

MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

H E F T 2 5

W I E N 1 9 8 2

MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

H E F T 2 5

W I E N 1 9 8 2

Schriftleitung:
Univ.-Dozent Dr. O. Nestroy

© Eigentümer, Herausgeber und Verleger:
Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft

Für den Inhalt verantwortlich:
Univ.-Dozent Dr. O. Nestroy
1180 Wien, Gregor-Mendel-Straße 33

Kleinoffsetdruck:
Verband der wissenschaftlichen Gesellschaften Österreichs
1070 Wien, Lindengasse 37

Gedruckt mit Unterstützung des Bundesministeriums für
Wissenschaft und Forschung in Wien

Heft 25
Wien 1982

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
H. RIEDL: Die Prägekraft des sozioökonomischen Strukturwandels auf Morpho- und Pedosphäre des subalpinen Lebensraumes	5
J. GUSENLEITNER, K. AICHBERGER und W. NIMMERVOLL: Die Wirkung steigender Cadmiumgaben auf das Wachstum von Italienischem Raygras (<i>Lolium multiflorum</i>) in Abhängigkeit von der Bodenart	52
E. LICHTENEGGER: Der Wärme- und Wasserhaushalt - ertragsbildende Faktoren in Abhängigkeit von der Seehöhe, dargestellt aus pflanzensoziologischer Sicht	75
Kurzfassungen der Vorträge	
W. E. H. BLUM: Die Exkursionsprofile 1981 und ihre systematische Einordnung unter besonderer Berücksichtigung methodischer Ansätze	93
F. SOLAR: Der Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens als zonales Phänomen - Charakteristik und Parameter	95
E. KLAGHOFER: Der Wasser- und Wärmehaushalt der Böden - beurteilt an bodenphysikalischen Kriterien	118
K. WEISE: Morphologischer und funktioneller Bodentyp	120
K. BEER: Fruchtarten- und standortbezogene Düngung in der DDR	133
U. SCHWERTMANN: Bodenerosion durch Wasser	146
K. SCHNETZINGER: Faktoren der Bodenbildung und alpine Zonalität: Der Bodentyp des Alpenen Pseudogleys und der Gebirgsschwarzerde	152
A. GESSL: Tätigkeitsbericht 1981	158
Neue Mitglieder	165
Mitarbeiter dieses Heftes	166
Information	168
Publikationen der Gesellschaft	169

Die Prägekraft des sozioökonomischen Strukturwandels auf
Morpho- und Pedosphäre des subalpinen Lebensraumes
von H. R i e d l

Inhaltsverzeichnis

1. Das Untersuchungsgebiet und seine geographischen Parameter
2. Formenwelt und Böden
 - 2.1. Isohypsenparallele zoogene Mikroformen linearer Prägung
 - 2.1.1 Aktive und inaktivierte zoogene Mikroterrassen (Viehgangeln)
 - 2.1.1.1 Natürliche Bodenprägung
 - 2.1.1.2 Bodenentwicklung unter intensiver Almwirtschaft
 - 2.1.1.3 Bodenentwicklung unter kurzfristiger Extensivierung der Almwirtschaft
 - 2.1.1.4 Bodenentwicklung unter mittelfristiger Extensivierung der Almwirtschaft
 - 2.1.1.5 Bodenentwicklung bei langfristiger Extensivierung der Almwirtschaft
 - 2.1.2 Denudierte zoogene Mikroterrassen
 - 2.1.3 Überschüttete zoogene Mikroterrassen
 - 2.2. Isohypsen senkrechte zoogene Kleinstformen linearer Prägung
 - 2.2.1 Rezente Viehtrittfurchen
 - 2.2.2 Vernarbte Viehtrittfurchen
 - 2.3 Flächenhafte Denudationsformen (komplex-nivaler Prägung)
 - 2.3.1 Schmelzwasserspülflächen
 - 2.3.2 Blattanbrüche
 - 2.3.3 Schneeschurfplaiken
 - 2.3.4 Wegeplaiken
 - 2.4 Abtragungsböschungen mit beschleunigter Abtragung im Bereiche fluvialer Linearerosion
 - 2.4.1 Unterschneidungsplaiken (Plaiken s.str.)
 - 2.4.2 Rinnenplaiken

2.4.2.1 Erosive Teilvorgänge

2.4.2.2 Teilvorgänge der Nivation

2.4.2.3 Abgrusen

2.4.2.4 Subsilvine Ausspülung

2.4.3 Wegerosion

2.5 Grobschuttakkumulationen

3. Die Entwicklung der Prozesse in den letzten sechs Jahren

4. Zusammenfassung

5. Summary

6. Literatur

1. Das Untersuchungsgebiet und seine geographischen Parameter

Der zu behandelnde Raum liegt zur Gänze im Bereich der von mächtigen Wanderschuttdecken vorwiegend periglazialer Art überzogenen Werfener Schichten mit ihren Kalkschuppen zu Füßen der Steiflanke des Dolomit- und Kalkstockwerkes des Tennengebirges. Es handelt sich um durchschnittlich 20° - 25° geneigte Hangbereiche, die an der Südflanke des Tennengebirges ansetzen, bzw. um nach Süden leitende Kamm- und Rückensysteme, die vom oberen Steinergraben und oberen Larzenbachgraben kerbtalförmig untertieft werden. In dem zu erörternden Gebiet zwischen der Dr.-Heinrich-Hackel-Hütte des Ö.A.V. und dem Anton-Proksch-Haus der Naturfreunde liegt auf einer ausgeprägten Hangkonvexität die Alpine Forschungsstation "Samer Alm" des Instituts für Geographie der Universität Salzburg, in deren Bereich ein Teilprojekt des Forschungsprogrammes 'Man and Biosphere' (H. RIEDL, 1974, 1976, 1979) abgewickelt wurde. Der Untersuchungsraum weist markante Gunstmomente für die Inwertsetzung durch die Almwirtschaft auf. Er liegt im Bereiche leicht verwitterbarer hauptsächlich silikatischer Substrate, die eine Bodenbildung begünstigen. Lebensräumlich gesehen ist der Raum durch seine Einbindung in den Übergangsraum der hochmontanen Buchen-Tannenstufe zur subalpinen Fichten-Lärchenstufe und seiner teilweisen Lage in der oberen subalpinen Legföhrenstufe in Höhenbereichen von 1400 m bis 1700 m klimatisch durch die Lage oberhalb der Lufttemperaturinversionen der um 1000 m Höhe gelegene Karstsacktalböden begünstigt, da es im Bereiche der südexponierten Almflächen zur Ausbildung eines "warmen Hanges" kommt. Hinzu tritt die günstige hydrogeographische Situation der Wasserversorgung der Almbereiche durch Schichtgrenzquellen an der Grenze zum kalkalpinen Stockwerk. Die seit dem Hochmittelalter bestehende intensive Sennereiwirtschaft bewirkte auf Grund der

Gunstfaktoren ein Herabdrücken des lichten subalpinen Waldes um fast 500 Höhenmeter im weitaus größten Bereich des Raumes. An seiner Stelle entwickelten sich Almwiesen-Sekundärgesellschaften: auf Kalkstandorten eine Blaugrashalde (Seslerion Semperviretum) und auf den den Gesamttraum beherrschenden Werfener Schichtensockel der Bürstlingrasen (Arveno Nardetum).

Von den 16 Almen des Untersuchungsgebietes waren noch 1951 zehn Sennalmen, eine Milchlieferungsalm mit Personal, eine Milchlieferungsalm ohne Personal und nur vier Jungviehalmen ohne Personal zu verzeichnen. Dabei arbeiteten 22 Arbeitskräfte in diesem Gebiet, 1910 faßt die Generalakte der Ladenbergalpe typische besonders von den Agrargemeinschaftsalmen getätigte umweltschonende Maßnahmen zusammen. Wichtig war zur Zeit der personalintensiven Sennereiwirtschaft: herdenmäßig differenzierter Weidegang unter Aufsicht, Hintanhaltung von Überweidungen, Fernhalten des Viehs von Hütten und Ställen, intensive Instandhaltung der Almanger, Untersagung der Abfuhr von Heu und Dünger von der Alm, Bewässerung der Weidegründe bei Trockenklemmen, Drainagierung von Naßgallen, ständiges Schwenden und Entsteinen der Almböden, Ausbessern und Besamen des durch Viehtritt verletzten Weiderasens.

Fast der gesamte Maßnahmenkatalog ist heute durch den Strukturwandel der letzten 25 bis 30 Jahre zerschlagen und dadurch kommt es bei latenter Labilisierung der naturräumlichen Systeme zu den großen ökogeographischen Problemen des Landschaftsverfalles.

Bis 1974 (H. RIEDL, 1976) nimmt der Anteil der Sennalmen von 55 % auf 19 % ab, dafür nahmen die arbeitsextensiven Jungviehalmen ohne Personal von 25 % im Jahre 1951 auf 69 % im Jahre 1974 zu. Im Zeitraum 1951 bis 1974 nahm die Zahl der Großvieheinheiten um 24 % ab, die Weidenausnutzung hat sich um 35 % vermindert.

Mit der Steuerung von Morpho- und Pedodynamik durch die veränderten sozioökonomischen Verhältnisse befassen sich nun die folgenden Ausführungen.

2. Formenwelt und Böden

2.1 Isohypsenparallele zoogene Mikroformen linearer Prägung

2.1.1 Aktive und inaktivierte zoogene Mikroterrassen (Viehgangeln)

Ein die Hänge insbesondere im Werfener Schichtenbereich prägendes Kleinstformelement stellen die zoogenen Mikroterrassen dar. Ihre durchschnittliche Breite beträgt 0,4 m. Sie ziehen über Konvexitäten und Konkavitäten der Hänge mit Längenentwicklungen einiger 10er bis 100er von Metern dahin, wobei eine Terrassendichte von 40/50 besteht, das heißt, daß 100 m wahre Hanglänge von 40 bis 50 Kleinstterrassenflächen besetzt werden. In ihrer annähernden isohypsenparallelen Anordnung zeigen die Einzelterrassen in der Grundrißprojektion häufig äußerst spitzwinkelige Einmündungen oder Verschneidungen mit darüber oder darunterliegenden Kleinstterrassenflächen.

Die Mikromorphologie bei rezenten noch vom Vieh intensiv betretenen Viehgangeln wird durch scharfe Terrassenflächenkanten zu den Terrassenstirnhängen bestimmt, wobei diese mehr als die doppelte Hangneigung der Generalhangneigung aufweisen können. In vegetationsgeographischer Hinsicht ergibt sich eine scharfe Zonierung von *Nardus stricta* auf den sanft nach außen geneigten Terrassenflächen und *Vaccinien* und *Besenheide* neben dem *Bürstling* auf den steilen Terrassenhängen.

Bei Extensivierung des Viehtrittes geht nicht nur diese vegetationsgeographische Kleinstzonenbildung verloren, sondern

auch die Kleinstformenelemente wandeln sich.

Die Terrassenflächen beginnen sich im Zuge des "Vernarbungsprozesses" stärker nach außen zu neigen bei gleichzeitiger Verschmälerung, die oft kleinstbuchtartig vollzogen wird und unter simultaner Abnahme der Terrassenstirnhangneigung sowie Verringerung der Höhe derselben. Schließlich ergeben sich im Zuge der Weideextensivierung nur mehr wenige Dezimeter hohe, von der Fläche der Terrasse nur mehr um wenige Winkelgrade steiler geneigte Hangkleinstkonvexitäten, welche die ursprünglich scharf akzentuierte Mikromorphologie nur mehr erahnen lassen.

In vegetationsgeographischer Hinsicht lassen sich drei Extensivierungsstadien der Mikroterrassen feststellen. In der 1. Phase ziehen auf die umgestalteten Terrassenflächen die Leitpflanzen der Terrassenhänge: Vaccinien und *Calluna vulgaris* ein. Die 2. Phase kann im Rahmen des weiteren Einzuges von Zwergsträuchern durch das Aufkommen von *Juniperus nana* und vereinzelt von *Pinus mugo* charakterisiert werden, während in der 3. Phase bereits eine Vergesellschaftung von einzelnen Strauchfichten, bzw. -lärchen stattfindet.

Dieser sozioökonomisch bedingte Wandel der Mikromorphologie und der Ausprägung des Pflanzenkleides geht mit einer auffallenden Veränderung der Pedosphäre einher.

2.1.1.1 Natürliche Bodenprägung

Um die anthropogen gesteuerte Bodenentwicklung in den Griff zu bekommen, ist es vorerst nötig, ein Bild über die Bodenprägung zu gewinnen, wie sie vor dem hochspätmittelalterlichen Eingriff in die subalpine Waldzone herrschte, bei dem die natürliche Waldgrenze um 400 bis 500 Höhenmetern auf den südexponierten Hängen des Untersuchungsgebietes herabgedrückt wurde.

Die besten Beobachtungspunkte stellen sich in den zwergstrauchreichen, lichten, tiefsubalpinen Lärchen-Fichtenwaldrestbeständen im Bereiche des Jochriedelzuges in Höhenlagen um 1600 m ein. Auf den 25° nach SO geneigten Hängen stellt sich unter Wald ein schwächst tagwasservergleyter Semipodsol ein. Unter einem 5 bis 0 cm hohen O_1 -Horizont und 0 bis 3 cm dicken A-Horizont ist der E-Horizont (3 bis 8 cm) mit graubrauner Farbe*) (7,5 YR 4/2) deutlich ausgeprägt. Er wird von vielen 1 cm im Durchmesser betragenden Fahlflecken durchsetzt und entspricht bodenartlich einem schwach lehmigen Sand**). Der von 8 cm bis 60 cm Tiefe reichende braune B_{sg} -Horizont (7,5 YR 4/6) mit stark lehmigem Sand und feinblockiger Struktur bei 50 bis 80 % Gehalt an 4 bis 5 cm großen Einzelkomponenten Werfener Schichtenschutt und Grus, der, so wie alle Horizonte, kalkfrei ist, wird von gangförmigen Rissen durchzogen. In ihnen wandelt sich die Bodenart zu stark sandigem Lehm, wobei die Aggregate grobblockig und kantenrund gestaltet sind. Vor allem bilden diese Inhomogenitätsbahnen des Unterbodens den Schauplatz der bevorzugten Verlagerung der Sesquioxide aber auch von Humusstoffen, wie an 6 cm breiten Humusfilmen ersehen werden kann. Daneben spielen Gleyflecken mit 5 mm Durchmesser eine äußerst untergeordnete Rolle. Ab 60 cm stellt sich sodann der C_v -Horizont ein.

Insgesamt gesehen liegt demnach unter anthropogen kaum beeinflussten Voraussetzungen ein schwächst tagwasservergleyter Semipodsol vor, der durch Mittelgründigkeit, Kalklosigkeit, leichte Bodenart, hohen Anteil an Grobstoff und durch mäßig frischen Wasserhaushalt gekennzeichnet werden kann.

*) Alle Farbangaben im Zustande der Fließgrenze.

***) Alle bodenartlichen Angaben durch Fingerprobe bestimmt.

Sowohl der Ober- wie der Unterboden zeigen eine mäßige Regenwurmtätigkeit; der Oberboden ist stark durchwurzelt. Erst ab der Mitte des B_{sg} -Horizontes wird die Durchwurzlung gering.

Im Bereiche der von Weidegang mehr oder minder erfaßten zoogenen Mikroterrassen stellt sich nun eine markante Veränderung dieses Bodentyps in Richtung Braunerdedynamik ein, wobei sich die Intensivität und Extensivität des Weideganges in Grad und Richtung der Braunerdedynamik deutlich auswirken.

Die aktiven Viehgangeln als Zeugen des über 1/2 Jahrtausend währenden intensiven Viehbeganges im Zuge der arbeitsintensiven traditionellen Sennereiwirtschaft wiesen in Höhenlagen von 1500 m bis 1700 m auf den südexponierten Hängen des Werfener Schichtensockels an Stelle der ursprünglichen Semipodsole unter lichtem subalpinen Nadelwald unter Bürstlingrasen stark betrittvergleyte podsolige Lockersedimentbraunerden auf.

2.1.1.2 Bodenentwicklung unter intensiver Almwirtschaft

Ein wesentliches Merkmal dieses Bodentyps stellt bei Wegfall des O-Horizontes, der von 0 bis 5 cm reichende A_{gz} -Horizont*) dar. In seiner bräunlich-schwarzen Gesamtfarbe (10 YR 3/2) wird er von schluffigem, schwach lehmigen Sand bei einem Grobanteil von 30 % bis 50 % Grus zusammengesetzt. Die sehr groben plattigen Aggregate werden durch den überaus seichten aber intensiven Wurzelfilz von *Nardus stricta* in einen dichten Gefügestand versetzt. Besonders charakteristisch sind deshalb viele deutlich wahrnehmbare 2 bis 3 mm große Rostflecken und zahlreiche deutlich ausgebildete 8 mm große Gleyflecken. Die Intensität der Betrittvergleyung ist im obersten Zentimeter des A_{gz} -Horizontes am stärksten. Mit scharfer Grenze

*) z: für zoogen

schließt ein EB_V -Horizont (5 cm - 23 cm) an, der durch die Mattheit seiner braunen Farbe (7,5 YR 5/3) auffällt. Im Gegensatz zum Oberboden liegt bei Wegfall der schluffigen Komponente, bei Wandel der Struktur zu mittelblockigen kantenscharfen Aggregaten und Verringerung des Grusgehaltes auf 10 % bis 30 % des Gesamtvolumens, bei Zunahme der Porosität und gleichzeitig rapider Abnahme der Durchwurzelung bei noch vorhandener starker Regenwurmtätigkeit ein Horizont vor, in dem die Tagwasservergleyung völlig verschwindet. Hingegen stellen sich zusammen mit einzelnen Verwitterungsflecken deutlich mehrere 5 mm große Fahlflecken ein, die auf eine partielle Podsolierung hindeuten, worauf auch die mattbraune Gesamtfläche des Horizontes hinweisen dürfte. Der von 23 cm bis 50 cm reichende braune B_V -Horizont (10 YR 4/6) zeigt die höchsten Grobstoffgehalte des Gesamtprofils im Ausmaße von 50 % bis 80 %, wobei 10 cm lange Werfener Schichtenschutt Komponenten neben wenig Grus vorliegen. Bei gleichzeitiger Zunahme der Bindigkeit (stark sandiger Lehm) des Unterbodens zeigen die großblockigen kantenscharfen Aggregate poröses Gefüge. Einzelne undeutliche 1 mm bis 2 mm große Gleyflecken stellen sich ein, jedoch lassen sich keine Tonhäute im Sinne der Parabraunerdedynamik feststellen, allerdings auch keine eindeutigen Sesquioxidanreicherungen, obwohl profilmorphologisch die Verarmung solcher im EB_V -Horizont in Erscheinung tritt. In Zusammenhang mit den profilmorphologischen Kriterien und dem dominierend vertretenen minderwertigen Bürstling als Säurezeiger handelt es sich demnach um eine betrittvergleyte podsolige Lockersedimentbraunerde, die im gesamten Profil kalkfrei ist und einen zoogen bedingten, extrem wechselfeuchten Wasserhaushalt des verdichteten Oberbodens aufweist, der sich jedoch bereits ab 5 cm Tiefe normalisiert. Als Muttergestein dieses Bodentyps fungieren die mächtigen Hangschuttdecken aus den Werfener Schichten. Da alle naturräumlichen bodenbildenden Faktoren bis auf die biologischen Faktoren die

gleichen wie beim vorhin beschriebenen Semipodsol sind, kann angenommen werden, daß seit der mittelalterlichen Entwaldung und Almwirtschaft eine Aggradierung des Semipodsols zu einer podsolierten Lockersedimentbraunerde stattfand bei gleichzeitiger Extremvergleyung der dünnen Krume.

2.1.1.3 Bodenentwicklung unter kurzfristiger Extensivierung der Almwirtschaft

Die erste Extensivierungsphase der zoogenen Kleinstterrassen - einhergehend mit dem Einzug von vereinzelt *Vaccinium* und *Calluna* auf den Terrassenflächen - bedingt den Wandel zur Lockersedimentbraunerde mit der Profilformel: $A_1-A_2-B_V-C_V$. Der wesentliche Unterschied zur betrittvergleyten podsolierten Lockersedimentbraunerde beruht, bei Äquivalenz aller naturräumlichen bodenbildenden Faktoren mit Ausnahme der unähnlichen bodenbildenden Merkmale der veränderten Vegetation, in der profilmorphologischen Ausprägung des Oberbodens und den höheren Anteilen des Unterbodens. Der A_1 -Horizont zeigt bei beginnender Vernarbung der Viehgangeln von 0 cm bis 3 cm wohl noch die plattigen Aggregate mit intensivem Wurzelfilz von *Nardus stricta*, aber keine Vergleyungserscheinungen mehr. Die plattige Struktur setzt sich undeutlich noch in den dichtgelagerten A_2 -Horizont (3 cm bis 10 cm) fort, obwohl hier bereits deutlich Übergänge im Rahmen der mullartigen Humusform zu mittelblockigem Habitus zu verzeichnen sind. Hier stellen sich noch einzelne 2 mm große Rostflecken ein. Der B_V -Horizont (10 cm bis 40 cm) weist alle Kriterien mit seinen vielen Verwitterungsflecken aber dem Fehlen von Vergleyungskriterien bei einem Grobstoffgehalt von 50 % bis 80 % eines Braunerde-Verwitterungshorizontes auf. Der wesentliche Unterschied zu den voll aktiv gehaltenen Viehgangeln besteht im Wegfall der extremen Betrittvergleyung und des Kennzeichens der Stoffverarmung unter dem A-Horizont (BE-Horizont). Reste der plattigen Struktur und eine sehr gering-

füchtige Krümenvergleitung stellen die wenigen äquivalenten Merkmale dar. Insgesamt gesehen ergibt sich also, wenn noch keine höheren Zwergsträucher eine Rolle spielen, eine markante Aggradierung zu einer silikatischen Lockersedimentbraunerde.

2.1.1.4 Bodenentwicklung bei mittelfristiger Extensivierung

In dem Falle der 2. Extensivierungsphase jedoch, in der bei zunehmendem Verfall der Formenelemente der Kleinstterrassen besonders der Besatz von *Juniperus nana*, vereinzelt von *Pinus mugo* bezeichnend sind, verändert sich die Richtung der Bodendynamik im rückläufigen Sinn, obwohl auch hier alle naturräumlichen Faktoren mit Ausnahme der anthropogen gesteuerten Vegetationsentwicklung gleichartig sich zu allen bereits beschriebenen Bodentypen verhalten. Mit der gänzlichen Umgestaltung des Oberbodens bei zunehmenden saurem, schwer ersetzbaren Bestandesabfall setzt nun wieder eine Entwicklung zur podsoligen Lockersedimentbraunerde ein. Die Profilformel lautet: $O_f-A-EB_v-B_v-C_v$.

Der O_f -Horizont (5 cm bis 0 cm) ist in seiner dunkelrötlich-braunen Farbe (5 YR 3/2) deutlich ausgebildet. Die Vermoderungsschicht lässt deutlich abgestorbene Wurzelteile von *Nardus*, *Vaccinium* und die Nadelstreu des Zwergwacholders erkennen. Der bräunlich-schwarze (5 YR 3/1) A-Horizont (0 cm bis 6 cm) weist mit sandigem Schluff und 10 % Grusgehalt starke Mullhumosität auf und feinkblockige kantenrunde Struktur im Übergang zur porösen Feinkrümelstruktur. Bei starker Durchwurzelung und mäßiger Regenwurmtätigkeit wird er vereinzelt durch 1 mm große Rostflecken, die auch vereinzelt in Röhrenform auftreten, charakterisiert. Der A-Horizont dieses Bodentyps ist doppelt so mächtig wie beim Semipodsol und im Vergleich zur betrittvergleiteten podsoligen Braunerde ohne die Kennzeichen der plattigen Struktur, der massiven Vergleitung und des dichten Gefüges versehen. Im Vergleich zur silikatischen

Lockersedimentbraunerde sind nicht einmal mehr die Übergänge von plattig-mittelblockiger Struktur bei immer noch vorhandener Dichte zu verzeichnen, sondern der Trend zur Krümelstruktur ist offenkundig. Der EB_V -Horizont (6 cm bis 17 cm) aber steht mit 7,5 YR 4/3 mattrotlichbrauner Farbgebung und 50 % bis 80 % Grusgehalt bei schluffigem Sand in großer Ähnlichkeit zum EB_V -Horizont der betrittvergleyten podsoligen Lockersedimentbraunerde. Auch die grobblockigkantenscharfen Aggregate und mehrere 1 cm große Fahlflecken verhalten sich ähnlich. Mit dem anschließenden braunen B_V -Horizont (17 cm bis 60 cm) erweist sich das gesamte Profil als kalkfrei.

2.1.1.5 Bodenentwicklung bei langfristiger Extensivierung der Almwirtschaft

In der 3. Extensivierungsphase ist bis auf wenige Reliktteilformenelemente eine weitgehende Vernarbung und Einschweißung der Mikroterrassen in das Gesamthangprofil eingetreten. Besonders von den Tobelrändern her wandern unter dem Schutze kleiner und höherer Zwergsträucher die Fichte und Lärche in Strauchform ein, wodurch sich die Landschaftsentwicklung im Zuge der Extensivierung der Almwirtschaft dem vorspät- bzw. vorhochmittelalterlichen Zustand annähert, wengleich in der für dieses Entwicklungsstadium bezeichnenden Bodenprägung des Semipodsols auch Unterschiede zu den anfangs aufgezeigten tagwasservergleyten Semipodsolen unter Hochwald auf dem Jochriedel auftreten.

Die Profilformel: $0-A-E-B_{sv}-C_V$ des kalkfreien Gesamtprofils unterscheidet sich von dem "natürlichen" tagwasservergleyten Semipodsol vor allem durch die Profilmorphologie des B_{sv} -Horizontes, der noch eine nähere Verwandtschaft zur podsoligen Braunerde erkennen läßt, wengleich der deutliche E-Horizont eine Abgliederung von dieser notwendig macht, sodaß dieser Bodentyp als initialer Semipodsol bezeichnet werden muß.

Der E-Horizont (4 cm bis 8 cm) zeigt sowohl zu dem grobstoffreichen und grobkrümeligen bräunlichschwarzen (7,5 YR 3/2) A-Horizont eine scharfe Grenze als auch zu dem B_{sv} -Horizont. Der graubraune (7,5 YR 4/2) E-Horizont ist zu 30 bis 50 Volumsprozent von 5 cm bis 10 cm langen Werfener Schichtenschutt Komponenten durchsetzt. Gegenüber dem humosen A-Horizont mit seinem schluffigen Sand weist der E-Horizont schwach lehmigen Sand auf, läßt mehrere Humusflecken erkennen und weist eine strukturlose - lose Lagerung auf. Typisch sind mehrere 5 mm große Fahlflecken neben mehreren 1 mm großen Rostflecken. Der B_{sv} -Horizont (8 cm bis 42 cm) ist braun (7,5 YR 4/6) und mit stark lehmigem Sand bindiger als der E-Horizont. In trockenem Zustand wirkt der B_{sv} -Horizont rostfarben (5 YR 4/6); dies deutet auf die undifferenzierte Einlagerung von Sesquioxiden hin, genauso wie die stark ausgeprägte lose Lagerung bei stark lehmigem Sand und 10 % bis 30 % Grus- und Schuttanteil am Gesamtvolumen des Horizontes. Der nur mehr schwach durchwurzelte und mäßig belebte Horizont, der wie das Gesamtprofil kalkfrei ist, weist jedoch ohne Zonierung auch Kennzeichen eines Verwitterungshorizontes auf. Es treten mehrere Partien darin auf, wo nestförmig unzersetzte Schuttstücke aus Werfener Tonschiefer Verwitterungshöfe sich herausbildeten im Sinne eines in situ - Verlehmungsprozesses. Obwohl der B_{sv} -Horizont plastisch und klebende Konsistenz zeigt, fehlen alle Kennzeichen einer Vergleyung. Ab 42 cm stellt sich der C_v -Horizont ein, der durch pastösen mataderoartigen Zersatz der violetten und grünen Tonschiefer, bzw. Sandsteine der Hangschuttpakete der Werfener Schichten bestimmt wird. Im Unterschied zum schwächst tagwasservergleyten Semipodsol unter natürlichem, lichten, zwergstrauchreichen subalpinen Nadelwald weist dieser initiale Semipodsol, der sich im Zuge der Verwaldung von Weiderasengesellschaften herausbildete, nicht die Humusfilme und Nester im Unterboden entlang bevorzugter Leitbahnen auf. Ferner trennt den initialen Semipodsol vom schwach tag-

wasservergleyten Semipodsol unter Wald die Strukturlosigkeit gegenüber der feinblockigen Struktur bei ersterem. Gegenüber dem EB_v -Horizont der vorhin dargelegten podsoligen Braunerden bildet beim E-Horizont des initialen Semipodsols seine Strukturlosigkeit und lose Lagerung neben der scharfen Grenzbildung in Farbwert und anderen Kriterien die wesentlichste *differentia specifica*.

Zusammenfassend ergibt sich also neben der morphologischen Veränderung der zoogenen Kleinstterrassen und ihrer Vegetationsveränderung im Hinblick auf die Richtungskomponenten der Bodendynamik in historisch faßbaren Zeiträumen ein klares Entwicklungsbild, das folgendermaßen typisiert werden kann: Aus Semipodsolen, die zum Teil tagwasservergleyt sind, entwickelten sich in ungefähr 500 Jahren intensiver Beweidung extrem betrittvergleyte podsolige Lockersedimentbraunerden. Die Extensivierung des Weideganges im Zeitraum der letzten 25 bis 30 Jahre führte bei ältester Verbrachung (30 Jahre) der subalpinen Almweiden in diesem Zeitraum bereits zur Rückentwicklung zu einem initialen Semipodsol, bei mittelzeitlicher Verbrachung (10 bis 20 Jahre) zur Umbildung zu podsolierten Lockersedimentbraunerden und bei jüngster Inaktivierung der Weiden (5 bis 10 Jahre) zu Lockersedimentbraunerden.

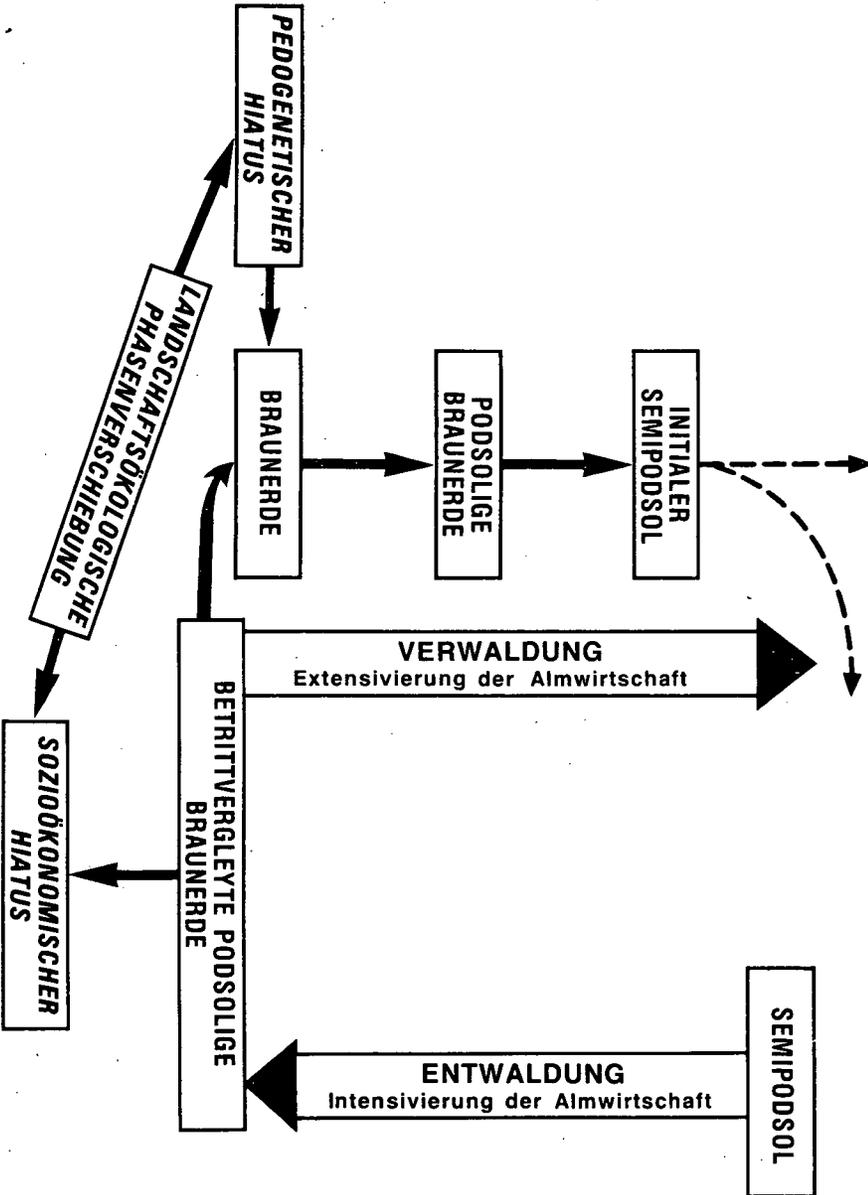
Faßt man die Intensivierung der Podsoldynamik ganz allgemein infolge des Rohhumuskriteriums und der Stoffverlagerung von oben nach unten bei gleichzeitiger Zerstörung der Tonminerale und anderer Kriterien unter dem Begriff einer Bodendegradierung auf und deren Abnahme als Bodenaggradierung, so ist es interessant, daß der sozioökonomische Strukturwandel von der Sennereiwirtschaft zur personalextensiven Galtviehhaltung in den 50er Jahren unseres Jahrhunderts zunächst die Aggradierungstendenz des Bodens fortsetzte und sich sogar die Braunerdedynamik durchsetzen konnte. Erst in dem Zeitpunkt des Überhandnehmens der

Zwergsträucher infolge des Unterbleibens des Schwendens und anderer bodenschonender Maßnahmen setzt eine Degradation der Böden ein, woraus praktisch folgt, daß noch nicht der betriebswirtschaftliche Wandel selbst für die Umweltprobleme des subalpinen Lebensraumes verantwortlich gemacht werden kann. Das leichtere Vieh und dessen geringere Stückzahl wirkte sogar bodenverbessernd, da die Krumenvergleyung rasch zurückging und die Rohhumusproduktion nicht sofort einsetzte. Es war das Fehlen von umweltschonenden Begleitmaßnahmen, das zum Zuwachsen der Weiden und damit auch zur Intensivierung von Teilvorgängen der Podsoldynamik führte. Modellhaft-theoretisch gesehen liegt somit in diesen Tatbeständen trotz Umkehr der gesamten landschaftsökologischen Entwicklung eine ökogeographische Phasenverschiebung vor, die eine planerische Chance darstellte, bzw. in anderen Fällen noch darstellen kann, meliorierend in die Abläufe einzugreifen. Schließlich sei noch darauf hingewiesen, daß ich in dem Modell der Abbildung 1 den Entwicklungslinien, die vom initialen Semipodsol weitergeführt wurden, auch eine offene Richtung gab, da nicht feststeht, ob tatsächlich der Ausgangssemipodsol erreicht wird; erstens stellen die Landschaften offene Systeme dar und zweitens steht jede Bodenentwicklung unter ganz bestimmten Parametern, die sich oft in kurzen Zeiträumen ändern können, insbesondere was die kulturlandschaftlichen Rahmenbedingungen anlangt, so daß auch die Bodendynamik des initialen Semipodsols nur dann den Klimaxbodentyp erreichen kann, wenn die künftigen almwirtschaftlichen Parameter beibehalten oder verstärkt werden.

Die Erörterungen können in diesem Rahmen nicht Bezug nehmen auf die Tatsache, daß auch Stockwerkprofile im Untersuchungsgebiet vertreten sind (H. RIEDL, 1979). Es handelt sich um kolluviale Überlagerungen alter Podsole - Semipodsole, wobei partiell, falls es sich bei diesen begrabenen Böden um die vorhochmittelalterlichen Böden handelt, im Jahr 1,0 mm bis 1,3 mm seit dem Hochmittelalter in bestimmten Hangarealen

Abbildung 1

Anthropogen gesteuerte Bodenentwicklung auf Wertener Schiefer im subalpinen Lebensraum



Zeichnung: W. Gruber

Entwurf: H. Riedi, 1982

akkumuliert wurde. Im Hangenden jedenfalls derartiger fossilisierter Podsole-Semipodsole (unter ehemaligem Wald) kam es zur Entwicklung von podsoligen Braunerden unter Nardetum mit *Calluna vulgaris*, *Juniperus nana*, *Vaccinium myrtillus*, *Rhododendron ferrugineum* und *Vaccinium vitis-idaea* (C. MASCHKA, 1979) - ein Zeichen für die eindeutige profil-morphologische Abschwächung der Podsoldynamik unter Weide in einem bestimmten Extensivierungsstadium in vertikaler-historischer Sicht!

