

**MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

Heft 38

Wien 1989

**MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

Heft 38

Wien 1989

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:
Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft
Gregor-Mendel-Straße 33, A-1180 Wien

Schriftleitung und für den Inhalt verantwortlich:
Dr. M. Eisenhaut und Dr. O. Nestroy

Druck: RM – Druck- & Verlagsgesellschaft m.b.H., Graz

Gefördert durch das Bundesministerium
für Wissenschaft und Forschung in Wien

ISSN 0029-893 X

INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|---|-------|
| W.E.H. BLUM: Spezifische Probleme des Bodenschutzes in Gebirgsregionen Zentraleuropas | 5 |
| P. STEFANOVITS: Die Karte der Bodentonmineralien und ihre Verwendung in der Landwirtschaft Ungarns | 41 |
| R. HORN: Ursachen und Auswirkungen von Strukturschäden unter besonderer Berücksichtigung methodischer Aspekte | 65 |
| K.H. HARTGE: Aktueller Forschungsstand der Bodenphysik unter besonderer Berücksichtigung des Bodengefüges | 79 |
| Kurzfassung der Vorträge | |
| A. TOTH: Die gegenwärtige Situation und Möglichkeiten der Moornutzung in Ungarn | 95 |
| A. STECHAUNER: Luftbild und Orthophoto als Grundlage für Planung und Bewertung im Agrarverfahren | 105 |
| Walter-Kubiena-Preis | 109 |
| Publikationen der Gesellschaft | 110 |

SPEZIFISCHE PROBLEME DES BODENSCHUTZES IN GEBIRGSREGIONEN
ZENTRALEUROPAS*

von W.E.H. BLUM

ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von der Definition des Bodens und seinen wesentlichen mechanischen, physiko-chemischen und biologischen Eigenschaften, unter besonderer Berücksichtigung der Bedingungen im Gebirge, werden die fünf wesentlichen Bodenfunktionen beschrieben und die Probleme des Bodenschutzes als Folge unkontrollierter Nutzung bzw. Übernutzung dieser Funktionen diskutiert. Dabei werden diffuse Belastungen aus der Luft sowie gezielte und lokale Belastungen aus der Infrastrukturentwicklung, einschließlich der Entwicklung von Freizeit-, Sport- und Erholungseinrichtungen, aus der Landwirtschaft und aus weiteren Quellen aufgezeigt und die Probleme einer Kausal- und Wirkungsanalyse unterzogen. Abschließend werden dringende Maßnahmen des Bodenschutzes erläutert.

SUMMARY

Specific problems of soil conservation in alpine regions of Central Europe

*) Vortrag, gehalten anlässlich des Bodenschutzkongresses der ARGE ALP und ARGE ALPEN-ADRIA am 13./14. Oktober 1987 in München/BRD.

Based on the definition of soils and their mechanical, physico-chemical and biological characteristics with special reference to alpine conditions, the five most important soil functions were described and the soil conservation problems discussed as a result of uncontrolled use or even misuse of these soil functions. Adverse effects, caused by diffuse airborne immissions as well as by locally controlled development of roads, housings, recreation and sporting areas, agricultural landuse and others were discussed, analyzing the causes and impacts of these effects and defining urgent needs for soil conservation measures.

Bei der Diskussion spezifischer Bodenschutzprobleme in Gebirgsregionen Zentraleuropas erscheint es zunächst notwendig, das zu schützende Objekt, den Boden, sowie dessen Funktionen zu definieren.

Auf dieser Basis ist es möglich, einzelne Probleme des Bodenschutzes als Folge unkontrollierter Nutzung bzw. Übernutzung einzelner Funktionen im Sinne einer Zustandsanalyse darzustellen, um anschließend die Frage zu behandeln, welche Maßnahmen des Bodenschutzes zu treffen sind.

1. DEFINITION BODEN

1.1 Boden als 3-dimensionaler Ausschnitt aus der Erdoberfläche

Böden sind 3-dimensionale Teilausschnitte aus Landschaften bzw. Landökosystemen (vgl. Abb.1). Aus dieser zunächst allgemeinen Bodendefinition wird deutlich, daß der Bodenschutz ein Teilproblem des Umweltschutzes darstellt. Aus der Abbildung wird ebenfalls deutlich, daß Böden in Horizonte gegliedert sind.

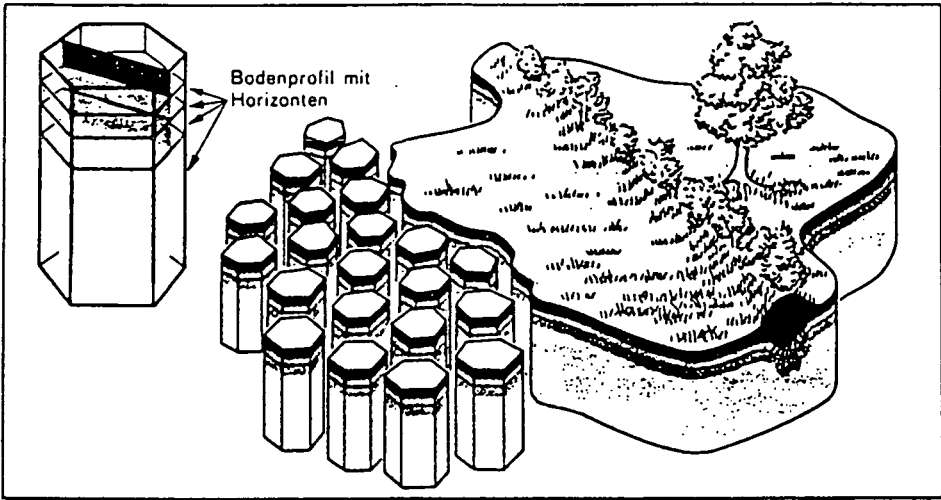


ABB. 1: BODEN ALS 3-DIMENSIONALER AUSSCHNITT AUS DER OBERSTEN ERDKRUSTE (PEDOSPHERE) N. SCHROEDER, 1984

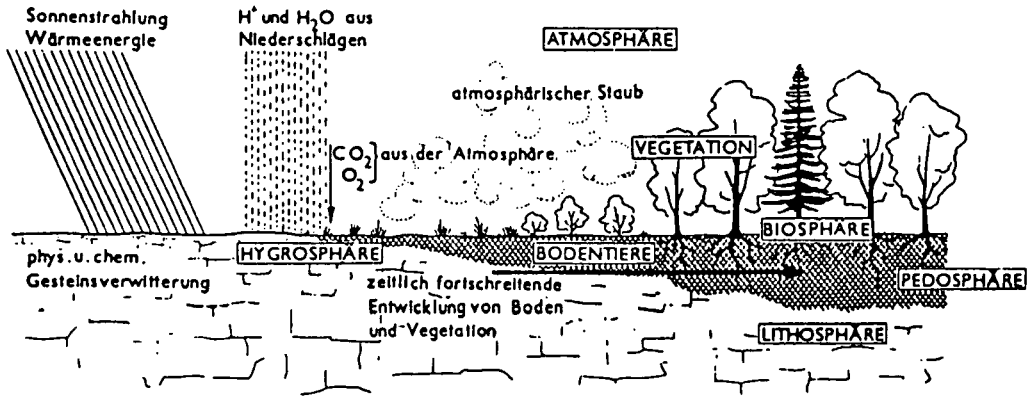


ABB. 2: BODENBILDUNG ALS KONTINUIERLICHER PROZESS DER UMWANDLUNG MINERALISCHER UND ORGANISCHER PRIMÄRSUBSTANZEN ZU NEUEN, SEKUNDÄREN BODENBESTANDTEILEN, UNTER ZUFUHR VON ENERGIE UND STOFFEN AUS DER ATMOSPHERE, N. GANSSSEN, 1965

1.2 Entstehung des Bodens

Aus Abb.2 wird die Bodenbildung als kontinuierlicher Prozeß der Umwandlung mineralischer und organischer Primärsbstanz zu neuen, sekundären Bodenbestandteilen, unter Zufuhr von Energie und Stoffen aus der Atmosphäre, ersichtlich (GANSSEN 1965). Hierbei werden durch physikalische und chemische Gesteinsverwitterung neue Minerale (Tonminerale und Oxide) gebildet und durch die beginnende Pflanzensukzession von oben her organische Substanz geliefert, die, nach Ab- und Umbauvorgängen durch Bodenorganismen, mit den durch Gesteinsverwitterung entstandenen neuen Mineralen vermischt wird. Die genannten bodenbildenden Prozesse sind eine Funktion der Zeit.

Die Bodenentstehung und -entwicklung in den Gebirgsregionen Zentraleuropas ist wesentlich von der Wirkung der Eis- und Zwischeneiszeiten des Quartär beeinflußt worden. Dort, wo durch Eisbedeckung oder Wirkung von Frost, Wasser und Wind die zwischeneiszeitlichen und älteren Bodenbildungen erodiert wurden, sind die Böden, mit sehr wenigen Ausnahmen (Reliktböden), jünger als 10.000 - 14.000 Jahre. Da diese Zeit der Bodenentwicklung sehr kurz war, besitzen die Böden noch wesentliche Merkmale der jeweiligen Ausgangsgesteine, weniger jedoch die der ursprünglichen Vegetationsform.

1.3 Bodeneigenschaften

Bei Betrachtung eines Landschaftsausschnittes, z.B. einer Gebirgsregion, fällt auf, daß je nach Art des Gesteins, des Reliefs, der Höhenlage, Hangneigung und Himmelsrichtung, des Wasserhaushalts der Landschaft, der Vegetationsform bzw. der Bodennutzung durch den Menschen u.a. Parameter unterschiedliche Böden vorhanden sind, teilweise auf kleinstem Raum. -In den Talauen kommen mächtige Böden vor, die teilweise grundwasserbeeinflußt sind und im wesentlichen durch Akkumulation innerhalb des Landschaftsraumes entstanden sind. An den tief gelegenen Bergflanken sind noch Böden mit einem gut entwickelten Oberboden und einem deutlich ausgebildeten Unterboden über Gesteins-

zersatz ausgebildet, die in größerer Höhenlage nicht mehr vorhanden sind. Dort kommen in der Regel nur noch Böden mit gering entwickeltem Oberboden über Gesteinszersatz vor. In hohen Regionen, insbesondere in Gipfelregionen der Gebirge, sind keine typischen Böden mehr ausgebildet, sondern Rohböden vorherrschend, deren Entwicklung über einem extrem geringen Oberbodenhorizont nicht hinausreicht, da sie infolge der Reliefenergie einem kontinuierliche Abtrag ausgesetzt sind.

Dieses einfache Beispiel zeigt, daß man nicht generalisierend von dem Boden sprechen kann, sondern nach jeweiligen Bodentypen oder Bodengesellschaften im jeweiligen Landschaftsraum differenzieren muß. Der auffallendste Unterschied zwischen den genannten Bodentypen bzw. -gesellschaften war die Mächtigkeit, d.h. die Tiefe der jeweiligen Horizonte über dem Gestein.

Daneben bestehen jedoch wesentliche Gemeinsamkeiten, die den Boden als reaktionsfähigen Körper kennzeichnen. Ein sehr wichtiges gemeinsames Merkmal ist das Vorhandensein reaktionsfähiger Stoffgruppen, z.B. von sekundären Mineralen (Tonmineralen, Oxiden) und von organischen Stoffen. Diese Stoffgruppen besitzen sehr große Oberflächen, die zudem elektropositiv oder -negativ geladen sind und daher Kationen und Anionen binden bzw. austauschen können. -In Tab.1 sind einige wichtige Eigenschaften dieser Austauscher dargestellt. Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, daß z.B. ein Tonmineral bis zu $800 \text{ m}^2/\text{g}$ Oberfläche (innere und äußere) besitzt und entsprechend seiner Ladung große Mengen Kationen (z.B. in $\text{mval}/100 \text{ g}$ Tonmineral) austauschen bzw. binden kann. Im Durchschnitt besitzen Tonminerale Oberflächen von $100 - 200 \text{ m}^2/\text{g}$. -Die Huminstoffe, die durch reaktive chemische Gruppen (Carboxyl-Gruppen, phenolische OH-Gruppen u.a.) gekennzeichnet sind, besitzen ebenfalls diese Austauscheigenschaften in höherem Maße, da sie sogar Oberflächen bis zu $1.000 \text{ m}^2/\text{g}$ aufweisen. (vgl. Tab.1).

Zusammenfassend kann bezüglich der anorganischen und organischen Bodenbestandteile festgehalten werden, daß deren zahlrei-

TAB.1: EIGENSCHAFTEN WICHTIGER BODENAUSTAUSCHER (N.SCHEFFER/
SCHACHTSCHABEL, 1982)

| <u>ART DES AUS- TAUSCHERS:</u> | <u>SPEZIFISCHE OBERFLÄCHE:</u> (M ² /G) | <u>AUSTAUSCHKAPA- ZITÄT:</u> (MVAL/100G) |
|------------------------------------|---|---|
| <u>TONMINERALE:</u> | | |
| KAOLINITE | 1 - 40 | 3 - 15 |
| ILLITE | 50 - 200 | 20 - 50 |
| VERMICULITE | 600 - 700 | 150 - 200 |
| SMECTITE | 600 - 800 | 70 - 130 |
| <u>ORGN. SUBSTANZ:</u> | | |
| HUMINSTOFFE | 800 - 1.000 | 180 - 300 |

chen physikalischen, physiko-chemischen und biochemischen Reaktionsmöglichkeiten auf den großen Oberflächen sowie den elektro-negativen und -positiven Ladungen beruhen. Nimmt man an, daß der 3-dimensionale Ausschnitt eines Ackerbodens von 1 ha und 20 cm Tiefe 3.000 t Bodenmaterial aufweist, und nimmt man weiter an, daß 20 Gew.-% davon Tonminerale (= 600 t) und 3 Gew.-% Huminstoffe (= 90 t) sind, so ist bei einer mittleren Oberfläche von 200 m²/g bei den Tonmineralen und 1.000 m²/g bei Huminstoffen leicht zu rechnen, daß allein aufgrund dieser Bodenbestandteile der genannte Bodenkörper die Oberfläche eines mittelgroßen europäischen Staates besitzt (= 210.000 km²). Eine beispielhafte Berechnung für die Gesamtfläche Bayerns mit 70.551 km² ergibt, daß diese in einem Bodenkörper von 0,34 ha und 20 cm Tiefe als innere Oberfläche enthalten ist (vgl. Tab.2).

Neben diesen anorganischen und organischen toten Festsubstanzen mit den geschilderten Eigenschaften ist die lebende Masse, die Biomasse im Boden für die verschiedensten Funktionen von außerordentlicher Bedeutung. Die wichtigsten Vertreter der Biomasse sind die Bodenflora, hier vor allem die Bakterien, die Pilze sowie die Actinomyceten, letztere als Zwischenform zwischen Bakterien und Pilzen (vgl. Abb.3). Bezogen auf 1 ha und ca. 30 cm Tiefe kommen in einem gut belebten Boden ca. 10 t Bakterien einschließlich Actinomyceten und 10 t Pilze, also insgesamt ca. 20 t Biomasse vor. -Die wichtigsten Vertreter der Bodenfauna sind in Abb.4 dargestellt. Auf das o.g. Bodenvolumen kommen ca. 3 - 4 t Regenwürmer und 1 - 2 t weitere Organismen wie Milben, Springschwänze, Käfer - und Insektenlarven, Asseln u.a., so daß insgesamt mit ca. 25 t lebenden Organismen pro ha und 30 cm Tiefe in normal bis gut belebten Böden gerechnet werden kann. Vergleicht man hiermit den maximal möglichen Tierbesatz einer gutwüchsigen Weide, so ist festzustellen, daß im Boden selbst mindestens 10-mal mehr Organismen leben können als auf dem Böden.

TAB.2: BERECHNUNG DER INNEREN OBERFLÄCHE EINES BODENKÖRPERS

BODENKÖRPER (AUSSCHNITT) = 1 HA x 20 CM TIEFE BEI LAGERUNGSDICHTE 1,5
= 3.000 T BODENMATERIAL

ANNAHMEN: BODENKÖRPER ENTHÄLT

- 20 % TONMINERALE (200 M²/G OBERFLÄCHE)
 - = 600 T TONMINERALE
 - = 600 Mio x 200 = 120 Mia M² = 120.000 km²
- 3 % HUMINSTOFFE (HUMUS) (1.000 M²/G OBERFLÄCHE)
 - = 90 T HUMUS
 - = 90 Mio x 1.000 = 90 Mia M² = 90.000 km²

OBERFLÄCHE INSGESAMT 210.000 km²

BEISPIEL:

GESAMTFLÄCHE BAYERNS = 70.551 km²
ENTHALTEN IN EINEM BODENKÖRPER VON
0,34 HA (~55 x 60 M) UND 20 CM
TIEFE

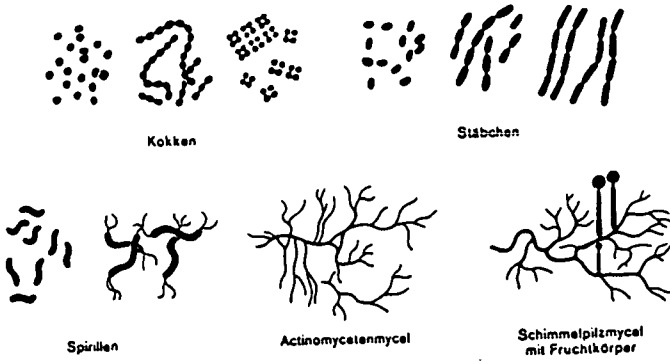


ABB.3: DIE WICHTIGSTEN VERTRETER DER BODENFLORA (NICHT MAßSTABGERECHT) N. SCHROEDER, 1984

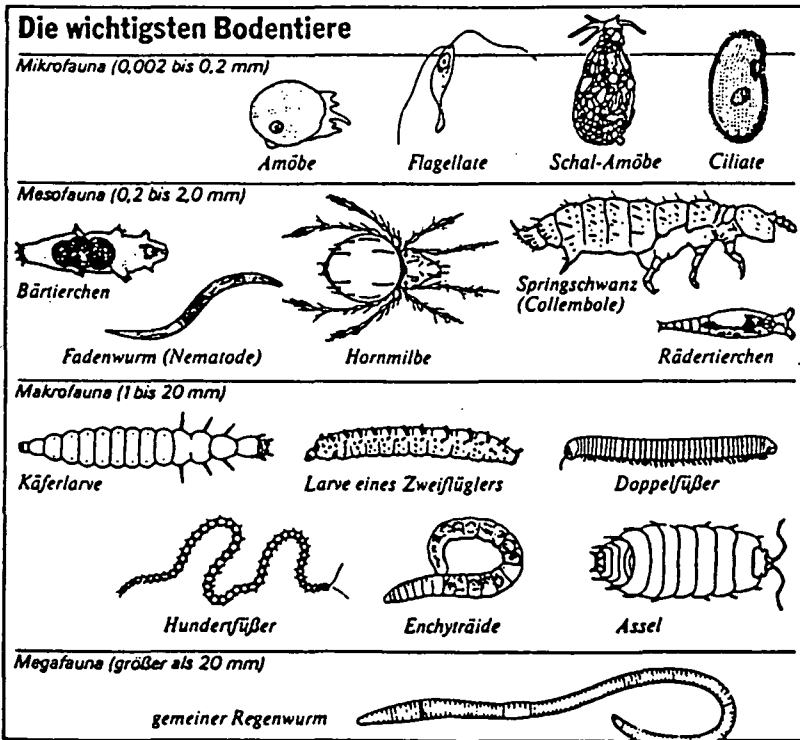


ABB.4: DIE WICHTIGSTEN BODENTIERE N. OTTOW, 1985

Die beschriebenen mineralischen und organischen Bestandteile des Bodens sind durch ihre natürliche Lagerung so angeordnet, daß Hohlräume entstehen. Diese bilden das Porensystem, das durch verschiedene Prozesse im Boden, wie Quellung und Schrumpfung, Tier- und Pflanzentätigkeit (z.B. durch Wurzeln) sowie durch die Bodenbearbeitung durch den Menschen kontinuierlichen Veränderungen unterworfen ist. Die Poren sind Lebensraum für die Bodenorganismen und bestimmen den Wasser- und Luft- (Gas-) haushalt des Bodens. Sie werden nach ihrem Durchmesser in unterschiedliche Klassen eingeteilt und sind für den Luft- sowie den Wasserhaushalt des Bodens verantwortlich. Das Porensystem ist somit der Bodenraum, indem die gesamten dynamischen Prozesse zwischen Gas-, Flüssigkeits- und Festphase ablaufen, d.h. zwischen Poreninhalt und Porenwänden.

1.4 Spezifische Bodenbedingungen im Gebirge

Wie bereits aus der beispielhaften Darstellung der Bodenverteilung im Gebirge ersichtlich wurde, sind Bodengesellschaften und Böden und damit auch deren Eigenschaften in einem Landschaftsraum außerordentlich unterschiedlich verteilt. Diese Verteilung wird im Gebirge durch spezifische Kräfte beeinflusst, die im Flachland nicht wirksam werden. Es sind dies die endogene Schwerkraftwirkung am Hang, die zusammen mit den exogenen Klimakräften wie Niederschlag, Temperatur und Wind, die im Gebirge in Abhängigkeit von der Höhenlage außerordentlich stark wirksam werden, z.B. dafür verantwortlich, daß in großen Höhen keine Böden mehr vorhanden sind. -Aus der Wirkung dieser Kräfte kann generell gefolgert werden, daß mit zunehmender Höhenlage die Bodensysteme labiler werden, bis sie zu existieren aufhören. Dies gilt auch im wesentlichen für eine Vielzahl terrestrischer Ökosysteme, die in Abhängigkeit von der Höhenlage stark variieren und die in großen Höhen in Fels- oder Schutthalden bzw. schneebedeckte Firnfelder und Gletscher übergehen.

Wenn aber terrestrische Ökosysteme und Böden mit zunehmender Höhenlage schwächer entwickelt sind und entsprechend labiler

werden, sind auch Eingriffe des Menschen in diese Systeme mit zunehmender Höhenlage problematischer, da sie die bereits vorhandenen endogenen Schwerkraftwirkungen am Hang sowie die exogenen Klimakräfte wie Niederschlag, Temperatur und Wind verstärken und damit die Böden bzw. die Ökosysteme gefährden können.

Aus diesen Gründen kann von spezifischen Bedingungen für Böden im Gebirgsraum gesprochen werden.

1.5 Bodendefinition

Böden können nunmehr als von der Erdoberfläche bis zum Festgestein reichende, in Horizonte gegliederte, reaktionsfähige und belebte Lockerdecken (Ausschnitte aus der obersten Erdkruste = Pedosphäre) definiert werden. Sie sind durch Umwandlung mineralischer und organischer Ausgangsstoffe unter Zufuhr von Materie und Energien aus der Atmosphäre neu entstanden und die genannten Umwandlungs- und Bodenbildungsprozesse gehen in ihnen kontinuierlich weiter (dynamisches System aus den 3 Phasen fest, flüssig und gasförmig). -Unter Gesichtspunkten der Ökologie und des Umweltschutzes werden auch tiefreichende Lockerseimente und hohlraumreiche Gesteinsdecken, einschließlich in diesen vorkommende Grundwasserkörper, zum Boden gezählt.

Nach dieser allgemeinen, abschließenden Bodendefinition soll im folgenden versucht werden, die 5 wesentlichen Funktionen von Böden zu definieren.

2. BODENFUNKTIONEN

Unter der Fragestellung der Beziehung des Bodens zur Umwelt und auf der Basis einer umfassenden Analyse der aktuellen Umweltsituation, können den Böden 5 unterschiedliche Funktionen zugeordnet werden, wovon 3 ökologische auf den genannten Bodeneigenschaften aufbauen und 2 technisch-industrielle Funktionen im wesentlichen auf anderen Parametern basieren (vgl. BLUM, 1987).

Ökologisch besitzen die Böden folgende 3 Funktionen:

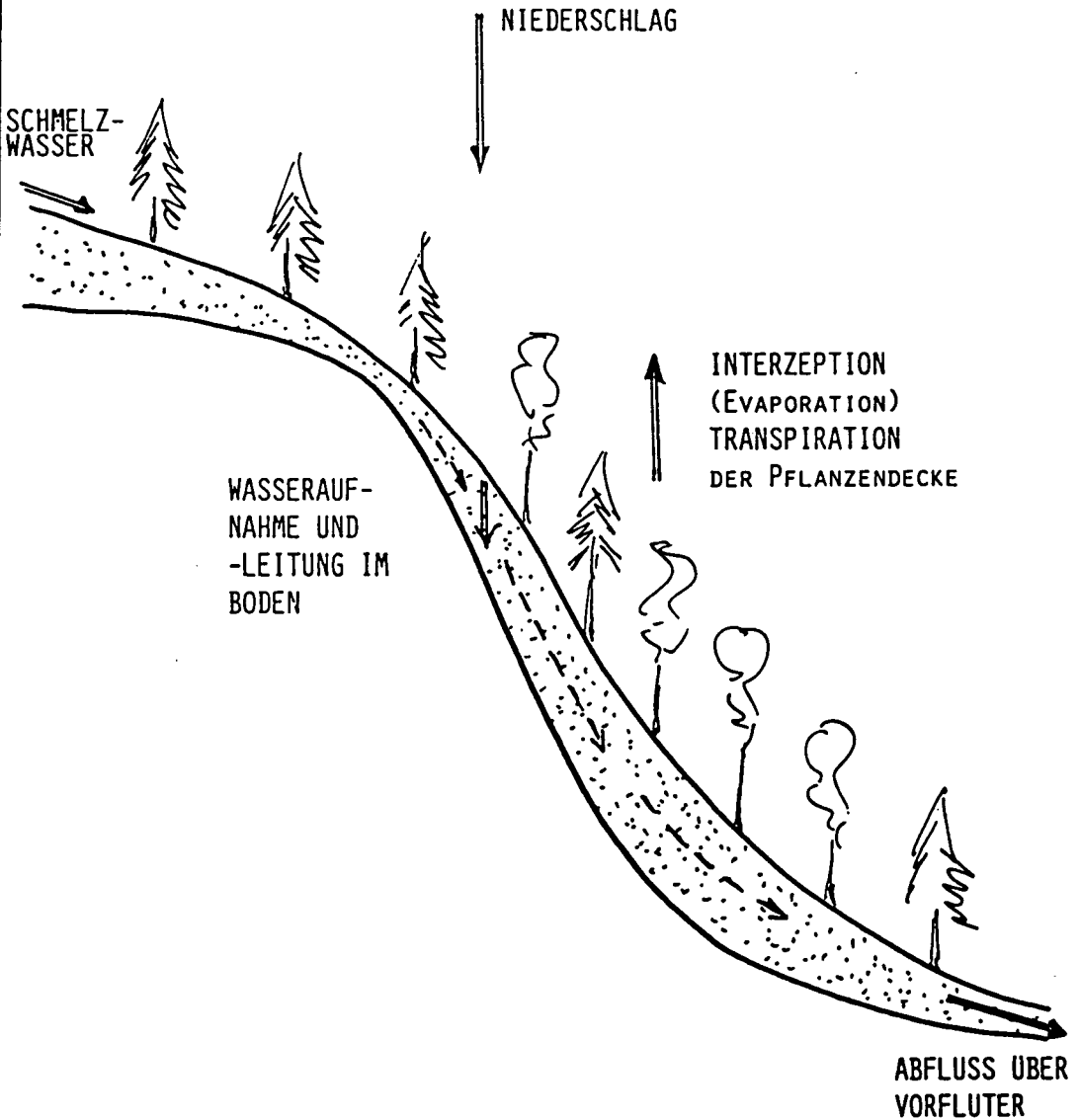
- Die Produktionsfunktion, d.h. Boden als Grundlage der land- und forstwirtschaftlichen Biomassenproduktion (Nahrungs- und Futtermittel sowie nachwachsende Rohstoffe). Der Boden wird hierbei als Nährsubstrat betrachtet, der den Durchwurzelungsraum im Sinne physikalischer Verankerung sowie Luft, Wasser und Nährstoffe für das Pflanzenwachstum bereitstellt.

Überträgt man diese Funktion auf die spezifische Gebirgssituation, so ist festzustellen, daß wesentliche Produktionsfunktionen nur in tiefen und mittleren Höhenlagen möglich sind, während die oberen und höchsten Lagen im wesentlichen keine Bedeutung mehr für eine ökonomische Produktion besitzen, jedoch in zunehmendem Maße eine Schutzfunktion im Sinne der Erhaltung und des Schutzes menschlicher Lebensbedingungen.

