elastischen Eigenschaften von Böden. Unter diesen Einschränkungen müssen auch die Ergebnisse von HARTMANN und DE BOODT (1974) gesehen werden. Der Einfluß der Wassergehalte wie auch der Gehalte an organischer Substanz, den beide Autoren bei Stampfvolumeteruntersuchungen feststellen, konnte bestätigt werden. Die oben mitgeteilten Ergebnisse der Felduntersuchungen weisen zwar auf eine, jedoch längst nicht so ausgeprägte Abhängigkeit der Rohdichte von Asche- und Wassergehalt hin. Der Einfluß des Alters stützt sich sowohl im Feld wie im Stampfvolumeter auf den mit dem Alter abnehmenden Aschegehalt. Der innerhalb der einzelnen Altersstufen feststellbare zunehmende Abstand der Rohdichten Feld und Stampfvolumeter mit höherem Aschegehalt beruht auf der bei Torfen geringen und bei Sand hohen Elastizität. Je nach Aschegehalt kommt der Torfanteil oder der Sandanteil stärker zum Tragen. Die bei gleichem Aschegehalt höhere Verdichtung bei älteren Kulturen weist daraufhin, daß während der Bodenentwicklung die Elastizität des Sand-Humus-Gemisches abnimmt. Dies kann auf einer Abnahme der Elastizität der organischen Substanz beruhen oder darauf, daß zwischen den einzelnen Mineralpartikeln im verstärkten Maße organische Substanz eingelagert wird, sei es durch bessere Homogenisierung oder gar durch Hüllen- und Brückenbildung. Stampfvolumeteruntersuchungen können somit zur Beschreibung der Gefügeentwicklung beitragen. Die von der Gefügeentwicklung beeinflußten Mechanismen der Dichtlagerung des Bodens können jedoch mit diesem Gerät nicht ausreichend beschrieben werden.

6. Zusammenfassung

Die Entwicklung der Rohdichte von Sandmischkulturen im Felde wird beschrieben. Die im Felde ermittelten Rohdichten verschieden alter Sandmischkulturen können durch die im Stampfvolumeter festgestellten elastischen Eigenschaften nicht gedeutet werden. Die elastischen Eigenschaften vermitteln jedoch einen Einblick in die Gefügeentwicklung. Hierzu sind jedoch noch weitere Untersuchungen erforderlich.

7. Literaturhinweise

HARTGE, K. H., 1969: Die Sackungsneigung als Aspekt der Strukturstabilität. - Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkunde, 122, 250-259.

HARTMANN, R., u. DE BOODT, M., 1974: The influence of the moisture content, texture and organic matter on the aggregation of sandy and loamy soils. - Geoderma 11, 53 - 62.

Diese Arbeit wurde durch die Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft ermöglicht, der ich an dieser Stelle danken möchte.

Tabelle 1:

Einfluß der Einwaage auf die Verdichtung im Stampfvolumeter von Sanden der Körnung 0,06 - 0,125 mm und Sandmischkulturproben

Einwaage g	Sand	Sandmischkultur 13 Jahre Rohdichte, g cm^{-3}	Sandmischkultur 34 Jahre Rohdichte, g cm^{-3}
100	1,42	0,92	1,10
200	1,41	1,02	1,23
300	1,38	-	-

Tabelle 2:

Einfluß des Wassergehaltes (Saugspannung) auf die Rohdichte und auf die Verteilung der Rohdichte im Stampfzylinder bei Sanden der Körnung 0,1 - 0,4 mm

Saugspannung cm WS	Rohdichte, g cm^{-3} im oberen Drittel des Zylinders	mittleren Drittel des Zylinders	unteren Drittel des Zylinders
60	1,38	1,34	1,28
100	1,37	1,34	1,29
lufttrocken	1,56	1,49	1,46

Tabelle 3:

Körnung der untersuchten Proben

		Korngrößenverteilung, % g S 0,6-2	m S 0,2-0,6	f S 0,06-0,2	U,T < 0,06 mm
Sandmischkultur (18 Jahre) n = 10	$\bar{x}$	3,5	26,3	64,3	5,9
	s	2,1	2,4	4,5	1,2
Podsol, tiefgepflügt (54 Jahre) n = 10	$\bar{x}$	3,5	25,9	65,0	5,5
	s	0,7	2,0	2,4	1,1

Tabelle 4:

Aschegehalt und Trockensubstanz der Feldproben

	Alter	Asche %	S	Trocken-substanz %	S
Sandmischkultur	13	90,6	4,1	77,6	6,3
"	18	91,5	2,5	78,6	4,8
"	34	95,3	0,8	88,0	1,6
Fehnkultur	34	94,3	1,4	84,0	3,6
Podsol, tiefgepflügt	58	94,3	0,9	85,3	1,4

Tabelle 5:

Rohdichte der Feldproben

	Alter	Rohdichte, frisch $g\ cm^{-3}$	S	Rohdichte, trocken $g\ cm^{-3}$	S
Sandmischkultur	13	1,45	0,13	1,13	0,17
"	18	1,50	0,08	1,18	0,11
"	34	1,47	0,07	1,29	0,09
Fehnkultur	34	1,51	0,07	1,26	0,07
Podsol, tiefgepflügt	58	1,50	0,08	1,28	0,10

Tabelle 6:

Rohdichte im Stampfvolumeter

	Alter	Rohdichte, frisch $g\ cm^{-3}$	S	Rohdichte, trocken $g\ cm^{-3}$	S
Sandmischkultur	13	1,31	0,09	1,02	0,14
"	18	1,32	0,06	1,03	0,09
"	34	1,38	0,04	1,23	0,04
Fehnkultur	34	1,40	0,04	1,18	0,08
Podsol, tiefgepflügt	58	1,43	0,02	1,22	0,03

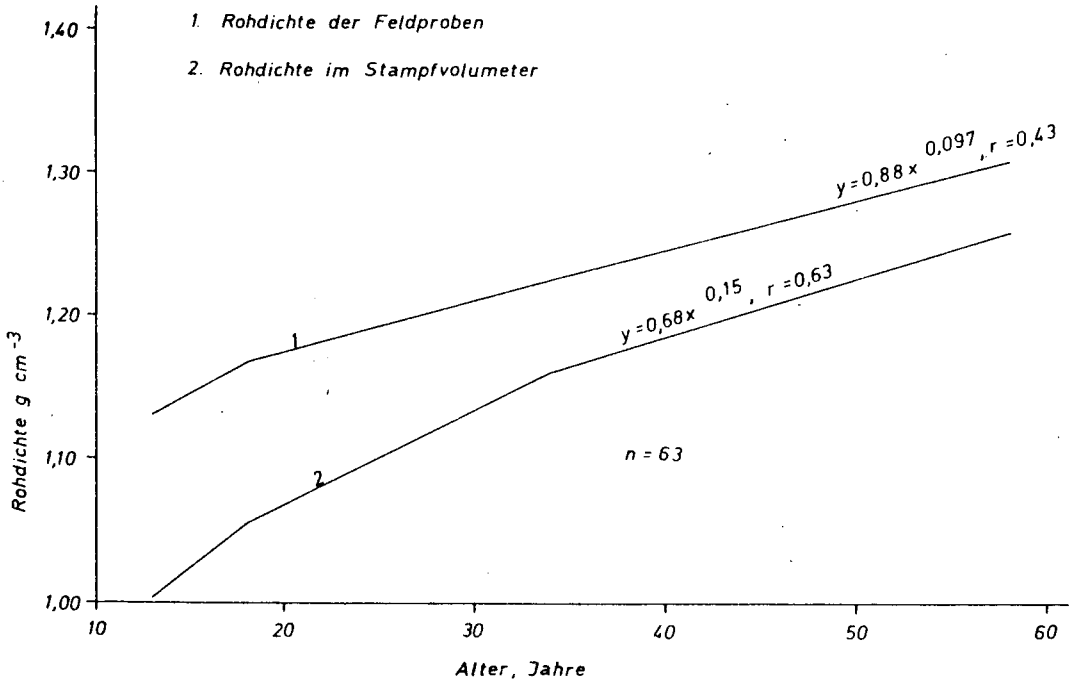


Abbildung 1 : Veränderung der Rohdichte mit dem Alter

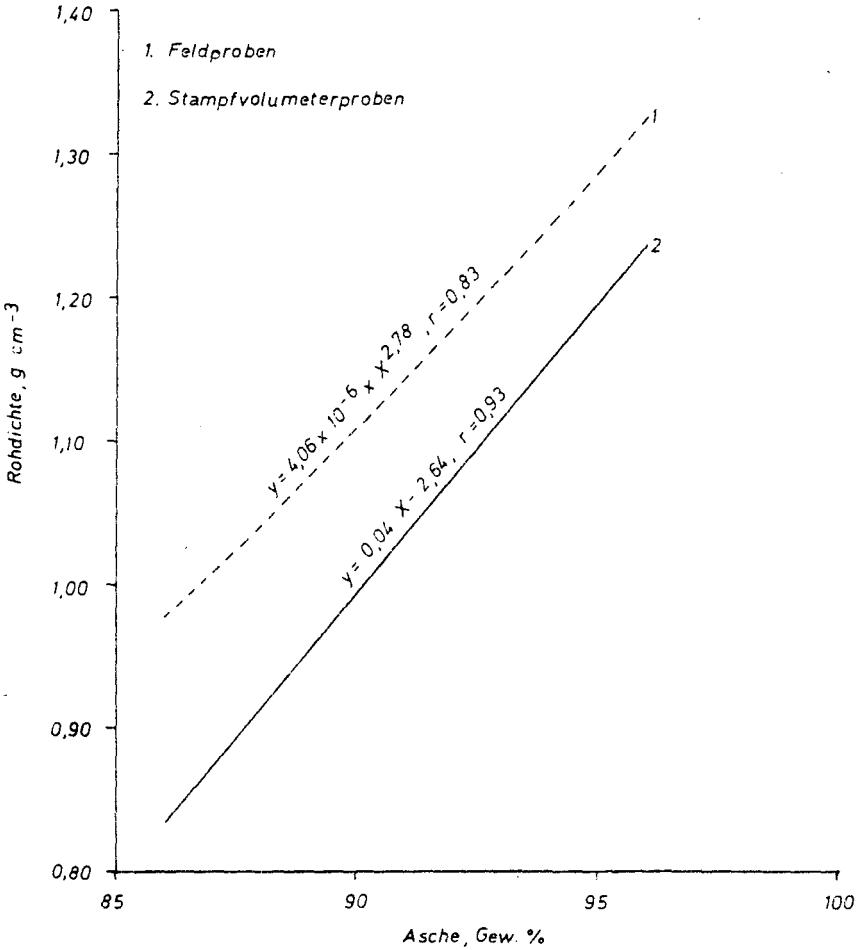


Abbildung 2: Beziehung der Rohdichte der Feld- und der Stampfvolumeterproben zur Asche

			--- Feld-proben	— Stampf-volumeter	
1. Sandmischkultur	13	Jahre	r = 0,94	r = 0,82	n = 20
2. "	18	"	0,88	0,90	20
3. "	34	"	0,68	0,44	12
4. Fehnkultur	34	"	0,95	0,71	20
5. Podsol, tiefgepflügt	58	"	0,74	0,55	11

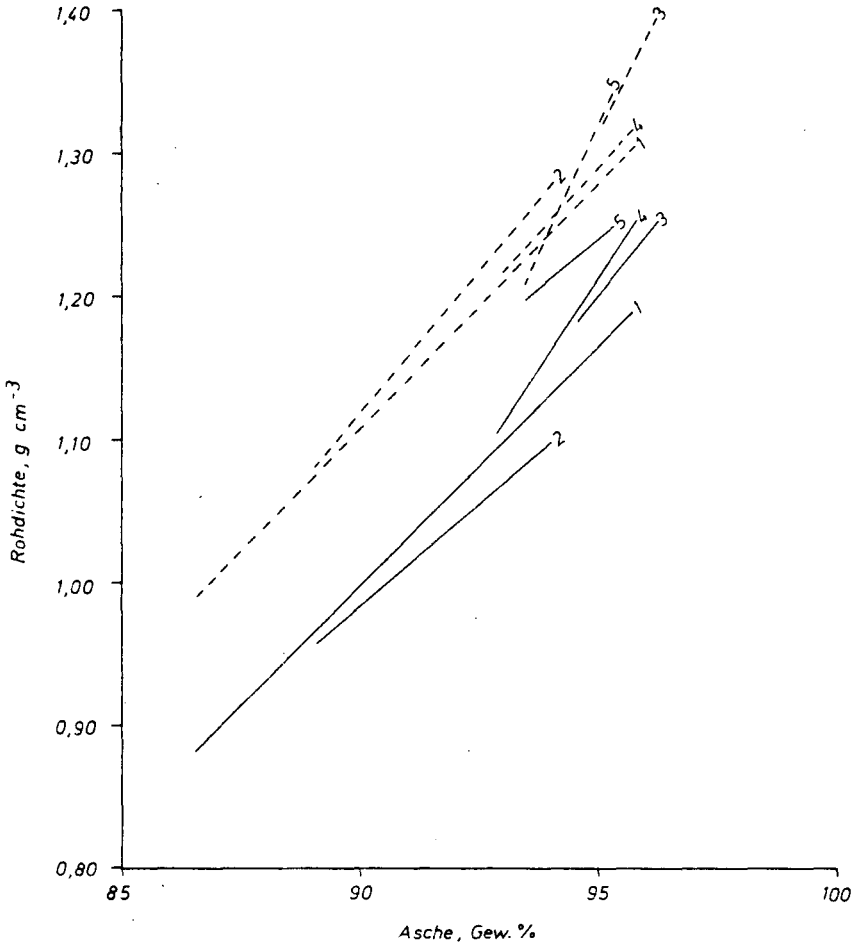


Abbildung 3 : Beziehung der Rohdichte der Feld- und der Stampfvolumeterproben der verschieden alten Kulturen zur Asche.

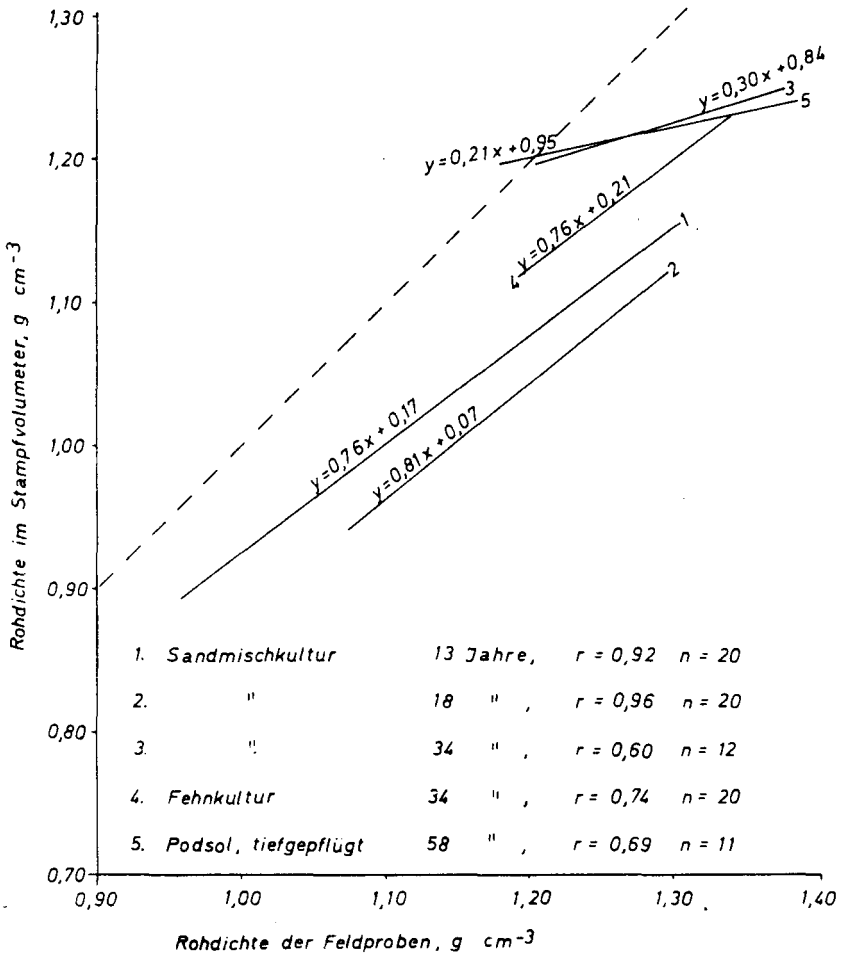


Abbildung 4 : Beziehung der Rohdichte der feuchten Feldproben zu der im Stampfvolumeter

Mitteilgn.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch., 25, 727-736 (1977)

Die Ertragsleistung einer Deutschen Sandmischkultur in Abhängigkeit von bodenkundlichen Kennwerten

P.-C. Hagemann und R. Bartels*

Hochmoore im nordwestdeutschen Raum sind schon seit geraumer Zeit mit dem Ziel kultiviert worden, auch in diesen vormals absoluten Grünlandgebieten nachhaltig sichere und vielseitig nutzbare Ackerstandort zu schaffen.

Seit Jahrzehnten werden durch das Verfahren der Deutschen Sandmischkultur - also durch Tiefumbruch von Hochmooren und die anschließende Durchmischung von Sand und Torf in der Krume - weite Moorflächen einer regelmäßigen Ackernutzung unterzogen.

Zunächst beschränkt sich die Bodenbearbeitung auf die obersten 20 cm, aber durch den Einsatz immer stärkerer und größerer Maschinen in der Landwirtschaft besteht auch bei diesen antropogenen Böden die Tendenz zur Krumenvertiefung.

Daher wurde auf der ehemaligen Versuchswirtschaft in Königsmoor ein Feldversuch angelegt, der den Einfluß der unterschiedlichen Bearbeitungsform und -tiefe auf die Homogenität und den Humusgehalt der Krume einer Sandmischkultur berücksichtigt.

Zur Verfügung steht eine 1959 angelegte Sandmischkultur, die sich seit 1972 in Ackernutzung befindet.

Im einzelnen wurden dazu folgende vier Varianten angelegt:

1.) herkömmliche Bodenbearbeitung - 20 cm tief pflügen,
2.) 45 cm tiefes Pflügen,
3.) 45 cm tiefes Mischen mittels Spatenpflug,
4.) allmähliche Krumenvertiefung - ausgehend von 20 cm jährlich 3 cm tiefer pflügen.

Für die Unterstützung der Untersuchungen durch die DFG sei auch an dieser Stelle gedankt.

* Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung -Außeninstitut für Moorforschung und Angewandte Bodenkunde-, Friedrich- Missler-Str. 46/48, 2800 Bremen.

Die zusammenfassende Prüfung des nachhaltigen Erfolges einer Meliorationsmaßnahme ist der Ertrag über einen längeren Zeitraum.

Die Entwicklung der Erträge des erwähnten Feldversuches ist jedoch nicht gleichgerichtet. Es fällt auf, daß die beiden tiefer gepflügten Varianten im Schnitt der Jahre besser abschneiden; dagegen übersteigt die gespatete Variante nur im Jahr 1975 den Ertrag der regelmäßig flach gepflügten Variante.

Da sich die Ertragsunterschiede nicht gleichmäßig verhalten, muß nach bodenkundlichen Parametern gesucht werden, die zur Deutung dieser unterschiedlichen Erträge herangezogen werden können.

Für Böden, die aus Sand-Torf-Mischungen hervorgegangen sind, steht dabei der Gehalt an organischer Substanz im Vordergrund.

Sandmischkulturen sollen sich im weiteren Verlauf ihrer Entwicklung bei einem Humusgehalt von 6-8 % einpendeln.

Die Ergebnisse aus Königsmoor zeigen jedoch, daß die geforderten Gehalte an organischer Substanz zum Teil recht erheblich überschritten werden.

Abbildung 1 Entwicklung der mittleren Gehalte an organischer Substanz (Gew.%) FV 57 - Königsmoor, Sandmischkultur (SMK)

Variante/Jahr	1973	1974	1975	1976
20 cm gepflügt	10,2	11,0	9,1	8,3
45 cm gepflügt	10,2	13,9	12,4	12,9
45 cm gespatet	18,9	19,6	17,8	16,9
allm. Krumenvertiefung	12,5	13,9	12,1	10,6

Aus Abbildung 1 ist zu sehen, daß außer der gleichmäßig flach gepflügten Variante, die sich mit ihrem Humusgehalt dem geforderten Maß von 6-8 % nähert, nur noch die Variante mit allmählicher Krumenvertiefung eine Abnahme des Humusgehaltes erkennen läßt. Dagegen hat sich der Gehalt an organischer Substanz der beiden 45 cm tief bearbeiteten Varianten nicht oder nur geringfügig verändert.

Die statistische Verrechnung der Erträge der Sandmischkultur in Königsmoor mit Hilfe der Varianzanalyse zeigte keinerlei Faktorenwirkung, so daß ein direkter Einfluß der unterschiedlichen Bodenbearbeitung nicht abgeleitet werden konnte.

Auch die Korrelation zwischen Humusgehalt und Ertrag schwankte in den Jahren zwischen r = -0,6 und r = +0,5.

Daher wurden zusätzliche, die Ertragsleistung beeinflussende Daten über den Witterungsverlauf der vergangenen Jahre in die Berechnung mit einbezogen. Zum Nachweis dieser Beziehung wurden die Erträge und die Wasserbilanzsumme (Niederschlag - potentielle Verdunstung) für die Monate Januar bis Juni miteinander korreliert.

Die Beziehung zwischen diesen beiden Größen ist mit r = 0,84 deutlich positiv.

Für die Ertragslage einer Sandmischkultur könnte das einen zu erwartenden Ertragszuwachs mit einer zunehmend ausgeglichenen Wasserbilanz in der für den Getreidebau nutzbaren Zeit Januar bis Juni bedeuten.

Zur Erhärtung dieser Aussage wurde mit einer multiplen linearen Korrelation der Einfluß beider bisher betrachteter Parameter - klimatische Wasserbilanz und der Gehalt an organischer Substanz - auf den Ertrag untersucht.

Die Abbildung 2 zeigt die sich daraus ergebende Regressionsebene.

Es bestätigen sich hier bereits erwähnte Vermutungen:

1. ist unabhängig von der klimatischen Wasserbilanz der Humusgehalt im Durchschnitt aller untersuchten Jahre nur in relativ geringem Maße für die Ertragsleistung einer Sandmischkultur verantwortlich (0,13 x_1).
2. ist ein deutlich stärkerer Einfluß der klimatischen Wasserbilanz auf die Ertragshöhe festzustellen (0,57 x_2).

Der multiple Korrelationskoeffizient beträgt r = 0,84, das Bestimmtheitsmaß B = 71 %.

Dieses Ergebnis ließe vermuten, daß 71 % der Ertragsunterschiede allein durch Veränderungen des Humusgehaltes und der klimatischen Wasserbilanz zu erklären sind.

Die in Abbildung 2 aufgezeigten Beziehungen ändern sich jedoch, wenn nicht die Durchschnittwerte der Jahre 1973 bis 1976 be-

trachtet werden, sondern wenn jede Variante einzeln verrechnet wird.

Als Beispiel sollen in den Abbildungen 3 und 4 die Variante mit herkömmlicher Bodenbearbeitung - 20 tief gepflügt und die regelmäßig 45 cm tief gepflügte Variante miteinander verglichen werden.

Abbildung 3 für die flach bearbeitete Fläche zeigt wiederum einen stärkeren Einfluß des Humusgehaltes auf die Ertragsleistung ($0{,}38\ x_1$). Ebenso deutlich ist aber auch der Einfluß einer relativ ausgeglichenen Wasserbilanz ($0{,}81\ x_2$).

Dagegen stellen sich die Abhängigkeiten bei der tiefer gepflügten Variante (Abb. 4) sehr verändert dar. Hier ist die Ertragsbeeinflussung durch die Wasserbilanzsumme wesentlich geringer ($0{,}39 x_2$) und zudem ist - bei einem bereits hohen Durchschnittgehalt an organischer Substanz - eine weitere Zunahme des Humusgehaltes als negativer Einfluß auf die Ertragshöhe zu bewerten ($-\ 0{,}21\ x_1$).

Neben den bisher beschriebenen Abhängigkeiten der Ertragsleistung einer Sandmischkultur werden ebenso physikalische Daten in Labor- und Felduntersuchungen gesammelt, die in die Berechnungen mit einbezogen werden sollen.

Mit insgesamt 160 Stechzylindern (40 für jede Variante) wurde die Porenraumgliederung der Krume für die vier verschiedenen Varianten untersucht.

Die pF-Wert-Wassergehaltsbeziehung wurde bis pF 1,8 mittels hängender Wassersäule bestimmt. Höhere pF-Bereiche wurden mit Hilfe der Überdruckapperatur untersucht.

Wie sich die Verhältnisse in Königsmoor darstellen, ist in Abbildung 5 aufgezeigt.

Es fällt zunächst auf, daß sich das Substanzvolumen mit zunehmender Bearbeitungstiefe deutlich verringert. Noch einmal eine Abnahme des Substanzvolumens gegenüber den drei gepflügten Varianten ist bei der gespateten Variante festzustellen.

Auch die Porenraumverteilung weist deutlich erkennbare Unterschiede auf. Bei den Porengrößen kleiner 0,2 µ ist mit zunehmender Bearbeitungstiefe eine geringfügige Zunahme ihres Anteils zu verzeichnen. Ebenso erhöhen sich die Gehalte der Poren von 0,2-3 µ und von 3-10 µ, die letzteren jedoch in wesentlich geringerem Maße.

Nahezu unbeeinflußt durch die verschiedenen Bearbeitungsmaßnahmen bleiben die langsam und schnell dränenden Porengrößen 10 - 50 µ und größer als 50 µ. Ihr Anteil ist mit 14 bzw. 11 % in allen Varianten gleichbleibend konstant.

Weiter läßt sich bei der Betrachtung der Aschegehalte und auch der Volumengewichte mit zunehmender Bearbeitungstiefe eine Verdünnung der mineralischen Komponente ableiten.

Ein vermehrtes Einarbeiten von Torf in die Krume bzw. eine Vertiefung der Krume zieht eine Zunahme der Porengrößen 0,2 - 10 µ nach sich, und damit vergrößert sich das Angebot an pflanzenverfügbarem Haftwasser.

Positive Auswirkungen auf den Ertrag scheinen dadurch nicht vorzuliegen, denn die Korrelation Porenraumverteilung/Ertrag ist mit r = 0,1 nicht signifikant.

Durch weitere statistische Berechnungen sollen die hier in den Ansätzen aufgezeigten Einflüsse bodenkundlicher Kennwerte auf die Ertragsleistung einer Deutschen Sandmischkultur konkretisiert werden.

Es besteht die Vermutung, daß dadurch der Entwicklungsprozeß dieser anthropogenen Böden genauer abgegrenzt werden kann.

Zusammenfassung

Eine 1959 auf der ehemaligen Versuchswirtschaft in Königsmoor angelegte Sandmischkultur befindet sich seit 1972 in Ackernutzung. Die bei der Anlage dieses Feldversuches gewählten vier unterschiedlichen Bearbeitungstiefen und -formen sollen Aussagen über das optimale Mischungsverhältnis zwischen Sand und Torf in der Krume dieser anthropogenen Böden liefern.

Für die Beurteilung durch Tiefumbruch meliorierter Moorböden erweisen sich Gehalt und Grad der Humifizierung der organischen Substanz als wesentlicher Faktor zur Abschätzung ihrer Ertragsleistung.

Zur ansatzweisen Absicherung wurden die Ertragsdaten der vergangenen Jahre sowohl mit den chemischen (Humus) und physikalischen (pF) Untersuchungsergebnissen als auch mit Witterungsdaten in Beziehung gesetzt.

Literatur:

KUNTZE, H., 1972: Rekultivierung gealteter Moorkulturen. Telma, 2, 109-118, Hannover.

- 1974: Meliorationsbeispiel Sandmischkultur, Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 24, 31-46.

WIND, G.P. u. POT, R.A., 1976: Bodenverbesserung in holländischen Veenkolonien. - Z.f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 17, 193-206, Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg.

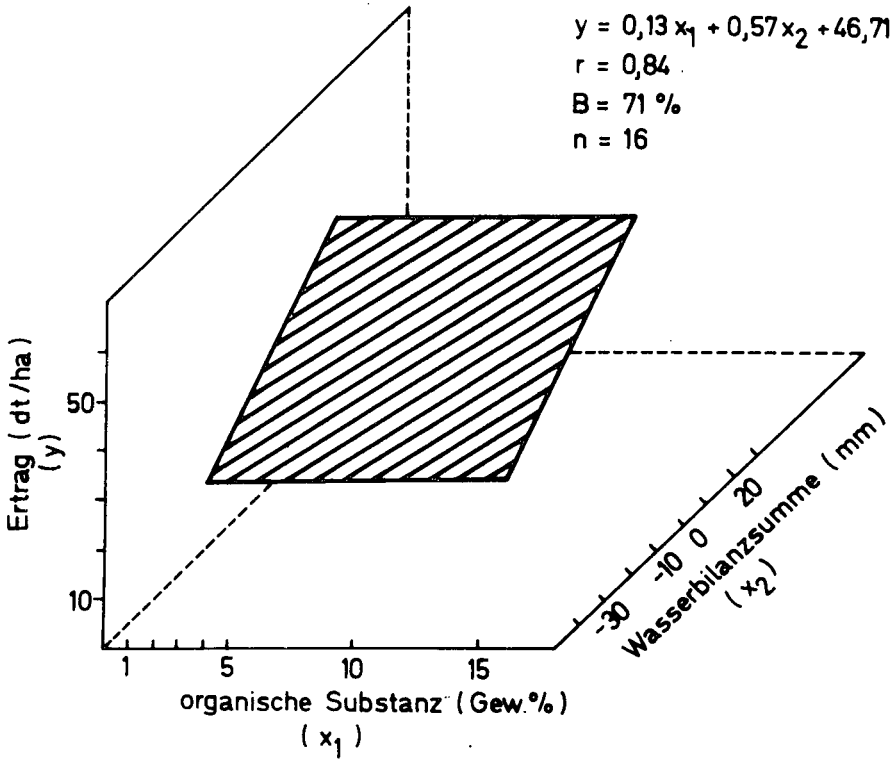


Abb. 2 : Abhängigkeit des Ertrages (y) vom Gehalt an organischer Substanz (x_1) und der Wasserbilanzsumme (x_2); Sandmischkultur (SMK) - Königsmoor, Durchschnitt aller Varianten 1973 - 1976

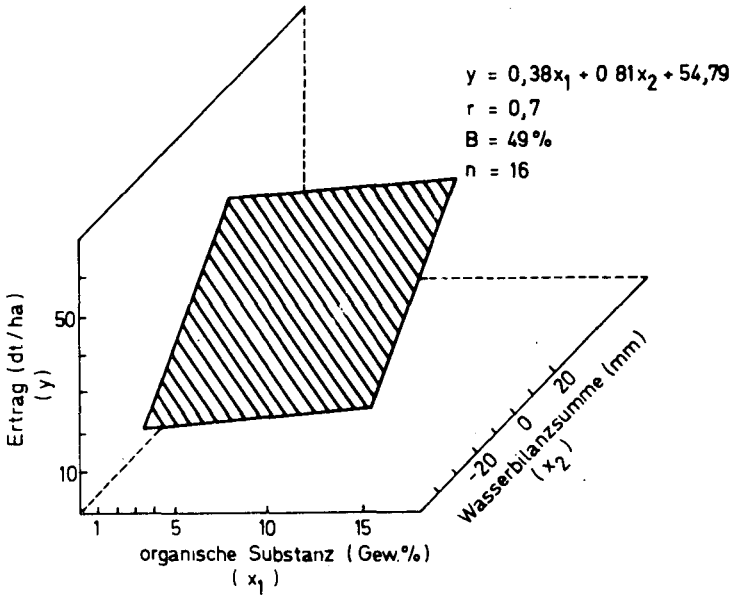


Abb.3 : Abhängigkeit des Ertrages (y) vom Gehalt an organischer Substanz (x_1) und der Wasserbilanzsumme (x_2) ; SMK - Königsmoor 20cm gepflügt

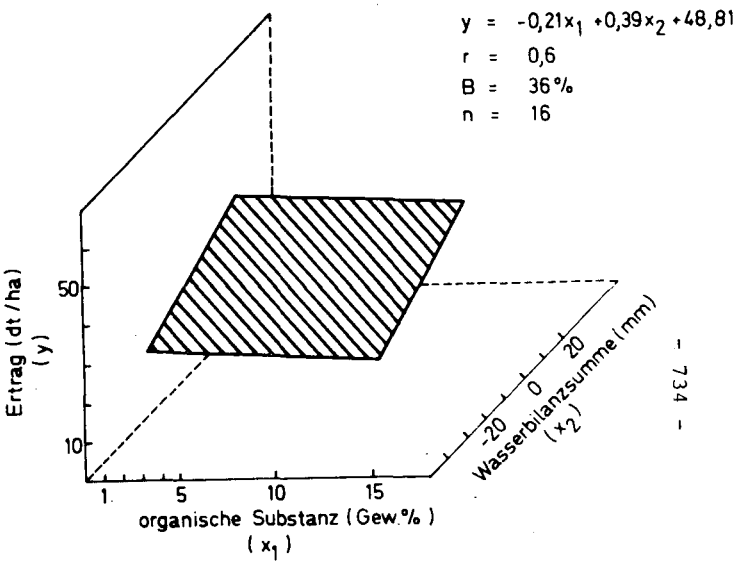


Abb.4 : Abhängigkeit des Ertrages (y) vom Gehalt an organischer Substanz (x_1) und der Wasserbilanzsumme (x_2) ; SMK - Königsmoor 45cm gepflügt

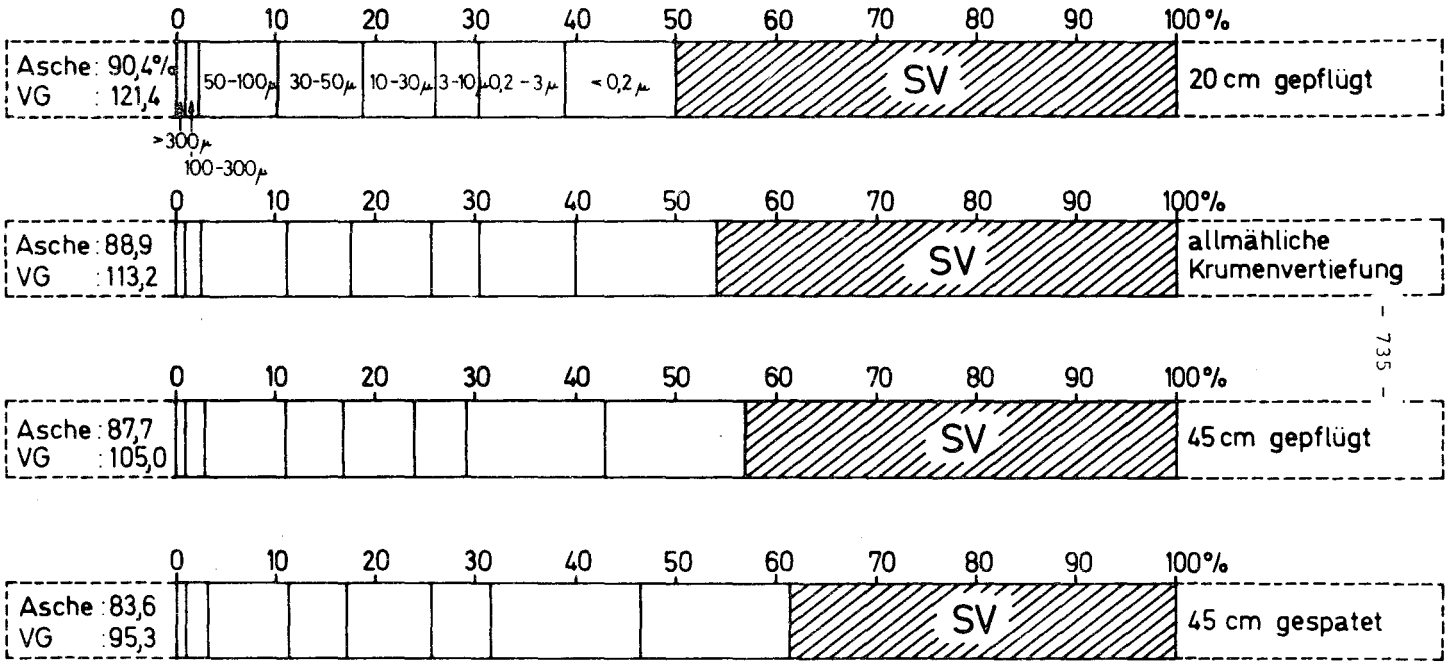


Abb. 5: Porenraumverteilung, SMK - Königsmoor
(10-15cm)

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 737-750 (1977)

Bodenphysikalische Veränderungen in wiederholt entwässertem Ritscher Moor*

von

H. Kuntze**, W. Burghardt** und P. Ilnicki***

1. Einleitung

Im Meliorationsentwurf soll für ein Moor stets die zu erwartende Sackung bekannt sein. Dafür werden empirische Formeln angewendet, welche für nicht vorentwässerte Moore entwickelt wurden. Daher erschien es notwendig, in einem Feldversuch das komplexe Sackungsproblem im wiederholt entwässertem Hochmoor zu untersuchen, besonders im Hinblick auf klimatische, bodenphysikalische und bodenmechanische Abhängigkeiten und Einflüsse.