2.1.2 Denudierte zoogene Mikroterrassen

Die Entwicklung der Almwirtschaft in den letzten 25 bis 30 Jahren birgt ein Paradoxon. Einerseits stellen sich Formenentwicklungen und Bodenabtragungen ein, die direkt durch Nachlassen des Viehbeganges oder durch dessen Beteiligung entstehen. Andererseits bilden sich Erscheinungen des Bodenabtrages heraus, die nur indirekt mit der Extensivierung zusammenhängen. Ausschlaggebend für die letztere Kausalfaktorengruppe ist die Tatsache, daß es besonders im Zuge des Verfalles der alten Agrargemeinschaftsalmen zur bereits erwähnten Verbuschung und Verwaldung der ursprünglichen Almflächen kommt, diese dadurch in bestimmter Weise, abhängig von Gunst und Ungunst der natürlichen edaphischen Faktoren, verkleinert werden und die geringere Anzahl des Viehs sodann auf den verbleibenden Restweidearealen im Zuge der Überstockung bestimmte bodendegradierende Wirkungen entfaltet. Diese treten insbesondere im Bereiche von feuchteren Hohlformen, von Tobel- und Rinnensystemen bzw. an Kerbtalunterhängen ein. Bei derartigen geomorphologischen Prädispositionen werden die Kleinstterrassen denudiert, wie die Karte von E. ERTL (1980) zeigt. Besonders rasch führt die auch durch das heutige Fehlen des das Vieh beaufsichtigenden Almpersonals partiell verursachte Überstockung der Weiden im Bereiche der Rendsinen und Pararendsinen unter *Seslerio-Semperviretum* auf den Kleinstterrassen zur Bodenabtragung. Bei Hangneigungen von 30° bis 35°

und einem Abstand der Viehgangeln von 1 m bis 2 m werden zunächst die Terrassenflächen bis auf den C_v -Horizont abgetragen, sodaß Kalk- und Dolomitschutt der Hangverkleidung ansteht, wie besonders nach der Schneeschmelze beobachtet werden kann. Nur mehr die Terrassenstirnen haben eine Boden- und Pflanzendecke. Im Zuge der sommerlichen Beweidung werden durch Viehtritt auch die A-C-Böden der Stirnhänge verletzt, sodaß im Zuge von Starkregen eine kolluviale seichte Akkumulation von Material aus den A-Horizonten der Stirnhänge stattfindet. Die Rasenverletzungen der Stirnhänge erweitern sich rasch nach der Schneeschmelze, aber auch das Schneekriechen führt besonders bei mittlerer Vernarbung zu Abwälzungen des Stirnrasens sehr oft über mehrere Kleinstterrassenflächen hinweg, sodaß diese nur als temporäre Kleinstakkumulationsräume fungieren. Der Angriff des Viehtritts auf die Rasennarbe und den Oberboden der steilen Kleinstterrassenstirnen vollzieht sich im Rahmen eines Selbstverstärkungsprinzips: Infolge der Bodenabtragung auf den Terrassenflächen weicht das Vieh immer stärker hangaufwärts senkrecht zu den Isohypsen aus und verstärkt damit die Verletzung der Stirnhänge. Schließlich entwickeln sich aus einer ursprünglichen zusammenhängenden, alle Formenelemente der Viehgangeln überziehenden Pedo- und Biosphäre wulstförmig - tropfenförmig durchgebogene Boden- und Rasenwülste als Reste der Stirnhänge bei Zerstörung der Fläche. Ähnliche Erscheinungen sind auch in den Werfener Schichtenbereichen ausgebildet, wo besonders in Hangpseudo-gleybereichen alte vernarbte Rutschungsnischen, die von Viehgangeln überzogen werden, von der sekundären zoogen gesteuerten Bodenabtragung erfaßt werden. Überstockungen auf den 35° bis 40° geneigten schattseitigen, nach Norden exponierten Hängen, die zu von Stagnogleyen geprägten Naßgallen hinableiten, führen zu intensivster Abtragung. Aus verrutschten, von Resten eines 20 cm dicken humosen Kolluviums bedeckten Terrassenstirnen, entwickelten sich durch vollstän-

digen Abtrag des Kolluviums große Denudationsflächen mit Neigungen von 46° , in denen die als Ansatz der zoogenen soil erosion fungierenden Viehgangeln bereits völlig abgetragen sind. Das Muttergestein wird inmitten der subalpinen unregelmäßig Waldweide von einer 1 cm dicken Nadelstreuschichte bedeckt.

Der Trend der Mikroterrassendenudation führt zumeist dazu, daß die ursprünglichen Generalhangneigungen durch steilere bis zum C-Horizont denudierte Sekundärhänge ersetzt werden.

Als Endform des zoogenen Narbenversatzes entstehen Narbenversatzplaiken. Ähnliche Prozesse haben W. LAATSCH und W. GROTTENTHALER (1973) in den Bayerischen Alpen beschrieben.

Diese Richtungsdynamik steht sohin im Gegensatz zur Vernarbung der Viehgangeln durch Extensivierung des Viehbesatzes. Die Vernarbung führt im Extremfall nur zu einer Angleichung an die Vorform des Gesamthanges, in den die vernarbenden Mikroterrassen eingeschnitten sind. Fernerhin vollzieht sich der Vernarbungsprozeß unter einer unverletzten, zusammenhängenden Boden- und Vegetationsschichte.

2.1.3 Überschüttete zoogene Mikroterrassen

Diese Formen stehen in einem engen Zusammenhang mit der Wegerosion. Bezeichnend ist, daß im Zuge der ungenügenden Instandhaltung der Karrenwege in den extensivierten Almbereichen, vor allem infolge unsachgemäß oder überhaupt nicht vorgenommener Wasserableitungsrinnen es besonders im Zuge der sommerlichen Gewitterstarkregen zu Ausbrüchen des in den Wegrinnen fließenden Wassers kommt und im Mikroterrassenbereich Grus und Feinschutt akkumuliert werden, da das zoogene Kleinststufenrelief eine stufenweise Verringerung der Transportkraft der schuttbeladenen Wegerinnengewässer verursacht, ähnlich wie dies bewußt im Zuge von kulturtechnischen Wildbachver-

bauungen angestrebt wird. Daß eine Bremsung der Erosion und ein Zwang zum Aufschütten eintritt, ist die Voraussetzung frischer, vollaktiver zoogener Mikroterrassen erforderlich. Die belasteten Wegegerinne brechen zumeist in Wegekurven aus, da diese die Rolle von Prallhängen übernehmen. Bei Intaktheit der Viehgangeln und der Existenz des stark verdichteten und betrittvergleyten Oberbodens mit seiner grobplattigen Struktur wandelt sich sprunghaft die lineare Erosion in schichtflutenförmigen Abfluß um, wodurch breitbandförmige Akkumulationen auf den Kleinstterrassen über einige Dekameter Hanglänge erfolgen. Die Feinschuttakkumulationen können auf den Kleinstflächen 20 cm mächtig werden. Die Größe der Komponenten reicht von Grobsand bis zu Schutt von 10 cm bis 20 cm Achsenlänge. Durch derartige auf 25° bis 27° geneigten Hängen erfolgende Akkumulationen werden die Böden fossilisiert und anthropogen (zoogen) gesteuerte Stockwerkprofilentwicklungen des Bodens eingeleitet. Meistens werden die Terrassenstirnen nur ganz sporadisch von dem Ausschüttungsvorgang erfaßt. Vereinzelt verhüllen jedoch die Schuttbahnen bereits auch diese. Durch derartige Prozesse ist eine der Komponenten gegeben, die einen Verlust des Weidelandes nach sich ziehen.

2.2. Isohypsen senkrechte zoogene Kleinstformen linearer Prägung

2.2.1 Rezente Viehtrittfurchen

Es handelt sich um einige Meter - wenige 10er von Metern lange Kleinsthohlformen, die in ihrem linearen Verlauf senkrecht zu den Isohypsen die Einheitlichkeit der Linearität nicht immer wahren, sodaß geringfügige Versetzungen der Rinnen häufig anzutreffen sind. Das Linearprofil der 20 cm bis 40 cm breiten Furchen ist besonders beim Überqueren isohypsenparalleler Kleinstterrassen unausgeglichen gestaltet. Die Breite der Furchenrücken ist annähernd doppelt so breit

wie die Furchenbreite, während die Furchentiefe, vom Scheitel der Zwischenrücken an gemessen, durchschnittlich der Breite der Furchen entspricht. Im rezenten Stadium tragen die Furchenrücken ein ungestörtes Bodenprofil samt dem Weiderasen, während die Rückenhänge und die Furchenmulden in tiefere Bodenhorizonte unter Denudation der Oberbodenanteile und der Vegetation eingelassen sind. Die Hänge, die durch Viehtrittfurchen geprägt werden, bewegen sich von 25° bis 30° und stellen meist Unterhänge dar, die zu Sättel oder anderen Hangkonkavitäten (Naßgallenbereiche) leiten.

Die Ausbildung der Viehtrittfurchen knüpft sich an bestimmte bodengeographische Vorbedingungen, die ganz allgemein durch die Dominanz großer struktureller und dynamischer Gegensätzlichkeiten der Profilmorphologie charakterisiert werden können. Eine besondere Gunst der Viehtrittfurchengenese bieten tagwasserstauende Böden mit wechselfeuchter Bodendynamik. Hangpseudogleye und Pseudogleye nehmen hier wiederum eine bevorzugte Stellung ein.

E. ERTL (1980) zeigte an Hand eines verbraunten Hangpseudogleys wie die Entstehung der zoogenen Furchenbildungen begünstigt wird. Das A (0 cm bis 4 cm) - PB_V (4 cm bis 5 cm) - S Profil zeigt größere Diskontinuitäten. Der PB_V -Horizont (10 YR 6/3) unterscheidet sich in seiner mittleren Bodenschwere mit sandigem Lehm und nur 0 % bis 10 % Grobanteil an Grus deutlich von der schwereren Bodenart des S-Horizontes mit schluffigem Lehm. Während der PB_V -Horizont feinblockige kantenscharfe, poröse Aggregate aufweist, zeigt der S-Horizont (10 YR 5/3) massive dichte Lagerung. Diese Unterschiede verbinden sich im PB_V -Horizont mit vielen zungenförmigen Rostflecken von 5 cm bis 10 cm Länge sowie vielen Fahlflecken von 7 cm bis 15 cm Länge und vereinzelt mit 2 mm großen Eisenkonkretionen, während der S-Horizont mehrere deutliche runde - unregelmäßige 10 cm große Rostflecken und viele undeutliche

Gley- und Fahlflecken sowie einzelne Mangankonkretionen von 3 mm Größe aufweist. Entscheidend ist auch, daß die gute Durchwurzelung an der Unterkante des PB_V -Horizontes sein Ende findet. Der A-Horizont (10 YR 4/2) dieses Bodentyps zeigt mittlere Bodenschwere, einen intensiven Wurzelfilz, ist gut belebt und weist keinerlei Vergleyungsphänomene auf. Diese Profilgebung stellt den Schnitt durch einen Furchenrücken dar, der keinerlei Viehtritterscheinungen aufweist. Diese konzentrieren sich auf die Furchenbereiche, eine Eigenart, die oft zu beobachten ist, auch was die Viehpfade oft inmitten von Bodenrißpartien anlangt. Die Genese der Viehtrittfurchen wird durch die Viehwanderung im Sinne der Gefällslinie (Aufsuchen von Tränken) eingeleitet. Beim Wechsel von einer Mikroterrasse auf die nächst höhere in der direkten Gefällslinie werden zunächst die Terrassenstirnhänge durch den Viehtritt oft in der Mitte ihres Hangprofils aufgerissen. Durch Abrutschen der Hufe entstehen isohypsensenkrechte Eintiefungen, die bei über 40° bis 50° Hangneigung der Viehgangelhangstirnen leicht vollzogen werden kann. Die nach Regenfällen oft im Zustande der Fließgrenze befindlichen PB_V -Horizonte samt dem A-Horizont werden so leicht ausgeschert. Deshalb sind die Furchen sehr nahe oder bereits in den obersten Partien des S-Horizontes eingetieft. Ist diese Entwicklung einmal vollzogen, so kann bei entsprechendem Tagwasserangebot durch linearen Abfluß bzw. bei noch vorhandenen Restauflagen des PB_V -Horizontes über dem dichten Staukörper in diesen zoogenen Primärfurchen aus kleinsten Einzugsbereichen ein bescheidenes Maß an linearer Erosion oder subkutaner Ausspülung erreicht werden. Durch die immer stärker sich herausbildende Furchenmorphologie erfolgt bei Tagwassereinfluß eine Dränagierung der Kleinstrückensysteme, während die Furchenbereiche oft nach Regenfällen, denen tagelange Trockenphasen folgen, noch naß sind. Zusammen mit dem immer wieder in die Furchen gelenkten Viehbegang erfolgt dadurch in den Feuchtfurchen eine weitere Vertiefung der Kleinsthohlformen.

Werden gleichzeitig die horizontalen Kleinstterrassen denudiert und von den Furchen mehrfach gequert, entsteht eine zoogen gesteuerte Gittermorphologie der Hänge, die letzten Endes zur Isolierung der Furchenrücken in linear angeordnete Rückenhorste führt. Werden auch diese durch unterschneidende Denudation abgetragen, bilden sich bis auf den S-Horizont entblößte, den Oberflächenabfluß beschleunigende, vegetationslose Hangflächen heraus, welche eine anthropogen-zoogen mitbestimmende Plaiken- bzw. Rachelsystemgenese einleiten können.

2.2.2 Vernarbte Viehtrittfurchen

Stellen die rezenten Kleinstfurchen Bildungen der Überstockungen im Bereiche von Tränkstellen dar, so lassen sich ähnlich der Vernarbung der Viehgangeln auch subrezente Furchenbildungen als Ausdruck der Weidegangextensivierung erkennen.

Es sind vorwiegend die Bereiche podsoliger Lockersedimentbraunerden aus hellen Sandsteinen der Werfener Schichten, die sich mit den vernarbten Furchensystemen verknüpfen. Die Inhomogenitätsflächen stellen die Grenzflächen EB/B_V dar. Entlang dieser wechselt zumeist die Bodenart von leichter zu mittlerer Bodenschwere. Außerdem kann im Bereiche der Furchensysteme beobachtet werden, daß hier besonders der EB-Horizont durch gröbkörnige Struktur mit Neigung zum Einzelkornzerfall gekennzeichnet ist und hier die Durchwurzelung zumeist an der Grenzfläche EB/B_V endet. Der B_V -Horizont stellt in den Furchengebieten zumeist eine starke sandige Lehm-Schuttpackung dar, sodaß die Furchen bis zu dieser Grenzfläche eingetieft erscheinen. Obwohl keine Vergleichsmerkmale in derartigen Furchen-Bodenvergesellschaften vorhanden sind, erweist es sich, daß der Oberboden inklusive EB-Horizont stärker ausgetrocknet als der B_V -Horizont.

Interessant bei den vernarbten Furchen ist, daß ihre Sohle von reiner Bürstlingflur überzogen wird, die Rücken hingegen von Zwergsträuchern eingenommen werden und daß die BE-Horizonte im Rückenbereiche eine größere Mächtigkeit als im Furchenteil aufweisen, womit, streng genommen, bei der Aufwölbung des B_v -Horizontes unmittelbar unter der Furche eine pedologische Reliefumkehr vorliegt. Diese wird vermutlich dadurch bedingt, daß mit wachsender Furchenvertiefung und ehemaligem verdichtenden Viehtritt darin die Einsickerung des Tagwassers im nicht begangenen Rückenbereich besser stattfinden konnte, sodaß Stoffwanderungen von oben nach unten im Rückenbereich ein Wachsen des BE-Horizontes gegen den B_v -Horizont nach sich zogen.

2.3 Flächenhafte Denudationsformen (komplex-nivaler Prägung)

2.3.1 Schmelzwasserspülflächen

Im Bereiche wechselfeuchter Standorte, die in Konkavitäten des Hanggeländes im Werfener Schichtenbereich eingebunden sind und sich oft oberhalb schroffer Tobelsprünge auf süd-exponierten Hangneigungen von nur 15° bis 20° anordnen, entwickeln sich in Höhenlagen von 1600 m bis 1700 m durchschnittlich 1 m^2 bis 10 m^2 große, kreisrunde - rechteckige aber auch löffelförmig den Hang hinanziehende von Nardetum weitgehend entblöhte Flächen, die unter Denudation hauptsächlich des Oberbodens leiden. Charakteristisch für diesen Typus von Abtragungsformen im noch stark begangenen, in Tobelnähe überstockten Weidegebiet, ist die Tatsache, daß die vegetations- und oberbodenlosen Denudationsstellen immer wieder von kleinen Rasenzeugenhorsten durchsetzt werden, die sich mit ihrem Oberbodensockel durchschnittlich um 5 cm bis 6 cm über die denudierten Areale erheben, sodaß ein der Halbwüste nicht unähnliches Bild entsteht. Die denudierten Flächen selbst sind im mattgelblichen, stark lehmigen Sand angelegt, auf dem lose

in autochthoner bzw. parautochthoner Position mehrere 3 cm bis 5 cm lange Schuttstücke der Werfener Schichten liegen. Das Feinmaterial zeigt zwischen den Rasenzeugenhorsten mannigfache Umlagerungen und Seigerungen, insbesondere im Stau der bergseitigen Mikrowändchen der Rasenhorste bzw. flächenhafte Verspülungen im Sinne von Mikroschwemmkegeln. Wesentlich ist, daß alle diese Erscheinungen einen flächenhaften Aspekt haben und jede Rinnen- oder Regenrillenbildung genauso wie Zugrisse und abgewälzte Schollen fehlen. Insgesamt betrachtet entsprechen diese Formen nicht den auch viel steilhängigeren "Plaiken" T. SCHAUERS (1975), sondern stellen eigenständige denudative Formenelemente dar.

Wesentliche Bedeutung kommt auch hier der bodentypischen Prägung zu. Im Bereiche solcher Formen sind häufig verbrauchte Pseudogleye ausgebildet, deren Profilformel lautet: A_{gz} - P_1 - P_2B_v -S. Die Inhomogenitäten dieses Bodentyps sind stark ausgeprägt. Der betrittvergleyte A_{gz} -Horizont hat bloß eine Dicke von 0 cm bis 2 cm. Darunter schließt der P_1 -Horizont (2 cm bis 6 cm) an. Mit gelblich-brauner Farbe (2,5 Y 5/3) weist er sehr leichte Bodenart auf und nur einen Grobanteil von 10 %. Der stark schluffige Sand ist stark pseudovergleyt im Sinne einer markanten Stauzone und wird von den breiten kegelförmigen Wurzelstöcken des Borstgrases (*Nardus stricta*) durchsetzt. Von 6 cm bis 35 cm reicht der verbrauchte P_2B_v -Teil der Stauzone mit mattgelblich-brauner (10 YR 5/4) Farbe. Der Grobstoffgehalt wächst auf 10 % bis 30 % Schutt (3 cm bis 5 cm) bei stark lehmigem Sand. Zu den Erscheinungen der Pseudovergleyung treten mehrere runde Verwitterungsflecken hinzu. Die Untergrenze dieses Horizontes wird außerdem durch das untere Ende der Wurzelfilzstöcke markiert. Der ab 35 cm anschließende S-Horizont mit mattgelber Farbe (2,5 Y 6/3) weist mit sandigem Lehm mittlere Bodenschwere auf bei einem Grobanteil von 50 % bis 80 % Kleinschutt (3 cm). Bei deutlicher grobblockigkantenscharfer Struktur treten einzelne 1 mm große röhren-

förmige Rostflecken, viele deutliche 2 cm große runde Gleyflecken und einzelne Verwitterungsflecken von 3 mm Größe auf. Wertet man die profilmorphologischen Kriterien des Bodentyps in bezug auf die Genese der Denudationsform aus, so ist erstens die Inhomogenitätsgrenze innerhalb der Stauzone der Sprung von stark schluffigem Sand zu lehmigen Sand, zweitens die Grenze P_2B_v/S von Bedeutung, entlang der der Wechsel von leichter Bodenschwere zu mittlerer erfolgt und der Staukörper nicht mehr durchwurzelt ist. Von diesen beiden Grenzflächen wird beim derzeitigen Entwicklungsstadium der Denudationsformen einstweilen nur die erste Grenzfläche genetisch in Wert gesetzt. Nach initialen, zumeist isohypsensenkrecht angeordneten Viehtritten, bei denen die Rasendecke verletzt wird, erfolgt eine rasche epi- aber auch subkutane Ausspülung der schluffigen Komponenten, wodurch es zu einer relativen Anreicherung des Grobanteiles des P_1 -Horizontes kommt. Die Ausspülvorgänge sind flächenhafter Art und bewirken Unterspülungshohlkehlen im Bereiche $A_{gz}-P_1$. Das wirksame Agens stellen langsam abschmelzende Schneeflecken in den südexponierten Konkavitäten dar. Das flächenhaft abkommende Schneeschmelzwasser unterspült lateral rasch die in großer Dichte bestehenden Initialviehtritte. Da die flächenhafte Exhumierung infolge der Fließtätigkeit des extremsten Teiles der Stauzone durch die Schmelzwasserschichtfluten an der Grenze P_1/P_2B_v derzeit noch gebremst wird, bietet sich das Bild der Durchsetzung der tiefer gelegten Fläche in Form noch vieler Nardus-Horste. In wenigen Jahren erreicht die flächenhafte Tieferlegung jedoch die 2. Grenzfläche, womit eine durchgreifende Entwurzelung der Rasenhorste verbunden ist. Obwohl die bodengeographischen Parameter ähnlich wie im Falle der Viehtrittfurchen sind, ist für die morphogenetische Unähnlichkeit der beiden Leitformen kausal verantwortlich zu machen:

1. die wesentlich flachere Hangneigung, welche zu keinen initialen Viehtritttrutschspuren führt und
2. die hohe Mobilität der schluffigen Bodenanteile im P_1 -Horizont gegenüber

der mittleren Bodenschwere einer infolge der besseren Dränage der Viehtrittfurchen und der steileren Hangneigung unmittelbar unter der Krume verbrauchten Stauzone. Da bei den soeben dargelegten Formen weder Gleiten oder Rutschen des Oberbodens durch Schneekriechen oder Schneeschurf eine prägende Rolle spielen, sondern überwiegend die Wirkung pedotypologisch begünstigter Schmelzwasserschichtfluten besteht, kann für diese Formen der Terminus "Schmelzwasserspülflächen" vorgeschlagen werden.

Aus den Darlegungen folgt, daß im Bereiche der stark pseudo-vergleyten Böden (Pseudogleye, Hangpseudogleye, Stagnogleye, verbrauchte Pseudogleye) bei Überstockung der Weiden infolge des unregelmäßigen Betriebes insbesondere in den Randbereichen von Konkavitäten bei steilen, aber auch bei Hangneigungen unter 20° eine enorme Gefahr der 'soil erosion' gegeben ist und hier bereits in den ersten Initialphasen Sanierungsmaßnahmen zu treffen wären.

2.3.2 Blattanbrüche

Die von T. SCHAUER (1975) und J. KARL (1961) in den Allgäuer Alpen dargestellten Formen, die mit W. LAATSCH und W. GROTTENTHALER (1972, 1973) als Translationsrutschungen aufzufassen wären, sind im Untersuchungsgebiet als eigenständige Form nicht vertreten. P. BERNHAUPT (1979) hat sie zuletzt in großer Anzahl im Bereiche des PlammerKessels in den Wölzer Tauern festgestellt und G. HANSELY im Zuge einer laufenden Dissertationsarbeit Nachweise solcher Formen aus den Dientner Bergen der Grauwackenzone erbracht. Bei den von T. SCHAUER (1975) unter dem Terminus 'Blaike' dargestellten Formen (Blattanbrüche) handelt es sich um 2 m² bis 200 m² große Denudationsformen, die durch Gleiten oder Rutschen einer geschlossenen Vegetationsdecke samt Wurzelschicht und Erdreich mit einer Mächtigkeit von 20 cm bis 40 cm entstehen.

Die Bewegungen werden durch 1 m bis 20 m lange Zugrisse ausgelöst, die häufig am Oberhang liegen; die Auslösung der Zugrisse und Bewegungsvorgänge erfolgt vor allem durch Schneekriechen, wobei im Zuge der almwirtschaftlichen Extensivierung die entlang von Zugspalten führenden Trampelpfade des Viehes heute kein Zutreten der Spalten bewirkt, sodaß bei einheitlichen seichtgründigen Wurzelwuchsformen im Rahmen der ungenügenden Almpflege derartige von T. SCHAUER als Blaiken bezeichnete Formen in der Gegenwart rasch zugenommen haben. P. BERNHAUPT (1979) wies nach, daß die 'Blaikenflächen' im Plannerkessel in einem ca. 100.000 m² großen Testgebiet in den letzten 25 Jahren um ca. 280 m² pro Jahr sich vergrößerten.

Der Terminus 'Plaike' ist in der Geomorphologie E. STOCKER (1971) für vegetationsarme Denudationshohlformen in anstehendem Gestein vergeben, die nischenförmig in den Hang eingetieft sind und scharf umgrenzte hufeisenförmige Gestalt aufweisen. Der Plaikenbegriff ist weiters durch das Anordnungskriterium dieser abtragungssintensiven Formen entlang sich rasch eintiefender Bäche, zumeist von Kerbtaltypus, determiniert. Die Ursache ihrer Bildung geht primär völlig natürlich an übersteilten Hängen durch Unterschneidung fließender Gewässer vor sich. Plaiken setzen an Konvexitäten der Hänge an, um ein übersteiles Gefälle durch rückschreitende Denudation auszugleichen. Durch intensive Denudation (Frostverwitterung, Abbröckeln, Abspülen) kleiner Bodenschliffe etc. rückt die Steilböschung dabei unter Verringerung des Höhenintervalls frontartig gegen das Rückgehänge vor.

So gesehen handelt es sich s.str. bei den von T. SCHAUER (1975) und anderen dargestellten Formen und Prozessen um einen völlig anderen Sachverhalt. Die quasinatürlichen Plaiken unterscheiden sich von den 'natürlichen' Plaiken der geomorphologischen Literatur demnach

- o durch kleinere Ausmaße;
- o durch größere Breite als Höhe;
- o durch die Unabhängigkeit von einer erosiven Unterschneidung und durch das Kriterium von Zugrissen, verbunden mit einfachen Rutschungsvorgängen geringen Tiefganges gegenüber einem komplizierten exogenen Kräftebündel denudativer Art bei den natürlichen Plaiken.

Aus diesem Unterschied der Begriffsfassungen sollte grundsätzlich eine saubere terminologische Trennung der beiden Formentypen vorgenommen werden. Am besten wäre es im Falle der Schauerschen Plaiken einfach von "Blattanbrüchen" zu sprechen und das Wort Blaike dafür völlig fallen zu lassen, bzw. es könnte eine Differenzierung vorgenommen werden in Seichtrutschungsplaiken und erosive Unterschneidungsplaiken. Wenn auch Blattanbrüche s.str. im Untersuchungsgebiet nicht festgestellt werden konnten, so sei bereits jetzt darauf hingewiesen, daß die im Untersuchungsgebiet vertretenen Prozesse erosiver Unterschneidungsplaiken in bestimmter Weise partiell mit der Dynamik von Zugspalten kombiniert sein können. Außerhalb der an Vorfluten gebundenen Plaiken fehlt diese jedoch.

2.3.3 Schneeschurfplaiken

Diese Formen sind im Untersuchungsgebiet an steilhängige Reliefpartien gebunden. Insbesondere werden von ihnen die konvexen obersten Kerbtalhänge bzw. Lawinengraben-seitenhänge mit Neigungen von 25° bis 35° eingenommen. Die lebhaft in dem letzten Jahrzehnt sich ausdehnenden Schneeschurfplaiken zeigen keinerlei Gebundenheit an erosive Unterschneidungsmechanismen. Vielmehr kann man feststellen, daß sie sich an stark vernarbten Viehgangelhängen ausbilden, die durch den Einzug der Legföhre gekennzeichnet sind. Die Schneeschurfplaiken entwickeln sich zumeist am talwärtigen Untersaum von

isolierten Legföhrenhorsten, wo im Lee der Latschen der Schneeschurf sich abrupt entfalten kann. Die dadurch entstehenden Formen zeigen leicht konkaves Längsprofil bei übergeordneter Konvexität des Gesamthanges. Die mit dem Schneeschurf verbundene Denudation führt schrittweise zur Entfernung des Rasens, der von *Rhododendron ferrugineum* durchsetzt wird, dann des Oberbodens und schließlich greift die Abtragung bereits im Bereiche der C_v -Horizonte podsoliger Braunerden ein.

Die starke Differenzierung der Schurfbewegung, luvseitige Staubbremsung und leeseitige abhobelnde Wirkung, ist ein Ergebnis der Extensivierung der Almweiden. Das "Zuwachsen" der Legföhre tritt durch das fehlende Schwenden bei der derzeitigen Galtviehhaltung ohne Personal ein. So unterscheiden sich diese Formen auch morphographisch von den Blattanbrüchen, da das isohypsensenkrechte Wachstum das isohypsenparallele Wachstum bei weitem übertrifft. Besondere Aktivität entfaltet der Schneeschurf auf den vom Seslerion *Semperviretum* eingenommenen und stark von der Wiederbewaldung ergriffenen A-C-Böden der 35° geneigten Hänge in 1400 m Höhe. Die vereinzelt aufkommenden Fichten wurden durch Schneeschurf entwurzelt, wobei die Schneeschurfplaiken sich rasch durch sekundäre Abtragskräfte auf die doppelte Fläche der ausgescho-benen Wurzelteller vergrößern. Auch hier fehlt das frühere Schwenden der Jungbäume.

2.3.4 Wegeplaiken

Infolge der maschinellen Schubraupenterrassierungen der Almaufschließungswege setzen an diesen Leitlinien zusammenhängende, die Wege bandförmig begleitende Denudationsstreifen an. Die geschlossene bandförmige Wegeplaikenentwicklung zeigt bei häufigen Plaikenlängen von 1 m bis 5 m bei Einlenkung der Wege in Rinnen und Kerbtälchen auch eine hang-

aufwärts buchtförmig vorprellende Konfiguration, wobei bereits Längen von wenigen 10er von Metern erreicht werden können. Diese Plaikenform kann bis in das Muttergestein der Böden eingetieft sein. Allerdings wird das konvexe Profil der bucht-bandförmigen Wegeplaiken ständig verhüllt, sodaß rasch eine konkave Profilgebung der mittleren und unteren Plaikenhänge eintritt. Die Unterkante dieser Plaiken bildet das Niveau der Wegtrasse, während die Oberkante im Bereiche der podsolierten Braunerden und ganz besonders im Bereiche der Semipodsole unter lichtem subalpinen Wald vom überhängenden Zwergstrauchrasen des Oberbodens gebildet wird. Diese Wurzelpölster werden in Form von Hohlkehlen von den Plaikenböschungen unterschritten. Deshalb gehört zum typischen Formenbild der Wegeplaiken stets der Besatz der Plaikenflächen durch abgerutschte Rasenziegel, die lange vegetativ intakt bleiben können und nicht selten die Ansatzstellen einer natürlichen Wiederbegrünung der Plaikenakkumulationsabschnitte und Plaikendenudationsbereiche darstellen.

Für die Dynamik der Wegeplaiken sind verschiedene Prozesse von Bedeutung. Auslösend ist die zumeist durch die Schubarpen verursachte initiale Versteilung des Primärhanges, die ähnlich einer primären fluviatilen Hangversteilung wirkt. In der Folge wird die anthropogene Hangsteile in ihrer Höhe vermindert, indem deren Unterkante ständig hangaufwärts verlagert wird. So entsteht eine flachere aber auch längere Böschung als die maschinell initiierte Steilböschung war. Die abgeflachte Denudationsböschung verhält sich jedoch im derzeitigen Entwicklungsstadium der Wegeplaiken immer noch steiler als die natürliche Ausgangshangneigung. Bei der Zurückverlegung der Maschinenböschungen wirkt die Wegefläche stets in der Art einer lokalen Denudationsbasis. Verglichen mit der natürlichen Wandentwicklung im großen haben wir es bei den initialen künstlichen Wändchenbildungen im kleinen mit einer zu sich selbst parallelen Wandzurückverlegung unter

Zurücklassung eines flacheren Haldenhanges bei Verringerung der Wandhöhe aber gleichbleibender Steilheit zu tun. So gesehen stellen die Rasen-Oberbodenkliffs samt ihren Hohlkehlen höher gerückte Nachfolgeformen der primären Maschinenböschung dar.

Die wichtigste Kraft für das umweltzerstörende Zurückverlegen der künstlichen Primärböschungen stellt die Kammeisdenudation dar. So konnten beispielsweise am 28.12.1979 bei einer durchschnittlichen Schneedeckenhöhe von 35 cm an sämtlichen Wegeplaiken des Untersuchungsgebietes starke Nadeleisauddrücken beobachtet werden, da die steileren Wegeplaikenflächen aus den Gesamthängen ausgeapert waren. Am 18.11.1979 nachts und morgens bildeten sich an sämtlichen Wegeplaiken 5 cm bis 7 cm lange Nadeleiskissen, die Feinerdepartikeln aus den Oberböden der Rasenkliffs parallel zur vertikalen Oberfläche heraushoben. Die Lufttemperatur lag nachts unter 0° und tagsüber maximal bei $+7^{\circ}$. In 10 cm Tiefe zeigte der Bodentemperaturautograph isothermisches Verhalten bei $+4^{\circ}$! Am späten Vormittag war das Nadeleis verschwunden, aber am Fuße der Rasenkliffs breiteten sich mehrere Dezimeter lange geschlossene Akkumulationsbänder aus krümeliger Feinerde aus. Überall lagen dünne Restschneeflecken, die tagsüber Schmelzwasser zur Genese des Kammeises abgaben. Somit ergibt sich bei positiven Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe bei vorhandener Bodenfeuchte und gleichzeitiger Ausaperung der Wegeplaiken eine nur unmittelbar an der Oberfläche der Denudationsböschung wirkende mittelbare Temperaturverwitterung, die in der Summenwirkung jedoch als abtragungsintensiver Mechanismus gewertet werden muß. Von wesentlicher Bedeutung für die starke Kammeisdenudation der Oberbodenkliffe ist die Neigung der Eluvialhorizonte zur Einzelkonstruktion und deren Porosität. Werden sohin ohne Sanierungsvorkehrungen die künstlichen Böschungen der Wege in Gebieten podsoliger Entwicklung sich selbst überlassen, erfolgt eine besonders

rasche Steuerung der Denudation, insbesondere in den oberen Mikrowandteilen, nach rückwärts. Kommt bei bereits vorhandener Hohlkehlenbildung an der Oberkante der Wegeplaiken von den oberen Hangteilen herabdringender Schneeschurf hinzu, kommt es leicht zum Verstürzen der bereits labilisierten von Wurzelfilz durchzogenen A-Horizont-Schollen. Hierbei kann auch der Viehtritt als ein den Abbruch auslösender Faktor eine Rolle spielen.

2.4 Abtragungsböschungen mit beschleunigter Abtragung im Bereiche fluvialer Linearerosion

2.4.1 Unterschneidungsplaiken (Plaiken s.str.)

Ein gutes Beispiel für diesen Formenbereich liefert der oberste Steinergraben. Es handelt sich um eine 25 m lange und durchschnittlich 18 m breite, im Grundriß trapezförmige Plaike, die unmittelbar vom in 1420 m Höhe liegenden Bachspiegel an den nordexponierten Hang des Kerbtales hinanzieht. Der Talweg hat eine Neigung von 6° . Das Gerinne übt vorwiegend Tiefenerosion aus. Unterhalb einer kleinen Erosionsstufe unterschneidet jedoch der Bach prallhangförmig den 45° bis 55° geneigten untersten Teil des Schatthanges des Tales, worin die primäre Ursache der Plaikengenese besteht. Gegenüber dem unverletzten 45° bis 55° geneigten Hang führt die Unterschneidungsplaikenbildung im derzeitigen Entwicklungsstadium zu Hangabflachungen von 40° bis 48° . Das Plaikenprofil gliedert sich in einen oberen konvexen, von Schutt und Grus bedeckten Abschnitt, der durch zahlreiche wenige Zentimeter bis 1 Dezimeter eingetiefte Hangdruckwasserrillen gegliedert wird. Im untersten Viertel der Längserstreckung erreichte die Denudation bereits das Anstehende, das eine $1/2$ m hohe lotrechte Felsstufe aus hangparallel streichenden und mittelsteile aus dem Hang fallenden, stark brekziösen Habitus aufweisenden Gutensteiner Kalkdolomit darstellt, der in die Werfener Schichten eingeschuppt ist. Dieser Umstand des inneren

Baues begünstigte hier die Plaikenentstehung. Darunter schließt eine Sturzhalde aus Kleinstschutt und Grus an. Abseits der primär genetischen Faktoren zeigt sich jedoch auch hier eine enge Verzahnung mit zoogen gesteuerten Vorgängen, die schließlich zu einer Abtragungsbeschleunigung im Plaikenbereich führen. Bezeichnend hierfür ist die Lage dieses Plaikentyps in einem breiten schattseitigen Unterhangsstreifen, von dem zur Zeit der intensiven Sennereiwirtschaft der Wald stets zurückgedrängt wurde. Heute befindet sich das zoogene Mikroterrassengelände beiderseits der Plaike im Zustande der Vernarbung und des Aufkommens von säbelwüchsigen Jungfichten bzw., am Plaikenrand, von Legföhren. Kleine Schneeschrufplaiken stellen sich abseits der großen Plaiken häufig ein, sowie partiell die Phänomene der Mikroterrassendenudation. Das Vieh zieht zumeist nur am späten Nachmittag rasch durch diesen Geländeteil durch, wobei der Begang nicht mehr parallel zu den Mikroterrassen erfolgt, sondern in rascher Folge hangauf- und hangabwärts erfolgt. Ein einheitlicher isohypsenparalleler Trampelpfad jedoch bildet sich an der Plaikenoberkante aus, der zwischen der Untergrenze des Fichten-Lärchenhochwaldes und der Obergrenze der zuwachsenden Unterhänge entlang führt.