- Die Puffer-, Filter- und Transformationsfunktion, bei der der Boden als Filter, Puffer und Transformator zwischen Atmosphäre und Grundwasser einerseits bzw. zwischen Atmosphäre, Grundwasser und Pflanzendecke andererseits betrachtet wird. Eine bedeutende physikalische Pufferfunktion liegt in der Fähigkeit des Bodens, Niederschlagswasser zu speichern und mit Zeitverzögerung, unter definierten und geregelten Bedingungen, an das Grundwasser oder aber über die Pflanze und andere Oberflächen an die Atmosphäre abzugeben. Diese Eigenschaft ist besonders im Gebirge von größter Bedeutung, da hierdurch der Wasserhaushalt reguliert und die Landschaft vor Zerstörung geschützt wird (vgl. Abb.5). Aus dieser Abb. wird deutlich, daß das aus Niederschlag oder Schmelzwasser in den Boden gelangende Wasser von diesem aufgenommen und über die im Boden vorhandenen Porenräume im Bodenkörper hangabwärts geleitet und an die Vorfluter weitergegeben wird. Daneben reguliert die auf dem Boden vorkommende Pflanzendecke über Interzeption und Transpiration zusätzlich den Wasserhaushalt. Neben dieser physikalischen Pufferfunktion durch Wasserspeicherung und -leitung besitzt der Boden im chemischen, physi-

Abb. 5:

PHYSIK. PUFFERFUNKTION DES BODENS IM GEBIRGE DURCH WASSERSPEICHERUNG
UND WASSERLEITUNG UNTER NATURNAHEN BEDINGUNGEN



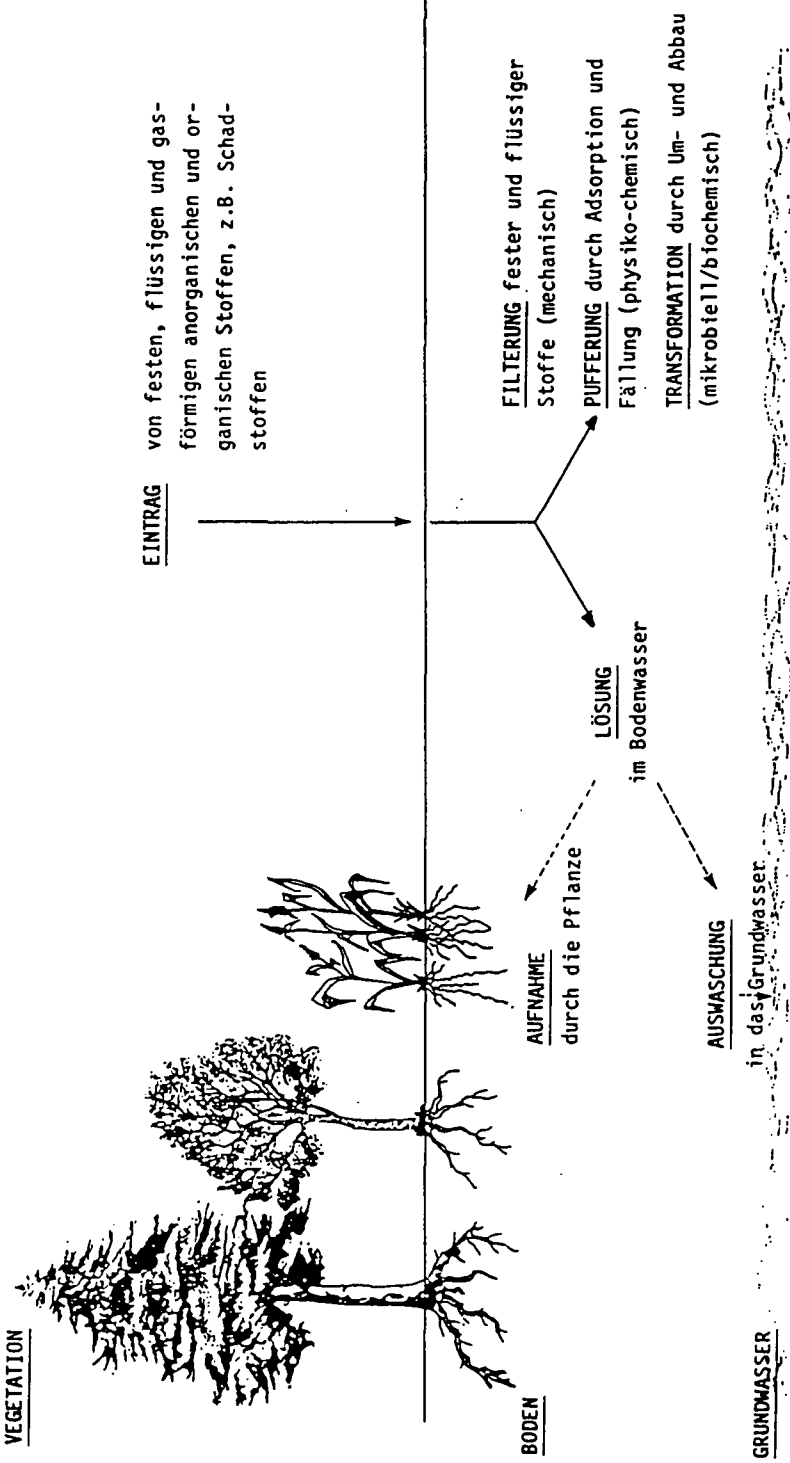
ko-chemischen und biochemischen Sinne weitere Filter-, Puffer- und Transformationsfunktionen, die aus Abb.6 hervorgehen. Daraus wird ersichtlich, daß der Boden in der Lage ist, anorganische und organische Schadstoffe im Boden mechanisch, physiko-chemisch oder biochemisch festzuhalten bzw. ab- und umzubauen und somit daran zu hindern, in die Bodenlösung, d.h. in die wäßrige Phase des Bodens einzudringen und von dort aus die Nahrungskette über die Aufnahme durch Pflanzen oder das Trink- und Grundwasser über Auswaschung zu gefährden. Filter-, Puffer- und Transformationsfunktion sind daher zur Sicherung von Landschaften, zur Reinhaltung des Grund- und Trinkwassers sowie der Nahrung lebenssichernde und lebenserhaltende Bodenfunktionen, die erst in jüngster Zeit in ihrer vollen Dimension begriffen wurden und daher erst teilweise erforscht sind.

- Die Genschutz- und Genreservfunktion des Bodens zur Erhaltung der Artenvielfalt. Es handelt sich bei dieser Funktion um die Erhaltung von Organismen, die im Boden leben. Die Generhaltung ist eine der wichtigsten Aufgaben zur Erhaltung menschlicher Lebensbedingungen, da nicht nur Pflanzen und Tiere auf der Bodenoberfläche, sondern auch im Boden geschützt werden müssen. Es darf in diesem Zusammenhang daran erinnert werden, daß Sir Alexander Fleming das Penicillin aus einem Schimmelpilz (Penicillium), einem Ubiquisten, der auch in Böden vorkommt, entdeckt hat und wir z.B. nicht wissen, ob wir ähnliches Genmaterial morgen oder erst in 50 Jahren für unser weiteres Überleben dringend aus dem Boden benötigen. Die Frage der Isolierung und Verwertung von Genmaterial aus Böden für biotechnologische Zwecke sei hier nur am Rande erwähnt.

Technisch-industriell besitzen Böden 2 weitere wesentliche Funktionen, die jedoch durch andere Parameter definiert sind:

- Die Infrastrukturfunktion, d.h. die Bereitstellung von Flächen bzw. Räumen für Siedlungen, Industrieanlagen, Verkehrs-

ABB. 6: BODEN ALS FILTER-, PUFFER- UND TRANSFORMATIONSSYSTEM



einrichtungen, Freizeit-, Sport- und Erholungsanlagen sowie für die Entsorgung von Siedlungs- und Industrieabfällen u.a.; der hierfür notwendige Flächenbedarf und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Umwelt allgemein, aber insbesondere auf die Böden der Gebirgsregionen, wird noch besonders diskutiert werden.

- Die Rohstofffunktion, d.h. die Bereitstellung von Bodenmaterialien wie Tone, Sande, Kiese, Minerale u.a. für die technisch-industrielle Produktion, sowie von Wasser.

Bei diesen beiden technisch-industriellen Funktionen ist zu beachten, daß sie die ökologischen Funktionen gänzlich oder zumindest zeitweise ausschließen bzw. stark einschränken.

3. PROBLEME DES BODENSCHUTZES ALS FOLGE UNKONTROLLIERTER NUTZUNG BZW. ÜBERNUTZUNG EINZELNER FUNKTIONEN

Die Grundproblematik des Boden- und Umweltschutzes liegt in der Konkurrenzsituation zwischen den verschiedenen Bodenfunktionen, insbesondere dann, wenn einzelne dieser Funktionen auf Kosten der anderen unkontrolliert genutzt bzw. übernutzt werden.

Probleme entstehen dabei durch die Konkurrenz zwischen den ökologischen Funktionen einerseits und den technisch-industriellen andererseits, wie aber auch durch Konkurrenzen innerhalb der beiden genannten Funktionsgruppen. Im folgenden soll versucht werden, beispielhaft einzelne dieser Problemstellungen darzustellen, um hierdurch spezifische Probleme des Bodenschutzes in Gebirgsregionen aufzuzeigen.

3.1 Bodenschutz als Konkurrenzproblem zwischen ökologischen und technisch/industriellen Funktionen

Ökologische Bodenfunktionen sind dann ausgeschaltet oder verunmöglicht, wenn durch technisch-industrielle Nutzung Flächen versiegelt werden und dadurch totale Bodenverluste eintreten (Bau von Siedlungen, Industrieanlagen, Straßen u.a.) oder aber

Bodenzerstörungen hervorgerufen werden, die durch intensive Bodennutzung, z.B. in Form von Aufstiegshilfen im Gebirge, Skipisten und ähnliches bedingt sind. Darüber hinaus werden für die technisch-industrielle Nutzung nicht nur Flächen benötigt, sondern auch weitere Belastungen hervorgerufen, die durch Abfälle und Immissionen aus den so in Anspruch genommenen, technisch/industriell genutzten Flächen auf die umliegenden, ökologisch genutzten Böden erfolgen. Diese Problemstellung wird anhand von 3 unterschiedlichen Beispielskomplexen im folgenden erläutert.

3.1.1 Flächenbedarf und totale Bodenverluste

Anhand von Flächenstatistiken kann nachgewiesen werden, daß in der Bundesrepublik Deutschland täglich ca. 120 ha, in Österreich täglich ca. 35 ha und in der Schweiz täglich ca. 10 ha natürlicher Boden durch die Anlage von Siedlungen, Industrie, Verkehrsflächen u.a. verloren gehen. Für die Länder der ARGE-ALP und ARGE-ALPEN-ADRIA wurden z.B. für Bayern tägliche Bodenverluste von ca. 35 ha, für das Bundesland Steiermark in Österreich täglich ca. 6 ha Bodenverluste errechnet. -Derartige Zahlenbeispiele sind jedoch in ihrer globalen Aussage für die Bewertung von Bodenverlusten nicht sehr aussagekräftig, da es wesentlich darauf ankommt unter welchen Bedingungen, vor allem in welchen Räumen, diese Bodenverluste auftreten.

Zur Verdeutlichung dieser Problematik wird ein Beispiel aus der Schweiz gezeigt (vgl. Abb.7). In der Schweiz wurden für die landwirtschaftliche Mindestanbaufläche in Falle einer notwendig werdenden Eigenversorgung 450.000 ha Fruchtfolgeflächen errechnet. Wie aus Abb.7 hervorgeht, sind 11% der Schweiz als Ackerland geeignet und im wesentlichen in der Westschweiz konzentriert, wovon bis 1942 insgesamt 6 %, bis 1985 jedoch insgesamt 16 % überbaut wurden und derzeit die Frage besteht, ob die restliche, noch für Ackerland zur Verfügung stehende Fläche ausreicht, um die eingangs postulierten Eigenversorgungsmöglichkeiten zu gewährleisten.

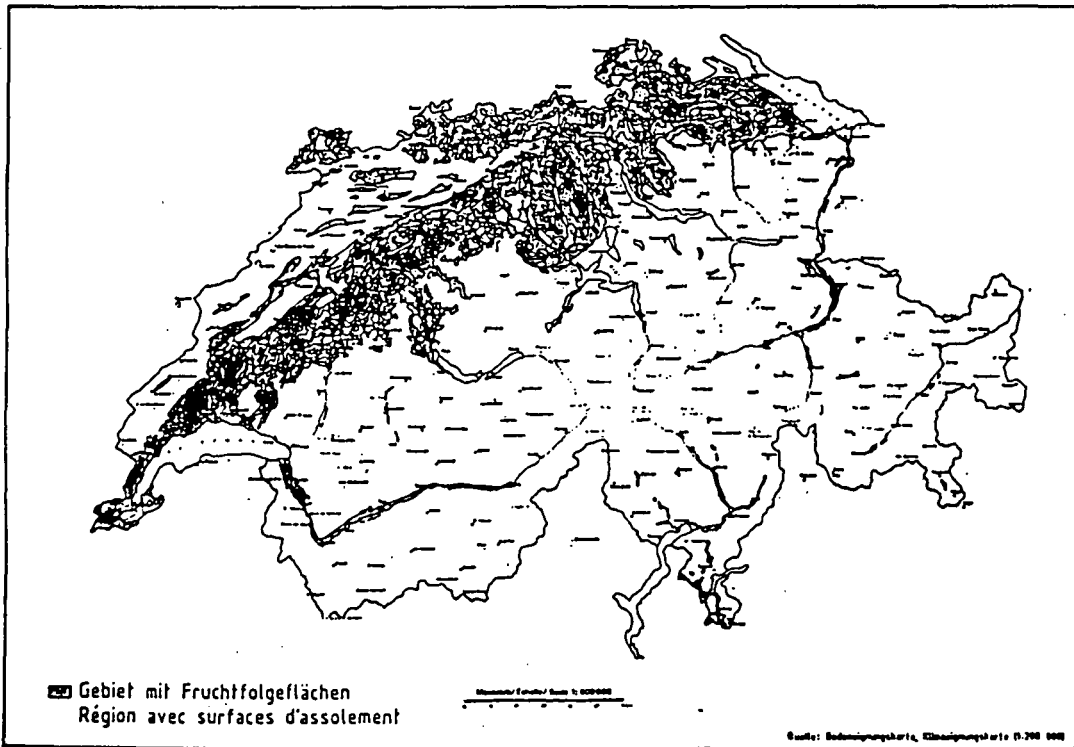
ABB.7:

FLÄCHENVERBRAUCH FÜR SIEDLUNGEN, INDUSTRIE, VERKEHR u.a. AM BEISPIEL DER SCHWEIZ

11 % der Gesamtlandesfläche als Ackerland geeignet (=Fruchtfolgefleichen, im wesentlichen in der Westschweiz)

davon 1942 insgesamt 6 % überbaut

1985 insgesamt 16 % überbaut



Quelle: Bodenkundl. Ges. der Schweiz: Boden - bedrohte Lebensgrundlage - Sauerländerverl. Aarau, Frankfurt, Salzburg 1985

Bezogen auf einzelne Regionen bestehen durch den zunehmenden Tourismus in Bergregionen noch größere Probleme, da durch den inzwischen erfolgten Flächenbedarf für Hotels, Sport- und Freizeiteinrichtungen wie z.B. Tennisplätze, Sportplätze u.a. einschließlich deren Zufahrten sowie für Aufstiegshilfen (Liftstationen, Forststraßen u.a.) inzwischen erhebliche Flächen in Bergregionen überbaut bzw. versiegelt wurden. Man schätzt derzeit den Flächenbedarf für den Tourismus in gut erschlossenen und stark frequentierten Erholungsgebieten auf ca. 300 - 350 m²/Tourist, d.h. ca. 1 ha für 30 Personen. Dieser Flächenverbrauch müßte inzwischen zu denken geben, da hierdurch bereits Landschaftsgefährdungen im ökologischen Sinne zu erwarten sind. -Betrachtet man lediglich ein Teilproblem, z.B. den Forststraßenneubau im Gebirge, so kann z.B. für Österreich errechnet werden, daß von 1972 - 1978 ca. 3.300 km neue Forststraßen und -wege angelegt wurden (vgl. BLUM, 1985). Aus Abb.8 geht schematisch hervor, daß durch Forststraßenbau im Gebirge und dadurch bedingte Eingriffe in den Landschafts-, insbesondere in den Bodenwasserhaushalt, schwerwiegende Veränderungen, insbesondere bezüglich der Wasserspeicherung und Wasserleitung erfolgen. Es kam teilweise zu Destabilisierungen, insbesondere dort, wo ungünstige geologische Bedingungen bestanden.

3.1.2 Flächenbedarf und Bodenzerstörung (teilweiser Bodenverlust)

Ein weiteres Beispiel für teilweise oder starke Bodenstörungen und dadurch bedingte teilweise Bodenverluste bildet der Skipistenbau im Gebirge. Es kommt hierdurch zu Bodenabtrag, Bodenverdichtung und nachfolgend zu erheblicher Erosion (vgl. Abb.9). Aus dieser schematischen Abbildung wird deutlich, daß die nach Anlage von Skipisten noch übriggebliebene, zusätzlich meistens verdichtete, flachgründige Bodendecke im Gegensatz zum früheren Boden nicht mehr ausreicht, um das Niederschlags- und Schmelzwasser aufzunehmen und abzuleiten, sondern daß nunmehr wegen der geringen Speicherfähigkeit sehr bald Oberflächenwasserabfluß auftritt, der zu starken Zerstörungen und zur Destabilisierung führt.

Abb. 8: PHYSIK. PUFFERFUNKTION DES BODENS IM GEBIRGE DURCH WASSER-
SPEICHERUNG U. WASSERLEITUNG -

UNTER GESTÖRTEN BEDINGUNGEN = FORSTSTRASSENBAU

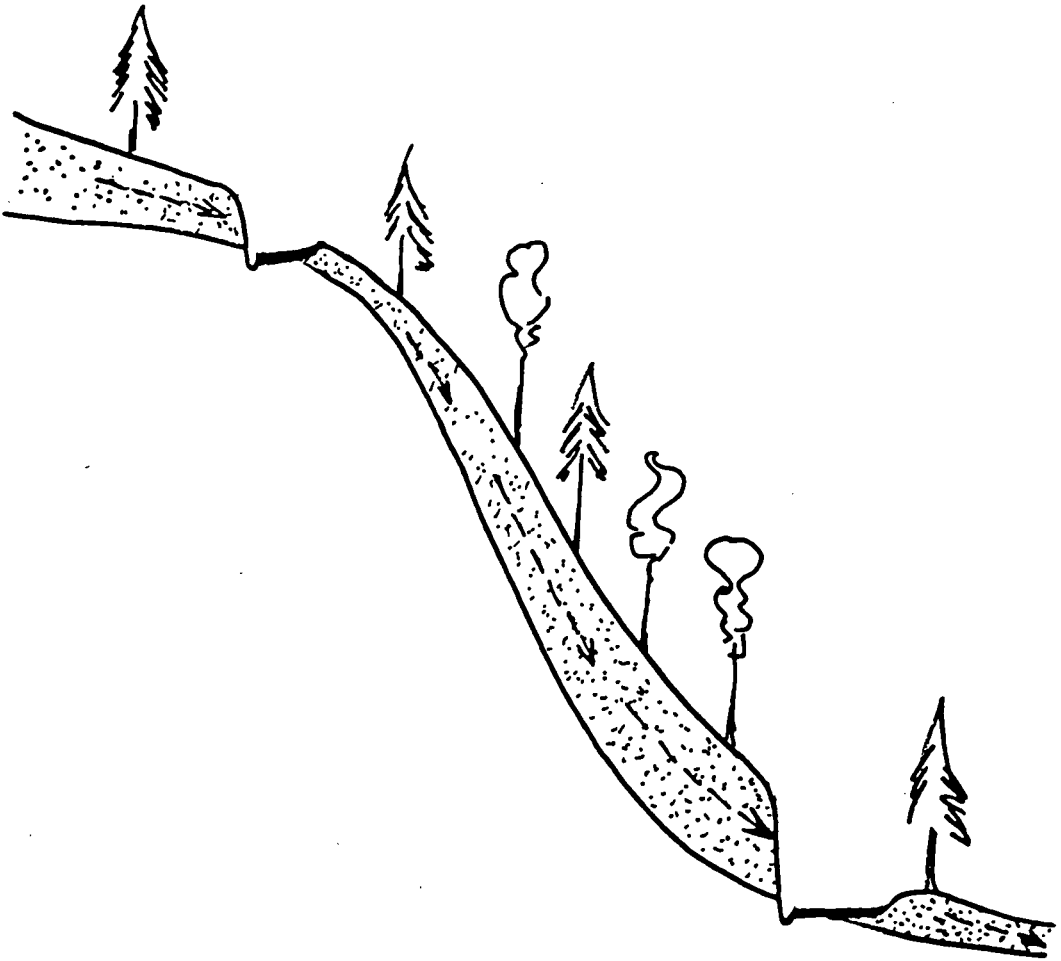
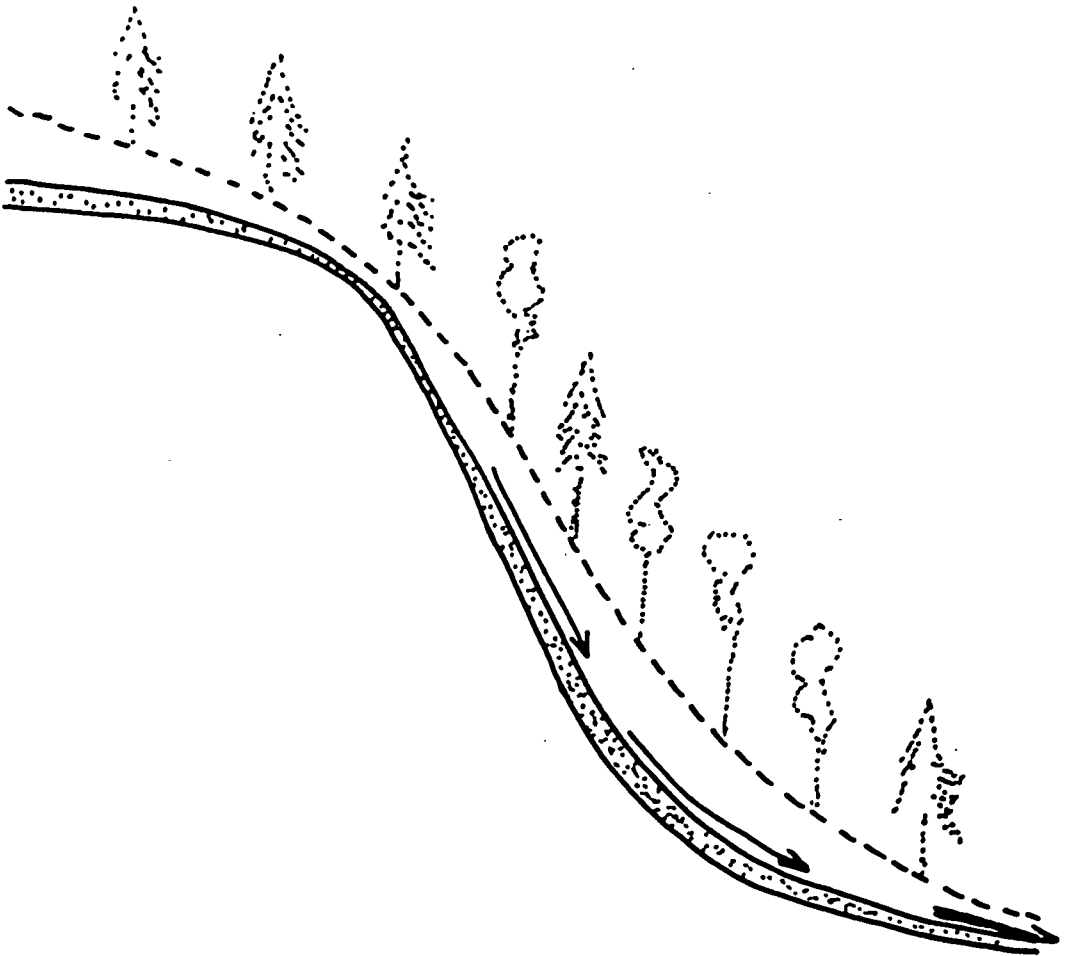


Abb. 9: PHYSIK. PUFFERFUNKTION DES BODENS IM GEBIRGE DURCH WASSER-
SPEICHERUNG U. WASSERLEITUNG-

UNTER GESTÖRTEN BEDINGUNGEN = SKIPISTENBAU



bilisierung einer Landschaft führen kann, vgl. dazu auch vorherige Abbildungen 5 und 7. CERNUSCA (1986) hat zahlreiche weitere Nebenwirkungen des Tourismus auf Gebirgsböden eingehend untersucht und dargestellt, vgl. z.B. Abb.10, aus der Einwirkungen von Betrittverdichtung und Stahlkantenschnitt auf die Bodenmakrofauna von Gebirgsböden ersichtlich sind..

Die Entwicklung auf diesem Gebiet bis 1980 zeigt, daß im österreichischen Gebirgsraum bereits 5.762 km präparierte Skipisten vorhanden waren, in der Schweiz 2.971 km und in Italien 2.459 km.

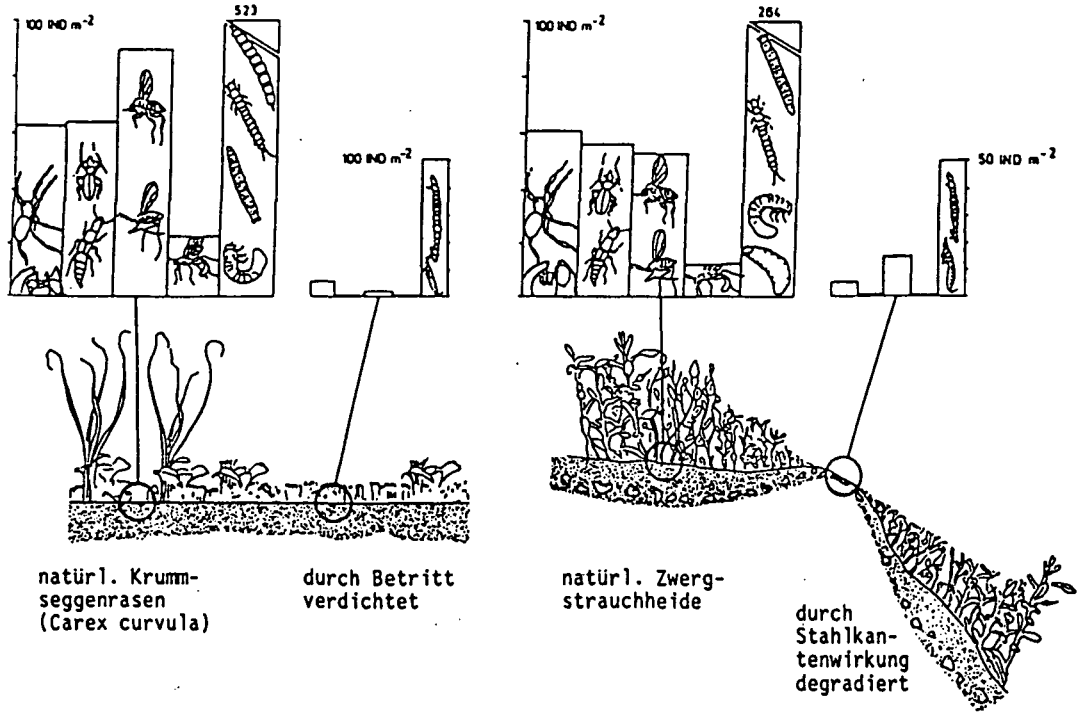
3.1.3 Flächenbedarf für Verkehr, Industrie, Siedlungen, Freizeiteinrichtungen u.a. und daraus resultierenden Nebenbelastungen durch Abfälle und Immissionen

Aus Industrie, Verkehr und Siedlungen resultieren starke Belastungen in Form von Luftimmissionen auf die Böden. Eine sehr schematische Auflistung solcher Schadstoffimmissionen ist aus Tab.3 ersichtlich, in der anorganische, organische und radioaktive Stoffe aufgelistet sind.

Bezüglich der Gebirgsregionen ist jedoch zu fragen, wie diese Belastungen in Abhängigkeit von der Höhenlage verteilt sind, da bereits vorher gezeigt werden konnte, daß die terrestrischen Ökosysteme und Böden mit zunehmender Höhenlage labiler werden. -Aus neuesten Untersuchungsergebnissen in Österreich, vgl. Abb.11, wird ersichtlich, daß mit zunehmender Seehöhe der Protoneneintrag durch Niederschlagswasser zunimmt, was leicht verständlich wird, wenn man dazu die Verteilung der Alkali- und Erdalkalitionen vergleicht, die mit zunehmender Seehöhe abnehmen. Dieses Einzelbeispiel zeigt, daß nicht nur die Art der Immissionen, sondern auch deren Menge und Höhenverteilung in Gebirgsregionen von großer Bedeutung sind.

In den Gebirgsregionen ist die Bodengefährdung durch Luftimmissionen darüber hinaus auch durch die jeweils vorhandene Vegetationsdecke stark beeinflußt. Da Wälder, ganz im Gegensatz zu

ABB.10: AUSWIRKUNGEN VON BETRITTVERDICHTUNG UND STAHLKANTENSCHNITT
AUF DIE BODENMAKROFAUNA VON GEBIRGSBÖDEN



nach A. CERNUSCA, Serie Natur und Umwelt Nr.33, Europarat Straßburg, 1986.

TAB. 3: WICHTIGE IMMISSIONEN (SCHADSTOFFEINTRÄGE AUS DER LUFT)

- ANORGANISCHE STOFFE

BLEI (PB)

CADMIUM (CD)

KUPFER (CU)

NICKEL (NI)

QUECKSILBER (HG)

THALLIUM (TL)

ZINK (ZN)

ARSEN (AS)

SCHWEFELSÄURE/SULFAT

SALPETERSÄURE/NITRAT

FLUßSÄURE/FLUORIDE

STREUSALZ/CHLORID

- ORGANISCHE STOFFE

POLYCHLORIERTER BIPHENYL (PCB)

HEXACHLORBENZOL (HCB)

PENTACHLORPHENOL (PCB)

HEXACHLORCYCLOHEXAN-ISOMERE (HCH)

DIMETHYL-BIPYRIDIUM-DIMETHYLSULFAT

POLYCHLORIERTER DIBENZODIOXIN (PCDD) EINSCHL. TETRACHLOR-DIBENZODIOXIN (TCDD)

POLYCYCLISCHE AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE (PAH)

TRICHLORETHEN (TRI)

PERCHLORETHEN (PER)

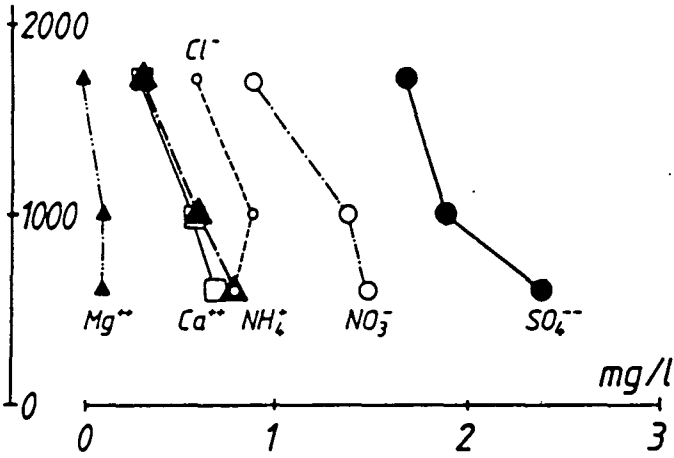
- RADIOAKTIVE STOFFE

(N. BUNDESMINISTER DES INNERN, BRD, 1985, VERÄNDERT)

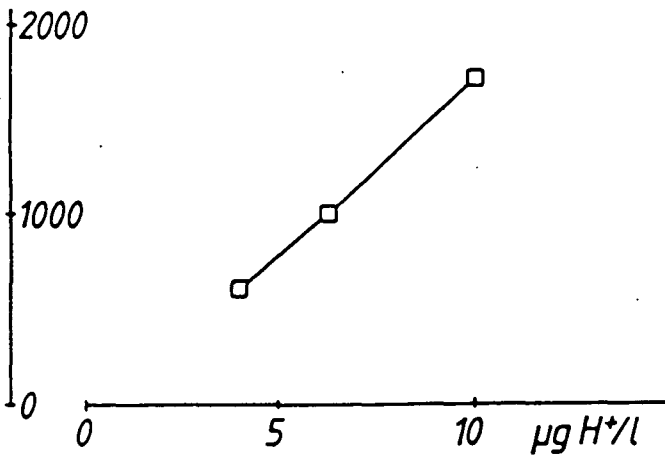
ABB. 11: IMMISSIONSBELASTUNG VON GEBIRGSÖKOSYSTEMEN

Ionenverteilung im Niederschlag, in Abhängigkeit von der Seehöhe am Beispiel Zillertal/Tirol

m Seehöhe



m Seehöhe



nach F. GLATTES u. S. SMIDT: Höhenprofil Zillertal - FBVA - Berichte - Schriftenreihe der Forstl. Bundesversuchsanstalt Nr. 20 - Wien 1987

landwirtschaftlichen Flächen, infolge ihrer großen Oberflächen in der Lage sind, aus dem Luftstrom feste und aerosol-förmige Immissionen herauszufiltern, sind die Einträge aus der Luft in Waldböden ca. 3 - 5mal höher als in landwirtschaftliche Böden. Dies bedeutet, daß Bodenschäden unter Wald, insbesondere Bodenversauerung und Schwermetallkontamination sehr viel früher zu erwarten sind als unter Landwirtschaft, wo in der Regel außerdem durch Kalkung und Düngung die Böden stabilisiert werden. Die Konsequenzen für die Trinkwassergewinnung aus Waldgebieten und deren Böden sind noch gar nicht im einzelnen abzusehen, insbesondere dort, wo saure Ausgangsgesteine vorliegen, die infolge Basenarmut der Versauerung wenig entgegen zu setzen haben. Versucht man dieses Szenarium zu Ende zu denken, so wird deutlich, daß infolge hoher Schadstoffeinträge aus der Luft, kombiniert mit starker Bodenversauerung, Schwermetalle und andere Schadstoffe bei weiterer pH-Senkung mobil werden und damit das Grund- und Trinkwasser, teilweise auch Quellwasser belasten können.