2. Methoden und Ergebnisse

Im Ritscher Moor (südlicher Teil des Kehdinger Moores) wurden vor der letzten Dränung (1968) vier Meßstellen angelegt, in welchen in 5-6 Tiefen die Sackung der Torfschichten kontinuierlich beobachtet wurde. Die Niederschläge, Grundwasserstände sowie Saugspannungen des Bodenwassers in 3 Tiefen wurden laufend ermittelt. Bodenphysikalische Untersuchungen sind 1968 und 1976 profilmäßig durchgeführt worden.

---

* Die vorliegende Arbeit stützt sich auf ein mit Mitteln des Nds. Zahlenlottos durchgeführtes Versuchsprogramm, das durch Unterstützung der Alexander von Humboldt Stiftung in Bonn - Bad Godesberg ausgewertet werden konnte.

** Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Außeninstitut für Moorforschung und Angewandte Bodenkunde, Friedrich-Mißler-Str. 46/48, 2800 Bremen

*** Biuro Projektow Wodnych Melioracji Poznan, u.Dabrowskiego 138, Polen

über mittel zersetztem Schilftorf (0,5-1,0 m) liegt eine 1-2 m mächtige Schicht von schwach zersetztem Sphagnumtorf. Die Umgebung der Meßstellen III und IV wurde vor 1900, die um Meßstelle I und II um 1920-25 das erste Mal entwässert und kultiviert. In den Jahren 1952-55 wurden die Flächen flach gedränt und 1965 ein Schöpfwerk errichtet sowie Vorfluter und Sammler verrohrt. Die Meßstellen I und IV wurden auf Grünland, die beiden anderen auf Acker eingerichtet.

Vor der Dränung waren die Torfe der Meßstelle I locker (SV 3,8 %), der Meßstellen II und III ziemlich locker (SV 4,5-7,4 %) und der Meßstelle IV ziemlich dicht (SV 7,4-11,4 %) gelagert.

Im Untersuchungszeitraum 1968-1975 betrugen die jährlichen Niederschläge im Ritscher Moor durchschnittlich 690 mm und in der Periode Mai - Oktober 388 mm. Die sommerliche (V-X) klimatische Wasserbilanz der nahen Station Jork betrug 25 mm und war um 92 mm niedriger als in den Jahren 1951-1975. Vier der Sommerhalbjahre waren sehr trocken (1971, 1973, 1975, 1976), weitere drei durchschnittlich (1969, 1970, 1974) und nur eines ausgesprochen naß (1968). Die im Sommerhalbjahr 1976 gemessenen Niederschläge (211 mm) und klimatische Wasserbilanz (- 281 mm) weisen auf einen extrem trockenen Sommer hin.

Nachdem die Dränung den Sommergrundwasserstand um 16-41 cm gesenkt hatte, lag er in den Jahren 1969-75 um 80 cm (I), 130 cm (II), 110 cm (III) und 100 cm (IV) unter Flur. Unter Grünland schwankte er im ganzen Jahr nur um 10 cm. Bei Ackerland trat im Juni-September eine Senkung von 20-30 cm auf. Der extreme Sommer 1976 verursachte eine zusätzliche Senkung um 15-20 cm.

Die Saugspannung des Bodenwassers wies nur in der oberen 10-15 cm Schicht größere Schwankungen auf und überschritt hier nur selten 200 cm WS. Eine ausreichende Versorgung der Pflanzen mit Wasser war damit sicher gestellt.

Die erste Entwässerung verursachte im bis dahin unberührten Kehdinger Hochmoor um die Jahrhundertwende eine Oberflächensackung von 1,5-3,5 m, wobei die größten Höhenverluste in den ersten 7 Jahren stattfanden. Der zeitliche Verlauf der Oberflächensackung in nordwestdeutschen Hochmooren (Abb. 1) unterstreicht den unterschiedlichen Verlauf dieses Prozesses bei wiederholten Ent-

wässerungen (Königsmoor, Kehdinger Moor und Ritscher Moor).

Die in den Jahren 1968-1976 im Ritscher Moor eingetretene Sackung der Oberfläche (Tab. 1) ist in den einzelnen Meßstellen verschieden groß. Am stärksten sackte um 42 cm der mächtige (3,15 m) und lockere Torf der Meßstelle I, mit 20 cm am wenigsten der gering mächtige (1,28 m) und ziemlich dichte Torf der Meßstelle IV. Der Einfluß der Grünland- oder Ackernutzung läßt sich infolge des Meßstellenaufbaues nicht nachweisen. Die Sackung der Torfschichten nimmt mit der Tiefe ab. Die Dräne, welche ursprünglich in 1,1 m Tiefe lagen, sind bis November 1976 in den Meßstellen I-IV um 25,3, 12,6, 11,0, 5,0 cm gesackt, wobei der Verlust der Dräntiefe (Oberflächen-Dränsackung)(16,7, 12,4, 13,9,12,0) um 14 cm liegt. Auch die unmittelbar über dem Marschsediment liegenden Brettchen sind noch um 4-5 cm gesackt, was auf eine Verdichtung des wasserreichen mineralischen Sedimentes hinweist. Nach einer sehr starken Sackung im ersten Jahr nach der Dränung werden die jährlichen Höhenverluste später immer kleiner. Im ersten Jahr wird der Einfluß der Moormächtigkeit und Lagerungsdichte deutlich, während in den folgenden Jahren diese Faktoren einen abnehmenden Einfluß haben. Im extrem trockenen Sommer 1976 wurde eine sehr große Sackung (3-7 cm) gemessen. Damit verursachte diese Periode einen der Dränung ähnlichen Effekt.

3. Abhängigkeiten und Einflüsse

Die Entwässerung erhöht die Wasserspannung im Torf und um den verminderten Auftrieb das Gewicht der Bodenmasse. Beide Vorgänge lösen eine zusätzliche Belastung aus, welche das Moor senkrecht zusammendrückt und die eigentliche Sackung hervorruft. Weiteren Höhenverlust der Moore verursachen die Schrumpfung und der Torfschwund.

Die in Kompressionsversuchen bei einer Belastung von 0,1 kg/cm^2 gemessene Zusammendrückbarkeit der Torfe steigt von ziemlich dichten (4,7 %) zu lockeren Torfen (9,8 %) (Tab. 2). Sie entspricht der eigentlichen Sackung. Ein Vergleich der Zeitsetzungslinien der Torfe mit den aus den Felduntersuchungen festgestellten Sackungszeitlinien (Abb. 2) zeigt, daß die eigentliche Sackung umso schneller beendet sein wird, je größer die Lagerungsdichte des Torfes ist. Die Zeitsetzungslinie wurde im

Ödometer durch messen der Zusammendrückbarkeit der belasteten Torfproben über 72 Stunden, die Sackungszeitlinie durch statistische Berechnung der in ca. 8 Jahren kontinuierlich gemessenen Oberflächensackung ermittelt. Nach dem Überschneiden beider Linien dürfte der weitere Höhenverlust auf Schwund und Schrumpfung der Torfe zurückzuführen sein. Bei wiederholter Entwässerung dürften diese Faktoren und nicht die zusätzliche Belastung den Hauptanteil der Sackung verursachen.

Bei erster Entwässerung ist die Sackung mit der Moormächtigkeit, Entwässerungstiefe positiv und mit der Lagerungsdichte negativ korreliert. Bei wiederholter Entwässerung ist ein Anstieg der Höhenverluste mit der Moormächtigkeit und bei niedrigem Substanzvolumen zu beobachten, während die Senkung des Sommergrundwasserstandes um 20-40 cm keinen wesentlichen Einfluß mehr ausübt (Tab. 2). Die jetzt ermittelten Korrelationen sind nicht signifikant und schwächer als bei der ersten Entwässerung.

Da die letzte Sackung hauptsächlich durch Torfschwund und Schrumpfung verursacht wird, wurde der Einfluß des Klimas, des mittleren Sommergrundwasserstandes (V-X) und der Wasserspannung der 10-15 cm Torfschicht auf die jährliche Sackung in den Jahren 1970-76 untersucht. Das erste Jahr nach der Dränung (1969) wurde ausgeklammert, da die zunächst gemessenen großen Höhenverluste hauptsächlich durch die eigentliche Sackung verursacht wurden. Zwischen der jährlichen Sackung und der klimatischen Wasserbilanz besteht in den Jahren 1970-75 eine negative Korrelation, welche durch Analyse der klimatischen Wasserbilanz der Sommermonate unter Einbezug des extrem trokkenen Jahres 1976 deutlicher hervortritt ($r = -0{,}48^{x}$). Es konnte keine Beziehung zwischen der jährlichen Sackung und dem mittleren Sommergrundwasserstand gefunden werden. Zwischen der jährlichen Sackung und der Saugspannung der obersten Schicht (10-15 cm) besteht im Sommer eine positive Korrelation. Die statistische Auswertung der jährlichen Sackung zeigt deutlich, daß die durch physikalische Vorgänge verursachte Sackung hauptsächlich im ersten Jahr nach der Dränung stattfindet.

Mit Hilfe der mehrfachen Regressionsgleichung wurde der Einfluß der Moormächtigkeit (x_1), des Substanzvolumens (x_2), der Sommergrundwassersenkung (x_3) sowie der Zeit (x_4) auf die Sackung (y) festgestellt ($r=0{,}932^{xxx}$)($y=-60{,}5+0{,}19x_1+3{,}67x_2+0{,}15x_3+2{,}21x_4$).

Wenn man die Sackung langfristig (Abb. 1) zwischen den Entwässerungen betrachtet, folgt die Sackungszeitlinie einer Exponentialkurve. Die Moormächtigkeit, das Substanzvolumen und die Entwässerungstiefe haben dabei starken Einfluß auf den steilen Teil der Linie, während die flachen Abschnitte durch die klimatische Wasserbilanz, die Wasserspannung der obersten Torfschicht und die Zeit bestimmt werden.

Eine deutliche Erhöhung der jährlichen Sackung im extrem trockenen Sommer 1976 (Tab. 1) ist hauptsächlich durch weitere Senkung des Grundwasserspiegels (zusätzliche Belastung) und dem durch hohe Temperaturen und niedrigeren Wassergehalt gefördertem Torfschwund und Schrumpfung verursacht worden. Unter diesen extremen Verhältnissen wurde mit Hilfe der Differenzen des Wassergehaltes zwischen der 10-60 cm Torfschicht im Juli-September und Mai sowie mit Schrumpfungskurven (3) eine Volumenschrumpfung von 1,5-4,0 % festgestellt. Durch die Schrumpfung könnten also höchstens 50-70 % der Höhenverluste in diesem Jahr verursacht sein.

Die Korrelation zwischen den durch Oxidation verursachten jährlichen Höhenverlust und dem Faktor von LANG (f = jährlicher Niederschlag : mitt. jährliche Temperatur) zeigt in der trokkenen Periode 1969-75 (f = 58,5, Sackung 2,3 cm/Jahr) und im extrem trockenen Sommer 1976 (f = 40, Sackung 3-7 cm/Jahr) auf einen erhöhten Torfschwund hin. Die bei f $>$ 100 gemessene Sakkung beträgt $<$ 1 cm/Jahr (2).

4. Veränderungen der Porenraumgliederung und des Bodenwasserhaushalts

Die durch pF Messungen vor (1968) und nach (1976) der Sackung festgestellte Porenraumgliederung (Abb. 3) von 3 Schichten der am stärksten (42 cm) gesackten Meßstelle I zeigt eine klare Tendenz auf. Der Anteil dränender Poren $>$ 30 μ (0-50 cm Schicht) bzw. $>$ 50 μ (50-160 cm Schicht) nimmt ab und der Anteil von Poren $<$ 3 μ zu. Der Anteil der kleinsten Poren $<$ 0,2 μ mit Totwasser verändert sich kaum. Die größten Unterschiede werden in der oberen Torfschicht (0-50 cm) gemessen, die kleinsten in der tiefsten. Dadurch ergibt sich auch eine Vergrößerung des Substanzvolumens, welche hauptsächlich in der oberen Schicht festgestellt wird. Eine Verdichtung des Torfes entsteht aber auch

unter dem Grundwasserspiegel.

Die Mittelwerte der Wasserspannung der oberen 10-15 cm Torfschicht lagen im Sommerhalbjahr zwischen 94-125 cm WS. In den 9 beobachteten Jahren erreichten im Sommer nur an 27 (Meßstelle I), 72 (Meßstelle II), 52 (Meßstelle III) bzw. 53 (Meßstelle IV) Tagen die Wasserspannungen dieser Schicht Werte zwischen 150 - 300 cm WS. Die Wasserspannungen verändern sich nicht mit der Sackung, sondern mit dem Witterungsverlauf. Da der Wassergehalt in der Regel höher als 70 % der nutzbaren Feldkapazität war, konnte der Einfluß der Veränderungen der Porenraumgliederung nicht sichtbar werden.

In allen Meßstellen wurde in den Sommern 1968-1976 an 45 % der Meßtage eine abwärtsgerichtete Wasserbewegung festgestellt. Beim Grünland wurde sie öfter (39-43 %) als auf dem Acker (45-52 %) gemessen.

Nur in der Hälfte des Sommers war eine Nachlieferung des Wassers durch kapillaren Aufstieg nötig. Der hydraulische Gradient zeigt keine klare Beziehung zu der klimatischen Wasserbilanz oder zur Sackung.

5. Vorausberechnung der Höhenverluste

In Europa wird die Sackung der Mooroberfläche hauptsächlich mit den Formeln von HALLAKORPI, PANADIADI-OSTROMECKI und SEGEBERG berechnet. Sie berücksichtigen die ursprüngliche Moormächtigkeit und Lagerungsdichte des Torfes sowie die Grundwasserabsenkung und geben nur die eigentliche Sackung an. Für alle Meßstellen wurde mit diesen Formeln (6) die Sackung berechnet, wobei jeweils die ganze Moormächtigkeit berücksichtigt wurde. Die Entwässerungstiefe wurde als Differenz zwischen der Dräntiefe und dem mittleren Sommer- oder Wintergrundwasserstand sowie zwischen Sommergrundwasserständen vor und nach der Dränung in die Berechnung einbezogen. Aus den Berechnungen geht hervor, daß die Formeln von SEGEBERG und HALLAKORPI als geeignetste anzusehen sind, wobei jedoch entgegen der Forderung der DIN 19 683 die ganze Moortiefe und die Senkung des Sommergrundwasserstandes berücksichtigt werden sollten. Alle Berechnungen weisen aber zu den Messungen Unterschiede von ± 30 % auf. In jedem Fall erhält man mit den Formeln Ergebnisse, welche einer Zeit von 5-7 Jahren nach

der Dränung entsprechen. Bei einer 30-50-jährigen Nutzung der Dräne wird sich der Höhenverlust erheblich erhöhen.

Aus der im Ritscher Moor in verschiedenen Zeitabschnitten gemessenen Sackung wurde für alle Meßstellen die exponentielle Regression berechnet. Nach Analyse der Verlaufes der Sackungszeitlinien (Abb. 4) für Torfe von verschiedenem Substanzvolumen erhielten wir drei Formeln:

für lockere Torfe	/SV 3,0-4,9 %/y = $14,3x^{0,412}$	r = 0,983xxx
für ziemlich lockere Torfe	/SV 5 -7,4 %/y = $7,35x^{0,476}$	r = 0,979xxx
für ziemlich dichte Torfe	/SV 7,5-12,0%/y = $5,14x^{0,485}$	r = 0,978xxx

Mit Hilfe dieser Formeln ist eine genauere Vorausberechnung der Oberflächensackung in ähnlich wiederholt entwässerten Hochmooren möglich. Die Differenzen zwischen der berechneten und gemessenen Sackung betragen nur ± 10 %.

Für das Ritscher Moor und ähnliche in Urstromtälern des nordwestdeutschen Flachlandes entstandene Hochmoore wird die Benutzung der Sackungszeitlinien bei Berücksichtigung der Lagerungsdichte zur Voraussage der Moorsackung empfohlen. Es bleibt weiteren Untersuchungen in verschiedenen Mooren unterschiedlicher Entwässerungsdauer vorbehalten, die im Ritscher Moor erstmals aufgezeichneten Zusammenhänge zu verdichten.

8. Zusammenfassung

Im wiederholt entwässerten Kehdinger Hochmoor wird der Verlauf der Sackung untersucht. Die Stratigraphie, Entwässerung, Nutzung des Moores und die physikalischen Eigenschaften der Torfe wurden vor der Dränung festgestellt. Zusammen mit Niederschlägen, klimatischer Wasserbilanz, dem Grundwasserstand und der Wasserspannung wird die Schichtsackung in 4 Meßstellen in den Jahren 1968-1976 mitgeteilt. Der Einfluß der Moormächtigkeit, Lagerungsdichte des Torfes, Senkung des Grundwassers, Wasserspannung in 10-15 cm Tiefe, Zusammendrückbarkeit, Schrumpfung und Oxidation der Torfe, der klimatischen Wasserbilanz sowie der Zeit auf die Oberflächensackung wurde untersucht. Durch Anwendung der errechneten Sackungszeitlinien kann eine genauere Voraussage der langfristig zu erwartenden Sackung in bereits

mehrfach entwässerten Hochmooren erreicht werden, als das mit bisher benutzten Formeln möglich war.

Literaturverzeichnis:

BURGHARDT, W., ILNICKI, P., 1977: Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes.
4. Bericht: Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes und der Porenraumgliederung durch die Moorsackung.
Zeitschrift f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung (im Druck).

EGGELSMANN, R., 1976: Peat consumption under influence of climate, soil condition and utilization.
Proc. of the 5th Int. Peat Congress, Poznan, Vol. I, 233-247.

ILNICKI, P., 1967: Schrumpfung der Torfe beim Trocknen in Bezug auf ihre Struktur und die physikalischen Eigenschaften (poln. mit deut. Zusam.).
Zeszyty Probl. Postepow Nauk Rolniczych, Nr. 76, 197-311.

ILNICKI, P., EGGELSMANN, R., 1977: Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes.
1. Bericht: Höhenverlust im wiederholt entwässerten Kehdinger Hochmoor.
Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, 18, 23-34.

ILNICKI, P., KUNTZE, H., 1977: Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes.
2. Bericht: Zusammendrückbarkeit der Torfe und Moorsackung.
Zeitschrift f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 18, 74-82.

ILNICKI, P., 1977: Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes.
3. Bericht: Vorausberechnungen der Moorsackung.
Zeitschrift f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 18, 153-165.

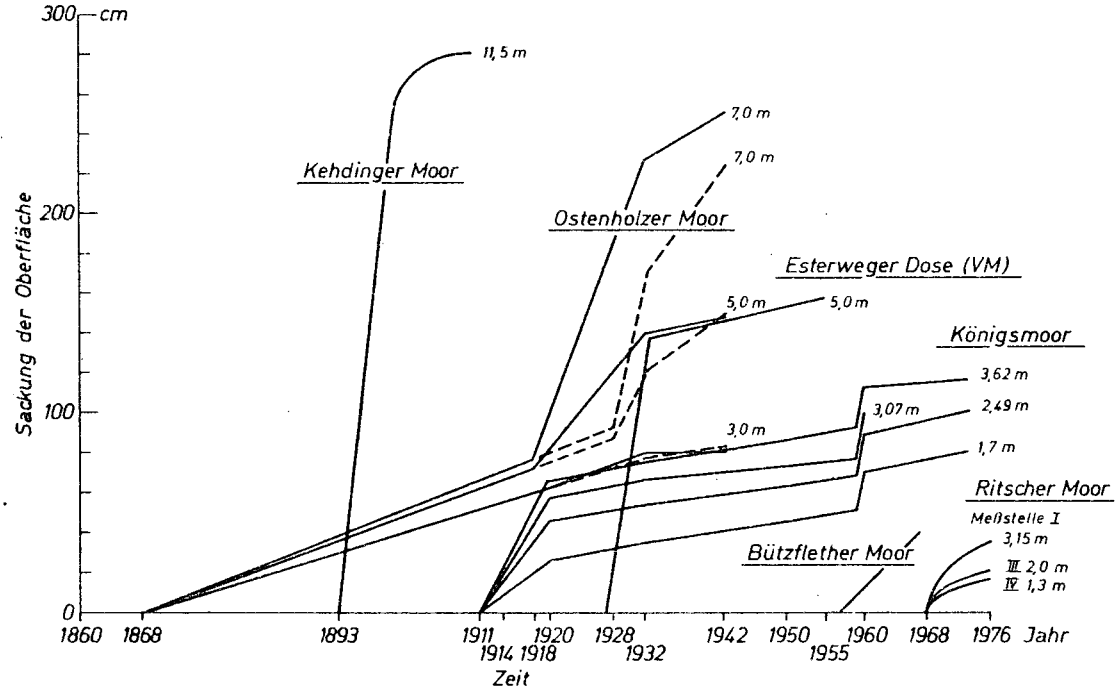
ILNICKI, P., ALLERS, D., 1977: Sackung in wiederholt entwässerten Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes.
5. Bericht: Höhenverluste im Ritscher Moor im extrem trockenen Sommer 1976.
Zeitschrift f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung (im Druck).

Tabelle 1

Sackung der Oberfläche im Ritscher Moor

Meßstelle	Oberflächensackung in der Zeit				
	1968 - April 1976		Nov. 1969 - April 1976		April 1976 - Nov. 1976
	cm	cm/Jahr	cm	cm/Jahr	cm
I	35	4,6	17	3,1	7,0
II	20	2,6	12	2,2	5,0
III	19	2,5	11	2,0	5,9
IV	17	2,2	10	1,8	3,0

Abbildung 1: Zeitlicher Verlauf der Sackung der Oberfläche in Hochmooren des nordwestdeutschen Flachlandes



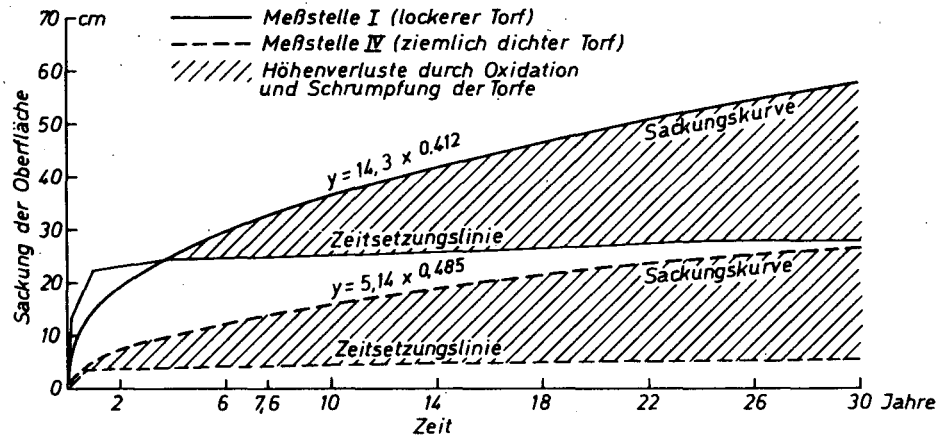


Abbildung 2: Zeitsetzungslinien der Torfe und Sackungskurven vom Ritscher Moor

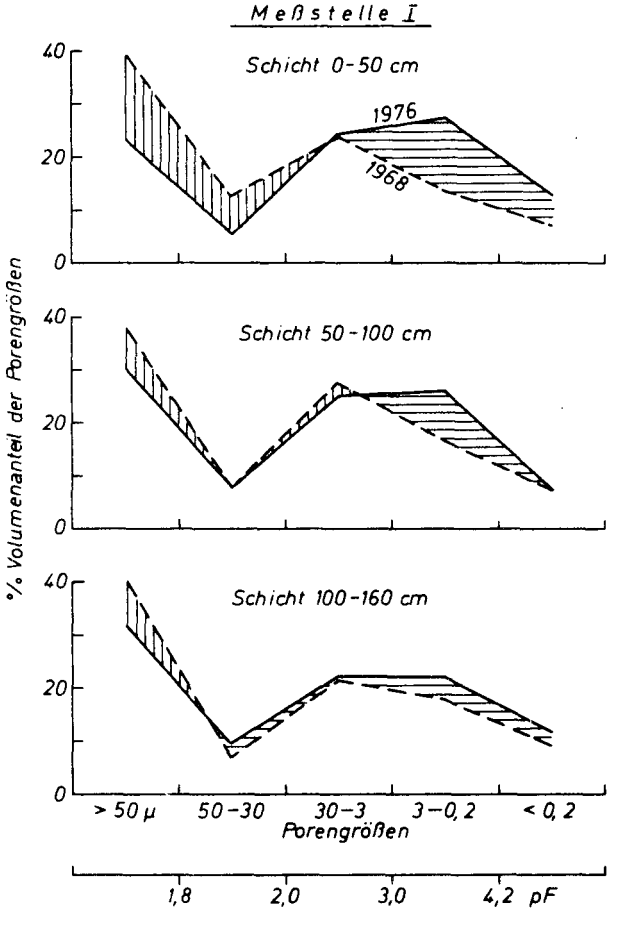


Abbildung 3: Veränderungen der Porenraumgliederung durch die Sackung

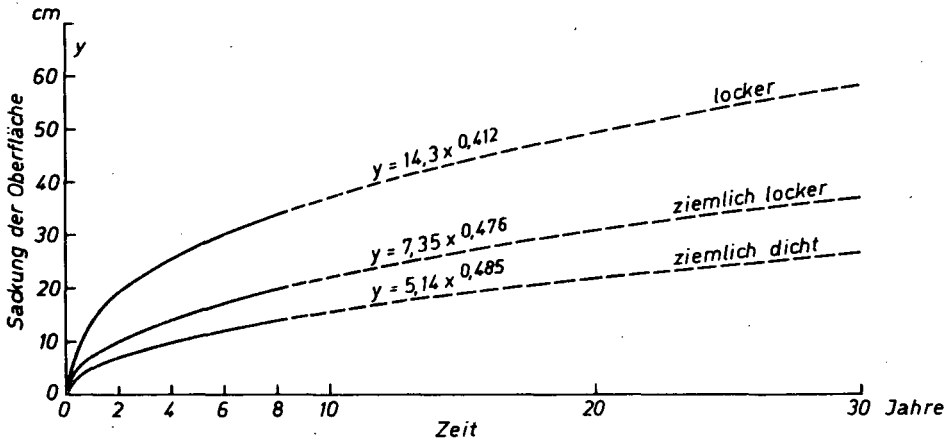


Abbildung 4: Vorausberechnung der Sackung mit Hilfe von Sackungszeitlinien

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesell., 25, 751-756 (1977)

Zur Nutzung und Meliorationsfähigkeit der Marschböden.

von

Müller,W. und H.Voigt+

Bei der in Niedersachsen und Bremen im Rahmen der Küstenplanarbeiten ab 1955 erfolgten Marschenkartierung galt es auftragsgemäß

1. zur möglichen Bodennutzung der kartierten Flächen, unabhängig von der derzeitigen Bodennutzung, Stellung zu nehmen, insbesondere dabei zusätzliche Ackerflächen nachzuweisen und
2. für die kartierten Flächen und Bodennutzungsarten (Acker, Grünland) geeignete Meliorationen vorzuschlagen.

Diese Aufgabe wurde von der Abteilung Bodenkunde des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NLfB) innerhalb von ca. 18 Jahren im Kartiermaßstab 1 : 25 000 nahezu voll erfüllt. Im Maßstab 1 : 5 000 wurden wesentliche Schwerpunktgebiete bearbeitet.

Diese Kartier- und Beratungsaufgabe erfolgte in Absprache mit den Kollegen der land- und wasserwirtschaftlichen Dienststellen, im Kontakt mit den niederländischen Fachkollegen und praktischen Landwirten.

Bei unseren Stellungnahmen zur Bodennutzung wurden mit dem Prädikat "ackerfähig" solche Marschböden versehen, bei denen folgende Bedingungen erfüllt waren bzw. erfüllt werden konnten:

+ Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Postfach 510153, 3000 Hannover 51

1. Vorflutausbau bereits erfolgt oder möglich. Dabei Einhaltung von maximalen Grabenwasserständen in der Vegetationszeit von 1,2 m unter Gelände.

2. Bereits erfolgreich gedränte Böden oder ungedränte, aber uneingeschränkt dränfähige Böden mit Frühjahrsgrundwasserständen oberhalb 6 dm unter Gelände, mit geringer bis mittlerer Lagerungsdichte und mindestens mittlerer Wasserdurchlässigkeit oberhalb Dräntiefe.

3. Ungedränte Böden mit Wasserdurchlässigkeiten, die einen Dränabstand von mehr als 6 m gewährleisteten.

Eine weitere Qualifizierung der als ackerfähig ausgewiesenen Standorte erfolgte nach dem Kalkgehalt und der Bodenart des Oberbodens. Dabei haben wir wie folgt unterschieden:

1. sehr gut ackerfähig: kalkreiche Seemarsch mit freiem Kalk oberhalb 3 dm u.Gel., mit hoher Wasserdurchlässigkeit und Tongehalten zwischen 17 und 35 %.

2. gut ackerfähig: kalkhaltige und kalkarme Seemarschen mit Kalk ab 3 bis 8 dm u.Gel., mit hoher bis mittlerer Wasserdurchlässigkeit und Tongehalten zwischen 17 und 35 %, sowie kalkreiche Seemarsch mit Tongehalten über 35 % und unter 17 %.

3. befriedigend ackerfähig: Flußmarsch mit mittlerer, z.T. geringer Wasserdurchlässigkeit und Tongehalten <17 bis 35 %.

4. mäßig ackerfähig: Marschen mit geringen Staunässeerscheinungen und Tongehalten <17 bis 35 %.

Als nur "grünlandfähig" wurden vor allem solche Marschböden ausgewiesen, die zur Ackernutzung schlecht geeignet oder ungeeignet (absolutes Grünland) sind:

1. Marschböden, für die ein Vorflutausbau auf Ackerdräntiefe nicht wirtschaftlich war (Senkenlagen innerhalb sonst höher gelegener Flächen).

2. Durch Deiche ungeschützte oder nur teilgeschützte Marschböden (z.B. unreife See-, Brack- und Flußmarsch).

3. Böden mit geringer und sehr geringer Wasserdurchlässigkeit oberhalb Dräntiefe, somit mehr oder weniger starker Staunässe und daher stark eingeschränkter Dränwirksamkeit.

Hierzu zählen praktisch alle Übergangs-Brackmarschen sowie die Knick-Brackmarsch mit solonetzartiger Kationensorption.

4. Kalkfreie Böden mit Tongehalten über 35 bis 45 %, z.B. tonige und stark tonige Flußmarsch.

Die Brauchbarkeit der von uns benutzten Kriterien zur Bodennutzung ist inzwischen vielfach bestätigt worden. Eine Bestätigung zeigt ein Beispiel aus der Praxis, wonach in der Krummhörn/Ostfriesland (nördlich von Emden) die kalkführenden Seemarschen vorwiegend als Ackerland genutzt werden, während die kalkfreien, dichten gering wasserdurchlässigen Übergangs- und Knick-Brackmarschen weit überwiegend in Grünlandnutzung stehen. - Ein weiterer Beleg ist durch die Untersuchungen von v.ARNIM (Diss.1973 - Pflanzenbauliche Untersuchungen und Erhebungen zur kritischen Überprüfung der Bewertung von Marschböden) gegeben. A. weist nach, daß der Reinertrag mit zunehmendem Tongehalt sinkt, da sowohl der Ertrag als auch der Aufwand negativ mit dem Ertrag korrelieren.

Hinsichtlich der Melioration wurde von uns festgestellt, daß die Marschböden generell entwässerungsbedürftig sind. Da die Entwässerung hinsichtlich der Anlagekosten auch eine teure Maßnahme ist, wird hierdurch die hohe Bedeutung einer sachgerechten Meliorationsberatung unterstrichen.

Bei unseren Entwässerungsvorschlägen haben wir flächenhaft Stellung genommen zur Entwässerungsart (Rohrdränung, Erddränung, Oberflächenentwässerung durch Grüppe und Beet), zur Dräntiefe, zum Dränabstand und zur Dränwirksamkeit.

Bei der Festlegung der Entwässerungsart sind wir nach niederländischem Vorbild ausgegangen von der Wasserdurchlässigkeit des Bodens oberhalb und unterhalb der Dräntiefe sowie der Tiefenlage einer geringdurchlässigen Schicht. Als besonders erfolgreich hat sich dabei die von uns entwickelte Vorbewertung der Dränwirksamkeit aufgrund der Durchlässigkeit des Bodens oberhalb des Dränstranges erwiesen. Wir haben dabei unterschieden in "uneingeschränkte Dränwirksamkeit" (ab mittlerer Wasserdurchlässigkeit >10 cm/d), "eingeschränkte Dränwirksamkeit" (ab 1 bis 10 cm/d) und "stark eingeschränkte Dränwirksamkeit" (<1 cm/d).

Uneingeschränkte Dränwirksamkeit besitzen die meisten Seemarschen und z.T. die Flußmarsch. Eingeschränkt dränfähig sind Kalk-Brackmarsch und Übergangs-Brackmarsch. Hingegen besteht bei den

ausgeprägten typischen Knick-Brackmarschen und z.T. auch den knickigen Brackmarschen nur eine stark eingeschränkte Dränwirksamkeit.

Unsere flächenhaft festgelegten Stellungnahmen zur Entwässerung werden bestätigt durch die Erfahrungen von Praktikern sowie einige Dränversuche. Der Dränversuch Nüttermoor/Ostfriesland auf einer tonigen Knick-Brackmarsch hat praktisch keine Wirksamkeit der Dränung gezeigt, während der Versuch Hiddingwarden auf einer mittel wasserdurchlässigen Flußmarsch erfolgreich war.