Für die rasche Weiterbildung der Plaike ist entscheidend, daß mehrere Zugspalten in nur geringer Entfernung vom heutigen Plaikenrand ausgebildet sind. Die Zugspalten gewinnen eine Länge von maximal 5 m. Bis zu 0,5 m sind sie bei einer klaffenden Weite von 10 cm bis 25 cm in Rendsinen der oberen Plaikenrandgebiete bzw. in Hangpseudogleye der unteren Plaikenränder eingetieft. Die Spalten sind von den die Plaikenflächen überragenden Oberbodenbaldachinen 1 m bis 3 m entfernt, wobei zu beobachten ist, daß die isohypsenparallelen Spalten heute vom Vieh nicht mehr zugetreten werden, während die hangaufziehenden Randspalten Vernarbungen durch den Viehtritt zeigen. Deshalb weitet sich die Plaike beson-

ders in den basalen Teilen nicht nur durch erosive Unterschneidung, sondern auch entlang waagrechter Zugspalten durch kleine Bodenabrisse lateral kräftig aus, wobei es zum Abgleiten ganzer Legföhrenhorste kommt. Im verfallenden Viehgangelgelände führt das Schneekriechen insbesondere auf den vom Nardetum eingenommenen, sehr steilen Unterhängen zu ständigen Rutschungsvorgängen am Rande der Plaiken entlang von Zugrissen, wobei das abgetragene Material rasch von dem Fließgewässer abgeführt werden kann. Nach vorbereiteter Zugrißbildung erfolgt bei einer Schneedeckendauer des nordexponierten Hanges des Steiner Grabens bis in die erste Juniwoche besonders in der Zeit der Schafskälte-Singularität (mit Tiefgang der Temperatur um die Mitte des Juni) eine Abtragungsintensivierung an den Plaikenrändern, wobei die Rasenkliffhohlkehlen, die den Rand zwischen geschlossener Vegetation und völlig vegetationslosen Plaikenflächen begleiten, gegen die plaikenrandparallelen Risse vorarbeiten, sodaß dann das gravitative Abgleiten der Bodenschollen am stärksten beobachtet werden kann. Temperaturmessungen am 16.6.1980 zeigten in 1470 m Höhe bei Nordexposition um 15.30 Uhr bei einer Lufttemperatur in 2 m Höhe von 16° eine Bodentemperatur im Bereiche dünner Restschneeflecken zwischen 0 cm bis 8 cm Tiefe von -0,3° bis -0,4°C. Die maximale Bodenerwärmung um 18.30 Uhr betrug im gleichen Bodentiefenniveau +0,8° bis +1,1° C bei einer Lufttemperatur in 2 m Höhe von 17° und in 15 cm Höhe über Boden in einem Wacholderzweigstrauch sogar von 20,5°C! Tags zuvor lag bei Einbruch maritimer Kaltluftstaffeln die Lufttemperatur tagsüber im Bereiche von 9° bis 12,5°. Diese Phase massiver feuchter Kaltluftvorstöße bewirkt einerseits, daß bereits nach weitgehender Schmelze des Winterschnees in die offenen Zugrisse durch Starkregen Tagwasser eingeleitet wird, wodurch subkutan Ausspülungen eintreten, bzw. bewirkt eine kräftige Kammfrostattätigkeit kurz vor Sommerbeginn bei hoher Wassersättigung des Bodens eine energische Lockerung der Rasenkliff-

hohlkehlen. Die Haupttätigkeit des Kammfrostes liegt jedoch im Oktober, November, während im Sommer, bei hoher Austrocknungstendenz der Plaikenoberflächen, Abkollern von Steinen bzw. Abgrusen, insbesondere aus den Hohlkehlenbereichen neben der Regenrillenspülung während gewitterlicher Starkregen, eine wesentliche Rolle spielen. Hinsichtlich der mittelbaren Temperaturverwitterung spielen infolge der Seichtigkeit des Kammfrostes und der hohen winterlichen Schneedecke (H. RIEDL, 1978) frostdynamische Solifluktion oder Spaltenfrost keine Rolle.

2.4.2 Rinnenplaiken

Handelt es sich bei den Unterschneidungsplaiken um ein komplexes Prozeßgefüge, bei dem die dominierende Linearerosion jedoch eine wesentliche Rolle spielt, so können die Rinnenplaiken dem Bereiche der initialen fluvialen Linearerosion zugeordnet werden. Musterbeispiele von Rinnenplaiken stellen sich im oberen Steiner Graben unterhalb der Laubichlalm und beherrschend in den Kerbtalanfängen des Larzenbachgrabens ein. W. LAATSCH und W. GROTTENTHALER (1973) fassen das furchen- und rillenbildende Einschneiden von Oberflächengewässern und Lockermassen, sofern die Tendenz zur Schluchtbildung besteht, als Tiefenerosion auf. Es ist aus geomorphologischer Sicht jedoch angemessen, mit H. LOUIS und K. FISCHER (1979) in derartigen fast oder völlig vegetationslosen Spülrinnen und Runsen die Rolle von Zubringervorgängen zu sehen, für die in den dominierenden Tiefenlinien erfolgende lineare Fluvialerosion. Zwischen initialer Linearerosion und Hangdenudation besteht bei den Rinnenplaikentypen jedoch ein besonders enger Zusammenhang.

Im obersten Larzenbachgraben erstrecken sich die Rinnenplaiken entlang der Hauptkerbe von einer Seehöhe von 1640 m bis 1540 m Höhe hinab in recht geschlossener Ausdehnung. Allein am west-

exponierten Hang der Hauptkerbe erlangt die Plaikenfläche eine Breite von 230 m und eine Längenentwicklung bis zu 50 m. Als Vorform der Rinnenplaiken fungiert eine an eine Flachmoorsattelzone anschließende nach Süden unter 20° abfallende Konkavität, die mit 35° geneigten Hängen ausgestattet war. Diese Konkavität ist durch die Rinnenplaiken fast zur Gänze aufgelöst worden. Das Rinnensystem besteht aus zwei ca. 20 m tief in die Reste der Konkavität eingeschnittene nach unten konvergierende Ursprungstricherrinnen, von denen der rechte Ast mehrere canon-förmige Seitenrisse aufweist.

Die Neigung der Rinnenkerben beträgt 25° bis 35° , die verplaikten Rinnenhänge jedoch sind 40° bis 80° geneigt. Die Primärhangneigung vor Einschneiden des Rinnensystems beträgt 20° bis 35° . Da das Gefälle der Rinnenkerben fast identisch mit den Ausgangshangneigungen ist, können diese als zugeordnete Spezialformen der Hänge im Bereiche der Ursprungskonkavität angesehen werden, womit auch die initiale fluviale Linearerosion in den Rinnenkerben als nebengeordneter Begleitvorgang der flächenhaften Abtragung auf Hängen gelten kann. Das gesamte Rinnenplaikensystem liegt nahe zur von Flachmooren eingenommenen, sattelförmigen Wasserscheide zum Karstsacktal des obersten Lammertales. Werden die ostexponierten Hänge der Ursprungsmulden von lichtem subalpinen Wald besetzt, so können die westexponierten Hänge des Sattels durch nur mehr extensiv betretenen Bürstlingrasen auf vernarbten zoogenen Mikroterrassen charakterisiert werden. Die 0,5 m mächtigen pseudovergleyten Semipodsole zeigen ferner einen Bewuchs von *Juniperus alpina*, *Rhododendron ferrugineum* und locker gestreuten Lärchen. An den schon früher verwaldeten ostexponierten Begrenzungshängen der Rinnenplaikensysteme stellen sich (H. HARTL, 1980) zahlreiche Zwergsträucher (Heidelbeere, Rauschbeere, Besenheide, Zwergwacholder, Preiselbeere, Latsche) und Waldmoose (*Dicranum scoparium*,

Pleurozium schreberi, Hyloconium splendens) und Säureanzeiger wie Arnika, Bärtige Glockenblume, Drahtschmiele, Alpenrandlattich und Rippenfarn ein. Infolge der expositionsmäßig differenzierten Verwaltungstendenz des Satteltbegleitgeländes und der Konzentration des unregelmäßigen Weidebetriebes auf den unmittelbaren Randbereich der Sattel-Flachmoorzzone kam es infolge der "paradoxen Überstockung" zur Denudation der Mikroterrassen mit Versatz der Grasnarbe und der als Stauzone fungierenden Eluvialhorizonte der pseudovergleyten Semipodsole, wodurch bei tiefliegendem Kerbtalbeginn diesem ein anthropogen initiiertes Riesensplaikensystem mit beschleunigter Abtragungsleistung angegliedert wurde, wodurch wiederum letzten Endes die Ursprungstrichter der Kerbtalbildung unter Aufzehrung des Wasserscheidengeländes zurückverlegt wurden. Die Abtragungsvorgänge, die dazu führen, lassen sich wie folgt analysieren.

2.4.2.1 Erosive Teilvorgänge

Entscheidend hierfür ist die Tatsache, daß die Ursprungskonkavität des natürlichen Kerbtales durch einen in Serpentin angelegten Karrenweg erschlossen wurde. Heute streicht er mit seinen Wegeplaiken als Relikt einer alten Wirtschaftslandschaft über die Kante des Rinnentrichters frei in die Luft aus und ist unbenutzbar geworden. Bei Schneeschmelze bzw. während gewitterlicher Sommerstarkregen führt er in seinen Erosionsrillen Wasser, das über die Rinnenkante abgeleitet wird. Dadurch tritt periodische Rückwärtserosion im Bereiche der Wegeerosion ein. Die Genese seitlicher Rinnenrisse ist dadurch bedingt. In ähnlicher Weise kommt es zum Überlaufen der Flachmoortümpel, die dann durch die Rinnenursprungstrichter regelrecht dränagiert werden. Auch hier wird periodisch-episodisch Rückwärtserosion entfaltet. Da die steilen Rinnenflanken unter der mächtigen periglazialen Schuttverhüllung der Werfener

Schichten auch das Anstehende freilegen, bewirken austretende Hangdruckwasser-Kluftwasserfäden eine feine Runsenabtragung der Rinnenflanken. Die sommerlichen Gewitterregen bewirken jedoch auch eine massive Seitenrinnenanlage oft in einem Zug, wobei kleine Murenkegel gegen die Hauptkerbe vorgebaut werden, die bereits wieder durch Spülfurchen zerschnitten werden. Im Hintergrund solcher Seitenrinnen sind oft senkrechte Ursprungstrichter entwickelt, über deren Kante die Boden-Rasenpölster oft in einer Breite von über 1 m vorkragen. Hohe Nadelbäume verstürzen über diesen Kanten.

2.4.2.2 Teilvorgänge der Nivation

Die Rinnenplaiken werden durch Schutt-Lehmpackungen gepanzert. Bei sommerlich-herbstlicher Austrocknung sind die 40° geneigten Hänge infolge der Pflasterstruktur nur durch Aufhacken des Pflasters begehbar. Die Schneelast bzw. das Schneekriechen bewirkt eine Einregelung des plattigen Werfener-Tonschieferfeinschuttes in die feuchte, lehmige Zersetzungsmatrix, ja ein Einpressen der Grobkomponenten in das Feinmaterial, wodurch die Hänge wie gepflastert wirken. Der Schneeschurf wirkt sich besonders an den Rasenbaldachinoberkanten der Plaiken aus, wodurch es immer wieder zum Versatz von Rasenziegeln kommt. An der konvexen Hangversteilung der untersten Plaikenhänge auf 80° wirkt sich nicht nur seitliche Rinnenspülungsunterschneidung aus, sondern auch der Schneeschurf. Ferner bildet sich an der Schwarzweißgrenze der bis Mitte Juni andauernden ca. 1 m bis 3 m mächtigen Schneeverhüllung der Rinnenkerben eine Aufrauung der Panzerhänge durch Frostverwitterung aus, wodurch auch eine Teilkomponente der basalen Rinnenhangversteilung gegeben ist.

2.4.2.3 Abgrusen

Dieser Teilvorgang stellt die Domäne sommerlich-herbstlicher

Trockenphasen dar, in denen die wechselfeuchten pseudovergleyten Semipodsole im Rasenkliffbereich der Plaikenränder unter starker Strukturminderung der B_{sg} -Horizonte leiden, wodurch ein starkes Aufwärtswandern der Hohlkehlen stattfindet. Tritt in den herbstlichen Altweibersommerphasen kurzfristig Schneefall ein, so kann der Kammfrost im Zuge des Abschmelzens der dünnen Schneedecken bei dominierendem Strahlungswetter eine wesentliche Ursache des Abgrusens der Plaiken darstellen.

2.4.2.4 Subsilvine Ausspülung

Sind steile Seitenursprungstrichter mit senkrechten Wänden einmal entwickelt, so treten in einem bis zu 10 m an die Trichteroberkante anschließenden Hangstreifen entlang der Flachwurzelstränge, insbesondere im Fichtenhochwald, subkutane Ausspülungen vorwiegend im Bereiche der strukturlosen Eluvialhorizonte auf. Dadurch ergeben sich Sackungen im A-Horizontbereich, sodaß das zurückbleibende Wurzelgeflecht die Physiognomie von Stelzwurzeln annimmt. Die subkutane Labilisierung bewirkt eine Erleichterung der Starkregenrißgenese.

Derartige Teilvorgänge leiten derzeit zusehens eine badlandartige Umformung der subalpinen Waldregionen ein; hinsichtlich des Bewuchses der Rinnenplaiken ergibt sich (H. HARTL, 1980) eine klare standörtliche Gliederung. Die trockenen Lehm-Grussteinpackungen (Pflasterhänge) auf Rippen und Plaikenoberhängen zeigen eine Dominanz des Filzmützenmooses (*Pogonatum urnigerum*), daneben tritt mit geringerem Deckungsgrad die Drahtschmiele (*Avenella flexuosa*) auf. Hingegen zeigen die durch Fugen- oder Hangdruckwasser partiell befeuchteten Plaikenmittel - unterhänge bei Zunahme des Feinschuttes, oft im Rahmen eingeschalteter kleiner konkaver Plaikenhangabschnitte und größerer Feuchte im Rinnenkerbenbereich, eine wechselnde Dominanz des Schmalblättrigen Weidenröschens

(*Epilobium angustifolium*) und des Zarten Straußgrases (*Agrostis shraderrana*). Unterhalb des Rinnenknaufes kommt es im Zuge von Grobschuttakkumulationen in Nähe des perennierenden Fließgewässers fast ausschließlich zur Besiedlung durch die Weiße Pestwurz (*Petasites albus*). Die Rinnenplaiken des obersten Steiner Grabens zeigen eine dominante Besiedlung durch den Sumpfschachtelhalm (*Equisetum palustre*), daneben etwas Rasenschmiele (*Deschampsia cespitosa*). Die Plaiken an dem südexponierten Hang des obersten Steiner Grabens zeigen stärker deckend nur den Huflattich (*Tussilago farfara*).

2.4.3 Wegeerosion

Bei zunehmendem Verfall der Karrenwege, dem Wegfall durchgreifender Wegsanierungsmaßnahmen und der Benützung der Wege durch Traktoren, die tiefe Furchen in den Lehm-Schuttpaketen der Hangverkleidungen hinterlassen, nimmt überall die Wegeerosion im Untersuchungsgebiet von Jahr zu Jahr zu. Verstärkt werden die der Erosion entgegenkommenden Wirkungen der erosionsanfälligen Traktorfurchen durch die Verplaikung (Wegeplaiken) der Wegehänge.

Die Karrenwege sind oft über 1 m tief in das umgebende 25° geneigte Hanggelände eingetieft, sodaß insbesondere bei gewitterlichen Starkregen das Fließwasser kanalförmig konzentriert wird. An Stellen der Erniedrigung der talseitigen Wegeböschungen bzw. an Wegebiegungen reißt der turbulent schießende Abfluß aus. Wesentlich ist die starke Aufnahme der Wegegässer von Fein- und Grobmaterial aus dem Abtragungsdetritus der Wegeplaiken, sodaß im Zuge der Wegegerinnenausbrüche die Weidegründe bis zu einigen Dekametern Länge von Feinschutt überstreut werden; dieses Kräftespiel entfaltet sich auch deswegen, weil die in kürzeren Abständen zu erfolgenden künstlichen Querabzüge auf diesen Wegen völlig fehlen.

Besonders gefährdet sind jene Wegeabschnitte, die Hangkerben queren. In diesem Falle queren Schmelzwässer, aber auch Quellwässer den Weg, wobei die talseitige Wegekante durch Rückwärtserosion bis zur völligen Zerstörung der Wegetrasse zurückverlegt wird und nicht selten dadurch eine Rinnenplaikenbildung eingeleitet wird.

2.5 Grobschuttakkumulationen

Grobschutt häuft sich besonders in den 25° bis 30° geneigten Bodenlawinenschurfrinnen unterhalb des Kalk-Dolomitschrofenlandes im Werfener Schichtenbereich an. Lesesteinhaufen zeigen an, daß zur Zeit der intensiven Sennereiwirtschaft nach der Schneeschmelze der Grobschutt aus den Rinnen durch die Almputzer alljährlich entfernt wurde. Im Rahmen der heutigen Personalexintensivität der Almwirtschaft kommt es hingegen von Jahr zu Jahr zu einer vermehrten Anreicherung des Rinnenschuttes, wodurch das Vieh die Lawinenrinnen nicht mehr abweiden kann und besonders an den Rändern der überschütteten Lawinenbahnen die Erscheinung der denudierten Viehgangeln hervorruft. Es kann auch festgestellt werden, daß Grobschutt und Geröll, durch die Rinnenverplaikung bedingt, bereits in obersten Kerbtalabschnitten zur Ablagerung gelangt, wodurch die Kerbtäler immer mehr die Funktion von Kerbsohlentälern bereits in den Anfangsabschnitten übernehmen.

3. Die Entwicklung der Prozesse in den letzten sechs Jahren

Am stärksten zeigt sich im Zuge der Almextensivierung eine Zunahme der Schneeschorfplaiken. Als Grundlage der Feststellung der Abtragungsbeschleunigung dienten terrestrische Fotos vom Juli 1973 und August 1979 sowie die Karte 1:2500 von E. ERTL, in der zahlreiche quasinatürliche Formen 1980 kartiert wurden (Beilage in diesem Heft).

Am NE-exponierten Hang des Grabens östlich der Brandstattalm waren 1979 auf einer Meßfläche von ca. 2000 m² keine nennenswerten Rasenverletzungen zu beobachten. Bis 1979 entwickelten sich drei größere Schneeschurfplaiken unter Gesamtvernichtung der Zwergsträucher und Legföhren. Die denudierte Fläche betrug 1979 456 m², womit pro Jahr im Durchschnitt eine Ausweitung der Denudationsflächen um 76 m² stattfand. Am E-exponierten Hang der Jochriedelrinne entwickelte sich im gleichen sechsjährigen Zeitraum auf einer Meßfläche von 6.250 m² eine Gesamtplaikenfläche von 1.250 m², womit pro Jahr im Durchschnitt eine Zunahme um 208 m² an Schneeschurfplaiken stattfand. Bezieht man das jährliche Maß der Gesamtplaikenflächenausdehnung auf die jeweiligen Bezugsflächen, so ergibt sich im Falle des Grabens östlich der Brandstattalm eine Denudationsrate von 0,038 m²/J und im Falle der Jochriedelrinne von 0,033 m²/J (jeweils pro 1 m²).

Dauert die derzeitige landschaftsökologische Entwicklung weiterhin unter den derzeitigen Parametern an und nimmt man für das Untersuchungsgebiet eine mittlere jährliche Denudationsrate von 0,035 an, so würde das gesamte hochlabile Werfener-Schichten-Vorland des Tennengebirges im Bereiche der subalpinen Stufe am Ende des 1. Jahrzehnts des 21. Jahrhunderts (in nicht ganz drei Jahrzehnten also) von Vegetation und Boden völlig entblößt sein. An Stelle der Almrassen und lichten Restwälder könnten ausgedehnte badlands den Zugang zu den alpinen Matten versperren.

4. Zusammenfassung

Die Untersuchungen in Bereiche der subalpinen Stufe am Südrande des Tennengebirges ergaben einen jungen Strukturwandel der Almwirtschaft. Die arbeitsextensiven Betriebstypen

bewirken in den letzten Jahrzehnten infolge des Wegfalls landschaftspflegerischer Maßnahmen eine weitgehende Störung der vegetationsgeographischen, bodengeographischen und morphodynamischen Prozesse. Als Summenwirkung der Veränderungenskomponenten nimmt die Bodenabtragung enorm zu. An Hand von Kleinformen und spezifischen komplexen Kräftebündeln wird hierfür schrittweise der Nachweis erbracht. Sollte verhindert werden, daß in drei Jahrzehnten der subalpine Lebensraum irreversibel geschädigt ist, müßten bereits jetzt rasch landschaftsökologische Sanierungsmaßnahmen getroffen werden.

5. Summary

The studies carried out within the subalpine stage at the southern fringe of the "Tennengebirge" showed recent changes in the structure of stock-farming on Alpine pastureland. The types of farms with little input of labour have brought about considerable disorganization of the processes of vegetation and soil geography as well as morphodynamics, due to the cessation of provisions for landscape conservation. The total effect of the components of change is an enormous increase in soil erosion. By means of studying small phenomena and specific bundles of forces proof of this fact is furnished in a stepwise manner. If irreversible damage to the Alpine lebensraum within the next three decades is to be prevented, it is high time already to take measures with respect to a reconstruction of ecological conditions.

6. Literatur

- Bernhaupt, P.: Umweltprobleme im Hochgebirge am Beispiel der Planner Alm, Wölzer Tauern, Stmk. Salzburg, 1979, Diss. phil. Inst. für Geogr.
- Ertl, E.: Die durch menschlichen Einfluß verursachten bzw. mitbewirkten Erosions- und Denudationsformen im Bereiche der Samer Alm, Hausarbeit am Institut für Geogr. der Univ. Salzburg, 1980.
- Fink, J.: Nomenklatur und Systematik der Bodentypen Österreichs, Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., H. 13, Wien, 1969.
- Hartl, H.: Eingriffe des Menschen in die Landschaft der Südabdachung des Tennengebirges (Bischlinghöhe - Ladenberggebiet), Floristische Mitteilungen aus Salzburg Nr. 3, 1976.
- Hartl, H.: Entstehung und Besiedlung von Blaiken am Südfall des Tennengebirges, Manuskript, 1980.
- Karl, J.: Plaikenbildung auf Allgäuer Blumenbergen, Jahrbuch d. Vereins z. Schutz der Alpenpflanzen und -tiere, 26, 1961.
- Laatsch, W. und Grottenthaler, W.: Labilität und Sanierung der Hänge in der Alpenregion des Landkreises Miesbach, Bayerisches Staatsministerium für Ern., Ldw. u. Forsten, München, 1973.
- Louis, H. und Fischer, K.: Allgemeine Geomorphologie, 4. Auflage, Berlin, New York, 1979.
- Maschka, C.: Die Bodendynamik im Bereiche der Alpenen For-

schungsstation Samer Alm mit besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen des anthropogenen Faktors. Hausarbeit am Institut für Geogr. der Univ. Salzburg, 1979.

- Midriak, R.: Die Destruktion des Bodens über der oberen Waldgrenze in der Belaer Tatra (Westkarpaten), Acta Instituti Forestalis Zvolenensis 35 - 56, 1972.
- Mortensen, H.: Die quasinatürliche Oberflächenformung als Forschungsproblem, Wiss. Zeitschr. d. E. Moritz Arndt- Univ. Greifswald, Jg. IV, 1954/55.
- Peer, C.D.: Die Nivation des Faktors der Lawinenerosion, Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. 103, 1961.
- Riedl, H.: Grundzüge der geomorphologischen und pflanzengeographischen Verhältnisse im Bereich der Samer Alm, einer neu errichteten Forschungsstation des Geographischen Institutes der Universität Salzburg, 70 - 71, Jahresbericht d. Sonnblickvereins f.d.J. 1972 - 1973, Wien, 1974.
- Riedl, H.: Untersuchungen zur witterungsklimatologischen Beziehung von Temperatur- und Niederschlagsmessungen sowie zum kulturgeographischen Funktionswandel im Bereiche der Alpinen Forschungsstation Samer Alm, Sitzungsberichte d. Österr. Akad. d. Wiss. (math.-naturwiss. Kl.), 186. Bd., 1. - 3. Hft., Wien 1977.
- Riedl, H.: Almwirtschaftlicher Strukturwandel und seine landschaftlichen Auswirkungen an der Südseite des Tennengebirges, 72 - 73, Jahresbericht d. Sonnblickvereins f. d. Jahre 1974 - 75, Wien, 1976.

- Riedl, H.: Die Bodentemperaturverhältnisse am Südrand des Tennengebirges, ein Beitrag zum Unesco-Programm Man and Biosphere, Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., Heft 20, Wien, 1978.
- Riedl, H.: Umweltprobleme im Bereich der subalpinen Stufe der Nördlichen Kalkalpen am Beispiel des Tennengebirges, Geografica Slovenica, 1979.
- Schauer, Th.: Die Plaikenbildung in den Alpen, Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, 1, München, 1975.
- Schwachhöfer, W.: Almforschungen in Österreich, Schweiz und Bayern, Berichte zur Raumforschung und Raumplanung, 24.Jg. H. 6, 1980.
- Stocker, E.: Geomorphological field experiments in the high-alpine regions of the Austrian Alps, Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, Vol. 8, Krakow, 1979.
- Stocker, E.: Plaiken, Erscheinungsbilder rascher Hangentwicklung, Mitt. d. Naturwiss. Vereines f. Stmk., Bd. 101, 1971.
- Grottenthaler, W. und Laatsch, W.: Untersuchungen über den Hangabtrag im Lambachtal bei Benediktbeuern, Forstl. Abl. 92, 1973.

Die Wirkung steigender Cadmiumgaben auf das Wachstum
von Italienischem Raygras (*Lolium multiflorum*) in
Abhängigkeit von der Bodenart

von J. G u s e n l e i t n e r ,

K. A i c h b e r g e r u n d W. N i m m e r v o l l

1. Einleitung

In Fortsetzung einer Versuchsserie, die mit dem Schwermetall Nickel begonnen wurde (GUSENLEITNER und Ma., 1981) und das Verhalten von Schwermetallen in Böden Oberösterreichs untersuchen soll, wurde ein Gefäßversuch mit gesteigerten Cadmiumsulfat-Gaben bei Italienischem Raygras zur Anlage gebracht. Die toxische Wirkung des Cadmiums auf das Pflanzenwachstum und die Gefahr einer höheren Belastung des Menschen am Ende der Nahrungskette (HOFER u. SCHÜTZ, 1980) machen es erforderlich, sich mit diesem Element auch im Bereich der Pflanzenernährung und Bodenkunde auseinanderzusetzen. Diese Frage ist deshalb sehr aktuell, weil über Klärschlamm- oder Müllkompostgaben eine Anreicherung mit Cadmium in den Böden zu erwarten ist. Neben dem Einfluß des Cadmiums auf das Wachstum der Pflanzen, auf ihren Gehalt an diesem toxischen Element sowie an den Einzugszahlen wurde auch versucht, mit 4 verschiedenen Extraktionsverfahren den erfaßbaren Cadmiumgehalt des Bodens mit den Ertrags- und Gehaltswerten der Pflanzen in Verbindung zu bringen.

2. Material und Methoden

2.1 Durchführung des Gefäßversuches

2.1.1 Böden

Als Füllmaterial der Gefäße wurden zwei unterschiedliche Bodensubstrate verwendet, die mit Quarzsand gemischt wurden.

Ein Boden stammte aus dem Kristallin des Mühlviertels (leichter, lehmiger Sand aus Gramastetten), der andere aus dem Hochterrassengebiet (mittelschwerer, lehmiger Schluff aus Linz/Oed). Als dritte Variante wurde noch ein Gemisch des Bodens Gramastetten mit Torf (5,5 : 1 GW %) zwecks Anreicherung mit organischer Substanz hergestellt.

Um eine entsprechende Durchlüftung und Wasserführung zu ermöglichen, wurden bei allen Gefäßen 2 kg Quarzsand (Feinheit III) beigemischt. Die Wasserkapazität der Böden wurde bei 70 % gehalten. Die chemisch-physikalischen Daten der verwendeten Böden sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

2.1.2 Gefäße

Für diesen Gefäßversuch mit Schwermetallanreicherungen wurden Kick-Brauckmann-Gefäße aus Kunststoff verwendet. Ein Gefäß faßte 9 kg Füllmaterial. Jedes Prüfglied wurde in vierfacher Wiederholung angelegt.

2.1.3 Düngung

Bei der Anlage des Versuches wurde pro Gefäß eine Grunddüngung von 1,5 g N, 0,75 g P und 2,25 g K_2O gegeben. Die Nährstoffe wurden in Form von Ammonnitrat, Calciumhydrogenphosphat ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$) und Kaliumsulfat gedüngt. Nach jeder Ernte wurden zusätzlich noch 0,8 g N pro Gefäß als Flüssigdünger gegeben. Die Cadmiumgaben ($3CdSO_4 \cdot 8H_2O$) wurden so gewählt, daß ohne Berücksichtigung der bereits in den Böden vorhandenen Menge eine Aufdüngung auf 2,5, 5,0 (= Toleranzgrenze nach KLOKE, 1977) und 7,5 ppm erreicht wurde.

Der Versuch umfaßte demnach folgende Cadmiumgaben:

1. O
2. Cd I = 22,5 mg Cd/Gefäß
3. Cd II = 45,0 mg Cd/Gefäß
4. Cd III = 67,5 mg Cd/Gefäß

2.1.4 Versuchspflanzen

Als Versuchspflanze dient Italienisches Raygras; der Anbau (0,5 g Saatgut pro Gefäß) erfolgte am 1.6.1978. Vier Schnitte wurden am 28.6., 13.7., 1.8. und 22.8.1978 geerntet. Bei jeder Ernte wurden je Gefäß die Frisch- und Trockengewichte festgestellt. Die Ermittlung der Cd-Gehalte in den Pflanzen erfolgte in der Abteilung Analytik I der Linzer Versuchsanstalt. Für die Durchführung der chemischen Pflanzenanalysen sei dieser Abteilung unter Leitung von Herrn Dipl.-Ing. G. SORGER gedankt.

2.2 Methoden der Bodenanalyse

Um die Beziehungen zwischen dem Cadmiumaufnahmevermögen der Pflanzen und der Austauschstärke üblicher bodenchemischer Extraktionsmethoden zu überprüfen, wurden nach Abschluß der Gefäßversuchsreihe die Böden aller Versuchsvarianten folgenden Auszugsverfahren unterworfen:

- a) Extraktion mit verdünnter anorganischer Säure (2n HCl) entsprechend dem VDLUFA-Vorschlag (Mitt.d.VDLUFA, 1975); Boden: Lösungsmittel = 1 : 10, Extraktionszeit: 2 Stunden.
- b) Komplexbildnerauszug mit 0,05 mol Dinatriumsalz der Äthylendiamintetraessigsäure (EDTA) nach BEAR, 1964; Boden: Lösungsmittel = 1 : 10, Extraktionszeit: 2 Stunden.
- c) Komplexbildnerauszug mit 0,005 mol Diäthylentriaminpentaessigsäure und 0,01 mol Calciumchlorid (DTPA) nach BROWN und DE BOER, 1976; Boden: Lösungsmittel = 1 : 2, Extraktionszeit: 2 Stunden.
- d) Sättigungswasserextrakt (WE), 24 Stunden Stehzeit bei Raumtemperatur (BOWER und WILCOX, 1965).

Während die Methoden a, b und c eher geeignet sind, das am Sorptionskomplex gebundene, austauschbare Cadmium zu erfassen, soll die Methode d. das in Lösung befindliche

Cadmium bei totaler Wassersättigung der Böden ermitteln. Die Bestimmung des Cadmiums in den Auszugslösungen erfolgte mittels Atomabsorptionsspektralphotometer.

Vor der Versuchsanlage wurde der Cadmiumgesamtgehalt der Böden nach einem Königswasseraufschluß der lufttrockenen Proben ebenfalls durch AAS ermittelt.

2.3 Methoden der Pflanzenanalyse

Die Trockensubstanz des geernteten Grases wurde durch die Vortrocknung in einem Umlauftrockenschrank bei 80° C über Nacht und einer Nach Trocknung bei 130° C über 1 1/2 Stunden gewonnen.

Für die Feststellung des Cd-Gehaltes in der Trockensubstanz wurden 10 g gemahlene Pflanzenmaterial in einem Porzellantiegel bei 550° C über Nacht verascht und nach dem Abkühlen in 20 ml 3n HCl aufgelöst, mit Urglas abgedeckt und im Wasserbad erwärmt. Nach Einengung der Lösung wurde sie in Meßkolben filtriert. Nach Trocknung der Filter und Nachveraschung wurde das Material wieder in 3n HCl aufgelöst und nach der vorher beschriebenen Handhabung in Meßkolben filtriert und nach dem Abkühlen bis zur Marke aufgefüllt. Die Probenwerte wurden mittels AAS ermittelt.

3. Ergebnisse

3.1 Bodenuntersuchung

Vor Anlage der Gefäßversuche wurden die Böden hinsichtlich charakteristischer Kenndaten, gemäß dem Methodenbuch (HERMANN u. Ma., 1955) untersucht, wobei neben den artenmäßigen Unterschieden noch die Differenz im pH-Wert sichtbar wurde, aber keine nennenswerten Unterschiede in der Austauschkapazität

und im Cadmiumausgangswert bestanden (Tabelle 1). Der native Cadmiumgehalt der Böden ist als sehr niedrig einzustufen und wurde deshalb für weitere versuchsmäßige Überlegungen nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchung am Ende der Versuchsserie sind in Tabelle 2 dargestellt. Es wurden alle Wiederholungen der Prüfglieder der drei Versuchsböden nach den beschriebenen Methoden extrahiert, und die gefundenen Werte statistisch verrechnet. Dabei zeigten sich durchwegs gesicherte Unterschiede zwischen den einzelnen Cadmiumanreicherungsvarianten (Prüfglieder O-Cd III). Die Ergebnisse der Austauschverfahren unterschieden sich mit Ausnahme der Wasserextraktion und der DTPA-Extraktion beim Boden Oed jedoch nicht quantitativ voneinander. Das sozusagen gleichwertige Extraktionsvermögen von 2n HCl und EDTA für Cadmium wird im vorliegenden Gefäßversuch weder von Bodenart noch vom Gehalt an organischer Substanz im Boden entscheidend beeinflusst, da die zugesetzten Cd-Gaben bei allen drei Böden mit diesen beiden Austauschverfahren nahezu vollständig wiedergefunden wurden. Die Austauschkapazität von DTPA bzw. Lösungsvermögen von Wasser scheint dagegen vom Ton/Schluffgehalt der Böden abhängig zu sein. So wurden beim mittelschweren Boden Linz/Oed mit DTPA nur mehr 65 % des zugesetzten Cadmiums extrahiert und die Cd-Konzentration in der Wassersättigungslösung verringerte sich bei diesem Boden im Vergleich zu den Werten der beiden anderen Testböden um mehr als eine Zehnerpotenz.

3.2 Ertrags- und Pflanzenanalysen

Allgemein kann aus der Tabelle 3 ersehen werden, daß alle drei Bodenvarianten in Summe auf einem ähnlichen Ertragsniveau lagen. Den Ertragszahlen ist weiter zu entnehmen, daß durch die gesteigerte Cadmiumzugabe nur vereinzelt Ertragsdepressionen auftraten. So sanken nur beim ersten Schnitt

auf dem Boden Linz/Oed die Erträge bei den beiden höchsten Cadmiumgaben deutlich unter jene Variante, welche kein Cadmium erhalten hatte. Auch die Anreicherung auf 5 ppm beim Boden Gramastetten ohne Torfzugabe wies einen niedrigeren Trockensubstanzertrag auf. Andererseits reagierte der Boden Gramastetten nach Torfzugabe und einer Anreicherung mit Cadmium mit einem gesicherten Ertragsanstieg beim 2. und 3. Schnitt.

Der Cadmiumgehalt der Raygraspflanzen (Tabelle 4) ließ deutlich erkennen, daß die Aufnahme des zugegebenen Cadmiums beim Boden Linz/Oed deutlich tiefer lag als bei den beiden anderen Bodenvarianten. Im Durchschnitt ist weiters ein Anstieg der Cadmiumgehalte vom 1. bis zum 4. Schnitt zu erkennen. Die niedrigen Gehalte, vor allem beim 1. und 2. Schnitt, sind nicht auf einen Verdünnungseffekt zurückzuführen, da die Trockensubstanzerträge mit Ausnahme des 3. Schnittes, wo sie etwas höher lagen, etwa gleich hoch angesetzt werden können. Auch bei den niedrigsten Erträgen, die im 1. Schnitt beim Boden Linz/Oed erreicht wurden, stiegen die Cadmiumwerte in den Pflanzen nicht über die Werte des 3. Schnittes an.

Der zunehmende Gehalt an Cadmium mit der Schnittzahl zeigte sich auch deutlich im Cadmiumentzug der Raygraspflanzen (Tabelle 5). In der Aufstellung wird deutlich, daß die Entzüge beim 3. und 4. Schnitt wesentlich höher lagen, als bei den beiden ersten. In Summe können alle 3 Varianten von der Grundbelastung der Böden her als gleich angesprochen werden, da die Cadmiumentzüge der O-Variante etwa das gleiche Niveau aufwiesen. Auch in den Cadmiumentzügen wird, ähnlich wie beim Cd-Gehalt der Raygraspflanzen, deutlich, daß die aufgebrachten Mengen dieses Elementes beim Boden Linz/Oed in geringerem Ausmaß aufgenommen werden konnten.

4. Diskussion

4.1 Vergleich der Bodenanalysenmethoden

Bei den verwendeten Extraktionsmethoden handelt es sich um einfache praktikable Verfahren, die in Zukunft im Rahmen der erweiterten Bodenuntersuchung zur Feststellung des Spurenelementgehaltes der Böden eventuell verwendet werden sollen bzw. im Falle der EDTA-Methode schon mehrere Jahre im routinemäßigen Einsatz steht. Die Extraktionsmethode mit 2n HCl ist eine in den letzten Jahren vom Verband der deutschen landw. Untersuchungs- und Forschungsanstalten ausgearbeitete Vorschrift zur Erfassung der "leicht verfügbaren" Schwermetalle in Böden und Siedlungsabfällen. Mit der WE-Methode wird im Gegensatz zu den Austauschverfahren nur der Cadmiumgehalt in der Bodenlösung bei 100 %iger Wassersättigung ermittelt, während die am Sorptionskomplex gebundenen Ionen weitgehend unberücksichtigt bleiben. Mittels EDTA- und DTPA-Extraktion läßt sich dagegen hauptsächlich organisch gebundenes Cadmium erfassen (BLUME und HELLRIEGEL, 1981).

Im Bewußtsein dessen, daß mit den verwendeten bodenchemischen Extraktionsmethoden die absolute Cadmiumaufnahme der Pflanzen nicht bestimmbar ist, wurden dennoch am Ende der Versuchsanstellung die Böden nach den vier verschiedenen Austauschverfahren extrahiert und die Ergebnisse der Bodenuntersuchung mit jenen der Pflanzenanalysen (Cadmiumgehalt und Cadmiumentzug) korreliert. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, brachten die Extraktionsverfahren mit Ausnahme des Wassersättigungsextraktes und der DTPA-Extraktion beim mittelschweren Boden keine wesentlichen Unterschiede im Niveau der ausgetauschten Cadmiummengen und weisen zueinander gesicherte, gegenüber der Wasserextraktion jedoch loser werdende Korrelationen auf (Tabelle 6). Das bedeutet, daß eine Gewichtung der angewandten Bodenuntersuchungsmethoden aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kaum möglich ist, die relative Cadmiumaufnahme in die

Raygraspflanzen sich aber mittels der Wasserextraktion am wenigsten gut erfassen läßt. Auffallend ist weiterhin, daß bei allen Extraktionsmethoden die Beziehungen zum Cadmiumgehalt der Pflanzen und den Cadmiumentzügen mit zunehmender Versuchsdauer (1. - 4. Schnitt) enger wurden (Zunahme der Korrelationskoeffizienten von $r = 0,15$ auf $r = 0,90$; Tabelle 7 und 8).