Zusammenfassend ist zu dem Konkurrenzproblem zwischen ökologischen und technisch/industriellen Funktionen zu sagen, daß irreversible Schäden durch Bodenverluste entstehen, insbesondere durch Versiegelung und Überbauung, aber auch durch Erosion, Massenverlagerung und weitere Bodenschäden, sowie Störungen des Landschaftshaushaltes mit Gefährdung von Menschen und Siedlungsräumen. Die in jüngster Zeit zugenommenen Massenverlagerungen im Alpenraum, teilweise mit katastrophalem Ausgang deuten darauf hin, daß durch starke Flächeninanspruchnahme, insbesondere durch die aufgezeigten Bodenbelastungen, Destabilisierungen erreicht wurden, die in zunehmendem Maße gefährlich werden können. In Abb.12 sind verschiedene Typen der Massenverlagerung nach LAATSCH und GROTTENTHALER, 1972, dargestellt, um darauf hinzuweisen, daß gerade das steifplastische Kriechen sowie das weichplastische und quasi viskose Fliessen in den Alpenregionen stark zugenommen hat. Daneben hat auch der Massenschurf und der Massentransport stärkere Ausmaße erreicht.

ABB.12: Typen der Massenverlagerung in den Alpen

| Bewegungs-tempo | 1. Gleiten und trockenes Kriechen, Rutschen u. Stürzen | 2. Steifplastisches Kriechen, weichplastisches u. quasiviskoses Fließen | | 3. Massenschurf und Massentransport |
|---|--|--|---|--|
| <p>Sehr langsame, meist nicht unmittelbar wahrnehmbare Bewegungen</p> | <p>1.1 Talzus Schub</p> <p>1.2 Gleiten und trockenes Kriechen lockerer Hangmassen</p> | <p>am freien Hang</p> <p>2.1 Erd- u. Schutt-Kriechen</p> <p>2.3 Solifluktion = 2.1 und 2.2 komb. mit 1.2 in der kalten Klimazone</p> | <p>in Hangfurchen</p> <p>2.4 Blockstrom-Kriechen</p> <p>2.5 Erd- und Schuttstrom-kriechen</p> | <p>3.1 Schurf und Transport durch gleitenden Schnee</p> <p>3.2 Schurf und Transport durch Gletscher</p> |
| <p>Langsame bis schnelle, direkt wahrnehmbare Bewegungen</p> | <p>1.3 Rutsche</p> <p>1.31 Erdrutsch</p> <p>1.311 durch Translation</p> <p>1.312 durch Rotation</p> <p>1.32 Felsrutsch</p> <p>1.33 Bergrutsch</p> <p>1.331 durch Translation</p> | <p>2.2 Erd- und Schutt-fließen</p> | <p>2.6 Erd- und Schuttstrom-fließen</p> | <p>3.3 Schurf durch Ernteholz und -schlepper</p> <p>3.4 Narbenversatz durch Weidetiere</p> <p>3.5 Abspülen = Schurf und Transport durch Regenwasser</p> <p>3.6 Ausspülen durch Hangzugwasser</p> |
| <p>Sehr schnelle Bewegungen mit denen ein rüstiger Mann nicht Schritt halten kann</p> | <p>1.332 durch Rotation</p> <p>1.333 durch Ausquetschen</p> <p>1.4 Massensturz</p> <p>1.41 Steinschlag</p> <p>1.42 Felssturz</p> <p>1.43 Bergsturz</p> | <p>2.7 Erd- und Schutt-gang</p> | <p>2.8 Mur-gang</p> | <p>3.7 Schurf und Geschiebetransport durch Fließgewässer</p> <p>3.8 Schurf durch Muren</p> <p>3.9 Schurf durch Lawinen</p> <p>3.10 Schurf u. Transport durch Wind</p> |

nach W. LAATSCH und W. GROTTENTHALER, Forstw. Cbl. 91, 309-330, 1972

Bei allen diesen Phänomenen ist darauf hinzuweisen, daß die Regenerationsfähigkeit von Landschaften, terrestrischen Ökosystemen und Böden umso geringer ist, je höher sie im Gebirge liegen. Sind einmal Schäden eingetreten, insbesondere Bodenerosion und Bodenabtrag durch Massenverlagerung, so sind diese in Generationen nicht wieder gut zu machen.

3.2 Bodenschutz als Konkurrenzproblem zwischen einzelnen ökologischen Funktionen

Im folgenden wird versucht, auch Konkurrenzprobleme innerhalb der ökologischen Produktions-, Puffer-, Filter- und Transformations- sowie Genschutz- und Genreservfunktion darzustellen. Es handelt sich in der Regel um gezielte, lokal klar definierbare Belastungen, die durch land- und forstwirtschaftliche Bodenbewirtschaftung entstehen.

3.2.1 Landwirtschaftliche Bodenbelastungen

Landwirtschaftliche Bodenbelastungen könne physikalischer Natur sein, wie z.B. Bodenerosion und -verdichtungen, z.B. in jüngerster Zeit durch die starke Ausweitung des Hackfruchtanbaus (vor allem von Mais) sowie Intensivierung des Maschineneinsatzes in der Landwirtschaft.

Darüber hinaus bestehen zahlreiche chemisch/biologische Belastungen (zusätzlich zu den allgemeinen Immissionen aus der Luft), z.B. durch die Verwendung von Klärschlämmen und Müllkompost, von Düngemitteln (insbesondere P-Dünger), Pflanzenbehandlungsmitteln u.a. -Daraus resultierende Probleme liegen in der Kontamination des Grundwassers (und Trinkwassers) sowie der Nahrungskette, vgl. hierzu z.B. das Nitratproblem, sowie Cadmium- und andere Schwermetallbelastungen einzelner Nahrungsmittel. Als ein weiterer Problemkreis aus der landwirtschaftlichen Bodenbelastung ist die Kontamination von Waldböden in der Nähe landwirtschaftlicher Siedlungsgebiete infolge von Ammoniakproduktion zu betrachten. Während in früheren Zeiten der Wald durch Streunutzung und Viehweide die Landwirtschaft

unterstützte, gibt inzwischen die intensive landwirtschaftliche Produktion Stickstoff, insbesondere Ammoniak, an die Waldböden ab und destabilisiert damit Waldökosysteme durch Stickstoffüberschüsse, die zu einer teilweisen Disproportionierung der Nährstoffbereitstellung und -aufnahme geführt haben.

Darüber hinaus sind starke Auswirkungen durch kulturtechnische Maßnahmen erfolgt, insbesondere durch Veränderung ganzer Bodenschaften infolge Planierungen, Gewässerregulierungen oder schlichte Ausräumung, zur Erweiterung und Intensivierung landwirtschaftlicher Nutzung.

3.2.2 Forstwirtschaftliche Bodenbelastungen

Zu forstwirtschaftlichen Bodenbelastungen zählen vor allem Bodenverdichtung und Bodenerosion durch intensiven Maschineneinsatz, insbesondere bei der Baumernte sowie starke Nährstoffentzüge bei der Ganzbaumernte, die jedoch in jüngster Zeit aus diesem Grund rückläufig ist. Darüber hinaus werden auch zahlreiche chemische Pflanzenbehandlungs-, insbesondere Pflanzenschutzmittel gegen Forstschädlinge und Tierverbiß eingesetzt. Diese chemischen Belastungen durch Pflanzenbehandlungsmittel sind jedoch erheblich geringer als in der Landwirtschaft.

Zusammenfassend kann zu Kap.3.2 festgestellt werden, daß durch Erosion, kulturtechnische Maßnahmen und Schwermetallkontamination land- und forstwirtschaftlicher Böden irreversible Schädigungen eingetreten sind, und daneben auch reversible Bodenbelastungen, wie z.B. Verdichtung und Anreicherungen organischer Schadstoffe bestehen. -Auch hier ist darauf hinzuweisen, daß diese Gefährdungen umso gravierender sind, je höher sie sich im Gebirge befinden, da mit zunehmender Höhenlage die Regenerationsfähigkeit der Böden abnimmt.

3.3 Bewertung der Bodenschutzprobleme

Die folgende Bewertung von Bodenschutzproblemen ist nach Ursachen der Gefährdung sowie nach Wirkungsmechanismen der Belastung gegliedert.

3.3.1 Bewertung nach Gefährdungsursachen (Kausalanalyse)

Bei der Frage nach den Ursachen der Bodengefährdung sind globale Fehlsteuerungen von gezielten ("hausgemachten") zu unterscheiden.

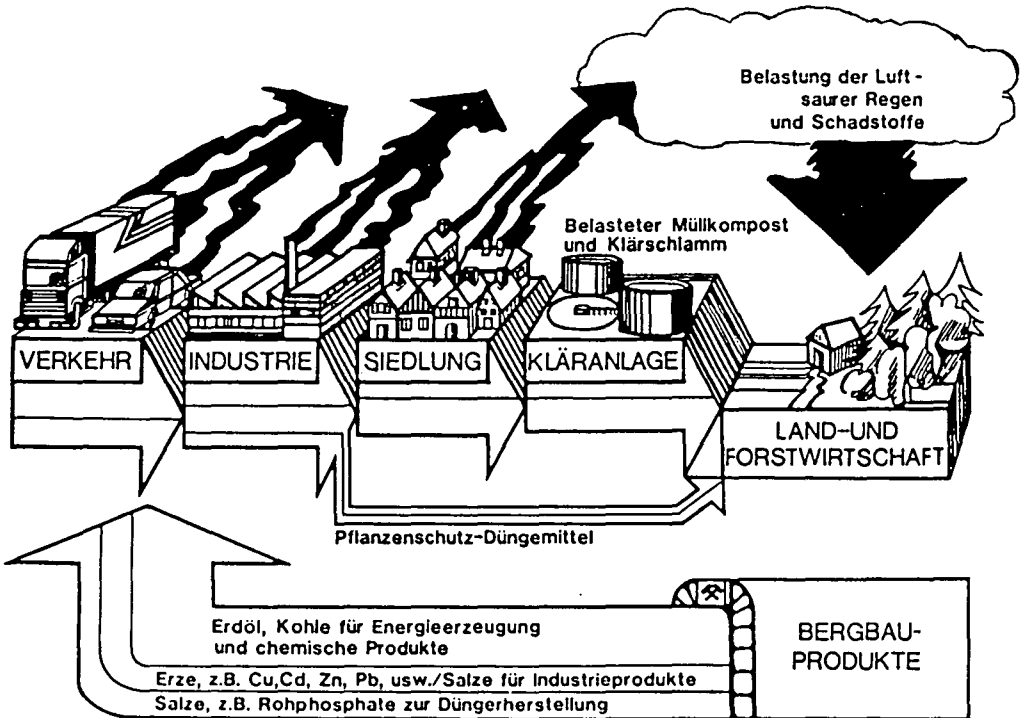
- globale Fehlsteuerungen haben ihre Ursache im unkontrollierten Verbrauch nicht erneuerbarer Energien sowie fossiler Rohstoffe, wodurch diffuse, d.h. schwer zuordenbare oder steuerbare flächenübergreifende Belastungen durch Luftimmissionen (anorganisch, organisch, Radionuklide) sowie durch Müll u.a. Abfallstoffe entstehen, vgl. Abb. 13;
- gezielte "hausgemachte" und vor Ort beeinflussbare und steuerbare Flächenbelastungen entstehen durch Flächeninanspruchnahme für Siedlungen, Verkehr, Industrie und Tourismus durch land- und forstwirtschaftliche Maßnahmen sowie Maßnahmen der Müll- und Abfallentsorgung allgemein. -Hierbei ist zu bedenken, daß solche Belastungen teilweise fremdinduziert sind, d.h. durch übernationale ökonomische Zielvorgaben und Zwänge bei freier Marktwirtschaft entstehen, vor allem dann, wenn starke Konkurrenzbedingungen nationaler und internationaler Art gegeben sind.

3.3.2 Bewertung nach der Wirkung der Belastungen (Wirkungsanalyse)

Bezüglich einer Wirkungsanalyse der Belastungen können irreversible und reversible Wirkungen unterschieden werden. Unter irreversiblen Wirkungen sind solche zu verstehen, die mit technisch und ökonomisch vertretbaren Mitteln nicht mehr behebbar sind. Reversibel sind solche Schädigungen, die durch Selbstreinigungskräfte des Bodens und/oder technisch mögliche und ökonomisch sinnvolle Sanierungsmaßnahmen behebbar sind.

Irreversibel sind z.B. Überbauung, Erosion sowie Massenverlagerungen, außerdem Schwermetallkontaminationen und teilweise auch die Versauerung von Waldböden, wenn sie stark fortgeschritten ist.

Abb. 13: FLÄCHENBEDARF UND DARAUS ENTSTEHENDE BODENBELASTUNGEN DURCH ABFÄLLE UND IMMISSIONEN, N. BLUM, 1987
(GRAPHIK: STIERSCHNEIDER)



Reversibel hingegen sind Strukturschäden oder Wirkungen von organischen Schadstoffen und Pestiziden, da diese, jedoch in Abhängigkeit von der Zeit, biologisch ab- und -umbaubar sind.

Ein ganz entscheidendes Problem bei der Bewertung der Belastungen ist der Umstand, daß Böden 10. - 14.000 Jahre, die Belastungen jedoch erst 40 - 50 Jahre alt sind. Da Böden Puffersysteme darstellen (vgl. Kap.1.3), ist heute in vielen Fällen der Beobachtungszeitraum noch zu kurz, um ein abschließendes Urteil über die Wirkungen von Belastungen abzugeben. Diese Ansicht wird auch dadurch bestätigt, daß annähernd täglich neue Ereignisse über Belastungs- und Wirkungsmechanismen bekannt werden.

4. MASSNAHMEN DES BODENSCHUTZES

Im folgenden werden bezüglich Maßnahmen des Bodenschutzes zunächst Grundsatzüberlegungen allgemeiner Art und anschließend einzelne mögliche Maßnahmen diskutiert.

4.1 Grundsatzüberlegungen

Entscheidende Lebensgrundlage des Menschen schlechthin ist die Erhaltung der natürlichen Ressourcen. Dies bedeutet vordringlich Bodenschutz und Umweltschutz.

Die traditionellen ökonomischen Modelle (SMITH/RICARDO u.a.) konnten noch von der selbstregulierenden Kraft der Natur ausgehen. Inzwischen ist diese Regel durch das hohe technologische Potential, die fortgeschrittene Bevölkerungsdichte und den derzeit vorherrschenden Wirtschaftsstil (freie Marktwirtschaft) außer Kraft gesetzt und die Natur dadurch überfordert. Es besteht daher die unbedingte Notwendigkeit eines regulierenden, systemerhaltenden Eingreifens in Form einer neuen Wirtschaftsethik bzw. der Durchführung ordnungspolitischer Maßnahmen im Sinne einer ökosozialen Steuerung. -Diese Einsicht ist bei vielen Ökonomen jedoch noch nicht vorhanden, da sie immer noch annehmen, die ökologischen Probleme über freie Markt-wirtschaftsmodelle regeln zu können.

Angesichts der vorhandenen Bedrohungen muß das Prinzip der Plausibilität gelten, da nicht abgewartet werden kann, bis die komplexen ökologische Zusammenhänge wissenschaftlich restlos geklärt sind. Eine wesentliche Begründung für dieses Prinzip wurde bereits genannt, nämlich die derzeitige Unmöglichkeit, Wirkungen einzelner Belastungen genau abschätzen zu können, da sich die Natur in Jahrmillionen, die Böden sich in zehntausenden von Jahren entwickelt haben, während unsere Eingriffe erst seit 40 - 50 Jahren bestehen. Dies bedeutet, daß wir die Schwellenwerte, die zum Umkippen von Systemen führen, derzeit nicht genau definieren können und daher nach dem Prinzip der Plausibilität versuchen müssen, mit den ökologischen Systemen fürsorglich umzugehen.

4.2 Maßnahmen

4.2.1 Prinzip

Bei der Durchführung von Maßnahmen müssen irreversible Gefährdungen vor den reversiblen bekämpft werden, z.B. Bodenverluste durch Flächenbedarf, Erosion, Massenverlagerung sowie die Schwermetallkontamination. Dies bedeutet, daß auf diesen Gebieten ordnungspolitische Maßnahmen auf dem schnellsten Wege eingeleitet werden müssen.

4.2.2 Mögliche Maßnahmen

Mögliche Maßnahmen sind sowohl internationale wie national/regional zu treffen.

- International:

International besteht die Europäische Bodencharta mit ihren 12 Grundsätzen seit 1972. Sie hat bisher leider keine Wirkung gezeigt, da sie zuwenig Verbindlichkeit besitzt.

Deswegen wird zur Zeit versucht, eine Europäische Bodenschutzkonzeption vorzubereiten, die in ihrer Aussage für die Mitgliedstaaten Verbindlichkeit besitzen würde.

Von besonderer Bedeutung im Rahmen dieses Kongresses ist jedoch die Erarbeitung einer Bodenschutzkonvention im Rahmen der ARGE-ALP und ARGE-ALPEN-ADRIA, da die Gebirgsregionen, im Gegensatz zu den Flachländern, ganz spezifische Probleme zu bewältigen haben, insbesondere auf dem Gebiet des Bodenschutzes. -Als eine extrem wichtige und schnell zu lösende Maßnahme wäre z.B. eine Konvention über Bodenerhebungs- und Analysenverfahren, die es ermöglichen würde, Ergebnisse auszutauschen bzw. miteinander zu vergleichen. Daneben bestehen eine weitere Reihe möglicher und schnell abschließbarer Konventionen auf dem Gebiet des Bodenschutzes, die hier im einzelnen nicht dargestellt werden können.

- National/regional:

Auf nationalen und regionalen Ebenen bestehen bisher eine Fülle von gesetzlichen Einzelregelungen in den einzelnen Ländern und deren Regionen. Diese können hier im einzelnen nicht dargestellt werden.

- Allgemeine Vorschläge für internationale und nationale Maßnahmen, die auf dem europäischen Forum Alpbach 1987 entwickelt wurden (vgl. BLUM und WOHLMEYER, 1988):

Im Hinblick auf globale wie gezielte Fehlsteuerungen sind 2 wesentliche Prinzipien für die Durchführung von Maßnahmen vorzuschlagen. Die Rückkehr zu ökologischen Produktionsprinzipien unter Beachtung des Kreislaufprinzips, möglichst in dezentralen steuerbaren und auf ökologische Bedingungen schnell reagierenden Systemen sowie die Festlegung von Mindestanforderungen und Qualitätsstandards für ökologisch geordnete Produktionsweisen z.B. in der Landwirtschaft. Letztere Definition von Mindestanforderungen und Qualitätsstandards könnten ähnlich dem Lebensmittelbuch, dem Codex mundialis, vorgenommen werden. -Das entscheidende Problem hierbei sind die derzeit bestehenden länderübergreifenden wirtschaftlichen Zusammenhänge und die Notwendigkeit, derartige Produktionsprinzipien bzw. Mindestanforderungen und Qualitätsstan-

dards international abzusichern. Es dürfte jedoch kein Weg daran vorbeiführen, in Zukunft sich stärker an ökologischen Produktionsprinzipien zu orientieren, wenn die natürlichen Ressourcen, insbesondere der Boden erhalten und die Lebensgrundlagen des Menschen dadurch geschützt werden sollen.

In Anbetracht der derzeitigen gravierenden Bodenschäden in unseren Alpenregionen müssen Maßnahmen möglichst bald erfolgen, um noch größere Schäden zu verhindern.

5. ZITIERTER LITERATUR

- BLUM, W.E.H.: Bodenbelastungen und Bodenschutz in Österreich. -Bericht für das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Wien, Mai 1985.
- BLUM, W.E.H.: Das Naturelement Boden. - Naturopa 57,4-7, Straßburg 1987.
- Blum, W.E.H.: Bodenbelastung - Bodenschutz, in: Medienpaket Umweltschutz in Wirtschaft und Gesellschaft. -Arbeitsgemeinschaft Wirtschaft und Schule, Wien 1987.
- BLUM, W.E.H. und H.WOHLMEYER: Land- und Forstwirtschaft im Blickfeld globaler ökologischer und ökonomischer Fehlsteuerungen. -Bericht über Beratungen im Rahmen des Europäischen Forums Alpbach. -Die Bodenkultur 39, 89-98, Wien 1988.
- BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ: Boden - bedrohte Lebensgrundlage? -Sauerländer Verlag Aarau, Frankfurt, Salzburg, 1985.
- BUNDESMINISTER DES INNERN (BRD), Hrsg.: Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. -Kohlhammer Verl.Stuttgart, 1985.
- BUNDESMINISTER DES INNERN (BRD), Hrsg.: Umweltbrief Nr.31, Umweltprobleme der Landwirtschaft. -Bundesminister des Innern, Bonn, 1985.

- CERNUSCA, A.: Les répercussions écologiques de la construction et de l'exploitation de pistes de ski. -Collection sauvegarde de la nature, No.33, Conseil de l'Europe, Straßburg, 1986.
- GANSSEN, R.: Grundsätze der Bodenbildung. Bibliograph. Institut Mannheim, 1965.
- GLATTES, F. u. S.SMIDT: Höhenprofil Zillertal. -FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forst.Bundesversuchsanstalt Wien, H.20, Wien, 1987.
- LAATSCH, W. u. W.GROTTENTHALER: Typen der Massenverlagerung in den Alpen und ihre Klassifikation. -Forstwiss. Zentralblatt 91, 309 - 339, 1972.
- OTTOW, J.C.G.: Ein Bodenbiologe provoziert: "Die Bodenlebewesen erleiden durch Pestizide keine bleibenden Schäden". -Bild der Wissenschaft 3, 44 - 61, 1985.
- SCHEFFER, F. und P.SCHACHTSCHABEL: Lehrbuch der Bodenkunde -Enke Verl.Stuttgart, 1982.
- SCHROEDER, D.: Bodenkunde in Stichworten. -Hirt Verl.Unterägeri/CH, 1984.

Name und Anschrift des Autors:

O.Univ.Prof.Dipl.Ing.Dr.Winfried E.H.Blum
Institut für Bodenforschung und Baugeologie
Universität für Bodenkultur
Gregor Mendel-Straße 33
A-1180 Wien

Die Karte der Bodentonminerale und ihre Verwendung in der
Landwirtschaft Ungarns

von P. Stefanovits

(Vortrag, gehalten am 27. Jänner 1988)

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Angaben der in Ungarn seit anderthalb Jahrzehnten andauernden Tonmineraluntersuchungen wurden die gesamte Mineralzusammensetzung, sowie die dominanten Tonmineralgesellschaften der Böden auf drei, das ganze Land darstellenden Karten veranschaulicht. All diese Kenntnisse sind heute nur indirekt in das Düngerberatungssystem aufgenommen. Die dem Interesse der Weiterentwicklung dienenden Untersuchungen bieten eine Möglichkeit den Einfluß der mineralischen Kolloide in weitem Umfang in Betracht ziehen zu können.

Summary

The continuous research of clay minerals for more than the last fifteen years made it possible to produce three maps, concerning the whole of Hungary, that show the structure of clay minerals and the dominant associations of the clay minerals. Today this knowledge is only indirectly used in the consultation system of manuring. Researches that serve the further development give a better change to take into considerations the influence of the mineral colloids.

Die Fruchtbarkeit der Böden, der Erfolg der Bodenbearbeitung und der Düngung, wie auch die Versauerung der Böden als Folge der Mineraldüngung und der Luftverschmutzung hängen nicht nur von der Menge, sondern auch von der Zusammensetzung der organischen und anorganischen Kolloide ab. Daraus folgt, daß die Bestimmung der Mineralzusammensetzung des Bodens, und innerhalb dieser der unter den anorganischen Kolloiden eine ausgezeichnete Rolle spielenden Tonminerale viel Informationen von praktischer Wichtigkeit liefert.

In Ungarn befindet sich die Düngeberatung, die von bedeutender Wirkung auf die Höhe der gegenwärtigen Ernten war, in ständiger Entwicklung. Ziel dieser Entwicklung ist ein Übergang von einer statischen Beurteilung der Nährstofflieferung von Böden zu einer dynamischen Betrachtungsweise, wie auch das Kennenlernen und die in Bedachtnahme der die Nährstoffdynamik beeinflussenden Faktoren. Als Grundlage dazu dienen: a) die Landesaufnahme des Nährstoffgehaltes der Böden; b) die seit drei Jahrzehnten fortlaufend durchgeführten Düngungsdauerversuche; sowie c) die mineralogische Kartierung der Böden des Landes.

Die Landesaufnahme des Nährstoffgehaltes der Böden - sich an die im Jahre 1950 beendeten Übersichtsbodenkarten (im Maßstab von 1:25 000), sowie an die Betriebsbodenkarten (im Maßstab von 1:10 000), und endlich an die neueste Bodenbewertung anschließend - liefert Angaben zur Beurteilung der im M-, P-, K- und Mikronährstoffgehalt, wie auch in den Aziditätsverhältnissen der Böden auftretenden Änderungen. Genügend Orientierung über die Landesverhältnisse gewährt die Untersuchung der von je 10 ha landwirtschaftlich genutzten Fläche entnommenen Bodenproben. Diese, alle 3 Jahre wiederholte Probenahme und Untersuchung ermöglicht die Bestimmung der Richtung und des Ausmaßes der Änderungen. Da zur Zeit diese Untersuchungsserie gerade das dritte Mal abgeschlossen wurde, können ihre Ergebnisse in die Düngerberatung einbezogen werden (ELEK É., PATÓCS I. 1984; MÉM NÖVÉNYVÉDELMI ÉS AGROKÉMIAI KÖZPONT, 1986; PATÓCS I. et al., 1987); BARANYAI F., FEKETE A., KOVÁCS I. 1987).

Die zweite Grundlage die zur Entwicklung der Düngerberatung dient, ist jenes, auf charakteristischen Bodentypen angelegte, aus 16 Düngungsdauerversuchen bestehende Netz, welches sich über das ganze Land erstreckt und schon seit drei Jahrzehnten die gleichen Methoden verwendend, systematisch Angaben liefert (DEBRECZENI B., 1985; KÁDÁR I., SARKADI J., THAMM B. 1985; SARKADI J., BALLA A., MIKLAY E. 1985).

Den dritten Faktor bildet die Kartenserie, die die mineralische Zusammensetzung, und innerhalb dieser die Tonmineralgesellschaften der Böden Ungarns anführt (STEFANOVITS P. et al., 1984; STEFANOVITS P., 1985; STEFANOVITS P., DOMBÓVÁRI L., 1985; STEFANOVITS P., KÁLMÁN A., KÓNYA K., 1985). Hier möchte ich über die damit verbundenen Resultate eingehend berichten.

Vor 15 Jahren, aus Anlaß des Maisproduktionssystems zu Bábolna wurde mit der Bestimmung der Minerale und Tonminerale in den Böden begonnen. Zuerst wurden die Bodenproben in den Mitglied-Betrieben - die in verschiedenen Teilen des Landes liegen - genommen. Später breiteten wir mit Hilfe des Ministeriums für Landwirtschaft und Ernährung unsere Untersuchungen auf das ganze Land aus.

Von den unter landwirtschaftlicher Nutzung stehenden Gebieten wurden an mehr als 300 ausgewählten Orten Durchschnittsproben, und bei den freigelegten Profilen noch Bodenproben je Schichte entnommen. An diesen Bodenproben wurden die bei der Düngerberatung üblichen Bodenuntersuchungen durchgeführt, außerdem wurde mit Röntgendiffraktionsuntersuchungen die Mineralzusammensetzung der Böden, sowie die Tonmineralzusammensetzung der abgetrennten Tonfraktion bestimmt. Die Untersuchungen wurden mit der Bestimmung der Adsorptionsfähigkeit und des gesamten Kaliumgehaltes des Tonanteiles ergänzt.

An Hand der Daten wurden drei Karten im Maßstab von 1:500 000 für ganz Ungarn zusammengestellt: und zwar eine, das Verhältnis der K-liefernden und K-bindenden Minerale, eine die Verteilung der Ton-

mineralgesellschaften des Tonanteils und eine, die K-bindenden Minerale des Tonanteils anführende Karte.

Zwecks Illustration der auf den Karten angeführten Daten werden die Analysendaten für ein Bodenprofil (Tab.1) vorgestellt.

Aus den halbquantitativen Angaben der gesamten Mineralzusammensetzung wurde auf der ersten Karte das Verhältnis der Menge der K-tragenden Minerale - wie Glimmer und Kalifeldspäte - zu der Menge der K-bindenden Minerale (Smectite) dargestellt (Abb.1.).