Weiterhin haben wir in unseren Karten und Erläuterungsbeiheften flächenhafte Aussagen zur Kalkung (Meliorationskalkung), zum Wühlen (Kuhlen), zu Flach- und Tiefumbrüchen sowie zur Tieflockerung gemacht. Bei der Meliorationskalkung werden hohe Kalkmengen von 200 bis 400 dt/ha Kalkmergel zur Schaffung eines Kalkvorrates im Boden ausgestreut. Diese Maßnahme wirkt sich positiv auf den Pflanzenertrag (bis 20 % Mehrertrag) und die Bodenbearbeitbarkeit aus.

Durch das maschinelle Wühlen werden aus dem Untergrund der Marsch aus Tiefen zwischen 1,5 und 3,5 m kalkreiche Schichten aufgebracht mit dem Ziel der Verbesserung der Bodenart des Oberbodens und der Kalkanreicherung. Als Nebenwirkung tritt ein physikalischer Lockerungseffekt auf und erfolgt eine Nährstoffanreicherung. Bei dieser ebenfalls sehr erfolgreichen Maßnahme (bis 20 % Mehrertrag) ist darauf zu achten, daß der Tongehalt des Oberbodens nicht unter 17 % absinkt.

Erfahrungen aus dem niederländischen Marschenbereich haben gezeigt, daß der Tiefumbruch wesentlich zur Verbesserung der Bearbeitbarkeit der Krume und zur Ertragserhöhung durch eine bodenartliche Umgestaltung des Oberbodens + Kalkanreicherung beitragen kann. In den deutschen Marschen sind beim Hochpflügen kalkreicher Schichten mit optimaler Bodenart ebenfalls hohe Mehrerträge erreicht worden. Aus verschiedenen Gründen ist der Tiefumbruch bei uns nicht zur Praxisreife gelangt. Wir haben in unseren Karten jedoch jene Flächen ausgewiesen, bei denen der Tiefumbruch angezeigt ist und ggf. zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt werden kann.

Die Tieflockerung zur Verbesserung der Wasserzügigkeit in der Marsch hat voraussichtlich keine Chance. Ursache dafür ist, daß

die Marschböden in Lockerungstiefe kaum soweit austrocknen können, daß sie lockerungsfähig werden.

Zu erwähnen ist noch, daß die Auswertung der Bodenkarten des NLfB auch für Nutzungen der Böden für den nichtlandwirtschaftlichen Bereich geschieht bzw. möglich ist. Dies betrifft z.B. die Wahl von Deponiestandorten, den Hoch- und Tiefbau, die Wahl von Trassen sowie Rekultivierungsmaßnahmen.

Insgesamt haben die Aussagen der Marschenkartierung zur Nutzung und Melioration der Böden die in sie gestellten Erwartungen erfüllt und haben sich ökonomisch positiv auf den Küstenbereich Niedersachsens ausgewirkt.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Ges., 25, 757-764 (1977)

Bodenphysikalische und Wasserhaushaltsbeobachtungen zur Hydromelioration in Franken, Altbayern und der Marsch

von

H. Hebestreit +

1. Problematik

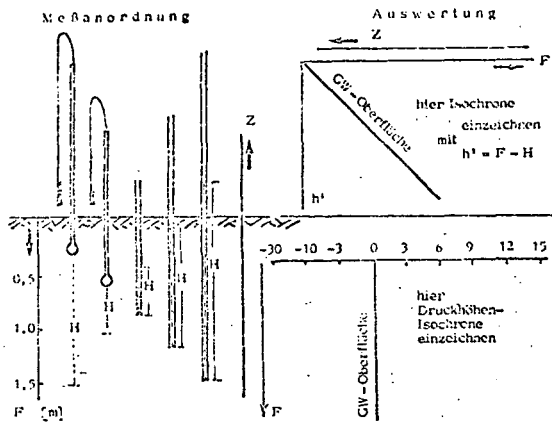
Außer der Dezimalisation der Landbevölkerung zwingen die Preisrelationen den Agrarbetrieb zu fortschrittlicher Mechanisierung und Motorisierung; um so mehr Sorge macht alsbald jede Bodennässe, die einen Arbeitsgang behindert. Als probates und durch die öffentliche Hand gefördertes Gegenmittel empfiehlt sich die Systemdränung der als 'zu naß' bekannten Wirtschafts - Flächen.

Um indessen Baupläne mit äquidistanten Dränen zu rechtfertigen, müßte man zuvor hinreichend homogene Hydraulik des Operationsraumes unterstellen. Zwar kommen Tradition, technische Gewohnheiten, genormte Anweisungen und didaktisches Interesse an symmetrischen (trotz ebener Schichtung) homogenen Grundwasserströmungen dieser Annahme entgegen, doch bietet die kulturtechnische Literatur längst eine ausreichende Morphologie hydraulischer Inhomogenitäten - vorzugsweise im alpinen Bereich. Außerdem weist das geologische Schrifttum auf eine Vielzahl unerwarteter Inhomogenitäten hin. Und bereits die ersten Berichte über Dränabstandsversuche lassen keinen Zweifel, daß die Frage nach dem 'optimalen' Dränabstand oft genug fehl am Platze war.

Anscheinend verdrängt das archetypische Prinzip der Hydromelioration eine der Schlüsselhypothesen aus dem Bewußtsein von Praxis und Forschung. Dagegen nun die Frage, ob nicht doch meliorationskritische Inhomogenitäten allenthalben von der Marsch bis an den Alpenrand mit einfachsten Hilfsmitteln zu erkennen und dann auch zu berücksichtigen wären.

+) Bay. LA f. Wasserwirtschaft, München; Abt. Gewässerkunde

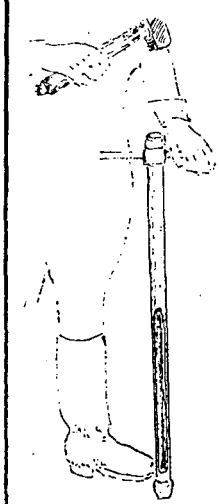
Abbildung 2. Hydraulische Sondierung mit Standrohren und Tensiometern (cf. HEBESTREIT 1967 u. 1972)

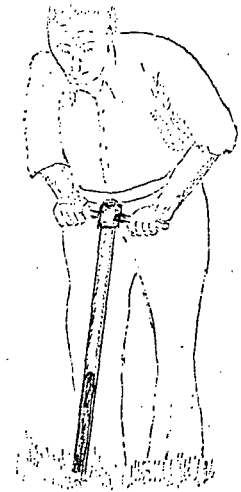


ZAHLENBEISPIEL:

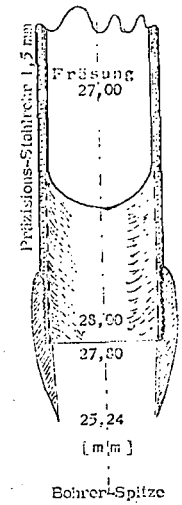
Gradient	h	z	H	F	h' [dm]	Instrument
$\frac{\Delta H}{\Delta F} = 1 = 0$	9,4	9,7	-3	3	6	Tensiometer
	9,4	9,4	0	6	6	
$\frac{\Delta h}{\Delta z} = 0$	9,4	9,1	3	9	6	Grundwasser-standrohre
	9,4	8,8	6	12	6	
$\frac{\Delta H}{\Delta F} = 1 = -1$	10,0	9,7	3	3	0	Tensiometer
	9,7	9,4	3	6	3	
$\frac{\Delta h}{\Delta z} = -1$	9,4	9,1	3	9	6	Grundwasser-standrohre
	9,1	8,8	3	12	9	
	8,8	8,5	3	15	12	
$\frac{\Delta H}{\Delta F} = 1 = +1$	8,5	9,7	-15	3	15	Tensiometer
	9,1	9,4	-3	6	9	
$\frac{\Delta h}{\Delta z} = +1$	9,4	9,1	3	9	6	Grundwasser-standrohre
	9,7	8,8	9	12	3	
	10,0	8,5	15	15	0	

z = geodät. Höhe ; H = Druckhöhe im Gerät ; F = Flurabstd. d. Fußpkt
h = Standrohrspiegelhöhe



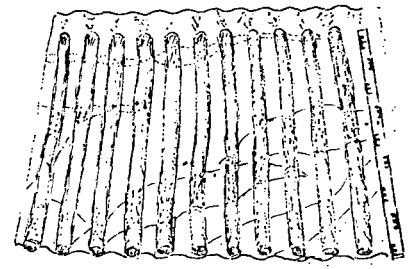


Entnahme von ungestörten Profilproben mit dem ANDERSSON-BOHRER



Bohrer-Spitze

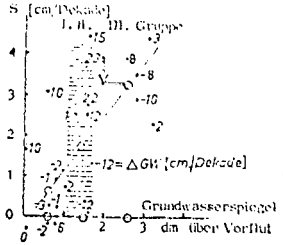
vgl. WOHLRAB und LANGNER (1958)

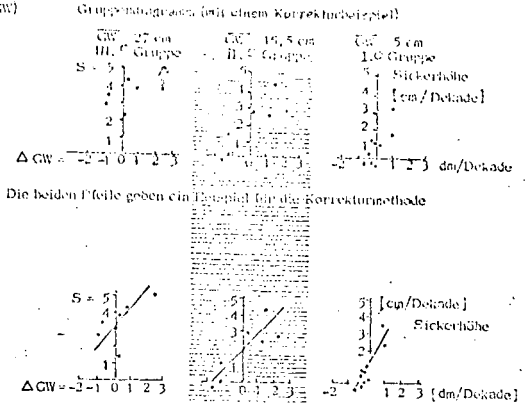


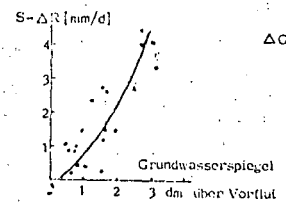
gestrecktes Profil in der 'Profil-Harfe'

Abbildung 1

Profilsondierung mit dem Andersson-Bohrer







Abflußkurve (Q/m - Diagramm)

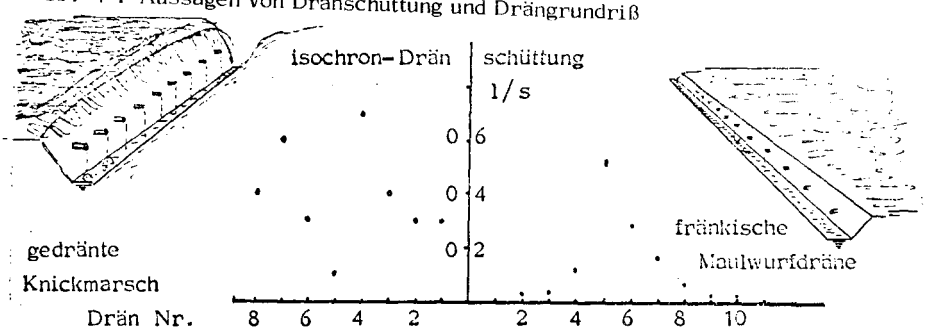
$$N - V = S = A + Pn\Delta R$$

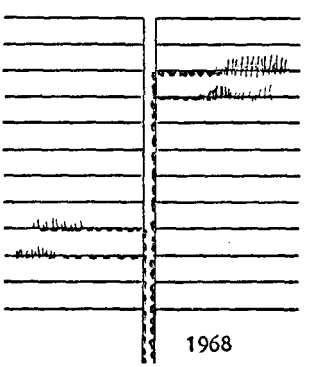
Abflußmessung mit Standrohren nach VISSER und BLOEMEN

(1958 bis 1969)

Abb. 3 : Bodenphysikalische und Bilanzmessung mit Standrohren und Regenmesser

Abb. 4 : Aussagen von Dränschüttung und Drängrundriß

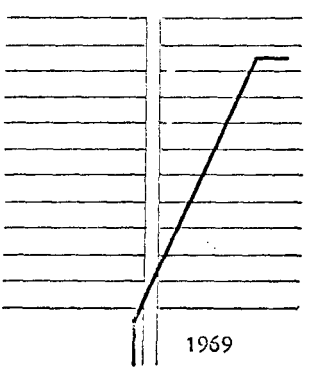




Bauplan einer Dränvorführung ;

Wasserströmung im offenen Drängraben ;

Reaktion der Praxis nach einem Jahr !



2. Methodik

Mit Hilfe der Orohydrographischen Analyse (nach GRIPP und DACHLER ; vgl.: HEBESTREIT 1967 u. 1972) findet man den Grundriß jener hydraulischen Inhomogenitäten, die bereits das glaziale Relief der Landschaft geprägt haben. Sie zeichnet das Bild einer hydraulischen Hypothese, die sogleich durch rezente Merkmale im Felde verifiziert und zugleich modifiziert werden muß. Die Feuchte-Farben der Oberflächen, die Zeigerpflanzen-Aspekte der Vegetation und die Fahrspuren der Ackerschlepper geben dafür die nötigen Hinweise, wenn dem Beobachter die Muße fehlt, sein Hydrogramm bei Nässe zu Fuß oder aus der Luft zu überprüfen.

Unter der Oberfläche halten die Bodenprofile eine mit den Chiffern der Hydromorphie und Sedimentologie gezeichnete Statistik hydraulischer Ereignisse bereit für einen Betrachter, der reliktische von rezenten Wasserstandsmarken unterscheiden und einen genügend großen Raum einsehen kann. Wer beizeiten eintrifft, wird sich am offenen Drängraben unterrichten; vorher oder später dagegen muß er sein Objekt mit dem Andersson-Bohrer sondieren, dessen Proben außer Bodenart und -farbe auch Gefüge, Wurzelverteilung und Feinschichtung bis in 1,5 m Tiefe zeigen vor allem aber in Profilharfen zusammengelegt unmittelbaren Überblick geben(cf. Abb. 1).

Morphologische Methoden zeigen die räumliche Verteilung der Grundwasserstands- und Strömungsmarken im Boden. Um das aktuelle Bild der Strömung auch in den maßgebenden Tiefen zu finden, muß man -möglichst bei Hochwasser- mit hydraulischen Methoden arbeiten, die außer der Druckverteilung auch die Grundwasser-Oberfläche anzeigen (Standardmethode: Abb.2). Nach dem Prinzip der Orohydrographischen Methode ist aus den hydrostatischen Drucken im Fußpunkt aller Sonden das Strömungsnetz abzuleiten. Sobald dann auch die Ganglinien der Standrohre und Niederschläge bekannt sind, lassen sich bereits Teile der Wasserbilanz und hydraulische Feldkonstanten berechnen (Abb. 3).

Zum Nachweis von Inhomogenitäten eignen sich parallele Einzeldräne, obwohl sie (ihrer Länge proportional) Unterschiede ihres Einzugsbereiches ausgleichen.

3. Beobachtungen

Als noch Andreas Busch den Wattenläufern einen Soot und Ackerfurchen von Rungholt zeigen konnte, hatte die See das Watt über einer Süßwasserquelle abgeräumt - so weit draußen, daß die Küste (für meine Augenhöhe) bereits hinter der Kimm lag. Ähnliche Beispiele gibt die Literatur in vielen (kurzen) Hinweisen. Dennoch fehlt die Hypothese hydraulischer Kommunikation anscheinend im Reisegepäck. Die Dränpraxis jedenfalls zieht sie nicht in Betracht, obwohl selbst in gleichkörnigen Sandböden Sickerbahnen nachgewiesen sind (OLBERTZ), obwohl der Dränabfluß (Abb. 4 u. Tab. 5) und der Aspekt von Dränarbeiten (Abb. 4) unmittelbar dagegen spricht !

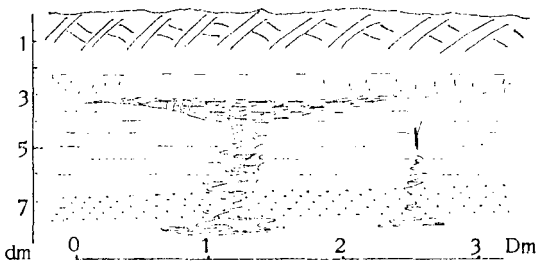
Systematische Dränung einer Pseudogley(para)braunerde aus Löß über Schwemmlöß ; Einzeldränmessung

Dränauslauf- und Niederschlagsbeobachtungen mit Ombrograph und Wasserwippen ; Zeitern ; 16.bis 26.2.68

Drän Nr	Regen N [kl]	Abfluß A [kl]	Meßfehler s [%]	Abfluß-Verhältnis A/N	A/N	Meßfehler s [%]	Abfluß A [kl]	Regen N [kl]	Drän Nr
1	27,7	16,1	2	0,58	0,17	2	5,0	29,2	2
3	30,8	17,9	3	0,58	0,24	0,3	6,6	27,7	4
5	29,2	18,7	2	0,64	0,87	13	26,8	30,8	6
7	32,3	43,9	2	1,36	0,57	14	27,1	47,6	8
9	49,2	29,5	2	0,60					
					1,01	10	26,5	26,2	18
19	26,2	21,5	2	0,82					
21	66,3	40,4	10	0,61	0,09	9	5,9	65,3	22
$\bar{x}$	Dräne im Kiesbett			0,7	0,5	Dräne mit Kunststoffmaterial überdeckt			

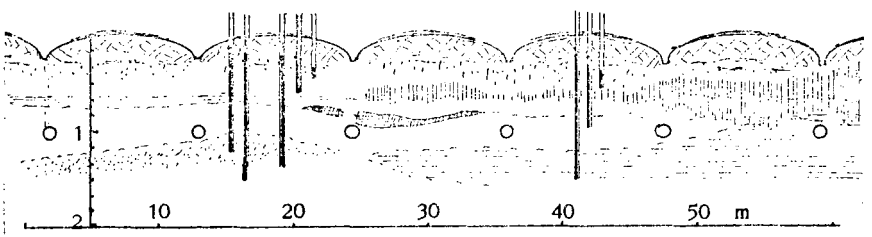
Tab. 5 : Dränabfluß-Summen ; äquidistante Dräne ; Fläche "brettl-eben"

Abb. 6 : Längs- und Querschnitte



typischer Nässe - Aspekt offener Drängraben in einem niederbayerischen Gley - Pseudogley

DEA-Standrohre in einem geestnahen Knickmarschprofil



Man kann mit BAUMANN die Dräntechnik für die Variationsbreite des Abflusses je Meter Dränlänge verantwortlich und daher den radialen Widerstand zum Maß dafür machen. Doch entgeht die auch für Infeld (EYLERS), sowie am Geestrand (Abb. 6) stets wahrscheinliche Kommunikation im Untergrund dann der Aufmerksamkeit.

In dem (Abb. 7 u. 8) erläuterten Beispiel ergab sich die Suche nach den meliorations= technisch interessanten Ursachen erst durch den auffälligen Radschlupf über einer (erst mit dem Bohrstock ermittelten) Quellniche. Abb. 8 zeigt eines von 6 Parallel = profilen, die zusammen das räumliche Bild eines Stromnetzes geben, dessen Sohl= schichten man mit rotierenden Bohrern selten lokalisieren kann.

4. Folgerungen

Würden meliorationskritische Strömungen vom laborkonstanten 'Stauvermögen' $1/k_f$ beherrscht, so gäbe bereits die in knapp zwei Jahrzehnten meinen Praktikern ge= gen alle Renitenz plausibel gemachte Orohydrographische Methode genügend Ein = blick. Indessen hängt das Stauvermögen eines Bodens von seiner Lage im Strömungs= feld ab (DARCY), so daß geringfügige Vorflutdifferenzen weitreichende Änderungen auslösen können.

Statt an vertikalen Vorstellungen zu haften, müßten Forschungs- und Meliorations= praxis zur geläufigen hydraulischen Sondierung ihres Operationsraumes fortschrei= ten. Zwar strapaziert diese Aufgabe selbst wetterfeste Beobachter. Sie wird auch das Interesse für die Sorptionsverhältnisse von Sedimentationsräumen mindern zu= gunsten der (anscheinend damit koinzidierenden) hydraulischen Situation. Für den Wasserhaushalt (cf. FINNERN) jedenfalls hat die Rücksicht auf das Bild der hydrau= lischen Kommunikation gleiches Gewicht, wie für die (mit zunehmendem Meliorati = onsvolumen bloß orohydrographisch unmögliche) Diagnostik vor Pflegemaßnahmen.

5. Literatur

S. Andersson	Grundförb.	6 (1963)	H. Hebestreit	Mitt.DBG	7 (1967)
H. Baumann	Mitt.DBG	11 (1963)	H. Hebestreit	B.Ldw.Jb.	49 (1972)
R. Dachler	Wien	1936	W. Koehne	Stuttgart	1948
J. Donat	Ö.Wawi.	10 (1958)	G. Lange	Wawi.Han.	18 (1970)
H. Eylers	Wawi.Han.	12 (1960)	M. Olbertz	Wiss.Ak.	23 (1957)
O. Fauser	Kultechn.	13 (1910)	J. Rothe	D.Kulturtechniker	
H. Flodkvist	Svengeol.	25 (1931)	A. Philipp	36	(1933) 466
K. Gripp	D.geolGes.	99 (1947)	W.C.Visser	ICW Techn. Bull.	
H. Grubinger	Mitt.DBG	7 (1967)	G.W.Bloemen	14	(1960)

6. Danksagung

Die oben sehr kurz skizzierten Untersuchungen sind großenteils in dankenswerter Weise von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert worden.

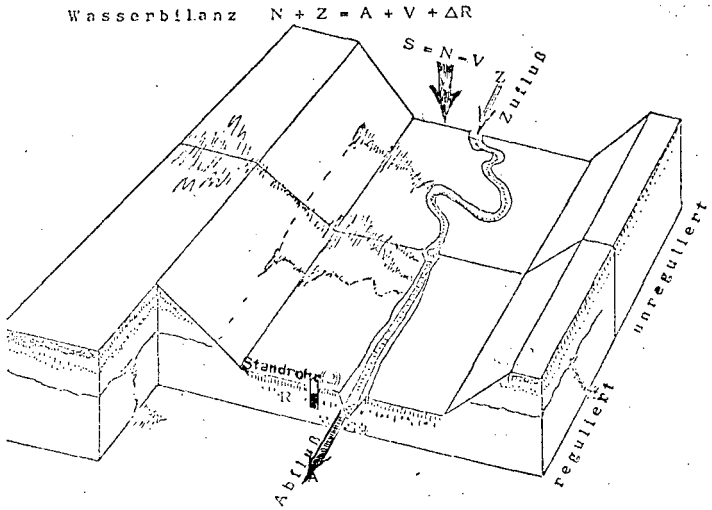
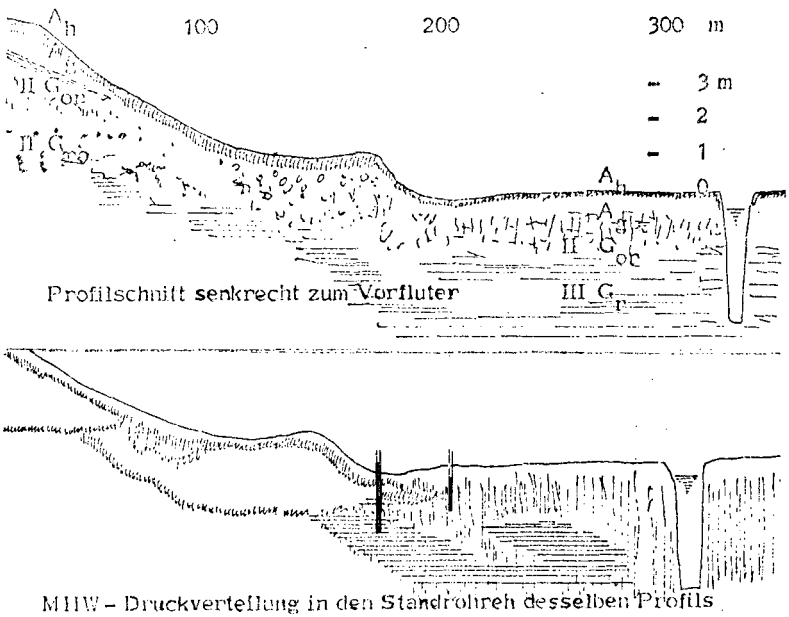


Abb. 7 : Ansatzhypothese ; das Bild der hydraulischen Kommunikation (Talflanken am Kollbach zur niederba-yerischen Vils)

Abb. 8 : Bodenmorphologischer und hydraulischer Schnitt durch eine orohydrographisch zuvor nicht ermittelte Naßgalle im Hang



Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 765-766 (1977)

A Watershed Evaluation of the Effect of Soil Crusting upon Runoff

von

Edwards, W.M., and J.L. McGuinnes*

Runoff from eight 0.5- to 1.2 - ha watersheds farmed in a corn, wheat, meadow, meadow rotation was measured for 24 years. Storms occurring in May and June of the corn years, when the soil surface was bare and exposed to rainfall energy, were statistically analyzed to determine the effect of soil surface crusts upon runoff generation. For this study a storm was considered to have "non-crusted" antecedent conditions if that watershed had received less than 13 mm rain since the last previous tillage operation. If 38 mm of antecedent rain had fallen since the last tillage, the next storm was classified as having "crusted" antecedent conditions.

Equations for estimating runoff from "crusted" and "non-crusted" conditions were developed from multiple regression analyses. Runoff from crusted watersheds was greater than from non-crusted (highly significant).

Mechanical cultivations for weed control destroyed crusts and decreased runoff. Using field measurements and predictions based upon long-term weather records, expected runoff from average May-June storms was determined. Increased runoff is predicted when herbicides replace mechanical cultivations for weed control in these conventionally tilled corn fields.

* North Appalachian Experimental Watershed, USDA, ARS; Coshocton, Ohio; USA.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 767-772 (1977)

Einige Ergebnisse der Gefügeuntersuchung mit Hilfe der quantitativen elektronischen Bildanalyse an Böden der Hildesheimer Börde

von

R. Tippkötter und H. Graf v. Reichenbach

Im Bereich der Bodenphysik werden seit langem Gefügeparameter wie z.B. Saugspannungen und Wasserleitfähigkeiten gemessen, die sich als Funktion der räumlichen Anordnung und Größe der Bodenbestandteile ergeben. Werden Strukturanalysen allein mit Hilfe dieser bodenphysikalischen Methoden durchgeführt, ergeben sich gewisse Nachteile dadurch, daß kaum Angaben über Gestalt und räumliche Verteilung der Gefügeelemente vermittelt werden.

Diese Informationslücke kann durch die klassischen Methoden der Mikromorphologie geschlossen werden. Dazu zählen u.a. das Punktzählverfahren mit Zählokularen, die Verwendung von Teilchengrößenzählgeräten und Linearanalysatoren in Verbindung mit photographischen Vorlagen sowie die von GEYGER u. BECKMANN 1967 entwickelte mikromorphometrische Strukturanalyse von Strukturphotogrammen.

Konventionelle Verfahren dieser Art liefern eine ausreichende Anzahl von Parametern, für deren Erhalt und statistische Absicherung jedoch ein hoher Zeit- und Arbeitsaufwand nötig ist. Es ist daher von Vorteil, wenn mit einem elektronischen Meßgerät (etwa Leitz-Classimat oder Zeiss-Videomat) die Zahl der Meßpunkte erhöht und die Meßzeit verkürzt werden kann.

+Institut für Bodenkunde, Herrenhäuser Str.2, 3000 Hannover 21

Die Meßgeräte der automatischen quantitativen elektronischen Bildanalyse arbeiten auf der Basis des normierten 625-Zeilen Fernsehens. Das Fernsehbild wird dabei in Flächenelemente aufgeteilt, die z.B. im 49-cm-Monitor einen Durchmesser von ca. 0,7 mm besitzen. Die Meßfeldmaske, die nur etwa 60 % des Bildschirms ausnutzt, enthält etwa 160 000 solcher Flächenelemente oder Zählimpulse.

Die zu messenden Bildstrukturen können nun nicht mehr wie bei den visuellen Integrationsverfahren aufgrund der dem Beobachter zur Verfügung stehenden Erfahrung separiert werden, da die elektronische Bildanalyse die Objektphasen allein nach ihrem Grauwert diskriminiert. Als Meßgrößen können Flächenanteil (A), Partikelzahl (Z) und Umfang (innere Oberfläche,O_i) über einen Prozeßrechner abgefragt werden. Der Zeiss-Videomat 2, der hier zur Anwendung gekommen ist, läßt neben der Linearanalyse auch hexagonale Operationen, wie z.B. die Flächenmessung und Partikelgrößenanalyse mittels eines regelmäßigen, größtmöglichen eingeschriebenen Sechsecks zu. Zudem können auf einfache Weise Streckungsfaktoren und der größte Durchmesser der Partikel ermittelt werden.

Von grundsätzlicher Bedeutung für den gesamten Meßvorgang ist die Qualität des Präparats oder der Vorlage. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß die Messung umso unproblematischer ist, je höher der Kontrast der Vorlage ist. Aber gerade bei Gefügeuntersuchungen an Dünnschliffen ergeben sich wegen der ähnlichen optischen Dichte der Quarze und des Hohlraums erhebliche Schwierigkeiten bei der Darstellung der Poren und Röhren. Es wurde deshalb von WERNER 1962 der Zusatz von fluoreszierenden Farbstoffen zum Tränkharz vorgeschlagen. Häufig fehlt es jedoch an den aufwendigen Einrichtungen zur Fluoreszenz-Mikroskopie und in den seltensten Fällen sind ältere Schliffe entsprechend angefärbt. Es wurde deshalb ein Verfahren angewendet (KHZP-Verfahren), das zur Sichtbarmachung der Hohlräume auf fluoreszierende Farbstoffe im Tränkharz verzichten kann (Abb.1).

Dabei wird zusätzlich zu der im Hellfeld hergestellten photographischen Aufnahme ein Negativ im zirkular polarisierten Licht angefertigt, bei dem die doppelbrechenden Minerale unabhängig von ihrer Auslöschungsstellung, aber abhängig vom An-

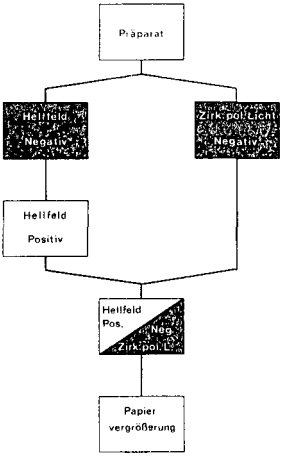


Abb.1 Die Kombination des Hellfelds mit dem zirkular polarisierten Licht im Schema (KHZP-Verf.)

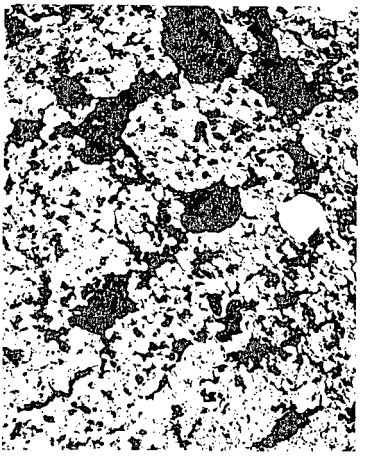


Abb.2 Nach dem KHZP-Verfahren hergestellte Vorlage für die elektronische Bildanalyse. A_h-Horizont einer Schwarzerde, 10:1. Weiße Fläche: Festsubstanz
Schwarze Fläche: Hohlraum

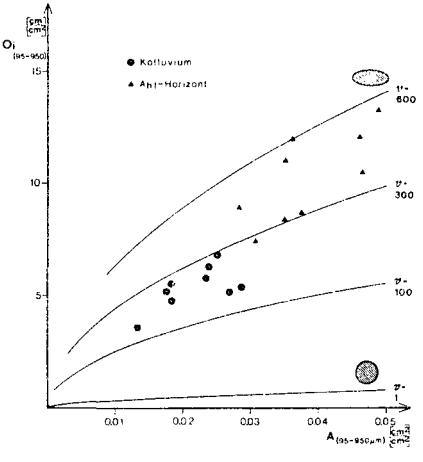


Abb.5 Spezifische Oberfläche der Hohlraumschnittflächen im Bereich 95-950 µm

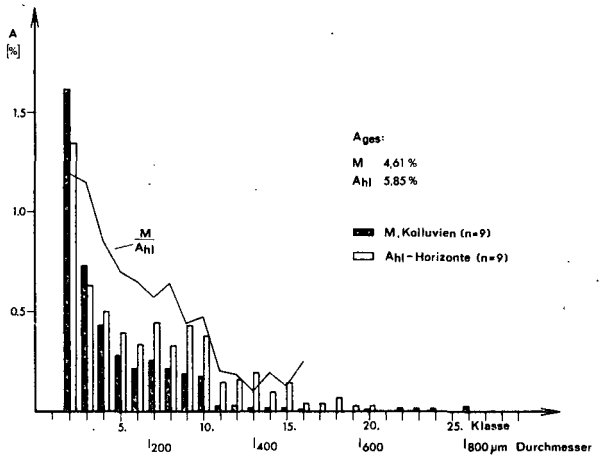


Abb.3 Durchschnittliche Verteilung der Hohlraumschnittflächen im Bereich 32-950 µm

Faßt man nun die ursprünglich 30-klassige Verteilung in die drei Fraktionen Feinröhren (32-95 µm), Mittelröhren (95-317 µm) und Grobröhren (317-950 µm) zusammen, wird schon mit dieser relativ groben Einteilung eine hoch signifikante Trennung der autochthonen und allochthonen Horizonte möglich (Abb.4).

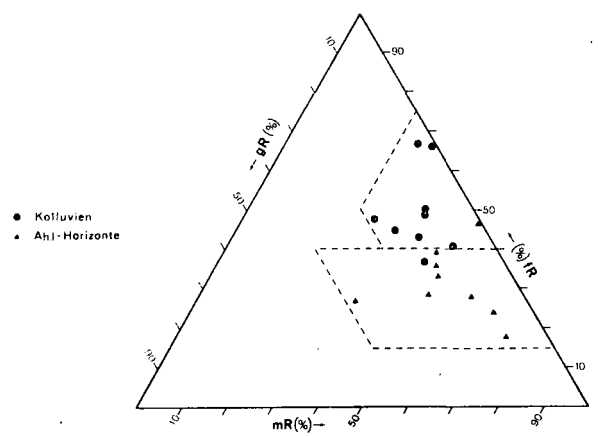


Abb.4 Klassenanteil der Röhren im Bereich 32-950 µm (in % des Gesamthohlraums dieses Bereichs).

schnittswinkel ihrer optischen Achse grau bis schwarz erscheinen. Alle doppelbrechenden Minerale, deren optische Achsen senkrecht zur Schnittebene stehen, alle Hohlräume und die adsorbierenden Materialien erscheinen im Negativ weiß. Wird nun vom Hellfeld-Negativ ein Diapositiv angefertigt, das mit dem Negativ des zirkular polarisierten Lichts zusammenmontiert wird, erscheinen in der anschließenden Papiervergrößerung bei entsprechender photographischer Verarbeitung die Festsubstanz weiß und die Hohlräume schwarz (Abb.2). Die scheinbare Vergrößerung des Hohlraums durch die in permanenter Auslöschungsstellung liegenden Minerale beträgt bei schwacher Vergrößerung im Schluffpräparat etwa 1 %, wenn keine Orientierung vorliegt.