4.2 Einfluß der Bodenarten

Im Gegensatz zu früheren Gefäßversuchen über die Nickelaufnahme (GUSENLEITNER u. Ma., 1981) werden die Unterschiede zwischen den Ausgangsböden durch die Extraktionsverfahren nur zum Teil wiedergegeben. Die durch das Raygras effektiv entzogenen Cadmiummengen betragen beim sauren Sandboden etwa das Doppelte im Vergleich zum mittelschweren Boden Linz/Oed, wobei die Humusanreicherung jedoch keine nennenswerte Auswirkung auf den Pflanzenentzug hatte. Diese, je nach Bodenart unterschiedlichen Pflanzenentzugszahlen korrespondieren weitgehend mit den Extraktionswerten der DTPA-Methode (siehe 3. und 4. Schnitt), nur mehr andeutungsweise mit den Wassersättigungswerten bzw. gar nicht mit der 2n HCl und EDTA-Extraktion. Wie schon Versuchsergebnisse von MILES und PARKER (1979) zeigten, kann zwischen der effektiven Schwermetallaufnahme durch die Pflanzen und den Werten der chemischen Extraktionsverfahren nur bedingte Übereinstimmung erwartet werden.

Da nach KOEPPE (1979) Cadmium sowohl an organischen als auch anorganischen Oberflächen gebunden ist, wird die Aufnahme in die Pflanzen von verschiedenen Umweltkomponenten genauso wie von der physiologischen Kondition der Pflanzen selbst beeinflußt. So schreibt BAUMEISTER und ERNST (1980), daß Cadmium durch die Pflanzen leicht aufgenommen wird, doch kann die Aufnahme durch hohe Zinkmengen und durch den Huminsäuregehalt

des Bodens reduziert werden. Auch GIRLING und PETERSON (1981) geben an, daß der Transport des Cadmiums in die oberirdischen Pflanzenteile durch eine Zinkzugabe vermindert wird. Obwohl der Boden Linz/Oed höhere Zinkwerte gegenüber den beiden anderen Bodenarten aufgrund von EDTA-Auszügen aufweist (Oed: 67 ppm, Gramastetten: 6 ppm, Gramastetten + Torf: 3 ppm) ist wohl nicht anzunehmen, daß die geringeren Cd-Werte der Pflanzen darauf zurückzuführen sind. Diese Begründung erfolgte, da auch nach Abschluß des Versuches bei allen Extraktionsmethoden der Boden Linz/Oed die niedrigsten Werte verzeichnete, was eher darauf hinweist, daß der höhere Tongehalt bindend wirkte. Einen Einfluß könnte dagegen aber der höhere pH-Wert ausgeübt haben, da festgestellt wurde (GUTSER und Ma., 1978), daß mit steigendem pH-Wert ($\text{pH} > 6,4$) die Mobilität des Cadmiums abnimmt.

4.3 Einfluß auf den Pflanzenertrag

KLOKE und SCHENKE (1979) geben für die Versuchspflanze Weidelgras an, daß erst bei 50 ppm Cadmium im Boden das Wachstum deutlich geringer ist als bei der Kontrolle. Diese Ertragsdepressionen setzen sich dann bis 250 ppm gleichmäßig fort. Auch GUTSER und Ma. (1978) schreiben, daß nach einer mehrmaligen Klärschlammdüngung ein Wert von 25 ppm Cd im EDTA-Auszug keine Auswirkungen auf den Ertrag von Weidelgras, Grünhafer und Radieschen hatte. Demgegenüber schreiben HIATT und HUFF (1975), daß Weizen- und Sojabohnenkulturen bereits bei einem Gehalt von 2,5 ppm Cadmium einen Wachstumsrückgang verzeichneten.

In dem hier besprochenen Versuch zeigen die Korrelationen zwischen den Bodenextraktionswerten des Cadmiums und den Trockensubstanzerträgen der Pflanzen keine gesicherten Zusammenhänge (Tabelle 9).

4.4 Aufnahme des verabreichten Cadmiums

Von den Schwermetallen wird Cadmium und Nickel im Verhältnis zu den übrigen physiologisch nicht relevanten Schwermetallen nach FOROUGH I und Ma. (1975 und 1976) sowie DANNER (1978) von den Pflanzen in größeren Mengen aufgenommen und schneller transportiert. So zeigten die Versuche von GUSENLEITNER und Ma. (1981), daß zwischen 0,15 und 0,37 % des bis zu einem Bodenwert von 150 ppm angereicherten Nickels aufgenommen werden konnten. Beim hier besprochenen Cadmiumversuch war die Aufnahme rate wesentlich höher als beim Nickelversuch, denn es konnten bei den Böden von Gramastetten bis über 1 % des gegebenen Cadmiums in den 4 Schnitten der Pflanzen wieder gefunden werden. Dagegen wurden beim Boden Linz/Oed nur rund 0,60 % davon festgestellt (Tabelle 10). GUTSER und Ma. (1978) haben berechnet, daß die Ausnutzung der über eine viermalige Klärschlammdüngung in 3 Jahren zugeführten Cadmiummengen je nach Bodenart 1 - 4 % betrug. Die Verfügbarkeit des Cadmiums in Klärschlämmen ist aber nach Untersuchungen von DIJKSHOORN und LAMPE (1975), welche bei Gefäßversuchen mit Raygras vorgenommen wurden, nur etwa 1/3 jener von Salzverbindungen (Cadmiumsulfat). Doch ist nach GIRLING und PETERSON (1981) die Aufnahme des Cadmiums aus Chloridsalzen noch wesentlich höher gegenüber Sulfaten, wie sie in unserem Versuch Verwendung fanden.

Wie BAUMEISTER und ERNST (1978) berichten, steigt der Cadmiumgehalt in den oberirdischen Pflanzenteilen von *Vaccinium vitis-idaea* und *Neottia nidus-avis* mit dem Alter der Organe an. Cadmium wird nach Angabe dieser Autoren nach der Aufnahme zum Teil in den Zellwänden, vor allem in den Wurzeln gefunden. In einem Nährlösungsversuch haben JARVIS und JONES (1978) bei *Lolium perenne* ebenfalls festgestellt, daß nach der Cadmiumzugabe mit zunehmendem Alter der Pflanzen eine stärkere Cadmiumanreicherung sowohl in den oberirdischen als auch unterirdischen

Pflanzenteilen erfolgte. Aus den Daten des hier besprochenen Versuches kann entnommen werden, daß mit zunehmendem Alter der Pflanze (3. und 4. Schnitt) sowohl die Cadmiumgehalte der Raygraspflanzen als auch die Entzüge zunahmen. Die unterschiedliche Dynamik der Cadmiumaufnahme oder -verlagerung wird auch in den Korrelationen der Cadmiumgehalte und -entzüge der Pflanzen zwischen den einzelnen Schnitten deutlich, da die Korrelationskoeffizienten deutlich abnahmen, je weiter die Schnitte zeitlich voneinander entfernt waren (Tabelle 11 und 12). In diesem Zusammenhang sei, wie bereits besprochen, nochmals darauf verwiesen, daß auch die Beziehungen zwischen den Bodenextraktionswerten und den Cadmiumgehalten und -entzügen mit dem Alter der Pflanzen zunahmen.

5. Zusammenfassung

Bei drei Bodensubstraten aus dem oberösterreichischen Raum wurde die Wirkung gesteigerter Cadmiumgaben auf Ertrag und Cadmiumgehalt von Raygraspflanzen in einem Gefäßversuch geprüft. Der Ton/Schluffgehalt des Bodens und möglicherweise auch der pH-Wert wirkten sich negativ auf die Cadmiumaufnahme durch die Pflanzen aus. Bei einer Cadmiumzugabe zum Boden bis 7,5 ppm waren keine Ertragsdepressionen zu beobachten. Die vier angewandten Bodenextraktionsmethoden zeigten enge Korrelationen zueinander, doch waren deren Beziehungen im Hinblick auf die Cadmiumgehalte und -entzüge der Pflanzen unterschiedlich. Mit zunehmendem Alter der Pflanzen wurden die Beziehungen zwischen den Bodenextraktions- und den Cadmiumwerten der Pflanzen enger. Von den verabreichten Cadmiummengen konnte von den Raygraspflanzen dem lehmigen Schluff max. 0,7 % und den beiden lehmigen Sandböden bis 1,2 % entzogen werden.

6. Summary

The effect of increasing cadmium concentrations on the growth of *Lolium multiflorum* in dependence of the soil type.

From three different soils of Upper Austria the effect of increasing cadmium concentrations on the yield and cadmium content of raygrass (*Lolium multiflorum* Lam.) was tested in a pot experiment. The uptake of Cd by plants was negatively influenced by the clay content and probable the pH of the soils. Yield depressions caused by cadmium addition up to 7,5 ppm to the soil could not be observed. Positive correlations existed among the 4 soil extraction methods but the correlations to the Cd content and uptake by the plants varied. With increasing age of the plants the correlations between the soil extraction methods and Cd content of grass became stronger. The Cd uptake by raygrass was max. 0,7 % from the loamy silt soil and 1,2 % from the two loamy sand soils.

7. Literatur

Baumeister, W. und Ernst, W.: Mineralstoffe und Pflanzenwachstum. Verlag G. Fischer, Stuttgart, 1 - 416, 1978.

Bear, F.E.: Chemistry of the soil. Reinhold Publishing Corporation, New York - London, 1964.

Bower, C.A. und Wilcox, L.V.: Soluble Salts. Methods of Soil Analysis II. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 1965.

Brown, A.L. und De Boer, G.J.: Soil Tests for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil and Plant-Tissue testing in California 40 - 42, 1976.

Blume, H.P. und Hellriegel, Th.: Blei- und Cadmium-Status Berliner Böden. Zeitschr. f. Pfl. Ern. u. Bodenkde. 144, 181 - 196, 1981.

Danner, F.: Untersuchung der Linzer Schwebestäube und deren Wirkung auf die Vegetation. Dissertation am Institut für Chemische Technologie anorganischer Stoffe, Mechanische Technologie und Materialkunde der Johannes-Kepler-Universität Linz/Donau, 1978.

Dijkshoorn, W. und Lampe, J.E.M.: Availability for ryegrass of cadmium and zinc from dressings of sewage sludge. Neth. J. agric Sci. 23, 338 - 344, 1975.

Foroughi, M., Hoffmann, G., Teicher, K. und Venter, F.: Der Einfluß unterschiedlicher Gaben von Cadmium, Chrom oder Nickel auf Tomaten in Nährlösung. Landw. Forsch. 29, Sonderheft 32/I, 37 - 48, 1976.

Foroughi, M., Hoffmann, G., Teicher, K. und Venter, F.: Die Wirkung steigender Gaben von Blei, Cadmium, Chrom, Nickel oder Zink auf Kopfsalat nach Kultur in Nährlösung. Landw. Forsch. 28, Sonderheft 31/II, 206 - 215, 1975.

Girling, C.A. und Peterson, P.J.: The significance of the cadmium species in uptake and metabolism of cadmium in crop plants. Journ. of Plant Nutrition 3, 707 - 720, 1981.

- Gusenleitner, J., Aichberger, K. und Nimmervoll, W.: Die Wirkung steigender Nickelgaben bei zwei Böden Oberösterreichs auf das Wachstum von Italienischem Raygras (*Lolium multiflorum*). Die Bodenkultur, 32, 1 - 12, 1981.
- Gutser, R., Amberger, A. und Wünsch, A.: Schwermetallaufnahme verschiedener Pflanzen im Gefäßversuch aus Böden mit langjähriger bzw. einmaliger Anwendung von Klärschlamm. Land. Forsch., Sonderheft 35, 335 - 349, 1978.
- Herrmann, R., Thun, R. und Knickmann, E.: Handbuch der landw. Versuchs- und Untersuchungsmethodik (Methodenbuch). Die Untersuchung von Böden. 3. Aufl., Verlag Neumann, Radebeul - Berlin, 1955.
- Hiatt, V. and Huff, J.E.: The environmental impact of cadmium: an overview. Intern. J. Environmental Studies 7, 277 - 285, 1975.
- Hofer, H. und Schütz, E.: Beitrag zur Ermittlung der pflanzenbaulichen Schadgrenze von Schwermetallen. Mitt. Schweiz. Landw. 28 (3), 66 - 77, 1980.
- Jarvis, S.C. and Jones, L.H.P.: Uptake and transport of cadmium by perennial ryegrass from flowing solution culture with a constant concentration of cadmium. Plant and soil, 49, 333 - 342, 1978.
- Koeppel, D.E.: The uptake, distribution, and effect of cadmium and lead in plants. The Science of the Total Environment 7, 197 - 206, 1977.
- Kloke, A.: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitt. d. VDLUFA, Heft 2, 1977.

Kloke, A. und Schenke, H.D.: Der Einfluß von Cadmium im Boden auf den Ertrag verschiedener Pflanzenarten und deren Cadmiumgehalt. Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkde. 142, 131 - 136, 1979.

Miles, L.J. and Parker, G.R.: DTPA Soil extractable and plant heavy metal concentrations with Soil-added cadmium treatments. Plant and Soil 51, 59 - 68, 1979.

Mitteilungen der VDLUFA: Heft 4, 1975.

Tabelle 1: Kenndaten der Versuchsböden

Art der Bestimmung	Linz/Oed	Gramastetten	Gramastetten + Torf
pH/KCl	6,8	4,9	4,7
org. Substanz %	2,1	2,4	5,6
CaCO ₃ %	1,3	0	0
P ₂ O ₅ - CAL mg/100 g	14	9	11
K ₂ O - CAL mg/100 g	9	15	13
Cd gesamt ppm	0,21	0,15	0,17
AK mval/100 g	17,0	18,7	19,3
Ton (< 2 μ) %	16	11	*
Schluff (2 - 60 μ) %	80	42	*
Sand (> 60 μ) %	4	49	*

* nicht bestimmt, da der anorganische Anteil durch Torfzugabe nicht verändert wurde

Tabelle 2

Cadmiumgehalte der Testböden nach Abschluß der Versuchsserie
Konzentrationen in ppm

Prüfglied	Extraktionsmethoden			
	2n HCl	EDTA	DTPA	WE
Gramastetten				
O	0,06	0,10	0,07	0,007
Cd I	3,48	2,88	2,40	0,237
Cd II	5,23	6,18	4,85	0,213
Cd III	8,03	8,58	7,18	0,865
GD 5 %	1,43	0,75	0,33	0,100
Gramastetten + Torf				
O	0,07	0,09	0,08	0,005
Cd I	2,80	2,70	2,82	0,190
Cd II	5,95	5,80	5,47	0,450
Cd III	7,73	7,90	8,08	0,618
GD 5 %	0,71	0,84	0,33	0,210
Linz/Oed				
O	0,08	0,10	0,05	0,002
Cd I	2,30	2,60	1,65	0,008
Cd II	4,70	5,10	3,25	0,013
Cd III	7,55	7,35	4,92	0,018
GD 5 %	0,58	0,50	0,45	0,010

Tabelle 3
Raygras: TS-Ernte in g

Prüfglied	1.Schnitt	2.Schnitt	3.Schnitt	4.Schnitt	Summe
Gramastetten					
O	11,93	13,30	19,65	14,75	59,63
Cd I	10,58	13,30	17,83	14,30	58,60
Cd II	10,60	10,98	14,03	10,20	45,80
Cd III	12,43	12,30	17,58	13,25	55,55
GD 5 %	1,46	2,33	3,44	3,91	9,84
Gramastetten + Torf					
O	11,85	9,56	13,40	9,98	44,98
Cd I	11,78	12,45	17,13	11,15	52,50
Cd II	11,85	13,15	17,20	9,73	51,93
Cd III	10,83	12,93	17,88	9,70	51,34
GD 5 %	1,67	3,02	2,70	2,58	4,22
Linz/Oed					
O	9,70	12,73	17,60	14,68	54,70
Cd I	9,18	11,30	14,18	10,83	45,48
Cd II	8,35	11,55	15,85	12,78	48,53
Cd III	8,15	12,43	19,08	14,45	54,10
GD 5 %	0,93	1,46	3,45	4,33	8,80

Tabelle 4

Cadmiumgehalt der Raygraspflanzen in ppm

Prüfglied	1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt
Gramastetten				
O	0,18	0,33	0,24	0,71
Cd I	0,19	1,43	6,11	9,52
Cd II	4,62	2,17	11,72	13,48
Cd III	3,37	5,82	16,78	19,18
GD 5 %	0,93	1,26	2,58	4,06
Gramastetten + Torf				
O	0,58	0,64	0,25	0,37
Cd I	5,42	2,89	5,60	9,18
Cd II	8,46	7,15	8,78	13,30
Cd III	4,98	3,90	11,28	16,14
GD 5 %	3,44	2,00	1,47	2,96
Linz/Oed				
O	0,22	0,37	0,44	0,50
Cd I	3,06	3,85	3,76	4,15
Cd II	5,50	7,53	5,80	8,43
Cd III	5,89	10,25	6,44	8,03
GD 5 %	2,38	3,54	1,16	2,01

Tabelle 5

Cadmiumentzug der Raygraspflanzen in mg

Prüfglied	1.Schnitt	2.Schnitt	3.Schnitt	4.Schnitt	Summe
Gramastetten					
O	0,002	0,004	0,005	0,011	0,022
Cd I	0,002	0,019	0,110	0,137	0,268
Cd II	0,050	0,024	0,162	0,135	0,371
Cd III	0,042	0,071	0,295	0,250	0,658
GD 5 %	0,010	0,020	0,050	0,070	0,116
Gramastetten + Torf					
O	0,007	0,006	0,004	0,004	0,021
Cd I	0,065	0,035	0,096	0,102	0,298
Cd II	0,102	0,092	0,150	0,130	0,474
Cd III	0,054	0,050	0,202	0,150	0,456
GD 5 %	0,050	0,022	0,030	0,050	0,093
Linz/Oed					
O	0,002	0,005	0,008	0,007	0,022
Cd I	0,028	0,043	0,052	0,043	0,166
Cd II	0,046	0,088	0,091	0,106	0,331
Cd III	0,048	0,128	0,123	0,117	0,416
GD 5 %	0,020	0,040	0,020	0,036	0,094

Tabelle 6

Korrelationen der Bodenanalysergebnisse

	WE	2n HCl	DTPA
EDTA	0,65 ^{xxx}	0,97 ^{xxx}	0,95 ^{xxx}
DTPA	0,78 ^{xxx}	0,95 ^{xxx}	
2n HCl	0,67 ^{xxx}		

Tabelle 7

Korrelationen zwischen den Bodenextraktionswerten
und dem Cd-Gehalt der Pflanzen

	1.Schnitt	2.Schnitt	3.Schnitt	4.Schnitt
EDTA	0,43 ^{xx}	0,67 ^{xxx}	0,88 ^{xxx}	0,86 ^{xxx}
DTPA	0,44 ^{xx}	0,55 ^{xxx}	0,90 ^{xxx}	0,90 ^{xxx}
2n HCl	0,44 ^{xx}	0,69 ^{xx}	0,84 ^{xxx}	0,83 ^{xxx}
WE	0,15	0,20	0,79 ^{xxx}	0,78 ^{xxx}

Tabelle 8

Korrelationen zwischen den Bodenextraktionswerten
und dem Cd-Entzug der Pflanzen

	1.Schnitt	2.Schnitt	3.Schnitt	4.Schnitt
EDTA	0,37 ^{xx}	0,68 ^{xxx}	0,89 ^{xxx}	0,80 ^{xxx}
DTPA	0,42 ^{xx}	0,57 ^{xxx}	0,90 ^{xxx}	0,78 ^{xxx}
2n HCl	0,37 ^{xx}	0,70 ^{xxx}	0,86 ^{xxx}	0,80 ^{xxx}
WE	0,24	0,23	0,84 ^{xxx}	0,74 ^{xxx}

Tabelle 9

Korrelationen zwischen den Bodenextraktionswerten
und dem Trockensubstanzertrag der Pflanzen

	1.Schnitt	2.Schnitt	3.Schnitt	4.Schnitt
EDTA	- 0,09	0,10	0,10	- 0,14
DTPA	0,07	0,13	0,12	- 0,25
2n HCl	- 0,07	0,11	0,16	- 0,10
WE	- 0,13	- 0,10	- 0,25	- 0,14

Tabelle 10

Aufnahme des verabreichten Cadmiums in %

Prüfglied	Gesamtentzug mg Cd	Zugabe pro Gefäß mg Cd	Aufnahme % Cd
Gramastetten			
O	0,022	--	--
Cd I	0,268	22,5	1,09
Cd II	0,371	45,0	0,78
Cd III	0,658	67,5	0,94
Gramastetten + Torf			
O	0,021	--	--
Cd I	0,297	22,5	1,23
Cd II	0,474	45,0	1,01
Cd III	0,456	67,5	0,64
Linz/Oed			
O	0,022	--	--
Cd I	0,166	22,5	0,64
Cd II	0,331	45,0	0,69
Cd III	0,416	67,5	0,58

Tabelle 11

Korrelationen der Cadmiumgehalte/TS
zwischen den einzelnen Schnitten

	4.Schnitt	3.Schnitt	2.Schnitt
1. Schnitt	0,35 ^x	0,28 ^x	0,58 ^{xxx}
2. Schnitt	0,44 ^{xx}	0,42 ^{xx}	
3. Schnitt	0,94 ^{xxx}		

Tabelle 12

Korrelationen der Cadmiumentzüge
zwischen den einzelnen Schnitten

	4.Schnitt	3.Schnitt	2.Schnitt
1. Schnitt	0,25	0,29 ^x	0,43 ^{xx}
2. Schnitt	0,51 ^{xxx}	0,46 ^{xxx}	
3. Schnitt	0,91 ^{xxx}		

Der Wärme- und Wasserhaushalt - ertragsbildende Faktoren
 in Abhängigkeit von der Seehöhe, dargestellt aus
 pflanzensoziologischer Sicht
 von E. L i c h t e n e g g e r

1. Einleitung

Hinsichtlich der Ergänzung von im Minimum befindlichen Wachstumsfaktoren ist unter mitteleuropäischen Verhältnissen der Faktor Nährstoffe am leichtesten, der Faktor Wasser in der Regel schwerer und schließlich der Faktor Wärme am schwersten in den Optimalbereich zu bringen. Es muß daher bei der Beurteilung der ertragsbildenden Wirkung der Wachstumsfaktoren von der immer noch zu beobachtenden vorrangigen Betrachtung des Nährstoffhaushaltes abgegangen werden. Denn die Nährstoffwirkung läßt sich nur unter Berücksichtigung des vorhandenen Ausmaßes an Wärme und Wasser richtig einschätzen.

Daraus ist ersichtlich, welche große Bedeutung in der Standortbeurteilung der richtigen Einschätzung des Wärme- und Wasserhaushaltes zukommt. Möglichkeiten dazu gibt es auf technischem und biologischem Wege. Der technische Weg führt über die kostspielige und zeitaufwendige Sammlung eines umfangreichen Datenmaterials, das dann erst richtig interpretiert werden muß. Beim Beschreiten des biologischen Weges macht man sich das von der Natur selbst vollzogene Experiment zunutze, indem man durch statistische Erfassung der Verbreitung und Vergesellschaftung der Pflanzen den erforderlichen Wärme- und Wasserhaushalt einer bestimmten Pflanzenassoziation von ihr selbst "abliest". Es ergeben sich daraus auf raschem Weg Werte, die in der Natur bereits erprobt sind und die daher einer subjektiven Fehlinterpretation wenig Raum lassen.

Das komplizierte Zusammenspiel von Wärme und Wasser in der Ertragsbildung kann allerdings nur aus der Erfassung und Deutung des jeweils vollständigen Pflanzenbestandes richtig erkannt werden. Das Aufstellen von kennzeichnenden Artengruppen

wie Wärme- und Feuchtigkeitszeiger ist zwar möglich, sollte aber nie losgelöst von der gesamten Artenkombination erfolgen. Sie sind vielmehr aus ihr abzuleiten und haben demgemäß räumlich keinen größeren Zeigerwert als die Gesamtassoziation eines mehr oder weniger großen Klimaraumes. Unter dieser Voraussetzung sind Zeigerpflanzen zur Kennzeichnung des Wärme- und Wasserhaushaltes innerhalb eines begrenzten Gebietes durchaus brauchbar.

2. Der Einfluß des Wärme- und Wasserhaushaltes auf die Dauergrünlanderträge, dargestellt am Beispiel eines Querschnittes durch die verschiedenen Klimagebiete der Alpen.

Wie sehr die Ertragsbildung selbst bei standortgemäßer optimaler Nährstoffversorgung vom Wärme- und Wasserhaushalt abhängig ist, soll nun an Hand eines Querschnittes durch verschiedene Klimagebiete der Alpen dargelegt werden. Der Darlegung zugrunde liegen optimale Durchschnittserträge in dt/ha Heu auf Dauergrünland bei optimaler Düngung am Bauernhof, bezogen auf stauwasserfreie, humose lehmige Sandböden.

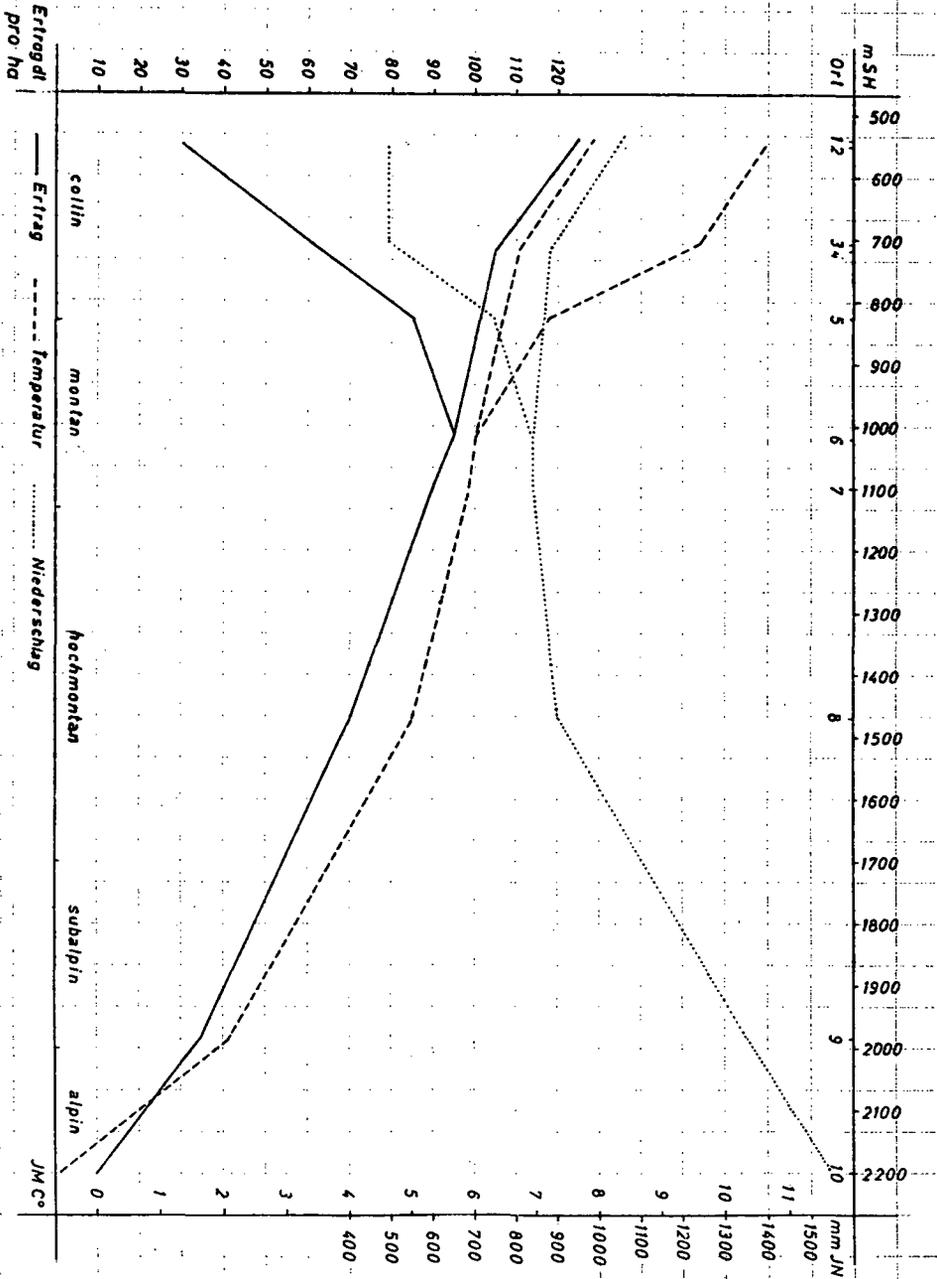
Wie aus Tab. 1 und Abb. 1 ersichtlich, kommt dem Standort Nr. 6 (Profilstelle 1, Döllach - Talboden) eine Schlüsselstellung in der Ertragsbildung zu. Von hier ausgehend betrachtet, bewirkt absinkende Wärme mit zunehmender Seehöhe Ertragsabfall, der auch durch weitere Nährstoffzufuhr und erhöhten Niederschlag nicht zu verhindern ist. Ansteigende Wärme bei abnehmendem Niederschlag bewirkt mit abnehmender Seehöhe ebenfalls Ertragsabfall, der aber durch Wasserzufuhr (Bewässerung) verhindert werden kann. Ansteigende Wärme bei gleichbleibendem oder ansteigendem Niederschlag bewirkt schließlich weiteren Ertragsanstieg. Daraus ist ersichtlich, daß der Faktor Wärme in seiner Größe von der Natur vorgegeben ist und daß er bei Bewirtschaftung des Bodens unter freiem Himmel hinsichtlich seiner Auswirkung auf die Ertragsbildung nicht beeinflußt werden kann. Die Art und Weise der Bewirtschaftung paßt sich

Tabelle 1: Liste der vergleichsweise beschriebenen Örtlichkeiten.
Die Nummern der Örtlichkeiten entsprechen denen in
der Abb. 1.

Nr. der Örtlichkeiten Pflanzengesellschaften	See- höhe m	Tempera- tur C ^o J.M.	Nieder- schlag mm	Heuer- trag dt/ha
Nr. 1, Spittal an der Drau Kolline frische Tal-Fettwiese bzw. typische Glatthaferwiese (Arrhenatheretum typicum)	539	7,9	1055	125
Nr. 2, St. Marcel (Aostatal) Gedüngter extremer Trockenrasen (Koelerictio - Onosmetum cine- racentis Br.-Bl.61)	550	10,6	494	30
Nr. 3, Schlanders (Vintschgau) Gedüngter Federgras-Trockenrasen (Stipeto - Seslerietum variae)	706	9,6	496	60
Nr. 4, Flattach (Mölltal) Mäßig sommertrockene Tal-Fett- wiesen bzw. Glatthaferwiesen (Dauco - Arrhenatheretum)	716	6,7	882	105
Nr. 5, Imst (Oberinntal) Mäßig trockene Tal-Fettwiese (Salvia-reiches Arrhenatheretum)	826	7,2	745	85
Nr. 6, Döllach (Mölltal) Montane Tal-Fettwiese (Carum-reiches Arrhenatheretum)	1020	6,0	840	95
Nr. 7, Mitten ob Döllach Montane Tal-Fettwiese, wie Nr. 6, doch weniger oberbodenwarm	1100	5,9	840	90
Nr. 8, Apriach bei Heiligenblut Berg-Fettwiese bzw. Goldhaferwiese (Geranio - Trisetetum)	1470	5,0	900	70
Nr. 9, Senftebene ob Heiligenblut Alpen-Fettwiese mit Trollblume (Poetum alpinae trollietosum)	1950	2,1	1350	35
Nr. 10, Fallbichl an Glocknerstr. Alpiner Krummseggenrasen (Caricetum curvulae)	2200	-0,6	1550	10

Klimadaten aus: Mitteilungen der Österr. Bodenkundl. Gesellschaft,
3. Sonderheft, 1981 und Klimatographischer Abriss von Kärnten,
Bd. 21 (TROSCHL 1980)

Abbildung 1: Ertragsbildung in Abhängigkeit vom Temperatur- und Wasserhaushalt in verschiedenen Klimagebieten der Alpen (vgl. Tab. 1)



zwangsläufig dieser Gegebenheit an. Dementsprechend ist bei der Bewirtschaftung des Dauergrünlandes ab Standort Nr. 6 mit zunehmender Seehöhe die Nährstoffzufuhr durch Düngung gemäß der sinkenden Ertragskapazität laufend zu verringern. Das gleiche gilt für die Standorte mit abnehmender Seehöhe, wenn die Ertragskapazität entsprechend dem abnehmenden Niederschlag absinkt. Steigende Nährstoffzufuhr ist nur bei gleichzeitigem Ansteigen von Wärme und Niederschlag wirtschaftlich und vor allem auch ökologisch vertretbar.

Der Standort Nr. 6 (Döllach - Talboden) trägt eine montane Glatthaferwiese (vgl. LICHTENEGGER 1981, Tab. 1; im weiteren Text wird nur noch auf die Nr. der Tabelle im Exkursionsführer hingewiesen) auf einer im C-Horizont schwach vergleyten, mineralogisch wenig differenzierten Gebirgsschwarzerde (MÜLLER und BLUM 1981, S. 129). Hinsichtlich der Ertragsfähigkeit wird er von SOLAR (1981, S. 107) für die montane Stufe als Hohertragsstandort eingestuft. Seine Wärmegunst ist aus dem vereinzelt Auftreten von wärmeliebenden Halbtrockenrasenpflanzen wie Knolliger Hahnenfuß (*Ranunculus bulbosus*) und Hopfen-Klee (*Medicago lupulina*) deutlich erkennbar. Die gute und ausgeglichene Wasserversorgung verrät der hohe Bestandesanteil an Frischwiesenpflanzen, wie Bärenklau (*Heracleum sphondylium*), Wiesen-Kümmel (*Carum carvi*), Gewöhnliches Rispengras (*Poa trivialis*) u.a. Der optimale Durchschnittsertrag von etwa 95 dt/ha Heu wird vornehmlich mit Wirtschaftsdünger und geringfügigen Beigaben von Handelsdünger erreicht. Eine ökologisch gesunde Dauergrünlandschaft erlaubt hier somit bei einer mittleren Jahrestemperatur von ca. 6° und einem Niederschlag von ca. 840 mm einen Viehbesatz von ca. 2 CVE/ha.

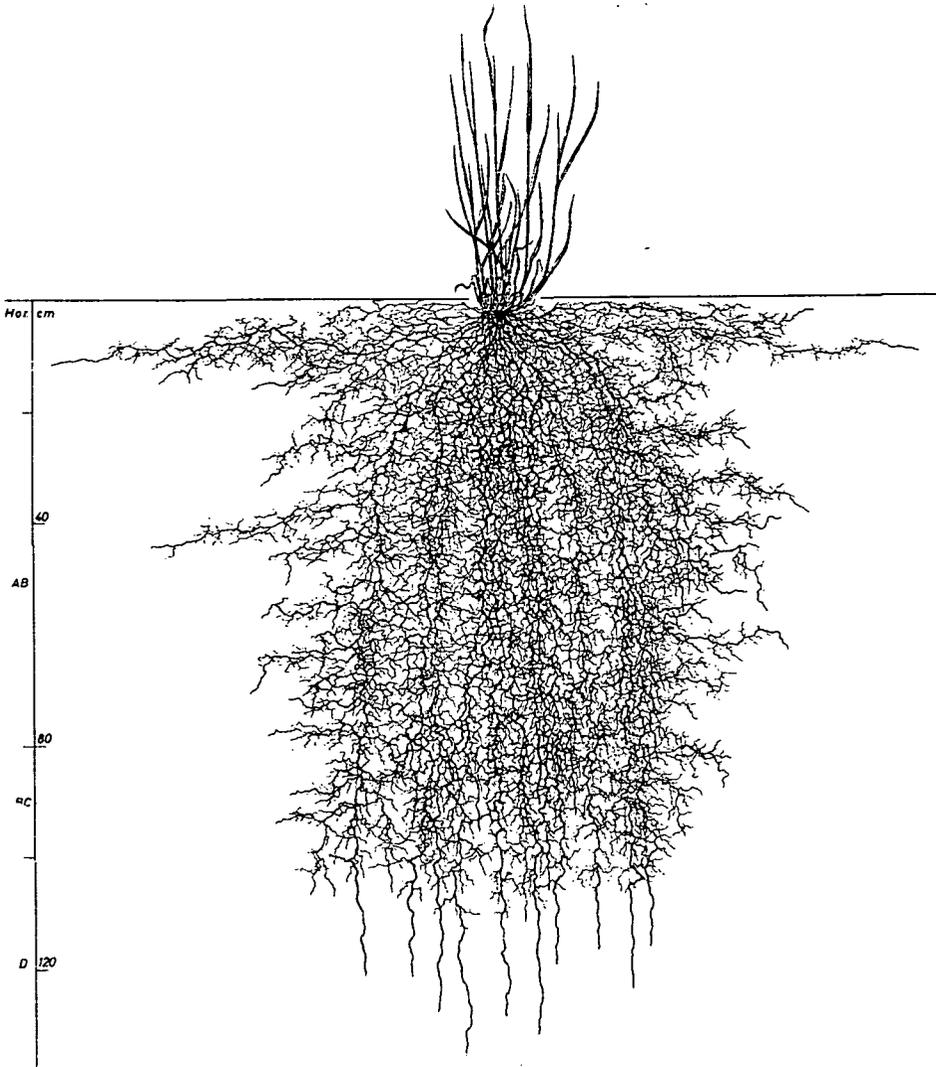
Vom Standort Nr. 6 ausgehend, erreicht der Ertragsanstieg mit zunehmender Wärme und Feuchte bei abnehmender Seehöhe für Kärntner Verhältnisse bei Spittal an der Drau (Standort Nr. 1) seinen Höchststand. Auf mittelgründigen Lockersediment-Braunerden über fluvioglazialen Ablagerungen wachsen frische

Tal-Fettwiesen wärmerer Prägung (gänzlichliches Fehlen von Arten der Berg-Fettwiesen). Ing. SCHURIAN (Düngerberatungsstelle Klagenfurt) erzielte dort bei Düngungsversuchen Erträge bis zu 150 dt/ha Heu. Der optimale Durchschnittsertrag liegt bei 125 dt/ha. Der dazu notwendige Düngeraufwand beläuft sich auf 120 kg/ha N, 100 kg/ha P_2O_5 und 160 kg/ha K_2O . Demnach ist hier neben Wirtschaftsdünger auch entsprechender Einsatz von Handelsdünger notwendig, um dieses Ertragsniveau zu erreichen und zu halten. Der dadurch höhere und über größere Bodentiefen verteilte Nährstoffgehalt wird hier durch die wärmebedingt tiefreichende intensive Durchwurzelung (vgl. Abb. 2) noch entsprechend ertragshilfend genutzt. Der N-Ausnutzungswert von 50 % im Sinne von H. BROESHART und F. SOLAR (aus KUTSCHERA 1981, S. 46) ist hier in einer Bodentiefe von 80 - 90 cm anzunehmen. Der wärmebedingt hohe Nährstoffumsatz ermöglicht bei einem Jahresmittel der Temperatur von $7,9^{\circ}$ und einem Jahresniederschlag von 1055 mm einen Viehbesatz von ca. 2,5 GVE/ha (max. 3 GVE/ha!).