Auf der Landeskarte der Tonmineralverteilung vertreten die kartographischen Einheiten die am meisten vorkommenden Tonmineralgesellschaften und ihre Reihenfolge zeigt die Zunahme der K-bindenden Tonminerale an (Abb.2). Diese Gesellschaften wurden mit Röntgendiffraktion bestimmt, indem die durch Behandlung mit Magnesium, Äthylenglykol und Kaliumchlorid auftretenden Veränderungen in der Tonfraktion nebeneinander bewertet wurden. Bei der Bewertung wurde die Kationenaustauschkapazität und der gesamte K-Gehalt der Tonfraktion in Betracht gezogen. Da wir wissen, daß die Tonminerale Aluminiumsilikate sind, deren Gitterbau aus Schichten besteht und, daß die Kalium- und Ammoniumionen zwischen diesen Schichten mit Adsorptionskräften stärker gebunden werden können, als andere Kationen, können unsere Kenntnisse auch bei der Düngerberatung verwendet werden (STEFANOVITS P., DOMBÓVÁRI L., 1987). Auf Grund des Aufbaues und der Reaktionsfähigkeit dieser Schichten wurden die einzelnen Gruppen getrennt. Die Schichten werden aus Flächen gebildet, deren eine die vier, sich an die zentrale Si- oder Al-Atome bindenden O-Atome oder OH⁻-Ionen in tetraedrischer Anordnung beinhaltet, während in der anderen Fläche die Zentralatome Al, Mg oder Fe durch die O-Atome oder OH⁻-Gruppen in oktaedrischer Anordnung umgeben werden. Diese Flächen bilden die Schichten innerhalb welcher eine starke Bindung besteht, während zwischen den einzelnen Schichten nur eine relativ schwache Bindung vorzufinden ist. Schwach ist auch die Bindungsenergie der in den Bindungen teilnehmenden Kationen. Innerhalb der einzelnen Schichten kann das Verhältnis der Flächen 1:1 (Kaolinit-Gruppe), 2:1 (Illit-, Vermi-

Tabelle 1

Allgemeine bodenanalytischen Angaben

| Horizont in cm | pH | | Bind. Zahl | Hygr. % | Humus % | N % | P ₂ O ₅ (AL) ppm | K ₂ O ₃ (AL) ppm |
|-------------------|------------------|-----|---------------|------------|------------|--------|---|---|
| | H ₂ O | KCl | | | | | | |
| 0 - 25 | 7,6 | 5,8 | 44 | 2,53 | 1,65 | 0,103 | 69 | 213 |
| 25 - 55 | 7,6 | 6,9 | 44 | 2,56 | 1,76 | 0,090 | 67 | 195 |
| 75 - 100 | 8,4 | 7,7 | 42 | 1,21 | 0,44 | 0,020 | 76 | 116 |
| 100 - | 8,4 | 7,7 | 42 | 0,97 | - | 0,017 | 61 | 72 |

Körnung

| | 0,25 | 0,25-0,05 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | 0,001 |
|----------|------|-----------|-----------|------------|-------------|-------|
| | mm | mm | mm | mm | mm | mm |
| 0 - 25 | 0,2 | 3,8 | 47,2 | 9,4 | 13,9 | 25,5 |
| 25 - 55 | 0,1 | 3,4 | 48,0 | 8,7 | 13,6 | 26,2 |
| 75 - 100 | 1,3 | 0,9 | 55,3 | 9,7 | 19,4 | 13,4 |
| 100 - | 1,8 | 6,1 | 61,2 | 9,7 | 11,9 | 9,1 |

Mineralogische Zusammensetzung des Bodens

| | Ill. | Chl. | Mon. | Qu. | Plg. | Orth. | Kal. | Dol. | Amph. |
|----------|------|------|------|-----|------|-------|------|------|-------|
| 0 - 25 | 10 | 7 | 1 | 54 | 5 | 4 | 1 | 1 | 17 |
| 25 - 55 | 13 | 8 | 1 | 57 | 9 | 5 | - | - | 5 |
| 75 - 100 | 8 | 6 | - | 47 | 7 | 1 | 13 | 7 | 11 |
| 100 - | 11 | 7 | - | 44 | 7 | 2 | 13 | 14 | 2 |

Zusammensetzung der Tonfraktion

| | Ill. | Ka. | Chl. | S. | V. | IS | Ichl. | IV | T | K ₂ O% |
|----------|------|-----|------|----|----|----|-------|----|----|-------------------|
| 0 - 25 | 45 | - | 19 | 17 | 6 | 10 | 3 | - | 35 | 2,4 |
| 25 - 55 | 39 | - | 24 | 18 | 5 | 7 | 5 | 2 | 40 | 2,0 |
| 75 - 100 | 31 | - | 29 | 26 | 2 | 10 | 2 | - | 47 | 1,8 |
| 100 - | 30 | - | 27 | 31 | - | 12 | - | - | 22 | 1,2 |

Abbildung 1:

Verhältnis der K-tragenden und -bindenden Minerale in den Böden.
Gestaltung des Verhältnisses: 1 = unter 2,5; 2 = 2,5 - 5; 3 = 5 - 10; 4 = über 10.
Gilt die Bezeichnung "a", sind die einzelnen Schichten innerhalb des Bodenprofils bis zu 1 m Tiefe in die gleiche Kategorie einzureihen, während bei der Bezeichnung "b" der Quotient mit der Tiefe zunimmt.

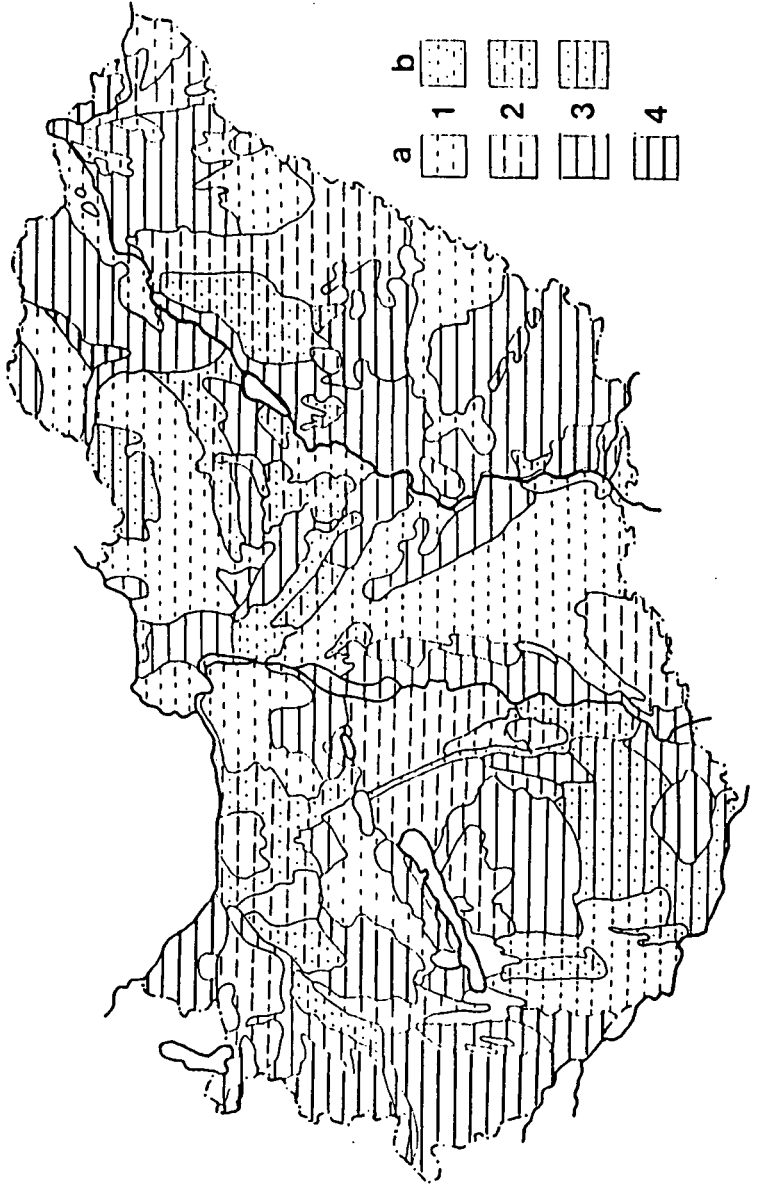
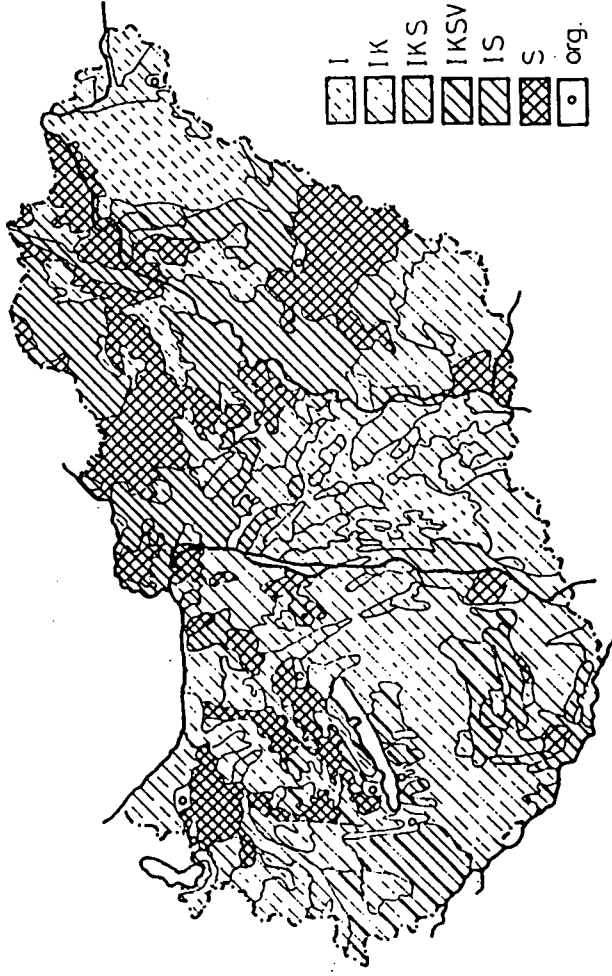


Abbildung 2:

Karte der Tonmineralgesellschaften der Böden, aufgrund der Verteilung der kristallinen Phase der Tonfraktion der Böden.



culit-, Smectit-Gruppe), oder 2:1:1 (Chlorit-Gruppe) betragen. Bei letzteren werden zwischen die Schichten vom Typ 2:1 Mg-, Al- oder Fe-Ionen zusammen mit den dazugehörenden OH⁻-Ionen in oktaedrischer Anordnung eingelagert.

Die Tonmineraltypen kommen in den Böden nur selten allein vor. Zumeist bilden sie Gesellschaften. Unter den einzelnen Komponenten gibt es viele mit gemischten Schichten, in denen die verschiedenen Schichten regelmäßig oder unregelmäßig vorkommen.

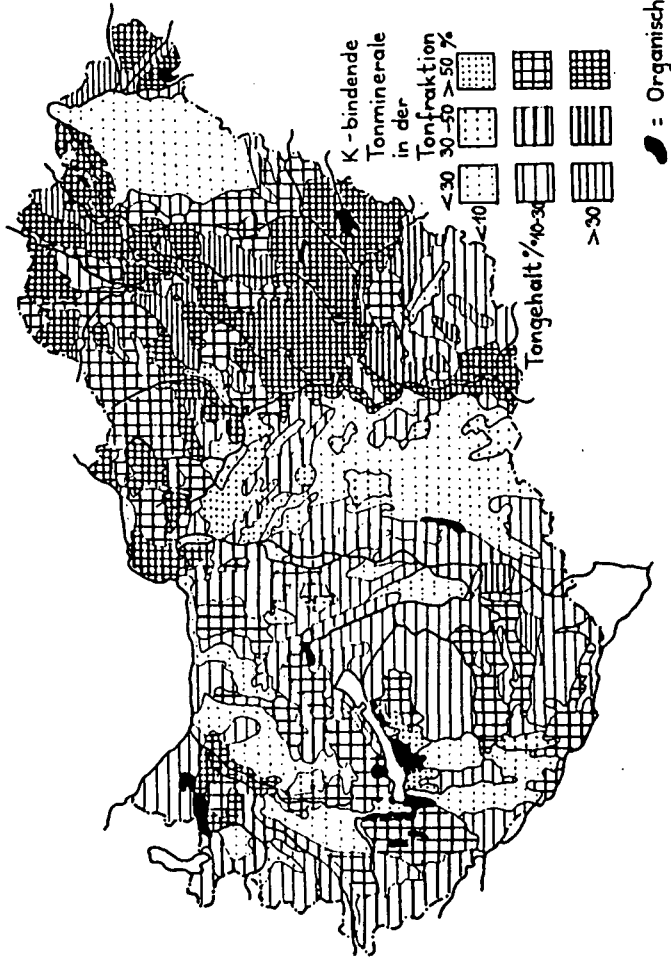
Es muß auch in Betracht gezogen werden, daß in der Tonfraktion der Böden mehr oder weniger Röntgen-amorphes Material vorliegt, was ebenfalls in verschiedenen Proportionen Kieselsäure und Aluminium- oder Eisenoxydhydrate enthält. Diese nehmen in der Bindung und im Freiwerden der Nährstoffe ebenfalls teil. Die Angaben bezüglich der Menge des Röntgen-amorphen Materials finden wir in den Datenreihen der gesamten Mineralzusammensetzung der Böden vor (Tab.1.).

Die dritte Karte wurde als Weiterentwicklung der Karte der Tonmineralgesellschaften, ebenfalls im Maßstab 1:500.000, zusammengestellt. Hier wurden nicht nur die Tonminerale des Oberbodens, der Ackerkrume, in Betracht gezogen, sondern auch die in den einzelnen Schichten des Bodenprofils (bis zu 1 m Tiefe) beobachteten Unterschiede. Die kartographischen Einheiten wurden aufgrund der Menge und der Qualität des Tonanteils getrennt, dabei wurde die Menge der K-bindenden Tonminerale hervorgehoben. Dies geschah durch Anwenden der folgenden Summe: der ganze Gehalt an Smectiten und Vermiculiten und die Hälfte des Gehaltes an Wechsellagerungsmineralen wurde addiert. Letzteren Wert nennen wir den Anteil der K-bindenden Tonminerale, in Prozenten der kristallinen Phase des Tonanteils ausgedrückt (Abb.3.).

Um unsere Kenntnisse in der Düngerberatung verwenden zu können wurden weitere Untersuchungen vorgenommen, jetzt aber mit Bodenproben, welche verbreitet vorkommende Bodentypen vertreten.

Abbildung 3:

Anteil der K-bindenden Tonminerale in Prozenten der kristallinen Phase der Tonfraktion.



Es wurde die Wirkung der Düngung auf die Tonminerale in den Böden der seit 25 Jahren laufenden Düngungsdauerversuche untersucht, indem die Ergebnisse der Kontrollparzellen mit denjenigen der jährlich 600 kg NPK/ha erhaltenden Parzellen verglichen wurden. Es konnte festgestellt werden, daß in mehreren Fällen ein nachweisbarer Unterschied in der Zusammensetzung der Tonminerale infolge der Düngung entstanden ist.

Es wurden Desorptionsuntersuchungen durchgeführt - teils mit der EUF-Methode, teils mit der fraktionierten Desorptionsmethode - um über die Freilegung der Kalium-, Ammonium- und Phosphat-Ionen in den Böden Auskunft zu erhalten (STEFANOVITS P., JÁKI I., 1984). Einige typische Fälle zeigt Abb.4a-c.

Der Zusammenhang zwischen der versauernden Wirkung der Mineraldünger und der Tonminerale in den Böden wurde in einem Modellversuch studiert. Abb.5a-b enthält einige dieser Angaben.

Mit Hilfe der fraktionierten Extraktion wurde die Menge der leicht austauschbaren, der schwer austauschbaren und der gebundenen Ammonium-Ionen im Falle von mit Ammonium-Ionen gesättigten Böden bestimmt (STEFANOVITS P., DOMBÓVÁRI L., 1987). Die Werte wiesen eine enge Korrelation mit der Zusammensetzung der Tonminerale auf, wenn unter ihnen mehr als 30 % Smectit zugegen war. In diesem Fall war das Verhältnis der auf den äußeren und auf den inneren Oberflächen gebundenen Ammonium-Ionen ungefähr gleich 1. War dagegen die Menge der Illite größer, so zeigte dieser Zusammenhang eine starke Streuung, was mit dem ähnlichen Röntgendiffraktionsbild der Kalium-Smectite und der Illite zu erklären ist.

Es wurden auch Untersuchungen betreffs der Interpretation der Wirkung von Mineraldüngern mit Silikat-Zuschlag durchgeführt. Zuzufolge dieser Modellversuche ist ein Kieselsäurezuschlag bei Böden mit hohem Smectitgehalt nicht wirksam, weil aus den Tonmineralen und den diese begleitenden, amorphen Kolloiden auf natürlichem Wege soviel Silikat-

Abb. 4a: EUF- und Desorptionskurven einiger Modellböden

EUF

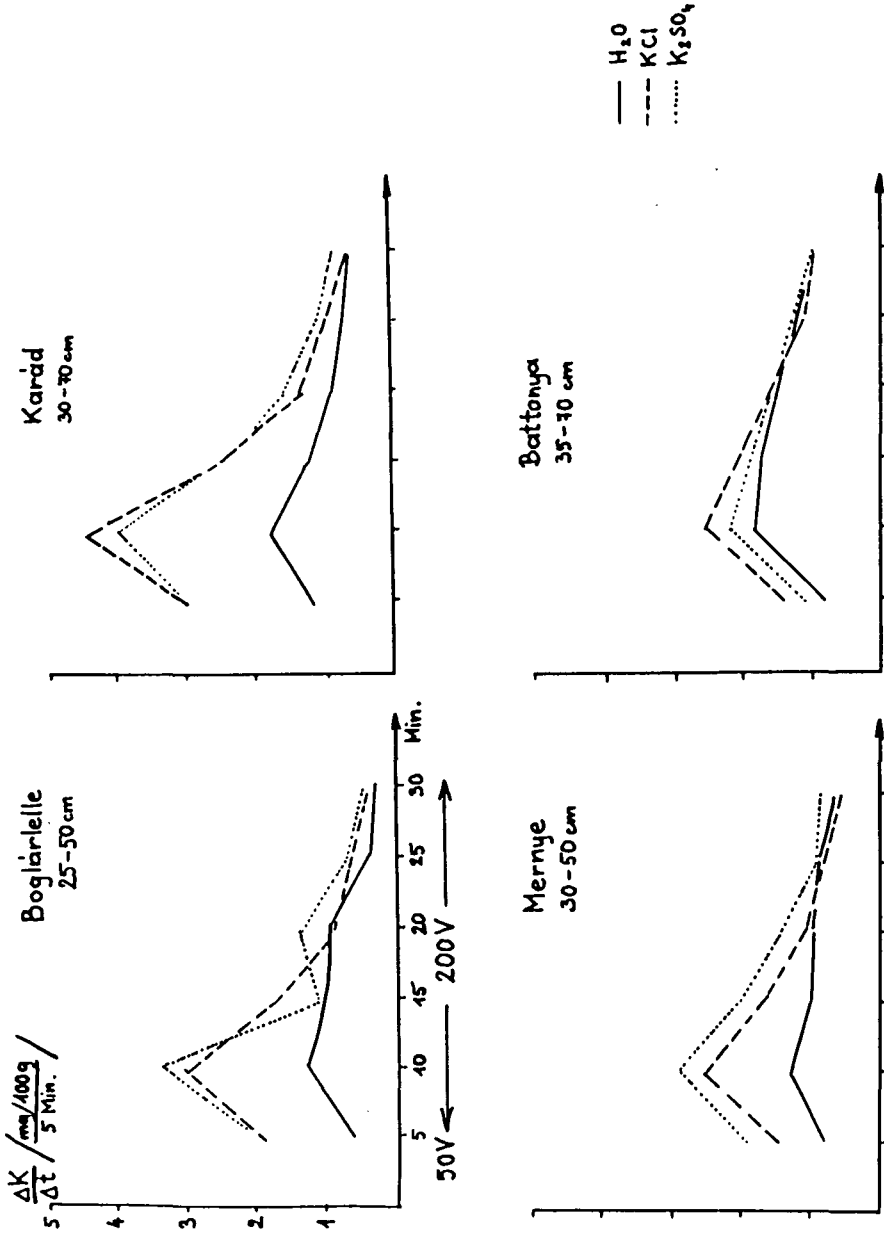
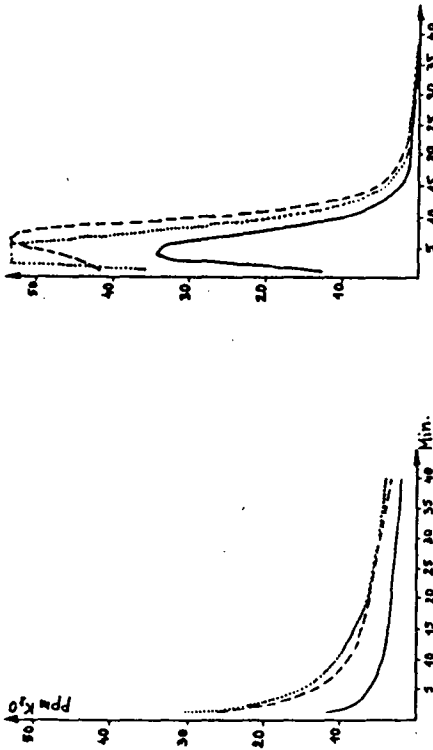


Abb. 4b: EUF- und Desorptionskurven einiger Modellböden

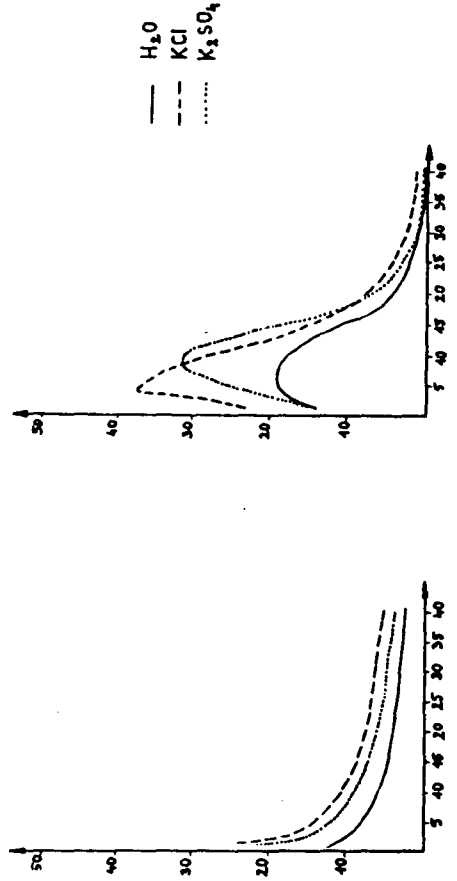
0,05 M. $\text{NH}_4\text{Ac.}$

Bogjarielle

0,05 M. Na. Ac.



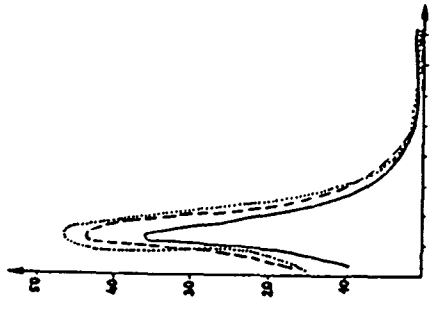
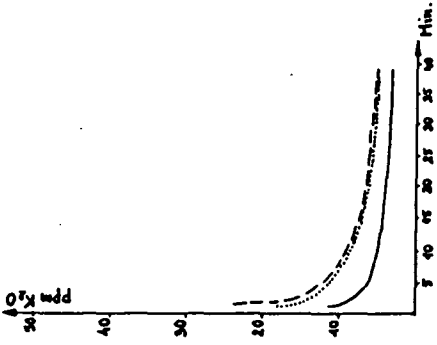
Karád



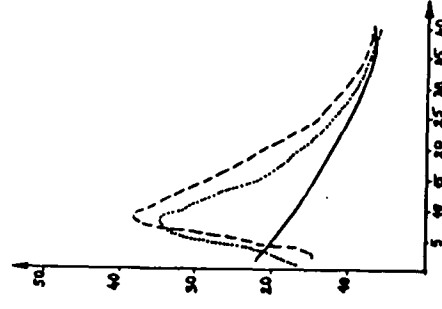
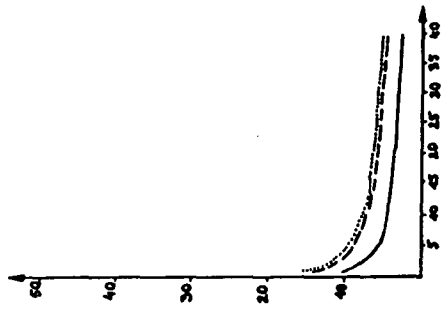
H_2O
—
 KCl
- - -
 K_2SO_4
· · ·

Abb. 4c: EUF- und Desorptionskurven einiger Modellböden

0,05 M. Na. Ac. Mernye 0,05 M. NH₄. Ac.

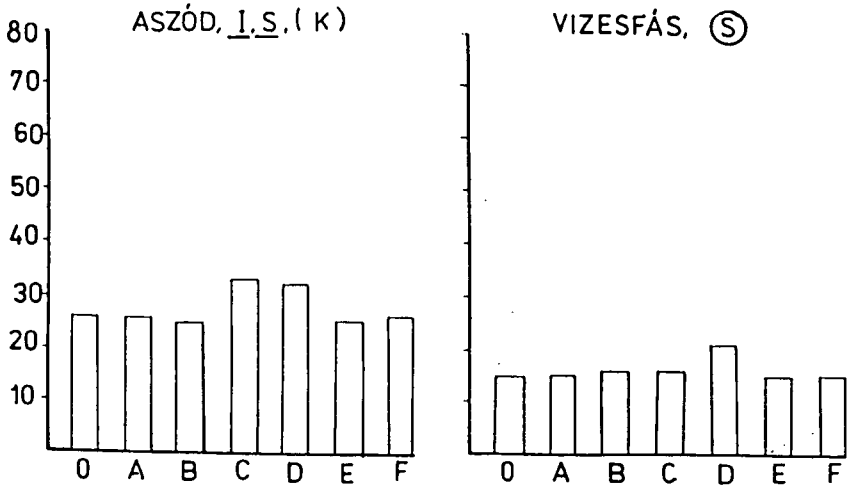
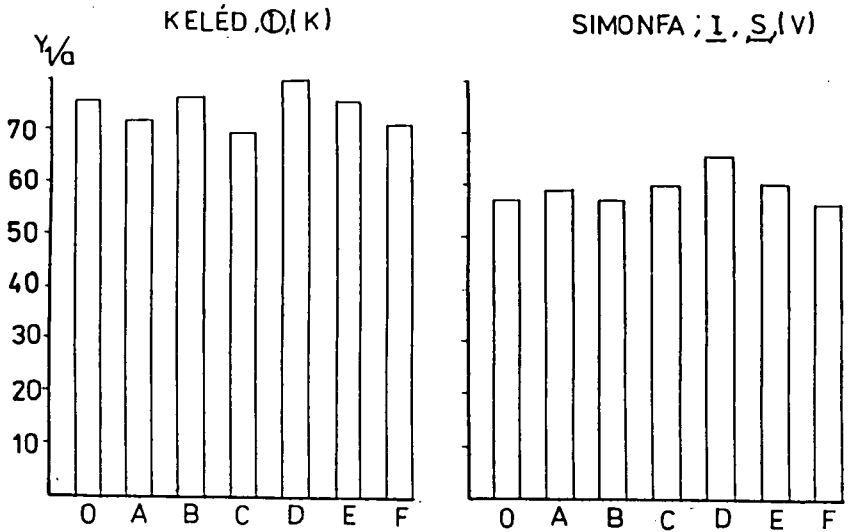


Battonya



— H₂O
— KCl
— K₂SO₄

Abb. 5a: Zusammenhang zwischen der versauernden Wirkung der Mineraldünger und der Zusammensetzung der Tonminerale in den Böden



A = KCl 1000 kg. ha⁻¹;

B = K₂SO₄ "

C = NH₄Cl "

D = (NH₄)₂SO₄ "

E = H₂SO₄ —

F = H₂O —

I = Illit,

K = Chlorit

Kaolinit,

V = Vermikulit,

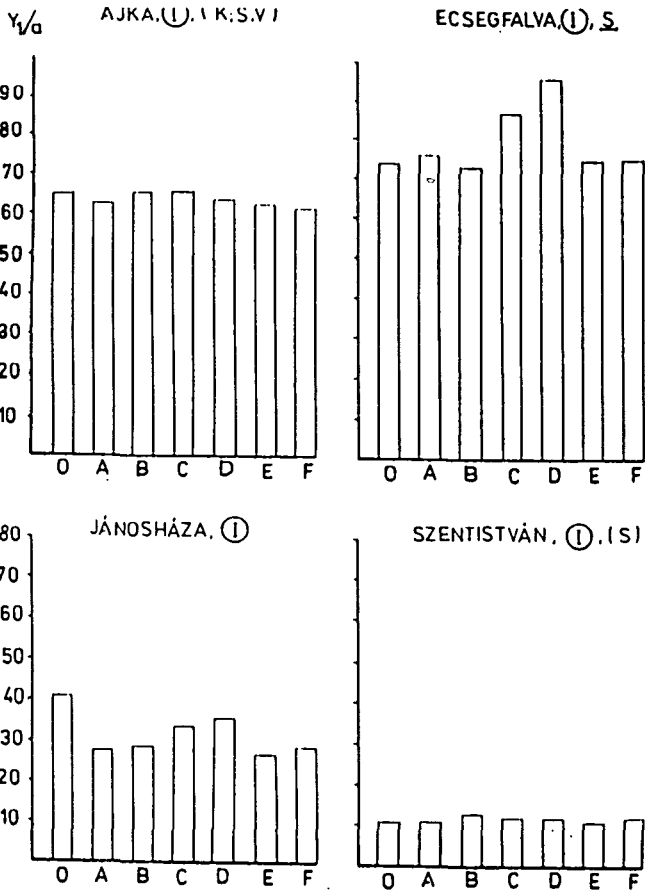
S = Smektit

I S = Illit-Smektit

○ = viel

— = mittelm.

() = wenig



A = KCl 1000 kg. ha⁻¹; I = Illit,
 B = K₂SO₄; K = Chlorit ○ = viel
 C = NH₄Cl; — = mittelm.
 D = (NH₄)₂SO₄; V = Vermikulit,
 E = H₂SO₄; S = Smektit () = wenig
 F = H₂O; I-S = Illit-Smektit

Abb. 5b: Zusammenhang zwischen der vorsauernden Wirkung der Mineraldünger und der Zusammensetzung der Tonminerale in den Böden.

Abb. 6a: Einfluß von kieselensäurehaltigem Material auf die Nährstoffadsorption und -desorption von unterschiedlichen Tonminerale enthaltenden Böden.