Anhand der charakteristischen Eigenschaften der Hohlräume, dargestellt und gemessen nach den geschilderten Verfahren, wurde versucht, die äußerlichen einander ähnlichen, in ihrer Genese jedoch sehr unterschiedlichen Kolluvien und A_{h1}-Horizonte bei Profilen von Hildesheimer Schwarzerden zu trennen. Ausgehend von der Hypothese, daß die Kolluvien gegenüber den autochthonen A_{h1}-Horizonten eine geringe Strukturstabilität besitzen, sind an einer Anzahl von Großschliffen der genannten Horizonte Hohlraumanzahl, Hohlraumschnittfläche und innere Oberfläche des Hohlraums ermittelt worden. Der Bereich der sogenannten "Nadelstichporen" ist für die Charakterisierung der jeweiligen Horizonte besonders geeignet. Die Messungen wurden deshalb im Bereich von 32-950 µm durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, daß die M- und A_{h1}-Horizonte nicht allein durch die Anzahl der Hohlräume pro cm^2 und auch nicht durch eine gleichmäßigere Hohlraumstruktur in den Kolluvien getrennt werden können. Eine hoch signifikante Trennung ergibt dagegen die durchschnittliche Hohlraumfläche.

Die 30-klassige Verteilung der Hohlraumschnittflächen (Abb.3) über den Bereich 32-950 µm zeigt, daß im Bereich 32-95 µm die Kolluvien mehr Hohlraum als die A_{h1}-Horizonte besitzen. Für die Durchmesser 95-317 µm ist es gerade umgekehrt. Die in Abb.3 erkennbare treppenartige Verteilungsfunktion und die scharfe Abgrenzung der Treppenniveaus bei 330 und 490 µm weist auf eine unterschiedliche Genese der einzelnen Röhrensysteme hin.

Zur Kennzeichnung des Hohlraumgefüges reicht die Analyse der Größenverteilung allein nicht aus. Ausgehend von der inneren Oberfläche der Hohlräume ist deshalb zunächst die spezifische Oberfläche O_{sp} des Hohlraums als Verhältnis der inneren Oberfläche zur Hohlraumfläche ermittelt worden (Abb.5). Diesen Quotienten lassen sich Ellipsen unterschiedlicher Form zuordnen, deren Umfang und Fläche der jeweiligen spezifischen Oberfläche entspricht. Das Affinitätsverhältnis dieser Ellipsen ergibt dann den jeweiligen Formfaktor f_E, durch den sich die hier untersuchten Horizontgruppen sehr gut trennen lassen. Die Kolluvien liegen zwischen den Affinitätsverhältnissen ν = 100-300, die A_{h1}-Horizonte zwischen ν = 300-600.

Bei der Anwendung der von JONGERIUS (1972) vorgeschlagenen Klassifikation der spezifischen Oberfläche fallen die Werte der Kolluvien in die Hauptklasse B (schwach strukturiert, zerstreute Hohlräume im unstrukturierten Material), die A_{h1}-Horizonte in die Hauptklasse C (mäßig strukturiert, Poren im allgemeinen größer als 250 µm).

Literatur:

GEYGER,Erika u. BECKMANN,W. — Apparate und Methoden der mikromorphometrischen Strukturanalyse des Bodens.- in: W.L.Kubiena (Hrsg.): Die mikromorphometrische Bodenanalyse, S.36-57, Stuttgart 1967

JONGERIUS,A. et al. — Electro-optical soil porosity investigation by means of Quantimet-B equipment.- Geoderma, 7, S.177-198, 1972

WERNER,J. — Über die Herstellung fluoreszierender Bodenanschliffe.- Ztschr.Pflanzenern.,Düng.,Bodenkd., 99,S.144-150,1962

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 773-776 (1977)

Tonmineralbestände und Tonmineraleigenschaften in Tonsteinsedimenten und Böden der fränkischen Schichtstufenlandschaft

von

Niederbudde, E.A.+

Die Tonsteinsedimente der fränkischen Keuper-, Lias- und Doggerlandschaft sind von Salger und Schmidt-Kaler (1973) untersucht worden. An Einzelproben wurde als dominierender Tonmineraltyp der Illit festgestellt.

In den Quellgebieten der Nebenflüsse von Main und Donau haben sich Verebnungsflächen gebildet, die zum Studium von Tonmineralumwandlungen gut geeignet sind. Am Hangfuß und in flachen Mulden sind aus Pelosolen Pseudogleye entstanden. Das Pseudogleymaterial zeigt häufig Merkmale von Bodenfließen. Beim tonmineralogischen Vergleich Sedimente → Pelosol ⟷ Pseudogleye können also die Veränderungen der Tonmineralbestände und -eigenschaften in Abhängigkeit von der Zeit (allerdings ohne absolute Zeitmarke) und der Staunässe studiert werden.

Um die Veränderungen im Boden zu bestimmen, ist es wichtig, die spezifischen Tonmineraleigenschaften der Sedimente zu kennen. Der Schwerpunkt liegt daher zunächst bei den Sedimenten. Ergebnisse zu Tonmineralumwandlungen liegen vor und werden mit verwertet.

+Lehrstuhl für Bodenkunde der Technischen Universität München, 8050 Freising-Weihenstephan

Es wird hier über Tonmineralbestände und -eigenschaften von Pelosolen, Pseudogleyen und insbesondere Tonsteinsedimenten (Entnahmetiefe $>$ 2 m) der Lias- und Doggerlandschaft berichtet. Insgesamt wurden 27 Profile untersucht. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich im Vorland der Frankenalb um dem Hesselberg in Westbayern über Ellingen/Weißenburg, Hilpolstein, Altdorf b. Nürnberg, Forchheim, Weismain/Burgkunstadt bis Mistelgau westlich von Bayreuth.

Nach einer Vorauswertung des Probenmaterials mit Hilfe der Diskriminanzanalyse (Niederbudde 1975) könnten die Sedimente des Amaltheentons (Lias δ) und Opalinustons (Dogger α) zu einer Gruppe zusammengefaßt werden, Posidonienschiefer (Lias ϵ) und Amaltheenton sowie Opalinuston und Posidonienschiefer nicht. Inwieweit Tonmineralbestände und -eigenschaften des Amaltheentons und Opalinustons als einheitliches Ausgangsmaterial für die Bodenbildung betrachtet werden können, hängt vom Ausmaß der Tonmineralumwandlungen ab. Der Posidonienschiefer läßt sich morphologisch als Papierschiefer von den zwei zuvor genannten Sedimenten unterscheiden. Er kann darüber hinaus nach seinen tonmineralogisch-chemischen Eigenschaften sehr hoch signifikant von den anderen Sedimenten getrennt werden.

Die Tongehalte des Amaltheen- und Opalinustons (bei Vernachlässigung von Geodenmaterialien) variieren zwischen 50 und 55 % ($<2\,\mu$m). Der Mittelwert von 4 Posidonienschiefern lag bei 48.5 % Ton.

Die Illitgehalte (jeweils Schichtsilikate = 100 % in der Fraktion $<2\,\mu$m, Auswertung der Röntgenbeugungsdiagramme siehe Niederbudde 1973, Niederbudde u. Kußmaul 1978) der Amaltheen- und Opalinustone variieren zwischen 60 - 70 %. Die Kaolinitgehalte liegen zwischen 15 und 25, die der Vermiculite zwischen 6 und 10 %.

Der Posidonienschiefer ist mit Werten zwischen 77 und 86 % eindeutig illitreicher als die zuvor genannten Sedimente. Als Rest sind Kaolinit sowie Vermiculit mit Illit-Vermiculitwechsellagerungen zu nennen.

Wahrscheinlich wegen der unterschiedlichen Tonmineralbestände variieren auch einige tonmineralspezifische K-Daten zwischen Amaltheen- und Opalinuston einerseits und Posidonienschiefer andererseits.

Die Mittelwerte der Aktivitätenverhältnisse von K zu $\sqrt{Ca}$ im Gleichgewicht mit dem sorbierten K der Tonmineraloberflächen liegen im Amaltheen- und Opalinuston mit 26 $M^{1/2}$ sehr hoch und sehr verschieden von jenem im Posidonienschiefer (= 2 $M^{1/2}$).

Das bedeutet auch eine beträchtliche Variation der Pufferkapazität für Kalium bei ARo (= BCKG in mval K/100 g Ton/$M^{1/2}$). Für Amaltheen- und Opalinuston wurden Mittelwerte von 80-90, für Posidonienschiefer von 290-300 ermittelt. Gemeinsam ist diesen Sedimenten, daß sie praktisch keine Smectite enthalten. Über Sediment-Solumvergleiche kann daher festgestellt werden, inwieweit sich Illite in Vermiculite und Smectite umgewandelt haben.

Wie für Lößlandschaften dargestellt wurde (Niederbudde 1975a), sind K-Pufferkapazitäten, K-Intensitätswerte und die K-Fixierung tonmineralspezifische Meßwerte, die Bodenhorizonte sehr hoch signifikant trennen. Aus diesem Grunde wurden auch hier diese Werte benutzt, um Hinweise auf Tonmineralumwandlungen zu erhalten. Mit zunehmender Dauer der Bodenbildung sinken gegenläufig zu den Ergebnissen in den Lößlandschaften die K-Intensitätswerte und die K-Pufferkapazitäten steigen.

Von diesen Ergebnissen und dem Anstieg der K-Fixierung muß abgeleitet werden, daß sich 10 Å-Minerale zu aufweitbaren Formen umwandeln. Nach den vorliegenden Röntgenbeugungsdaten ist die Smectitbildungsrate sehr klein. Dominierend haben sich Vermiculite und Illit-Vermiculitwechsellagerungsschichten gebildet. Über das Ausmaß der Tonmineralumwandlungen wird in Einzelheiten später berichtet.

Literatur

Niederbudde, E.A. (1973): Beziehungen zwischen K-Fixierungsvermögen und Dreischicht-Tonmineralen in Bodenprofilen aus Löß. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde 135, 196-208.

Niederbudde, E.A. (1975): Tonmineralé in Bodenlandschaften. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 22, 673-678.

Niederbudde, E.A. (1975a): Veränderungen von Dreischicht-Tonmineralen durch natives K in holozänen Lößböden Mitteldeutschlands und Niederbayerns. Z. Pflanzenernähr. Bodenkde, 217-234.

Niederbudde, E.A. und Kußmaul, H. (1978): Tonmineraleigenschaften und -umwandlungen in Parabraunerden unter Acker und Wald aus jungpleistozänem Löß in Süddeutschland . Geoderma im Druck.

Salger, M. (1973): Untersuchungen zur Tonmineralogie des Gipskeupers im Raum Frankenhöhe - Steigerwald. Geologica Bavarica 67, 145-154.

Salger, M. und Schmidt-Kaler, H. (1973): Sedimentologische Untersuchungen im Lias von Altdorf bei Nürnberg (Fränkische Alb). Geologica Bavarica 67, 162-168.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 777-778 (1977)

Vergesellschaftung von Lepidokrokit und Goethit in hydromorphen Böden Natals

von

Schwertmann, U.[+] und R.W. Fitzpatrick[++]

In Pseudogleyen Natals (Süd-Afrika) treten in 14-1800 m Höhe unter einem montanen Klima (13-17°C, 850-1100 mm, wintertrokken) in Wurzelröhrenkonkretionen und in Fe-oxid-Bändern an lithogenen texturellen Diskontinuitäten Lepidokrokit und Goethit in enger Vergesellschaftung auf. Dabei steigt der Goethitanteil und der Fe-Gehalt mit Annäherung an den Wurzelkanal und an die sandige Zone des Sand-Tonkontaktes. Es wird vermutet, daß sich die beiden FeOOH-Formen gleichzeitig und nicht nacheinander bilden und daß der höhere Goethitanteil mit dem höheren CO_2-Partialdruck der entsprechenden Zonen zusammenhängt. Letzteres läßt sich im Syntheseexperiment zeigen, wo bei der Oxidation von FeII salzlösungen mit O_2 bei steigendem CO_2-Anteil immer mehr Goethit auf Kosten des Lepidokrokits entsteht. Die etwas schlechtere Kristallisation des Lepidokrokits in Wurzelnähe als in Wurzelferne könnte, wiederum in Übereinstimmung mit dem Syntheseergebnis, auf den dort geringeren pH-Wert zurückzuführen sein. Ansonsten ist der Lepidokrokit stets besser kristallisiert (und daher im Röntgendiagramm und im Elektronenmikroskop leichter erkennbar) als der Goethit.

Der volle Artikel wird im Bd. 41 des Soil Sci. Soc. Amer. J. erscheinen.

+ Institut für Bodenkunde, Technische Universität München, 8050 Freising-Weihenstephan

++ Dept. of Soil Sciences & Agrometeorology, University of Natal, P.O. Box 375, Pietermaritzburg 3200, Natal, Südafrika.

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 779-794 (1977)

Bodenkundliche Themenbereiche im Geographieunterricht

von

G.Jung und H.Gebhardt +)

1. Einleitung

Abweichend von dem im Programm ausgedruckten Thema soll der Schwerpunkt der Ausführungen nicht auf der Darstellung einer ausgewählten Unterrichtseinheit liegen. Von besonderem Interesse erscheint hier eine Bilanz über den Anteil bodenkundlicher Themen am Geographieunterricht der letzten beiden Jahrzehnte. Im Mittelpunkt der Ausführungen soll daher der Versuch stehen, den Anteil bodenkundlicher Themen am Geographieunterricht in der jüngsten Vergangenheit und in der Gegenwart aufzuzeigen und inhaltlich zu beurteilen. Darüber hinaus soll untersucht werden, welche bodenkundlichen Themenbereiche in der Zukunft eventuell Aufnahme in ein Geographie-Curriculum finden können. Die im Thema angesprochene Unterrichtseinheit für die Sekundarstufe I wird in der Zeitschrift "Geographie im Unterricht"veröffentlicht.

2. Der länderkundliche Ansatz im Geographieunterricht

Bis zum Ende der 60er Jahre wurde in der Schulgeographie fast ausschließlich Länderkunde betrieben. Die tradiotionelle Schulgeographie war mit länderkundlichem Unterricht gleichzusetzen. An dieser Situation hat sich auch heute in einigen Schulen nichts geändert. Die Länderkunde verliert allerdings zunehmend an Bedeutung.

Der länderkundliche Unterricht beginnt im 5.Schuljahr mit der Behandlung von Deutschland, dann folgen im 6.Schuljar europäische und in den späteren Schuljahren außereuropäische Länder, bis die gesamte Erde am Ende des 9.Schuljahres abgehandelt ist. Im 10.Schuljahr wird dann eine vertiefte"Betrachtung Deutschlands und seine Verflechtungen mit den übrigen europäischen Ländern"angestrebt. Lediglich in der Oberstufe des Gymnasiums (ab 11.Klasse) können Themen der Allgemeinen Geographie wie z.B. Klimatologie,Geomorphologie..angesprochen werden.

+) Universität Oldenburg, Fachbereich IV
29 Oldenburg, Ammerländer Heerstraße

Der Unterricht ist insgesamt auf eine möglichst lückenlose Erkundung der gesamten Erde durch Behandlung möglichst zahlreicher Länder ausgerichtet.

Die Lehrmeinung "Schulerdkunde ist Länderkunde" und die Ziele des länderkundlichen Unterrichts werden durch die folgenden Zitate belegt:

1. "Geographisch werden alle Tatsachen erst, wenn man zweierlei zeigt: wie sie an einer Erdstelle zusammenkommen und zusammenwirken, zusammen den Charakter der Landschaft bestimmen und die Grundlage des menschlichen Lebens bilden, und zweitens, wie sie sich an verschiedenen Erdstellen unterscheiden, die Unterschiede der Landschaften und Länder hervorrufen und der verschiedenen Entwicklung der Menschheit zu Grunde liegen." (Hettner 1927, S. 424)
2. "Die eigentliche Aufgabe des Erdkundeunterrichts in allen Schulen ist die Pflege der Länderkunde, d.i. die Beschreibung und Erklärung einzelner Räume Deutschlands, Europas und fremder Erdteile." (Wocke 1966, S.339)
3. "Die Führung im Erdkundeunterricht hat mit Recht die Länderkunde; denn sie ist besonders lebenswichtig und bildend .... Und worin besteht dieser eigentliche Sinn der Erdkunde ? Offenbar darin, die Zerstückelung der Wirklichkeit durch viele Realwissenschaften, die alle ihre besonderen Gegenstände sachlogisch herausordnen und systematisch vereinzeln, zu überwinden durch Ganzschau ..... Der Geograph betrachtet in den Ländern und Meeren, Staaten, Landschaften oder Siedlungen, kurz: in dem jeweils ins Auge gefaßten Gebiet alle raumtypischen, wesenprägenden Natur- und Kulturgebilde raumsynoptisch .... Darum betreibt sie vornehmlich Länderkunde." (Schnass und Gebhardshagen 1964, S. 47f; zit. bei Schultze 1976, S. 136).

In diesen Zitaten wird deutlich, daß die Geographie auf eine Ganzschau eines Raumes ausgerichtet ist. Dabei sollen nicht nur die einzelnen, einen Raum prägenden Faktoren beschrieben, sondern darüber hinaus auch deren kausale Zusammenhänge aufgezeigt werden. Länderkunde soll die charakteristischen Wesenszüge der verschiedenen Räume erfassen. Sie soll dabei aber auch der jeweiligen Individualität des Raumes gerecht werden. Länderkunde erhebt also den Anspruch, das sehr komplexe Funktionsgefüge eines Raumes bezüglich der Faktoren Relief, Klima, Vegetation, Boden, Wasserhaushalt, Siedlungen, Landwirtschaft, Industrie, Handel, Verkehr ..... aufzunehmen und zu analysieren. Unter der Annahme, daß die erhobenen Ansprüche der Länderkunde wirklich realisierbar sind, ergeben sich für den Unterricht kaum lösbare Probleme.

So ist bereits aus Zeitgründen im Rahmen der Schule eine Länderkunde, die sowohl in globaler Hinsicht wie bezüglich der Komplexität eines Raumes auf Vollständigkeit ausgerichtet ist, zum Scheitern verurteilt. Die Länderkunde, die eigentlich die ursächlichen Zusammenhänge der verschiedenen, eine Landschaft prägenden Faktoren aufzeigen will, bleibt gewöhnlich bei der Aufzählung von Fakten stecken. Sie wird zu einer beziehungslosen Faktenkunde. Dem Schüler wird nur noch lexikalisches Wissen vermittelt.

3. Bodenkundliche Themen im länderkundlichen Geographieunterricht.

Im Rahmen eines auf die Gesamtheit aller einen Raum prägenden Faktoren ausgerichteten länderkundlichen Unterrichts wird dem Faktor Boden - bedingt durch die Vielzahl der zu untersuchenden Faktoren - nur eine sehr untergeordnete Bedeutung zuerkannt. Die Ursache für das geringe Interesse an bodenkundlichen Themen in der Schule ist darüber hinaus aber auch in der Tatsache begründet, daß bodenkundliche Arbeitsmethoden in der fachwissenschaftlichen Arbeit an der Hochschule lange Zeit kaum Berücksichtigung fanden.

Die untergeordnete Bedeutung des Faktors Boden im Unterricht läßt sich durch Analyse von Schulbüchern belegen. Schwerpunktmäßig bodenkundlich ausgerichtete Themen fehlen völlig. Der Boden wird lediglich bei der Behandlung von Themen wie Landwirtschaft, Landschaftsgürtel herangezogen. Dabei werden die Bodentypen lediglich benannt und einzelne ihrer Eigenschaften, die zum Verständnis von landwirtschaftlicher Nutzung bzw. Pflanzenverbreitung erforderlich erscheinen, aufgezählt.
Für die Schulbuchanalyse bieten sich die Schulbücher "Seydlitz" und "Länder und Völker" an, die vor allem im gymnasialen Bereich sehr verbreitet Anwendung finden.
Im Seydlitz für die Klassen 5 bis 10 (Band 1 bis 4) wird der Boden nur bei der Beschreibung der landwirtschaftlichen Nutzung angesprochen. Bodenkundliche Inhalte erschöpfen sich in Ausführungen wie: fruchtbarer Lößboden; Boden der

sich schnell erschöpft; tiefgründige, fruchtbare Schwarzerde; nicht sehr ertragreiche Böden; arme Böden; ... sind die Böden ausgelaugt ....d.h. unfruchtbares Land; nährstoffarme Sandböden; dieser mergelige Lehmboden gehört zu den besten Böden Deutschlands; magerer Ackerboden (aus Seydlitz, Bd. 1-4).

Insgesamt werden nur sehr pauschal und oberflächlich die Bodeneigenschaften hinsichtlich ihrer Eignung für landwirtschaftliche Nutzung angesprochen. Es fehlen Aussagen, die diese Eigenschaften erklären und einsichtig machen.

Im Band 5 des Seydlitz für die Oberstufe im Gymnasium wird zwar im Rahmen des Abschnittes "Der Erdkörper; Die Außenkräfte" auf 1 3/4 Seiten ein zusammenfassendes Kapitel über die wichtigsten Böden (13 Bodentypen) und ihre Zuordnung zu Klimazonen geboten. Aber auch hier überwiegt die Aufzählung von Bodeneigenschaften. Aussagen zur Bodengenese und Erklärung der Bodenmerkmale (insbesondere aufgrund neuerer Erkenntnisse der Tonmineralogie) fehlen völlig.

Eine Analyse des Schulbuches "Länder und Völker" kommt zu ähnlichen Ergebnissen wie diejenige des Seydlitz. Bis zum 10. Schuljahr (Bd. 1 bis 5) werden Böden lediglich bezüglich ihrer Fruchtbarkeit genauer bezeichnet. Nur im Band für die gymnasiale Oberstufe "Der Mensch in seinem Lebensraum" werden auch einige Bodentypen und ihre Eigenschaften etwas ausführlicher behandelt. Als Beispiel für den Umfang und den Inhalt kann die Behandlung der tropischen Böden im Rahmen des Kapitels "Die Landschaftsgürtel der Erde; Die tropischen Regenwälder" angesehen werden:

"Die überaus üppige Pflanzenwelt des tropischen Regenwaldes gedeiht auf einem keineswegs fruchtbaren Boden. Der Wald lebt eigentlich nur von seinem eigenen Abfall. Infolge der großen Wärme und Feuchtigkeit verwest das tote Laub schnell. Das in die Erde einsickernde Regenwasser spült die Nährstoffe in die Tiefe und zersetzt durch seinen Gehalt an Humussäure das Gestein zu einem gleichförmigen Verwitterungslehm, der oft durch Eisenoxyd rot gefärbt ist" (Länder und Völker, Ausgabe B, Bd. 9, 1970, S. 17)

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß der Faktor Boden im Rahmen eines länderkundlich ausgerichteten Geographieunterrichts fast keine Berücksichtigung findet. Er wird

nur sehr vereinzelt für Begründung bestimmter landwirtschaftlicher Nutzungsarten herangezogen. Die Böden werden dabei bezüglich ihrer "Fruchtbarkeit" bzw. "Armut" bewertet.
In zahlreichen umfassenden Abhandlungen über die Landwirtschaft einer Region bzw. eines Landes fehlt jeglicher Hinweis auf die Bedeutung des Bodens. Es finden überwiegend nur ökonomische Faktoren Berücksichtigung.
Im Unterricht der gymnasialen Oberstufe, der auf Themenbereiche der Allgemeinen Geographie ausgerichtet ist, nehmen die Ausführungen zum Faktor Boden etwas größeren Raum ein. Aber auch hier bieten diese überwiegend lediglich eine Sammlung von Fakten. Erklärungen zur Bodengenese sind unvollständig und lückenhaft. Die Bodeneigenschaften sind daher kaum zu verstehen.+)

4. Die Änderung der geographischen Lehrinhalte

Bis zum Ende der 60er Jahre war Schulgeographie mit Länderkunde (Regionaler Geographie) gleichzusetzen. Sie befand sich damit weitgehend im Einklang mit der Fachwissenschaft Geographie. Als zentraler Arbeitsbereich wurde auch hier das Land, die Region, die Landschaft angesehen. So heißt es bei Troll sinngemäß "Die geographische Landschaft ist der eigentliche, zentrale Forschungsgegenstand der Geographie" (Troll 1950, S. 417/418).

Im Rahmen der Neubestimmung der Lehrinhalte vollzieht sich seit 1970 ein grundlegender Wandel in der Schulgeographie. Die Arbeitsbereiche der Fachwissenschaft werden nicht mehr als richtungsweisend für das Schulfach angesehen. Schule ist nicht bloß Reproduktion von Wissen und Wissenschaft. "Sie soll den Schüler für sein jetziges und späteres Leben ausstatten und zur Ausbildung gesellschaftlich notwendiger Verhaltensdispositionen beitragen" (Schultze 1976,S.28/29). Unter Berücksichtigung dieser gesellschaftlich-pädagogischen Leitvorstellungen müssen besonders die geographischen Lehrinhalte neu bestimmt werden.

+) Eine quantitative Bestimmung des bodenkundlich ausgerichteten Textanteils in den Schulbüchern der gymnasialen Oberstufe ergibt Werte von unter 1%.

Dabei muß die Fachwissenschaft daraufhin überprüft werden, welche Beiträge sie zu diesem neu definierten Aufgabenbereich der Schule zu leisten imstande ist.

An die Stelle der Länderkunde treten Themen der Allgemeinen Geographie. Der Sozialgeographie wird dabei eine vorrangige Bedeutung zuerkannt. Aber auch die Landschaftsökologie, verbreitet als Geoökologie bezeichnet, findet größeres Interesse. Ökologische Themen werden für ein zukünftiges Geographie-Curriculum für unerläßlich erachtet.
Im Rahmen der Fachwissenschaft hat sich die Landschaftsökologie bereits seit etwa 1965/66 zunehmend in den Vordergrund geschoben. Der Bodenkunde bzw. bodenkundlichen Arbeitsmethoden wird in diesem Forschungsbereich eine zentrale Stellung zuerkannt.

5. Zielsetzungen der Landschaftsökologie

In der Geographie ist die ökologische Arbeit auf den Naturhaushalt an der Erdoberfläche bzw. einzelne seiner Teilbereiche ausgerichtet. Im Rahmen landschaftsökologischer Betrachtungsweise rücken stoffliche, funktionelle und genetische Zusammenhänge in den Mittelpunkt des Interesses (Klink 1972, S.8). Dabei ist eine Analyse des Naturhaushaltes ohne Berücksichtigung des menschlichen Einflusses nicht möglich. Landschaften oder Landschaftsausschnitte, die nicht deutlich durch den Menschen geprägt oder verändert worden sind, gibt es auf der Erde nur noch in sehr begrenztem Umfang. Ein ständiger Stoffaustausch zwischen Natur und Gesellschaft, bedingt durch den wirtschaftenden Menschen, führt zu einer Veränderung bzw. "Störung" des Naturhaushaltes" (d.h.des Ökosystems).

Landschaftsökologische Untersuchungen beschäftigen sich also mit der Aufdeckung der Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Komponenten (Relief, Klima, Boden, Wasserhaushalt, Vegetation) des Wirkungsgefüges der Geofaktoren (Landschaftshaushalt) und dem Stoffaustausch zwischen Natur und Mensch sowie

den sich daraus ergebenden Folgen für den Landschaftshaushalt.

6. Die zentrale Bedeutung bodenkundlicher Untersuchungen innerhalb der Landschaftsökologie

Der Beginn landschaftsökologischer Forschung hat- unabhängig davon, ob die Untersuchung auf das gesamte Ökosystem (den gesamten Landschaftshaushalt) oder auf einzelne Teilaspekte daraus ausgerichtet ist - mit der Analyse einzelner Geofaktoren, den Komponenten des Ökosystems, einzusetzen (Klink 1972, S.9; Klink 1974, S. 212; Barsch 1968, S. 245; Dierschke 1969, S.3; Leser 1976, S. 45). Entsprechend werden geologische, geomorphologische, klimatologische, bodenkundliche, pflanzen- und tierökologische sowie "humanökologische" Untersuchungen vorgenommen. Die Landschaftsökologie bedient sich dabei der Arbeitsmethoden der verschiedenen Teildisziplinen der Physischen Geographie und deren Nachbardisziplinen.

Bei der Ausrichtung der Arbeit auf eine Gesamtbilanz des Ökosystems ist eine Bestandaufnahme aller Geofaktoren für die verschiedenen Standorte undurchführbar. Es wird daher vorrangig die Analyse von solchen Geofaktoren angestrebt, die als Indikatoren für den gesamten Geokomplex dienen können. Es sind Geofaktoren, die eine integrale Aussagefähigkeit besitzen, weil die Einflüsse mehrer anderer in diese eingehen und sie ausformen. Eine derartige Sonderstellung unter den Geofaktoren wird neben der Vegetation in der Landschaftsökologie vor allem dem Boden eingeräumt.

- Wichtig ist die Analyse solcher Faktoren im Geokomplex, die eine integrale Aussagefähigkeit besitzen ..... es sind dies Boden, Bodenwasserhaushalt und Lebensgemeinschaft (Klink 1972, S.9)

- Es muß ... mit möglichst vielen Komponenten des Komplexes in kausaler Verknüpfung stehen. Dieses Element können wir ... besonders im Boden finden ... und als Schlüssel für Komplexforschung besonders geeignet erscheint (Neef, Schmidt, Lauckner, 1961, S.8)

- Dem Boden kommt die Wertigkeit eines ökologischen Hauptmerkmals zu (Leser 1976, S. 105)

- ... zu ökologischen Interpretationen ist dies besonders gut von Vegetation und Boden her möglich (Bartels, Hard 1975, S.327)

- Im landschaftsökologischen Wirkungsgefüge nimmt der Boden eine zentrale Stellung ein. Er ist das Ergebnis des Zusammenwirkens aller anderen Geofaktoren und damit ein Landschaftsbildner höherer Ordnung. (Dierschke 1969, S.1)

Diese herausragende Stellung, die die landschaftsökologische Forschung dem Boden zuerkennt, wird noch bestärkt, wenn das Augenmerk vor allem auf den Stoffaustausch von Mensch und Natur gerichtet wird. Alle stofflichen Umwandlungen an der Erdoberfläche gehen bekanntlich über die Bodendecke vor sich (Klink 1974, S. 215)

Für die landschaftsökologische Forschung ergibt sich also eine zentrale Bedeutung bodenkundlicher Untersuchungen, da sie einen Rückschluß auf das gesamte Ökosystem zulassen und durch sie die Belastung eines Raumes durch den wirtschaftenden Menschen besonders gut aufgezeigt werden kann.

7. Bodenkundliche Themen im heutigen Geographieunterricht

Da die Lehrpläne in den Bundesländern die neueren Entwicklungen der Didaktik der Geographie noch nicht voll berücksichtigen, ist eine Überprüfung der Bedeutung bodenkundlicher Themen anhand dieser Unterlagen nicht möglich. Sie soll daher an neueren Schulbüchern [1]) und Entwürfen von Unterrichtseinheiten [2]) vorgenommen werden.

In den Schulbüchern werden lediglich zwei Themenbereiche angesprochen, die bodenkundlich ausgerichtet sind [3]). Es handelt sich um Bodenerosion (Welt und Umwelt, Schuljahr 5/6; Geographie 7/8; Dreimal um die Erde, Bd.1) und Versalzung (Welt und Umwelt, Schuljahr 5/6; Geographie 7/8). In einigen Schulbüchern sind überwiegend bodenkundlich ausgerichtete Themenbereiche nicht aufgeführt (Geographie, Bayer, Schulbuchverlag; Der Mensch gestaltet die Erde; Neue Geographie).

---

1) Dreimal um die Erde, Schroedel-Verlag; Geographie, Klett Verlag; Welt und Umwelt, Westermann-Verlag; Der Mensch gestaltet die Erde, Hirschgraben Verlag; Neue Geographie, Verlage Bagel, Hirt und Vieweg; Geographie, Bayerischer Schulbuchverlag

2) Geographische Rundschau, Beihefte zur Georg.Rundschau, Geographie im Unterricht

3) Ausnahme: Welt- und Umwelt, Schuljahr 9/10

Gegenüber den länderkundlichen Abhandlungen älterer Schulbücher zeigt sich eine Aufwertung bodenkundlicher Inhalte, aber insgesamt wird ihnen auch hier nur eine untergeordnete Bedeutung beigemessen. Es finden sich zwar Überschriften wie beispielweise "Der Mensch nutzt den Boden" oder "Wie der Mensch den Boden nutzt". Der Boden und seine Bewertung für agrarische Nutzung werden also direkt angesprochen, aber als einer der Faktoren, der die Art landwirtschaftlicher Nutzung deutlich mitbestimmt, findet er keine Berücksichtigung. Es wird bestenfalls eine Beschreibung einzelner Bodeneigenschaften gegeben. Dem Schüler werden hier keine übertragbaren Einsichten vermittelt, sondern es wird eine Vielzahl von Fakten aufgezählt. Zusammenhänge, die Bodeneigenschaften verständlich und einsichtig machen, und Beziehung zwischen Ansprüchen landwirtschaftlicher Nutzpflanzen und Bodeneigenschaften werden kaum aufgezeigt. Bei den genauer vorgestellten Böden handelt es sich ganz überwiegend um "Lößböden". Ein Vergleich verschiedener Bodentypen bzw. Bodenarten wird nur vereinzelt, sehr oberflächlich geboten. (Eine vergleichende Übersicht ist nur im Schulbuch "Geographie 1" [1]) enthalten).
Der Umfang und die Art in der bodenkundliche Fragen behandelt werden, wird in den folgenden Zitaten deutlich:

"Lößboden ist die fruchbarste aller Bodenarten. Löß ist ein feinkörniger Staub, den der Wind während der letzten Eiszeit zwischen den Grashalmen eines bereits vorhandenen Bodens abgelagert hat. Er enthält alle Nährstoffe, die Pflanzen zum Wachsen brauchen. Er ist locker, hält die Feuchtigkeit gut und läßt sich leicht bearbeiten. Anspruchsvolle Pflanzen wie Zuckerrüben oder Weizen gedeihen im Lößboden sehr gut. Seine größte Verbreitung hat er nördlich der Mittelgebirge, in der sog. Bördenzone, sowie in den Gäuböden Süddeutschlands"
(Geographie 1, Bayer.Schulbuch-Verlag, S.121)[2]

<u>Raum, um die</u> Wechselwirkungen zwischen Boden und anderen

1) Geographie, Bayerischer Schulbuch-Verlag, S.121/122

2) Neben dem Lößboden werden in ähnlichen Umfang Sand-, Ton- und Lehmboden vorgestellt.

"Die Börde hat einen feinkrümeligen, steinlosen Lößboden. Er enthält alle Nährstoffe, die die Ackerpflanzen benötigen. Im Löß kann das Regenwasser tief eindringen, bei Trockenheit aber auch aus der Tiefe leicht zu den Wurzeln der Feldfrüchte aufsteigen. So bringen die Felder in jedem Jahr reiche Ernten"
(Geographie 5/6, Westermann Verlag, S. 123)

".. Diese leicht hügelige Landschaft mit fruchtbaren Lößböden reicht von der Elbe bei Magdeburg bis an das Harzvorland ... Der Löß wurde während der Eiszeit aus Moränen und Sanderflächen vom Wind ausgeblasen und weiter südlich davon abgelagert. Er ist feinkörnig, fast mehlig und enthält viel Kalk. Ursprünglich war er gelb. Im Laufe der Jahrtausende hat er in den oberen Schichten so viele Humusbestandteile aufgenommen, daß er dunkel wurde. Man nennt diese Böden Schwarzerde"
(Dreimal um die Erde, Band 1, 1977, S.53)

Eine umfangreichere Darstellung zu bodenkundlichen Fragen wie "Aufbau der Böden" und "Störung der Bodenbildung durch den Menschen" wird lediglich in Welt und Umwelt, Schuljahr 9/10 (S. 392 bis 395) geboten. Leider verbleibt durch die Vielzahl der Informationen, die vermittelt werden, kaum Raum, um die Wechselwirkungen zwischen Boden und anderen Geofaktoren darzustellen. Da die "Prozesse der Bodenbildung nicht im Mittelpunkt der unterrichtlichen Bemühungen stehen" (Welt und Umwelt, Schuljahr 9/10, Lehrerband, S. L 392), können die aufgeführten Bodeneigenschaften kaum verstanden werden. Es bleibt in zahlreichen Abschnitten bei einer Aufzählung von Fakten.