Mit stärker abnehmendem Niederschlag sinkt der Ertrag ab Standort 6 talwärts trotz ansteigender Wärme ab. Im mäßig trockenen Oberinntal erreicht er bei Imst (Standort Nr. 5) sein Optimum bei 85 dt/ha Heu. Dieser Ertrag wird dort laut Mitteilung der Landwirtschaftskammer Imst mit 200 - 250 dt/ha Mist und zusätzlichen Handelsdüngergaben von 30 - 40 kg P_2O_5 , 50 - 60 kg K_2O und fallweise 40 - 60 kg N erreicht. Bezeichnend für den Einfluß der Trockenheit ist, daß trotz höheren Düngeraufwandes das Ertragsniveau des Standortes 6 nicht erreicht wird. Demgemäß liegt auch der Viehbesatz niedriger (ca. 1,7 GVE/ha). Um ihn ohne Bewässerung auf ca. 2 GVE/ha anzuheben, ist wenigstens teilweise Ackerfutterbau notwendig.

Mit weiter abnehmendem Niederschlag erreichen die Erträge des Dauergrünlandes im inneralpinen Trockengebiet des Vintschgaues in Südtirol (Standort Nr. 3) nur noch Optimalwerte von etwa 60 dt/ha Heu. Es handelt sich um aufgedüngte

Abbildung 2: Tiefreichende intensive Durchwurzelung einer wärmebegünstigten kollinen Glatthaferwiese, dargestellt am Beispiel des Wurzelsystems von Glatthafer (Aus KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1982).



Federgras - Blaugras-Trockenrasen (Stipeto - Seslerietum variae Br.-Bl. 1961), vornehmlich auf Pararendsinen.

Dr. MAIER vom Landwirtschaftsamt in Schlanders teilte mit, daß dieses dem Niederschlag angepaßte Ertragsniveau allein durch organische Dünger erreicht wird. Es erlaubt bei einem Jahresmittel der Temperatur von $9,6^{\circ}$ und einem Jahresniederschlag von nur 496 mm (BRAUN-BLANQUET 1961, S. 213) immerhin noch einen Viehbesatz von ca. 1,2 GVE/ha. Bei zusätzlicher Berechnung (ca. 15 x in der Vegetationszeit) schnellt der Ertrag auf 100 - 120 dt/ha Heu hinauf. Die Düngung erhöht sich dementsprechend auf 120 kg/ha N, 100 kg/ha P_2O_5 und 200 kg/ha K_2O . Es wird also durch Zufuhr von Wasser das gleiche Ertrags- und Düngungsniveau erreicht wie in Spittal an der Drau, was bei der hohen mittleren Jahrestemperatur auch nicht verwunderlich ist. Durch gezielte Wasserzufuhr kann dieser Ertrag im Vintschgau dank der wärmebedingten hohen Bodenaktivität sogar bei einer wesentlich geringeren Gesamtfeuchte erreicht werden als in Kärnten, wo häufige Kühleperioden das Wachstum verlangsamen und so die ertragsbildende Wirkung des reichlichen Feuchtigkeitsangebotes verringern. Das ungleiche Verhältnis zwischen Wärme- und Wasserangebot wird hier bei weiter steigender Düngung durch die Begrenzung des Wärmefaktors zunehmend in Verunkrautung und Futterwertminderung umgesetzt. Im wärmeren Vintschgau hingegen hält die ertrags- und qualitätsverbessernde Wirkung höherer Düngung mit Steigerung des Wasserangebotes durch Berechnung an. Eine Überdüngung ist hier ebensowenig wahrscheinlich wie eine Überberechnung, weil die hohen Kosten beider Maßnahmen eine derartige Vorgangsweise ausschließen.

Bei weiter zunehmender Trockenheit, die im Aostatal (Standort 2), dem extremsten inneralpinen Trockengebiet, bei annähernd gleich hohen Niederschlägen wie im Vintschgau durch höhere Wärme und besonders durch viel niedrigere Sommerniederschläge (Juni, Juli, August 107 mm, BRAUN-BLANQUET 1961, S. 124) bewirkt wird, sinkt der optimale

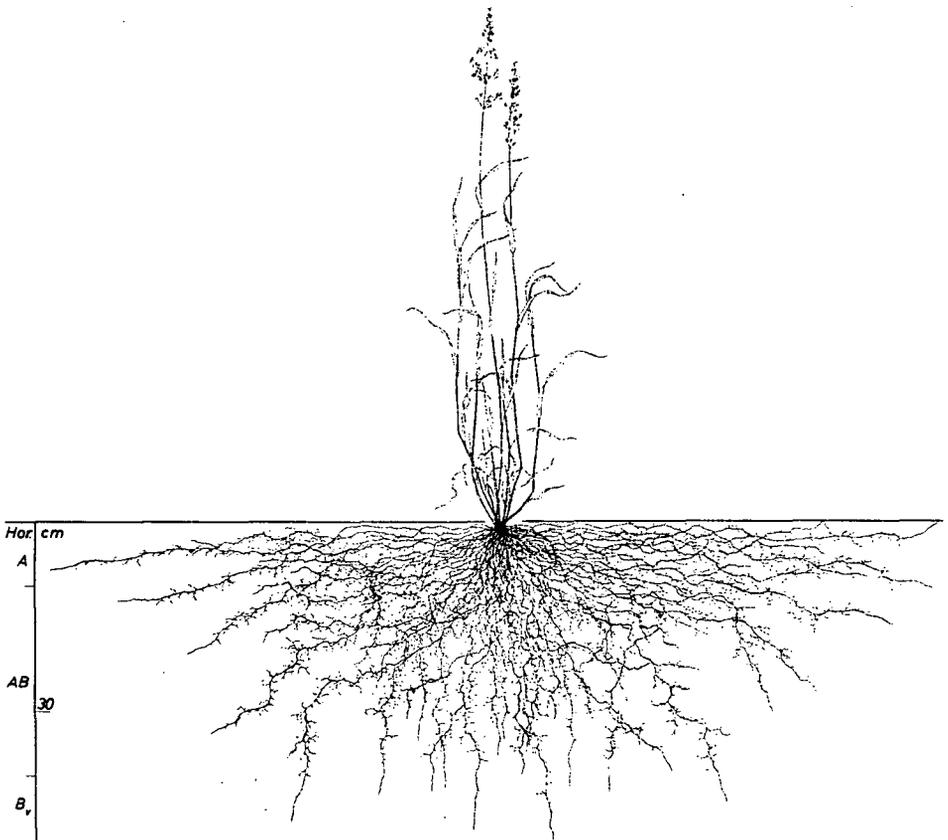
Durchschnittsertrag des nur noch höchst spärlich vorhandenen Dauergrünlandes auf ca. 30 dt/ha Heu ab. Es handelt sich um aufgedüngte extreme Trockenrasen, deren Ausgangsformen dem Walliser Kammschmiele - Taurische Lotwurz-Rasen (*Koelerieto - Onosmetum cineracensis* Br.-Bl. 1961) nahestehen. Dieser Rasen ist nach BRAUN-BLANQUET (1961, S. 130) "der extremste Ausdruck des dünnen valdostaner Rasens". Die Aufdüngung erfolgt nur noch mit wirtschaftseigenem Dünger. Damit kann der Viehbesatz bestenfalls auf 0,6 GVE/ha erhöht werden. Eine weitere Erhöhung ist nur über den Anbau tiefwurzelnder Dauerfutterpflanzen möglich. In der Tat steigt dort der Futterertrag durch Luzerneanbau unschwer auf 50 - 60 dt/ha an. Deshalb ist im Aostatal neben dem kargen ungedüngten Trockenrasen, der vornehmlich von Kleinvieh beweidet wird, der Luzernebau die Hauptfuttergrundlage.

Mit absinkender Wärme fällt ab Standort 6 der Dauergrünland-ertrag bei zunehmender Seehöhe trotz steigender Niederschläge ab. Auf Standort 7 (Profilstelle 3, Mitten) geht der optimale Durchschnittsertrag nicht mehr über 90 dt/ha Heu hinaus. Obwohl der Unterschied zum Standort 6 gering ist, ist er mit Rücksicht auf die nahezu gleiche Seehöhe doch sehr bemerkenswert. Der Standort 7 ist nicht mehr so windgeschützt wie jener von 6 und daher stark den vom Glocknermassiv herniederstreichenden kalten Fallwinden ausgesetzt. Demgemäß treten hier die wärmeliebenden Arten der Halbtrockenrasen vollständig zurück (vgl. Tab. 1). LOUB (1981, S. 160) fand im Boden der Profilstelle 3 in Mitten bereits "erste Anklänge an eine subalpine Bodenpilzflora", die im Talboden von Döllach noch nicht zu bemerken waren.

Wesentlich stärker ist der Ertragsrückgang auf Standort Nr. 8 (Profilstelle 4, Apriach). In schattiger Lage werden die montanen Glatthaferwiesen durch typisch ausgeprägte Goldhaferwiesen (Tab. 2) abgelöst. An die Stelle der Pararendsinen treten entkalkte Felsbraunerden. Die Keimzahlen des Bodens sind etwa um die Hälfte niedriger als auf den Standorten 6 und 7 (LOUB 1981, S. 161). Der Wurzeltiefgang nimmt stark ab

(vgl. Abb. 3). Der N-Ausnutzungswert von 50 % wird daher schon in einer Bodentiefe von ca. 23 cm erreicht (KUTSCHERA 1981, S. 50). Demgemäß fällt das optimale Ertragsniveau mit ca. 70 dt/ha Heu beträchtlich unter jenes der Glatthaferwiesen ab. Dieser Ertrag wird hier vornehmlich mit Wirtschaftsdünger erreicht. Die Handelsdüngerzugaben sind gering

Abbildung 3: Der Goldhafer, das am stärksten massenbildende Intensivgras der Goldhaferwiesen, erreicht im Vergleich zum Glatthafer nur geringe Wurzeltiefen (Aus KUTSCHERA und LICHTENEGER 1982).



und beschränken sich meist auf eine mineralische Ausgleichsdüngung. Gülle wirkt vor allem auf lange Sicht stark verunkrautend. Dagegen erhöht gut verrotteter Stallmist vor allem den Massenertrag des Goldhafers, ohne die Verunkrautung zu fördern. Der Grund liegt wohl darin, daß damit auch das Bodenleben und damit der Stoffumsatz im Boden angefacht wird. Dieser Aktivierungsimpuls durch mistbetonte Wirtschaftsdünger kommt hier zum erstenmal voll zum Durchbruch.

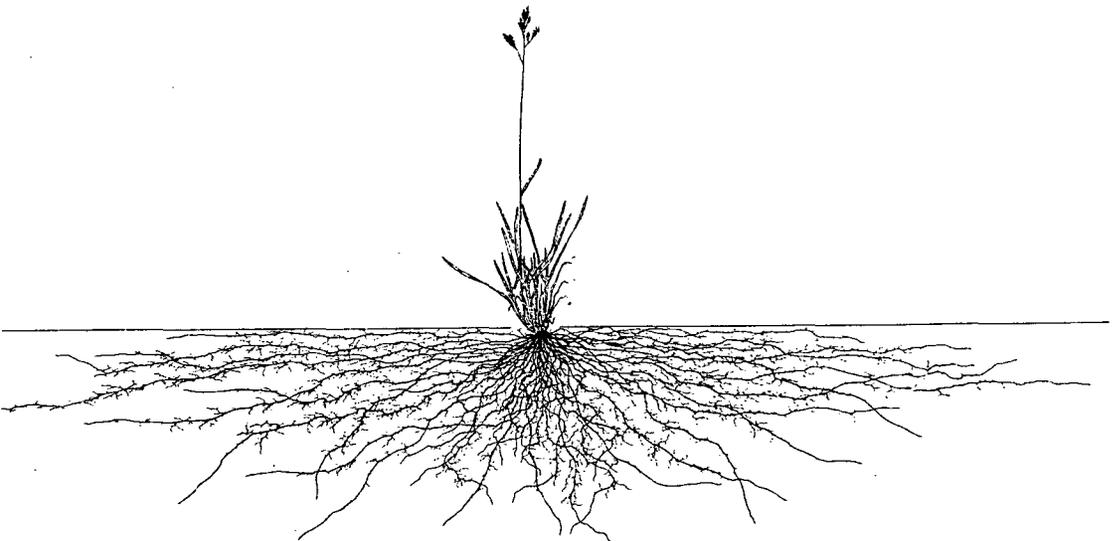
In der subalpinen Stufe auf Standort Nr. 9 (Profilstelle 5a, Senftebene) ist das Wärmedefizit so hoch, daß der Boden um 2 WH-Stufen feuchter ist als ein vergleichbarer Boden im Klagenfurter Becken. Seine Stoffdynamik ist durch die höchsten Sesquioxidkonzentrationen aller Perkolate der erfaßten alpinen Catena gekennzeichnet (SOLAR 1981, S. 110). In der Vegetation kommt diese durch Unterkühlung bewirkte Überfeuchtung im zahlreichen Auftreten von Feuchtwiesenpflanzen in der subalpinen Fettwiese selbst auf gut entwässerten Geländekuppen zum Ausdruck (Tab. 3). Die durch sie weiter abnehmende biologische Tätigkeit des Bodens drosselt den Stickstoffumsatz bereits so stark, daß hier erstmals der Stickstoffgehalt der W-Fraktion (gesamtwasserlösliches Quantum) größer ist als der Stickstoffentzug durch die Ernte (SOLAR und LICHTENEGGER 1981, Tab. 1). Das Verhältnis beträgt 1,2 : 1. Es besteht somit verstärkt die Tendenz zur Stickstoffanreicherung im Boden, die sich nicht in Ertragserhöhung umsetzt. Für die Düngung ergibt sich daraus der Schluß, daß nur geringe Stickstoffmengen in leicht pflanzenverfügbarer Form auf einmal gegeben werden dürfen. Noch besser ist es, wenn die N-Quelle bei Optimierung der übrigen Nährstoffe allein aus dem Abbau organischer Substanzen fließt. Daraus erhellt wiederum, wie hoch der Düngewert kompostartig verrotteten Stallmistes für solche Lagen ist. Allerdings sollten auch solche Dünger nur in geringen Gaben und nur jedes 2. oder 3. Jahr verabreicht werden. Häufigere und höhere Gaben überfordern die vom Klimaraum vorgegebene biologische Leistungsfähigkeit dieser Böden und bewirken

dadurch die bekannte subalpine Lägerflora. Dies ist besonders dann der Fall, wenn Almwiesen in Geländemulden gedüngt werden, wo die Bodenwärme durch weitere Überhöhung der Feuchtigkeit noch tiefer herabgedrückt wird. Eine Vergleichsmessung in 2 cm Bodentiefe ergab auf der Senftebene an einem Sommertag zwischen Kuppe und Mulde in einer Entfernung von ca. 30 cm einen Temperaturunterschied von 8°C. Es versteht sich von selbst, daß damit der Stickstoffumsatz sich noch weiter verlangsamt. Dementsprechend erweiterte sich das Verhältnis zwischen Stickstoffgehalt der W-Fraktion zum Stickstoffentzug durch die Ernte in der Mulde der Profilstelle 5b auf der Senftebene auf 3,6 : 1 (SOLAR, LICHTENEGGER ebenda). Die hier noch viel stärker in Erscheinung tretende Stickstoffanreicherung im Boden erhöht die Verunkrautungsgefahr gegenüber der Kuppenlage bei Düngung um ein Vielfaches. Die Zunahme der Unkräuter (Lägerpflanzen) bewirkt einen starken Rückgang des Gras- und Kleeanteiles (Tab. 3) und damit eine Verringerung des Futterwertes. Solche Standorte sind daher mit besonderer Vorsicht oder im Zweifelsfall besser nicht zu düngen.

In der alpinen Stufe läßt die geringe Wärme nur noch einen sehr bescheidenen Zuwachs an Pflanzenmasse zu. Entscheidend für den Pflanzenwuchs ist hier die höhere Wärmegunst der bodennahen Luftschicht gegenüber den darüber liegenden Luftschichten. CERNUSCA (1976, S. 37) stellte im Glocknergebiet beim Wallackhaus (2300 m NN) am 3. 8. 1976 im Curvuletum an der Bodenoberfläche ein Temperaturmaximum von 35,9° und ein Temperaturminimum von 0° fest. Die Tagesschwankung betrug somit 35,9°. In mittlerer Bestandeshöhe (ca. 2 cm über dem Boden) sank sie bereits auf 19° und in 2 m Höhe sogar auf 9,5° ab. Das Tagesmittel der Temperatur war an der Bodenoberfläche um 5° höher als in 2 m Höhe. Sowohl die hohen Spitzenwerte als auch das höhere Tagesmittel der Temperatur in Bodennähe sind entscheidend dafür, daß selbst im Curvuletum noch eine deutliche Düngerwirkung festzustellen ist. Curvuleten der unteren alpinen Stufe können durch vorsichtige Aufdüngung

mit gut verrottetem Stallmist in Alpen-Rispengras-reiche Fettwiesen umgewandelt werden, die den Heuertrag von durchschnittlich 3 auf durchschnittlich 10 dt/ha erhöhen. In der Nähe des Standortes 10 (Profilstelle 6a, Fallbichl) ist auf einem planierten *Carex curvula*-Standort nach mehrjähriger Aufdüngung mit Mist von Natur aus ein fast reiner Alpen-Rispengras-Rasen entstanden, der in einem Jahr sogar 21 dt/ha Heu erbrachte. Entscheidend für solche Düngungserfolge ist die Anwendung bester organischer Dünger, die die obersten Bodenschichten entsprechend beleben und so den Stoffumsatz in der seichten dicht durchwurzelten Schicht steigern (vgl. Abb. 4). In der Praxis bleiben aber solche Aufdüngungen Einzelfälle auf kleinen Flächen, da ihre Wirtschaftlichkeit

Abbildung 4: Breit zylinderförmiges bis scheibenförmiges Wurzelsystem des Bunten Hafers (*Avena versicolor*), einer Kennart der Curvuleten (Aus KUTSCHERA und LICHTENEGGER 1982), 1/7 der natürlichen Größe.



nicht gegeben ist. In der Grünlandökologie sind sie aber umso bemerkenswertere Eckpfeiler für die vergleichende Standortsbeurteilung. Die an *Carex curvula*-Konvexlagen anschließenden sonnseitigen Konkavlagen (Profilstelle 6b, Fallbichl), bei denen der Schneetälchencharakter erst relativ schwach ausgeprägt ist, sind weniger windausgesetzt und infolge höherer Durchfeuchtung besser wärmegepuffert. CERNUSCA (ebenda) stellte am 3. 8. 1976 in einem solchen Deschampsia-Schneeboden das Temperaturmaximum nicht wie im Curvuletum an der Bodenoberfläche, sondern erst 3 cm über dem Boden fest. Es betrug nur 25°. Das Temperaturminimum wurde 6 cm über dem Boden gemessen und betrug -3,7°. Die Tagesschwankung war somit mit 28,7° um 7,2° an der Bodenoberfläche nur noch um 3,1° höher als in 2 m Höhe. Der Aufheizungseffekt in Bodennähe über die Lufttemperatur ist somit in der Deschampsia-Konkavlage wesentlich geringer als in der Konvexlage der Curvuleten. Dazu kommt noch der bedeutend größere laterale Stoffeintrag. Es ist daher verständlich, daß diese Lagen bei fehlender Düngung eine höhere Massenproduktion aufweisen (LICHTENEGGER 1981, S. 42). Auch PÜMPEL (1976, S. 99) kam zu diesem Ergebnis. Sie errechnete am Wallackhaus (2300 m NN) für das Curvuletum für den Zeitraum vom 3. August bis 2. Oktober eine tägliche Produktionsrate von 1,2 g TS/m², für die hier allerdings durch Abwässer dungbeeinflusste Deschampsia-Mulde eine solche von 3,22 g TS/m². Durch Düngerzufuhr holt allerdings die Konvexlage des Curvuletum dank seiner höheren Erwärmbarkeit gewaltig auf und überflügelt die Konkavlage zumindest dadurch, daß sie durch Umschichtung des Pflanzenbestandes qualitativ hochwertigeres Futter liefert. In der Konkavlage bleibt die Umschichtung des Pflanzenbestandes weitgehend aus. Es erhöht sich im wesentlichen nur die Masse des meist minderwertigen Ausgangsbestandes. Zur qualitätsverbessernden Bestandsumbildung reicht die Bodenwärme nicht mehr aus. In den typischen *Salix herbacea*-reichen Schneetälchen reicht infolge der wesentlich längeren Schneebedeckung auch die Massenproduktion nicht mehr an jene des ungedüngten Curvuletum heran. PÜMPEL (ebenda)

fand dort nur noch eine tägliche Produktionsrate von $0,35 \text{ g TS/m}^2$. Damit ist die unverrückbare Höhengrenze jeglicher Intensivierung erreicht.

3. Zusammenfassung

Die ertragsbildende Wirkung der Wachstumsfaktoren Wärme und Wasser in Abhängigkeit von der Seehöhe läßt sich am sichersten aus dem Pflanzenbestand "ablesen".

Eine gegenüberstellende Standortsanalyse aus pflanzensoziologischer Sicht ergibt, ausgehend von der montanen Stufe (Döllach im Mölltal, 1020 m NN), folgende ertragsbildende Auswirkung des Wärme- und Wasserhaushaltes in Abhängigkeit von der Seehöhe: Absinkende Wärme mit zunehmender Seehöhe bewirkt Ertragsabfall, der auch durch weitere Nährstoffzufuhr und erhöhten Niederschlag nicht zu verhindern ist. Die Wirtschaftlichkeit der Intensivierung durch Düngung nimmt daher mit steigender Seehöhe rasch ab und wird, auch aus ökologischen Gründen, bereits im Subalpin fragwürdig. Ansteigende Wärme bei abnehmendem Niederschlag bewirkt mit abnehmender Seehöhe ebenfalls Ertragsabfall, der aber durch Wasserzufuhr (Bewässerung) verhindert werden kann. Ansteigende Wärme bei gleichbleibendem oder ansteigendem Niederschlag bewirkt schließlich weiteren Ertragsanstieg. Daraus ist ersichtlich, daß der Faktor Wärme in seiner Größe von der Natur vorgegeben ist und daß er bei Bewirtschaftung des Bodens unter freiem Himmel hinsichtlich seiner Auswirkung auf die Ertragsbildung nicht beeinflußt werden kann.

4. Summary

The effect of the growth factors temperature and water supply that depend on the height above sea-level on the yields is most clearly reflected by the stock of plants.

When analysing a number of locations from the point of view of plant sociology, starting from the montane stage (Döllach,

Möll Valley, 1020 m), the following effects of the temperature and water household - depending on the height above sea-level - are to be observed.

Temperatures decreasing with height bring about lower yields and cannot be compensated by an increase in nutritive substances and more precipitation. Therefore an intensification by means of fertilization tends to become less economic with height at a fast rate, and its effect is to be considered questionable - because of ecological reasons, too - at the subalpine stage already.

An increase in temperature accompanied by a decrease in precipitation at lower heights also results in lower yields, which can, however, be counterbalanced by irrigation. Increasing temperatures with a constant amount of, or an increase in, precipitation on the other hand bring about a further increase in yields. Thus it is obvious that the temperature factor as imposed by nature cannot be influenced as to the effect on the yields as long as the soil is being exploited in the open air.

5. Literatur

Braun-Blanquet, J.: Die inneralpine Trockenvegetation.

Gustav Fischer, Stuttgart 1961.

Cernusca, A.: Bestandesstruktur, Mikroklima, Bestandesklima und Energiehaushalt von Pflanzenbeständen des alpinen Grasheidegürtels in den Hohen Tauern. Erste Ergebnisse der Projektstudie 1976. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm Hohe Tauern, 1, 25 - 45, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck 1976.

Kutschera, L.: Tiefe der Bodendurchwurzelung in Abhängigkeit von Klima und Boden. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., 3. SH, 45 - 52, Wien 1981.

Kutschera, L. und Lichtenegger, E.: Wurzelatlas mittel-

europäischer Grünlandpflanzen, Band 1, Gustav Fischer-Verlag, Stuttgart 1982.

- Lichtenegger, E.: Höhenstufengliederung und Zusammensetzung der montanen und subalpinen Grünlandbestände. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., 3. SH, 29 - 44, Wien 1981.
- Loub, W.: Orientierende mikrobiologische Charakterisierung der Bodenprofile der Exkursion 1981. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., 3. SH, 155 - 163, Wien 1981.
- Müller, H.W. und Blum, W.E.H.: Pedogenetische Kennzeichnung der Exkursionsprofile mittels mineralogischer und bodenchemischer Kennwerte. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., 3. SH., 124 - 147, Wien 1981.
- Pümpel, B.: Bestandesstruktur, Phytomassevorrat und Produktion verschiedener Pflanzengesellschaften im Glocknergebiet. Veröff. Österr. MaB-Hochgebirgsprogramm Hohe Tauern, 1, 83 - 101, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck 1976.
- Solar, F.: Zustandsbedingungen, Entwicklungszüge und Stoffumsatz alpiner Böden und Standorte. Standorte der Tauernhauptkamm-Südrampe (Glockner-Sonnblickgruppe) und der Karnischen Alpen (Naßfeld). Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., 3. SH, 101 - 123, Wien 1981.
- Solar, F. und Lichtenegger, E.: Ertragsbildung und Ertragsfaktoren in der alpinen Standortcatena. Möglichkeiten und Grenzen intensiver Grünlandwirtschaft. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., 3. SH, 166 - 199, Wien 1981.
- Troschl, H.: Klimatopographischer Abriß in Kärnten. Schriftenreihe für Raumforschung und Raumplanung, Bd 21, Kärntner Landesregierung, Klagenfurt 1980.

KURZFASSUNGEN DER VORTRÄGE

Die Exkursionsprofile 1981 und ihre systematische Einordnung
unter besonderer Berücksichtigung methodischer Ansätze
von W.E.H. B l u m
(Vortrag, gehalten am 28. 10. 1981)

Nach Erläuterung allgemeiner bodensystematischer Grundsätze und methodischen Möglichkeiten zur systematischen Einordnung und taxonomischer Benennung von Böden werden die Exkursionsprofile Nr. 1 - 8 unter Einbeziehung von Diskussionsergebnissen der Exkursion nochmals mittels Diapositiven vorgestellt und erläutert.

Es wird dabei versucht, die Frage einer möglichen Parallelisierung morphologischer Merkmale ("morphologischer" Bodentyp) und funktioneller Eigenschaften ("funktioneller" Bodentyp) zu diskutieren. Dabei wird die Frage gestellt, in welchen Zeiträumen sich Bodenprofile entwickeln bzw. entwickelt haben. Zusätzlich wird diskutiert, ob morphologische Merkmale, die durch frühere, heute nicht mehr wirksame Energien oder Einflüsse (z.B. durch wärmeres/kälteres oder trockeneres/feuchteres Klima, andere Vegetation etc.) entstanden und als reliktsche Merkmale, z.B. als Hämatit, in Form bestimmter Tonminerale, Hydromorphierungsmerkmale, Podsolierungsmerkmale u.a. und damit als Ergebnisse ehemaliger und irreversibler Verwitterungsprozesse erhalten sind, mit den heutigen Verwitterungs- und Bodenbildungsbedingungen noch im Einklang stehen. Es wird angenommen, daß eine Reihe irreversibler Merkmale als Endpunkt einer früheren Bodenbildungsphase durchaus noch in Böden erhalten sein können, die jedoch mit den derzeitigen Bildungsbedingungen und insbesondere den funktionellen Eigenschaften dieser Böden nichts zu tun haben. Deshalb wird vorgeschlagen, hier weitere hypothetische und analytische Arbeiten anzusetzen.

Grundsätzlich wird festgestellt, daß bei einer Reihe von Bodenprofilen die genetische Einordnung durch die Interpretation von Analysendaten zu klareren Aussagen geführt hat, sei es als Bestätigung der rein morphologischen Geländebefunde, sei es als offensichtlicher Widerspruch zu diesen. Deshalb ist die Frage zu stellen, ob neben der reinen Geländeansprache nicht zusätzliche spezifische, bodengenetische Analysenergebnisse, wie z.B. Untersuchung pedogener Oxide mittels verschiedener spezifischer Extraktionsverfahren und mineralogische Analysen, neben den allgemeinen physikalischen (Korngrößen) und chemischen Bodenkenndaten (pH, Humus-%, Karbonat-%, KUK, S-, T-Wert u.a.) für genetische Einordnungen heranzuziehen wären.

Es wird dabei betont, daß dies nicht in Kürze erreicht werden muß, aber als zeitliches Fernziel angestrebt werden könnte. Damit würde auch einer allgemeinen internationalen Entwicklung in der bodensystematischen Einordnung und Bodenklassifikation Rechnung getragen.

Besondere Diskussionspunkte waren das Profil 1 (Gebirgs-Schwarzerde?), Profil 6 (vergleyter Podsol oder Gebirgs-pseudogley?) und Profil 8 (Eurendsina oder Lehrendsina oder?). Es wurde dabei vom Autor die Meinung vertreten, daß die Verwendung von regional oder orographisch definierten Präfixen, wie z.B. Gebirgs-, für die taxonomische Einordnung, z.B. als Gebirgs-Schwarzerde und Gebirgs-Pseudogley nicht unproblematisch ist, vor allem deshalb, weil es sich bei der Genese der Gebirgs-Schwarzerde um Akkumulationsprozesse aus erosivem Abtrag oder kontinuierlicher Schüttung handelt und nicht um eine klimazonale Bildung. Ebenso ist der Gebirgs-Pseudogley nicht mit üblichen Pseudogleyen vergleichbar und eine bisher postulierte, überwiegende Pseudogley-Genese noch nicht voll abgeklärt. Bei Profil 8 wurde die Frage der typischen Eurendsina angesprochen und angeregt, die mögliche Benennung eines weiteren Bodentyps zwischen Eurendsina und Terra fusca oder Kalksteinbraunlehm neu zu überdenken, da dieser Bodentyp

anscheinend flächenmäßig der Regelfall der Rendsina-
Verbreitung darstellt.

Der Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens als zonales Phänomen-
Charakteristik und Parameter

von F. S o l a r

(Vortrag, gehalten am 29. 10. 1981)

1. Einleitung

Der Wasserhaushalt (WH) und der Wärmehaushalt (WTH) sind das zeitbezogene Ergebnis des exogenen Stoff- und Energieein- bzw. -austrages und ihrer Umsetzung am Standort und im Boden. Der WH und WTH gelten wie jede Art des Stoff- und Energiehaushaltes als komplexer Ausdruck; dieser schließt sowohl eine Zustandsintensität als auch deren zeitliche Variation ein. Die Intensitätsparameter sind Quanten (Q), die zeitliche Variation aber die periodisch um die Quantenmittellinie schwingenden Zustandsänderungen mit den Amplituden und Frequenzen bzw. Perioden als Parameter. Immer ist dabei auf mögliche Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Arten des Haushaltes zu achten. Im Falle von WH/WTH-Problemen sind es vor allem die Wärmekapazität bzw. Sorptionswärme des sorbierten Wassers (C_w) und alle mit dem Feuchtewechsel verbundenen Temperatureffekte.

Die Beurteilung und Gewichtung der Parameter als objektive Sachverhalte kann unter verschiedenen sachbezogenen Gesichtspunkten erfolgen; ein solcher Gesichtspunkt ist z.B. die profilmorphologisch wirksame Grenzaktivität des Wassers, ein zweiter seine physiologisch wirksame Aktivität. Immer aber erscheint es sinnvoll und notwendig, nach deckungsgleichen Bereichen zu gliedern, sodaß ein sachbezogener Begriff einen zweiten subsummiert.

Tatsächlich lassen sich Grenzaktivitäten des Wassers so festlegen, daß die profilmorphologische und physiologische

Wirkung deckungsgleich werden. Dies gilt innerhalb einer Klimazone bzw. eines Landschaftsraumes immer, beim Überschreiten von Raum/Klima-Grenzen aber nur unter Einschränkung resp. erst nach Hinzuziehen weiterer Parameter.

Der Grund für die getroffene Einschränkung liegt im Auftreten physikalisch und physiologisch wirksamer hydrothermer Substitutionseffekte. Sie werden beim Überschreiten von Raum/Klima-Grenzen in gleitender Weise wirksam. Der Boden reagiert träger, nach Art gepufferter Systeme, der Pflanzenbestand jedoch empfindlicher, nach Art ungepufferter Systeme. Derart kann die thermische Humiditätsübersteuerung bei konstanter Profilprägung zwischen dem österreichischen Klimaoptimum und der subalpinen Vegetationsstufe +2WH-Stufen betragen (vgl. F. SOLAR 1981).

Andererseits bedingt der Übergang vom feuchten ins trockene österreichische Wärmeoptimum einen Typussprung (Braunerdezone : Tschernosemzone). Dieser ist hier unter der Voraussetzung äquivalenter Funktionsparameter ebenfalls von Substitutionsphänomenen begleitet, führt zu Humiditätsuntersteuerungseffekten aber nur im Ausmaß von -1WH-Stufe.

Unter diesen Umständen werden die verschieden orientierten WH-Begriffe nur dann deckungsgleich, wenn die Beurteilung konstanter diagnostischer Bodenparameter variabel wird und sich den wechselnden zonalen Bedingungen anpaßt. Umgekehrt macht es das Erfordernis der Vergleichbarkeit einer Vollcatena unerlässlich, über Typusgrenzen hinweg auf die Äquivalenz von Funktionsparametern zurückzugreifen und mit dem Begriff des Äquivalenztypus zu operieren; aber auch hier ist die Einbindung in die Raum/Klima-Gruppe notwendig.

Als klimazonale Parameter bieten sich die Klimastufenkennwerte der österreichischen Bodenschätzung an. Als Bodenparameter bieten sich adaptierte, konventionelle bodenphysikalische Kennwerte und in Ergänzung weitere thermodynamische Kennwerte an.

Die Kombination konventioneller Bodenkennwerte und der Klimastufenparameter bringt praktikable Lösungen. Sie werden nachfolgend am Beispiel konstanter Bodenparameter und variabler Raum/Klima-Gruppen dargelegt; der Vergleich wird vom feuchten und trockenen Wärmeoptimum bis in die feuchten und trockenen d-Klimastufen des Subalpin geführt. Dabei wird der notwendige Wechsel der WH-Einstufung von 3 Böden, die unter den Bedingungen des österreichischen Klimaoptimums über einen ausgeglichenen Wasserhaushalt verfügen, demonstriert.

Auf diesem Weg werden die hydrothermen Substitutionseffekte zwar in wünschenswerter Weise berücksichtigt, nicht aber auch in gleicher Weise mittels Bodenparametern erklärt. Dies gilt auch etwa für das Beispiel wirtschaftsbedingter Unterschiede auf gleichen Standorten; erst aus dem Nachweis erhöhter Wärmedämpfung als Folge unterschiedlicher Wärmekapazität und andersgearteter Sorption des Bodenwassers lassen sich Erklärungen für die vorhandenen Bestandesunterschiede ableiten (vgl. F. SOLAR und E. LICHTENEGGER 1981).

Aus den angeführten Gründen wird im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit auf die Wechselbeziehung zwischen dem Wassergehalt des Bodens (W), der chemischen Aktivität des Bodenwassers ($a_w = a$) und der Saugspannung (Ψ) sowie der Temperatur eingegangen. W , a , Ψ werden zielentsprechend zunächst als Temperaturfunktionen und anschließend die Temperatur (T) als W -Funktion dargestellt.

Diese Darstellungen erfolgen anhand der ÖBG-Exkursionsböden 1981.

2. Charakteristik und Parameter

2.1 Der Wasserhaushalt als Ausdruck funktioneller Bodenparameter und der Raum/Klimabedingung

2.1.1 Schrittweise Zuordnung zu Wasserhaushaltsklassen und Wasserhaushaltsstufen

Der Standort wird in einem ersten Schritt einem der drei genetischen

WH-Äste (Hauptäste) zugeordnet; dies geschieht mit Hilfe der beiden Qualitätsparameter Wasserversorgungstypus (WVT) und (hydromorphe) Prägungsart und Intensität (PAJ). Die in Tab. 1 angeführten Böden repräsentieren demnach den Regenbodenast (R), den Zuschuß- bzw. Grundwasserast (G) und den Regenstau- bzw. Tagwasserstauast (TW, RSt).

Die übrigen Parameter sind entweder quantitativer Natur (pEPR, sFR; DJPR) oder erklärend-ergänzende Charakteristika (GT, GR-BA-KM, U). Sie sind die quantitativen Kriterien der Zuordnung zu einer der 4 WH-Stufen jedes WH-Astes (s. Abb. 1). Die drei Böden repräsentieren das genetisch unterschiedliche WH-Optimum (WH ausgeglichen) unter den Bedingungen des österreichischen Klimaoptimums (feuchtes a, a⁺).

2.1.2 Charakter und Aussage der diagnostischen Bodenparameter

Die angewandten Kriterien haben entweder einen allgemeinen, diagnostischen bzw. ausschlußdiagnostischen Charakter (WVT, PAJ) oder sind speziell entweder auf hydromorph geprägte Böden (pEPR, SFR) oder auf rein terrestrisch geprägte Böden wie die Parameter der Perkulationsraumveranlagung zugeschnitten. Die Parameter der Perkulationsraumveranlagung haben bei aktuellem Hydromorphismus nur erklärend-nachrangige Bedeutung; sie werden aber dann zu hochrangigen Kriterien, wenn Zustandsänderungen (Umprägung, Trockenfallen) stattfanden, stattfinden oder in Planung sind.