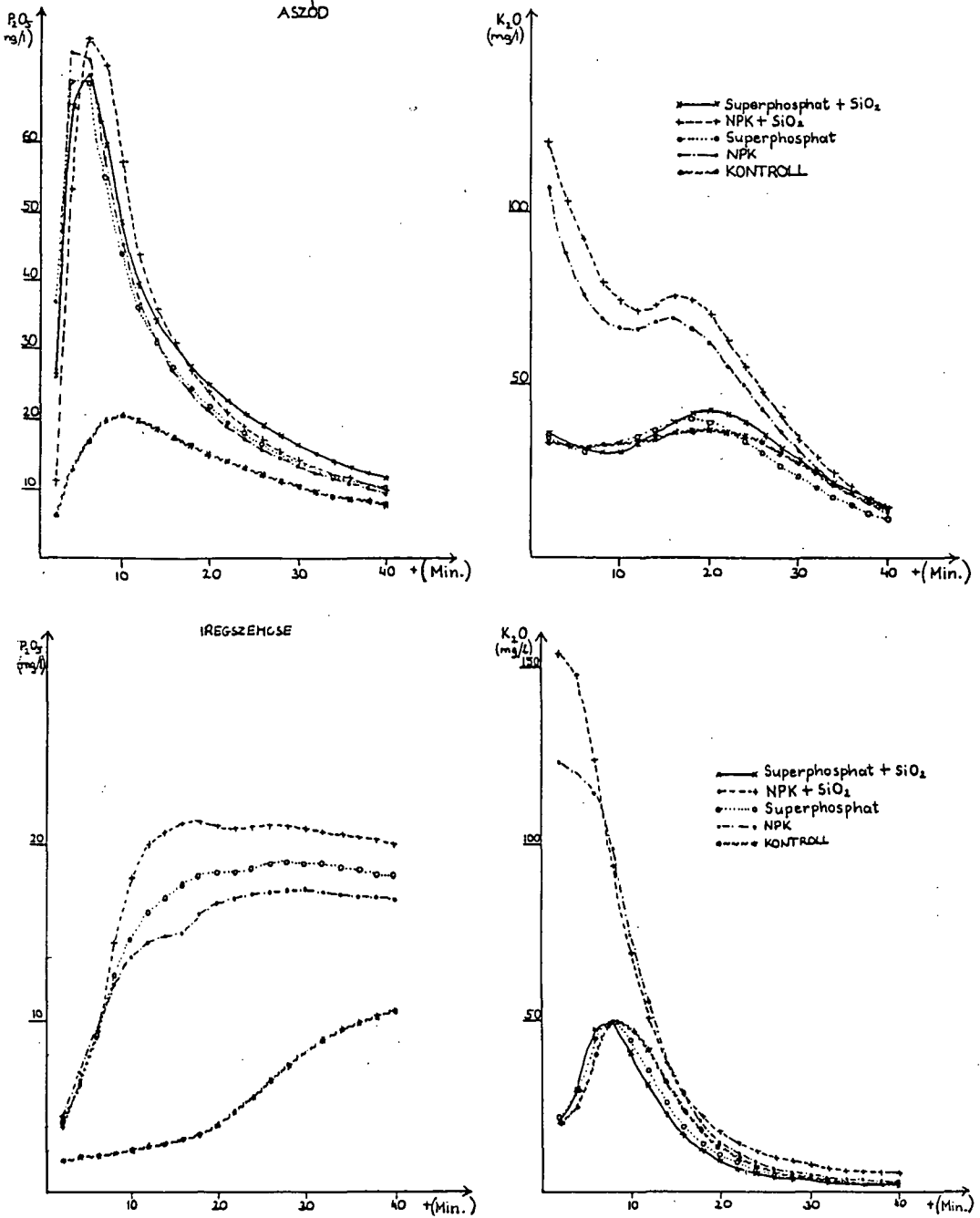
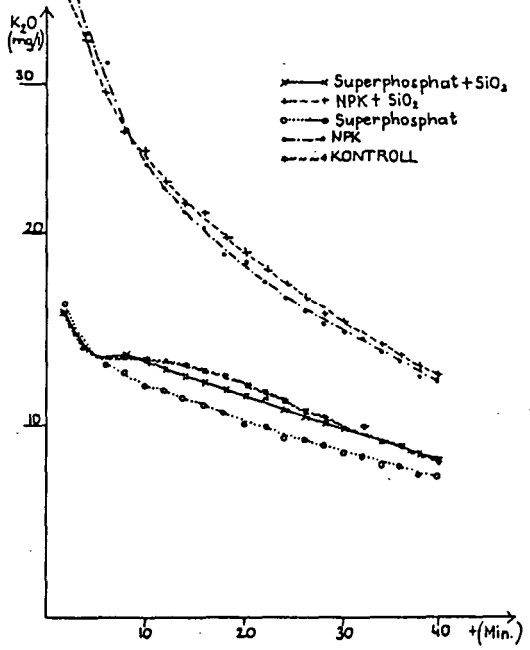
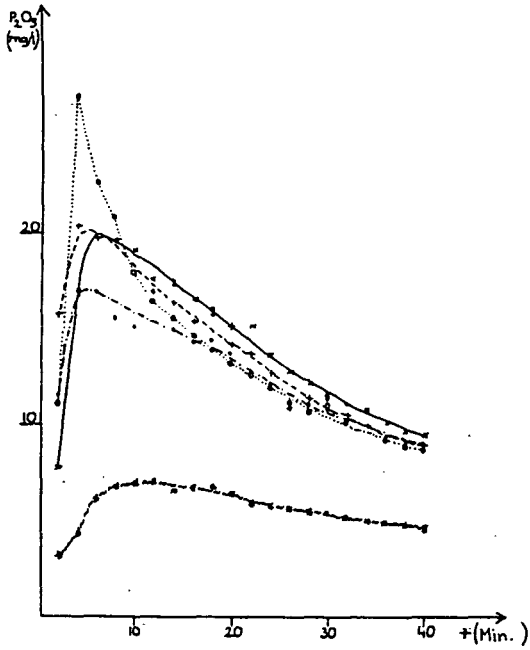
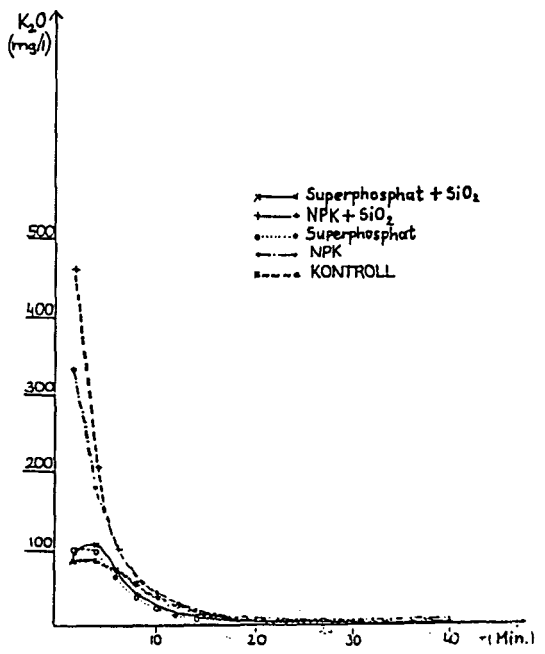
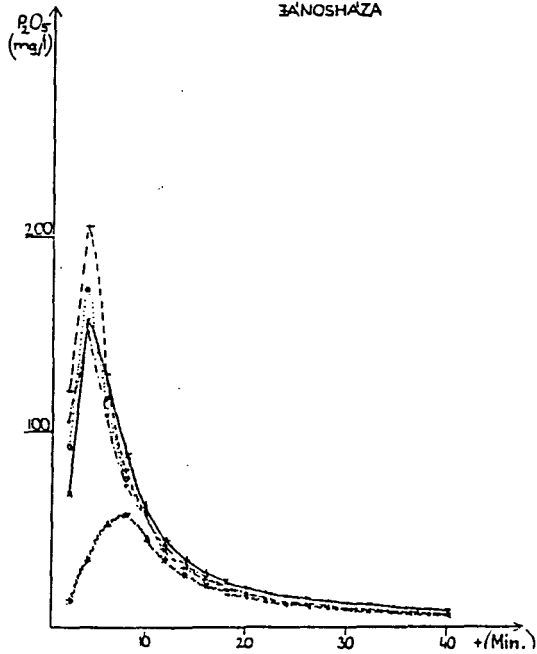


Abb. 6b: Einfluß von kieselensäurehaltigem Material auf die Nährstoffadsorption und -desorption von unterschiedlichen Tonminerale enthaltenden Böden. VIZESFÁS



ZÁNOSHÁZA



Ionen freigelegt werden, daß diese fähig sind mit den Phosphat-Ionen zu konkurrieren und so die Wirkung der Phosphatdünger erhöht wird (Abb.6).

Folgerungen:

- Von der Feststellung ausgehend, daß die Qualität der Tonminerale in den Böden vom agrochemischen Standpunkt aus nur dann eine Rolle spielt, wenn der Tonanteil mehr als 15 % beträgt, können jene Gebiete abgegrenzt werden, auf denen die Tonmineralgesellschaften betont in Betracht zu ziehen sind. Diese Gebiete befinden sich auf 80 % der gesamten Fläche des Landes.
- Die Flächenausbreitung der Tonmineralgesellschaften läßt jene wesentlichen Unterschiede zum Vorschein kommen, die betreffs der Kaliumlieferung und -bindung, sowie der zu erwartenden Wirkung des Kaliumdüngers bestehen.
- Die westlich von der Linie Budapest-Szeged liegenden Gebiete, wo die Böden Tonmineralgesellschaften enthalten, die das Kalium in geringerem Maße binden, grenzen sich scharf von denjenigen Gebieten ab, deren Böden reich an K-bindenden Tonmineralen sind. Auf den westlichen Gebieten wird der Wirkstoff des K-Düngers in stärkerem Ausmaß verwertet. Mit Gefäß- und Kleinparzellenversuchen konnte festgestellt werden, daß Böden mit geringer K-bindenden Kapazität sich als Folge der K-Düngung mit Kalium schneller auffüllen können. Dies kann auch aufgrund des hohen Al-löslichen K-gehaltes, sowie der EUF- und FD-Untersuchungen bestätigt werden. In solchen Fällen kann mit der K-Düngung bei Pflanzen, die nicht viel Kalium beanspruchen, einige Jahre ausgesetzt werden. Die Notwendigkeit einer K-Düngung kann dann wieder mit obigen Untersuchungen festgestellt werden.
- Diese Erscheinung kommt im Falle von auf Löß entstandenen Tschernosemen häufig vor, was infolge der Tonmineral-Umwandlung in Richtung der Illite auftritt.
- Auf Böden, die Tonminerale enthalten, welche das Kalium stärker binden, ist die Anwendung größerer Kaliumdüngergaben notwendig. Die hier angebauten Pflanzen werden gezwungen zuerst die im Gitter der Tonminerale gebundenen Kalium-Ionen aufzunehmen,

wozu nur die aggressiven Pflanzen, wie Weizen, Mais, Sonnenblumen, usw., fähig sind. Auf diesen Böden sind die Pflanzen (z.B. Zuckerrüben, Sommergerste, Tomaten, usw.), die viel Kalium benötigen und dieses nur aus schwach gebundenen Formen aufnehmen können, durch eine sehr sorgfältig durchgeführte Düngung mit jährlich verabreichten, entsprechend hohen Düngergaben mit Kalium zu versorgen.

- Die Qualität der Tonmineralgesellschaften wirkt sich auch auf den Stickstoffhaushalt aus, weil die Ammonium-Ionen ähnlich gebunden werden, wie die Kalium-Ionen. Unseren Untersuchungen zufolge besteht die Ähnlichkeit der Bindung nur bei Böden mit einem Illitgehalt von weniger als 30 %. In den übrigen Böden kann diesbezüglich ein bedeutender Unterschied vorkommen.
- Die Bindung der Ammonium-Ionen ist aus zwei Gesichtspunkten betrachtet bedeutsam: einerseits wird dadurch der Stickstoff in der Wurzelzone zurückgehalten, was eine gleichmäßige und andauernde Stickstoffversorgung sichert, andererseits verhindert oder vermindert sie das Auswaschen des Stickstoffes und verringert somit die Wahrscheinlichkeit der Verschmutzung des Grundwassers. Laut Bodenkarte fällt das Gebiet der N-bindenden Böden mit demjenigen der K-bindenden Böden zusammen.
- Sowohl in Modellversuchen, wie auch in Gefäß- und Kleinparzellenversuchen hat es sich erwiesen, daß in Böden, mit einem hohen Smectitgehalt eine größere Menge von Silikat-Ionen freigelegt wird, als in Gegenwart von anderen Tonmineralgesellschaften. Die Verwertung der Phosphatdünger wird durch diese Tatsache günstig beeinflußt. Wenn also der Boden keinen kohlen-sauren Kalk enthält und in diese Kategorie eingereiht werden kann, kann man auch mit weniger Phosphordünger eine gute Düngewirkung erzielen.
- Nach unseren Versuchen hat die Bindung der Kalium- oder Ammonium-Ionen innerhalb des Kristallgitters eine Änderung der Eigenschaften des Sorbenten zur Folge. Dies ist mit der Bildung von Kaliumsmectiten - bzw. seltener von Ammoniumsmectiten - aus Smectiten zu erklären, welche letztere sich eine Zeit lang den Illiten ähnlich verhalten. Wenn hingegen infolge Auslaugung

oder Nährstoffaufnahme die Anzahl der im Gitterzwischenraum gebundenen, eine Schrumpfung hervorrufenden Ionen abnimmt, entspricht ihr Betragen dem der Smectite. Daraus folgt, daß die Düngung - oder nach einer längeren Zeit auch die natürlichen bodendynamischen Vorgänge - das Betragen, ja sogar die Zusammensetzung der Tonmineralgesellschaften verändert. Diese Änderung ist aber reversibel. Daraus folgt, daß bei Lenkung (Planung) der Mineraldüngung auf eine längere Sicht mit einer geringeren Veränderung der Tonminerale gerechnet werden muß.

- Von der Zusammensetzung der Tonmineralgesellschaften hängt auch die Qualität und das Betragen des Humus im Boden ab. Die Smectite gehen mit dem Humus in eine stärkere organomineralische Bindung ein als andere Minerale. Die so gebundenen Humusstoffe verändern nicht nur die Bodenfarbe in schwarz oder dunkelgrau, sondern sie schalten einerseits die Humusstoffe aus den biologischen Vorgängen aus, andererseits hemmen sie die günstige Einwirkung der Humusstoffe (Nährstoffadsorption, Wasserbindung). Die andauernde Bindung fördert hingegen die Beständigkeit der Bodenstruktur, wie wir dies bei den viel Smectit beinhaltenden schwarzen "Nyirok"-Böden und den lehmigen Wiesenböden nachgewiesen haben.
- Die Untersuchung der Bodenprofile, die zwecks Herstellung der Landes-Tonminerkarte freigelegt wurden, hat die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, daß der Nährstoffhaushalt der unterhalb der Ackerkrume aber noch innerhalb der Wurzelzone liegenden Bodenschicht von demjenigen des Oberbodens abweicht, und daß diese Schicht zumeist weniger leichtlösliche Nährstoffe enthält als die Ackerkrume, ja sogar weniger als die darunter liegenden Horizonte. Dies muß bei den Düngungsvorgängen in Betracht genommen werden.
- Betrachten wir in welchem Maße in den gegenwärtigen Mineraldüngungsdirektiven (PATÓCS I., 1987) die obigen Folgerungen zur Geltung kommen, können wir nicht zufrieden sein. Der Einfluß der Tonminerale und überhaupt der Minerale kommt nur indirekt zur Geltung. Die als Ausgangspunkt der Düngerberatung dienenden sechs Standortkategorien der Ackerböden geben zwar die vom

Standpunkt der Düngung aus gesehen für gleich zu beurteilenden Böden nach ihrem genetischen Typ und Subtyp an, doch fallen diese mit den Einheiten unserer Karten annähernd zusammen.

- Die Tschernosemen der Kategorie I sind alle zu den illite enthaltenden Böden zu zählen, die Waldböden der Kategorie II gehören auch zu den illithaltigen Böden, falls sie auf Löß entstanden sind; spielen aber die Verwitterungsprodukte des Andesits, Basalts oder Ryolits in ihrem Ausgangsgestein eine bedeutendere Rolle, so sind sie zu den Smectite enthaltenden Böden einzustufen. Die dominanten Tonminerale der lehmigen, hydromorphen Böden der Kategorien III und V gehören zumeist zu den Smectiten, während bei den Sandböden der Kategorie IV der Einfluß der Tonminerale auf die Düngung nur eine untergeordnete Rolle spielt. Bei den Böden der Kategorie VI, die eine geringe Ackerkrume mit viel Steinen und Kies aufweisen, bestimmt nicht die Zusammensetzung der Tonminerale, sondern der geringe Anteil des Bodens - d.h. der Ackerkrume - die durch Düngung erreichbaren Resultate. Da aber bei der Bewertung der Al-löslichen P- und K-Angaben die zur Feststellung der Nährstoffversorgung dienenden Grenzwerte je Kategorie verschieden sind, kommen auch heute bei der Bestimmung der notwendigen Düngergaben die sich aus der Mineralzusammensetzung der Böden ergebenden Gesichtspunkte - wenn auch verhüllt - zur Geltung.
- Die weitere Richtung der Entwicklung bedeuten: ein umfassender Übergang zu dynamischen Untersuchungen, sowie das Einbauen der Mineralzusammensetzung der Böden in die Computerprogramme. Gegenwärtig laufen Gefäß- und Feldversuche im Interesse der numerischen Bestimmung der Zusammenhänge.

Literatur:

BARANYAI; F., FEKETE, A., KOVÁCS, I. 1987:

A magyarországi talajtápanyag-vizsgálatok eredményei.

(Untersuchungsergebnisse der Nährstoffe in den Böden Ungarns)

Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 189.

DEBRECZENI B. 1985:

Research in agricultural chemistry in Hungary.

(Agrochemische Forschung in Ungarn)

Agrokémia és Talajtan, 34. Suppl. 120-124 p.

ELEK É., PATÓCS I. 1984:

A magyarországi I. talajvizsgáló ciklus eredményeinek értékelése.

(Auswertung der Resultate des Bodenuntersuchungszyklus I in Ungarn)

MEM-NAK kiadás, Budapest. p. 108.

KÁDÁR I., SARKADI J., THAMM B. 1985:

Some factors influencing the fertilizer requirement of winter wheat.

(Den Düngerbedarf des Winterweizens beeinflussende Faktoren)

Agrokémia és Talajtan, 34. Suppl. 95-103 p.

MÉM NÖVÉNYVÉDELMI ÉS AGROKÉMIAI KÖZPONT 1986:

Az őszi búza 1984/1985. évi termesztésének főbb tapasztalatai.

(Die wichtigsten Erfahrungen bei dem Anbau von Winterweizen im Wirtschaftsjahr 1984/1985)

MEM-NAK kiadás, Budapest. p.66 .

PATÓCS I RED: 1987:

Új műtrágyázási irányelvek.

(Neue Mineraldüngungsrichtlinien)

MEM-NAK kiadás, Budapest. p. 102.

SARKADI J. 1975:

A műtrágyaigény becslésének módszerei.

(Methoden zur Schätzung des Mineraldüngerbedarfes)

Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p. 250.

SARKADI J., BALLA A., MILAY E. 1985:

Műtrágyázási tartamkísérletek eredményei egy mezőföldi
mészlepedékes csernozjom talajon. II. K-hatások az
öszibúza-kísérletekben.

(Resultate von Düngungsdauerversuchen auf einem Tschernosemboden
mit Kalkhüllen. II. K-Wirkungen in Winterweizenversuchen)

Agrokémia és Talajtan, 34. 130-136 p.

STEFANOVITS P., BEYER H., BODOR P., DOMBÓVÁRI L. 1984:

A map of soil clay minerals and its use in expert consulting on
fertilization.

(Eine Tonmineralkarte der Böden und ihre Anwendung in der Dünger-
beratung)

Proc. 9th CIEC World Fertilizer Congr. 1984. Budapest. Vol. 1.
49-52 p.

STEFANOVITS P., JÁKI I. 1984:

Conclusions from a study on potassium desorption.

(Folgerungen einer Studie über Kaliumdesorption)

Proc. 9th CIEC World Fertilizer Congr. 1984. Budapest. Vol. 2.
497-502 p.

STEFANOVITS P. 1985:

Clay mineral content of soils and fertilizer use.

(Tonmineralgehalt der Böden und Düngeraufwand)

Agrokémia és Talajtan, 34. Suppl. 65-72 p.

STEFANOVITS P., DOMBÓVÁRI L. 1985:

A talajok agyagásvány-társulásainak térképe.

(Karte der Tonmineralgesellschaften in den Böden Ungarns)

Agrokémia és Talajtan, 34. 371-330 p.

STEFANOVITS P., KÁLMÁN A., KÓNYA K. 1985:

Hazai talajok K-szolgáltató és K-kötő ásványainak aránya.

(Verhältnis der K-liefernden und K-bindenden Minerale in den
Böden Ungarns)

Agrokémia és Talajtan, 34. 331-342 p.

STEFANOVITS P., DOMBÓVÁRI L. 1987:

Az agyagásványok szerepe a talajok nitrogén gazdálkodásában.

(Rolle der Tonminerale im Stickstoffhaushalt der Böden).

Növénytermelés, 36. 269-278 p.

Anschrift des Verfassers:

O. Univ.-Prof. Dr. Stefanovits Pál
University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Páter Károly u.1
H - 2103 Gödöllő

Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., H. 38, S. 65-77, 1989

**Ursachen und Auswirkungen von Strukturschäden unter besonderer
Berücksichtigung methodischer Aspekte**

von R. Horn

(Vortrag, gehalten am 20. April 1988)

Einführung

Die Frage nach der mechanischen Belastbarkeit von Böden als Pflanzenstandort ist im Zeitalter ständig steigender Schlepperleistungen und -gewichte vor allem für die Landwirte von immer größer werdender Bedeutung, da das Ziel ihrer Feldarbeit die Herstellung von für die Pflanzen optimalen Standortverhältnissen im gesamten Bodenaufbau sein muß. Der Boden als Pflanzenstandort dient zum einen der mechanischen Verankerung der Wurzeln, zum anderen aber auch als Wasser-, Nährstoff-, Luft- und Wärmespeicher für die Pflanzen.

Verfügt der Boden über einen zu geringen Anteil an Mittel- und engen Grobporen, die pflanzenverfügbares Wasser enthalten, dann wird in Abhängigkeit von den klimatischen und hydrologischen Gegebenheiten wegen einer zu geringen Wasseraufnahme auch der Nährstofftransport zur Wurzel und Weiterleitung in der Pflanze behindert. Grobporenarme Standorte weisen hingegen häufig Luftmangel auf, wodurch

1. die aktive Nährstoffaufnahme in die Wurzel,
2. die Nährstoffverringerung aus dem Boden durch Valenzwechsel und anschließender Tiefensickerung und
3. die Gasdiffusion

behindert werden.

Wird der Boden schließlich zu fest, so daß der Eindringwiderstand den von Pflanzen aufbringbaren Wurzeldruck von ca. 2,5 MPa übersteigt, dann wird die Durchwurzelung des Bodens behindert. Dies bedeutet aber auch, daß das potentielle Nährstoffangebot und auch die gegebenenfalls durch kapillaren Aufstieg zusätzlich verfügbaren Wassermengen nicht vollständig ausgeschöpft werden können. Der Zusammensetzung des Bodens aus der festen, flüssigen und gasförmigen Phase sowie deren Stabilität kommt somit ein entscheidender Einfluß bei der Nutzung des Bodens als Pflanzenstandort zu. Im Hinblick auf die Quantifizierung der mechanischen Belastbarkeit ist es daher notwendig, sowohl innere, d.h. bodeneigene, wie auch äußere Faktoren zu berücksichtigen. Als innere Faktoren sind u.a.

1. die Korngrößenverteilung,
2. die Gefügeform und -stabilität als Folge der
 - a) Kontraktion durch Quellung und Schrumpfung,
 - b) Vernetzung durch Wurzelhyphen, Huminstoffe,
 - c) Stabilisierung durch anorganische Stoffe,
3. die Lagerungsdichte,
4. die Porengrößenverteilung und Porenkontinuität,
5. der Wassergehalt des Bodens bzw. dessen Bindungskraft,
6. die organische Substanz sowie
7. die Tonmineralart und der Tongehalt

zu nennen.

Die Zusammensetzung des Bodens aus diesen Parametern führt unter den normalerweise im Boden vorkommenden Verhältnissen zu Lagerungsdichten, die geringer sind als es der sogenannten dichtesten Packung

entspricht. Die Erreichung dieser dichtesten Packung, bei der das Hohlraumvolumen minimal ist, geschieht, sieht man einmal von pedogen bedingten Stoffumlagerungen ab, durch von außen wirksamen Faktoren, die sich in

1. der Intensität der Auflast,
2. der Wirkungsweise des Druckes,
3. der zeitlichen Dauer der Belastung sowie
4. der Häufigkeit der Überfahrungen

unterscheiden.

Das Ausmaß, mit dem der aus den inneren Parametern des Bodens resultierende Widerstand eine von außen ausgebrachte Auflast zu kompensieren vermag, ist von den exogenen Faktoren abhängig. Beide Verdichtungsformen, d.h. sowohl die statische als auch die dynamische Komponente, führen im Boden stets zu einer Erhöhung der inneren Spannungen, so daß es im Falle der Überschreitung der Eigenstabilität zu Setzungen, d.h. zu Abnahmen des Hohlraumvolumens kommt, da bei den im Boden wirksamen Drücken aufgrund der sehr hohen Elastizitätsmoduli der festen Phase und des Wassers diese beiden selbst inkompressibel sind. Es ist allgemein bekannt, daß Böden mit Einzelkornstruktur umso stärker versacken und daher umso intensiver festigt werden können, je tonreicher, lockerer gelagert und humusärmer sie sind, wobei eine zusätzliche Austrocknung die Setzung weiter verringert (Abb.1).

Quellung und Schrumpfung, Verlagerungsprozesse, Fällung sowie biologische Prozesse führen hingegen in Böden zu Stabilisierung, die dazu beitragen, daß aggregierte Böden nicht nur eine höhere Festigkeit, dargestellt als Vorbelastung als Vergleich zu dem homogenen Bodensubstrat, aufweisen, sondern es läßt sich auch der Einfluß des Aggregierungsgrades sowie bei gleicher Aggregatform auch der Einfluß von Textur, Quellung, Schrumpfung sowie Aggregatalter aufzeigen (Abb.2). Der Wert für die Vorbelastung ist in Böden mit Kohärentstruktur kleiner als in solchen mit Prismen und kleiner als in solchen mit Polyedern, wobei allerdings bei gleichzeitig erhöhtem Tongehalt kleinere Werte bei gleichem Aggregierungsgrad ermittelt

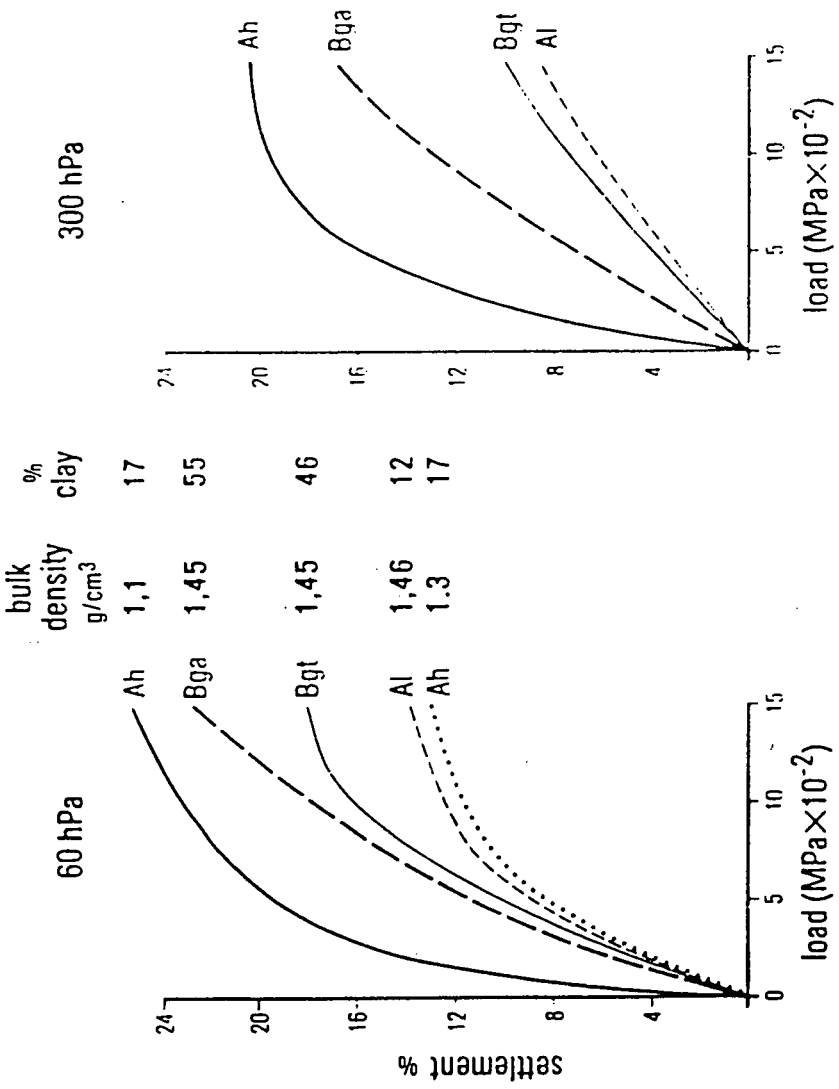


Abb. 1: Drucksetzungsverhalten in unterschiedlich texturierten Substraten in Abhängigkeit von der Auflast, Lagerungsdichte und Vorentwässerung (60, 300 hPa).

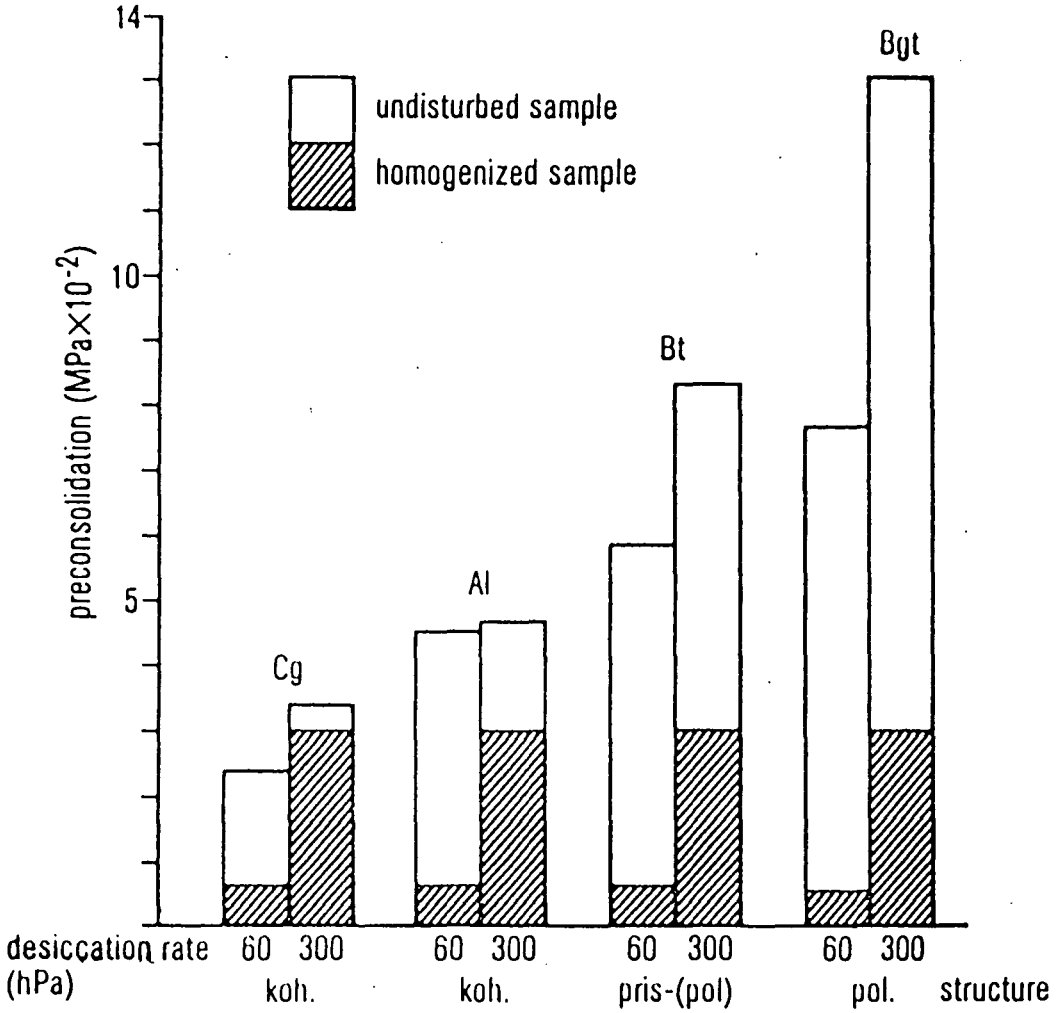


Abb.2: Einfluß des Bodengefüges für die Bodenstabilität (= Vorbelastung) in Abhängigkeit von dem Aggregierungsgrad und der Vorentwässerung.

werden. Diese quantifizierbare Festigkeit strukturierter Böden ist das Ergebnis einer zeitlich sehr langen Bodenentwicklung. Allerdings läßt sich eine Stabilitätserhöhung auch innerhalb weniger Wochen meßtechnisch nachweisen. Verringerte Bodenbearbeitung, wie sie z.B. im Minimumtillage- oder Zerotillage-Verfahren realisiert werden, führt ebenfalls zu einer deutlichen Stabilitätserhöhung im Vergleich zu den entsprechenden Meßwerten der konventionell bearbeiteten Parzellen.