Die neueren Unterrichtswerke für die gymnasiale Oberstufe (Sekundarstufe II) sind auf einzelne Problemfelder der Allgemeinen Geographie ausgerichtet. So liegen bereits zwei Bände zu ökologischen Themen vor (H.Hendkinger, Landschaftsökologie, 1977; K.Eckart und W.Habrich, Umweltprobleme und Umweltschutz, 1976). Während im Band "Umweltprobleme und Umweltschutz" lediglich die Gefahr der Bodenerosion genauer untersucht wird, bietet der Band "Landschaftsökologie" genauere bodenkundliche Ausführungen unter den Überschriften "Gesteine, Verwitterungsprodukte, Böden-Strukturen und Prozesse" sowie "Klima- und Reliefabhängigkeit der Verwitterung, Bodenbildung und Umlagerung von

Gesteinsmaterial und Böden". Dabei wird eine große Zahl von Bodentypen in Abhängigkeit von anderen Faktoren wie Relief, Klima, Wasserhaushalt, Vegetation untersucht. Leider fehlen im Anschluß Themenbereiche in denen die gewonnenen Erkenntnisse Anwendung finden könnten.

Im Rahmen von Unterrichtsentwürfen wurden in den letzten Jahren wiederholt Einheiten zu Themen der Landschaftsökologie vorgestellt. Bodenkundlich-ökologische Unterrichtseinheiten sind jedoch kaum vertreten. Lediglich zum Thema Bodenerosion liegen Unterrichtsentwürfe vor (Schön 1976, Brucker und Hausmann 1972).

Umfassende für den Lehrer bestimmte Darstellungen zur Landschaftsökologie bzw. zu Umweltschutz, Umweltsicherung, Umweltgestaltung, die sich um eine Abhandlung möglichst aller für den Geographieunterricht relevanten ökologischen Themen bemühen, wählen die Themen ganz überwiegend nach einem Aktualitätsbezug aus, wie er durch Presse, Rundfunk und Fernsehen gegeben ist. Es werden daher aus dem geowissenschaftlichen Bereich vor allem Aspekte der Geofaktoren Wasserhaushalt, Klima und Vegetation angesprochen. Themenbereiche sind: Luftverschmutzung, Stadtklima, Gewässerverschmutzung, Lärmbelästigung, Schutz der Nahrung, Landschaftspflege und Naturschutz (vgl. Berg und Doedens 1973; Engelhard 1973; Puls 1975; Hagel 1976; Habrich 1977).

Zusammenfassend bleibt festzustellen, daß bodenkundliche Themen in neueren Schulbüchern und Unterrichtsentwürfen im Vergleich zu länderkundlich ausgerichteten Unterrichtswerken zwar größeren Raum einnehmen, insgesamt gesehen aber auch hier nur in sehr geringem Umfang Eingang gefunden haben. Die Ansprüche der Fachwissenschaft fanden in der Schule erst in Anfängen Berücksichtigung. Es erscheint damit prüfenswert, ob bodenkundlichen bzw. bodenkundlich-ökologischen Themen im Rahmen eines Geographie-Curriculums wirklich keine Bedeutung zukommt.

8. Bodenkundliche Themenbereiche in einem zukünftigen Geographie-Curriculum

Unter Berücksichtigung der gegenwärtigen gesellschaftlich-pädagogischen Leitvorstellungen (vgl. Kap.4) erscheinen für den Geographieunterricht vor allem folgende bodenkundlichen bzw. bodenkundlich-ökologischen Themen relevant:

1. Die Abhängigkeit der landwirtschaftlichen Nutzung von den natürlichen Gegebenheiten
   Lernziel: Die Schüler sollen beurteilen, welche Bedeutung den natürlichen Faktoren - besonders dem Boden - für Art und Effektivität der Agrarproduktion beizumessen ist (in der Bundesrepublik Deutschland).

2. Bodenversalzung in ariden Gebieten als Folge von Bewässerungsmaßnahmen
   Lernziel: Die Schüler sollen Versalzun g des Bodens als Konsequenz eines gezielten Eingriffes des Menschen in den Landschaftshaushalt (durch Bewässerung in ariden Räumen) ohne Überprüfung der Folgen für die betroffenen Ökosysteme erkennen.

3. Forstmonokulturen als Ursache für Veränderung bodengenetischer Prozesse und Störung des ökologischen Gleichgewichtes
   Lernziel: Die Schüler sollen erkennen, daß eine überwiegend nach ökonomischen Gesichtspunkten ausgerichtete forstwirtschaftliche Nutzung (Monokultur) zu Veränderung der Bodenentwicklungsprozesse führt und damit eine Störung des Landschaftshaushaltes verursacht.

4. Bodenfruchtbarkeit - Ergebnis physikalischer, chemischer und biologischer Eigenschaften des Bodens
   Lernziel: Die Schüler sollen erkennen, daß die Fruchtbarkeit eines Bodens von zahlreichen verschiedenen Eigenschaften des Bodens (physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften) abhängig ist und daß Ernteerträge in hohem Maß von der Bodenfruchtbarkeit bestimmt werden.

5. Regulationsfunktion des Bodens im Landschaftshaushalt.
   Lernziel: Die Schüler sollen erkennen, daß die Bodendecke eine entscheidende Filter- und Speicherfunktion im Wasserhaushalt, im Stoffkreislauf Natur - Gesellschaft und bei der Bindung bzw. Neutralisierung umweltschädlicher Stoffe übernimmt.

6. Die ökologische Benachteiligung der Tropen.
   Lernziel: Die Schüler sollen die bodenökologische Benachteiligung der Tropen gegenüber den gemäßigten Breiten erkennen, deren Ursachen und Folgen analysieren sowie Lösungsmöglichkeiten zur Verbesserung der ökologischen Bedingungen beurteilen.

7. Zonale Anordnung der Böden auf der Erde.
   Lernziel: Die Schüler sollen erkennen, daß die bodentypologische Ordnung der zonalen Abstufung von Klima und Vegetation entspricht und die Schüler sollen die Ursache für diese Zusammenhänge analysieren sowie die Bedeutung der Bodenzonen für eine agrarische Nutzung beurteilen.

8. Bewertung des Bodens für agrarwirtschaftliche Nutzung.
   Lernziel: Die Schüler sollen erkennen, daß der Boden das Ergebnis von Entwicklungsprozessen ist und daß diese bei der Bodenbewertung (Feststellung von Bodenzahlen) eine entscheidende Rolle spielen.

9. Maßnahmen zur Bodenverbesserung.
   Lernziel: Die Schüler sollen die verschiedenen Maßnahmen zur Bodenverbesserung unter Berücksichtigung ökologischer (bodengenetischer) und ökonomischer Faktoren untersuchen.

10. Bodenzerstörung - Folge menschlicher, nicht den ökologischen Gegebenheiten angepaßter Eingriffe in den Landschaftshaushalt (Erosion, Raubbau).
    Lernziel: Die Schüler sollen erkennen, daß es durch unsachgemäße Nutzung und Bearbeitung zu Erosion und Wertminderung des Bodens kommt.

11. Veränderung der Bodenentwicklungsprozesse durch agrarische Nutzung. Podsolierung als Folge der Verheidung.
    Lernziel: Die Schüler sollen erkennen, daß eine landwirtschaftliche Nutzung, die die natürlichen Gegebenheiten nicht ausreichend berücksichtigt, zu irreversiblen Veränderungen und Schäden des Bodens führen kann.

Literatur

Barsch, H.: Arbeitsmethoden in der Landschaftsökologie; in: E.Heyer u.a.: Arbeitsmethoden in der physischen Geographie; Berlin 1968, S. 235 - 269.

Bartels,D. und G. Hard: Lotsenbuch für das Studium der Geographie als Lehrfach; Bonn, Kiel 1975

Bauer, L.: Einführung in die Didaktik der Geographie; Darmstadt 1976

Berg, K.H. und F.Doedens: Umweltschutz, Fortschritt ist für den Menschen da; Frankfurt 1973

Brucker, A. und W. Hausmann: Bodenzerstörung und Bodenerhaltung in den Prärieebenen der USA; in: Beih.Geogr. Rundschau, Braunschweig 1972, S.36-45.

Dierschke, H.: Die naturräumliche Gliederung der Verdener Geest; Landschaftsökologische Untersuchungen im nordwestdeutschen Altmoränengebiet; in: Forschungen z.Dt. Landeskunde, Bd. 177, Bad Godesberg 1969.

Eckart, H. und W. Habrich: Umweltprobleme und Umweltschutz; in: Arbeitsmaterialien Geographie S II; Stuttgart 1976.

Ehlers, H., Kuhlmann, W., Noll, E. und M. Noll: Umweltgefährdung und Umweltschutz; Experimentelle Erarbeitung der Ökologie eines Gewässers; Hannover 1973.

Engelhardt, W.: Umweltschutz, Gefährdung und Schutz der natürlichen Umwelt des Menschen; München 1973.

Gassmann, R.: Umwelt - Gefahren und Aufgaben; Paderborn 1972.

Geipel, R. (Hrsg.): Wege zu veränderten Bildungszielen im Schulfach "Erdkunde", Studientagung Tutzing 1971; in: Der Erdkundeunterricht, Sonderheft 1; Stuttgart 1971.

Habrich, W.: Probleme der Umweltsicherung und Umweltgestaltung im Curriculum der Geographie; in: Lob, R.E. (Hrsg.): Geographie und Umwelt; Kronberg 1977, S.182 - 201.

Hagel, J.: Umweltprobleme - Grundüberlegung und Unterrichtsmodell; in: Der Erdkundeunterricht, Heft 23; Stuttgart 1976.

Hendinger,H.: Landschaftsökologie; in: Westermann-Colleg, Raum + Gesellschaft, Heft 8, Braunschweig 1977.

Hettner, A.: Die Geographie - Ihre Geschichte, ihr Wesen, ihre Methoden; Breslau 1927.

Hoffmann, G.: Physiogeographie in der Oberstufe; in: Geogr.Rundschau; Braunschweig 1968, S. 451 - 457.

Jung, G.: Bericht über ein Arbeitsvorhaben: Geoökologische Forschung im Regionalbereich. Voraussetzung für das Verständnis von Fragen der Umweltsicherung; in: Beiheft Geogr. Rundschau, Braunschweig 1974, S. 3 - 13.

Klink, H.-J.: Geoökologie und naturräumliche Gliederung - Grundlagen der Umweltforschung; in: Geogr. Rundschau, Braunschweig 1972, S. 7 - 19.

Klink, H.-J.: Geoökologie - Zielsetzung, Methoden und Beispiele; in: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie; Erlangen 1974, S. 211 - 223.

Leser, H.: Landschaftsökologie; Uni-Taschenbücher, Bd. 521; Stuttgart 1976

Neef, E.: Der Stoffwechsel zwischen Gesellschaft und Natur als geographisches Problem; in: Geogr. Rundschau, Braunschweig 1969, S. 453 - 459.

Neef, E., G. Schmidt und M. Lauckner: Landschaftsökologische Untersuchungen an verschiedenen Physiotopen in Nordwestsachsen; in: Abhandlungen der Sächs.Akad. d. Wiss. zu Leipzig, Math.-nat.Kl., Band 47, H.1, Berlin 1961.

Puls, W.(Hrsg.): Umweltgefahren als Thema des Geographieunterrichts; Beiheft Geogr. Rundschau, Braunschweig 1975.

Schön, J.: Zerstörung und Rekultivierung der landwirtschaftlichen Nutzfläche der nordamerikanischen Prärie (7. Schuljahr); in: Geographie im Unterricht, Köln 1976, S. 48 - 55.

Schultze, A.: Einführung in die Geographiedidaktik; in: Schultze, A. (Hrsg): Dreißig Texte zur Didaktik der Geographie, Braunschweig 1976, S. 9 - 27.

Schultze, A.: Allgemeine Geographie statt Länderkunde; in: Schultze, A. (Hrsg.): Dreißig Texte zur Didaktik der Geographie, Braunschweig 1976, S. 135 - 154.

Späth, H.-J.: Geoökologisches Praktikum, Uni-Taschenbücher, Band 607, Paderborn 1976.

Troll, C.: Die geographische Landschaft und ihre Erforschung, in: Storkebaum, W. (Hrsg.): Zum Gegenstand und zur Methode der Geographie; Darmstadt 1967, S. 417 - 463.

Wocke, M.F.: Erdkunde; in: Handbuch für Lehrer, Bd.II, hrsg. v. A.Blumenthal u.a., Gütersloh 1966, S. 335 - 336.

Schulbücher:

August Bagel Verlag, Düsseldorf; 1971, 1974, 1975: Neue Geographie (3 Bde.).

Bayerischer Schulbuch-Verlag, München; 1974: Geographie.

Hirschgraben Verlag, Frankfurt; 1973: Der Mensch gestaltet die Erde (2Bde.).

Hirt Verlag, Kiel und Schroedel Verlag, Hannover; 1962 - 1969: Seydlitz (6 Bde.).

Klett Verlag, Stuttgart; 1966/67: Länder und Völker, Erdkundliches Unterrichtswerk, Ausgabe B (6Bde.).

Klett Verlag, Stuttgart; 1970, 1972, 1974: Geographie (3 Bde.).

Schöningh Verlag, Paderborn; 1976: Schäfer Weltkunde.

Schöningh Verlag, Paderborn; 1972: Erdkunde.

Schroedel Verlag, Hannover; 1970 - 1977: Dreimal um die Erde (3 Bde.).

Westermann Verlag, Braunschweig; 1972, 1974, 1976: Welt und Umwelt (3 Bde.).

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 795-854 (1977)

M I T T E I L U N G E N

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

Referate der

Sitzung der Kommission VII

1977 in Hannover

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 797-824 (1977)

Der Mineralbestand als bodengenetischer Indikator

von

Blume, H.-P. und H.-P. Röper

Der Bodengenetiker möchte als Fragen beantworten, wie und wann bestimmte Eigenschaften eines Bodens entstanden sind und warum sich verschiedene Böden unterscheiden. Es gilt also, den Ablauf bodenbildender Prozesse zu rekonstruieren, was in der Regel über einen Vergleich bestimmter diagnostischer Merkmale der einzelnen Bodenhorizonte mit denen des Ausgangsmaterials, d.h. des Gesteins oder der Streu geschieht. Dazu muß zunächst das Gestein mit seinen Eigenschaften bekannt sein. Daher ist über einen Homogenitätstest zu prüfen, ob das Solum eines Bodens aus dem gleichen Gestein entstanden ist, das es unterlagert, oder ob das nicht bzw. nur teilweise der Fall ist.

Rekonstruktion des Gesteins ist also das erste Anliegen des Genetikers. Daran schließt sich die Rekonstruktion der bodenbildenden Prozesse an. Schließlich können Fragen nach der Intensität oder dem zeitlichen Ablauf der Pedogenese folgen.

Für die Lösung aller aufgeworfenen Fragen können Minerale wichtige Indikatorfunktionen einnehmen. Da Mineralböden in erster Linie Umwandlungsformen von Gesteinen und deren Mineralbestand sind, fußt die Rekonstruktion des Gesteins prinzipiell auf einer Mineralanalyse (s. hierzu auch BARSHAD, 1964; BREWER, 1964; SCHLICHTING und BLUME, 1966).

Rekonstruktion des Gesteins

Bei der Rekonstruktion des Gesteins geht man zunächst von der Annahme aus, der Boden sei aus dem gleichen Gestein entstanden, wie das, was sein Solum unterlagert. Das Ausgangsmaterial eines Bodens kann prinzipiell als

x) Institut für Ökologie -Bodenkunde- Engler Allee 19, 1000 Berlin 33

einheitlich gelten, wenn das Verhältnis zweier verwitterungsresistenter Minerale einer verlagerungsresistenten Kornfraktion in allen Bodenhorizonten gleich ist; wenn also z.B. das Verhältnis von Quarz:Zirkon des Grobschluffes konstant ist. Entsprechendes gilt, wenn das Verhältnis zweier verlagerungsresistenter Kornfraktionen eines verwitterungsresistenten Minerals gleich ist, z.B. das Verhältnis von Feinsandquarz zu Mittelsandquarz. Verhältniszahlen sind dabei nötig, weil sich durch Verluste oder Gewinne an anderen Stoffen auch die Gehalte des Indexminerals indirekt ändern.

Welche Minerale können für Homogenitätsprüfungen herangezogen werden? Absolut verwitterungsresistente Minerale gibt es nicht. Als relativ verwitterungsresistent können u.a. Quarz, Turmalin und Zirkon gelten. Bei Böden alter Landoberflächen, z.B. den Oxisolen, wird aber selbst Quarz gelöst, so daß hier allenfalls noch Turmalin und Zirkon in Frage kommen. Andererseits lassen sich bei vielen jungen Böden auch labile Minerale mit heranziehen. Häufig wird das Quarz:Feldspat-Verhältnis benutzt, da beide Minerale leicht bestimmbar sind und oft in großer Menge vorkommen, so daß eine gesicherte Ermittlung der Anteile leicht möglich ist.

Vielfach reicht es aus, zwei Kornfraktionen der Si-Minerale als Ganzes heranzuziehen, d.h. Quotienten der Körnungsanalyse zu benutzen und damit eine aufwendige Mineralanalyse zu umgehen (s. z.B. KUßMAUL, 1969). Je stärker der Boden bereits verwittert ist, desto stabiler müssen mithin die gewählten Indexminerale sein und desto größer muß deren Grenzdurchmesser sein, weil feinkörnige Minerale gleicher Art rascher als grobkörnige verwittern. Andererseits bestehen in Sedimenten grobe Kornfraktionen oft aus Gesteinsbruchstücken, die teilweise rasch in diskrete Minerale zerfallen können, so daß als oberer Grenzdurchmesser für den Homogenitätsnachweis etwa o.2 mm anzusehen wären.

Als verlagerungsresistent können im allgemeinen die Nichttonfraktionen gelten, da sie nicht am Prozess der Lessivierung teilnehmen. Naturgemäß ist hier nur die kornselektive Verlagerung im Profil gemeint, hingegen nicht Lockerungs- oder Sackungsvorgänge, die eine Bodenmasse als Ganzes erfassen, sofern nicht gerade diese Prozesse rekonstruiert werden sollen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß vornehmlich Minerale der Kornfraktionen 6-200 µm für eine Homogenitätsprüfung in Frage kommen. Je mehr Quotienten verschiedener Kornfraktionen bzw. Minerale dabei gebildet werden, desto sicherer wird die Aussage.

Bioturbation kann allerdings die Kornverteilung verschieben. So entstehen manchmal Grobsand- bis Steinsohlen, weil Regenwürmer oder Termiten im Unterboden aufgenommene Feinerde auf der Bodenoberfläche abgelegt haben. Auch aus diesem Grunde ist es daher zweckmäßig, keine Kornfraktionen mit einem Druckmesser über o.2 mm für die Homogenitätsprüfung zu verwenden, weil von Tieren, die über Horizontgrenzen hinweg wirken, das Feinere offenbar unsortiert aufgenommen und umgelagert wird, wie aus Dünnschliffen geschlossen werden kann, das Gröbere hingegen als Lage (z.B. Steinsohle) zurückbleibt.

Ob der Bestimmung zweier Minerale einer Kornfraktion oder eines Minerals zweier Kornfraktionen der Vorzug zu geben ist, kann nur von Fall zu Fall entschieden werden. Bei Berliner Geschiebemergel-Parabraunerden vermuteten wir Oberbodenveränderungen durch Flugsand. Hier war die Bestimmung zweier Minerale einer Kornfraktion nicht gangbar, da beide Sedimente gleicher Herkunft waren, mithin innerhalb gleicher Kornfraktionen einen ähnlichen Mineralbestand aufwiesen. Sehr leicht war ein Nachweis hingegen über verschiedene Kornfraktionen, da Geschiebemergel und Flugsand recht unterschiedliche Kornverteilungen aufweisen.

Problematisch wird ein Homogenitätsnachweis, wenn nahezu alle Kornfraktionen von Verwitterung betroffen sein können. Das gilt z.B. nach SCHEFFER u.a. (1966) für Böden, bei denen durch kryoklastischen Zerfall auch chemisch stabile Minerale gröberer Kornfraktionen eine Veränderung der Körnung stattfand. Hier bieten sich die folgenden Lösungsmöglichkeiten an:

a) Bestimmung chemisch und physikalisch schwer verwitterbarer Minerale wie Zirkon und Turmalin,
b) Bestimmung zweier Minerale ähnlicher Struktur, so daß gleich starke Beeinflussung durch Frostsprengung erwartet werden kann, das Verhältnis beider sich mithin nicht ändert, oder
c) Bestimmung des Zirkonium-Gehaltes als Maß für das Mineral Zirkon, in dem allein es nur vorkommt, und des Quarzgehaltes der silikatischen Feinerde >o.6 µm, weil nach SCHEFFER nur Kornfraktionen >o.6 µm durch Frostsprengung verwittern (s. auch Bronger u.a., 1976).

Wann läßt sich nun von Homogenität sprechen? Ursprünglich völlige Gleichheit aller einen Boden aufbauenden Raumeinheiten (z.B. Horizontausschnitte) ist ein Zustand, der in der Natur kaum verwirklicht sein wird. Nach MIEHLICH (197o) wäre daher von homogenem Gestein zu sprechen, wenn die Merkmalsgröße (hier das Verhältnis zweier Indexminerale) in den einzelnen Horizonten zwar differiert, aber im Boden idealstatistisch verteilt ist. Von der Art der zu deutenden Bodeneigenschaft hängt dann ab, welche Streuung des Indexmerkmals eines homogenen Gesteins noch tolerierbar ist. So können Humuskörperdaten nahezu ohne Einschränkung selbst bei geschichtetem Gestein interpretiert werden und bei Eigenschaften, die den Ionenbelag (z.B. pH, Laktat-K) oder labile Mineralstoffe (z.B. Kalk) betreffen, ist eine große Streuung tolerierbar. Andererseits darf die Streuung nur gering sein, wenn quantitative Aussagen angestrebt werden,

also bilanziert werden soll. In diesem Fall sollte die Streuung nicht nur abgeschätzt sondern errechnet werden. Das setzt aber voraus, daß nicht nur 2 sondern mehrere Horizontparallelen dem Untersuchungsobjekt entnommen werden. Da die Streuung grundsätzlich umso größer ist, je kleiner das Volumen der Einzelproben ist, sollten möglichst große Proben entnommen werden und, der Vergleichbarkeit wegen, aus allen Bodenhorizonten möglichst gleich große.

Geht nun der Homogenitätstest positiv aus, kann man sich glücklich schätzen und alle Unterschiede zwischen Bodenhorizonten und Gestein pedogenetisch zu deuten versuchen. Im Normalfall handelt es sich aber um eine Bildung aus heterogenem Gestein.

Das gilt in besonderem Maße für viele Böden unserer Mittelgebirge, die sich aus Fließerden gemischter Gesteine entwickelt haben. Hier sind Art der Mischungspartner und Mengenanteile zu rekonstruieren. Als Mischungspartner kommt einmal das Liegende des zu untersuchenden Bodens in Betracht, zum anderen vielfach ein in der Umgebung anstehendes Gestein. Letzteres ist oft Löß. Über eine möglichst umfassende Analyse ist nun zu klären, welche Mineralbestandsunterschiede bestehen. Am sichersten ist eine Fremdbeimengung nachzuweisen, wenn Minerale gefunden wurden, die nur in einem der beiden Gesteine vorkommen, mithin als Indexminerale fungieren können.

BLUM u.a. (1967) stellten fest, daß Rheintallöß die Minerale Pikotit (blutrotes Spinell) und Almandin (Granatmodifikation) enthält, die vielen anderen Sedimenten fehlen. Von SCHLICHTING und HEMME (1970) wurde über einen Pikotitnachweis eine Lößbeimengung bei Kalksteinverwitterungsböden nachgewiesen, von SZABADOS (1976) bei Böden aus verschiedenen Gesteinen der Buntsandsteinformation. Leider ist Pikotit nicht allzu verwitterungs-

resistent und kommt zudem in so geringen Mengenanteilen vor, daß bei einer Lößbeimengung unter 1o % über 1ooo Körner der Schwermineralfraktion Dichte 3.2-4.2 ausgezählt werden müssen, um das Mineral sicher zu erfassen. Es scheidet damit für die quantitative Ermittlung einer Lößbeimengung häufig aus. Im Falle einer Mischung mit s_m-Material wurden daher von BLUME und EAQUB (1973) nach qualitativem Lößnachweis charakteristische Unterschiede im Anteil bestimmter Kornfraktionen zur halbquantitativen Abschätzung der Mengenanteile herangezogen (z.B. dominierte beim Löß der Grobschluff, beim s_m-Sandstein der Mittelsand, wobei allenfalls geringe Massenveränderungen durch Verwitterung zu befürchten waren). MAUS und STAHR (1977) ermittelten in ähnlicher Weise den Lößanteil von Fließerden auf Granit.
Sind keine Indexminerale vorhanden, können bisweilen unterschiedliche Eigenschaften der Minerale, z.B. ihre Kornform herangezogen werden.

Abbildung 1 zeigt Eigenschaften einer Parabraunerde, die sich im nördlichen Schwarzwald aus granitreichen Fließerden gebildet hatte und bei der von uns die Beimengung von s_m-Sandstein durch Aussortieren gerundeter Körner (mit Spuren hämatitischen Bindemittels) der Grobsand- und Skelettfraktionen quantitativ erfaßt werden konnte. Dieser Sandstein stand etwa 1 km entfernt und 1oo m oberhalb der Parabraunerde an; er konnte in allen Horizonten des Bodens nachgewiesen werden, ab 14o cm allerdings nur noch in Spuren. Bei der Quantifizierung wurde aus dem s_m-Anteil im Grobsand auf den Mengenanteil im gesamten Feinboden geschlossen, wobei zu berücksichtigen war, daß bei reiner Granitverwitterung der tonfreie Feinboden in der Regel grobsandreicher als bei reiner Sandsteinverwitterung ist.[1)]

---

1) Hohe Schluffgehalte des Feinbodens der oberen 14o cm lassen als dritte Komponente eine Lößbeimengung vermuten: der Nachweis über die Bestimmung von Löß-Indexminerale steht aber noch aus.

Die Ergebnisse bestätigen die im Felde vorgenommene Gliederung der Fließerde in Basis- und Hauptfolge. Ähnliche Sandsteinanteile im Feinboden der A- und B-Horizonte widersprechen aber in diesem Fall einer Differenzierung in Deck- und Hauptfolge, wie sie bei vergleichbaren Böden von hessischen Kollegen vorgenommen wird (SEMMEL, 1964, PLASS, 1966), und erhärten die Vermutung, daß Tongehaltsunterschiede zwischen diesen Horizonten durch Lessivierung verursacht wurden.

Sind keine Indexminerale vorhanden, können Unterschiede in den Mengenanteilen verschiedener verwitterungs- und verlagerungsresistenter Minerale zueinander zur Differenzierung herangezogen werden. ALTERMANN und RUSKE (1970) haben das Verhältnis von Zirkon:Turmalin:Epidot benutzt, um zu ermitteln, ob Fließerden auf Harz-Quarziten eine Lößbeimengung enthalten: da beim Quarzit Zirkon stark dominiert, beim Löß hingegen Epidot (s. Abb. 2), war es möglich, Fließerden mit nennenswertem Lößanteil von solchem mit fehlendem bzw. geringem Lößanteil zu unterscheiden. Spuren einer Fremdbeimengung lassen sich auf diese Weise aber kaum nachweisen. Ein Nachweis gelingt umso eher, je größer die Unterschiede in den Mengenanteilen der Minerale zwischen den gemischten Substraten sind. Das Heranziehen vieler verschiedener Minerale macht die Aussage sicherer. Gleiches gilt, wenn auf diese Weise eine - grundsätzlich mögliche - Quantifizierung des Fremdsedimentanteiles erfolgen soll.

Noch schwieriger wird es, wenn nicht nur zwei sondern drei oder mehr Gesteine an der Zusammensetzung einer Fließerde beteiligt sind. ALAILY (1972) und SCHLICHTING haben beim Stuttgarter "Filderlehm" zwischen mesozoischem Sandstein und Tonmergel sowie pleistozänem Löß zu differenzieren versucht. Dazu wurden die Gehalte an Mittelschluff-Quarz, Feinsand-Quarz, Ton-Koalinit sowie die Ti- und Zr-Gehalte jeweils des Feinbodens herangezogen, wobei

über Dreisatzrechnungen sogar eine grobe Vorstellung über die Mengenanteile der drei Mischungspartner erhalten werden konnte (Abb. 3). Ein solches Vorgehen setzt allerdings voraus, daß keine großen Veränderungen des Silicatmineralbestandes durch Bodenbildung, d.h. durch Verwitterung und Mineralbildung sowie kornselektiver Verlagerung zwischen denjenigen Bodenhorizonten aufgetreten waren, deren Sedimentzusammensetzung rekonstruiert werden sollte.

Rekonstruktion bodenbildender Prozesse

Im folgenden sollen die Prozesse der Verwitterung und Mineralbildung, Lessivierung, Podsolierung, Marmorierung und Turbation im Hinblick auf das Thema an einigen Beispielen behandelt werden.

Verwitterung und Mineralbildung als Prozesse aufzuklären, ist ein Anliegen, daß Bodengenetiker und Bodenmineralogen unmittelbar verbindet. Eine umfassende Aussage über die Veränderungen des Mineralkörpers eines Bodens setzt naturgemäß eine umfassende Analyse des Mineralbestandes voraus. Hier sind möglichen Forschungsaktivitäten keine Grenzen gesezt. Schon aus Gründen des Aufwandes wird sich der Genetiker mit Änderungen der Hauptminerale sowie derjenigen, denen er besonderen diagnostischen Wert beimißt, begnügen.

Im Falle eines Oxisols aus Granit wurden die wichtigsten Minerale röntgenographisch ermittelt und die Ergebnisse über eine Bauschanalyse erhärtet (Abb. 4). Ein Vergleich des Gesteins mit dem Solum läßt erkennen, daß Feldspäte und Glimmer vollständig abgebaut wurden und aus den Lösungsprodukten Kaolinit, Goethit und Hämatit entstanden. Aus Art der verbliebenen und der gebildeten Minerale läßt sich auch ableiten, daß hohe stoffliche Verluste

aufgetreten sein müssen, z.B. an kaliumhaltigen Mineralen, was durch die Bauschanalyse bestätigt wird. Der Mineralbestandsanalyse allein ist nicht zu entnehmen, ob Differenzen allein durch Auswaschungsverluste einerseits und Residualanreicherung andererseits verursacht wurden. Reine Residualanreicherung von Eisenoxiden im Oberboden würde z.B. beträchtliche Verluste an Quarz durch Lösung bedeuten, oder bei Verwitterungsresistenz des Quarzes wäre es zu einer starken Eisenumlagerung aus dem Unter- in den Oberboden gekommen. Um hier eine Klärung herbeizuführen, ist der Bezug auf ein verwitterungs- und verlagerungsstabiles Mineral notwendig. In einem derart extrem verwitterten Boden kommt eigentlich nur Zirkon in Betracht, sofern überhaupt ein verwitterungsresistentes Mineral existiert. Ansonsten sind nur relative Angaben im Vergleich zum stabilsten Mineral möglich. Daher wurde der Zirkongehalt über eine chemische Bestimmung des Zr-Gehaltes bestimmt. Ein Bezug auf Zr ergab nun sehr starke Si-Verluste (s. Tab. 1), so daß anzunehmen ist, daß im Oberboden selbst Quarz teilweise verwitterte. Außerdem steht einem starken Fe-Verlust im Unterboden ein absoluter Gewinn im Oberboden gegenüber. Es wird also zumindest zu einer Fe-Umlagerung im Profil, wahrscheinlich auch zu einer Umlagerung in der Landschaft gekommen sein. Die extrem starke Fe-Anreicherung im obersten Horizont, d.h. im Plinthithorizont, hat allerdings eine andere Ursache: untersucht wurde ein Inselberg, bei dem im Plinthithorizont die weißen, weichen kaolinit- und Zr-reichen Sektionen vom Regen ausgespült worden waren und nur die harten goethitreichen Sektionen zurückblieben.

Eine sehr detaillierte Studie über das Verhalten verschiedener Minerale bei unterschiedlicher Intensität der Verwitterung haben MEYER und KALK (1964) vorgelegt. Sie untersuchten mikroskopisch Veränderungen wichtiger Leicht- und Schwerminerale in diagnostischen Horizonten verschiedener Böden. Dabei wurde z.B. festgestellt, daß bei der Verwitterung

Fe-haltiger Silicate z.B. der Biotite, zwischen Bodenhorizonten unterschieden werden kann, in denen Biotitverwitterung intensiv abläuft (z.B. A_h, A_e, A_1) gegenüber solchen, in denen sie durch Eisenoxidkrusten stark verzögert wird (B_v, B_x, G_o). Nach MEYER können solche Unterschiede dann Indikatorwert für Paläoböden haben.

Meist ist der Genetiker nicht an einer vollständigen Aufklärung eingetretener Veränderungen des Mineralbestandes interessiert: es reichen ihm für einen Vergleich von Böden Verwitterungsindices. Als ein solcher wurde bereits sehr früh das Quarz-Feldspat-Verhältnis benutzt,z.B. von SCHROEDER (1954) bei seinen Studien an Lößböden. Heute ist man bei uns in Mitteleuropa etwas davon abgekommen, seitdem erkannt wurde, daß unter unseren Klimaverhältnissen zumindest in lehmigen Böden auch Feldspäte relativ stabil sind.

Vielfach werden Änderungen des Tonmineralbestandes als Maß für eine unterschiedlich starke Verwitterung herangezogen. Da in unseren Böden oft glimmerbürtige Illite als Tonminerale dominieren, ist Silicatverwitterung bekanntlich zunächst am Auftreten aufgeweiteter Illite erkennbar, später auch am Auftreten von Al-Chlorit. So lassen sich stärkere Verwitterungsunterschiede bei Böden aus Geschiebemergel und Löß recht gut über den Anteil gebildeten Chlorites charakterisieren (BLUME, 1964).

Nun stehen dem Genetiker auch andere Methoden neben den relativ aufwendigen Mineralanalysen zur Verfügung wie das pH, der V-Wert oder beginnende Podsoligkeit. Hierbei handelt es sich aber um labile, durch Nutzung leicht veränderliche Merkmale, so daß besonders bei Ackerböden eine sichere Aussage nur über Mineralanalysen möglich ist. So kann man z.B. davon ausgehen, daß bei einem Ackerboden, dessen Gestein keinen Al-Chlorit enthielt, Auftreten von Al-Chlorit darauf hindeutet, daß längerfristig pH-Werte

unter 4 geherrscht haben werden.

Nicht bei allen Bodentypen korreliert allerdings ein Auftreten von Al-Chloriten mit Horizonten starker Verwitterung: bei Podsolen nimmt häufig freigesetztes Al am Podsolierungsprozess teil, so daß dann im stärker verwitterten A_e-Horizont kein Chlorit gebildet wird, hingegen im weniger verwitterten B-Horizont (s. Abb. 5). Auch lange Naßphasen verknüpft mit nur seltener Austrocknung, was für Stagnogleye charakteristisch ist, scheint dafür verantwortlich zu sein, daß trotz hoher Gehalte an Austausch-Al und quellender Tonminerale kaum Al-Chlorit entsteht (BLUME, 1968, S.18o).