WVT und PAJ werden an der Profilprägung und an der Profilformel abgelesen, pEPR und SFR sind als Ergänzungskriterien in Anwendung zu bringen; sie quantifizieren den hydromorphen Prägungszustand anhand der Mächtigkeit des staufreien Raumes (SFR), d.i. die unvergleyte Oberbodenpartie und an der Mächtigkeit des periodischen Endoperkulationsraumes (pEPR), d.s. SFR+B_g+G_o bzw. SFR+A_g+G_o oder SFR+BP+P bzw. SFR+AP+P. SFR und pEPR sind im hydromorphen Prägungsbereich gleichzeitig auch typologische Kriterien bis zur Ebene der Varietäten.

Tabelle 1: Böden der drei Wasserhaushaltsäste (WH-Äste, WH-Klassen) mit ausgeglichenem Wasserhaushalt (WHA) unter den Bedingungen des österreichischen Klimaoptimums.

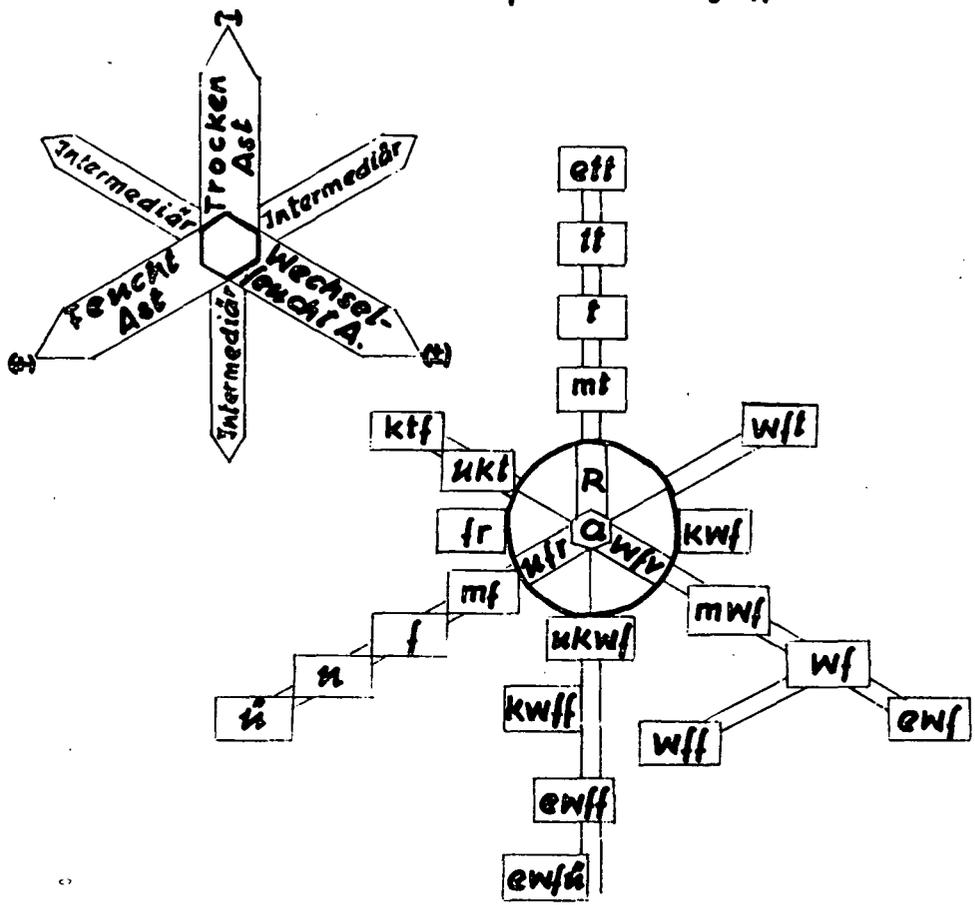
Bodentyp bzw. Bodenvarietät und Symbolkurzcharakteristik	Klassen- kriterium	Prägung des Perkulationsraumes Ergänzungskriterien des WVT			Veranlagung des Perkulationsraumes				
	Wasser- versorgungs- typus WVT	Prägungsart und -intensität PAJ	periodischer Endoperkulations- raum pEPR	Staufreier Raum SFR	Grenzflächen- typus GT	Durchlässig- keit, Infiltra- tion DJ	Gründigkeit + Bodenart + Krumenmächtigkeit GR-BA-KM	Untergrund, Substrat U	Perkulations- volumen, Speicher- raum PR
	Klasse	Klasse	Klasse Spezifikation: (cm)	Klasse Spezifikation: (cm)	Klasse Spezifikation:	Klasse Spezifikation: K _i (cm/Tg)	Klasse Spezifikation: GR (cm)	Körnung petrograph. Spezifikation	Klasse/Spezifik. mm 0 bar mm 0.3 bar
Niederterrassen-Braunerde tiefgründig-mittelschwer- mittelkrumig 1Bt41m	TW/R (Tagwasser/ Regen) Regenboden	hyu (hydromorph ungeprägt)	groß >150/200	sehr groß 150/200	heto (heterogen- heteroporös- heteropermeabel Oberboden- bestimmt) $k_o < k_u$ $k_i \rightarrow k_o$	II (mittel) 30-50 (RJ 100) 2)	t 41 m (tiefgr. sL, mittelkrumig) > 80/90	Schotter	groß 300-400(Obar) 180-300(0.3bar)
Schwach vergleyte Braunerde tiefgründig-mittelschwer- mittelkrumig 10Bt 41m, 10Bt 41m 10Bt 42m, 10Bt 42m	GW, LGW (Grundwasser, Lateralgrundw.) Zuschußwasser- boden	hy1G (schwachge- prägt)	mittel ≥50/60	mittel 50/60	homu (homogen- homopor.-homo- permeabel, unter- bodengehemmt) $k_o \sim k_v, k_i < k_u, k$ hetu (heterög. heteropor.- heteroperm.) $k_o > k_u, k_i \rightarrow k_u$	II (mittel) 20-40 (RJ 60)	t 41-42 m (tiefgr. sL-1' 2, mittelkrumig) > 80/90	(Scho) Lehm	sehr groß >800mm(Obar)
Fahlerden, Parabraunerden tiefgründig-mittelschwer- mittelkrumig 5 Btt 42m	TW/RSt (Tagwasser/ Regenstau) Regenstau- boden-Veranla- gung	hyn, hy1R (ungeprägt, schwach gepr.)	mittel ≥50/60	mittel 50/60	hetu)heterogen- heteroporös- heteropermeabel (homopermeabel) $k_o > k_v (k_o \sim k_u)$ $k_i < k_o, k_u$	I, II (mH8ig, mittel) 10-20 (RJ20-40)	tt 42 m (sehr tiefgründ. stark lehmiger Schluff, mittel- krumig >200	Lehm auf Schotter	sehr groß >800mm(Obar)

Anm. 1) k =kapillare Leitfähigkeit einzelner Profilabschnitte bei Wassersättigung (cm/tg.)

k_o =Oberboden, k_u =Unterboden, k_i =Infiltration (cm/Tag)

2) R =Regenintensität als Grenzintensität (mm/St), für die im Momentzustand und unabhängig von der Sättigung des PR) $k_i = RJ$ gilt.

Abb. 1 : Wasserhaushalt. Stufen und Begriffe.



ett: extrem trocken	ü : überstaul	ewf: extrem wf
lt: sehr trocken	n : naß	wf: wechselfeucht
t: trocken	f: feucht	mwf: mäßig wechselfeucht
mt: mäßig trocken	mf: mäßig feucht	
aR: ausgeglichen Regenboden	auf: ausgeglichen unterzügig/frisch	awfv: ausgeglichen wechselfeucht veranlagt
kwf: krumenwechselfeucht	fr: frisch	ukwf: unterzügig-Kwf
wft: wechselfeucht überwiegend trocken	ukt: unterzügig krumentrocken	kwff: kwf-überwiegend f
	ktf: feucht krumantrocken	wff: wf- -f-
		enff: enf- -f-
		enfu: enf- zeitweilig überstaul

Die Veranlagung des Perkolationsraumes wird unter zwei Gesichtspunkten charakterisiert. Die erste ist die Speicherkapazität des Perkolationsraumes über die standortbestimmende Tiefe; der zweite die Transportbedingungen mit Blickrichtung auf Infiltration und Staugrenzbedingung. Die Antransportbedingungen zur Wurzel finden nur mittelbare Beachtung u.zw. auf dem Weg über die spezifische Wasserkapazität ($C_w = \Delta W / \Delta \Psi$) und die Bodenart.

Die Stoffbewegung im Perkolationsraum hängt ebenso wie der Energietransport von der Homogenität oder Heterogenität im Profilaufbau und dem allfälligen Auftreten sedimentologischer, pedogener (und anthropogener) Grenzflächen ab. Die qualitative Homogenitätsbeurteilung findet am gewachsenen Profil vor Ort statt und wird mittels des GT ausgedrückt. Die Quantifizierung der Infiltrationsbedingungen erfolgt anhand des DJ; sie wird durch die Infiltrationswerte (K_i) festgelegt. Die Grenzwerte sind doppelt ausgelegt: sie charakterisieren die Bedingungen des Staueintrittes sowohl bei anhaltenden, durchschnittlichen Starkregen nach Erreichung der maximalen Sättigungsgrenztiefe, als auch bei kurzfristigen Niederschlagsspitzen über minimale Sättigungsgrenztiefe (Klammerwerte). Die ebenfalls verwendeten individuellen kapillaren Leitfähigkeiten einzelner Profilabschnitte haben lediglich ergänzenden Charakter.

Die Speicherkapazität wird durch PR zum Ausdruck gebracht und zwar für $\Psi = 0$ und $\Psi = 0,3$ bar. Die nutzbare Kapazität kann in den drei gegenständlichen Fällen mit rund 30-40 % des Sättigungswertes eingesetzt werden.

Gründigkeit, Bodenart und Krumenmächtigkeit sowie das Substrat sind Ergänzungs- und Substitutionskriterien. Auch sind sie Kriterien der Subtypen bzw. Varietäten und gehen als solche in die typologische Kurzbeschreibung ein (z.B. t41m).

2.1.3 Die Wasserhaushaltsbegriffe und ihre bodentypologische Ausdrucksform

Die Erstreckung der WH-Äste versinnbildlicht Intensitäts-

abstufungen der zugehörigen Art der Wasseraktivität. Die Extrempositionen nehmen die Enden der drei Hauptäste ein. Die Wasseraktivität nimmt dort nach Vorzeichen verschiedene Höchstwerte ein: Sie ist sehr klein im Regenast ($a \rightarrow 0,3/0,7$, Vorzeichen (-)), sehr groß in der Extremposition des Grundwasserastes ($a \rightarrow 1$, Vorzeichen (+)) und vorzeichenwechselnd im Regenstauast ($\frac{+}{-}$, $a \rightarrow 1 \rightarrow 0,4$). Die extreme Intermediärform des Regenstauastes ist auf hohem Aktivitätsniveau feucht ausgeglichen (WH wff = wechselfeucht-feucht).

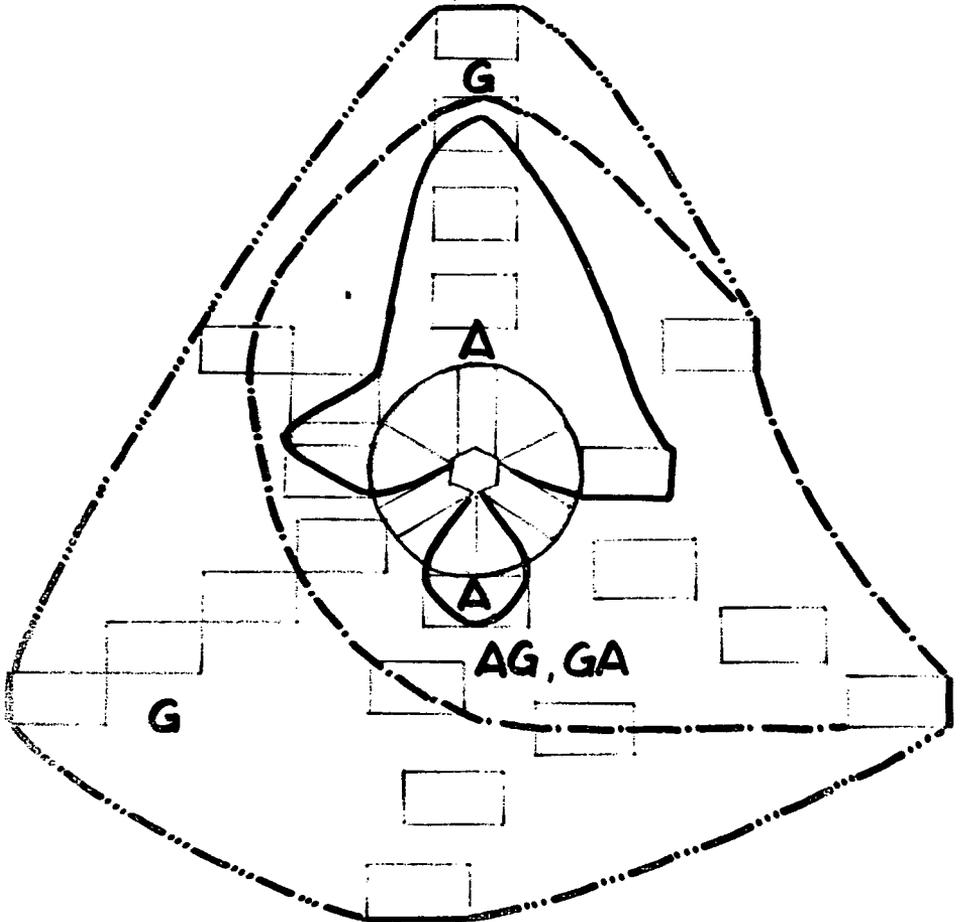
Die auf mittlerem Intensitätsniveau ausgeglichenen Böden bilden den Ausgangspunkt dieses Feuchtecontinuums, sie liegen im Schnittpunkt der drei WH-Äste, ihre minimale Luftkapazität (LK_{min}) im Sinne von J. KOPECKY (1914) wird selbst bei Starkregen selten oder nie unterschritten, die Wasserversorgung der Pflanzenbestände ist selbst in der längsten, durchschnittlichen Trockenperiode sichergestellt.

Jede einseitig fachorientierte Gliederung dieses fließenden Continuums in Intensitätsstufen ist willkürlich. Erst die interdisziplinär deckungsgleich-subsummierende Gliederung schafft tragfähige Gliederungsprinzipien. Von praktikabler Tragfähigkeit sind die allgemeinen Prinzipien des Bonitierungsverfahrens.

Sein Hauptprinzip ist die Gliederung nach der natürlichen Nutzbarkeit. Dieses Prinzip subsummiert in gegebenen Grenzen weitere Bonitätskriterien (Ertrag u. Qualität, Bodenstabilität und Erosionsgefährdung, Bearbeitbarkeit u.a.). Darüber hinaus gliedert es aber aus dem WH-Continuum deckungsgleiche Felder von WH-Stufen und Bodentypuseinheiten aus. Zwecks Schaffung von Standardbedingungen wird dabei vorteilhafterweise auf ebene und flachgeneigte Oberflächen-Formenelemente in Sonnelage ((E + H1) S) bezogen.

Das Ergebnis dieser Gliederung zeigt, daß sich die WH-Stufen des Ackerlandes (s. Abb. 2) und der Landhöden (s. Abb. 3) weitgehend decken. Beide nehmen gemeinsam die zentralen

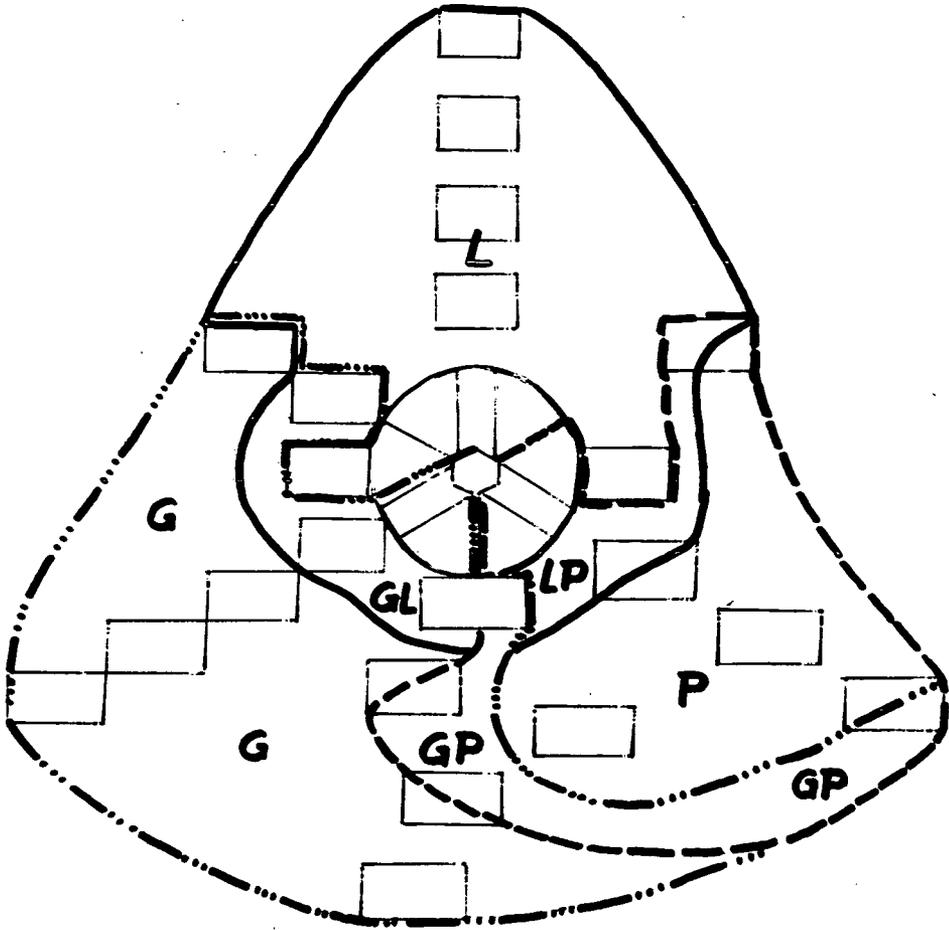
Abb.2: Wasserhaushalt und naturbedingte Kulturarten



A Acker
G Grünland

A/G Acker/Grünland
G/A Grünland/Acker

Abb.3: Wasserhaushalt und Typus ableitungen



L Landböden
G Grundwasser-
 Hydromorphismus
P Tagwassersta-
 Hydromorphismus

Übergangsböden
 (Typen, Subtypen) :

LG, LP, GP

Felder im WH-Continuum ein, umfassen also gemeinsam die ausgeglichenen und mäßig geprägten Positionen aller drei WH-Äste.

Die Landböden umfassen darüberhinaus auch den gesamten Regenbodenast; dorthin folgt ihm der naturbedingte Acker bis zur WH-Stufe trocken nicht aber bis in die Extremposition. Die disproportionale Ausbuchtung des Ackerfeldes in den Regenast hinein kann im Regenstauast durch geeignete Kultivierungsmaßnahmen zur Hebung des SFR (Bifang, Beethau) kompensiert werden. Im Grundwasserast sind Bifangeffekte zwar von gleicher Wirksamkeit, werden aber aus Gründen der feuchtebedingten Arbeiterschwernis (Grundbruch) besser vermieden, sobald die ohnehin nur schon bedingte Ackerlage der WH-Stufe mäßigfeucht in Richtung feucht verlassen wird.

Die hypsometrisch bedingten, thermischen Effekte der Humiditätsübersteuerung schaffen eine Dislozierung des Landboden- und des Ackerfeldes. Die Landböden reichen im höhenzonalen Formenwandel zunehmend stärker in die WH-Stufe feucht, während die Ackergrenzlage der WH-Stufe mäßig feucht vom Acker wegen seiner Bodenkühle aufgegeben wird (vgl. 2.1.5).

Das Grünland nimmt die Extrempositionen ein. Es reicht aber in der Form G/A bzw. A/G entlang der beiden hydromorphen WH-Äste auch in den ausgeglichenen WH-Bereich und z.T. selbst in den reinen Regenast. Hier, im Bereich hoher Bonität, ist eine Verschiebung der Grenzen der freien Wirtschaftsdisposition überlassen.

2.1.4 Der WH-Begriff ausgeglichen und seine Varianten

Das Wesen ausgeglichener WH-Stufen liegt in ihrer Pufferung gegenüber Wasserüberschuß und Wassermangel; eine entsprechende Generalcharakteristik wurde schon oben gegeben. Die Böden mit ausgeglichenem Wasserhaushalt (WHa) bilden eine heterogene Gruppe von Landböden und schwach hydromorph geprägten Übergangsbildungen. Dieser Umstand resultiert aus dem fließenden Intensitätscontinuum der Bodenwasseraktivität über die Felder

der drei WH-Äste.

Demnach umfassen die Böden mit WHa drei Varianten u. zw. analog dem Wasserversorgungstypus (s. Tab. 1): a-Regenboden (aR), ausgeglichen-unterzügig, frisch (afr) und a-wechselfeucht veranlagt (awfv).

aR-Böden sind reine Regenböden ohne jeden Stauereffekt und verfügen über kein Zuschußwasser. Ihr WH wird ausschließlich durch ihre funktionelle Perkulationsveranlagung und durch die Bedingungen der Raum/Klima-Gruppe (PKG) geregelt. Die hohe Speicherkapazität ist stets so aufgefüllt, daß die Bestände 14 tägige bis 3 wöchige Trockenperioden ohne Schaden überdaern. Auch sind die Böden warm. Dies setzt ein feuchtes a-Klima voraus: als Standardklimaraum gilt das a⁺. Als Bonus des Feuchteklimas gilt auch der Tau, der mit Ausnahme von wenigen Tagen in der Vegetationsperiode die ersten drei bis fünf Tagesstunden verbleibt; die volle Saugspannung der Atmosphäre wird daher erst ab 9 / 10 Uhr wirksam, was sich im Hinblick auf die Transpiration in Feuchtjahren als Malus, namentlich im Vergleich zum Pannon, ergibt.

Aus den Bedingungen der PKG und der funktionellen Perkulationsveranlagung resultiert, daß aR-Böden nur reife NT-Braunerden^{x)} sein können. Sie sind das ackerbauliche Optimum der gesamten feuchten a-Landschaft und das Standardprofil von aR-Standorten.

Ihr veranlagungsbedingtes, funktionelles Typusäquivalent sind die Praterterrassen-Tschernoseme. Diese erbringen aber über das Humiditätsdefizit der trockenen a-Landschaft nicht mehr das WH-Optimum.

aufR-Böden sind Zuschußwasserböden; das Zuschußwasser wird aus (Lateral-) Grundwässern in optimaler Tiefe geschöpft (SFR \geq 50/60). Ihre mäßige Problematik liegt in der gegenüber der NT-Braunerde deutlich herabgesenkten Infiltrationsrate

^{x)} NT = Niederterrasse

und in der höheren Zerschlämmbarkeit der Bodenoberfläche. Der Boden reagiert demnach auf Feuchtphasen empfindlicher, was durch die Tiefgründigkeit und die dadurch verminderte Grundluftausbruchmöglichkeit, den erhöhten Schluffanteil, Grenzflächeneffekte und den Grundwasserdruck bedingt ist.

auf-r-Böden sind optimale A/G-Standorte; das Grünland entspricht bei entsprechender Nährstoffversorgung massenwüchsigen Süßheuwiesen. Ihre typischen Positionen sind Schlepplänge, namentlich in der talgebundenen Form der Talbodenrandzone. Es sind schwach vergleyte Braunerden.

Ihre funktionellen Typusäquivalente der trockenen a-Landschaft sind schwach vergleyte Tschernoseme und Mullschwarzerden (aggradierte Feuchtschwarzerden). Ihr WH entspricht zwar dem WH-Optimum des Pannon, weshalb in diese Gruppe auch die 100er Böden der Bodenschätzung fallen, dennoch aber ist ihr WH nicht mehr voll ausgeglichen (s. Tab. 2, vgl. 2.1.5)

awfv-Böden sind bis zur Ausgeglichenheit abgepufferte Formen des Regenstauastes. Die Wechselfeuchtveranlagung rührt aus der extremen Gründigkeit, dem heterogen-heteropermeablen GT und der Schluffdominanz. Die mäßige Problematik liegt nun wiederum, wie schon bei der schwachvergleyten Braunerde, nicht in den Trocken-, sondern in den Feuchtphasen. Die Regenverdaulichkeit ist die niedrigste aller drei a-Böden; sie resultiert aus der hohen Verschlämmbarkeit der Bodenoberfläche und dem relativ raschen Aufbau gespannter Luftpolster nach Eintritt von Starkregen.

awfv-Böden sind A/G-Standorte. Ihre typischen Positionen sind die Außenteile mittel- und altquartärer Terrassen des feuchten Klimaoptimums; das Standardprofil liegt auf der Hochterrasse des a⁺. Es sind Fahlerden und Parabraunerden.

Das funktionelle Äquivalent der trockenen a-Landschaft sind Stockwerksprofile von Feucht- und Mullschwarzerden. Ihr

Grenzflächentypus ist sedimentationsbedingt G_{Thetu} (s. Tab. 2); die Grenzflächeneffekte werden häufig pedogen durch massive Kalkfällungen und pyritische Krusten verstärkt. Dadurch und infolge des zonalen Humiditätsdefizites ist der WHa vielfach gestört (s. Tab. 2).

2.1.5 Die zonale Transposition von Böden und der zonale Wandel des Wasserhaushaltes von Bodenäquivalenten

Bei zonalen Transpositionen und beim Vergleich des WH über Zonengrenzen hinweg ist die Existenz hydrothermer Substitutionseffekte ebenso zu beachten wie ihre Modifikationsmöglichkeit unter variierenden Bodenbedingungen. Derartige Variationen drücken sich in der Perkolationsraumveranlagung, im Chemismus und in der Oberflächenform aus und vermögen Zonalitätseffekte überzukompensieren (vgl. F. SOLAR 1981).

Umgekehrt gestatten konstante Bodenbedingungen über Zonengrenzen hinweg das Studium von Substitutionseffekten. Solche Vergleiche sind über den weiten typologischen Persistenzbereich der Böden, der vom a- bis in das Subalpin/Alpin des e-Klimas reicht, möglich; der Vergleich kann sogar in doppelter Weise, einmal über die feuchten Klimaunterstufen af bis ef und einmal über die trockenen Unterstufen at bis et geführt werden. Dies geschieht nachfolgend anhand einer Sammelcatena der drei Standardeinheiten des Bodens. (s. Tab. 2)

Die Veränderlichkeit des WH bei Zonenübergängen hängt bei Bodenkonstanz von drei Umständen ab: von der gemeinsamen oder individuellen Änderung von Wärme- und Feuchteklima, vom Erreichen eines wärme-klimatischen Grenzniveaus und schließlich vom Boden und seinem Wasserversorgungstypus.

Der gemeinsame höhenzonale Wandel des Wärme- und des Feuchteklimas führt durch Verstärkung zu gesteigerter Humiditätsübersteuerung. Der wärme-klimatische Wandel allein vermag die Trockenheit erst mit dem Abkühlungsausmaß der c-Klimate auszugleichen und den Wasserhaushalt auf das Ausmaß des

Tabelle 2: Wasserhaushalt der drei Standardböden (Tab. 1) und ihrer Funktionsäquivalente unter wechselnden Baum/Klima-Bedingungen (RKG)
 Standard-RKG: Terrassen (NT, HT) und Schleppen des österreicherischen Klimaoptimums (af bzw. a⁺)

Böden nach Tab. 1 + A	Baum/Klima - Gruppe (RKG)									
	(E + H ₁) S a ²⁾	(E + H ₁) S b		(E + H ₁) S c		(E + H ₁) S d		(E + H ₁) S e		
	f ³⁾	f	t	f	t	f	t	f	t	
1B	a	a	mt	a-fr	a	fr	a-mfr	fr-Ok	a-fr	
10B	a-ufr	a-ufr	a-ufr	ufr-Uk	a-ufr	fr-Uk	ufr-Uk	mf-Bk	mf-Uk	
5B	a-wfv	mwf	a-wfv	mwf-fr	mwf	(mwf-fr)	(mwf-fr)	(mf)	mwf-fr	

- Anm. 1) Ä=Funktionsäquivalente unter geänderten RKG-Bedingungen insbesondere im Trocken-
gebiet (Praterassentschernoseme, schwach vergleyte Tschernoseme und Mullschwarz-
erden, Feuchtschwarzerden und Mullschwarzerden)
- 2) S(E+H₁)=Ebenenheiten + Schlepphänge (5°) in Sonnlage;a-c=Klimastufen nach der Österr.
Bodenschätzung
- 3) f=feuchte Unterstufen (600/700 - 1000 mm); t=trockene Unterstufen (600/700 mm)

WH-Symbole: a=ausgeglichen

a-fr=ausgeglichen-frisch

fr=frisch

a-mfr=ausgeglichen-mäßig frisch

fr-Ok=frisch-Oberboden kühl

a-ufr=ausgeglichen-unterzünftig/frisch

fr-Uk=frisch-Unterboden kühl

a-wfv=ausgeglichen-wechselfeucht voranlagt ufr-kt=unterzünftig/frisch-krumen-

trocken

mf=mäßig feucht

ufr-Uk=unterzünftig/frisch-Unterboden

mf-Bk=mäßig feucht-Boden kühl

kühl

mf-Uk=mäßig feucht-Unterboden kühl

wfv-kt=wechselfeucht voranlagt-

mt=mäßig trocken

krumentrocken

mwf=mäßig wechselfeucht

mwf-fr=mäßig wechselfeucht-überwiegend frisch

In Klammern: seltenes Auftreten

Standardklimaraumes^{zu} bringen. Mildkühle Trockenheit (bt) beläßt Regenböden in derselben Trockenklemme, in die sie beim Übergang af → at geraten waren.

Mit der Zone des feuchten Montan (cf) beginnt ein allgemeines Auffrischen der Standorte; dieses führt bei Untertüchtigkeit bereits zu WH-prägenden Abkühlungen. Die mildereren, feuchten b-Klimate wirken sich lediglich in der Artikulierung der wechselfeuchten Veranlagung der Fahl- und Parabraunerden aus.

Der WH der drei Böden reagiert auf Zonenüberschreitungen in charakteristischer Weise. Der Regenboden spielt seine Vorzüge ab dem Montan besonders aus, indem er die inneralpinen Trockenklemmen bei minimaler allgemeiner Einbuße seines relativ warmen Standortcharakters überspielt. Der Regenboden verliert die Vorzüge seines WH jedoch beim Übergang vom feuchtwarmen Standardklimaraum zum trockenen a und verbleibt selbst noch im trockenen, mildkühlen b-Klima in der Trockenklemme.

Der Zuschußwasserboden spielt seine Vorzüge konträr zum Regenboden aus. Sie werden im trockenen b-, insbesondere aber im trockenen a-Klima in bonitätssteigerndem Ausmaß wirksam. Demgegenüber führen die Abkühlungen ab dem Montan zu Bonitäts-senkungen.

Der wechselfeucht veranlagte Boden verliert seinen WH-Charakter am nachhaltigsten. Die WH-Änderungen umfassen Krumentrockenheit im at-Klima, die Aktivierung der Wechselfeuchtveranlagung im bt und et und das phasennivellierende Auffrischen ab dem Montan.

Drei Sachverhalte verdienen im Rahmen des zonalen Vergleiches besondere Beachtung. Zunächst ist hervorzuheben, daß die besten Bonitäten des warmen Trockengebietes Zuschußwasser zur Voraussetzung haben. Ihr Ertragsvorsprung ist von Feldfrucht zu Feldfrucht verschieden und kann bei der Zuckerrübe bis zu 40 % betragen (vgl. ÖBG-Exkursion 1971).

Die Regenböden gewinnen dagegen ab dem Montan zunehmend an Bonität. Die Humiditätsübersteuerung und die Abkühlungseffekte des Hochmontan und Subalpin setzen schließlich die unreiferen, skelettreichen und seichtgründigen Formen gegenüber dem reinen Standardprofil in Vorteil.

Schließlich sei vermerkt, daß das Problem des Nivigenhydro-morphismus als Sonderproblem des schneereichen Atlantik-Iuv Bereich der Schieferhülle und der Grauwacke nicht angeschnitten wurde.

2.2 Der Wasserhaushalt als Funktion der periodischen Feuchte-änderungen und der Wasser/Wärme- Wechselbeziehung

2.2.1 Ansatz und Methodik

Die hier maßgeblichen Zustandsvariablen sind der Wassergehalt des Bodens (W), die Temperatur (T) und die chemische Aktivität des Bodenwassers ($a_w = a$) bzw. sein chemisches Potential ($\mu_w = \mu$). Diese variieren in voneinander abhängiger Art und Weise. Da dieses System mit einem Freiheitsgrad ausgestattet ist, variieren stets zwei Variable gemeinsam, z.B. $W + T$, während die dritte, im Beispiel a bzw. μ konstant verbleiben. Die bodenkundliche Erklärung der hydrothermen Über- oder Untersteuerungseffekte ist in der pedogenetisch unterschiedlichen Veranlagung zur Kovarianz bzw. Konstanz der Zustandsvariablen des Bodenwassers zu suchen.

Um zu zielführenden Ergebnissen zu gelangen, muß die Wassergehalts/Saugspannungskurve unter mindestens zwei verschiedenen Temperaturbedingungen (T_1, T_2) gefahren werden. Im gegenständlichen Fall wurde die W/μ -funktion unter $T_1 = 298^\circ\text{K}$ und $T_2 = 303^\circ\text{K}$ über den Aktivitätsbereich $0,08 - 0,98$ im Dampfspannungsausgleichverfahren bestimmt und für den Bereich darüber extrapoliert. Die Ergebnisse sind den Abbildungen 4 und 5 zu entnehmen.

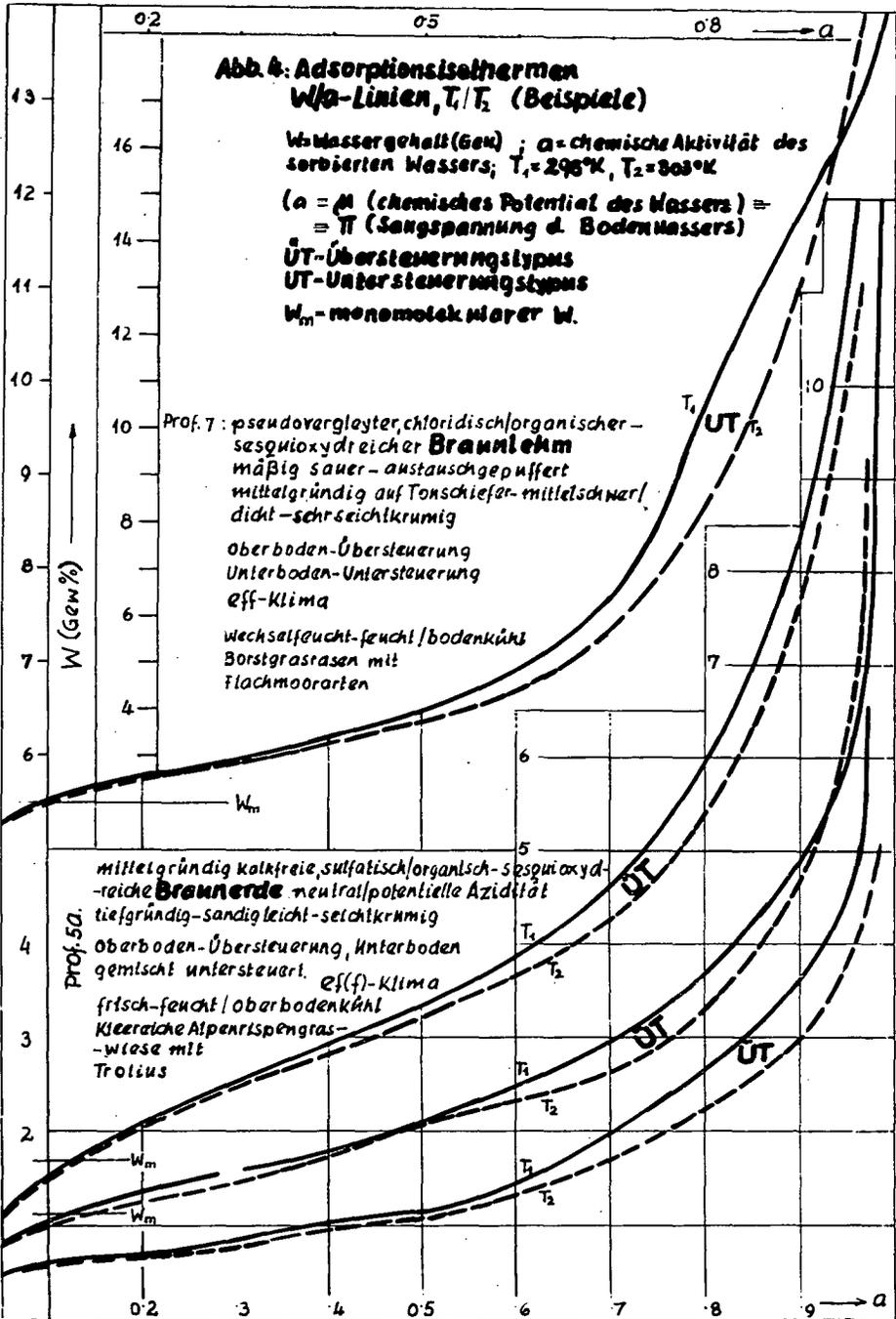
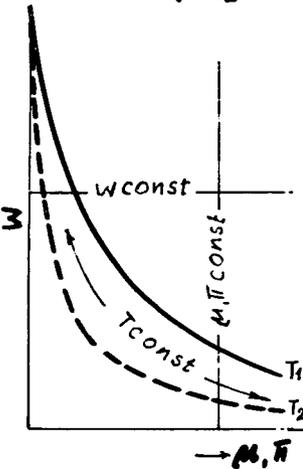


Abb.5: Wechselwirkungstypen des Wasser- und Wärmehaushaltes (WU/WTU-Typen). Beurteilungskriterien Wassergehalt (W), Temperatur (T), Saugspannung (π), chemisches Potential (μ) und deren Änderungen bei währendem Gleichgewicht: steigend (\uparrow), fallend (\downarrow), konstant (const); invariabel, Invarianzpunkt (J)

**Typ I: Humidital-Übersteuerungstypus
Auffrischungs/Abkühlungs-Typus**

T_1/T_2 -Adsorptions-
Isothermen
($T_1 < T_2$)

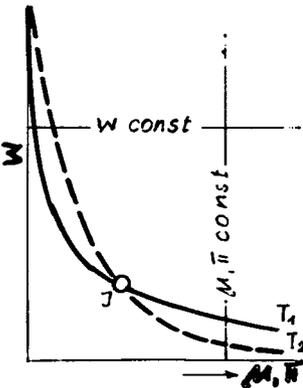


Variable	Charakteristik	
	Auffrischen	Abkühlen
Diagnostische Zustandsänderung	$\mu \downarrow, \pi \downarrow, a \uparrow(\downarrow)$	$T \downarrow$
Rahmenbedingung, Kovarianz	$T \uparrow + W \text{ const}$ $T \downarrow + W \uparrow$	$W \uparrow + \pi \text{ const}$ $W \downarrow + \pi \uparrow$

Böden und Horizonte (Nr. s. Exk. F. ÖBG 1981, Symbole s. Textteil und Tabellen).