Jede Setzung erfolgt stets zeitabhängig, denn Partikel müssen im Boden parallelisiert, abgerundet bzw. Aggregate zerbrochen werden, und außerdem muß freigepreßtes Wasser entsprechend der Wasserleitfähigkeit abgeführt werden. Daraus resultiert eine weitere kurzfristige Festigkeitserhöhung (Abb.3). In Sanden ist diese Stabilitätserhöhung bei insgesamt geringer Setzung vernachlässigbar klein, wo hingegen mit steigenden Tongehalten deutliche zeitliche Verzögerungen auftreten.

Der an der Oberfläche von z.B. Traktoren aufgebraachte Bodendruck breitet sich im Boden selbst in Abhängigkeit von der Aggregation, dem Vorentwässerungsgrad und der Auflast räumlich aus, wobei die Form der Druckzwiebeln mittels Konzentrationsfaktoren beschreibbar ist (Abb.4). Je höher dieser Wert ist, desto instabiler ist der Boden und desto tiefer reicht der Druck auf einen enger um die Lastfläche konzentrierten Bereich in den Boden. Dies bedeutet, daß nicht aggregierte Böden bei gleichem Vorentwässerungsgrad stets höhere Konzentrationswerte als Böden aufweisen mit einem ausgeprägten Bodengefüge, wobei diese Unterschiede umso größer werden, je stärker aggregiert der Boden tatsächlich ist. Allerdings ist die Intensität der Druckfortpflanzung auch von der Aufstands- oder Reifenkontaktfläche abhängig, denn bei gleichem Kontaktflächendruck werden Böden in umso tieferen Bodenbereichen verdichtet, je größer die Kontaktfläche ist. Außerdem sind in solchen stärker aggregierten Böden die durch Belastung induzierten Setzungen über einen größeren Auflastbereich hin reversibel. Schließlich wird aber das Bodengefüge auch durch die bereits erwähnten Partikelumorientierungen zusätzlich beeinflusst, wodurch u.a. eine Abnahme des Porenquerschnittes durch Partikeleinlagerung eingesetzt und es damit zu einer Abnahme der Poren-

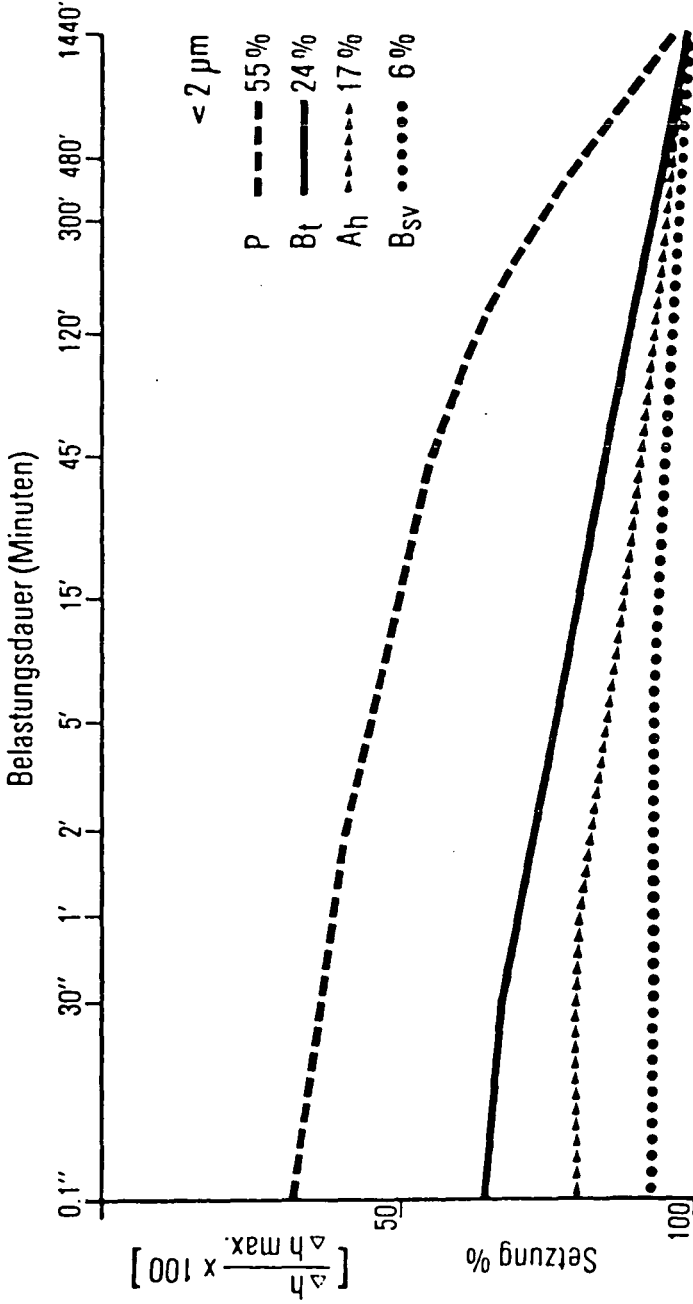


Abb. 3: Zeitsetzungsverhalten von Böden als Funktion des Tongehaltes (< 2 μm) bei konstanter Auflast 0.03 MPa und Entwässerungsgrad 60 cm WS.

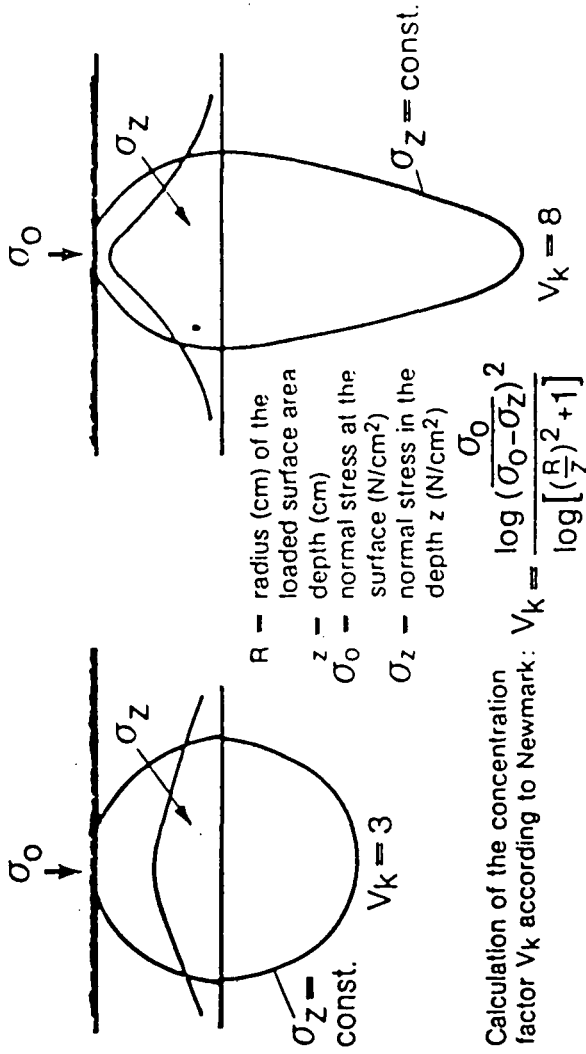


Abb. 4: Druckfortpflanzung in Böden unterschiedlicher Festigkeit (Konzentrationsfaktor).

kontinuität kommt. So führte eine einmalige Befahrung eines Paleustalfs in Australien mit einem Traktor, der einen Kontaktflächendruck von 1,1 bar besaß, nicht nur zu einer von außen direkt sichtbaren Spurbildung, sondern im Boden selbst bewirkten die Spannungsverhältnisse auch eine vertikale und horizontale Druckfortpflanzung, Bodenkompansionen sowie tangentielle Scherdeformationen bis in Tiefen von 30 cm ließen sich anhand der Spannungsmessungen im Boden verifizieren. Hierbei ist das Ausmaß der Deformation erneut abhängig von dem Aggregierungsgrad, denn wenn stabile Aggregate während des Schervorganges aufgrund deren Eigenstabilität übereinander hinweggerollt werden, dann ist eine Zunahme der Probenhöhe und damit eine Auflockerung des Bodens bei allerdings geringerer Porenkontinuität sogar die Folge. Allerdings führt in statisch verdichteten Proben eine horizontale Scherbewegung in Auflastbereichen, die den Wert der Vorbelastung übersteigen, sogar zu einer weiteren Verdichtung und damit einhergehenden Änderung des Gefügebauens. Wenn diese Scherbewegung im Boden in Gegenwart von zusätzlichem freiem Wasser abläuft, dann werden nicht nur die Aggregate zerknestet, sondern es lagert sich Wasser an die Partikel an und vermindert somit die Stabilität zusätzlich. Meßtechnisch läßt sich diese Stabilitätsänderung an steigenden Werten für den Porenwasserdruck und sinkenden Werten für die effektiven Spannungen in der Spannungsgleichung von Therzaghi mit Hilfe von Tensiometern und Druckmeßdosen nachweisen.

Fragt man vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse nach den Folgen zu hoher Belastung für z.B. das Pflanzenwachstum oder für die Boden-erosion, dann läßt sich nicht nur die Änderung des Luft- und Wasserhaushaltes sowie die Durchwurzelbarkeit und Nährstoffmobilisierung anführen, sondern gleichzeitig auch die wasserleitfähigkeits- und porenkontinuitätsabhängige Zunahme der Erosion. Mechanische Belastungen verursachen nicht nur die allgemein bekannten Gesamtabnahmen des Porenvolumens und Änderungen der Porengrößenverteilung zu kleineren Porendurchmessern hin, sondern mit der Abnahme des Interaggregatporenvolumens gewinnt das Interaggregatporensystem an Bedeutung. Damit wird aufgrund der kleineren Porendurchmesser im Aggregat nicht nur die Durchlüftung des Bodens verschlechtert, sondern gleichzeitig wird die Wasserbindung verstärkt und die Wassernachlieferung vor

allem im niedrigen Wasserspannungsbereich verzögert (Abb.5). Da im belebten Boden auch Redoxprozesse in Gegenwart von Kohlenstoff und entsprechenden Elektronenakzeptoren stets ablaufen, führt langfristige Wassersättigung auch aufgrund der sehr geringen Diffusionskoeffizienten in Einzelaggregaten zu deutlichen Redoxpotentialerniedrigungen mit der Folge von z.B. Eisen- und Manganmobilisierung (Abb. 6).

Schließlich wird das vom Bodengefüge deutlich beeinflusste Wurzelwachstum reduziert, wenn der Boden belastet wird, denn als Ergebnis der Hohlraumabnahme muß die Pflanzenwurzel nunmehr größere radiale und vertikale Drücke aufbringen. Je nach Porenkontinuität kommt dabei der direkte Einfluß der höheren Eindringwiderstände in Einzelaggregaten zum Tragen. Hinsichtlich der Wassererosion führt die Bodenverdichtung ebenfalls zu einer verstärkten Anfälligkeit der Standorte gegenüber Bodenverlusten. Unter bodenkundlicher Sicht wird in der Erosionsgleichung nach Wischmeier und Smith vor allem der K-Faktor und unter Berücksichtigung von pflanzenbaulichen Produktionsmaßnahmen außerdem die Parameter C und P beeinflusst. Je stärker das Bodengefüge komprimiert wird, umso stärker ist nicht nur die Abnahme des Porenvolumens insgesamt, sondern damit gleichzeitig verbunden ist auch die Abnahme z.B. der gesättigten Wasserleitfähigkeit und im Falle der Zerknetung der Aggregate auch das des Aggregatdurchmessers. Da außerdem die horizontale Plattenbildung als Ergebnis der teilweisen Elastizität nachweisbar ist, führt dies zu einer potentiellen Verstärkung des Bodenertrags.

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, daß zur Bestimmung der mechanischen Belastbarkeit von Böden folgende Kennwerte bekannt sein müssen:

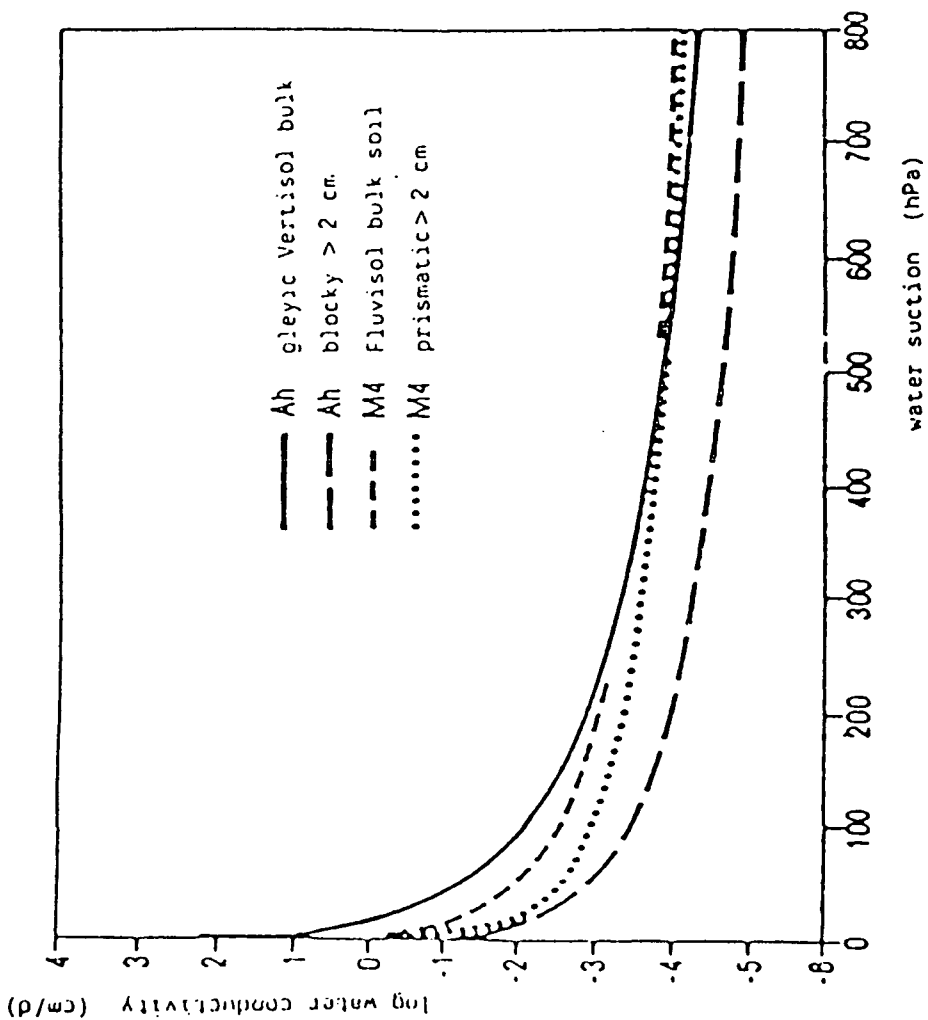


Abb. 5: Wasserspannungs-/ Wasserleitfähigkeitsbeziehung ungestörter Bodenproben sowie einzelner Aggregate.

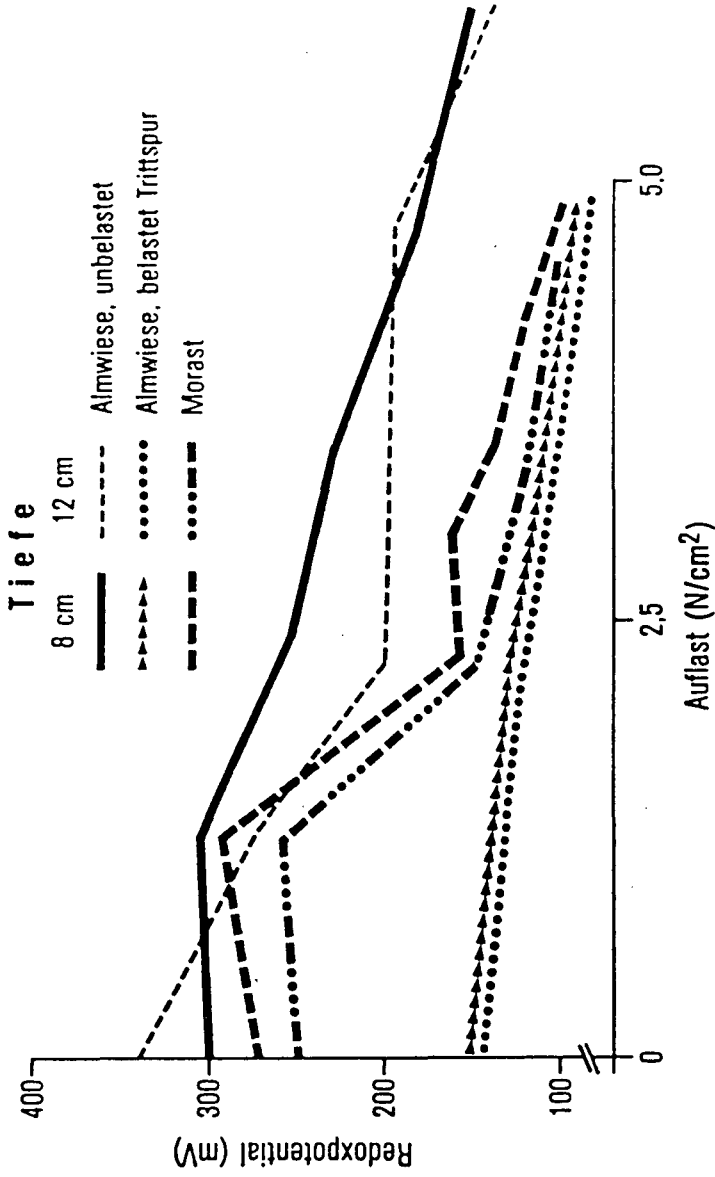


Abb. 6: Veränderung der Redoxpotentiale mit der Auflast in verschiedenen intensiv belasteten Böden und 2 Bodentiefen (Vorentwässerung 60 mbar)

1. Vorbelastung
 - abhängig von Struktur, Textur, Wasserspannung, Lagerungsdichte
2. Zeitsetzungsverhalten
 - Sofort-, Primär-, Sekundär-(setzung) abhängig von
 - Intensität und Art der Belastung
 - Bodenstruktur
 - Textur
 - Porung und Porenkontinuität
3. Druckfortpflanzung
 - abhängig von
 - Struktur
 - Textur
 - Wasserspannung
 - Auflast
 - Dauer und Häufigkeit der Belastung
 - Lastfläche und
4. Auflastabhängige Änderung physikalischer Bodeneigenschaften.

Anschrift des Verfassers:
Univ.-Prof. Dipl.Ing. Dr. R. Horn
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde
Olshausenstr. 40
Haus S 20 a
D-2300 K i e l

**Aktueller Forschungsstand der Bodenphysik unter
besonderer Berücksichtigung des Bodengefüges**

von K.H. Hartge

(Vortrag, gehalten am 16.11.1988)

1. Problemstellung

In den letzten Jahrzehnten haben die Möglichkeiten zur Veränderung des physikalischen Milieus von Pflanzenstandorten stark zugenommen. Das liegt einerseits an der Zunahme der verfügbaren Motorenkräfte, aber auch an der Weiterentwicklung der technischen Möglichkeiten beim Verdichten, Lockern, knetenden Verformen und Transportieren von Bodenmaterial.

Veränderungen dieser Art werden aber nicht nur absichtsvoll vorgenommen, sondern sie treten als Begleiterscheinungen der Verwendung von Maschinen auf und zwar um so mehr je schwerer und leistungsfähiger diese Maschinen sind.

Dabei stellt sich dann heraus, daß die Kenntnisse der physikalischen Basis, auf der die genannten Vorgänge - Verdichtung, Lockerung, Verformung, Transport - ablaufen, im Bereich der klassischen Bodenkunde oft relativ schwach sind.

Dies fällt besonders auf, wenn man diesen Zustand mit der Situation im Bereich der Bodenchemie vergleicht. Der Unterschied wird u.a. da-

durch deutlich, daß es zwar einen Ausdruck "Agrikulturchemie" gibt, daß aber das Pendant dazu "Agrukulturphysik" kein gängiger terminus technicus ist.

Dieser Sachverhalt legt den Verdacht nahe, daß das chemische Milieu für die Pflanzenproduktion wichtiger sei als das physikalische. Ein solcher Gedankengang ist aber falsch. Mangel an Atemluft für die Wurzeln oder an Wasser bringen jeden Pflanzenwuchs viel schneller zum Erliegen als Mängel in der Nährstoffversorgung oder die im Laufe eines Jahres auftretenden pH-Schwankungen.

Weil aber Luft- und Wasserhaushalt primär wichtige Größen sind, wurden sie schon zu Beginn des Pflanzenbaus in der Kulturgeschichte des Menschen vor langer Zeit vorrangig beachtet. Dies geschah durch die früher einzig mögliche Maßnahme, nämlich die Auswahl der Flächen und die Anpassung der Anbaumethoden.

Insofern stehen wir mit der Bodenphysik vor einer vollständig neuen Situation, nämlich einer zweiten Ebene mit höherem Komplexitätsgrad als die primäre Ebene der Bodenchemie.

2. Milieuanprüche der Kulturpflanzen an den Boden

Die Wurzeln der höheren Pflanzen sind Organe, die im Verlaufe der Stammesgeschichte der Entwicklung entstanden sind, als die Pflanzen sich Standorten anpaßten, die immer weiter vom Grundwasser entfernt waren (Abb.1). Die Anpassung lief darauf hinaus, daß die Wurzeln die Unregelmäßigkeit der Niederschlagszufuhr dadurch kompensierten, daß sie im Boden festgehaltenes Wasser zu entziehen "lernten".

Das im Boden gebundene Wasser ist nun nicht als geschlossener Körper über das gesamte Porenvolumen verteilt sondern füllt - in Abhängigkeit von seiner Menge - jeweils die engsten Poren aus. Die größten Poren sind also stets wasserfrei, d.h. voll Luft. Diese auf dem Gesetz des kapillaren Aufstiegs beruhende Verteilung führt dazu, daß die Konzentration der Bodenluft auf wenige große Hohlräume um so deutlicher wird, je tiefer man im Bodenprofil nach unten vordringt

Abbildung 1:

Die stammesgeschichtliche Entwicklung des Wurzelsystems der Pflanzen zielt auf die Verbesserung der Überlebensmöglichkeiten bei unsicherer Wasserversorgung hin

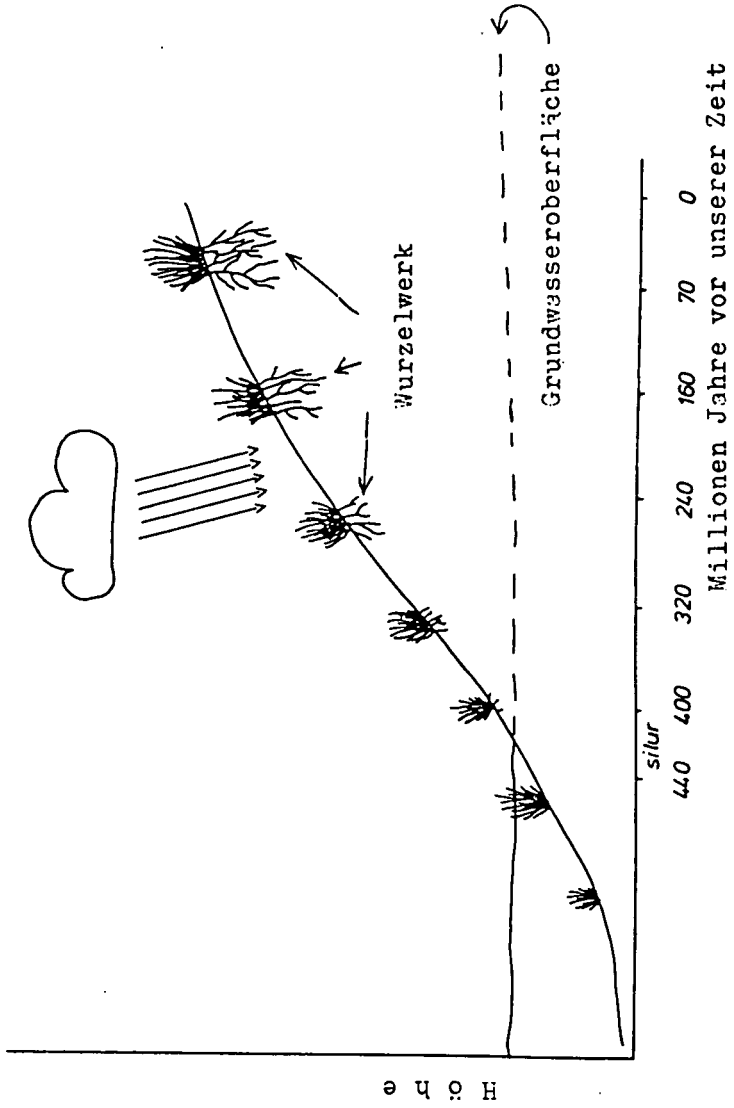
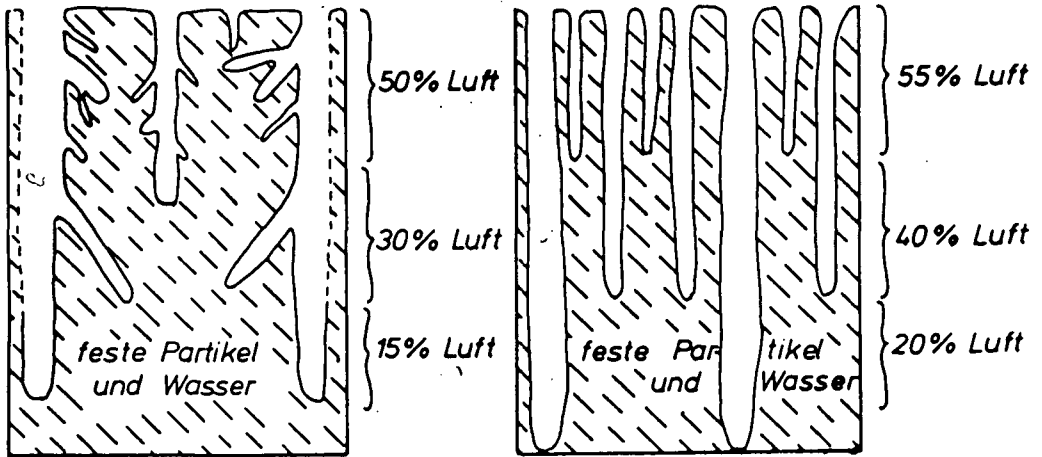


Abbildung 2:

Luftverteilung im Boden auf verschiedene Porengrößenbereiche. Je tiefer (= grundwassernäher), desto mehr ist das Luftvolumen auf wenige grobe Poren konzentriert



(Abb. 2). Es ist daher naheliegend anzunehmen, daß mit zunehmender Tiefe die geometrische Erreichbarkeit von Wasser und Nährstoffen für die Wurzeln abnimmt.

Die Wasser- und Luftversorgung wird außer durch die beschriebene Verteilung noch dadurch beeinflusst, daß das im Boden gebundene Wasser unter einem, im Vergleich zur atmosphärischen Luft, geringen Druck steht (Abb. 3).

Damit im Zusammenhang ist dieses Wasser gasärmer als freies Wasser - somit auch sauerstoffärmer. Ein großer zusammenhängender Körper aus gebundenem Wasser, z.B. in einem feinkörnigen Boden, ist daher luftärmer und somit für Wurzeln noch weniger durchdringbar als ein zusammenhängender Körper aus freiem Wasser, vor allem, wenn dieser sich bewegt, so daß die Strömungen die Volumenanteile eines jeden Raumsegmentes austauscht.

Ein weiterer wichtiger Sachverhalt liegt darin, daß die Wurzeln und alle heterotrophen Mikroorganismen Sauerstoff für die Atmung nur über kontinuierliche Luftverbindung zur Atmosphäre hin erhalten (Abb. 2). Der Sauerstoff gelangt im wesentlichen durch Diffusion, kaum durch Massenfluß in den Boden. Sein Weg durch das unter Spannung stehende Haftwasser des Bodens ist durch dessen geringe Gasaufnahmefähigkeit und den sowieso um das 10⁴fache gegenüber Luft geringeren Diffusionskoeffizienten für Sauerstoff in Wasser behindert.

Allseitig von Wasser umgebene Gasblasen im Boden enthalten daher selten Sauerstoff oder verlieren ihn schnell.