Bestimmte Minerale werden im Boden nur unter bestimmten Umweltverhältnissen gebildet: deren Auftreten läßt daher auf diese Bedingungen schließen. So ist der diagnostische Wert von Hämatit bekannt. Auftreten von Maghemit weist nach SCHWERTMANN (1959) vielfach auf Einfluß hoher Temperaturen hin, wie sie von Bränden verursacht werden. Für die B_g-Horizonte bestimmter Pseudogleye ist Lepidokrokit als Indexmineral charakteristisch (Abb. 5), und zwar für allenfalls mittel verwitterte aber carbonatfreie lehmige bis tonige Horizonte mit geringer Luftleitfähigkeit und demzufolge langsamer Änderung der Redoxverhältnisse bei einem Feuchtewechsel. Diese Bedingungen, die aus Standortsmessungen abgeleitet wurden (BLUME, 1968) wurden von SCHWERTMANN (1959) durch Syntheseexperimente bestätigt. Die charakteristische Farbe des Lepidokrokit ermöglicht dabei eine Diagnose bereits im Felde.

In Oxisolen aus Granit dominiert in der Regel Kaolinit in der Tonfraktion, teilweise aber vergesellschaftet mit Gibbsit. Nach MILLOT (197o) bildet sich Gibbsit bei freier Wasserführung im Profil mithin optimalen Bedingungen einer Si-Auswaschung, während bei gehemmter Wasserführung nur

Kaolinit entsteht. Daraus läßt sich unter Umständen die Position eines Bodens im Paläorelief rekonstruieren, die später durch Reliefumkehr verändert sein kann.

Beim Studium der Lessivierung konnte über Tonmineralanalysen insbesondere von Tonbelägen geklärt werden, daß die Verlagerung kornselektiv verläuft - beteiligt ist vor allem der Feinton - aber bei gleicher Korngröße nicht mineralselektiv (SCHLICHTING und BLUME, 1961). Diese Erkenntnis kann man nutzen, um zu entscheiden, ob eine Lessivierung vor oder nach Ablagerung einer jüngeren Deckschicht erfolgte, sofern die Decke verlagerungsfähige Tonminerale enthält, die im Liegendgestein nicht vorkommen. Für südwestdeutsche Lösse ist z.B. Mg-Chlorit charakteristisch, der den Gesteinen der Buntsandsteinformation fehlt, so daß Auftreten von Mg-Chlorit in Tonbändern einer liegenden lößfreien Fließerde auf eine Entstehung der Bänder nach Lößsedimentation als Hangendes verweisen würde. Nun handelte es sich bei den letztgenannten Beispielen um ganz spezielle Fragestellungen. Sie sollten zeigen, daß recht vielfältige Möglichkeiten bestehen, Minerale als bodengenetische Indikatoren zu nutzen.

Die bisher behandelten Prozesse erhöhen die Horizontdifferenzierung eines Bodens. Turbationen wirken dem entgegen bzw. verwischen die Spuren anderer Prozesse. Die Rekonstruktion abgelaufener Turbationen wäre daher eine weitere wichtige Aufgabe des Bodengenetikers. Hier läßt sich bei uns die Tatsache nutzen, daß im Alleröd weite Teile Mitteleuropas von einem dünnen Schleier vulkanischer Asche des Laacher Ausbruches bedeckt wurden. Aus der Tiefe des Auftretens Laacher Minerale im Profil ließe sich die Tiefe jungdryaszeitlicher und holozäner Kryo- und Bioturbation ableiten. Allerdings wäre die Anwendung dieser Methode dadurch eingeschränkt, daß vulkanische Gläser als eindeutige Indices leicht verwittern, während viele

Minerale des Laacher Ausbruches auch in anderen Gesteinen vorkommen. Es wurden bereits viele Böden auf Spuren des Laacher Ausbruches untersucht (POETSCH, 1975; HUGENROTH, 1969; SCHÖNHALS u.a. 1973). Bisher wurden Oberbodenhorizonte mit Laacher Mineralen allerdings überwiegend als spätglaziale Deckschichten gedeutet, was sicherlich in vielen Fällen nur dann gerechtfertigt ist, wenn man bereits eine reine Turbation als Deckschichtenbildung ansieht.

Intensität bodenbildender Prozesse

Nach Rekonstruktion des Ablaufes eines bodenbildenden Prozesses interessiert dessen Intensität. Bisweilen läßt ein Vergleich der Tiefenfunktionen bestimmter Eigenschaften bereits eine Aussage zu. Genauere Angaben sind hingegen nur über Bilanzen möglich, die wiederum über eine Bestimmung von Indexmineralen ermöglicht werden. Bei einer Bilanz wird nämlich über ein verwitterungs- und verlagerungsstabiles Indexmineral der Ausgangszustand rekonstruiert, so daß die Differenz zum heutigen Zustand das Ausmaß einer Entwicklung abschätzen läßt. (Zur Methodik einer Bilanz siehe BARSHAD, 1964 oder SCHLICHTING und BLUME, 1966).

Das soll im folgenden am Beispiel zweier benachbarter Böden aus Geschiebemergel demonstriert werden, von denen der eine eine Parabraunerde, der andere ein Pseudogley ist (Tab. 2). Geklärt werden sollte, inwieweit Wasserstau Verwitterung und Mineralbildung beeinflußt. Abb. 6 war bereits zu entnehmen gewesen, daß Wasserstau beim Pseudogley zur Bildung von Lepidokrokit geführt hatte. Vorab möchte ich aber denjenigen, die sich mit der Berechnung von Bilanzen noch nicht befaßt haben, sagen, daß die hier aufgeführten Zahlen nicht zu stimmen brauchen. Das gilt in Sonderheit für die Tonmineralbilanz, da eine quantitative Tonmineralanalyse sehr problematisch ist. Für die genannte Fragestellung reicht indessen aus, daß die relativen Unterschiede zwischen beiden Profilen angenähert zu-

treffen und davon möchte ich ausgehen, weil es sich um Böden aus recht homogenem Geschiebemergel handelt.

Bilanzen mit Feinsand-Quarz als stabilem Index haben keine großen Unterschiede zwischen Parabraunerde und Pseudogley ergeben.

Carbonate wurden in ähnlicher Größenanordnung ausgewaschen, nämlich ~360 kg gegenüber 280 kg/m^2; Phosphate auch, denn P-Verluste von 0.4 bzw. 0.3 kg/m^2 bedeuten rund 40 % des ursprünglich vorhandenen. Die Menge an Oxid-Fe stieg in der Parabraunerde hingegen stärker an als im Pseudogley, weil einerseits die Fe-Freisetzung aus silicatischer Bindung durch Stauwasser etwas gehemmt wird und andererseits unter zeitweilig reduzierenden Verhältnissen mehr Fe ausgewaschen wurde. Verwitterung der Silicate führte zur Tonbildung, und zwar in beiden Fällen zur Bildung von 20-30 kg Ton $<$ 0.5 µ. Dabei erfolgte die Zunahme vor allem als Zunahme aufgeweiteter Illite bzw. Wechsellagerungsminerale, beim Pseudogley Zunahme von 18 Å Min. bei Verlust intakter Illite: Tonumbildung durch K-Verlust wurde also durch Wasserstau etwas gefördert.

Beim vorgenannten Beispiel handelt es sich um eine Profilbilanz über die das Ausmaß von Stoffumwandlungen im Solum als Ganzes sowie von Verlagerungsvorgängen aus bzw. in den Boden ermittelt werden können. Über quantitative Veränderungen innerhalb eines Profiles, d.h. Umlagerungen oder Intensitätsunterschiede von Verwitterungs- und Mineralbildungsvorgängen zwischen Horizonten vermögen Horizontbilanzen Auskunft zu geben, mit deren Hilfe bei uns vor allem die Prozesse der Lessivierung, der Silicatverwitterung und Tonmineralbildung studiert worden sind (s.u.a. SCHLICHTING und BLUME, 1961, SCHEFFER u.a., 1966, ZÖTTL und KUßMAUL, 1967, BRONGER u.a. 1976).

Viele Horizonte sind ihrerseits wieder in ihren Eigenschaften räumlich gegliedert. Die hierbei eingetretenen Veränderungen, z.B. einer Fe-Umlagerung in Pseudogley-B_g-Horizonten, lassen sich schließlich mit Hilfe einer Sektionsbilanz quantitativ erfassen. Hierbei muß, notfalls über Horizontbilanzen, zunächst der Zustand des Horizontes ohne Differenzierung (z.B. durch Staunässe) geklärt werden.

Ein relativ einfacher Fall ist in Tab. 3 dargestellt.

Tab. 3: Sektionsbilanz des C_{gc}-Horizontes eines Parabraunerde-Pseudogleys aus Geschiebemergel (Siggen, Ostholstein)

Sektion	(1) 6-2000 : < 6 µ	(2) % Kalk	(3) % Fe_d	(4) Masse	(5) Fe_d	(6) Fe_{du}	(7) Fe_d-Fe_{du}
				kg / m^2			
Rost-	1.94	2.3	o.95	29	o.28	o.15	+o.13
Übergang-	1.85	2.3	o.23	133	o.82	o.71	+o.11
Bleich-	1.85	2.5	o.63	8o	o.18	o.42	-o.24
Horizont				242	1.28	1.28	

u = ursprüngl. Dithionit-Fe-Menge

Es handelt sich um einen C_g-Horizont, bei dem also durch Stauwasser Fe umgelagert und in Rostsektionen konzentriert wurde. Die Sektionen wurden präparativ gewonnen. Körnungsquotienten und Kalkverteilung (Spalten 1 und 2) lassen erkennen, daß sich die Sektionen außer in der Fe-Verteilung nur wenig unterscheiden. Eine Horizontbilanz (s. BLUME, 1968) hatte ergeben, daß der Horizont Fe und Ton noch in ursprünglicher Höhe enthält,

demnach Zu- und Fortfuhr dieser Stoffe offenbar nicht stattfanden. Daher ließ sich als Index die Bodenmasse als Ganzes verwenden. Die ursprüngliche Fe-Verteilung wurde also unter der Annahme ursprünglich gleichförmiger Verteilung errechnet. Als Differenz zur heutigen Verteilung ergaben sich dann die in Spalte 7 aufgeführten Verluste in den Bleich- bzw. Gewinne in den Rostsektionen.

Eine solche Bilanz gibt allerdings die eingetretenen Veränderungen nur dann richtig wieder, wenn eine saubere präparative Zerlegung eines Horizontes in Sektionen gelingt, was nicht immer einfach ist.

Zusammenfassung

Rekonstuktion des Ausgangsgesteins sowie bodenbildender Prozesse sind wichtige Anliegen des Bodengenetikers. An Beispielen wird gezeigt, daß hierbei die Kenntnis des Mineralbestandes oder einzelner Minerale mit Indikatorfunktion Aussagen sichert und vielfach erst ermöglicht. Das gilt in besonderem Maße für quantitative Aussagen zur Intensität bodenbildender Prozesse.

Literatur

ALAILY, F.: Entstehung von Decklehmen auf Liasα-Schichtflächen in Südwestdeutschland und deren Veränderung durch Bodenbildung. Diss. Hohenheim 1972.

ALTERMANN, M. und R. RUSKE: Beitrag zur Lithologie, Gliederung und Verbreitung des Gebirgsschutts. Geologie 19, 895 (1970).

BARSHAD, I.: Chemistry of soil development, in Bear, F.E.: Chemistry of the soil. 2. Aufl. Reinhold Publ. Corps. New York 1964.

BLUM, W. und H. MAUS: Mineralogische Untersuchungen an Sedimentgesteinen und Böden des südl. Oberrheingrabens. Ber. Naturf. Ges. 57, 175, Freiburg 1967.

BLUME, H.-P.: Zum Mechanismus der Tonverlagerung. 8. Intern. Bodenk. Kongr. 5, 715, Bukarest 1964.

BLUME, H.-P.: Stauwasserböden. Eugen Ulmer, Stuttgart 1968.

BLUME, H.-P. und M. EAQUB: Litho- und Pedogenese bei Hanglagen des Sandstein-Odenwaldes. Z. Pflanzenern., Bodenk. 136, 129 (1973).

BLUME, H.-P. und H.-P. RÖPER: Zur Genese lateritischer Roterden. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 20, 80 (1974).

BRONGER, A., E. KALK und D. SCHROEDER: Über Glimmer- und Feldspatverwitterung sowie Entstehung und Umwandlung von Tonmineralen in rezenten und fossilen Lößböden. Geoderma 16, 21 (1976).

BREWER, R.: Fabric and mineral anlaysis of soils. John Wiley, New York 1964.

HEMME, H.: Die Stellung der "lessivierten" Terra fusca in der Bodengesellschaft der Schwäb. Alb. Diss. Hohenheim 197o.

HUGENROTH, P., H. GEBHARDT und B. MEYER: Pedochemische Verwitterung und Mineral-Umwandlung im Trachyt-Bims, Trachyt-Tuff und in den Tuff-Mischsedimenten der Laacher Eruptionsphase. Gött. Bodenk. Ber. 11, 1 (1969).

KUßMAUL, H.: Vergleich von Lößböden unter Laubwald und Acker. Diss., München 1969.

MAUS, H. und K. STAHR: Auftreten und Verbreitung von Lößbeimengungen in periglaziären Schuttdecken des Schwarzwald-Westabfalls. Catena 3, 369 (1977).

MEYER, B. und E. KALK: Verwitterungs-Mikromorphologie der Mineral-Spezies in mitteleuropäischen Holozän-Böden aus pleistozänen und holozänen Lockersedimenten; aus A. JONGERIUS (Ed.): Soil micromorphology, S. 1o9, Elsevier, Amsterdam 1964.

MIEHLICH, G.: Veränderungen eines Lößlehm-Pseudogleys durch Fichtenreinanbau. Diss. Hamburg 1970.

MILLOT, G.: Geology of clays. Springer, New York 1970.

PLASS, W.: Braunerden und Parabraunerden in Nordhessen. Z. Pflanzenern., Bodenk. 114, 12 (1966).

POETSCH, T.: Untersuchungen von bodenbildenden Deckschichten unter besonderer Berücksichtigung ihrer vulkanischen Komponente. Gießener Geol. Schr. 4 (1975).

SCHEFFER, F., B. MEYER und H. GEBHARDT: Pedochemische und kryoklastische Verlehmung in Böden aus kalkreichen Lockersedimenten. Z. Pflanzenern., Bodenk. 114, 77 (1966).

SCHLICHTING, E. und H.-P. BLUME: Art und Ausmaß der Veränderungen des Tonmineralbestandes typischer Böden aus Geschiebemergel. Z. Pflanzenern., Bodenk. 95, 227 (1961).

SCHLICHTING, E. und H.-P. BLUME: Bodenkundliches Praktikum. Paul Parey, Hamburg 1966.

SCHÖNHALS, E. (Red.): Exkursionsführer zur Jahrestagung in Gießen. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 17, 1 (1973).

SCHROEDER, D.: Untersuchungen über Verwitterung und Bodenbildung an Lößprofilen. Habilitationsschr., Hannover 1954.

SCHWERTMANN, U.: Mineralogische und chemische Untersuchungen an Eisenoxiden in Böden und Sedimenten. Neues Jb. Min. Abh. 93, 67 (1959).

SEMMEL, A.: Junge Schuttdecken in hessischen Mittelgebirgen. Notizbl. hess. L.-amt Bodenforsch. 92, 275 (1964).

SZABADOS, E.: Böden des südlichen Odenwaldes unter besonderer Berücksichtigung der Genese lößhaltiger Mehrschichtböden. Diss. Berlin 1976.

ZÖTTL, H. und H. KUßMAUL: Tonverlagerung in Lößböden unter Laubwald und Acker. An. Edafol., Agrobiologia 26, 381, Madrid 1967.

Abb. 1: Körnung des Gesamt(GB)- und Feinbodens(FB) sowie Anteile einer Sandstein(s_m)-Beimengung einer Podsol-Parabraunerde aus Granit-Fließerde unter Forst bei Schönmünzach

Abb. 2: Verhältnis von Zirkon : Turmalin : Epidot in den Feinerden von Schuttschichten auf Quarzit bei Ilsenberg (1 - Deckschutt, 2 - Mittelschutt, 3 - Löß aus dem nördl. Harzvorland, 4 - Basisschutt, 5 - Ackerbruchbergquarzit; nach ALTERMANN und RUSKE, 197o)

Abb. 3: Tiefenfunktionen der Anteile von Löß (L), l_k-Tonstein (KT) und l_k-Sandstein (U), einer Parabraunerde aus "Filderlehm" bei Stuttgart (Berechnung: KT = 19.9 Ti - 185 Zr + o.196 Qg

U = 3.72 Qg + o.oo14 KT - 9.o6 Zr

L = 1oo Qg - o.4 KT - 27.7 U

dabei Ti bzw. Zr = Ti- bzw. Zr-Gehalt des Feinbodens in $^o/oo$, Qg = Korn-% 63-125 µm - Quarz des Feinbodens; n. ALAILY, 1972)

Abb. 4: Mineralbestand und chemische Zusammensetzung einer lateritischen Roterde aus Granit-Gneis bei Bangalore, Indien (r: Rostsektion, b: Bleichsektion; nach BLUME und RÖPER, 1974)

Abb. 5: Tiefenfunktion des oxalatlöslichen Fe und C_{org}, des Tongehaltes nebst Tonmineralbestand eines Gley-Podsol aus Geschiebemergel unter Kiefer, Grunewald, Berlin

Abb. 6: Eigenschaften eines Parabraunerde-Pseudogley aus Geschiebemergel unter Wald, Siggen, Ostholstein (a: Kalk, pH u. org.S. des Feinbodens, Ton des silicat. Feinbodens; b: Fe-Fraktionen des Feinbodens; c: Mineralbestand des Feintones < o.5 µm)

Tab. 1: Veränderungen der chemischen Zusammensetzung einer lateritischen Roterde aus Granit-Gneis im Vergleich zum Zirkoniumgehalt (Inselberg bei Bangalore, Indien)

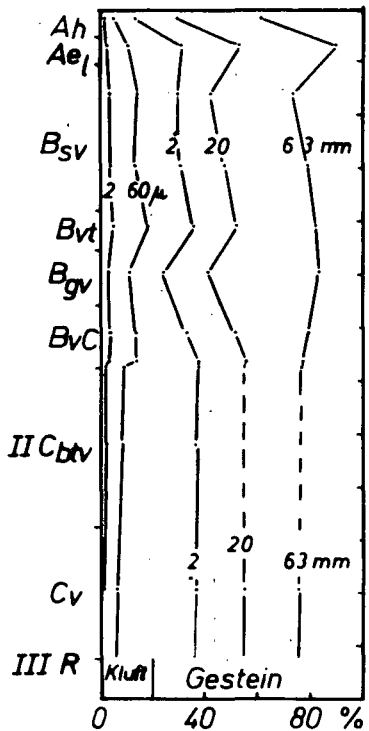
	Mächtigkeit i.m.	mg/kg Zr	± i.g. gegenüber Zr des Horizontes SiO_2	Al_2O_2	Fe_2O_3	K_2O	MnO_2
Plinthithor.	1.5	27o	-6oo	+2o	+3oo	-6o	-o.4
Fleckenhor.	9	39o	-8oo	+1o	+1oo	-9o	-o.5
Bleichhor.	> 9 x)	39o	-7oo	-4o	- 3o	-9o	-o.7
Zersatzhor.	< 2o x)	21o	o	-1o	± o	-6	-o.o5
Gestein (g/kg)		21o	72o	16o	25	5o	o.49
			± i.% des Solls aufgrund des Zr-Geh.				
Plinthithor.			- 7o	+1o	+9oo	-99	-6o
Fleckenhor.			- 6o	+ 5	+27o	-99	-6o
Bleichhor.			- 5o	-15	- 7o	-97	-8o
Zersatzhor.			o	- 5	- 5	-1o	-1o

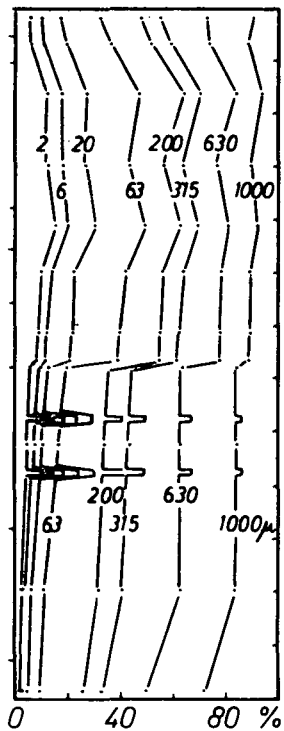
x) genaue Angabe nicht möglich, da Proben des Zersatzhorizontes und des Gesteins einer 5o m entfernten Tiefbohrung entstammen

Tab. 2:

Profilbilanzen einer Parabraunerde und eines Parabraunerde-Pseudogleys aus Geschiebemergel unter Wald; Siggen, Ostholstein (Angaben in kg/m^2)

	org. Subst.	oxid. Fe	Carbonate	Phosphat-P	Silikate >o.5µ	Silikate <o.5µ	Tonminerale (<o.5µm) Kaol.	Ill.	Smec.	Chlor.	Wechs.
	Parabraunerde in Kuppenlage (Solum 117 cm)										
heute	12.4	18.o	36	o.76	1445	344	16	116	166	11	34
urspr.	o	15.o	392	1.2o	1569	317	17	11o	162	9	19
Differenz	+12.4	+3.3	-356	-o.44	-124	+27	-1	+ 6	+ 4	+2	+15
%v.urspr.	+ 1oo	+22	- 91	- 37	- 8	+ 9					
	Parabraunerde-Pseudogley an flachem Unterhang (Solum 1oo cm)										
heute	1o.7	1o.3	1o9	o.43	1138	275	9	94	131	15	25
urspr.	o	9.1	388	o.74	1163	252	1o	1o1	111	15	15
Differenz	1o.7	+1.2	-279	-o.31	- 25	+22	-1	- 7	+2o	o	+1o
%v.urspr.	+1oo	+13	- 72	- 42	- 3	+ 7					



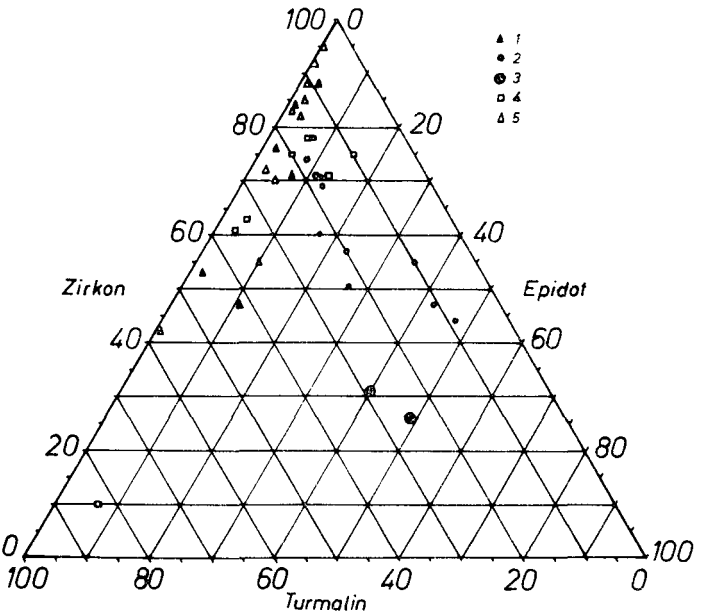


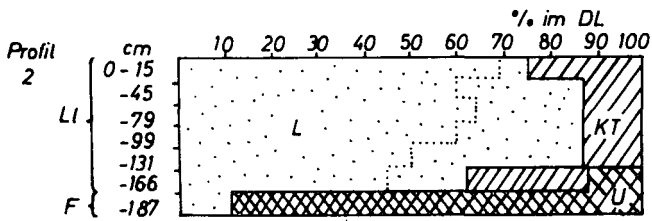
dm

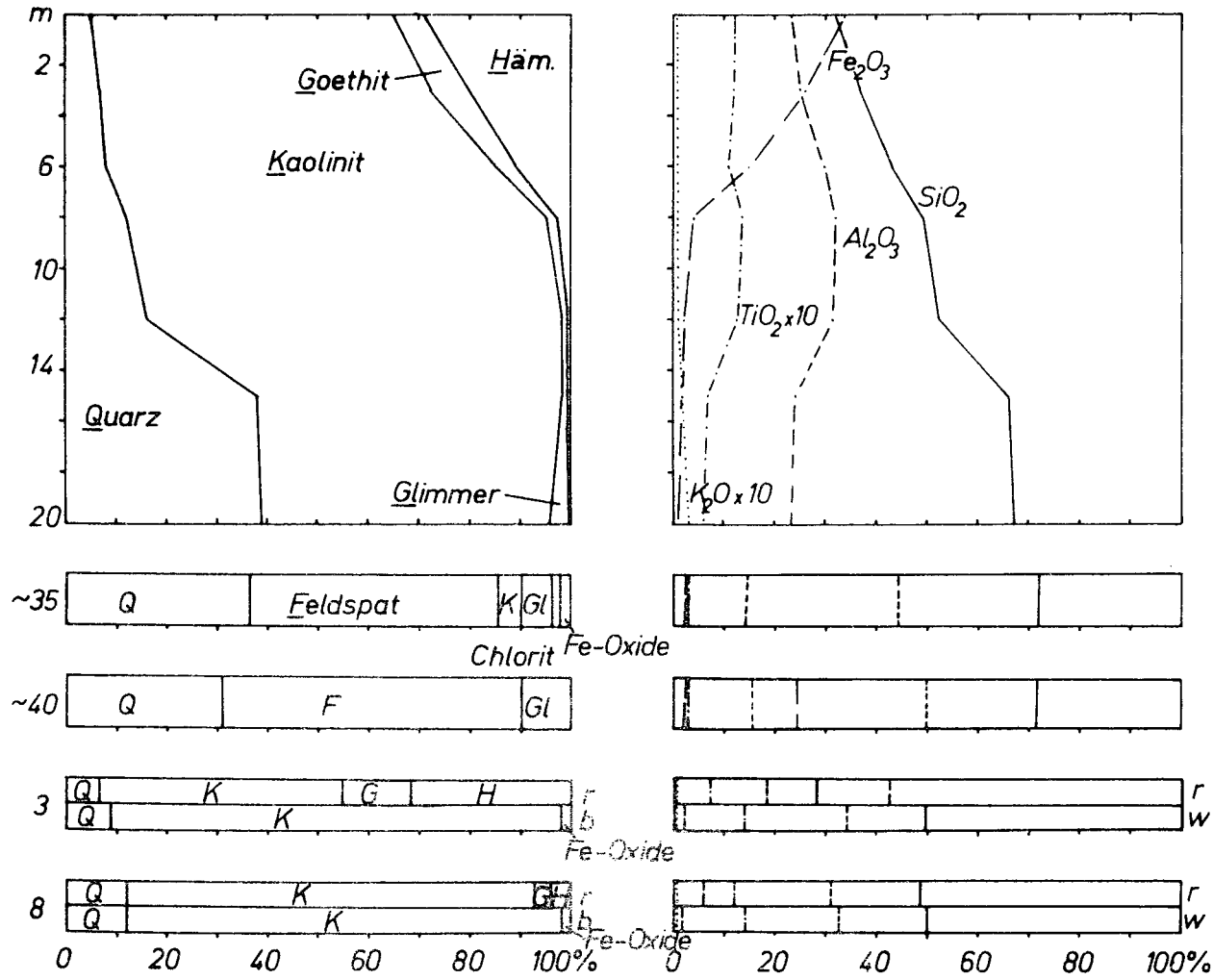
2
6
10
14
18
22

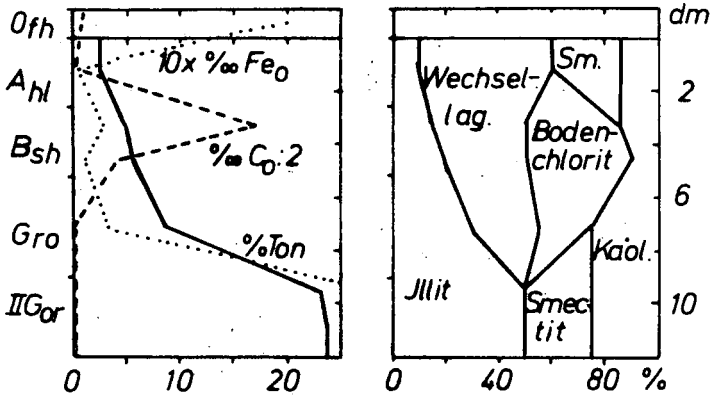
‰ sm - Beimischung

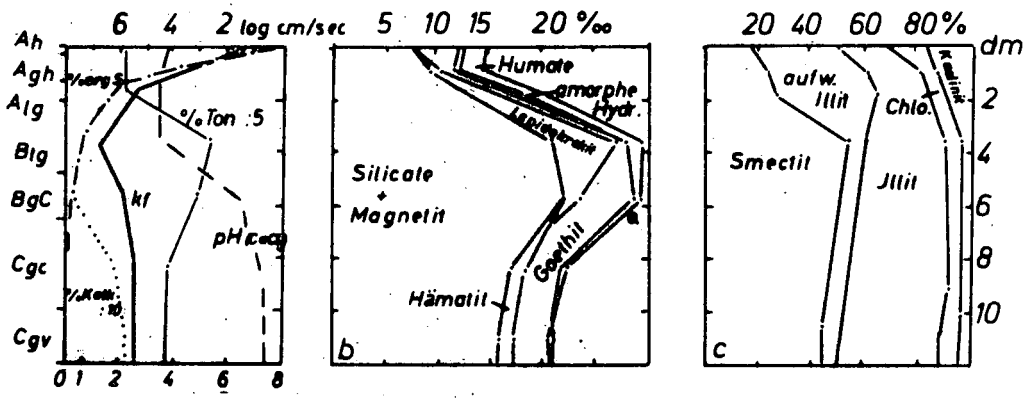
> 6.3	2	1	0.6 mm		% sm i. FB	% sm i. GB
0	1	5	40	ø		
0	1	6	39		7	2
0	0.5	11	50		8	2.5
0	0.5	8	48	Hauptfolge		
0	0.5	8	46			
0	0.2	7	44		7	2
0	0.8	8	39			
0	0	0.2	0.5	Basisfolge	0.1	0.03
0	0	0	0.7			
0	0	0	0.2			


100
0
80
20
60
40
40
60
20
80
0
100
Zirkon
Epidot
100
80
60
40
20
0
Turmalin
1
2
3
4
5


% im DL
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
Profil 2
cm
0 - 15
-45
-79
-99
-131
-166
-187
Ll
F
L
KT
U


m
2
6
10
14
20
Goethit
Häm.
Kaolinit
Quarz
Glimmer
Fe_2O_3
SiO_2
Al_2O_3
$TiO_2 x 10$
$K_2O x 10$
~35
Q
Feldspat
K
Gl
Chlorit
Fe-Oxide
~40
Q
F
Gl
3
Q
K
G
H
Q
K
r
w
Fe-Oxide
8
Q
K
Gl
Q
K
r
w
Fe-Oxide
0
20
40
60
80
100%
0
20
40
60
80
100%


Ofh
Ahl
Bsh
Gro
IIGor
10x ‰ Fe0
‰ C0 : 2
%Ton
0
10
20
dm
Wechsel-
lag.
Sm.
Boden-
chlorit
Kaol.
Illit
Smec-
tit
2
6
10
0
40
80 %


6 4 2 log cm/sec
Ah
Agh
Alg
Blg
BgC
Cgc
Cgv
%Ton : 5
kf
pH
0 1 2 4 6 8
5 10 15 20 ‰
Humate
amorphe
Hydr.
Silicate
+
Magnetit
Goethit
Hämatit
b
20 40 60 80 %
dm
aufw.
Illit
Chlo.
Smectit
Illit
2
4
6
8
10
c

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 825-834 (1977)

Der differenzierende Einfluß des Mineralbestandes auf wichtige physikalische Eigenschaften des Bodens

von

Hartge, K.H.

Die klassische Physik kennt die Lehren von der Mechanik, von der Akustik, von der Optik, von der Elektrizität, von der Wärme und vom Magnetismus. Im Laufe der Zeit sind dann verschiedene andere Gebiete dazugekommen, von denen das physikalisch - chemische Grenzgebiet der Grenzflächenphänomene für die Bodenkunde besondere Bedeutung erlangt hat. In Bezug auf jedes dieser Gebiete hat der Boden bestimmte Eigenschaften, die zum Teil von der Gesamtheit der Materie im Boden, zum Teil von ihrer Anordnung im Raum, zum Teil aber auch von den Eigenschaften der einzelnen Komponenten abhängig sind.
Jede der aufgezählten physikalischen Eigenschaften ist in irgendeiner Form bereits untersucht worden. Dabei stellt sich dann heraus, daß die Unterschiede, die durch die Verschiedenheit der Bodenminerale entstehen, im Bereiche dieser Eigenschaften sehr verschieden stark sichtbar werden. Sie wirken sich auch auf verschiedenen Gebieten der Bodenkunde, wie z.B. dem der Bodenentwicklung, oder dem der technologischen Verwendung oder Benutzung in sehr unterschiedlicher Weise aus.

Sichtet man die Literatur im Hinblick auf die differenzierenden Einflüsse des Mineralbestandes unter diesen Gesichtspunkten, dann erkennt man, daß auch das Interesse der Wissenschaftler sehr ungleich verteilt ist. Diejenigen Gebiete, auf denen die Unterschiede stark auffallen, sind in der Regel intensiver bearbeitet worden als die anderen. Weiterhin bemerkt man dann, daß die Hinwendung oder Abwendung zu den einzelnen Gebieten periodisch erfolgt. Das läßt vermuten,

daß das persönliche Interesse der einzelnen Wissenschaftler, das ja anerkannterweise für die Richtung der Forschungen maßgebend ist, Schwankungen unterworfen ist, die mit denen der Bekleidungsmode einiges gemeinsam haben.

Ein weiteres Ergebnis einer Sichtung ist die Feststellung, daß meistens mehr die physikalischen Eigenschaften als solche, seltener dagegen ihre Beziehungen zur Zusammensetzung der Mineralkomponente untersucht wurden. Dies liegt an der bekannten Schwierigkeit der Zusammenarbeit. Die Folge dieses Sachverhaltes ist, daß nachstehend mehr Feststellungen über ausstehende als über vorhandene Kenntnisse formuliert werden können.

Mechanische Eigenschaften

Die differenzierende Wirkung der verschiedenen Minerale beginnt bei ihrer Resistenz gegenüber der physikalischen Verwitterung. Diese Wirkung liegt jedoch im Vorfeld der eigentlichen Bodenkunde, die sich mit dem bestehenden Substrat befaßt. Gewicht gewinnen die mechanischen Eigenschaften der verschiedenen Minerale durch den Einfluß der Teilchenform und -dichte auf die Lagerung. Dieser Zusammenhang ist beim Vergleich von Böden aus normalem silikatischen Mineral mit solchen aus vulkanischen Bimsen und Aschen evident. Er führt zu tiefgreifenden Unterschieden in vieler Hinsicht. Im Wasser-, Gas- und Wärmehaushalt sind diese Böden von den uns gewohnten sehr unterschiedlich. Diesbezügliche Untersuchungen wurden vor allem in Japan und Neuseeland, in geringem Maße in Amerika (Chile) durchgeführt, jedoch ist hier noch vieles offen, vor allem im Hinblick auf die Nutzungsmöglichkeiten. Über Auswirkungen kleinerer Unterschiede in der Mineralzusammensetzung ist nichts bekannt. Die Abb.1 gibt einen Hinweis auf den Einfluß der Teilchenform, auf die Lagerungsdichte und damit auf das Porenvolumen anhand eines Modellversuchs mit Kreisscheiben, Stäbchen und Dreiecken.