1	2	3	4	5a	5b	6	7	8
4GS t31m i/3n	BPR ss21 3n	2GS t31m 3n	10B t21.5 o/2n/A	2B t21.5 o/3n/A	10B t21m o/1A	HP t22.5 s/5'	12L m52.5s s	2PSR ss42 o/1n/A
TRZ-S ct ufr UK	STH-S ct mt OW	TL-SF ct ufr UK	KH-U dtf fru OK	K-S ef(f) frf OK	UHM-U ef(f) mf BK	UMU-S f'f wffu BK	SZ-S eff wff BK	SZH-S eff mkt UK
-	-	-	A	A	A	AP	AP ₁	A
-	-	-	-	B	-	-	AP ₂	-
AC _g	-	C _g	-	-	-	-	-	C _v
C _g	-	-	C _{vg}	-	-	-	-	C _v

**Typ II: Humidital-Untersteuerungstypus
Abtrocknungs/Erwärmungs-Typus**



Variable	Charakteristik	
	Abtrocknen	Erwärmen
Diagnostische Zustandsänderung	$\mu \uparrow, \pi \uparrow, a \downarrow(\uparrow)$	$T \uparrow$
Rahmenbedingung, Kovarianz	$T \uparrow + W \text{ const}$ $T \downarrow + W \uparrow$	$W \uparrow + \pi \text{ const}$ $W \downarrow + \pi \uparrow$

1	2	3	4	5a	5b	6	7	8
A ₁	A	A ₁	-	-	-	-	-	A
A ₂	-	A ₂	AB	AB	AB	B	BA ₁	BP
-	C _n	-	B _{fos}	C	B _g	BC ₁	BC	-
-	-	C _{ca}	-	D	BC _g	BC ₂	C _w	C _v

2.2.2 Reaktionsformen und Reaktionstypen

Die unterschiedliche Beschaffenheit der spezifischen Bodenoberfläche und der unterschiedliche Anteil der Krümmungseffekte an der Wassersorption schaffen zwei voneinander verschiedene W/T-Wechselwirkungsmechanismen. Diese werden mit den Begriffen Übersteuerungstypus und Untersteuerungstypus zum Ausdruck gebracht.

Der Übersteuerungstypus ist durch Auffrischungseffekte und Abkühlungseffekte ausgewiesen. Auffrischung tritt dadurch ein, daß Erwärmungen unter $W = \text{const.}$ zu einer Erhöhung der Wasseraktivität resp. zu einer Absenkung des Potentials führen. Abkühlungseffekte treten bei Wasserzufuhr unter $a = \text{const.}, \mu = \text{const.}$ auf.

Der Untersteuerungstypus ist konträr zum ersten durch Austrocknungs- und Erwärmungseffekte ausgewiesen. Austrocknungseffekte treten bei Erwärmung unter $w = \text{const.}$ auf und zeigen sich an fallenden Aktivitäten bzw. steigenden Potentialen. Innere Erwärmung resultiert aus der Wasserzufuhr unter $a = \text{const.}, \mu = \text{const.}$

Der Untersteuerungstypus ändert seinen Typuscharakter bei extremer Austrocknung auf $\mu > 10/20\text{J/g}$, wenn also der Sorptionsmechanismus wechselt und Kapillareffekte von reiner Oberflächensorption abgelöst werden. Dann wird auch der Untersteuerungstypus zum Übersteuerungstypus.

2.2.3 Bodentypen und Reaktionstypen

Die Exkursionsböden 1981 lassen sich in klarer Form den beiden Reaktionstypen zuordnen. Die Böden des Montan, d.s. die Gebirgsschwarzerden, sind Untersteuerungstypen; demgegenüber sind die hochmontanen, subalpinen Böden, d.s. Braunerden,

Pseudorendsinen, Braunlehme und alpine Pseudogleye zum Übersteuerungstypus zählend. Bei den höherzonalen Böden treten Modifikationen derart auf, daß die Krümmen, die AB-,

B- und AP-Horizonte zumeist den Übersteuerungstypus präsentieren, während die infiltrierten Unterbodenhorizonte auch zum Untersteuerungstypus zählen.

Der Grund dieser unterschiedlichen Bodenveranlagung ist vielschichtig. Wichtig ist, daß sämtliche Parameter der Instabilität (Kalk, höhere Ionenstärke, Stoffanreicherung) mit dem Untersteuerungsmechanismus zusammenfallen und ihn derart als mesostabil ausweisen (s.a.o.). Das ist auch der Grund dafür, warum positive Sorptionsentropien i.R. mit dem Untersteuerungstypus, negativere aber mit dem Übersteuerungstypus zusammenfallen (vgl. a. ÖBG-Exkursionsführer 1981, S. 107 ff).

Diese Ergebnisse sind insbesondere in ihrem zonalen Aspekt wichtig. Sie beweisen, daß die höhenzonalen Übersteuerungseffekte nicht nur klimatogenen, sondern auch pedogenen Ursprungs sind.

3. Literatur

- Kopecky, J.: Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Int. Mitt. Bodenkunde IV: 138 - 190, 1914.
- Solar, F.: Zustandsbedingungen, Entwicklungszüge und Stoffumsatz alpiner Böden und Standorte. Exkursionsführer ÖBG 1981: 101 - 123, 1981.
- Solar, F. und E. Lichtenegger: Ertragsbildung und Ertragsfaktoren in der alpinen Standortcatena. Möglichkeiten und Grenzen intensiver Grünlandwirtschaft. Exkursionsführer ÖBG 1981: 166 - 200, 1981.
- Schnetzinger, K.: Faktoren der Bodenbildung und alpine Zonalität. Der Bodentyp des Alpenen Pseudogleys und der Gebirgsschwarzerde. Vortrag ÖBG 17.3.1982, s.a. dieses Heft.

Der Wasser- und Wärmehaushalt der Böden - beurteilt an
bodenphysikalischen Kriterien

von E. K l a g h o f e r

(Vortrag, gehalten am 28. 10. 1981)

In dem Vortrag wurde speziell die Frage erörtert, inwieweit bodenmorphologische und pflanzensoziologische Gegebenheiten aus der Sicht des Bodenphysikers durch Messung bodenphysikalischer Parameter verifiziert werden können. Im wesentlichen geht es dabei um die Erfassung des Wasser- und Wärmehaushaltes des Bodens. Der Wasser- und Wärmehaushalt ist im Gebiet der Exkursion der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft im Jahre 1981 der dominierende Faktor für die Bodenbildung und beeinflußt daher auch wesentlich das Ertragsgeschehen.

Die Erfassung des Wärme- und Wasserhaushaltes ist nur mit Hilfe von intensiven und kostenaufwendigen Feldmessungen möglich. Es wurden daher für die Exkursion 1981 nur die bodenphysikalischen Parameter bestimmt, die den Wasserkreislauf beschreiben. Aus den Massenanteilen der Feststoffe, der organischen Substanz und dem Wassergehalt im Boden konnte nach de VRIES auch die Wärmekapazität des Bodens bestimmt werden. Zur Definition der einzelnen bodenphysikalischen Parameter wurde die bodenphysikalische Nomenklatur aus dem Heft 22 der ÖBG herangezogen.

Im speziellen wurde vom bodenphysikalischen Standpunkt das Profil 2 in Döllach - eine Pararendsina - untersucht und dabei vor allem auf die von SOLAR im Exkursionsführer der ÖBG 1981 dargelegten Untersuchungen des Wärmehaushaltes im Bereich des sorbierten Wassers eingegangen. Dazu muß festgestellt werden, daß sich die Bestimmung der volumetrischen Wärme nach de VRIES auf den Wassergehalt von der vollen Sättigung bis zum permanenten Welkepunkt erstreckt. Die Untersuchungen von SOLAR beginnen hingegen erst bei

niedrigeren Wassergehalten.

Ein weiterer Diskussionspunkt war das Profil 6 - im Bereich des Fallbichl - das als alpiner Pseudogley angesprochen wurde. Eigene Untersuchungen wie auch die von KÖRNER et al. (1980), die im Rahmen des MaB-Hochgebirgsprogrammes durchgeführt wurden, ergaben, daß bei diesen Böden in der Vegetationsperiode (Juni - September) 27,5 % des während dieses Zeitraumes gefallenen Niederschlages unterirdisch abfließen. Während der Vegetationsperiode ist daher eine Ansprache dieser Böden als Pseudogley nicht möglich. In der übrigen Zeit des Jahres kommt es aber durch Bodenfrosterscheinungen, die primär nur einen Oberflächenabfluß zulassen, zur Ausbildung eines Pseudogleyes.

Bei den übrigen Exkursionsprofilen konnte eine gute Übereinstimmung zwischen den morphologischen und funktionellen Bodentyp sowie Ertragstyp festgestellt werden.

Literatur

- Blümel, F. und E. Klaghofer: Die Abfluß- und Versickerungsverhältnisse an einem Grasheidehang beim Wallackhaus. In: Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Hochgebirgsprogrammes Hohe Tauern, Band 3, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck, 1980.
- Körner, Ch. et al.: Der Wasserhaushalt eines alpinen Rasens in den Zentralalpen. In: Veröffentlichungen des Österreichischen MaB-Hochgebirgsprogrammes Hohe Tauern, Band 3, 1980.

Morphologischer und funktioneller Bodentyp

von K. W e i s e

(Vortrag, gehalten am 2. 12. 1981)

Der Boden ist nichts Endgültiges, nichts Vollkommenes, sondern er befindet sich in stetiger Veränderung. Dies bewirken sowohl naturbedingte Prozesse, als auch Eingriffe durch die Menschen, durch die Gesellschaft, besonders auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Der Boden ist somit ein Produkt natürlicher Prozesse und der Einwirkung gesellschaftlicher Arbeit.

Die Morphologie - das äußere Erscheinungsbild des Bodens - ist demnach eine objektive Widerspiegelung der Wirkungen und zugleich Ergebnis aller bodenbildenden Prozesse, wobei die unterschiedliche Intensität der Zeichnung der Merkmale bei den einzelnen Substraten zu berücksichtigen ist.

Es ist in mancher Hinsicht erwiesen und wir unterstellen es teilweise, daß in jedem Bodenkörper Beziehungen in vertikaler Richtung, aber auch zu den benachbarten Bodenkörpern, d. h. in lateraler Richtung vorhanden sind.

Daraus resultiert, daß eine unabhängige Betrachtung von morphologischem und funktionellem Bodentyp nicht möglich ist. Freilich ist zu beachten, daß die im Boden ablaufenden Prozesse einer stärkeren Dynamik unterliegen, als die morphologische Prägung es zum Ausdruck bringt.

Daß trotzdem eine Gegenüberstellung des genetischen und funktionellen Bodentyps in bestimmten, konkreten Fällen zweckmäßig ist, dafür gibt es zwei Gründe:

1. Die Diskrepanz zwischen dem morphologischen Erscheinungsbild und den aktuell ablaufenden Prozessen;
2. Die lateralen Beziehungen zwischen Bodenarealen, die aus dem Bodentyp nicht eindeutig abgeleitet werden können.

Wichtig erscheinen uns daher in diesem Zusammenhang folgende Fragen:

- o Inwieweit entspricht die über Jahrhunderte geprägte Morphologie noch den gegenwärtigen Bedingungen (z.B. bei Grundwasserabsenkung)?
- o Wird der Boden durch die intensive Bewirtschaftung verändert? Wenn ja, in welcher Richtung und mit welcher Intensität verläuft dieser Prozeß
- o Wie wirken sich Änderungen der Kulturlandschaft und durchgeführte Meliorationsmaßnahmen langfristig auf den Boden aus?

Die Beantwortung dieser Fragen ist nicht nur von erkenntnistheoretischem Wert, sondern sie hat große Auswirkungen auf die Behandlung und Nutzung des Bodens einschließlich seines Schutzes.

Die Durchführung von wirksamen und effektiven Maßnahmen zur Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit erfordert ein komplexes Herangehen. Diese komplexe Betrachtungsweise und Realisierung ist ein Qualitätssprung in der Bodenfruchtbarkeitsforschung. Es wird eingeschätzt, daß gegenwärtig noch nicht in allen Fällen eine erschöpfende Antwort auf die aufgeworfenen Fragen hinsichtlich morphologischen Erscheinungsbildes des Bodens und der funktionalen Beziehung in der Landwirtschaft gegeben werden kann. Es zeichnen sich jedoch Grundtendenzen ab, worauf kurz eingegangen werden soll. Die Darlegung entspricht dem Erkenntnisstand der Bodenkundler der DDR. So haben z. B. Grundwasserabsenkungen eindeutig zu einer Veränderung des Bodenwasserregimes geführt, obwohl der Bodenkörper nach wie vor durch Gleymerkmale geprägt ist. Der aktuelle Zustand kann in solchen Fällen nur durch Hinzuziehung anderer Standortunterlagen und Flurbegehungen im Frühjahr bestimmt werden.

Anders ist dagegen die Situation bei Entwässerungsmaßnahmen zur Beseitigung von überschüssigem Stauwasser. Der Boden neigt auf Grund seiner physikalischen Eigenschaften und der Lage im Gelände sowie der Einwirkung des Klimas zur

zeitweiligen Vernässung. Die Staugleymerkmale haben diagnostischen Wert für die Vernässungsdisposition. Die künstliche Entwässerung, z. B. durch Dränage, hebt die Ursachen der Stauvernässung nicht auf, sondern schwächt sie nur ab bzw. verkürzt die Dauer der Vernässung.

Wesentlich schlechter ist die längerfristige Einwirkung von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Morphologie des Bodens zu erfassen, obwohl z. B. feststeht, daß die Erosion durch den erweiterten Hackfruchtanbau, die Vergrößerung der Schläge, künstliche Beregnung usw. verstärkt wird und zur Bildung von Kolluvium in den Senken führt. Bei der Standortkennzeichnung und -beurteilung müssen auf Grund der Erfahrungen prinzipiell punktförmige und flächenhafte Messungen bzw. Aussagen unterschieden werden. Während bei der punktförmigen Betrachtungsweise vorwiegend die senkrechten Beziehungen und das einzelne Bodenprofil im Mittelpunkt stehen, sind bei der flächenhaften Betrachtung die Beziehungen zwischen den einzelnen Bodeneinheiten und deren räumliche Anordnung in der Fläche von ausschlaggebender Bedeutung. Beim Letztgenannten spielen die Beziehungen in waagrechter Ebene die entscheidende Rolle.

Für die Ausgrenzung, Kennzeichnung und Beurteilung der Böden ist die Morphologie nicht ausreichend. Es müssen u. a. die aktuellen Zustände mit Hilfe von Parametern erfaßt werden, wobei zwischen statischen und dynamischen Größen zu unterscheiden ist. Eine scharfe Trennung ist nicht immer gegeben. Sie ergibt sich jedoch daraus, daß mit Hilfe dynamischer Größen Prozesse erfaßt werden, die ein komplexes Herangehen und einen Mehraufwand an Arbeit erfordern, woraus u. a. große Wissenslücken resultieren. Klar ist jedoch, daß man beide Parametergruppen nicht losgelöst voneinander betrachten darf. Die Bodenkunde wird in dem Grade zur angewandten Wissenschaft, wie es ihr gelingt, dem Bewirtschafter, Planer und Projektanten Entscheidungs- und Bemessungsgrundlagen zur Verfügung zu stellen. Daraus ergibt sich zwangsläufig eine

zielgerichtete, zweckbestimmte Standortkennzeichnung und vor allem Standortbeurteilung. Eine hohe Effektivität ist dann gegeben, wenn die dominierenden Einflußgrößen ermittelt werden und eine Zusammenarbeit mit den Nutzern organisiert wird.

Es geht also nicht um eine hohe Anzahl von Parametern, sondern in erster Linie um die Ermittlung und Qualifizierung der bestimmenden Kennwerte. Sie sind vorrangig aus den gesellschaftlichen Anforderungen abzuleiten.

Doch die Bodenkunde darf nicht beim Registrieren, Kennzeichnen, Kartieren usw. stehen bleiben, sondern sie muß im verstärkten Maße darauf Antwort geben, wie sich der Boden gegenüber bestimmten Intensivierungsmaßnahmen verhält und was getan werden muß, um auch bei intensiver Bewirtschaftung die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten bzw. zu erhöhen. Kurz gesagt, es muß eine aktive Bodenkunde mit entsprechenden experimentellen Arbeiten betrieben werden.

Denken wir dabei an Lösungen zu solch aktuellen Fragen, wie

- o starke Bodenverdichtung durch das Befahren mit schweren Traktoren und Maschinen;
- o den Prozeß der Konzentration und Spezialisierung in der Pflanzenproduktion;
- o die Ausbringung und Verwertung der Gülle von großen Tierproduktionsanlagen;
- o die Anreicherung von Schadstoffen im Boden;
- o die ausreichende Versorgung der Böden mit organischer Substanz;
- o Wind- und Wassererosion bei größeren Bewirtschaftungseinheiten und den Umweltschutz allgemein.

All diese Fragen können jedoch nicht pauschal beantwortet werden, sondern sie bedürfen einer standortspezifischen Detaillierung. Wenn bisher die komplexe Betrachtungsweise des Standortes als Notwendigkeit hervorgehoben wurde, so

muß andererseits auch die Notwendigkeit der Erfassung von einzelnen Faktoren genannt werden. Die Aufgliederung ergibt sich daraus, daß

- o die Einzelfaktoren quantitativ und in ihrer Wirkung erfaßt werden müssen;
- o eine Rang- und Reihenfolge in der Bedeutung der Faktoren vorliegt;
- o verschiedene Auswertungsrichtungen häufig erst auf der Basis von einzelnen Elementen realisierbar sind;
- o eine EDV-technische Verarbeitung sowie statistische Verrechnung vorwiegend auf Einzelwerte aufbaut und somit eine moderne Verrechnung der Daten auf dieser Stufe sinnvoll erscheint und möglich ist.

Dadurch ist eine Erweiterung der Varianten gegeben.

Die Notwendigkeit der experimentellen oder rechnerischen Bestimmung der Parameter ergibt sich daraus, daß sie zur Ansprache, Kennzeichnung und Beurteilung des Bodens erforderlich sind und zum anderen Bemessungs- bzw. Steuergrößen für die Pflanzenproduktion, den Technikeinsatz, die Melioration und den Umweltschutz darstellen.

Da die experimentelle Bestimmung von der Probenahme im Freiland bis zum Analysenergebnis nach wie vor mit großem Aufwand verbunden ist, muß die Arbeit sehr zielgerichtet erfolgen, um effektive Lösungswege für die Ermittlung der optimalen Nutzung und Bewirtschaftung des Bodens zu erzielen. In der Bodenfruchtbarkeitsforschung der DDR wird der Bodenzustand mit Hilfe ausgewählter Kennwerte charakterisiert, nach KUNDLER (1978) kurz Bodenfruchtbarkeitskennziffer-Ist (BKF_{Ist}) genannt. Eine weitere Größe ist die BKF_{Soll} . Sie stellt eine Zielgröße dar und zwar dafür, wie der Boden für die Erzielung hoher und stabiler Erträge beschaffen sein soll. Mit Hilfe der BFK werden die Prozesse nicht nur kurz-, mittel- und langfristig gesteuert, sondern sie sind auch gleichzeitig

Größen für eine Programmierung der Bodenfruchtbarkeit. Bei der Bestimmung der BKF_{Ist} kann auf bereits vorliegendes Datenmaterial zurückgegriffen werden bzw. die Ermittlung ist relativ einfach.

Ganz anders ist dagegen der Wissensstand bei den BKF_{Soll} . Umfangreiche Versuche sind unter den verschiedenen Standort- und Modellbedingungen durchzuführen, um auf diesem Gebiet den erforderlichen Erkenntniszuwachs zu erreichen.

Parameter ergänzen und quantifizieren das morphologische Bild des Bodens, lassen auf ablaufende Prozesse schließen und sind zugleich Inputwerte für eine rechnerische Simulation.

Fest steht, daß die Morphologie des Bodens und die funktionalen Zusammenhänge zwischen Bodeneinheiten sehr stark vom Wasserregime geprägt wurden bzw. abhängig sind.

Aus diesem Grund steht die Bodenhydrologie im Mittelpunkt der nachfolgenden Ausführungen.

Zuerst wenige Bemerkungen zu den chemischen Kennwerten.

Hierzu liegt relativ viel Datenmaterial vor und der Erkenntnisstand ist gut. Die Aussagen konzentrieren sich auf drei Schwerpunkte:

- o auf das Sorptionsvermögen und Sorptionsverhalten des Bodens gegenüber wichtigen Pflanzennährstoffen;
- o auf das Reaktionsvermögen bzw. den pH-Wert und schließlich
- o auf das Pufferungsvermögen bei hohen Belastungen u. a. unter dem Blickwinkel des Umweltschutzes.

Ein weiterer wichtiger Kennwert ist der Gehalt an organischer Substanz bzw. der Humusgehalt.

Dabei interessieren die Menge an Humus, die Art und Mächtigkeit des mit Kohlenstoff angereicherten Horizontes.

Es gilt, typische Grenzwerte für eine optimale Pflanzenproduktion auf den einzelnen Standorten zu ermitteln und diese dann durch acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen mit geringem Energieaufwand zu erreichen.

Die physikalischen Parameter bilden gegenwärtig einen Schwerpunkt in der Bodenfruchtbarkeitsforschung.

Das ist darin begründet, daß

- o mit ihrer Hilfe die Fruchtbarkeit des Bodens gut quantifizierbar ist und
- o sie Bemessungsgrößen für die Melioration darstellen.

Außerdem spiegeln sie mechanische Verfestigungen im Boden wider und lassen die Wirkung von Bearbeitungsmaßnahmen erkennen. Der Schwerpunkt resultiert u. a. auch daraus, daß bei den bodenphysikalischen Größen ein großer Mangel an Meßwerten vorhanden ist. Die physikalischen Bodenparameter haben eine hohe Aussagefähigkeit. Die experimentelle Bestimmung ist aber mit einem hohen Arbeits- und Zeitaufwand verbunden. Daher bedarf es besonders hier einer sorgfältigen Auswahl und einer weiteren Rationalisierung der Bestimmung und Verrechnung der Ergebnisse.

Es ist gegenwärtig nicht möglich, für alle konkreten Fälle entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Deshalb orientieren wir uns auf die Kennzeichnung von typischen Vertretern oder Flächeneinheiten, u. a. auf Bodenformen, Standortregionaltypen, Meliorationseinheiten und Bewirtschaftungsschläge. Auf diese Art und Weise werden Kataloge bzw. Nachschlagewerke für bodensystematische Einheiten geschaffen oder geplant.

Ein entsprechender Katalog zur hydrologischen Kennzeichnung von Bodenformen auf pleistozänem Ausgangsmaterial wurde von WEISE (1978) erarbeitet. Wichtige bodenphysikalische Konstanten sind:

- o Körnung, Substrat;
- o PV, dPV, Porengrößenverteilung, Lagerungsdichte;
- o FK, nFK, PWP;
- o kf-Wert, k-Wert, Porenkontinuität, Luftdurchlässigkeit.

Während bereits bei der Bestimmung von einfachen Kennwerten

der Aufwand recht hoch ist, steigt er mit der Ermittlung von Parameterfunktionen um ein Vielfaches an. Sie sind aber aussagekräftiger, da sie Prozesse widerspiegeln und quantitativ erfassen. Prozesse im Boden sind größtenteils an Wasser gebunden, deshalb soll fast ausschließlich auf die hydrologischen Beziehungen eingegangen werden. Zu unterscheiden ist, ob die ermittelten Funktionen vorwiegend für den senkrechten Wassertransport oder mehr für den horizontalen zutreffend sind. Daraus leiten sich entweder Aussagen für den Punkt oder für eine Fläche mit lateralen Beziehungen ab.

Zuerst zu den Parameterfunktionen in vertikaler Ebene.

a) Die Bodenfeuchtedynamik

Für die Standortkunde kommt es hinsichtlich der Bodenfeuchte darauf an, Antwort auf folgende Fragen zu geben:

- o Wie ist der typische Bodenfeuchteverlauf in einzelnen Tiefenstufen und mit welchen Schwankungen ist zu rechnen?
- o Welche Unterschiede bestehen zwischen den Böden?
- o Wie oft treten für das Pflanzenwachstum und den Technikeinsatz kritische Feuchtephasen hinsichtlich Austrocknung und Vernässung auf?
- o Mit welcher Wahrscheinlichkeit des Über- oder Unterschreitens von Grenzwerten ist zu rechnen?

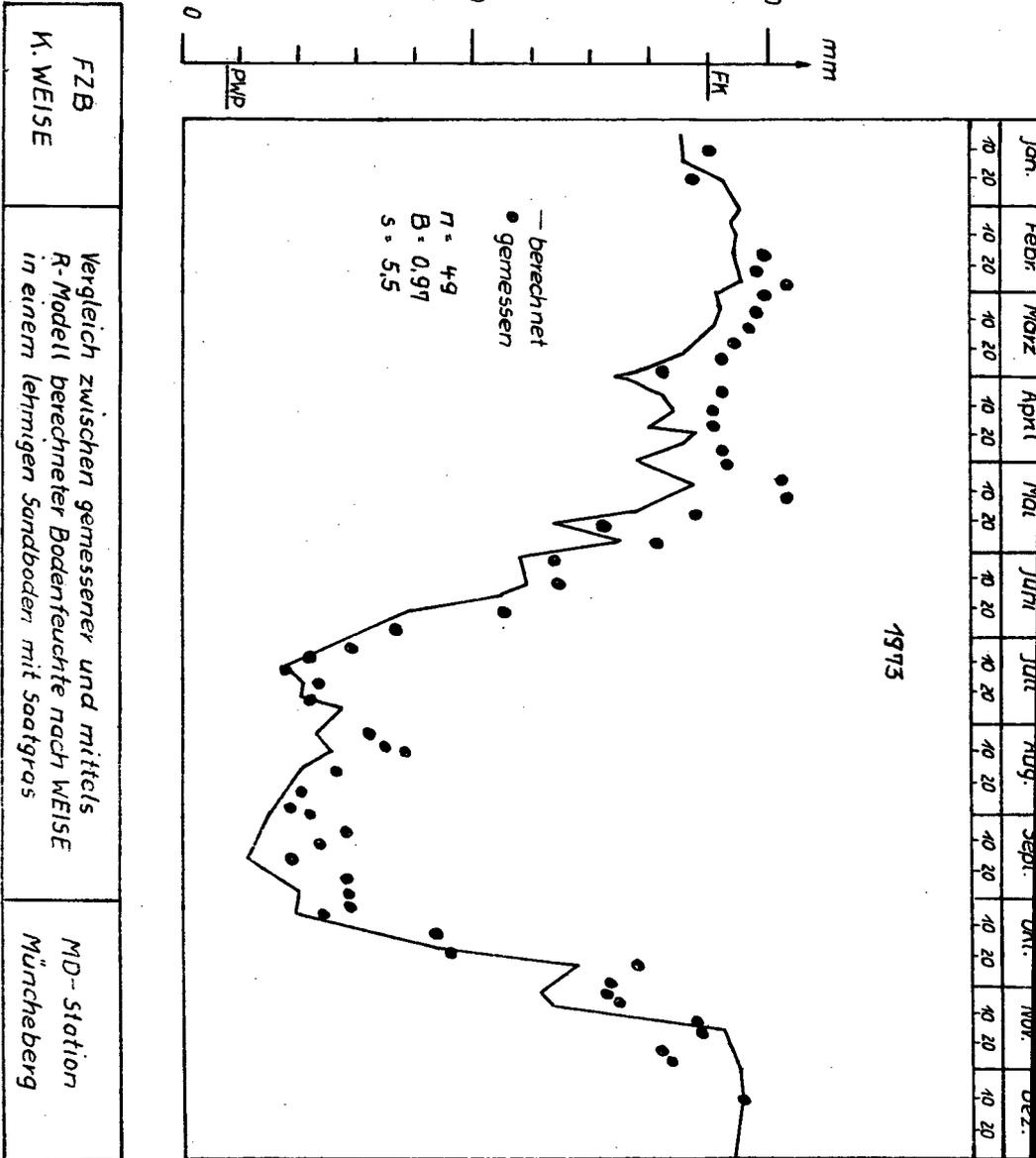
Bei der Bestimmung der Bodenfeuchtedynamik sind zwei prinzipielle Wege möglich:

- o Die experimentelle Ermittlung des Bodenwassergehaltes in entsprechenden Zeitabständen. Dafür stehen mehrere Methoden zur Verfügung.
- o Die Simulation mit Hilfe von Modellen.

Ein von WEISE und DZINGEL (1979) entwickeltes Einschicht-Bilanz-Modell brachte eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und berechneten Werten (vgl. Abb. 1).

Abbildung 1

Bodenwassergehalt in der Schicht 0-5 dm



b) Sickerwasser

Beim Sickerwasser geht es vor allem um die Erfassung der Dynamik und Menge in Abhängigkeit von den verschiedenen Einflußfaktoren, besonders Witterung und Boden.

Bei einem mittleren jährlichen Niederschlag von 539 mm wurden auf verschiedenen Böden mit Grasvegetation im Mittel von 5 Jahren (1971 - 1975) nach WEISE (1978) folgende Sickerwassermengen pro Jahr gemessen:

Sandboden	202 mm
Lehmboden	128 mm
Lößboden	143 mm
Anentonboden	88 mm.

Die Schwankungen zwischen den einzelnen Jahren gehen aus der Abb. 2 hervor.

c) Infiltration

Diese Funktion besitzt große Bedeutung für die künstliche Verregnung von Klarwasser und Gülle sowie für die Erosion. Die Abhängigkeit von den Standortfaktoren Bodensubstrat, Hangneigung, Bodenfeuchte und Vegetation konnte nachgewiesen werden.

d) Bodenwasserausschöpfung

Sie wird bei sonst gleichen Bedingungen stark von der absoluten Größe des nutzbaren Wassers bestimmt.

e) Nährstoffauswaschungsverluste

Standortkundlich interessieren vor allem die Abhängigkeit vom Boden und der Witterung. Einige Ergebnisse von WEISE (1979) werden in Tab. 1 und Abb. 2 dargestellt.

Gruppe der lateralen Parameterfunktionen

a) Beziehungen zu Bodenfeuchtegehalten am Hang (Catena)

Messungen ergaben, daß gesicherte quantitative Aussagen nur möglich sind, wenn intensive und mehrjährige Untersuchungen vorliegen.

Abbildung 2

FZB K.WEISE	Vergleich der jährlichen Niederschlags- und Sickerwassermengen sowie der Nährstoffauswaschungsverluste bei einer Bändersand-Rosterde mit Saatgras										Finowfurt 1966-1975
Niederschlag	674	651	569	499	544	395	559	491	744	349	mm
Sickerwasser	383	244	241	281	172	172	163	180	248	99	mm

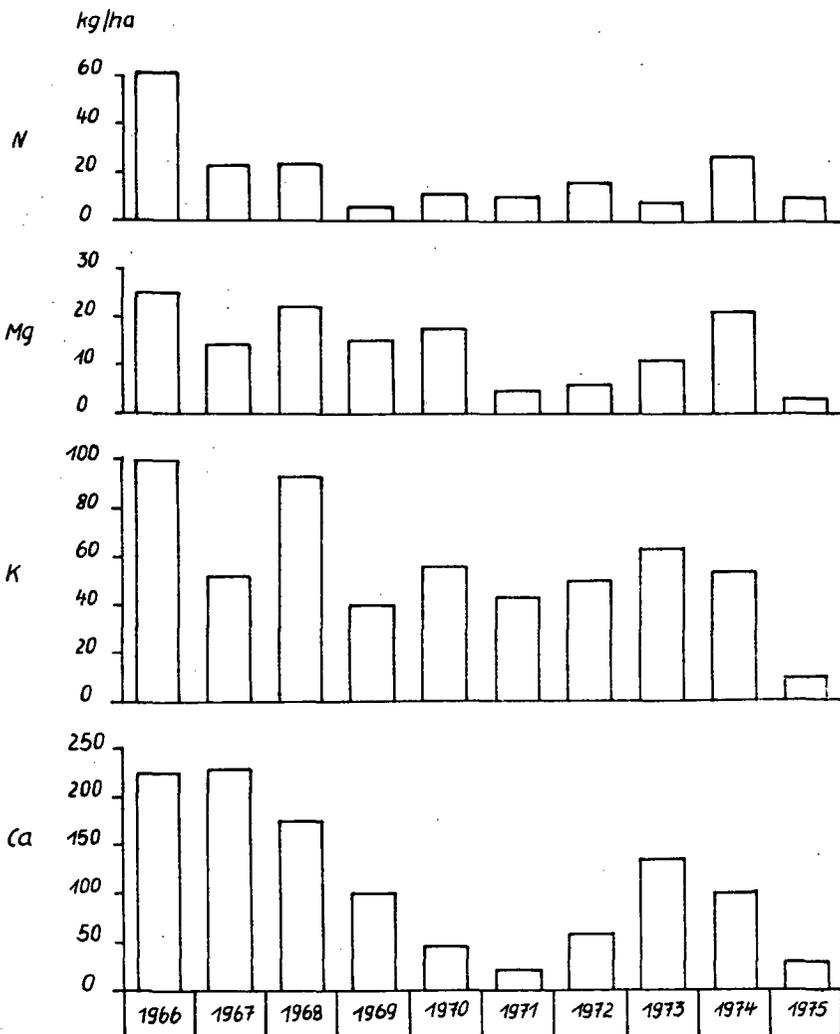


Tabelle 1: Mittlere Nährstoffauswaschungen auf unterschiedlichen Standorten mit Saatgras in kg/ha und Jahr (\bar{x} 1971 - 1975)

	N	Mg	K	Ca
homogene Sandböden	16	11	39	110
Lehmige Böden	10	12	3	78
Auenböden mit geringmächtiger Tondecke	15	12	5	117
LÖß und lößbeeinflusste Böden	10	25	9	94
Tieflehm-Fahlerden	3	6	4	48
mächtige Auenböden	4	10	2	60

b) Oberflächenabfluß

Der Oberflächenabfluß nimmt mit der Ausdehnung des Hackfrucht- und Maisanbaus, durch die Vergrößerung der Schläge, die künstliche Beregnung und die Verregnung von Gülle zu. Die damit einhergehende flächenhafte oder rinnenförmige Erosion führt zu einer weiteren Ertragsdifferenzierung innerhalb eines Schlages. Untersuchungen bei Verregnung von Schweinegülle zeigten, daß der Oberflächenabfluß mit der Hangneigung und der Bodenfeuchte korreliert.

"Ist die Morphologie heute noch aktuell - ja oder nein?"

Zum Schluß soll versucht werden, eine Antwort auf die Frage zu geben.

Die Bodenkundler der DDR bejahen die Frage aus folgenden Gründen:

- o Die Ansprache des Bodens muß stets mit einer allgemeinen Geländeansprache und mit anderen Informationen zum Standort und der Bewirtschaftung gekoppelt sein.
- o Diese komplexe Betrachtungsweise ist erforderlich und gibt Hinweise zu lateralen Beziehungen und zur Morphologie.
- o Die Morphologie gibt im Zusammenhang mit der Kartierung auch Hinweise zur aktuellen Situation am konkreten Punkt, zum Beispiel bei Grundwasserabsenkung.
- o Die Morphologie ist eine rationelle Methode zur Bodenansprache und der Sofortinformation.
- o Sie ist des weiteren eine Grundlage der Verallgemeinerung und der Übertragbarkeit von Ergebnissen.
- o Sie ermöglicht Rückschlüsse auf prähistorische Vorgänge im Boden und in Beziehung zur Fläche.
- o Die Morphologie gestattet auch Folgerungen für die Entwicklung des Bodens unter den gegenwärtigen Bedingungen und Bewirtschaftungsmaßnahmen.

Literatur

- Kundler, P.: 50 Jahre Agrarforschung in Müncheberg und die weitere Entwicklung der Bodenfruchtbarkeitsforschung. AdL der DDR, Tagungsbericht Nr. 166, S. 7 - 30, 1978.
- Weise, K.: Katalog zur hydrologischen Kennzeichnung von Bodenformen im Jungpleistozän der DDR. AdL, FZB Müncheberg, Bereich Bodenkunde Eberswalde, 42 S., 1978.
- Weise, K.: Ergebnisse von mehrjährigen Sickerwassermessungen auf unterschiedlichen Standorten. Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 22, S. 285 - 292, 1978.
- Weise, K.: Nährstoffauswaschungsverluste auf unterschiedlichen Standorten, Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 23, S. 163 - 171, 1979

Weise, K. und M. Dzingel: Ein EDV-Modell zur hydrologischen Kennzeichnung von grundwasserfernen Standorten. Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin 23, S. 663 - 669, 1979.

Fruchtarten- und standortbezogene Düngung
in der D D R
von K. B e e r
(Vortrag, gehalten am 2. 12. 1981)

Die bedarfsgerechte Nährstoffversorgung der Pflanzenbestände und die erweiterte Reproduktion der Bodenfruchtbarkeit sind zur Sicherung hoher und stabiler Erträge zwei eng miteinander verknüpfte Zielstellungen der Düngung in der DDR.