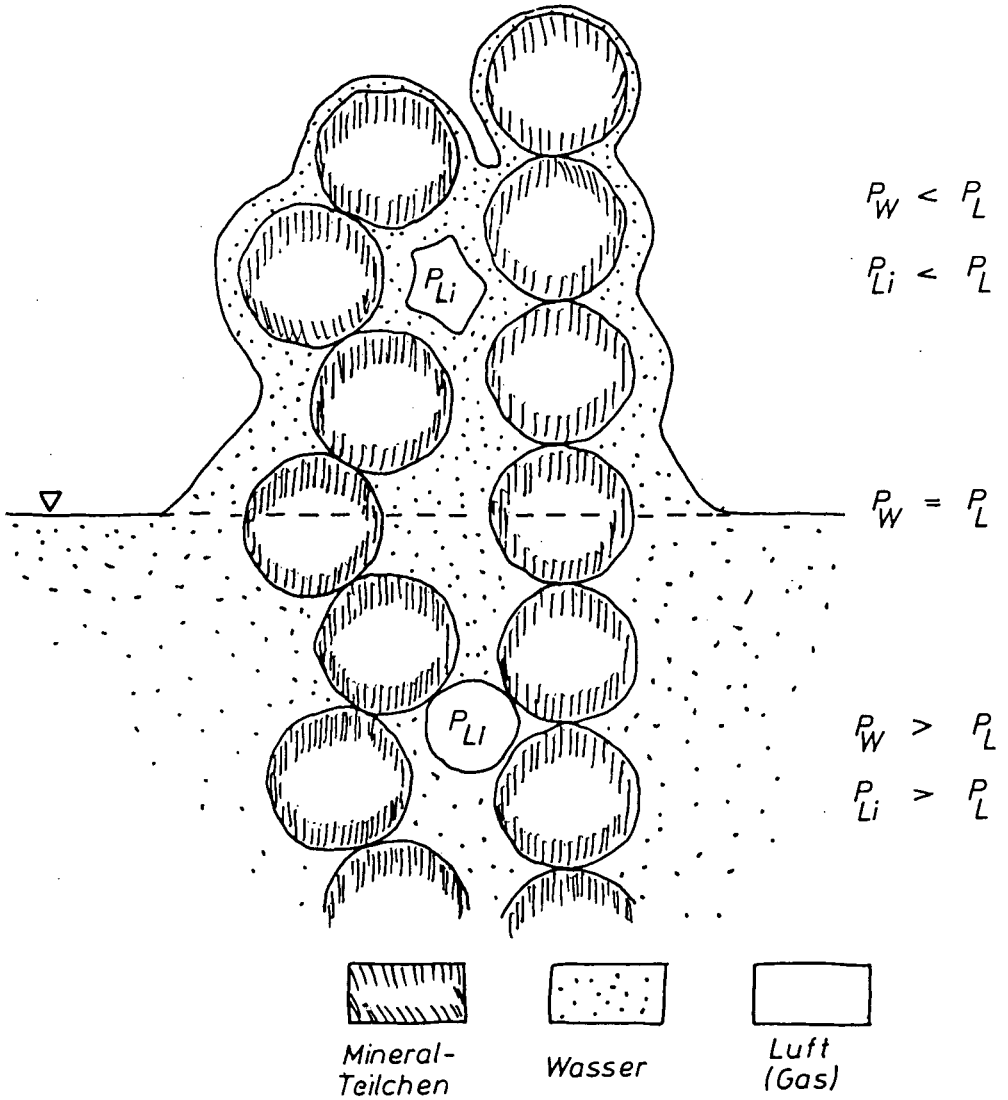
3. Das mechanische System

Für nun fällige grundsätzliche Betrachtung der physikalischen Bodeneigenschaften kann man von einem ganz stark verallgemeinerten System ausgehen - einem geschütteten körnigen Haufwerk.

Ein solches Haufwerk nimmt Raum ein und zwar zunächst in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Körner wie Formen und Größenverteilung.

Abbildung 3:

Je höher sich das Bodenwasser oberhalb der Grundwasseroberfläche ($P_W = P_L$) befindet, desto dünner werden die Filme, desto gasärmer wird das Wasser



Ebenso wichtig sind aber äußere Faktoren wie vor allem das Eigengewicht, daneben der Wassergehalt und darüber hinaus vorübergehende komprimierende Belastungen bzw. deren Änderungen.

In einem solchen Schüttwerk ist das Volumen nur zum Teil mit den Körnern angefüllt, der Rest sind Hohlräume. Diese sind es, die eine Volumenveränderung unter dem Einfluß der vorhin genannten Faktoren ermöglichen.

Volumenabnahmen und -zunahmen

Eine Volumenabnahme des Gesamtsystems ist mit einer Volumenabnahme der Hohlraumanteile verbunden. Parallel dazu verläuft eine Annäherung der Körner des Haufwerks aneinander und damit eine Zunahme der Zahl der Berührungspunkte zwischen den Körnern. Da unter Freilandbedingungen der Boden - und somit das Schüttwerk - seitlich und zur Tiefe hin nie deutlich begrenzt ist, äußert sich eine Volumenabnahme im Absinken der Bodenoberfläche bzw. Geländeoberkante.

Ursachen für Volumenabnahmen sind die Zunahme der in allen Richtungen des Raumes wirkenden Kräfte. Das können zusätzlich aufgebraachte Bodenschichten sein oder vorübergehende Lasten wie Fahrzeuge, Tiere aber auch Bäume.

Derjenige Anteil der Volumenabnahme, der durch Verschiebung von Körnern - oder von Aggregaten - hervorgerufen wurde, ist nach der Entlastung, also nach dem Abklingen der Kräfte, nicht reversibel. Denn es fehlt eine Kraft, die jedes einzelne Korn aus seiner Position wieder in die ursprüngliche meist höherliegende zurücktransportiert.

Außer diesem plastischen Teil der Verformung gibt es noch einen elastischen, der durch Verformen (z.B. durch Verbiegen) von Bodenteilchen bei Lastzunahme bedingt ist. Dieser Anteil ist nach einer Entlastung reversibel. Er ist aber im Vergleich zur plastischen Verformung meistens unbedeutend.

Der entgegengesetzte Vorgang, die Volumenzunahme, ist durch eine Zunahme der Hohlraumanteile und damit parallel mit einer Abnahme der

Kontaktpunkte je Korn verbunden. Eine Volumenzunahme bedeutet, wegen der beschriebenen Situation des Bodens, eine Anhebung der Bodenoberkante. Denn nur nach oben ist in dem "unendlichen Halbraum" Platz zur Ausdehnung, ohne daß Nachbarbereiche komprimiert werden.

Als Ursache für eine solche Anhebung von Körnern oder ganzen Körnergruppen kommen eine Anzahl von Kräften in Frage, deren Wirksamkeit unter dem Begriff "Pedoturbation" zusammengefaßt wird. Dazu gehören: Tiertätigkeit, Wurzelwirkung (Dickenwachstum und Stützbewegungen bei windbeanspruchten Gehölzen) (= Bioturbation), Eisnadel- und Eislinnenbildung (Kryoturbation), Quellungsvorgänge (selten, in geringen Ausmaß) sowie vom Menschen induzierte Einflüsse wie Bearbeitung (Anthropoturbation).

Die beiden gegenläufigen Vorgänge lassen sich gemeinsam durch die "Drucksetzungskurve" darstellen (Abb.4).

Die Kurve läßt erkennen, daß eine Entlastung (Verkleinerung von σ_z) allein den Porenanteil (= Porenziffer (ϵ) = $V_{\text{poren}} : V_{\text{fest}}$) kaum wesentlich ansteigen läßt. Der Zustand des Bodens, der durch die Hysteresis-Schleifen dargestellt ist, heißt vorverdichtet. Dem steht der Zustand der Normalverdichtung gegenüber. Er ist durch den in der Abb.4 linearen Teil der Kurve gekennzeichnet. Er gibt den Porenanteil an, der bei erstmaligem Auftreten einer Last entsteht. Daher heißt diese Kurve die Erstverdichtungskurve.

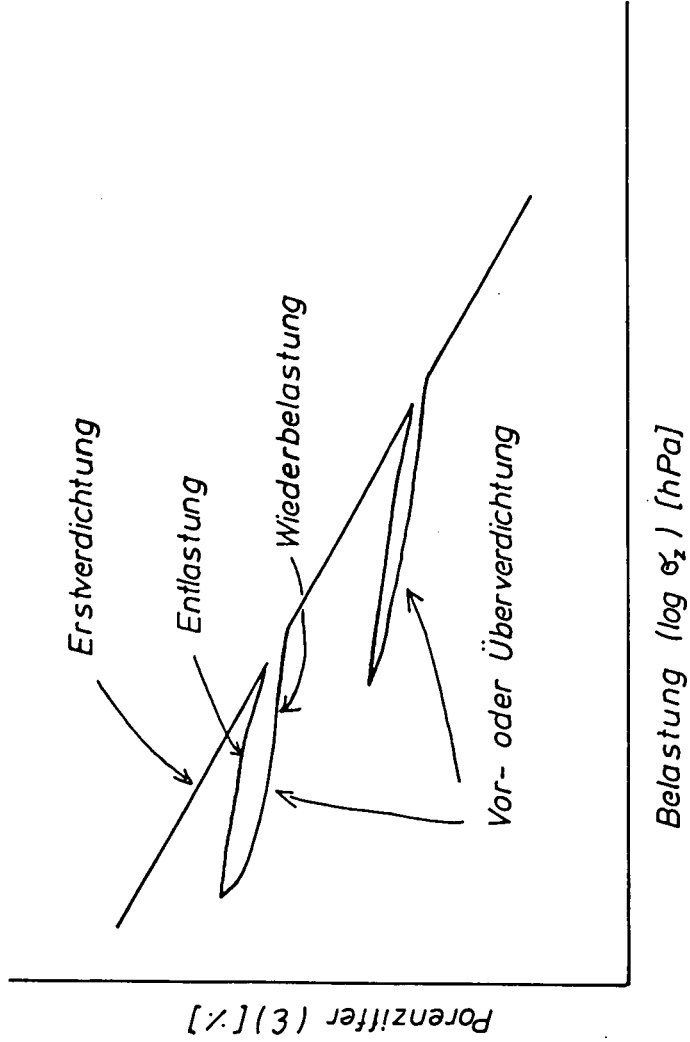
In diesem Konzept gibt es keinen "nicht verdichteten" Zustand. Denn alle Körner, außer den allerobersten, liegen mindestens unter der verdichtenden Last der darüberliegenden.

Heterogenisierung und Homogenisierung

Weder Hebung noch Senkung der Bodenoberfläche erfolgen durch ganz gleichmäßige Lageveränderung aller Körner. Vielmehr erfolgen Hebungen meist durch lokal eng begrenztes Graben von Tieren, Baumwurf, Schwanken und Fallen von Bäumen. Dies, wie auch Kontraktionen durch Wasserentzug führen zu Ribbildungen. In beiden Fällen entstehen Sekundärporen (Risse, Röhren), an deren Rändern die Körner weniger

Abbildung 4:

Drucksetzungskurve, deren Erstverdichtungsgerade bei Entlastung in Hysteresisschleifen übergeht



Berührungspunkte mit Nachbarn haben als die anderen. Sie sind daher bei Lastzunahme auch leichter beweglich. Das führt dazu, daß die Risse und Röhren bei Volumenabnahmen zerstört werden, ehe die Kontaktzahlen der anderen Partikel zunehmen.

Anders ausgedrückt: Es werden alle Interaggregatporen zerstört, danach erst werden Aggregate selbst verdichtet.

Durch Lastzunahmen können Risse und Röhren besonders leicht zerstört werden, wenn sie luftgefüllt sind. Wenn sie wassergefüllt sind, ist ein verdichtendes Zerdrücken nur bei langer Belastung möglich. Die für eine solche Last notwendige Verlagerung der Körner mit geringen Kontaktzahlen erfolgt daher durch knetendes Verformen (Abb.5). Es führt zu einer Veränderung der Porengrößenverteilung, weil alle großen Hohlräume verschwunden sind.

Die Auswirkungen auf die pflanzenbaulichen Standorteigenschaften sind in solch einem Falle viel gravierender als die Volumenveränderung, weil die luftführenden Poren dabei wegfallen (Abb.2).

Der Lufthaushalt

Die beschriebene Lockerung (= Hebung), Verdichtung (= Absenkung) und Homogenisierungsvorgänge beeinflussen den Lufthaushalt eines Bodens um so stärker, je feinkörniger er ist. Denn mit feiner werdenden Körnung ist die Luftzufuhr zum Unterboden immer stärker vom Vorhandensein von riß- oder röhrenförmigen Sekundärporen abhängig. Da die Rißsysteme im Boden gleichzeitig die Grenzen der Aggregate sind, ist die Beschreibung der Aggregierung stets gleichzeitig eine Beschreibung eines Sekundärporensystemes.

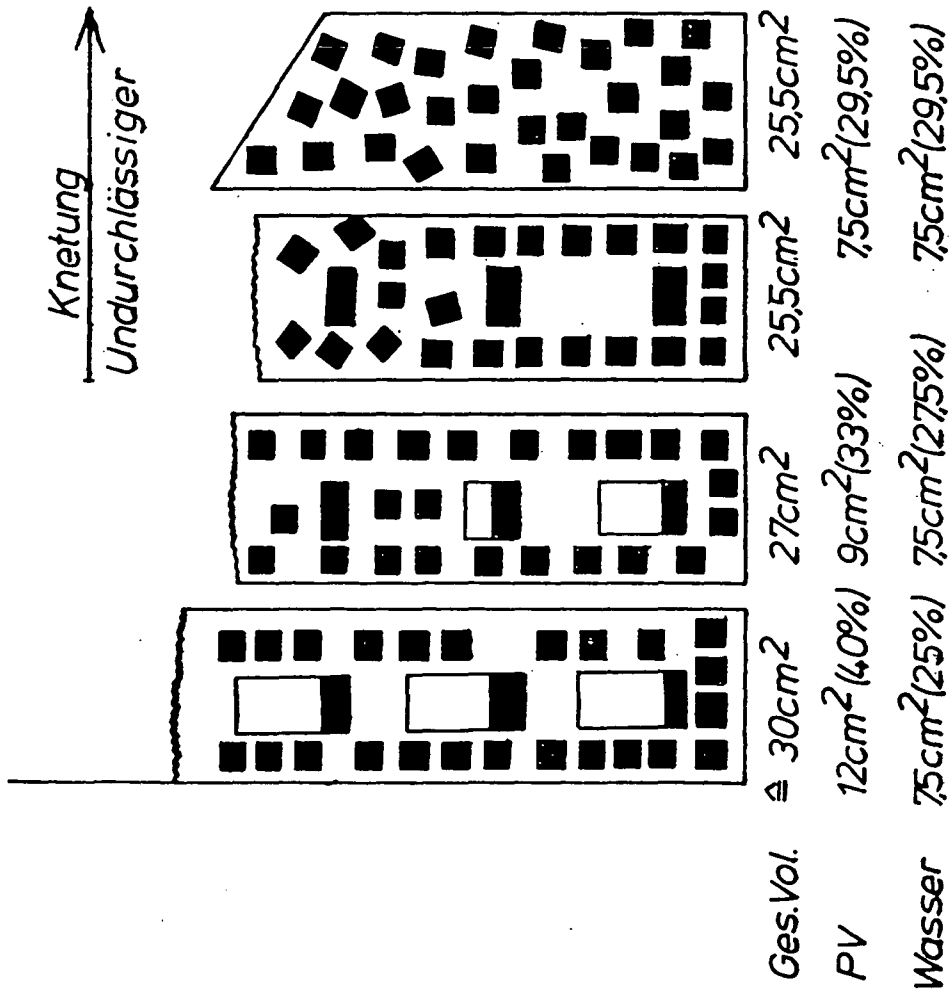
Strukturstabilität und Aggregatstabilität

Diese beiden Begriffe, von denen der erste den Gesamtverband in einem Bodenprofil, der zweite jeweils einzelne Aggregate betrifft, müssen im Rahmen der Vorstellung von einem Kräftesystem gesehen werden.

Die angreifenden Kräfte können über die feste oder die flüssige Phase auf einen Kontaktpunkt übertragen werden, an dem wiederum Kohäsion

Abbildung 5:

Durch kurzzeitige Belastung (Überfahren) wird zunächst Luft ausgepreßt, mithin größte Poren zerstört. Bei weiterer Belastung steigt der Druck im Porenwasser stärker an. Das führt zu knetender Verformung und Zerstörung der letzten pedogenen Grobporen (Sekundärporen)



und Reibung wirksam werden. Das System setzt Veränderungen der an-greifenden Kräfte Reaktionskräfte entgegen, deren mögliches Ausmaß darüber entscheidet, ob die Stabilität erhalten bleibt, d.h. ob ein Aggregat oder ein Bodenprofil "stabil" ist (Abb.6)

Lagerungscharakteristik von Freilandböden

In Anbetracht der Bedeutung der Last der darüberliegenden Schichten für den Verdichtungszustand einer jeden Tiefenzone, ist der Betrag des Porenanteils einer einzigen Tiefe im Boden wenig aussagekräftig.

Eine größere Aussagefähigkeit hat der Verlauf der Veränderung der Lagerung mit der Tiefe (Abb.7). Untersuchungen von mehreren hundert Bodenprofilen zeigten, daß nicht genutzte Böden, in denen Pedoturba-tion die Lagerung bedingt, lineare Kurven ergeben, wenn man die Porenziffer gegen den Logarithmus der Last des ofentrockenen Bodens aufträgt. Dieser Kurvenverlauf wurde bisher für alle terrestrischen Böden der verschiedensten Klimazonen festgestellt. Die pedoturbate Lockerung reicht hier oft in den C-Horizont eines Profiles hinein.

Nur Podsole und einige Parabraunerden zeigen im Oberboden ein Abknicken (= zu kleine Porenziffern), die als Folge eines Einsturzes eines früher lockerer gelagerten Gefüges gelten müssen.

Alle Nutzungen führen zu einem ähnlichen Abknicken der Lagerungs-charakteristik an ihrem linken Ende (Abb.7). Diese Kurven sind analog zu den Vorverdichtungsschleifen der Drucksetzungskurve (Abb.4).

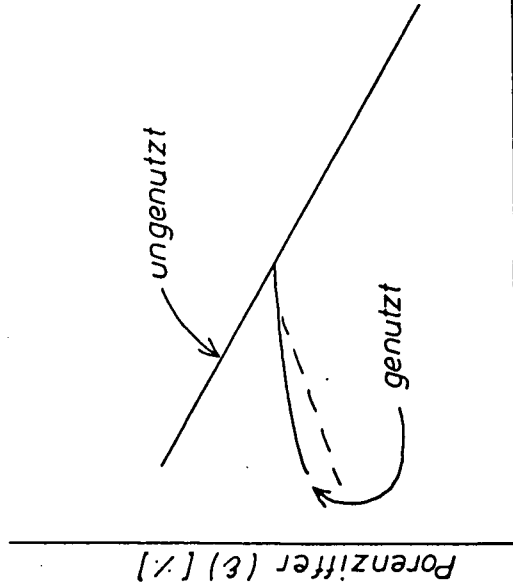
Diese Gesetzmäßigkeit ist an Böden gebunden, die auf vorverdichtetem Ausgangsmaterial entstanden sind. Marschen sowie viele Auen und Gleie gehören offenbar nicht zu diesen.

4. Die flächenhafte Erfassung des Gefügezustandes

Da der Gefügezustand eine Funktion des Porenanteils und der Poren-größenverteilung ist, ist er nicht an Mischproben bestimmbar, sondern nur an volumentreu entnommenen Proben.

Abbildung 7:

Lagerungskurven. In ungenutzten Böden erzeugt Pedoturbation einen der Normalverdichtung analogen Zustand. In genutzten Böden liegt stets ein der Überkonsolidierung analoger Zustand vor.



vertikaler Bodendruck ($\log \sigma_v$) [hPa]

Resultierende
aus Gewicht (1)
Feststofflast (2)
Strömungsdruck (3)
und Cohäsion (4)

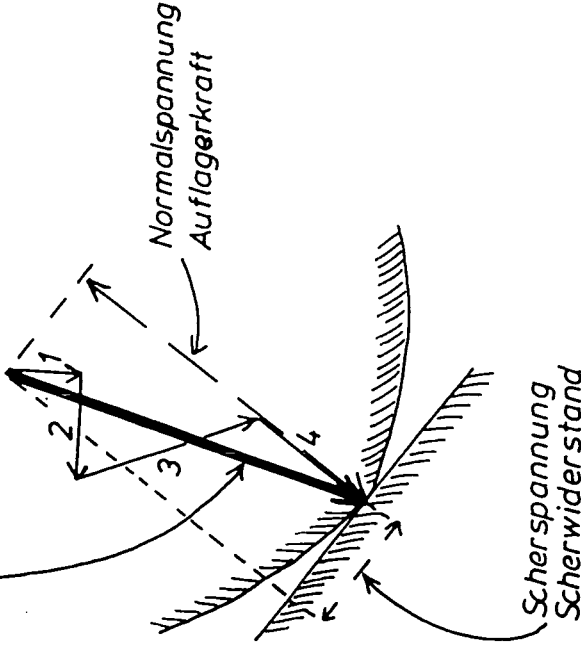


Abbildung 6:

Kräftesystem in Bezug auf ein Korn - Korn Kontakt und seine Aufteilung in die Normal (= Auflager) - und die Tangentialkomponente (Scherwiderstand)

Dieser Umstand und die Tatsache, daß die Lagerungscharakteristik bis in ca. 100 cm Tiefe bestimmt werden muß um einen Boden ausreichend zu charakterisieren, macht es unmöglich auf einer Fläche, die für Signifikanz eines Ergebnisses nötige Anzahl von Parallelmessungen zu machen.

Als Ausweg aus dieser Kalamität bieten sich zweistufige Arbeitsweisen an, bei denen mit der ersten Stufe eine wenig spezifische Aussage gemacht wird, die nur auf das Auffinden einer für die Volumenuntersuchung geeignete Lokalität hinzielen.

Hier kommt in erster Linie die Penetrometrie in Frage. Mit Hilfe der Eindringwiderstände, die über die Fläche verteilt schnell meßbar sind, kann festgestellt werden wo flächenrepräsentative oder extreme Stellen auf der Fläche anzutreffen sind, so daß mit wenigen Profilgruben eine relativ zuverlässige Aussage gemacht werden kann.

Eine weitere Methode besteht in der Ausnutzung der Tatsache, daß jede Lockerung eine Hebung durch Mikronivellierung ist. Hier läßt sich die bei Kenntnis der Lagerungscharakteristik die Veränderung der Lage der Bodenoberfläche zu einer Aussage über die Veränderung des Porensystems ausnutzen.

Diese Arbeitsweise setzt das Vorhandensein von zwei - besser drei - Fixpunkten voraus, die an Hebungs- und Sackungsvorgängen nicht teilnehmen (tiefe Fundamente o.ä.).

5. Schlußbetrachtung

Alle physikalischen Eigenschaften körniger Substrate - also auch von Böden - sind wesentlich von der Art der Lagerung abhängig. Diese läßt sich auch als "Bodenstruktur" beschreiben. Sie kann kohärent oder aggregiert sein. Im Hinblick auf Ihre Dichte ist sie in oder auf dem Wege zu einem Gleichgewichtszustand zwischen Kräften, die auf Lockerung (= Hebung) und solchen, die auf Verdichtung (= Herunterpressung)

hinwirken. Bei beiden Vorgängen ändert sich nur der Porenanteil und die Porengrößenverteilung.

Um dieses System begrifflich zu fassen ist es nötig, den Zusammenhang zwischen den von außen wirkenden und den im Boden mobilisierbaren Kräften zu berücksichtigen.

Eine einfache Gegenüberstellung von Struktureigenschaften wie "stabil : instabil" oder "verdichtet : nicht verdichtet" wird dem wirkenden Kräftesystem nicht gerecht.

Chancen und Risiken der heutigen technischen Möglichkeiten sind nur mit Hilfe des umfassenderen Ansatzes der bodenphysikalischen Betrachtungsweise übersehbar.

Anschrift des Verfassers:

Univ.-Prof. Dr. K. H. Hartge
Institut für Bodenkunde
Universität Hannover
Herrenhäuserstraße 2
D - 3000 Hannover 21

Kurzfassungen der Vorträge

Die gegenwärtige Situation und Möglichkeiten der Weiterentwicklung der Moornutzung in Ungarn

von A. Tóth

1. Einleitung

Die Nutzung der ungarischen Moorflächen geht bis ins 4. Jh. zurück. Weitreichendere Maßnahmen zur Trockenlegung der Flächen beginnen erst im 18. Jh. unter Maria Theresia. Ab 1835 wird Torf abgebaut, ab 1894 auf der Grundlage ausländischer Ergebnisse das Moor landwirtschaftlich genutzt. Die damit verbundenen Verbrennungen führen aber seit 1904 zu schweren Schäden. Trotzdem kommt es noch nach dem 2. Weltkrieg zu ähnlichen Fällen. Daneben sind die schwersten Schäden auf unüberlegte Trockenlegungen und die daraus folgende Mineralisation zurückzuführen. Im Vergleich zu 1950 sank der Moorbstand bis 1975 um 25 %. Zur Verhinderung der Moorvernichtung und zu einer rationellen Nutzung wird seit 1950 systematisch geforscht.

2. Neue Ergebnisse aus Forschung und Praxis

2.1 Wasserhaushalt

Die Regulierung des Wasserhaushalts beeinflusst nicht nur die Erträge und die Rentabilität, sondern auch die Vernichtung der Moore und deren Umweltwirkungen. Die Ergebnisse von 30 Jahren zeigen, daß je nach der angebauten Pflanzenart bei niedrigem Wasserstand 8,6 - 35,2 und bei hohem Wasserstand 1,8 - 6,8 t/ha/Jahr organische Substanz mineralisiert werden (Tabelle 1).

Die Mineralisation von organischer Substanz führt nicht nur zur Umbildung der Moore und deren Zugrundegehen, sondern die hohe Bildung organischen Stickstoffs (Tabelle 2) beeinflusst auch die Qualität der umgebenden Gewässer ungünstig. Unsere Untersuchungen zeigen, daß unsachgemäße Nutzungsarten, bei denen ein niedriger Wasserstand nötig ist, eine Auswaschung von 100 - 160 kg/ha/Jahr Stickstoff von den Moorflächen verursachen können.

2.2 Ertragshöhe und Qualität

Bei günstigem Wasserhaushalt und Nährstoffversorgung sind die Erträge von Futterpflanzen besonders hoch und übertreffen die Ergebnisse auf mineralischen Böden. Ihr biologischer Wert ist allerdings schlechter (Tabelle 3). Das hängt eng mit den Sorptionseigenschaften der Moorböden zusammen. Es wurde nachgewiesen, daß für die Verhinderung der Aufnahme von Mikroelementen unlösliche Huminsäuren verantwortlich sind. Dadurch ist die Sorption so hoch, daß die Pflanzen die vorhandenen, für sie lebenswichtigen Elemente nicht aufnehmen können, bzw. die Mineralstoffverhältnisse haben sich so verändert.

Der Anbau auf Niedermoor ist dann als rentabel anzusehen, wenn der Energiewert in dem neuen Produkt mindestens das Fünffache der aufgewendeten Energie (organischen Substanz) beträgt. Bei Silomais wird nur der 2,5 - 2,8 fache Wert an organischer Substanz synthetisiert, im Vergleich zur Mineralisierung. Das günstigste Ergebnis ist beim Anbau mehrjähriger Kulturen zu erzielen. Die Nutzungsrichtung ist daher in Zukunft die Wiese und Weide (90 %), was gleichzeitig einen wirksamen Moor- und Torfschutz darstellt.

2.3 Die Nutzung des abgebauten Torfs

Die Torferde (mineralisierte organische Substanz) dient in Zukunft der Verbesserung von Böden mit schlechten physikalischen und chemischen Eigenschaften und kommunalen Zwecken. Torf dagegen wird seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften entsprechend eingesetzt. Der größte Verbraucher ist heute und in Zukunft der Gartenbau, wenn auch die Grenzen einer derartigen Anwendung bekannt sind.

Für die Nutzung von Niedermoorortf in der Zukunft hat die Ionenbindungsfähigkeit der Torfe eine außerordentlich große Bedeutung.

Im Hinblick auf den Sorptionsmechanismus gehört das aus Torf gewonnene, an Humussäuren angereicherte Präparat zum Karboxiltyp und wirkt analog den synthetischen Kationaustauscherharzen. Diese Kationenbindungsfähigkeit der Humussäuren warf die Frage einer vielseitigen Nutzungsmöglichkeit auf. So die Reinigung von Abwasserschlamm und verschiedenen industriellen Abwässern, auch die von mit radioaktiven Stoffen verschmutzten Abwässern aus der Atomindustrie, die Herstellung von Heilschlamm mit spezifischer Wirkung und Einsatz als Notluftfilter. Im Gegensatz zu einigen Literaturangaben machten wir die Erfahrung, daß z.B. die Kationenbindungsfähigkeit der kalkhaltigen Torfe aus der Balatongegend größer ist als die des sauren Hanságer Torfs. Im sauren Torf ist die Ionenbeweglichkeit größer als im kalkhaltigen Torf, neben den Ionenaustauschprozessen wird die Chemosorption wichtiger, und bei der Bindung einzelner Kationen hat die chemische Reaktion wegen des hohen Ca-Gehalts eine entscheidende Rolle.

Zur Nutzung als Filter für kommunalen Abwasserschlamm werden zum Schutz der Wasserqualität des Balaton Sorptionsuntersuchungen durchgeführt. Bei einem Wasserstand von 40 cm wurde auf das Niedermoor eine Schicht von 5 000 mm/Jahr Schlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 2,5 - 3,0 % ausgebracht und Wasser darüber versickert. Der Torf adsorbierte die Nährstoffe des Schlammes, ohne daß sich die chemischen Parameter des Grundwassers änderten.

Bei Verwendung als Heilschlamm wird dessen Wirksamkeit von den Ergebnissen des Schlambades Héviz sehr gut unterstrichen (Tabelle 4), was eng mit den Sorptionseigenschaften des Torfs zusammenhängt. Der Torf wird im Vergleich zu seiner ursprünglichen Zusammensetzung mit Ionen des Heilwassers angereichert (Tabelle 5). Bereits bei einem Schwefelgehalt von einigen mg/l entstehen auch bei niedriger Temperatur Erscheinungen der Tiefengewebe-Hyperthermie, die eine Heilwirkung sichern. Diese niedrigere Temperatur wird von Herzkranken besser vertragen.

Die Radioaktivität des Heilwassers reichert sich im Torf an (Tabelle 6). International gibt es aber Diskussionen über die Vor- und Nachteile der Radioaktivität. Die klinischen Untersuchungen erlauben den Schluß, daß eine natürliche Radioaktivität von einigen Pico-Curie ist bei Erkrankungen der Gelenke anzuwenden ist.

Der Wert von Torf liegt auch in seiner günstigen Filterfunktion als Luftfilter. Unter Notfiltern werden organische oder anorganische Stoffe bzw. deren Kombination verstanden, deren Anwendung die Filterwirkung von Aktivkohle zwar nicht erreicht, die aber in besonderen Fällen selbständige oder ergänzende Funktionen beim Schutz von Lebendorganismen einnehmen.

Untersuchungen mit dem Filtern von Tetrachlorkohlenstoff (CCl_4) aus der Luft zeigen, daß mit dem Keszthelyer Niedermoortorf eine Durchbruchzeit von 20 - 25 Minuten zu erreichen ist. Es handelt sich um Notfilter, daher ist dieser Wert als sehr gut zu bezeichnen.

3. Empfehlung

Der Wert der Moore und Torfe ist wesentlich höher als die gegenwärtige Praxis zeigt. Da es sich um einen der am schnellsten zugrundegehenden Rohstoffe handelt, muß im Interesse der zukünftigen Generationen für deren umfassenden Schutz gesorgt werden. Wird das vernachlässigt, geht ein bedeutender nationaler Wert verloren.