Ein weiterer Aspekt der differenzierenden Wirkung des Mineral-

bestandes auf mechanische Eigenschaften ist die Stabilität der Teilchen gegen Beanspruchungen, wie z.B. das Überfahren. In Abb.2 ist als Beispiel die Veränderung von Kies durch Befahren auf einem Landwirtschaftsweg gezeigt. Ferner fand der Verfasser bei Körnungsuntersuchungen von Sanden, daß 30-jähriger Betrieb eines Badestrandes bei fluvioglacialen Sanden trotz ihres überwiegenden Quarzanteiles zu einer Zunahme feiner Körnungsgrößen führte - verursacht durch intensives Barfußtreten! Unterschiede dieser und ähnlicher Art liegen aber leider oft außerhalb des Interesses der Bodenkunde.

Ein umfangreiches Gebiet der differenzierenden Wirkung des Mineralbestandes ist ferner die Stabilisierung von Lagerungen und von Einzelaggregaten. Dieses Arbeitsgebiet ist sowohl vom pedologischen als auch vor allem vom technologischen Standpunkt aus von erheblicher Bedeutung, denn die Anforderungen an die Böden in dieser Hinsicht werden immer differenzierter. Hier liegt ein erheblicher Nachholbedarf im Hinblick auf die Untersuchung des Zusammenwirkens verschiedener anorganischer (Fe, Ca) und organischer Komponenten mit den Mineralen des Bodens. Obwohl eine große Anzahl von Untersuchungen über die Vorgänge bei der Carbonatbildung und bei der Bildung und Umformung von Eisenverbindungen vorliegen, so stehen doch die Untersuchungen über die Bedingungen für die wirksame Stabilisierung noch weitgehend aus.

Ein weiterer Teilbereich der differenzierenden Wirkung des Mineralbestandes sind die Quellungs- und Schrumpfungsvorgänge. Hier sind zahlreiche Arbeiten gemacht worden, aber gerade Dynamik und Reversibilität der Vorgänge, sowie die Festigkeitseigenschaften und deren Beeinflußbarkeit sind noch weit von einer ausreichenden Klärung entfernt. Ein Beispiel bietet die Abb.3, die die Quellung eines Tones in Abhängigkeit von der Weite des begrenzenden Zylinders zeigt. Über Zusammenhänge zwischen Mineralbestand - vor allem der Tonfraktion, Reibungseigenschaften und die Auswirkung auf Gefügebildung und Lagerung ist wenig bekannt.

Akustische Eigenschaften

Diese Eigenschaften sind als solche für die Bodenentwicklung und die Technologie wenig bedeutungsvoll. Es gibt aber einige Versuche, akustische Eigenschaften methodisch zur Feststellung von Gefügeunterschieden und von Elastizitätsunterschieden zu benutzen. Über die differenzierenden Eigenschaften der Mineralkomponente in dieser Hinsicht ist wenig bekannt.

Optische Eigenschaften

Diese Eigenschaften sind wie die vorigen für pedologische und technologische Probleme wenig relevant. Auch hier stehen die analytischen Verwendungsmöglichkeiten im Vordergrund.

Die mineralbedingten Unterschiede der Absorption und Reflektion von Licht treten im Bereich der Bodenkunde nur gelegentlich hervor, wenn unbewachsene, nicht mit organischem Material angereicherte Substrate untersucht werden.

Elektrische Eigenschaften

Diese Eigenschaften sind ebenfalls nur im relativ geringem Maße untersucht worden, obgleich bei Wasserbewegungen durch engporige Böden elektrische Phänomene auftreten. Die differenzierende Wirkung verschiedener Minerale ist daher kaum bekannt, aber im Bereich nahe der Teilchenoberfläche der Tonfraktion sicher gegeben.

Thermische Eigenschaften

Diese Eigenschaften sind weitaus intensiver untersucht worden als die vorigen. Allerdings steht dabei meist der Einfluß des wechselnden Wassergehaltes und wie bei Torfen die Sperrigkeit der organischen Komponente im Vordergrund.

Auch hier ist mit mineralbedingten Unterschieden zu rechnen, die indessen im Bereich der häufigsten Minerale relativ klein sein dürften. Bei extremen Mineralzusammensetzungen wie z. B. wieder bei vulkanischem Ausgangsmaterial treten

sie stärker in Erscheinung. Nähere Untersuchungen liegen zu diesem Themenbereich nicht vor.

Magnetische Eigenschaften

Über differenzierende Wirkungen von Mineralen ist hier nichts bekannt. Nach dem zeitigen Wissensstand ist auch nicht viel zu erwarten.

Oberflächenphänomene

Diese Eigenschaften sind ein weites Gebiet, das von der Adsorption von verschiedenen anorganischen und organischen Substanzen, deren Festlegung und gegenseitige Verdrängung, über die Filmbildungen an Oberflächen, bis hin zu den Auswirkungen dieser Eigenschaften auf den Wasserhaushalt reichen. Bei allen diesen Phänomenen spielt die Art der beteiligten Minerale eine Rolle. Untersuchungen dieser Zusammenhänge nehmen in der Bodenkunde einen breiten Raum ein.

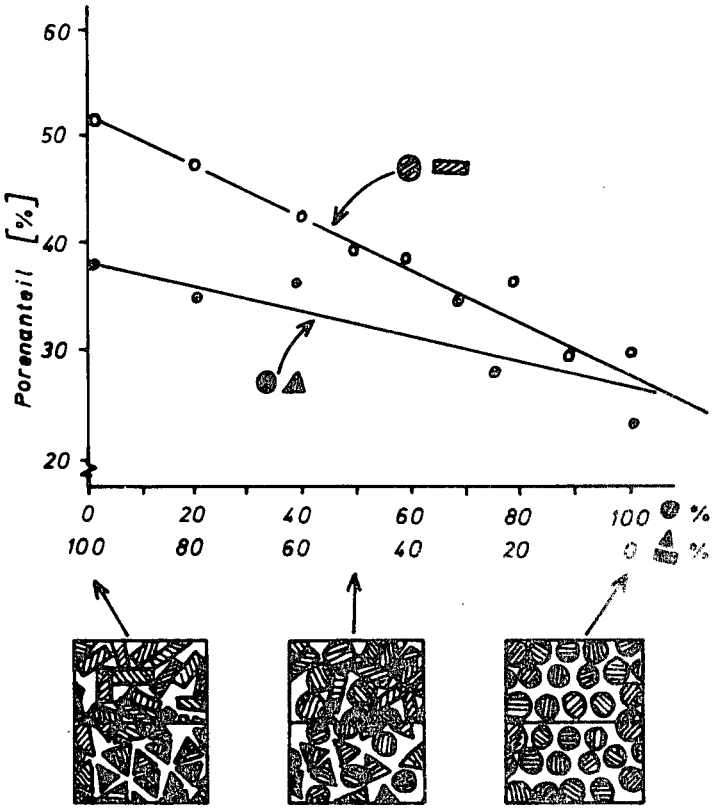
Abschließende Bemerkungen

Wie die Darstellung in den vorangehenden Abschnitten zeigt, ist fast jede physikalische Eigenschaft der Böden in hohem Maß von den Eigenschaften der vorherrschenden mineralischen Komponente abhängig.

Mit physikalischen Methoden kann man in der Regel das Vorhandensein einer Eigenschaft oder ihr Ausmaß, sowie dessen Ab- oder Zunahme erfassen. Die Erklärung, warum ein bestimmtes Verhalten beobachtet wurde, ist dagegen ohne intensives Eingehen auf die Eigenschaften der Mineralkomponente meistens nicht möglich.

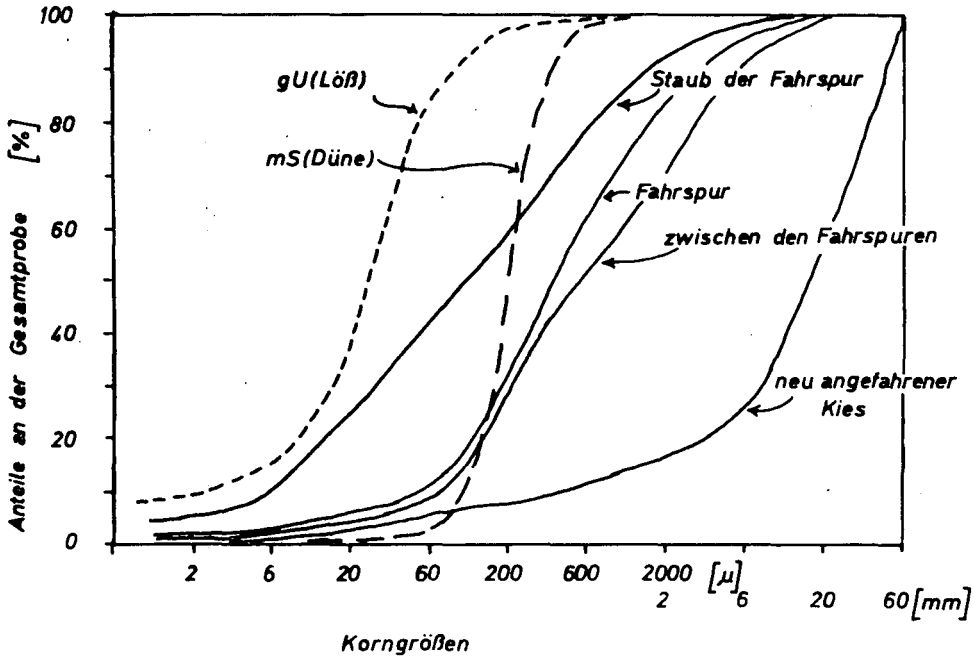
Hierin bestätigt sich die bekannte Tatsache, daß die gesamte Bodenentwicklung mit all ihren Ab - Um - und Aufbauvorgängen von den Eigenschaften des Materials, also im Fall der weithin überwiegenden anorganischen Komponente von den Eigenschaften der Minerale abhängig ist. Die Tatsache, daß viele Böden aus

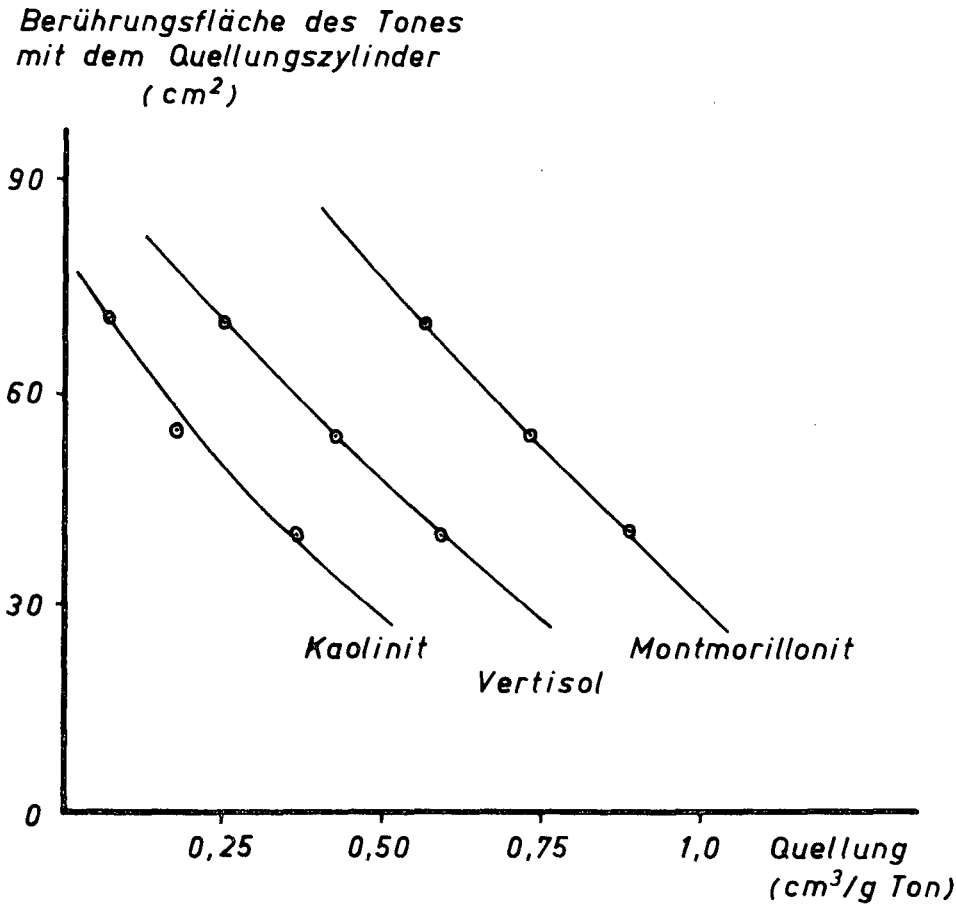
Mineralen mit wenig voneinander abweichenden Eigenschaften bestehen, ist ein Zeichen für die Stärke der differenzierenden Wirkung des Mineralbestandes. Sie läßt nämlich im Verlauf der Zeit nacheinander diejenigen Minerale verschwinden, die den auftretenden Beanspruchungen gegenüber jeweils am wenigsten stabil sind.



Abhängigkeit des Porenanteiles von der Kornform (Modellversuch mit Scheiben, Stäbchen und Dreiecken)

Veränderung der Korngrößenverteilung in einem Straßenkies durch das Befahren (Baurup 1965)





Beziehung zwischen Quellung (unter 1,9 kg/cm² Auflast) und Berührungsfläche des Tones mit dem Quellungszylinder

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 835-842 (1977)

Bodentechnologische Fragen an die Tonmineralogen

von

H. Kuntze*

1. Zur Stellung der Bodentechnologie in der Bodenkunde

Nach üblicher Definition vesteht man unter Technologie die ingenieurmäßige Methodik und Verfahrenstechnik zur Umwandlung eines Rohstoffs in ein gebrauchsfähiges Produkt. Sinngemäß ist die Bodentechnologie als die Lehre von der Bodenverbesserung zu verstehen. Bodenkundler versuchen Bodeneigenschaften und Prozesse zu analysieren. Bodentechnologen wollen auf der Basis dieser Erkenntnisse Bodeneigenschaften verändern und Prozesse lenken. Je nach Zielrichtung der Beseitigung leistungsbegrenzender Eigenschaften eines Pflanzenstandorts unterscheiden wir verschiedene Formen einer Melioration:

1. Hydromelioration
   1.1. Entwässerung
   1.2. Bewässerung
2. Gefügemelioration
   2.1. mechanisch
   2.2. chemisch
   2.3. biologisch

Je nach Tiefe des Eingriffs trennt man in a) Krumenmelioration
b) Unterbodenmelioration
c) Untergrundmelioration.

Die dazu entwickelten kulturtechnischen Verfahren der Bodenverbesserung stellen meist Kombinationen verschiedener Melio-

*Nieders. Landesamt für Bodenforschung, Ausseninstitut für Moorforschung und angewandte Bodenkunde, 2800 Bremen, Friedrich-Mißler-Str. 46/48

rationsformen dar. Bodeneigenschaften bestimmen Art, Tiefe, Intensität und Zeitpunkt des technologischen Eingriffs in ein Bodenprofil. Im Gegensatz zur ständig wiederkehrenden Bodenbearbeitung erfolgt die meliorative Bodenbehandlung nur in relativ großen Zeitabständen. In der Regel erfaßt sie größere Profiltiefen. Man erwartet eine nachhaltige Wirkung. Während bisher höhere und sichere Erträge neben Bearbeitungserleichterungen als Erfolgsmaßstab einer Melioration galten, sind zukünftig neben Fragen der Bodenerhaltung auch bodentechnologische Maßnahmen zur Verbesserung der variablen Filter- und Puffereigenschaften der Böden bei zunehmenden Umweltbelastungen erforderlich. Die Kulturtechnik wandelt sich zur Ökotechnik (5). Durch Vernachlässigung unterschiedlicher Bodeneigenschaften sind neben Erfolgen der Bodenmelioration auf dem einen Standort, Mißerfolge an anderer Stelle nicht ausgeblieben. Die Melioration wurde hier zur Peioration !

2. Bodenmechanische Kriterien für die Bodentechnologie

Zur Kennzeichnung der Meliorationsfähigkeit bedient man sich in der Bodentechnologie wie auch in der Ingenieurgeologie u.a. bodenmechanischer Eigenschaften. Sie sind in der Planung als relativ konstante, reproduzierbare Kriterien beliebt. Von besonderer Bedeutung ist der Tongehalt. Der Bodentechnologe wird darin zunächst kaum neben dem Tongehalt, der Austauschkapazität und pH-Wert die verschiedenen Tonminerale berücksichtigen. Hier wäre nun zu fragen, ob nicht eine zusätzliche Identifikation der Tonmineralgarnitur spezifische Wirkungen kulturtechnischer Maßnahmen im Boden besser erklären hilft. Dazu nun einige Beispiele.

2.1. Hydromelioration

2.1.1. Abgrenzung der Dränfähigkeit staunasser Böden

Während für Grundwasserböden aus der Felddurchlässigkeit (Bohrlochverfahren) je nach Nutzungsanspruch Dränabstände ermittelt werden, sind diese für staunasse Böden auch in der neuen Dränrichtlinie DIN 1185, Blatt 2 aus der Bodenart abzuleiten (1). Mit zunehmendem Tongehalt werden engere Saugerabstände gefordert. Durch eine solche Binnenentwässerung soll sich langfristig auch

das Bodengefüge verbessern. Durch Schrumpfung bisher gequollener Böden wird eine Gefügebildung eingeleitet. Qualitative Unterschiede der Gefügebildung sind bisher nur bei unterschiedlichem Kationenbelag durch die Rissbildmethode (Rißzahl, Rißbreite, Rißtyp) nach Wolkewitz (11) (s.a. DIN 19683, Blatt 18) zu erkennen. Neben Tongehalt und Kationenbelegung dürfte auch hier die Tonmineralgarnitur von großem Einfluß auf den Rißtyp sein. Berücksichtigt man die Lagerungsdichte des Bodens, so können bei gleichem Tongehalt nur Böden mit relativ geringer Rohdichte Quellungs- und Schrumpfungsmechanismen und eine günstige Gefügebildung erwarten lassen. Es ist zu vermuten, daß vorherrschende 2 Schicht- oder 3 Schicht-Tonminerale oder solche in Wechsellagerung ebenfalls in diese Gefügebildung nach Entwässerung unterschiedlich einwirken.

2.1.2. Abgrenzung der Verschlammungsneigung

Erosionen machen Krumenmeliorationen erforderlich (s. 2.2.2.). Diese haben eine Gefügestabilisierung zum Ziel. Ähnliche Überlegungen gelten im Bereich des Drängrabens. Es ist bekannt, daß sich bei wiederholtem Quellen und Schrumpfen bodenmechanische Kennwerte (z.B. Scherwiderstand) ändern. Die moderne Dräntechnik nimmt häufig zu wenig Rücksicht auf den Bodenfeuchtezustand beim maschinellen Verlegen der Dränrohre. Wir unterscheiden die von der Konsistenz des Bodens im Zeitpunkt des Dränierens abhängige Primärverschlammung der Dräne, die deshalb heute weit verbreitet ist, von der nur in bestimmten tonarmen, relativ einkörnigen Böden eine permanente Verschlammungsdisposition kennzeichnenden Sekundärverschlammung (4). Der Bodentechnologe muß nun entscheiden, ob und welcher Dränfilter als Schutz vor Dränverschlammung eingesetzt werden muß. Bisher klassifizieren wir den Grad der Primärverschlammungsgefahr nach der Plastizitätszahl:

Plastizitätszahl	Verschlammungsgrad	Dränfilterbedarf
< 5	sehr hoch	+++
5 - 10	hoch	++
10 - 15	mittel	+
15 - 20	gering	-
> 20	sehr gering	--

In nicht bindigen Böden wird die Sekundärverschlammung nach dem Ungleichförmigkeitsgrad $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$ eingegrenzt. Bei bindigen Böden wäre auch in dieser Frage eine Berücksichtigung der Tonmineralarten sicher nützlich.

2.1.3. Verockerung

Eine weitere Funktionsstörung der Dränung ist die Verockerung (6). Sie kann sowohl biologische als auch rein chemische Ursachen haben. Je nach Beimengungen und Begleitanion des Fe^{++} unterscheiden sich die Ocker in Farbe, Konsistenz und Löslichkeit. Letztere ist für die mechanische und chemische Reinigung von Bedeutung. So fanden wir auf der Rohrsohle (also im stets feuchten Sediment) einer verockerten Dränung und in den am Rohrscheitel an den Eintrittsöffnungen Stalaktiten ähnlichen Ockerzapfen folgende unterschiedliche Zusammensetzung von Ockerproben je nach Einzugsgebiet

Einzugsgebiet		Geestrand	Moränen-Einschnitt
Bodentyp		Moorgley - Niedermoor ± durchschlickt über Talsand	Parabraunerden über Geschiebelehm
Ocker, Rohrscheitel	% H_2O	69,3	53,4
	% Fe	44,6	4,8
	% Ca	1,4	35,0
	pH	7,2	9,5
Ocker, Rohrsohle	% H_2O	83,2	89,2
	% Fe	40,1	38,1
	% Ca	0,3	5,1
	pH	3,1	5,3

In 10%iger HCl lösten sich bei einem Verdünnungsverhältnis Säure : Ocker = 20 : 1 von den wasserärmeren Proben am Rohrscheitel nur 90% des Eisens, während das wasserreichere Ockersediment auf der Rohrsohle zu nahezu 100% HCl-löslich war. 3 bodentechnologische Fragen an die Tonmineralogen: Wie schnell altert Ocker ? Ist gealterter Ocker gar mikrokristallin ? Wie steht die Verockerung zur etwas besser bekannten Eisendynamik im

Boden ? Wann ist deshalb der günstigste Zeitpunkt zur mechanischen oder chemischen Aufreinigung ?

2.2. Gefügemelioration

2.2.1. Unterbodenlockerung

Durch Tieflockerung sollen im Unterboden verdichtete Böden in ihrer Wasserspeicherung und -leitfähigkeit verbessert werden, die wegen ungünstiger Zusammensetzung des Unterbodenmaterials nicht durch Tiefumbruch verbessert werden können. Die technischen Voraussetzungen der Unterbodenlockerung sind vor allem durch Schulte-Karring (1o) ständig weiterentwickelt worden. Selbst bei Beachtung der von Bodenfeuchte und Konsistenz vorgegebenen Einsatzgrenzen (7), sind nachhaltige Erfolge der Unterbodenlockerung nicht überall eingetreten. Der primären, mechanischen Lockerung muß unter neuen Gleichgewichtszuständen der Bodenteilchen zueinander eine Sekundärlockerung und eigentliche Gefügebildung im entlasteten Boden folgen. Kopp (3) hat die unterschiedliche Wirkung zum Teil dadurch erklärt, daß nur in fossil verdichteten Böden, die sich nicht mehr im Gleichgewicht zu diesen pedogenetischen Bedingungen befinden, Lockerungserfolge erzielbar sind (so z.B. in Graulehm-Pseudogleyen). Gefügemeliorationen sind danach Neuorientierungen endogener und oxogener Kräftewirkungen, die z.T. vom Tonmineral beeinflußt werden. Auch hier wäre aus bodentechnologischer Sicht weitere Mitarbeit der Tonmineralogen erwünscht, um ggf. Einflüsse der Tonmineralart aufklären zu helfen.

2.2.2. Krumenmelioration

Mit steigender mechanischer und chemischer Belastung unserer Böden durch Technisierung und Immissionen kommt der Gefügestabilisierung in der Krume erhöhte Bedeutung zu. Kalk, Humus und synthetische Bodenverbesserungsmittel werden dafür eingesetzt.

Meliorationskalkungen sehen je nach Ziel-pH große Aufwandsmengen vor. Die Wirkungen hoher Kalkgaben sind in der Fülle der Literatur zu diesem Thema recht unterschiedlich bewertet worden. Hier ist der Tonmineraloge sicher ein willkommener Gesprächspartner des Bodentechnologen. Sind einmalig hohe Gaben selbst bei sorg-

fältiger Mischung wiederholten kleineren Mengen immer vorzuziehen ? In allen einschlägigen Lehrbüchern der Bodenkunde wird die gefügestabilisierende Wirkung sogen. Tonhumuskomplexe erwähnt, ohne bisher Mechanismen oder von der Tonmineralart sicher gegebene Unterschiede in dieser wichtigen Bindung der organischen und anorganischen Sorptionsträger sicher deuten zu können. Bei älteren sandigen Substraten (Sandmischkultur-Plaggenesch) haben Rochus (8) und Scheffer (9) eine festere Verknüpfung der organischen Substanz mit der Schluffkomponente nicht ausgeschlossen.

Zur Rekultivierung von Rohböden (z.B. Spülfelder, Kippen), Lenkung der Entwicklung anthropogener Böden und bei Erosionsschutzmaßnahmen benötigt der Bodentechnologe wieder nicht nur die Körnung, sondern vermutlich auch hier einige qualitative Angaben über das Verhalten verschiedener Tonminerale. Kann man z.B. Bentonit als Bodenverbesserungsmittel einsetzen ? Wie wirken hohe P-Gaben gefügebildend ? Sind hohe K-Gaben in K-fixierenden Böden eine Meliorationsdüngung, die über die K-Versorgung der Pflanzen hinausgeht und auch das Gefüge schwerer Böden verbessert ?

3. Zusammenfassung

Im Bemühen Böden unterschiedlichen, steigenden Nutzungsansprüchen zugänglich zu machen, werden technologische Eingriffe erforderlich. Diese orientierten sich ingenieurmäßig vornehmlich an mechanischen und physikalischen Bodeneigenschaften. In den Beispielen: Dränabstand staunasser Böden, Verschlämmung, Verockerung, Unterbodenlockerung und Krumenmelioration werden einige kurze Fragen an die Tonmineralogen gestellt, um Unterschiede der Meliorationswirkung klären zu helfen.

4. Literatur

1 Fachnormenausschuß Wasserwesen DIN 1185 Regelung des Bodenwasserhaushalts durch Rohrdränung, rohrlose Dränung und Unterbodenmelioration.
Beuth-Vertrieb Berlin u. Köln 1973, Blatt 1-5

2 Fachnormenausschuß Wasserwesen DIN 19683 Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Physikalische Laboruntersuchungen. Bestimmung des

potentiellen Bodengefüges nach dem Rißbild. Blatt 18, 1973

3 Kopp,E.: III Bodenphysik und Grundwasser.
Das Bodengefüge als Ausdruck energetischer Zustände.
Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 21, 317-320, 1972

4 Kuntze,H.: Erfahrungen mit Dränfiltern in Deutschland.
Kali-Briefe, Fachgeb. 7, 1.Folge, Mai 1974

5 Kuntze,H.: Von der Kultur- zur Ökotechnik.
Z.f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung im Druck

6 Kuntze,H.: Verockerung.
Schriftenreihe des Kuratoriums für Wasser und Kulturbauwesen. Verlag Paul Parey Hamburg u. Berlin, in Vorber.

7 Renger,M., O.Strebel u. W.Giesel: Bearbeitung bodenkundlicher kulturtechnischer und hydrologischer Fragen mit Hilfe von klimatischer Wasserbilanz und bodenphysikalischen Kennwerten. 3. Bericht: Tiefenbearbeitbarkeit.
Z.f. Kulturtechnik u. Flurbereinigung 15, 263-271, 1974

8 Rochus,W.: The organic nitrogen content of peat soils combined with different factores of humic substances.
Proc. Intern. Symp. on Soil Organic Matter Studies Braunschweig 1976 im Druck

9 Scheffer,B.: Stabilization of organic matter in sand mixed cultures.
Proc. Intern. Symp. on Soil Organic Matter Studies Braunschweig 1976 im Druck

10 Schulte-Karring,H.: Die Unterbodenmelioration. Ergebnisse 12jähriger Untersuchungen.
Landw. Lehr- u. Versuchsanstalt Ahrweiler 1968, 177 S.

11 Wolkewitz,H.: Untersuchungen über die Auswirkung der Kationenbelegung auf die physikalischen Eigenschaften eines Mineralbodens.
Z.f. Kulturtechnik 1, 162-179, 1960

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 25, 843-854 (1977)

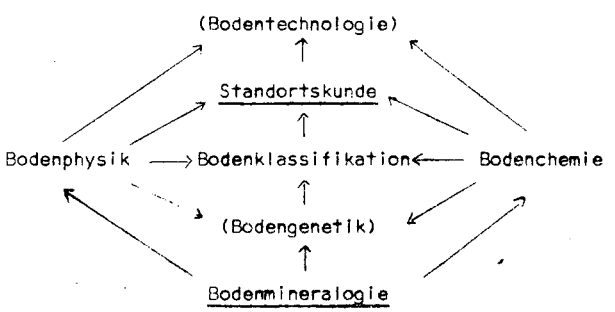
Der Mineralbestand als Komponente der Standortsbeurteilung

von

E. Schlichting +

Die Beobachtung verschiedenartiger Pflanzenbestände bei gleichem Klima und Relief ist alt, ebenso die Erklärung durch Unterschiede im Mineralkörper ihrer Böden, hilfsweise derer Ausgangsgesteine. Umgekehrt wurde bereits von A. Thaer die pflanzenbauliche Eignung von Böden faktisch ihrem Mineralbestand zugeordnet, als er sie in (Quarz-) Sand-, (Illit-) Ton- und (Calcit-) Kalkböden und deren Zwischenstufen einteilte. Seither sind Verteilungsmuster und Reaktionsnormen vieler litho- und pedogener Minerale so intensiv untersucht worden (s. van der Plas u. van Reenwijk, 1974), daß zu fragen ist, ob diesem Fortschritt auch ein solcher in der Beziehung zwischen Bodenmineralogie und Standortskunde entspricht.

Entsprechend dem Schema



kann die Antwort durch abstrakte Übersetzung einzelner mineralspezifischer bodenphysikalischer und -chemischer Phänomene (vgl. die Beiträge von Hartge, Ulrich, Meyer und Brümmer in diesem Band) in Wuchsbedingungen oder durch

+ Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität (LH) Hohenheim, Postfach 106, D 7000 Stuttgart 70

konkrete Rückführung edaphischer Standortstypen auf die sie differenzierenden Minerale gegeben werden. Ersteres wäre auf Grund der vorliegenden Literatur einfacher, bedürfte aber des Nachweises der Wirksamkeit in der Natur. Umgekehrt ist im letzteren Falle die Kausalität zumindest dahingehend zu klären, ob bodenphysikalische Effekte überwiegen, wie porungsabhängige Durchwurzelbarkeit sowie Wasser- und Luftversorgung (spezifisch nur insoweit, wie Körnung und/ oder Aggregierung mineralgebunden), oder bodenchemische, wie das von liefernden und sorbierenden Mineralen abhängige Angebot an Nähr- und Schadstoffen (das aber auch - unspezifisch - von der Körnung abhängt). Diese Klärung wäre nicht nur heuristisch von Belang, sondern auch als Basis praktischer Prognosen.

Ein Überblick über die in der vegetationskundlichen und pflanzenbaulichen Praxis und Lehrbuchliteratur (z.B. Walter, 1951, 1973; Ellenberg, 1956, 1963; Larcher 1973; Klapp 1967) übliche Gliederung in mineralbestandsbezogene Standortstypen soll offene Fragen darlegen.

1. Schwermetallböden

Obschon diese Böden meist aus schwerverwitterbaren Festgesteinen hervorgingen und damit oft flachgründig und wenig wasserspeichernd sind (Walter, 1951), erscheint doch erwiesen, daß sie ihre Vegetation spezifisch über ein nur für die jeweiligen Spezialisten erträgliches Angebot an verschiedenen Schwermetallen steuern (Ernst, 1974). Aus welchen Mineralen das Angebot stammt, ist infolge deren Vielzahl und oft geringen Massenanteils schwer anzugeben und nicht einmal bei Zn aus Galmei-Böden sicher nur auf dieses Mineral beziehbar. Genauer untersucht sind jedoch die Serpentinböden. Hier wirkt offenbar das Mg-vertretend in Schichtsilikaten gebundene und in der Tonfraktion konzentrierte Ni dank besserer Löslichkeit (Suzuki et al., 1971) auf Nichtspezialisten weit toxischer als das als Chromit stabiler gebundene und in groberen Schwermineralen konzentrierte Cr und kann im Gegensatz zu Cr in Wurzeln (auf Aschegehalt bezogen) über die Bodengehalte hinaus konzentriert werden (Shewry und Peterson, 1976). Eine wesentliche Rolle spielt für die Vegetation nach Ernst (l.c.) aber offenbar auch die hohe Anlieferung von Mg aus dem Serpentin und die geringe von Ca aus anderen Mineralen (zusammenfassende Darstellung: Proctor und Woodell, 1975).

2. Salzböden

Diesen Böden gemeinsam ist ein bei Austrocknung hoher Gehalt an einfachen Salzen (K-, Na-, Mg- und Ca-Chloriden, -Sulfaten und -Carbonaten), die entsprechend ihrer Löslichkeit der Bodenlösung auch bei stärkerer Befeuchtung einen beträchtlichen osmotischen Druck verleihen und damit die Wasserverfügbarkeit senken. Dieser unspezifische (nicht nur von der löslichkeitsbestimmenden Art der Minerale, sondern auch von deren Menge abhängige und in den mmhos-Grenzwerten des US Soil Salinity Laboratory erfaßte) Einfluß ist aber offenbar nicht entscheidend; denn Walter (l.c.) unterteilt die Salzböden nach der Art ihrer "Verbrackung" in Cl/SO_4- und Na_2CO_3- (sowie $CaCO_3$-) Böden. Dabei spielen einerseits bodengeographische Gesichtspunkte und damit klimatische Faktoren eine Rolle, wird andererseits auch eingeschlossen, daß diese Böden ihre Vegetation über das nur für die jeweiligen Spezialisten erträgliche (nötige?) Angebot an den genannten Anionen (bes. Cl) steuern. Zumindest für den Kulturpflanzenertrag spielen aber auch Mg-Hemmung der Ca-Aufnahme und Na-Hemmung der K-Aufnahme eine Rolle (Schleiff und Finck, 1976). Aus welchen Mineralen dieses Angebot stammt, ist infolge deren geringer Stabilität wiederum schwer anzugeben (möglicherweise spielt das NaMg-Sulfat Astrakanit bzw. Blödit hier eine besondere Rolle).

3. Kalkböden

Carbonatreiche Böden (außer den unter 1. und 2. genannten) wurden bereits von A. Thaer und später auch von Vegetationskundlern als von carbonatfreien "Silikatböden" wesentlich verschieden erkannt, ohne daß bisher entschieden werden könnte, welchen Anteil daran bei Kalkstein-Böden unspezifische Effekte haben (Flachgründigkeit, Trockenheit und daher kontinental getönter Wärmehaushalt , wofür die Beobachtung spricht, daß die Kalkgebundenheit vieler Pflanzen in feuchten Gebieten deutlicher ist als in trockeneren, Walter, 1951, und in kühlen deutlicher als in wärmeren ,Ellenberg, 1963). Unter den möglichen spezifischen Effekten spielt ein hohes Ca-Angebot erstaunlicherweise offenbar keine Rolle (da die "Kalkpflanzen" nicht auch typisch für Gips-Böden sind, s. Walter, 1951); wohl aber werden manche auf calcitreichen Böden vorkommende Pflanzen auf dolomitreichen durch das hohe Mg-Angebot bzw. das weite Mg : Ca-Verhältnis ausgeschlossen (Cooper und Etherington, 1974). Ein bisher unterschätzter Faktor ist offenbar die aus der Umsetzung von Carbonaten mit CO_2 resultierende hohe HCO_3-Konzentration der Bodenlösung, die jedoch nur über die Lösungsgeschwindigkeit von der Mineralart abhängt (sogen. Aktivkalk) und nur bei geringer CO_2-Abgabe und HCO_3-Auswaschung

längerfristig wirkt (und in Mergelböden offenbar die Hauptursache der bei Kulturpflanzen als Kalkchlorose bezeichneten Ernährungsstörungen ist). Die ebenfalls hohe OH-Konzentration - verbreitet wohl wegen ihrer leichten Meßbarkeit für den wesentlichen Faktor gehalten (vgl. Walter, l.c.; Ellenberg, l.c.) - wirkt dagegen mehr über die Regulierung der Verfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen (vgl. Silikatböden). Ob die angesichts hoher pH-Werte erstaunlich seltenen Mängel an Spurenelementen auf einer Schwermetallanlieferung etwa aus Ankeriten beruhen, bedürfte der Prüfung.