Tabelle 1

Wirkung von hohen und niedrigen Grundwasserstand
auf den Verlust an organischer Substanz der Moore

| Name des untersuchten Moorgebietes | Verlust an organischer Subst. t/Jahr | |
|---------------------------------------|---|--|
| | Hoher Wasser- stand /10-30 cm/, bei Nutz- ung der Ur- wiese | Niedriger Wasserstand /unter 1 m /, bei Ackerland- nutzung |
| Keszthely | 1,8 - 5,2 | 8,6 - 24,9 |
| Balatonfenyves | 2,5 - 6,8 | 13,0 - 35,2 |
| Hanság | 2,1 - 5,4 | 9,6 - 25,9 |

NO₃ Production bei unterschiedlichen
Wasserstand
 /Niedermoor-Keszthely/

| Monat | Niedrigen Wasserstand unter 1 m | | Mittel-Wasserstand 40 cm. | | Hohen Wasserstand 10 - 20 cm | |
|--------------|---------------------------------|------|---------------------------|----|------------------------------|----|
| | a | b | a | b | a | b |
| Julius | 1280 | 1305 | 664 | 72 | 800 | 8 |
| August | 805 | 607 | 300 | 82 | 90 | 26 |
| September | 710 | 638 | 641 | 63 | 176 | 3 |
| Oktober | 769 | 601 | 769 | 62 | 473 | 3 |
| November | 760 | 762 | 790 | 64 | 660 | 21 |
| Durchschnitt | 810 | 727 | 610 | 68 | 367 | 12 |

a = in 25 cm Tiefe

b = in 50 cm Tiefe

Tabelle 3

Mikroelementgehalt in verschiedenen auf Keeselhayer
Moorflächen angebauten Futterpflanzen

| Probe | Mikroelementgehalt der Pflanze in ppm | | | | |
|-------------|--|------|------|------|-----|
| | Fe | Mn | Zn | Mo | Cu |
| Heu | 12,4 | 25,5 | 53,8 | 7,5 | 3,2 |
| Maie | 104,0 | 26,0 | 44,0 | 10,0 | 3,0 |
| Luzerne | 118,0 | 40,0 | 45,0 | 11,2 | 5,4 |
| Hafer | 248,0 | 14,0 | 36,3 | 12,0 | 3,6 |
| Johneongras | 163,0 | 16,0 | 28,0 | 8,0 | 4,9 |
| Soja | 270,0 | 21,5 | 53,8 | 29,1 | 5,0 |

Tabella 4

Chemische Zusammensetzung des Kezthelyer
Nieder Moores und dessen Veränderung nach
Einsetzung in den Sze Héviz

| Bezeichnung der Unter - suchung | Veränderung der Eigenschaften in Niedermoor | |
|---------------------------------------|--|------|
| | ppm | % |
| Cl ⁻ | 9500 | 9500 |
| HCO ₃ ⁻ | 2600 | 1600 |
| Na ⁺ | 16500 | 3113 |
| K ⁺ | 3100 | 683 |
| Ca ²⁺ | 26400 | 778 |
| Mg ²⁺ | 4500 | 496 |
| Fe | 3600 | 477 |
| S /in SO ₄ / | 18150 | 1150 |

Tabelle 5

Radioaktivität des Hévizier Thermalwassers und des Torfschlammes in pCi/l

| Quellwasser Torfschlamm | Ra | Rn | U | $^{3}_{H}$ |
|----------------------------|-----|-------|-----|------------|
| Quellwasser | 4,4 | 66,0 | 1,8 | 4,0 |
| Torfschlamm | 7,0 | 202,0 | 8,8 | 66,0 |

Tabelle 6

Ergebnisse der Radioaktivitäts-Untersuchung des Hévizier Thermalwassers in pCi/l

| Bezeichnung | im See | | | im Badebecken |
|-------------|----------------|-------------|------------|---------------|
| | bei der Quelle | im Ausfluss | am Südufer | |
| Ra | 7,9 | 4,8 | 4,5 | 3,9 |
| Rn | 60,0 | 3,8 | 51,0 | 66,0 |
| U gamma/l | 4,0 | 0,7 | 1,0 | 0,5 |
| $^{3}_{H}$ | 12,0 | 5,0 | 2,0 | 3,0 |

Luftbild und Orthophoto als Grundlage für Planung und
Bewertung im Agrarverfahren

von A. Stechauner

Luftbilder und Orthophotos werden seit Jahrzehnten bei der NÖ Agrarbezirksbehörde als Planungsgrundlage verwendet. Die Anwendungsmöglichkeiten haben sich durch die rasche technische Entwicklung (Farbinfrarotluftbilder, Orthophotos, digitales Höhenmodell, Satellitenaufnahmen etc.) wesentlich verbessert.

Vielfach besteht unter den potentiellen Anwendern eine falsche Vorstellung über die Fernerkundung. Als Folge davon wird die Fernerkundung von den Fachleuten nur zögernd angenommen. Die Fernerkundung schafft Überblick und zeigt Zusammenhänge auf und bietet sich so als Werkzeug und Hilfsmittel auch für den Bodenkundler an.

Ein Forschungsprojekt, das im Rahmen von Flurbereinigungsverfahren in Niederösterreich durchgeführt wird, hat bereits interessante Ergebnisse bezüglich Boden- und Erosionsbewertung gebracht. Um Luftbilder und Orthophotos bei der Bodenkartierung im weiteren Sinne optimal anwenden zu können, müssen bestimmte technisch-photogrammetrische Voraussetzungen erfüllt werden. Insbesondere sind Vegetationsstadium und Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse auf den landwirtschaftlichen Kulturflächen zum Aufnahmezeitpunkt sowie Filmmaterial und Bildmaßstab maßgebend. Für Planungsaufgaben sowie für die Feldarbeit bei der Bodenkartierung sind Orthophotos den Luftbildern überlegen.

Beim heutigen Stand der Luftbildtechnik müssen für eine optimale Interpretation folgende Bedingungen erfüllt werden:

Filmmaterial: farbinfrarot
Zeitpunkt der Luftbildaufnahme: im Ackerbaugebiet
Frühjahr: März - April
Sommer: Juni - Juli
Herbst: Oktober - November

im Almbereich
August - September

Maßstab:

| | | |
|--|--|--|
| Luftbild (Kamerakonstante 15 cm) | Orthophoto Diapositive, Papierkopien | Orthophoto Papierkopien, Lichtpausen |
| | für Planung und Feldarbeit | für Feldarbeit bei starkem Bodenwuchs. |
| 1 : 15.000 | 1 : 5.000 | 1 : 2.500 - 3.000 |

Der Farbinfrarotfilm ist am besten geeignet, weil er schärfere Bilder als der Schwarz-Weiß-Film bzw. der Farbfilm liefert. Weiters eignet er sich am besten für die ökologische Bestandsaufnahme.

Die Zeitspanne, in der gute Luftbilder für die Bodenkartierung sowie für die Kartierung der ökologisch wertvollen Restflächen zu erwarten sind, ist relativ kurz und mit rund 14 Tagen anzunehmen.

Auf guten Frühjahrs- und Herbstbildern sind Rohböden von Schwarzerden, Braunerden und Braunlehen gut abgrenzbar. Bei entsprechend günstigen Bodenfeuchtigkeitsverhältnissen werden auch die extremen Sand- und Schotterböden gut sichtbar. Durch unterschiedliche Kulturstadien auf den Feldern sind Herbstbilder in der Regel mehr beeinträchtigt als Frühjahrsbilder.

Auf Sommerluftbildern, die nach längeren Trockenzeiten bzw. kurze Zeit vor der Ernte aufgenommen wurden, sind die extremen Sand- und Schotterböden indirekt über das stehende Getreide sichtbar und abgrenzbar.

Der Maßstab 1 : 15.000 ist ein Kompromiß zwischen der Forderung nach einer möglichst großen Auflösung und einer möglichst großen Übersicht. Aus Luftbildern mit diesem Maßstab sind weiters Höhenmodelle ableitbar, die den Genauigkeitsansprüchen für Erosionsgefährdungskarten sowie für die Geländebewertung entsprechen.

Im hochalpinen Bereich gehören heute Orthophotos bereits zu den unverzichtbaren Planungsgrundlagen.

Eine alte Tradition der jungen Fernerkundungstechnik ist es, alle verfügbaren Informationen in die Interpretation miteinzubeziehen. Die österreichische Bodenkartierung sowie die Klassenbeschriebe und Profilsbeschreibungen der Finanzbodenschätzung können hierfür herangezogen werden.

Um den technischen Fortschritt im Bereich der Fernerkundung für die Praxis in verstärktem Maße nutzbar machen zu können, sollten neue Methoden der Satellitentechnik (Scanneraufnahmen) in das Forschungsprogramm aufgenommen werden. Weiters sollte durch entsprechende Lehrveranstaltungen an der Universität für Bodenkultur der Ausbildungsstand der Absolventen betreffend Luftbild- und Satellitendatenauswertung verbessert werden.

Walter - Kubiena - Preis

1. Der Walter-Kubiena-Preis bezweckt
 - Die Förderung von Studierenden für fachliche Arbeiten auf dem Gebiet der Bodenkunde
 - die Anerkennung einer geleisteten Arbeit.
2. Zu diesem Zwecke führt die ÖBG alljährlich eine Beurteilung und Prämierung von bodenkundlichen Originalarbeiten durch. In Frage kommen Diplomarbeiten, Dissertationen und gleichwertige Arbeiten.
3. Es können nur Arbeiten von Studierenden (a) an österreichischen Universitäten, Hochschulen; b) an Höheren Lehranstalten) in unbezahlter Stellung eingereicht werden.
4. Die Geldmittel für den Fonds werden durch einen jährlichen Beitrag der ÖBG in der Höhe von S 5.000,- bereitgestellt.
5. Arbeiten müssen von den Universitäten, Hochschulen und Höheren Lehranstalten angenommen sein und sind in zweifacher Ausführung an die Beurteilungskommission der ÖBG bis zum 31. August einzureichen.
6. Zur Beurteilung der Arbeiten wird vom Vorstand der ÖBG eine Beurteilungskommission von höchstens 3 Mitgliedern bestellt.
7. Der gesamte Vorstand entscheidet auf Antrag der Beurteilungskommission über die Prämierung guter Arbeiten.
8. Für die prämierte Arbeit wird dem Verfasser eine **Anerkennungs-urkunde** der ÖBG ausgestellt.
9. Autoren und Titel von prämierten Nachwuchsarbeiten werden in den Mitteilungen der ÖBG veröffentlicht.
10. Ein Exemplar der Arbeit bleibt bei der ÖBG.

Mitteilungen
der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft

- Heft 1 1955, 46 Seiten
JANIK, V.: Das Beispiel Ottensheim - ein Beitrag zur Bodenkartierung
FRANZ, H.: Zur Kenntnis der "Steppenböden" im pannonischen Klimagebiet Österreichs
SCHILLER; H.: Der Einfluß gestaffelter Jauchegaben auf einem Acker- und Wiesenboden
- Heft 2 1956, 40 Seiten
WAGNER, H.: Die Bewertung der Wasserstufen in der Bodenschätzung des Grünlandes
SCHMIDT, J.: Die Tonminerale burgenländischer Flugsandböden
EHRENDORFER, K.: Schnellmethoden zur näherungsweise Bestimmung der Bodenfeuchte
- Heft 3 1959, 44 Seiten
FINK, J.: Leitlinien der quartärgeologischen und pedologischen Entwicklung am südöstlichen Alpenrand
JAKLITSCH, L.: Zur Untersuchung oststeirischer Böden, insbesondere jener auf Terrassen des Ritscheintales
LUMBE-MALLONITZ, Ch.: Untersuchungen über den Zurundungsgrad der Quarzkörner in verschiedenen Sedimenten und Böden Österreichs
- Heft 4 1960, 58 Seiten
REICHART, J.: Untersuchungen über die Wirkung intensiver Gülledüngung auf Dauergrünland
JANIK, V. und H. SCHILLER: Charakterisierung typischer Bodenprofile der Gjaidalm
FINK, J.: Bemerkungen zur Bodenkarte Niederösterreichs
- Heft 5 1961, 55 Seiten
BARBIER, S., H. FRANZ, J. GUSENLEITNER, K. LIEBSCHER und H. SCHILLER: Untersuchungen über die Auswirkungen langjähriger Gemüsebaues auf den Boden bei mangelnder animalischer Düngung
NESTROY, O.: Jahreszyklische Schwankungen des Wassergehaltes in zwei niederösterreichischen Lössböden
- Heft 6 1961, 189 Seiten
Exkursionen durch Österreich:
FRANZ, H.: Die Böden Österreichs
BLÜMEL, F.: Das Bundesversuchsinstitut für Kulturtechnik und technische Bodenkunde in Petzenkirchen, NÖ und die Versuchsanlage in Purgstall
FINK, J.: Der östliche Teil des nördlichen Alpenvorlandes
FRANZ, H., G. HUSZ, H. KÜPPER, G. FRASL und W. LOUB: Das Neusiedlerseebecken

- FINK, J.: Die Ortsgemeinde Moosbrunn als Beispiel einer Kartierungsgemeinde
FRANZ, H., F. SOLAR, G. FRASL und H. MAYR: Die Hochalpen-
exkursion
FINK, J.: Die Südostabdachung der Alpen
JANEKOVIĆ, G.: Über das Alter und den Bildungsprozeß von
Pseudogley aus pleistozänem Staublehm am südwestlichen
Rand des pannonischen Beckens

- Heft 7 1962, 46 Seiten
WEIDSCHACHER, K.: Die Böden am Westrande des niederösterrei-
chischen Weinviertels südlich Retz
- Heft 8 1964, 72 Seiten
SOLAR, F.: Zur Kenntnis der Böden auf dem Raxplateau
- Heft 9 1965, 72 Seiten
MIECZKOWSKI, Z.: Untersuchungen über die Bodenzerstörung im
niederösterreichischen Weinviertel
- Heft 10 1966, 61 Seiten
GHOBADIAN, A.: Salz- und Steppenböden des Seewinkels
(Burgenland, Österreich); Charakteristik, Meliorations-
ergebnisse und bodenwirtschaftliche Aspekte
- Heft 11 1967, 88 Seiten
MESSINER, H.: Pflanzenbauliche Beurteilung chemischer Boden-
analysen
MÜLLER, H.J.: Der Wasserhaushalt eines Pseudogleyes mit und
ohne künstliche Beregnung
NESTROY, O.: Bodenphysikalische Untersuchungen an einem
Tschernosem in Wilfersdorf (NÖ)
SCHILLER, H. und E. LENGAUER: Über den Kationenbelag und den
Spurenelementgehalt in den Böden der IDV-Serie
SOLAR, F.: Phosphatformen und Phosphatumwandlungsdynamik in
Anmoorschwarzerden
- Heft 12 1968, 79 Seiten
KRÄPFENBAUER, A.: Waldernährung und Problematik der Wald-
düngung
GLATZEL, G.: Probleme der Beurteilung der Ernährungs-
situation von Fichte auf Dolomitböden
Symposium über die Untersuchung von Waldböden
- Heft 13 1969, 95 Seiten
FINK, J.: Nomenklatur und Systematik der Bodentypen
Österreichs
- Heft 14 1970, 136 Seiten
SOLTANI-TABA, Ch.: Vergleich einiger Pararendsinaprofile
des Steinfeldes im südlichen Inneralpinen Wiener Becken
KAZAI-MOGADHAM, M.: Vergleich von Böden des Tschernosem-
typus mit Auböden im südlichen Inneralpinen Wiener Becken

- Heft 15 1971, 139 Seiten
Exkursion der ÖBG am 16. u. 17. 10. 1970 in den Raum
"Kärntner Becken nördlich und südlich der Drau"
WILFINGER, H.: Das Klima des südöstlichen Klagenfurter
Beckens
EISENHUT, M., H. MÜLLER, E. PRIESSNITZ, H. ROTH, A. SCHROM
und F. SOLAR: Die Böden
- Heft 16 1972, 110 Seiten
RIEDMÜLLER, G.: Zur Anwendung von Bodenkunde und Tonminera-
logie in der baugeologischen Praxis
Exkursion der ÖBG am 8. u. 9. 9. 1972 in den Pasterzenraum
und in den Pinzgau
BURGER, R. und H. FRANZ: Die Böden der Pasterzenlandschaft
im Glocknergebiet
SOLAR, F.: Die Böden des Raumes Großglockner - Zell am See
SCHNETZINGER, K.: Oberflächenverglebung im Raum Zell am See
- Heft 17 1973, 123 Seiten
GRUBER, P.: Zusammenhänge zwischen Klimaunterschieden,
Bodenchemismus und Bodenwasserhaushalt auf Lockersedimenten
des Wiener Raumes
- Heft 18/ 1977, 102 Seiten, vergriffen
19 Exkursion der ÖBG 1971: Böden des inneralpinen Trockenge-
bietes in den Räumen Oberes Innatal und Mittleres Ötztal
SOLAR, F., W. ROTTER, H. WILFINGER und H. HEUBERGER: Böden
des inneralpinen Trockengebietes in den Räumen Oberes
Inntal und Mittleres Ötztal
Exkursion der ÖBG 1976:
FRANZ, H., A. BERNHAUSER, H. MÜLLER und P. NELHIEBEL:
Beiträge zur Kenntnis der Bodenlandschaften des Nord-
burgenlandes
- Heft 20 1978, 86 Seiten
MRAZ, K.: Neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Erforschung
von Waldhumusformen unter besonderer Berücksichtigung der
Grundprinzipien der Systematik
KLAGHOFER, E.: Stoffbewegung im Boden
RIEDL, H.: Die Bodentemperaturverhältnisse am Südrand des
Tennengebirges - ein Beitrag zum UNESCO-Programm Man and
Biosphere
- Heft 21 1979, 109 Seiten
SOLAR, F.: Die Talböden, ein allgemeiner Überblick
BLÜMEL, F.: Regelung des Bodenwasserhaushaltes in Talungen
HOLZER, K.: Praktische Durchführung von Meliorationen in der
Oststeiermark
SCHROM, A.: Standortskundliche und pflanzenbauliche Probleme
der Talböden bei intensiver Ackernutzung durch Maisbau
BLASL, S.: Probleme der Maisernährung auf dränierten Tal-
böden
ORNIG, F.: Möglichkeiten der Schaden-Ersatz-Berechnung
STEFANOVITS; O.: Umweltschutz im Spiegel der Bodenkunde

ČERNÝ, V.: Einfluß der Bodenbearbeitung auf Boden und Ertrag unter den Standortsbedingungen in der CSSR

Heft 22 1980, 112 Seiten

DUDAL, R.: Landreserven der Erde. Eine Weltbodenkarte

BLUM, W.E.H.: System Boden - Pflanze und bodenkundliche Forschung

KASTANEK, F. et al.: Zur Nomenklatur der Bodenphysik, Teil 1

NESTROY, O.: Die Aktivitäten der Gesellschaft ab ihrer Gründung bis 1979

Heft 23 1981, 183 Seiten

SOLAR, F.: In memoriam Julius Fink

SOLAR, F.: In memoriam Bernhard Ramsauer

GUSENLEITNER, J.: Würdigung von Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Herwig Schiller

SCHLEIFER, H.: Dir. Dipl.-Ing. Dr. Franz Blümel zum 65. Geburtstag

GESSL, A.: Würdigung von Ministerialrat Dipl.-Ing. Adolf Stecker

BLUM, W.E.H. und M. SALI-BAZZE: Zur Entwicklung und Altersstellung von Böden der Donau- und Marchauen

KLUG-PÜMPEL, B.: Phytomasse und Primärproduktion alpiner Pflanzengesellschaften in den Hohen Tauern

STELZER, F.: Bioklimatologie der Gebirge unter besonderer Berücksichtigung des Exkursionsraumes 1981

Kurzfassungen der Vorträge

Heft 24 1982, 116 Seiten

Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung, 8. Seminar: Stoffumsatz am Standort

SOLAR, F.: Eröffnung

BECK, W.: Einleitungsreferat

ULRICH, B.: Stoffumsatz im Ökosystem - theoretische Grundlagen und praktische Schlußfolgerungen

BENECKE, P. und F. BEESE: Bodenstruktur und Stoffumsatz - Methodik der Erfassung bodenphysikalischer Parameter

MÜLLER, W.: Bodenbeurteilung und Bodenmelioration vor dem Hintergrund moderner physikochemischer und bodenkundlicher Erkenntnisse

Diskussion

Heft 25 1982, 173 Seiten

RIEDL, H.: Die Prägekraft des sozioökonomischen Strukturwandels auf Morpho- und Pedosphäre des subalpinen Lebensraumes

GUSENLEITNER, J., K. AICHBERGER und W. NIMMERVOLL: Die Wirkung steigender Kaliumgaben auf das Wachstum von Italienischem Raygras (*Lolium multiflorum*) in Abhängigkeit von der Bodenart

LICHTENEGGER, E.: Der Wärme- und Wasserhaushalt - ertragsbildende Faktoren in Abhängigkeit von der Seehöhe, dargestellt aus pflanzensoziologischer Sicht

Kurzfassungen der Vorträge

- Heft 26** 1983, 165 Seiten
Exkursionsführer Marchfeld; Thema: Böden und Standorte des Marchfeldes
NESTROY, O.: Zur Geologie und Morphologie des Marchfeldes
HARLFINGER, O.: Das Klima des Marchfeldes
STELZER, F.: Standortsbeurteilung nach der Niederschlagswirksamkeit
STECKER, A.: Die Böden des Marchfeldes
MADER, K.: Die forstliche Standortskartierung der österreichischen Donauauen
Profilbeschreibungen
KLAGHOFER, E.: Bodenphysikalische Kenndaten
NESTROY, O.: Vergleichende Betrachtungen über die bodenphysikalischen Kenndaten der Exkursionsprofile und Profile von Weikendorf und Schönfeld
BLUM, W.E.H. und H.W. MÜLLER: Mineralogische und bodenchemische Kennwerte ausgewählter Böden des Marchfeldes
BLUM, W.E.H.: Zum Nährstoffversorgungsgrad ausgewählter Böden im Raume des Mühlviertels
LOUB, W.: Zur Mikrobiologie der Böden des Marchfeldes
Kartenbeilagen
- Heft 27** 1983, 154 Seiten
MÜCKENHAUSEN, E.: Neuere Entwicklung in der Bodensystematik der Bundesrepublik Deutschland
VERGINIS, S. und O. NESTROY: Standortkundliche Untersuchungen auf dem Nordwest- und Zentral-Peloponnes
LOUB, W. und G. HAYBACH: Bodenbiologische Untersuchungen an Böden aus Lockersedimenten
Kurzfassungen der Vorträge
- Heft 28** 1984, 145 Seiten
Exkursionsführer Mühlviertel; Thema: Böden des Mühlviertels
KOHL, H.: Zur Geologie und Morphologie des Mühlviertels
STELZER, F.: Die klimatischen Verhältnisse des westlichen Mühlviertels
SCHNETZINGER, K.: Die Böden des oberen Mühlviertels
GRUBHOFER, G.: Die Boden- und Nutzungsverhältnisse des Mühlviertels
DUNZENDORFER, W.: Pflanzensoziologie des oberen Mühlviertels
BLASL, S.: Begrenzende Ertragsfaktoren im Ackerbau des Mühl- und Waldviertels
MAIERHOFER, E.: Die pflanzliche Produktion des Mühlviertels
Profilbeschreibungen
KLAGHOFER, E.: Bodenphysikalische Kenndaten der Böden im Exkursionsbereich der ÖBG-1983
BLUM, W.E.H. und H.W. MÜLLER: Mineralogische und bodenchemische Kennwerte ausgewählter Böden des oberen Mühlviertels
BLUM, W.E.H.: Zum Nährstoffversorgungsgrad ausgewählter Böden des oberen Mühlviertels

- Heft 29** 1985, 193 Seiten
Verwertung von Siedlungsabfällen aus der Sicht der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung der Eignung landwirtschaftlicher Böden; Seminar
BECK, W., W.E.H. BLUM und D. KRIECHBAUM: Begrüßung und Eröffnung
HOFFMANN, G.: Bodenkundliche und pflanzenbauliche Aspekte beim Einsatz von Siedlungsabfällen in der Landwirtschaft
KÖCHL, A.: Nutz- und Schädigung von Klärschlamm
EDER, G., M. KÖCK und G. SCHECHTNER: Klärschlammhygiene im Grünland
AICHBERGER, K. und G. HOFER: Chemische Untersuchungen von Siedlungsabfällen
MÜLLER, H.: Müllkompost - Gütekriterien (ÖNORM S 2022) und Anwendung
MAYR, E.: Modell Oberösterreich - Klärschlammanfall und Entsorgung
MAIERHOFER, E.: Erwartungen der Landwirtschaft an die Qualität der Siedlungsabfälle und Forderungen an den Gesetzgeber
NELHIEBEL, P.: Einsatzmöglichkeiten von Bodenkarten bei der Ausbringung von Siedlungsabfällen
WIMMER, J.: Aufbau und bisherige Ergebnisse des Klärschlamm- und Müllkompostversuches St. Florian
ÖHLINGER, R.: Bodenzymatische Untersuchungen beim Versuch St. Florian
Generaldiskussion
Unterlagen zur Exkursion
- Heft 30** 1985, 185 Seiten
BLÜMEL, F.: Sektionschef i.R. Hofrat Dipl.-Ing. Ernst Güntschl †
GUSENLEITNER, L.: In memoriam Hofrat Dipl.-Ing. Hans Schüller
HUBER, J.: Vergleichende Untersuchungen von Böden mit unterschiedlichen Bewirtschaftungssystemen hinsichtlich Wasser-, Nährstoff-, Humushaushalt und Biologie
FOISSNER, W., T. PEER und H. ADAM: Pedologische und protozoologische Untersuchungen einiger Böden des Tullnerfeldes (NÖ)
WALTER, R.: Die Viruskontamination des Bodens und Methoden ihrer Kontrolle
Kurzfassungen der Vorträge
- Heft 31** 1986, 68 Seiten
Arbeitsgruppe Waldbodenuntersuchung der ÖBG
BLUM, W.E.H., O.H. DANNEBERG, G. GLATZEL, H. GRALL, W. KILIAN, F. MUTSCH und D. STÖR: Waldbodenuntersuchung; Geländeaufnahme - Probennahme - Analyse. Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich

- Heft 32** 1986, 209 Seiten
Bodeninventur aus ökologischer Sicht; Symposium am 11. u.
12. 4. 1985
DANNEBERG, O.H.: Kartierung landwirtschaftlich genutzter
Böden in Österreich
WITTMANN, O.: Kartierung und Bodeninventur in Bayern
KILIAN, W.: Forstliche Standortsklassifikation und Kartie-
rung in Österreich aus internationaler Sicht
FOERST, K.: Forstliche Standortserkundung in Bayern
GESSL, A.: Die österreichische Bodenschätzung
GRÄF, W.: Der Boden in Naturraumpotentialkarten
LAMP, J.: Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Boden-Infor-
mationssysteme
NESTROY, O.: Bericht über die abschließende Podiumsdis-
kussion
- Heft 33** 1986, 383 Seiten
Aktuelle Probleme der landwirtschaftlichen Forschung,
Seminar am 5. und 6. 6. 1986; Thema: Die Anwendung enzy-
matischer und mikrobiologischer Methoden in der Boden-
analyse
BECK, W. und O. NESTROY: Einleitung und Eröffnung
SCHINNER, F.: Die Bedeutung der Mikroorganismen und Enzyme
im Boden
HOFFMANN, G.: Bodenenzyme als Charakteristika der bio-
logischen Aktivität und von Stoffumsätzen im Boden
BECK, Th.: Aussagekraft und Bedeutung enzymatischer und
mikrobiologischer Methoden bei der Charakterisierung des
Bodenlebens von landwirtschaftlichen Böden
HOLZ, F.: Automatisierte photometrische Durchflußmethoden
zur Bestimmung der Aktivität von Bodenenzymen - ihre An-
wendung und einige Ergebnisse
KANDELER, E.: Der Einsatz enzymatischer Methoden am Beispiel
eines Strohh- und Klärschlammdüngungsversuches
ÖHLINGER, R.: Der Einsatz enzymatischer Methoden am Beispiel
eines Grünlanddüngungsversuches
Postervorträge
Diskussion
- Heft 34** 1987, 80 Seiten
DUCHAUFOR, Ph.: Stand und Entwicklung der internationalen
Bodensystematik aus französischer Sicht
MANCINI, F.: Stand der bodenkundlichen Forschung in Italien
Kurzfassung der Vorträge
- Heft 35** 1987, 80 Seiten
Bodenschutz-Symposium
STICHER, H.: Bodenschutz als integrale nationale Aufgabe -
Möglichkeiten und Grenzen
BECK, W.: Entwicklungsstand der Bodenschutzkonzeption in
Österreich
EISENHUT, M.: Das Steiermärkische Bodenschutzgesetz

Heft 36 1988, 152 Seiten

Thema: Aktueller Stand physikalischer und chemischer Bodenuntersuchungsverfahren.

DANNEBERG, O.H.: Aktueller Stand der landwirtschaftlichen Bodenanalyse in Österreich

KÖCHL, A.: Beziehungen zwischen bodenanalytischen Daten und Felddaten

MÜLLER, H.J.: Bodenuntersuchung aus der Sicht der Landwirtschaft

KILIAN, W.: Die Bodenanalytik aus forstlicher Sicht

MAJER, Ch.: Untersuchungen zur kleinräumigen Variabilität von Bodenparametern in Waldböden

NÉMETH, K.: Die EUF-Methode als Grundlage für die Düngeempfehlung

KLAGHOFER, E.: Physikalische Methoden in der landwirtschaftlichen Bodenforschung.

BLUM, W.E.H.: Die Bodenanalyse im Rahmen der Bodengenetik und -taxonomie

Heft 37 1988, 179 Seiten

Führer zur Exkursion in das obere Mürztal; Thema: Montane Bodenentwicklung unter dem Einfluß verschiedener Nutzungsformen.

KILIAN, W.: Standortkundliche Darstellung des Exkursionsgebietes Hönigsberg

HARLFINGER, O.: Das Klima des Mürztales

PINTER, J.: Forstgut Langenwang

Profilbeschreibungen

Analysendaten

BLUM, W.E.H. und MENTLER, A.: Chemisch-mineralogische Kennwerte ausgewählter Böden des oberen Mürztales

KILIAN, W.: Interpretation der Analysendaten der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

1. Sonderheft der Mitteilungen der ÖBG (1978, 92 Seiten)

Exkursionsführer südöstliches Alpenvorland;

Thema: Landformung und Bodenbildung auf Talböden des südöstlichen Alpenvorlandes (Standorts- und Meliorationsprobleme)

2. Sonderheft (1979, 26 Seiten)

Exkursionsführer Ost- und Weststeiermark;

Thema: Obstbau in der Steiermark - Standorte und Probleme

3. Sonderheft (1981, 199 Seiten)

Exkursionsführer durch das Glocknergebiet und die Karnischen Alpen in Kärnten;

Thema: Böden und Standorte in den Zentral- und Südalpen - Nutzungsprobleme des montanen und subalpinen Grünlandes

Die Hefte können über die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, bezogen werden.

Der Autor trägt für den Inhalt seines Beitrages die Verantwortung.