4. Silikatböden

Diese große Bodengruppe wird von Vegetationskundlern und Pflanzenbauern in Körnung (bes. Tongehalt)/pH-Kombinationen unterteilt. Neben dem Körnungseinfluß auf die Porung (mithin den Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt) und allgemeinen, dem pH zugeschriebenen Funktionen ("Symptom der Bodenfruchtbarkeit", Ellenberg, 1963; Indikator für die N-Versorgung, Walter, 1951) enthält diese Einteilung aber auch Bezüge zu Mineralbestands-Effekten, und zwar nicht nur weil sich in "mittleren" Böden von der Sand- über die Schluff- zur Tonfraktion die Dominanz vom Quarz über Gerüstsilikate mit geringer zu Schichtsilikaten mit hoher Diadochie verschiebt (s. Abb. 1), sondern auch, weil z.B. an basischen Silikaten reiche Böden meist tonreich und wenig versauert sind. Infolgedessen wird allgemein als fast selbstverständlich angesehen, daß mit dem Gehalt an Ton und dem pH nicht nur der an sorbierenden, sondern auch an liefernden Mineralen steigt. Aus statistischen Regelmäßigkeiten in einem begrenzten Erfahrungsfeld kausale Gesetzmäßigkeiten herzuleiten, kann jedoch zu beträchtlichen Fehlern führen.

Diese Beziehung gilt einmal durchaus nicht für alle Nähr- oder Schadstoffe, in Abb. 1 z.B. abnehmend vom in Schichtsilikaten konzentrierten Fe (bes. im Feinton) und einigen anderen Schwermetallen über Mg (bes. im Ton) und K (bes. im Ton, aber auch in Sand-Feldspäten) zum in Feldspäten konzentrierten Ca (bes. im Schluff) und Na (bes. in Schluff und Feinsand). Nicht einmal die bei den Proben der Abb. 1 deutlich positive Beziehung zwischen den Gehalten an Ton und an Austauschkationen gilt für alle Böden. Sie ist bei den in Abb. 2 dargestellten Proben nur für K_a erkennbar, für Mg_a sogar negativ. Hier handelt es sich sicher um eine seltene Bodenform (Mullbraunerde aus hydrothermal geprägter basischer Lava); aber auch z.B. in den in SW-Deutschland verbreiteten Pelosolen ist die

Beziehung der Gehalte an Ton zu den an Schwermetallen (bes. bei Cu) viel lockerer als bei den Proben der Abb. 1 (Schlichting u. Elgala, 1975), zu den an K und Mg kaum erkennbar bzw. sogar negativ (s. Abb. 3) und erst nach Bezug auf den Mineralbestand interpretierbar (s. Abb. 3). Allgemein kann geschlossen (und belegt) werden, daß infolge des zunächst gleichsinnigen Verlaufes von Tonbildung und Nährstoffverlust die Ton : Nährstoff-Beziehung in Böden älterer Landoberflächen sich ins Negative verkehrt, mithin auch in ihrem Erosionsmaterial und den daraus wieder gebildeten Böden.

Daß außer der Körnung (über Verwitterbarkeit und Sorptionskapazität) das pH die Verfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen (wenngleich nicht allein und nicht bei allen gleichsinnig) reguliert, ist inzwischen so allgemein bekannt, daß darüber die Bedeutung der in gleicher Weise angebotsbestimmenden Vorräte nahezu vergessen und der pH-Wert als eigenständiger Standortsindikator behandelt wird, für dessen Verwendung man eher einheitliche klimatische als bodenmineralogische Bedingungen voraussetzt (Ellenberg, 1963). Selbst die Verknüpfung von pH und Körnung, wie z.B. die Festlegung sogen. optimaler pH-Werte für die Bodennutzung (vgl. Gaese et al., 1971) trägt den unterschiedlichen Vorräten nicht hinreichend Rechnung (denn diese sind nur insoweit körnungsabhängig, wie ein "Norm"-Mineralbestand unterstellt werden kann, s.o.). Das gilt umgekehrt auch für den unterschiedlichen Bestand an Sorbenten bei Bemessung der optimalen PK-Düngung nur nach vorhandenem Angebot (und Körnung / pH-Kombination). - Hier ist also sowohl im Interesse des besseren Verständnisses naturnaher Ökosysteme als auch einer zweckmäßigeren Bodennutzung die Forschung zu intensivieren. Das gilt auch für die Pufferwirkung von Böden bei Zufuhr von Bioziden oder Schwermetallen, die bislang mehr an Mineralen oder Kornfraktionen als an Böden unterschiedlichen Mineralbestandes untersucht wurde.

Die folgenden Bodengruppen sind wegen geringer Verbreitung in Mitteleuropa oder geringer Kenntnisse ihrer Standortseigenschaften nur kurz zu behandeln, obwohl einige derzeit sehr intensiv untersucht werden.

5. Sulfid- und saure Sulfat-Böden

Erstere sind circumneutral und durch Eisensulfide (z.B. Pyrit) ausgezeichnet, letzere - nach Entwässerung aus ihnen entstanden - stark sauer und durch Alkali-Eisensulfate (z.B. Jarosit bzw. Natrojarosit) zumindest im Oberboden charakterisiert (z. T. durch Alaunit, daher früher auch als Alaun-Böden bezeichnet). Diese Minerale sind weniger Lieferanten von H_2S und Al-Ionen als vielmehr Indikatoren für die Wahrscheinlichkeit eines Angebotes in toxischen Mengen bei unzureichendem

Vorrat an labilen Fe-Verbindungen bzw. einfachen Salzen. Obschon bei Kulturpflanzen von beträchtlichen Wuchstörungen berichtet wird (Kivinen, 1949; Bloomfield et al.,1968), ist der Literatur nicht zu entnehmen, inwieweit dieser Mineralbestand eine Ursache der Vegetationszonierung etwa in Watten bzw. Marschen oder Mangroven ist; z.B. geben Mohr, van Baren und van Schuylenborgh (1972) für letztere zwar eine Korrelation zwischen bestimmten Pflanzen und Sulfidgehalten an, aber nicht, ob sich gleichsinnig Überflutungssequenz, Salzgehalt und Sedimentkörnung ändern, die Walter (1962) offenbar für entscheidend hält. Zusammenfassende Darstellung: Dost, 1973.

6. Allophanböden

Bei diesen Böden wird bereits das Gefüge und darüber hinaus die Wasserbindung mineralspezifisch beeinflußt. Neben einer bei hohem pH (zumindest relativ, d.h. auf Ton bezogen) hohen KAK besitzen diese Böden eine hohe Anionenbindung. Diese betrifft Humin- und Fulvosäuren (mit Konsequenzen für den Umsatz organischer Substanz, mithin für Wasser- und Kationenbindung sowie für den N-Umsatz), PO_4 und MoO_4 (wiederum mit Konsequenzen für den N-Umsatz), SO_4 und bei hinreichend niedrigem pH selbst NO_3 in beträchtlichen Mengen (Singh u. Kanehiro, 1969). Obschon daraus sehr spezielle Standortsbedingungen resultieren müßten, ist der Literatur wiederum nicht zu entnehmen, inwieweit dieser Mineralbstand ein vegetationsbestimmender Faktor ist. Zwar geben Mohr, van Baren und van Schuylenborgh (l.c.) bestimmte Nothofagus-Arten als charakteristisch für Andosole an; aber bei Walter (1962) finden sich allenfalls Hinweise, daß einige Florenelemente an "vulkanische Böden (Basalte)" gebunden seien. Studien über Allophane oder ähnlich reagierende Stoffe in Böden gemäßigter Gebiete wären besonders im Hinblick auf deren Filterwirkung für N von Interesse. Zusammenfassende Darstellung: Wada u. Harward, 1974.

7. Sesquioxid-Böden

Diese Latosole sind durch hohe Gehalte an Fe- und Al-Oxiden bzw. -Hydroxiden (Hämatit, Goethit, Gibbsit) sowie an Kaolinit, mithin durch wenig Nährstoffe liefernde und kaum Kationen, aber stark Anionen (bes. PO_4 und MoO_4) sorbierende Minerale ausgezeichnet. Sie beliefern also ihre Vegetation kaum aus Mineralreserven, so daß diese bei schwerverweslicher Streu schlecht versorgt wäre. Über kausale Beziehungen zwischen Mineralbestand und Vegetation ist Gesichertes nicht mitzuteilen (s. 6.) Über die Rolle der genannten Minerale bei der stabile Aggregierung bzw. der Irreversiblen Verhärtung gibt es Vermutungen

(s. Mohr, van Baren und van Schuylenborgh, l.c.). - Raseneisenböden haben einen ähnlichen P- und Mo-Haushalt (s. Schlichting, 1960).

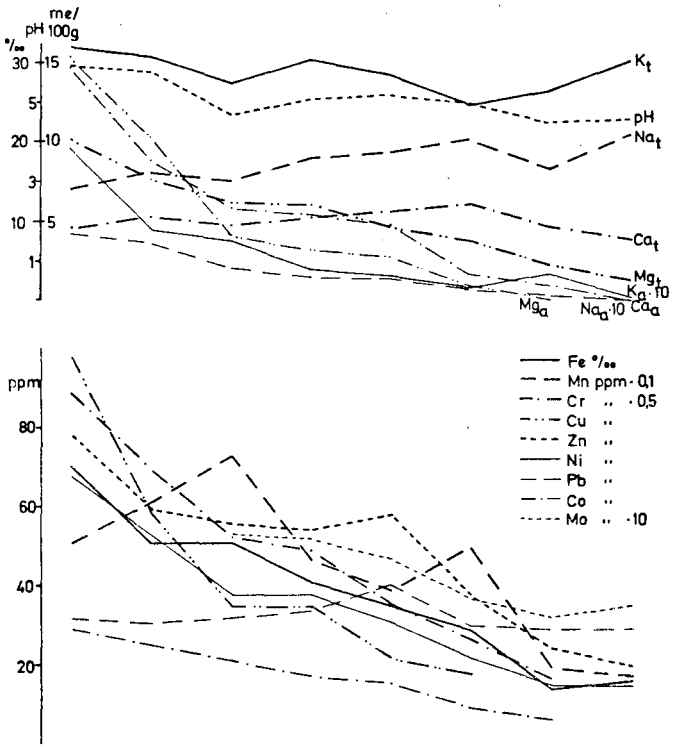
Der Mineralbestand ist also besonders bei Einseitigkeit oder Seltenheit eine Komponente der Standortsbeurteilung, wenig bei den großflächig verbreiteten Böden, und das weder für das Verständnis der Artenkombination noch für die Beurteilung der Wuchsleistung. Dieser Mangel mag praktisch belanglos sein, wenn eine physikalisch-chemische Bodencharakterisierung zweckmäßiger ist (z.B. bei kleinräumiger anthropogener Musterung, die aber weit mehr die Liefer- als die Sorptionsfunktion betrifft), heuristisch ist er bedauerlich. Da die reale Beziehung zwischen Mineralbestand und Standortseigenschaften empirisch erarbeitet werden muß, besteht gegenüber der Vielzahl von Pflanzenbestands- und Wuchsbeobachtungen ein großer Bedarf an Analysen des gesamten Mineralbestandes von Böden.

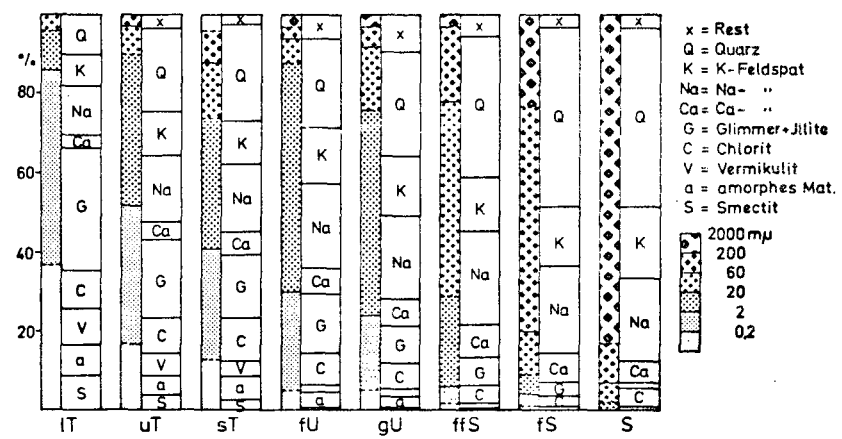
Der Mangel ist jedoch auch darauf zurückzuführen, daß Bodenmineralogen neben dem Mineralbestand allenfalls Ertragsdaten und Vegetationskundler neben der Artenkombination allenfalls Nähr- bzw. Schadstoffgehalte ermitteln. Diese aber sind dem Mineralbestand nicht eindeutig zuzuordnen (und umgekehrt), weil außer der Löslichkeit der einzelnen Minerale ihre von mehreren, bei der üblichen Mineralanalyse nicht erfaßten Merkmalen (z.B. der Oberflächenstruktur, s. Jones u. Leeper, 1951) abhängige Lösungsgeschwindigkeit und in Mineralgemischen auch die Gegenwart von Lösungsgenossen und von Sorbenten über die Lieferfunktion entscheidet. Aber selbst eine lückenlose korrelationsstatistische Zuordnung bedürfte der Verifizierung, und hierfür müssen Bodenmineralogen und Standortskundler mehr gemeinsame "in vivo"-Experimente an Böden mit variierten Liefer- bzw. Sorptionsleistungen durchführen.

Ein nötiger Schritt zu einer besseren Nutzung vorhandener und Gewinnung neuer Erkenntnisse wäre der Ersatz der Bodentypen durch Bodenformen und die Ergänzung der Bodenarten durch deren Mineralbestand bei der standortskundlichen Bodenbeurteilung.

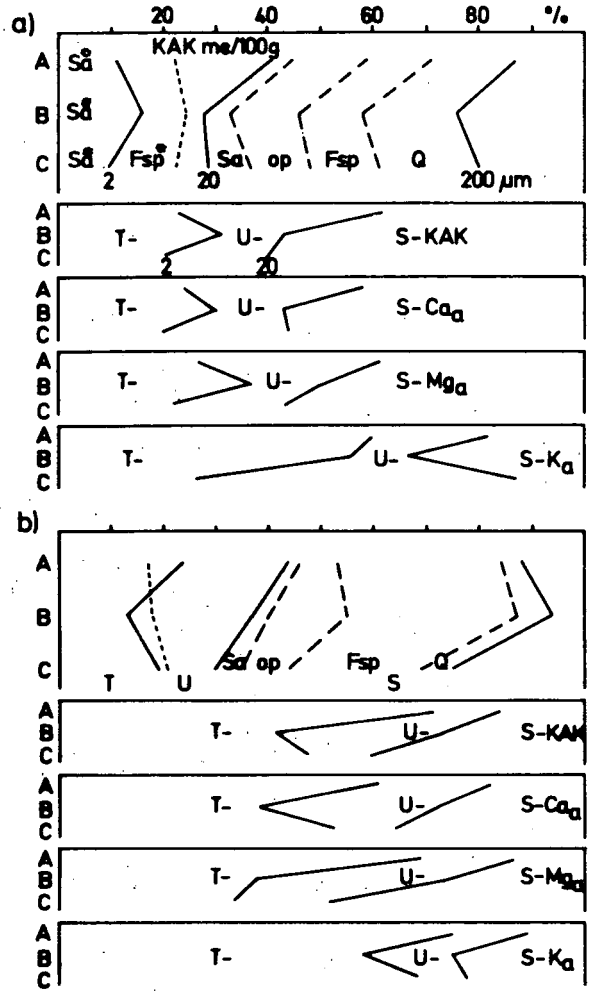
Literatur

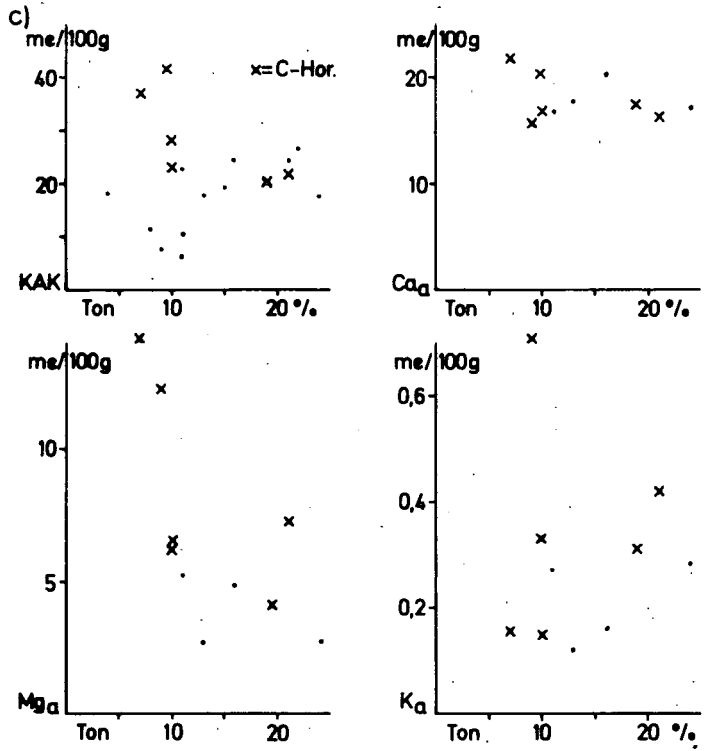
1) Bloomfield, C.,, Coulter, J.K., and Kanaris-Sotirio: Trop. Agriculture, Trin. 45, 289 - 300 (1968)
2) Cooper, A., and Etherington, J.R.: J. of Ecology 62, 179 - 190 (1974)
3) Dost, H. (Ed.): Acid sulphate soils. Proc. Symp. I.S.S.S. Wageningen 1973
4) Ellenberg, H.: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. Bd. IV, 1 von H. Walter: Einführung in die Phytologie. Ulmer - Stuttgart 1956.
5) Ellenberg, H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Bd. IV/2 von 4), Ulmer - Stuttgart 1963
6) Ernst, W.: Schwermetallvegetation der Erde. Fischer - Stuttgart 1974
7) Gaese, D., Mushtag, M.A., u. Schlichting, E.: Landw. Forsch. 24, 316 - 327 (1971)
8) Jones, L.H.P., and Leeper, G.W.: Plant and Soil 3, 141 - 153 (1951)
9) Khader, S.: Diss. LH Hohenheim 1966
10) Kivinen, E.: Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 45, 38 - 40 (1949)
11) Klapp, E.: Lehrbuch des Acker- und Pflanzenbaues, 6. Aufl., Parey - Berlin und Hamburg 1967
12) Larcher, W.: Ökologie der Pflanzen. UTB Ulmer - Stuttgart 1973
13) Mohr, E.C.J., van Baren, F.A., and van Schuylenborgh, J.: Tropical Soils. 3 Ed. Mouton - Ichtiar Baru - Van Hoeve. The Hague - Paris - Djakarta 1972
14) van der Plas, L., and van Reenwijk, L.P.: Geoderma 12, 385 - 405 (1974)
15) Proctor, J.,and Woodell, S.R.J.: Adv. Ecol. Res. 9, 255 - 366 (1975)
16) Schlichting, E.: Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk. 90, 204 - 208 (1960)
17) Schlichting, E. u. Elgala, A.M.: Z. Pflanzenern., Bodenk. 138, 563 - 571(1975)
18) Schleiff, U., u. Finck, A.: Z. Pflanzenern., Bodenk. 139, 281 - 292 (1976)
19) Shewry, P.R., and Peterson, P.J.: J. of Ecology 64, 195 - 212 (1976)
20) Singh, B.R., and Kanekiro, Y.: Proc. Soil Sci. Soc. Am. 33, 681 - 683 (1969)
21) Sippola, J.: Ann. Agr. Fenniae 13, 169 - 234 (1974)
22) Suzuki, S., Mizuno, N., u. Kimura, K.: Soil Sci. and Plant Nutr. 17, 195 - 198 (1971)
23) Wada, K., and Harward, Adv.Agron. 26, 160-211 (1974)
24) Walter, H.: Standortlehre, Bd. III, 1 von 4) Ulmer - Stuttgart 1951
25) Walter, H.: Vegetation der Erde in ökologischer Betrachtung. Bd. I. Die tropischen und subtropischen Zonen. Fischer - Jena, 1962
26) Walter, H.: Allgemeine Geobotanik. UTB Ulmer - Stuttgart 1973
27) Wilson, M.J., and Logan, J.: Geoderma 15, 273 - 288 (1976)
28) Wilson, M.J.: Geoderma 15, 289 - 304 (1976)





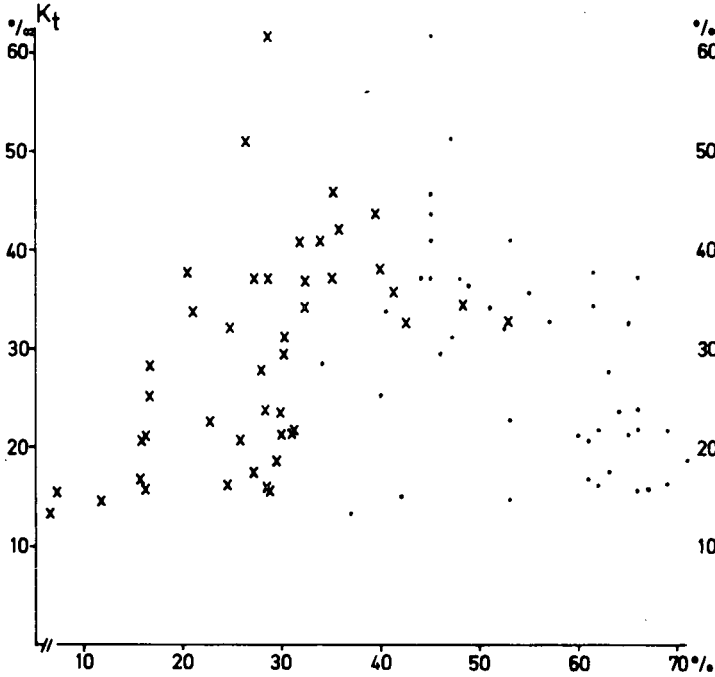
Mittlere Körnung, Mineralgehalte und Gehalte an Leicht- und Schwermetallen von Bodengruppen (n=7) in Finnland (n. Sippola, 1974)

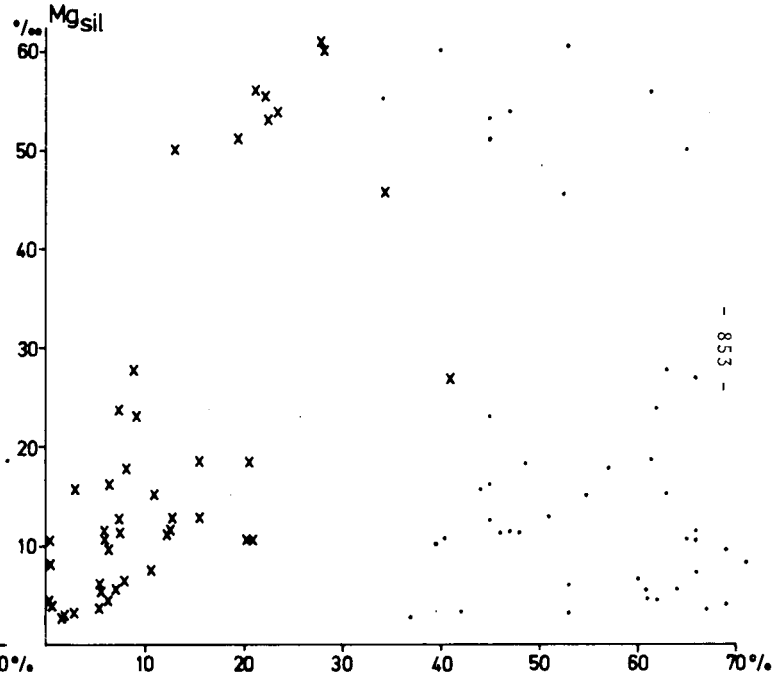




Sa = Saponit, Fsp = Feldspat (bes. Plagioklase), op = opake u. verwitt. Min., Q = Quarz ; • dominant

Körnung, Mineralbestand und Austauschkapazität bzw. -kationen in Profilen (a,b) bzw. Horizonten (c) von Böden aus bas. Lava in Schottland (n. Wilson u. Logan, 1976)





Ton-bzw. Tonmineral- und K- bzw. Mg-Gehalte von Pelosolen in SW-Deutschland (n. Khader, 1966)

Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch. 25,855 -861 (1977)

MITTEILUNGEN

der

DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT

NACHRICHTEN

1. AUS DER ARBEIT EINZELNER INSTITUTIONEN
2. AUS VERBÄNDEN UND WISSENSCHAFTLICHEN VEREINIGUNGEN
3. VORGESEHENE TAGUNGEN
4. PERSONALIA

1. AUS DER ARBEIT EINZELNER INSTITUTIONEN

1.1 LEHRSTUHL FÜR BODENKUNDE DER TU MÜNCHEN FREISING - WEIHENSTEPHAN

Personalbestand

Prof. Dr. U. Schwertmann
WR Dr. E.A Niederbudde
AOR Dr. W.R. Fischer
Wiss. Angest. Dr. H.H. Becher
Wiss. Mitarbeiter: Dr. E. Murad, Dr. Traudl Pfanneberg
Dr. G.Lewis
als Gast Doktoranden: z. Zt.: Baumann, Deller, Schaller, Schmidt.

Forschung

Mineralogie, Kristallchemie und Bildung pedogener Eisenoxide in verschiedenen Klimaten (Schwertmann, Lewis) Phosphatformen in P-reichen Böden (Deller), Kalkung und Bodeneigenschaften (Schwertmann), Bestimmung von Erosionsausmaß aus Stoffprofilen und von Erosionsgefährdung in Lößlandschaften (Schmidt), Fe-, Mn- und P-Haushalt von Hydrosequenzen.

Tonmineralumwandlung in Böden aus Sedimenten mit großen Illit- (mesozoische Tonsteine Nordbayerns) und Smektitgehalten (mehrere Lößlandschaften), Nährstoffmobilisierung (insbesondere K) in typischen Böden von Freilandversuchen (Niederbudde);

Wirkung von Tonmineralen auf N-Mineralisierung und N-Immobilisierung beim Abbau von organischer Substanz im Boden und Zufuhr von Harnstoff (Niederbudde, Fischer, Pfanneberg).

Eigenschaften von Unterwasserböden:
Spurenelemente (Fe, Mn, Co, Zn, Pb, Cd), Redoxverhalten, Sorption und Desorption von Phosphat, Borat, Nitrat. Charakterisierung d. organischen Stoffe (Fischer, Baumann, Schaller, Murad).

Gefügeeigenschaften und Wasserhaushalt ober- und niederbayerischer Böden; Festigkeit von Bodenhorizonten und Bodenelementen einschließlich Modellsubstraten; Mechanismen und Abhängigkeiten des Stoff- und/oder Lösungstransportes im Boden (z.T. an Hand von Modellversuchen) (Becher).

Lehre

Allgemeine Bodenkunde und Bodengenetik (Schwertmann)
Bodenökologie (Schwertmann/Niederbudde)
Bodenkunde und Bodentypenlehre für Vermessungsingenieure,
Regionale Bodenkunde (Niederbudde)
Bodenphysikalische Grundl. d. Kulturtechnik (Becher)
Bodenkundliche und Landschaftsökologische Exkursionen,
Kartierungspraktikum, bodenkundliches Laborpraktikum, Seminare
(Schwertmann, Niederbudde, Fischer, Becher)

Bücher aus dem Institut:

U. Schwertmann: Mitarbeiter der 9. Aufl. von Scheffer-Schachtschabel: Lehrbuch der Bodenkunde

U. Schwertmann u. R.M. Taylor: Iron oxides in J.B. Dixon (Ed.) Minerals in the Soil Environment ASA publ.

2. AUS VERBÄNDEN UND WISSENSCHAFTLICHEN VEREINIGUNGEN

E.G. Hallsworth
Returning Officer
For and Convenor
of the Committee on
Rules I.S.S.S.

An den Geschäftsführer der DBG

Betr.: Abstimmung über die Satzung der IBG

Wie Sie wissen, wurden durch den Generalsekretär mit der letzten Ausgabe des Bulletin" Abstimmungsformulare für die vorgeschlagenen Satzungsänderungen der IBG versandt.

Nur sehr wenige dieser Abstimmungsbogen sind bislang in Adelaide eingegangen. Ich wäre Ihnen daher dankbar, wenn Sie Ihre Mitglieder daran erinnern könnten und sie veranlassen könnten, ihre Stellungnahmen so bald wie möglich einzusenden. Dies wird uns unsere Aufgabe in Edmonton sehr erleichtern.

gez. E.G. Hallsworth

Ich darf Sie bitten, den Wunsch Herrn Hallsworth' nachzukommen

B. Meyer

3. VORGESEHENE TAGUNGEN

3.1 GEMEINSAME SITZUNG DER KOMMISSION IV UND VI 1978

Termin: 2. - 3.10.1978 - Beginn: 2.10. 14.00 Uhr
Ende: 3.10. 13.00 Uhr

Tagungsort: Giessen, Universität

Thema: Bedeutung und Problematik von Siedlungsabfällen als Meliorations- und Düngemittel

In Originalarbeiten soll berichtet werden über:

1. Einfluss verschiedener Siedlungsabfälle auf physikalische Eigenschaften des Bodens. Eignung als Bodenverbesserungsmittel. Rekultivierung von Deponien.
2. Über die Nährstoffwirkung der in Siedlungsabfällen befindlichen Pflanzennährstoffe und deren Dynamik im Boden. Mögliche Gefährdung von Gewässern bei landw. Verwertung und Deponien.
3. Über die Wirkung toxischer Substanzen anorganischer (B, Schwermetalle) und organischer Natur (Melabolite) in Siedlungsabfällen und ihre Dynamik im Boden.

Kurz-Referate (15 Min.), die dieser Themenfolge entsprechen, sollen bis zum 1.5.1978 bei dem zuständigen Vorsitzenden der Kommission angemeldet werden. Nur die angemeldeten Teilnehmer bzw. Referenten erhalten danach das endgültige Tagungsprogramm zugesandt.

Kommission IV (Bodenfruchtbarkeit) Themen zu 2 u. 3
Prof. Dr. K. Mengel, Inst. f. Pflanzenernährung, Braugasse 7, 6300 Giessen
Kommission VI (Bodentechnologie) Themen zu 1 u. 2
Prof. Dr. H. Kuntze, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Ausseninstitut, Friedrich-Missler-Str.46/48, 2800 Bremen.

An den
Vorsitzenden der Kommission IV / VI
.....
.....

Ich bin an der gemeinsamen Sitzung Kommission IV / VI am 2./3.10.1978 in Giessen interessiert.
Dazu melde ich zum Thema 1 2 3 folgendes Kurzreferat an:
.....
.....
.....

Absender: .....
.....
.....

3.2 SITZUNG DER KOMMISSION V

Am 9. und 10.März 1978 veranstaltet die Kommission Bodenphysik der DBG in Verbindung mit dem Arbeitskreis Versickerung des DVWW in Hannover eine Sitzung zum Thema:

"Lokaler und regionaler Bodenwasserhaushalt"

Innerhalb dieser Sitzung sollen folgende Schwerpunkte im Vordergrund stehen:

1. Ermittlung der Wasserhaushaltskomponenten (Meteorologische, bodenphysikalische und hydrologische Verfahren, Modelle)
2. Interpretation und Vergleich lokaler und regionaler Daten
3. Anthropogene Einflüsse auf Wasserhaushaltskomponenten (z.B. Beregnung, Grundwasserstands- und Nutzungsänderungen)

Wir bitten die Interessenten, bis zum 15.1.78 auf dem nachfolgenden Vordruck Nachricht zu geben, ob sie an der Tagung teilnehmen.

Referate zu dem aufgeführten Thema bitten wir ebenfalls bis zum 15.1.78 anzumelden. Wir bitten um Verständnis, wenn wir bei einer zu großen Zahl angemeldeter Referate eine Auswahl aufgrund der Übereinstimmung mit der Themenstellung vornehmen.

Als Zeitspanne für ein Referat sind mindestens 20 Minuten vorgesehen.

Für Kommission I DBG	Für AK Versickerung DVWW
gez. M.Renger	gez. P.Benecke

Herrn Dr.M.Renger
Nds.Landesamt für Bodenforschung
Postfach 510153

3000 Hannover 51

Betr.: Sitzung der Kommission I der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Hannover am 9. und 10.März 1978

Ich beabsichtige, an der Tagung teilzunehmen: ja / nein

Ich beabsichtige, ein Referat mit folgendem Thema zu halten (Kurzfassung ist beigefügt):

Name und Anschrift:

(Angaben bitte in Blockschrift oder Maschinenschrift)

4. PERSONALIA

1. Prof. Dr. Dr. E. MÜCKENHAUSEN , Altpräsident und Ehrenmitglied der DBG, wurde zum Dr. rer. nat. h.c. im Fachbereich Geowissenschaften der Universität Mainz promoviert. Weiterhin wurde er zum Ehrenmitglied der Bodenkundlichen Gesellschaft der UdSSR ernannt.
2. Prof. Dr. W. MÜLLER ist als Nachfolger von Prof. Dr. MAAS zum Vorsitzenden der Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde der GLÄ und der BGR gewählt worden.
3. Dr. LÜKEN wurde durch den Senat der Bundesforschungsanstalten des BELF zum Mitglied der Arbeitsgruppe Tropische und Subtropische Agrarforschung ernannt.
4. Prof. BRÜMMER erhielt einen Ruf auf die H 4-Stelle Bodenkunde und Bodenerhaltung in Giessen.
5. Prof. KUNTZE wurde ein Lehrauftrag für Bodenkunde an der Universität Bremen angeboten.
6. Prof. FLAIG scheidet zum Jahresende als Leiter des Instituts für Biochemie des Bodens der FAL Braunschweig-Völkenrode aus. Die Stelle wurde zur Neubesetzung ausgeschrieben.
7. Prof. SCHROEDER ist vom Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten für 4 Jahre zum Mitglied des Kuratoriums für die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode bestellt worden.

Stellenausschreibung

Bodenkundler, promoviert, möglichst Dipl. Agrar-Ing. als Assistent am Lehrstuhl für Bodenkunde der T.U. München Freising-Weihenstephan für Mitarbeit in Lehre (bes. Praktika) und Forschung zum 1.4.1978 gesucht.

Bewerbungen an: Prof. Dr. U. Schwertmann
Lehrstuhl für Bodenkunde
TU München
8050 Freising-Weihenstephan
Tel.: 08161-71677