Die fruchtarten- und standortbezogene Düngung ist eine Maßnahme, die den Landwirtschaftsbetrieben und ihren agrochemischen Zentren (ACZ) die Möglichkeit bietet:

- o die Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen,
- o die Erträge zu steigern,
- o die Qualität der Ernteprodukte positiv zu beeinflussen,
- o die Düngung nach produktiven Verfahren durchzuführen und
- o die möglichen Auswirkungen von Düngungsmaßnahmen auf die Umwelt zu minimieren.

Ausgehend von der eingangs genannten Zielstellung werden den Landwirtschaftsbetrieben und ihren ACZ jährlich durch den agrochemischen Untersuchungs- und Beratungsdienst (ACUB) unter Nutzung der elektronischen Datenverarbeitung seit 1970/71 Empfehlungen für die fruchtarten- und standortbezogene Düngung zur Verfügung gestellt.

Das zur Zeit wirksame EDV-Projekt Düngung "DS 79" besteht

aus zwei miteinander verbundenen Teilprogrammen (vgl. Abb. 1):

- o organische Düngung und
- o Mineraldüngung

Das Teilprogramm Mineraldüngung besteht aus den Bausteinen Makronährstoffe und Kalk sowie Mikronährstoffe.

Der Programmteil organische Düngung gliedert sich in die Berechnung der

- o zur Verfügung stehenden organischen Dünger,
- o Strohbilanz,
- o schlagbezogenen Düngungsempfehlung,
- o Bilanz der organischen Substanz.

Im Programmteil Mineraldüngung werden berechnet

- o schlagbezogene Angaben zur N-, P-, K-, Mg- und Ca-Düngung,
- o schlagbezogene Angaben zur Mikronährstoffdüngung (B, Cu, Mo, Zn, Mn),
- o Bilanz der organischen Substanz.

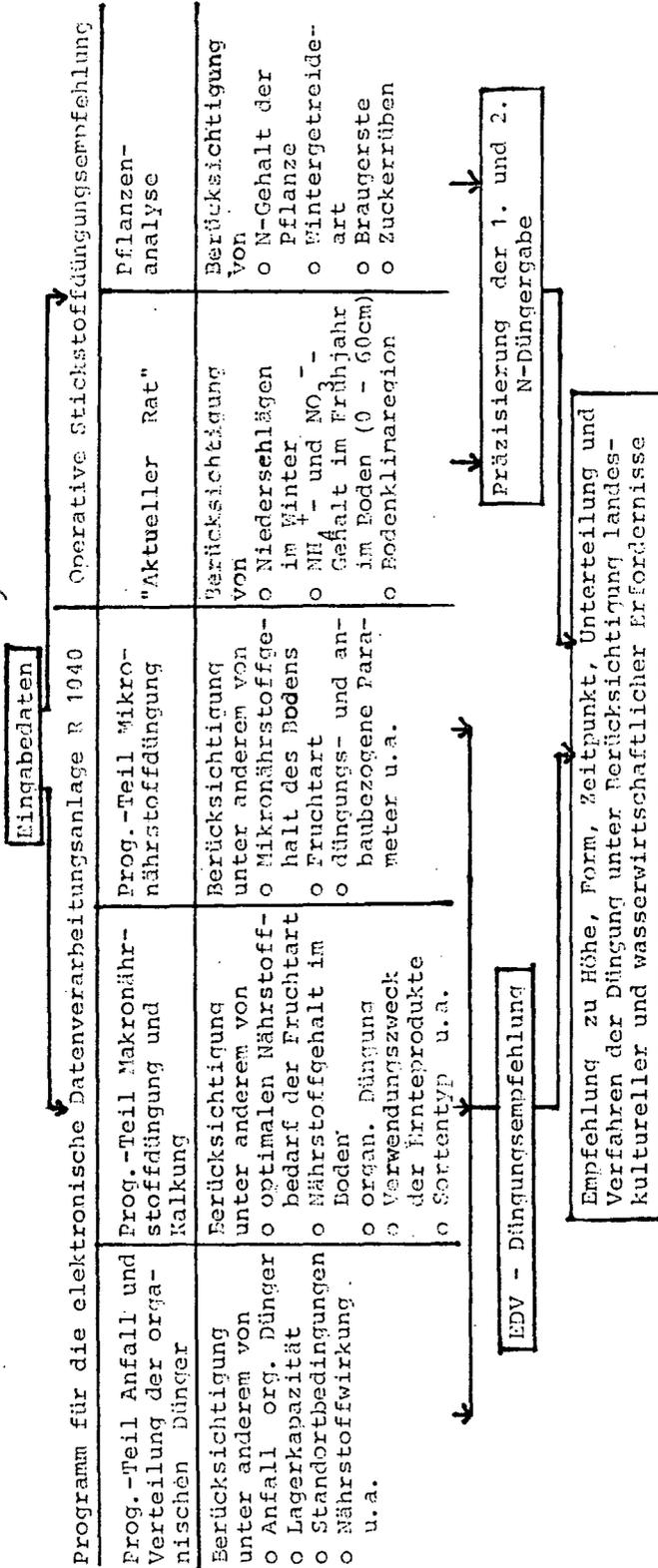
Ebenfalls zum Düngungssystem "DS 79" gehören die "operative Anpassung der Stickstoffdüngung" und der "Pflanzenanalyse" (vgl. Abb. 1) (BEEP, 1980). Die "operative Anpassung der Stickstoffdüngung" berücksichtigt den pflanzenverfügbaren Stickstoffgehalt des Bodens im Frühjahr. Die Pflanzenanalyse dient z. Zt. speziell zur operativen Anpassung der zweiten Stickstoffgabe für Getreide.

Neben den für die mineralischen und organischen Dünger gegebenen schlagbezogenen Empfehlungen über

- o Höhe
- o Zeitpunkt
- o Düngungsverfahren
- o Unterteilung
- o Düngerform

für die jeweils auf dem Schlag angebaute Frucht- oder Nutzungsart werden Anfallberechnungen für die organischen Dünger sowie für Planungszwecke Aufrechnungen des Düngerbedarfs

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Düngungssystems DS 79



nach Menge und Sortiment unter Berücksichtigung des zeitlichen Bedarfs für Bereiche bzw. Abteilungen von Betrieben und für den gesamten landwirtschaftlichen Betrieb durchgeführt.

Die Wirkung der mit den mineralischen und organischen Düngern zugeführten Nährstoffe werden in starkem Maße vom Boden und den Standortbedingungen insgesamt bestimmt. Deshalb werden bei der Berechnung von Düngungsempfehlungen die unterschiedlichen Eigenschaften der Böden und des Klimas berücksichtigt. Hierbei spielen nicht nur die Nährstoffgehalte der Böden, sondern auch Sorptionskapazität, Wasserhaushalt und weitere Faktoren, die seine Nährstoffdynamik und -transformation beeinflussen, eine große Rolle.

In den Tabellen 1 und 2 sind die Böden in Gruppen zusammengefaßt, die in das EDV-Projekt Düngungssystem "DS 79" eingegangen sind (ANSORGE, 1978).

Die Gruppierung der Böden wurde u. a. so gewählt, daß zur Düngerbemessung die wichtigsten Bodenunterschiede mit ausreichender Genauigkeit erfaßt werden. Krümmenmächtigkeit sowie Nährstoffgehalt und Textur des Unterbodens, die unter bestimmten Bedingungen die Höhe der Düngung beeinflussen, werden gesondert berücksichtigt.

Um die unterschiedlichen Klimaeinflüsse auf die Höhe und Wirkung der Nährstoffversorgung berücksichtigen zu können, wurden für die landwirtschaftlich genutzten Flächen der DDR vier Großklimagebiete zugrunde gelegt (vgl. Abb. 2).

Zur genaueren Festlegung der in den einzelnen Gebieten der DDR in Abhängigkeit von Klima und Witterung vorhandenen Düngungszeitspannen werden vier phänologische Zonen unterschieden (Abb. 3) (ANSORGE et al.).

Die Berechnung der Höhe der N-Düngung erfolgt im Düngungssystem "DS 79" über Produktionsfunktionen - Polynome 2. Grades. Produktionsfunktionen wurden für die Hauptfruchtarten auf der Grundlage langjähriger Ergebnisse aus Feldversuchen,

Produktionsexperimenten und der Auswertung von Ergebnissen von Pflanzenproduktionsbetrieben für die einzelnen Standorte unter Einbeziehung der Bewässerung abgeleitet. Sie wurden für die Bedingungen eines optimalen Einsatzes der Agrotechnik erarbeitet und gelten für die Vorfrucht Getreide und "normale" Witterungsbedingungen. Sie stellen Mittelwerte aus langjährigen Versuchsergebnissen dar und treffen nur für die jeweils herrschenden Produktionsbedingungen zu.

Die Berechnung der optimalen N-Gaben erfolgt über die Produktionsfunktionen mit Hilfe eines speziellen Programmes. Hierbei werden die bei dem jeweiligen Ertragsniveau je kg N erzielten Mehrerträge den Mehraufwendungen für die Düngung (technologische Kosten für N, P und K) unter Berücksichtigung der Erntekosten für den Mehrertrag gegenüber gestellt.

Das Optimum ist dann erreicht, wenn der Erlös für den Ertragszuwachs gleich den Kosten für den zusätzlichen Aufwand ist, mit dem er erzeugt wird. Die Berechnung der optimalen N-Menge (N_{opt}) (Formel 2) erfolgt über den "Optimalertrag" (Y_{opt}) (Formel 1) (BEER, 1980).

Die auf diesem Wege ermittelten optimalen N-Gaben gehen als Tabellenwerte in das Rechnerprogramm des "DS 79" ein.

Zur weiteren Anpassung der N-Düngung an die jeweiligen Anbaubedingungen werden noch die in der Tab. 3 angeführten Zu- oder Abschläge berücksichtigt (HAGEMANN, 1980).

Es wird empfohlen, die Gesamt-N-Düngergabe bei einigen Fruchtarten in zwei oder mehr Teilgaben auszubringen. Das betrifft Getreide, Zuckerrüben, mehrschnittige Futterpflanzen, Grünland und Vermehrungskulturen sowie zahlreiche Gemüsearten.

Trotz der Berücksichtigung vieler Einflußfaktoren machen die in Abhängigkeit von Boden, Vorfrucht und besonders Witterungsverlauf in der Herbst- und Winterperiode im zeitigen Frühjahr vorhandenen Mengen an pflanzenverfügbarem Stickstoff (N_{an}) eine operative Anpassung der N-Düngungsempfehlungen besonders zu Wintergetreide, Braugerste und Zuckerrübe erforderlich. (MÜLLER et al., 1976).

Tabelle 1: Bodengruppen und Wasserstufen des DS 79

Ackerland

Bodengr. Wasser- stufe 1)	Fein- anteil < 6 μm in %	Merkmale der Ackerhöden Bodenart	Wasserstufen
1.1	≤ 7	Sand (S)	grundwasserfern
1.2	≤ 7	Sand (S)	grundwasserbeeinflußt
2.1	8...15	anlehmiger Sand -lehmiger Sand (Sl/ls)	grundwasserfern
2.2	8...15	anlehmiger Sand -lehmiger Sand (Sl/ls)	grundwasserbeeinflußt
3.1	16...25	stark lehmiger Sand - sandiger Lehm (SL/sL)	ohne Staunässe
3.2	16...25	stark lehmiger Sand - sandiger Lehm (SL/sL)	mit Staunässe
4.1	26...38	Lehm (L)	ohne Staunässe
4.2	26...38	Lehm (L)	mit Staunässe
4.4	26...38	Lehm (L) Schwarzerden	
5.1	≥ 39	Ton (T)	ohne Staunässe
5.2	≥ 39	Ton (T)	mit Staunässe
6.1		Anmoor 15 - 30 % org. Substanz und flachgründiges Moor 20 - 40 cm Torfmächtigkeit	
6.2		Moor (Mo) > 30 % org. Substanz > 40 cm Torfmächtigkeit	

- 1) 1. Zahl = Bodengruppe
2. Zahl = Wasserstufe

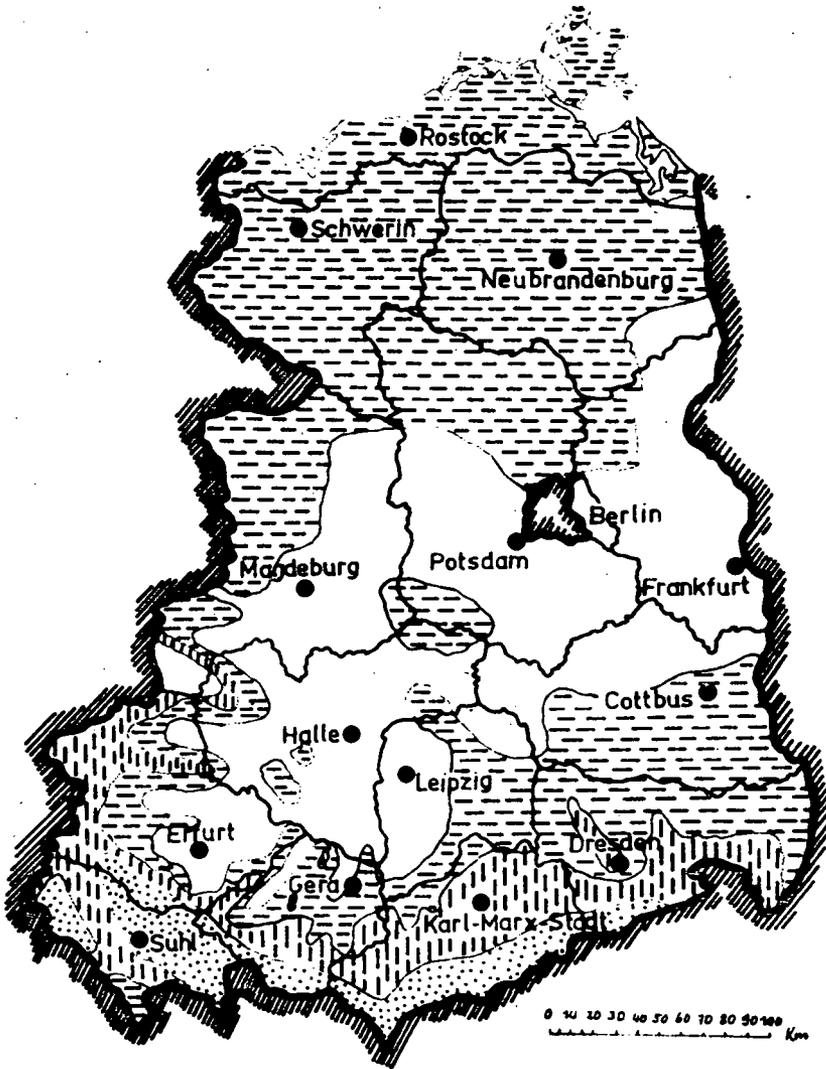
Tabelle 2: Standort der Bodengruppen des Düngungssystems DS 79

Grünland

Boden- gruppe/ Wasser- stufe	Bodenart	Merkmale der Grünlandböden
1.1	Sand (S)	nicht grundwasserbeeinflusst (trocken)
1.2	Sand (S)	grundwasserbeeinflusst (60 - 80 cm/ frisch)
1.3	Sand (S)	stark grundwasserbeeinflusst ($<$ 60 cm/ feucht)
2.1	lehmiger Sand (1S)	nicht grundwasserbeeinflusst (trocken)
2.2	lehmiger Sand (1S)	grundwasserbeeinflusst (60 - 80 cm/ frisch)
2.3	lehmiger Sand (1S)	stark grundwasserbeeinflusst ($<$ 60 cm/ feucht)
3.1	lehmiger Sand (1S)	nicht grundwasserbeeinflusst (trocken)
3.2	lehmiger Sand (1S)	grundwasserbeeinflusst (60 - 80 cm/ frisch)
3.3	lehmiger Sand (1S)	stark grundwasserbeeinflusst ($<$ 60 cm/ feucht)
4.1	Lehm (L)	nicht grundwasserbeeinflusst (trocken)
4.2	Lehm (L)	grundwasserbeeinflusst (60 - 80 cm/ frisch)
4.3	Lehm (L)	stark grundwasserbeeinflusst ($<$ 60 cm/ feucht)
5.1	Ton (T)	nicht grundwasserbeeinflusst (trocken)
5.2	Ton (T)	grundwasserbeeinflusst (60 - 80 cm/ frisch)
5.3	Ton (T)	stark grundwasserbeeinflusst ($<$ 60 cm/ feucht)
6.1	Moor (Mo)	nicht grundwasserbeeinflusst (trocken)
6.2	Moor (Mo)	grundwasserbeeinflusst (60 - 80 cm/ frisch)
6.3	Moor (Mo)	stark grundwasserbeeinflusst ($<$ 60 cm/ feucht)

Abbildung 2:

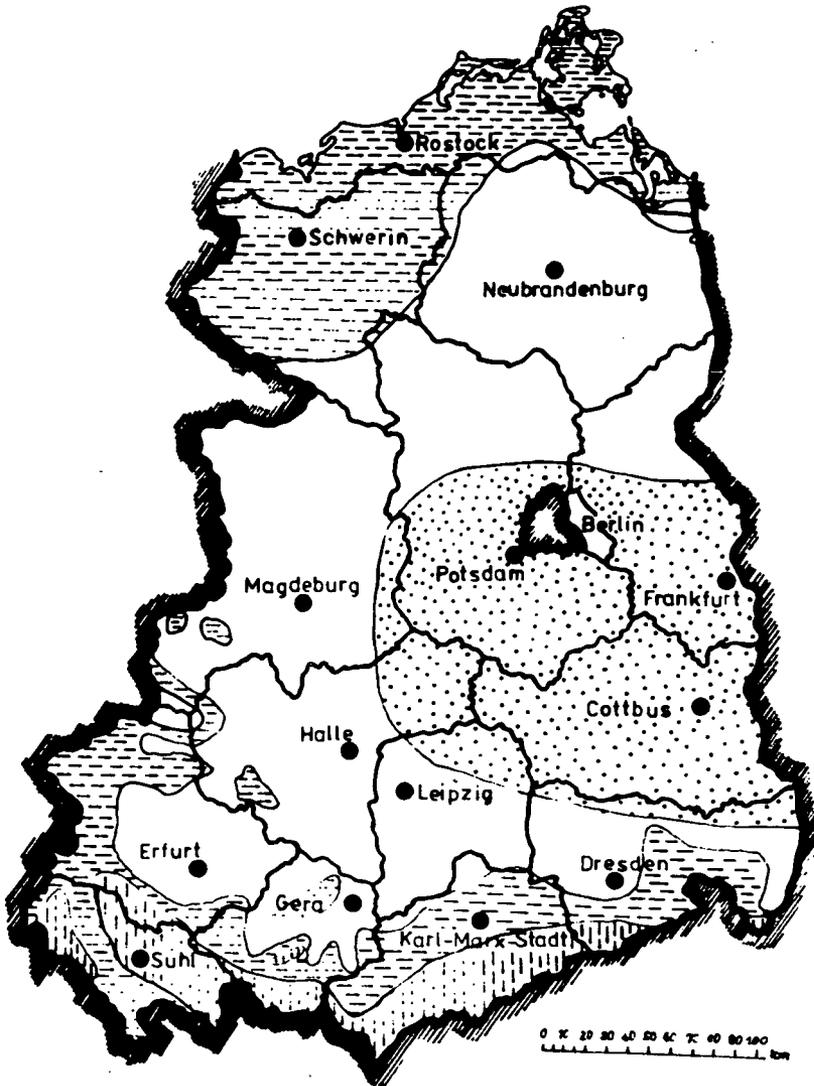
Klimazonen DS 79



-  Zone 1
-  Zone 2
-  Zone 3
-  Zone 4

Abbildung 3:

Phänozonen DS 79



-  Zone 1
-  Zone 2
-  Zone 3
-  Zone 4

Formel 1: Ermittlung des "optimalen" Ertrages

$$Y_{\text{opt.}} = \frac{PN^2}{\left(P_Y - M_Y - \frac{EP}{Ap} \cdot P_P \cdot \frac{Ek}{Ak} \cdot Pk \right)^2 \cdot 4c} - \frac{b^2}{4c} + a$$

Dabei bedeuten:

$Y_{\text{opt.}}$ = optimaler Ertrag

a, b, c = Partielle Regressionskoeffizienten der Produktionsfunktionen

PN = technologische Kosten der N-Düngung

P_Y = Ernteproduktpreis in M/dt

M_Y = Erntekosten in M/dt

EP = P-Entzug in kg/dt Ertrag

Ap = standortabhängiger P-Ausnutzungskoeffizient

Pp = technologische Kosten der P-Düngung

Ek = K-Entzug in kg/dt Ertrag

Ak = standortabhängiger K-Ausnutzungskoeffizient

Pk = technologische Kosten der K-Düngung

Formel 2: Ermittlung der "optimalen" N-Düngergabe

$$N_{\text{opt.}} = -\frac{b}{2c} - \sqrt{\left(\frac{b}{2c}\right)^2 - \frac{a}{c} + \frac{Y_{\text{opt.}}}{c}}$$

Dabei bedeuten:

$Y_{\text{opt.}}$ = optimaler Ertrag

a, b, c = Partielle Regressionskoeffizienten der Produktionsfunktionen

Tabelle 3: Zu- und Abschläge für einige die Höhe der N- Düngung beeinflussenden Faktoren (Maxima)

Einflußfaktoren	Zuschlag kgN/ha	Abschlag
Boden, Wasserstufe	--	100 ¹⁾
Klima	--	50
Ertragshöhe	20 % ²⁾	20 % ²⁾
Bewässerung	90	--
Witterung	20	25
Vorfrucht und Anbau- konzentration	10	50
mineralische und organische Düngung zur Vorfrucht	--	20
organische Düngung zur Frucht (einschließlich Strohdüngung)	50 ³⁾	entsprechend der ausgebrachten Menge
Anbauform	--	130
Sortentyp	10	70
Einsatz von Halmstabilisatoren	10	20
Verwendungszweck	70	60

1) ohne Niedermoor

2) bei Gemüse N-Düngung direkt ertragsabhängig

3) Strohdüngung, Rindenkompost

Ziel der P-, K- und Mg-Düngung ist es, die Böden so mit Nährstoffen zu versorgen, daß sie den Pflanzen stets ausreichend zur Erzielung hoher Erträge zur Verfügung stehen. Andererseits sollen die Nährstoffe im Boden auch nicht zu stark angereichert werden, da es zu verstärkten Verlusten durch Auswaschung und Fixierung oder zu einem starken "Luxuskonsum" durch die Pflanzen kommen kann.

Bei der Berechnung der Düngermenge wird im Düngungssystem "DS 79" bei P, K und Mg die Bilanzierung angewandt. Die in der Bilanz vorhandene Restmenge ergibt jeweils die zu düngende Nährstoffgabe für die auf den betreffenden Schlag angebaute Fruchtart (vgl. Formel 3) (BEEP, 1980).

Formel 3: Ermittlung des P-, K- und Mg-Düngerbedarfes

$$(P, K, Mg) \text{ kg/ha} = E \cdot A \pm B - \frac{OD_F \cdot \ddot{a} \cdot 60}{100} \cdot \frac{OD_V \cdot \ddot{a} \cdot 40}{100} \\ + Z_{UB} \pm Z/A_{FN} \pm Z/A_F$$

- E = angestrebter Ertrag dt/ha Haupternteprodukt
 A = Nährstoffaufnahme kg/dt Ernteprodukt
 B = Bilanzwert (Nährstoffausnutzung und Zu- bzw. Abschlag für Nährstoffversorgung des Oberbodens)
 OD_F = organische Düngung zur Frucht (dt/ha)
 OD_V = organische Düngung zur Vorfrucht (dt/ha)
 \ddot{a} = Mineraldüngeräquivalent der organischen Dünger (kg/dt)
 Z_{UB} = Zuschlag bei niedriger Nährstoffversorgung des Unterbodens
 Z/A_{FN} = Zu- bzw. Abschlag für Nährstoffixierung bzw. -nachlieferung
 Z/A_F = Zu- bzw. Abschlag zur Berücksichtigung besonderer Nährstoffansprüche spezieller Fruchtarten.

Die Werte für die Nährstoffaufnahme berücksichtigen das Haupt- und Nebenprodukt. Die Bilanzwerte berücksichtigen die Ausnutzung der zugeführten Nährstoffe in Abhängigkeit von der Bodengruppe des "DS 79" und einen Zu- oder Abschlag für die Nährstoffversorgung des Bodens getrennt für Ackerland und Grünland.

Zur differenzierten Berücksichtigung der P-, K-, Mg- und Ca-Versorgung der Böden wurden die drei Versorgungsstufen in 5 Düngungsgruppen unterteilt (vgl. Tab. 4).

Tabelle 4: Beziehung zwischen Versorgungsstufe, Nährstoffnote und Düngungsgruppe

Versorgungsstufe	Nährstoffgehalt	Nährstoffnoten	Düngungsgruppe	Nährstoffversorgungs- zustand
III	niedrig	0 - 20	5	sehr niedrig
		21 - 40	4	niedrig
II	mittel	41 - 60	3	mittel
		61 - 80	2	zum Teil hoch
I	hoch	81 - 100	1	überwiegend hoch

Böden, auf denen eine starke P- und/bzw. K-Fixierung festgestellt wurde, erhalten bei ihrer Einstufung in die Düngungsgruppe 4 oder 5 weitere P- bzw. K-Zuschläge. Dagegen werden Abzüge bei der Düngerbemessung vorgenommen, wenn ein ausgeprägtes Nährstoffnachlieferungsvermögen der Böden festgestellt wird.

Für die Bestimmung des schwer austauschbaren K kann die Extraktion nach KOLTERMANN und TRUOG (2. Extrakt) angewendet werden.

Die Höhe der Kalkung wird aufgrund der Ergebnisse der Bodenuntersuchung über den Kalkzustand unter Berücksichtigung der Bodenart, des Humusgehaltes sowie der Frucht- und Nutzungsart ermittelt.

Literatur

- Beer, K.: Wissenschaftliche Grundlagen der Düngungsberatung in der DDR. Akademie Rolniczo-Techniczna w Olsztynie. Intensyfikacja produkcji zywnosci, Sesja naukowa, 29.-30.IX. Sekcja I. S 5 - 21, 1980.
- Ansorge, H.: Die Weiterentwicklung der Düngungsempfehlungen zum DS 79 - Empfehlungen für Makronährstoffdüngung und Kalkung, Feldwirtschaft 10, S.445 - 450, 1978.
- Ansorge, H., H. Görlitz, B. Witter, W. Weidauer u.a.: Düngungsempfehlungen DS 79, Methodische Anleitung zur Anwendung des EDV-Projektes, Herausgeber Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR., Präsident Prof. Dr.sc. Rübensam, VEB Agrochemiehandel.
- Hagemann, O.: EDV-Düngungsempfehlungen als wichtige Entscheidungsgrundlage für die Düngung, Agra-Buch, Landwirtschaftsausstellung der DDR, S. 27, Markkleeberg, 1980.
- Müller, S., H. Ansorge, O. Hagemann, H. Görlitz, J. Garz und H. Stumpe: Untersuchungen über die Möglichkeit einer Bemessung der ersten N-Gabe zu Getreide durch Berücksichtigung des Gehaltes anorganischen Stickstoffs im Boden, Archiv Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde Berlin 20, 10, S. 713 - 722, 1976.

Bodenerosion durch Wasser

von U. S c h w e r t m a n n

(Vortrag, gehalten am 27. 1. 1982)

Der Vortrag behandelte das Phänomen der Bodenerosion durch Wasser in landwirtschaftlich intensiv genutzten Ackerbaugebieten, die Berechnung ihres Ausmaßes und die Schutzmaßnahmen.

Das Phänomen der Bodenerosion läßt sich in den Landschaften

durch offensichtliche Schadbilder des Abtrages am Oberhang und Kolluvien am Unterhang nach stärkeren Niederschlägen gut erkennen. Meistens werden diese Schäden aber durch Bodenbearbeitung wieder unsichtbar gemacht. Der Abtrag äußert sich außerdem durch Verarmungen von Nährstoffen und organischer Substanz am Oberhang und entsprechenden Anreicherungen am Unterhang. Beide lassen sich durch Messung der Tiefenfunktionen dieser Stoffe (z.B. Phosphat) sehr gut verfolgen.

Die Folgen solcher Schäden sind außer den Stoffverlagerungen am Hang der Zwang zu verstärkter Vorfluter- und Straßenpflege sowie die Eutrophierungsgefahr von Gewässern, falls das erodierte Material in den Vorfluter eingetragen wird. Die Schäden äußern sich aber auch in Ertragsrückgängen, und zwar dort, wo dünne, fruchtbare Lößdecken durch Erosion allmählich abgetragen werden und dadurch kiesig-sandige Substrate des Untergrundes an die Oberfläche kommen, die dann insbesondere in trockenen Jahren die Wasserversorgung ins Minimum setzen.

Der Erosionsprozeß selbst besteht aus dem sogenannten splash (Losschlagen von Feinbestandteilen durch die kinetische Energie des Regens) und dem Transport dieses Materials mit dem Oberflächenwasser hangabwärts. Dabei wird weiteres Material durch die Scherkräfte des fließenden Wassers gelockert (Rinnen-erosion).

Die Faktoren, die das Ausmaß der Erosion bestimmen, sind:

1. Das Regengeschehen (insbesondere die kinetische Energie von Starkregen und ihre Menge).
2. Die Bodeneigenschaften.
3. Die Hangeigenschaften (Hanglänge und -neigung).
4. Die Nutzungsformen (Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Lage der Nutzung zum Hang, etc.).

Die genannten Faktoren sind mit dem Erosionsabtrag in quantitativer Weise verknüpft und zwar in Form der sogenannten Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung nach WISCHMEIER. Sind die Zahlenwerte für die einzelnen Faktoren eines bestimmten

Feldstückes bekannt, so läßt sich der langjährige mittlere Abtrag berechnen. Die Zahlenwerte sind z. T. gebietsspezifisch und wurden in den letzten Jahren für Bayern ermittelt. Sie sind in einem entsprechenden Handbuch (SCHWERTMANN u. Mitarbeiter, 1981) zusammengestellt und erläutert.

Im Einzelnen ist dabei folgendes zu beachten:

1. Regengeschehen: Die Erosivität des Regens (P-Faktor) wurde für Bayern in Form einer sogenannten Isoerodentkarte aus dem langjährigen Regengeschehen von 17 Wetterstationen ermittelt.
2. Bodeneigenschaften: Die Bodeneigenschaften, die die spezifische Erodierbarkeit eines Bodens bestimmen, sind seine Körnung, seine Aggregation, der Humusgehalt und die Durchlässigkeit. Diese werden zahlenmäßig zum sogenannten K-Faktor zusammengefaßt, der für die wichtigsten Bodenformen Bayerns ermittelt wurde.
3. Hangeigenschaften: Außer der Hangneigung spielt hier die Hanglänge eine entscheidende Rolle; sie werden im LS-Faktor quantifiziert. Da die Hänge im Zuge der Mechanisierung der Landwirtschaft häufig verlängert wurden, führt dieses zu einer verstärkten Erosion.
4. Nutzungsformen: Der Einfluß der Nutzung auf die Erosion (C-Faktor) ist sehr vielfältig. Die wachsende Kulturpflanze trägt durch die Bedeckung der Oberfläche zum Schutz des Bodens gegen auftreffende Regentropfen bei. Böden sind daher besonders gefährdet, solange sie noch nicht ausreichend bedeckt sind, was insbesondere bei Hackfrüchten im Frühjahr der Fall ist. Insofern ist der noch immer zunehmende Grünmaisbau

als Teilursache einer verstärkten Erosion anzusehen. Besonders wirksam ist es, wenn Ernterückstände möglichst voll dem Boden zugeführt werden, und/oder als Mulch auf der Oberfläche liegen bleiben. Günstig wirken sich aus dem gleichen Grunde Zwischenfrüchte und Gründüngung aus. Die Bodenbearbeitung sollte auf ein Minimum beschränkt werden. Minimalbodenbearbeitung bis hin zur Frässaat haben daher einen stark erosionsvermindernden Effekt.

Ein weiterer Schutz entsteht durch sogenannte Konturnutzung, d. h. die Bearbeitung und Nutzung parallel zu den Hanglinien. Ihr Effekt wird im P-Faktor quantifiziert.

Im Dienste der Erosionsbekämpfung lassen sich folgende Aktivitäten empfehlen:

1. Um einen Überblick über die Erosionsgefährdung bestimmter Landschaften zu bekommen, müssen genauere Karten über den Erosionszustand und über die zu erwartende Erosion angefertigt werden. Hierbei ist besonders daran zu denken, die von RICHTER gezeichnete Karte aufgrund der neueren Entwicklung zu verbessern und genauere Abtragungswerte zu kartieren.
2. Die genaueren Werte sind durch die für einen bestimmten Raum adaptierte Allgemeine Bodenabtragungsgleichung zu ermitteln. Hierzu ist das oben erwähnte Handbuch für den bayerischen Raum erstellt worden. Aus dem Handbuch kann auch die Art und die quantitative Wirkung von Schutzmaßnahmen abgeleitet werden. Ein Beispiel hierfür wurde im Vortrag gegeben.
3. An der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau werden z. Zt. insbesondere Streifeneinsaaten als Schutzverfahren getestet. Günstig hat sich dabei die

Wirkung von hangparallelen Streifeneinsaaten von Wintergerste zusammen mit der Maiseinsaat gezeigt. Auch ist darauf zu achten, daß die Schutzwirkung des Unkrauts gegen die Erosion möglichst ausgenützt wird.

4. Auch die Flurbereinigung kann wesentlich zur Erosionseindämmung beitragen. Sie muß darauf achten, daß terrassierte Landschaften erhalten bleiben und die neue Flurteilung nicht zu wesentlichen Hangverlängerungen, insbesondere in Gefällerrichtung führt. Es wird ein Beispiel gezeigt, wo in einer hängigen Gemeinde durch die geplante Flurbereinigung der voraussichtliche Bodenabtrag vorwiegend durch Hangverlängerung erheblich erhöht werden wird.
5. Schließlich hat auch die Erosionsforschung hier ihren Platz. Um die Allgemeine Bodenabtragungsgleichung weiter zu verbessern, sind Versuche mit künstlichem Regen sowohl im Freiland als auch im Labor erfolgversprechend. Außerdem ist es nötig, mit solchen Untersuchungen genaueres über den Mechanismus des Bodenabtrages zu erfahren.

Literatur zur Erosion aus dem Lehrstuhl für Bodenkunde:

- Bäder, S. und U. Schwertmann: Die Erosivität der Niederschläge von Hüll (Bayern) (R-Faktor der Bodenabtragungsgleichung nach Wischmeier). Z. f. Kulturtechnik u. Flurber. 21, 1 - 7, 1980.
- Becher, H.H. und U. Schwertmann: Korrelative Ermittlung der Feinstsandfraktion zur Bestimmung des K-Faktors der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung nach Wischmeier (Kurzmitteilung). Z. f. Kulturtechnik u. Flurber. 22, 97 - 98, 1981.
- Maier, J. und U. Schwertmann: Das Ausmaß des Bodenabtrages in einer Lößlandschaft Niederbayerns. Bayer. Landwirtschaftl. Jahrbuch 58, 2, 189 - 194, 1981.

- Rogler, H. und U. Schwertmann: Erosivität der Niederschläge und Isoerodentkarte Bayerns. Z. f. Kulturtechnik u. Flurber. 22, 99 - 112, 1981.
- Schwertmann, U. und M. Huit: Erosionsbedingte Stoffverteilung in zweihoftengenutzten Kleinlandschaften der Hallertau (Bayern). Z. Pflanzenern. Bodenk. 4/5, 397 - 405, 1975.
- Schwertmann, U.: Bodenerosion. Geol. Rundschau 66, 3, 770 - 782, 1977.
- Schwertmann, U.: Ist moderne Bodenbearbeitung erosionsfördernd? DLG-Mitteilgn. 22, 1268, 1979.
- Schwertmann, U.: Stand der Erosionsforschung in Bayern. Daten und Dokumente zum Umweltschutz, Sonderreihe Umwelttagung, 30, 1980.
- Schwertmann, U. und F. Schmidt: Estimation of long term soil loss using copper as a tracer. Assessment of Erosion in USA and Europe. Proc. Symp. Ghent 27.2. - 3.3.1978, 403 - 406, 1980.
- Schwertmann, U.: Bodenerosion durch Wasser und ihre Bekämpfung. Ergebnisse der Tagung "Landwirtschaft und Wasserhaushalt". Agrarspectrum 1. 183 - 191, 1981.
- Schwertmann, U. u. a.: Die Vorausschätzung des Bodenabtrages durch Wasser in Bayern (Handbuch zur Bodenerosion). Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 1981.
- Schwertmann, U.: Bodenerosion durch Wasser - Ursachen, Ausmaß, Vorhersage. Vortrag gehalten auf dem 92. VDIUFA-Kongreß in Braunschweig, 15. - 20.9.1980. Landwirtschaftl. Forschung 37, 117 - 121, 1982.
- Schwertmann, U.: Grundlagen und Problematik der Bodenerosion. Bayer. Landwirtschaftl. Jahrbuch 58, 75 - 79 und Arbeiten der DLG, 1982.
- Stürmer, H. u. a.: Der Einfluß des Bodenabtrages auf die Maiserträge. Z. Acker- u. Pflanzenbau (in Vorbereitung).

Literatur aus der Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur und Pflanzenbau:

- Diez, Th. und U. Hege: Acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen zur Eindämmung der Bodenerosion beim Anbau von Mais. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 30, 403 - 410, 1981.
- Hege, U.: Bodenerosion - unterschätzte Gefahr. DLG-Mitteilgn. 18, 1036, 1978.
- Hege, U.: Wie läßt sich die Bodenerosion verhindern? DLG-Mitteilgn. 9, 548 - 549, 1979.

Faktoren der Bodenbildung und alpine Zonalität:

Der Bodentyp des Alpenen Pseudogleys und der Gebirgsschwarzerde
 von K. S c h n e t z i n g e r
 (Vortrag, gehalten am 17. 3. 1982)

Der Alpine Pseudogley hat sein Kerngebiet an der Nordseite der Hohen Tauern im Bereich der Schieferhülle und Grauwacke. Etwa 60.000 ha der landwirtschaftlichen Nutzfläche Österreichs sind solcherart geprägt. Ab 1953 ist man diesem Bodenphänomen bei Kartierungen in den Räumen Gastein, Bruck an der Glocknerstraße, Radstadt, St. Johann i. P., bei der Glockner- und Pinzgau-Exkursion der Deutschen- und der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft begegnet. Eingehende profilmorphologische Erhebungen haben in Berg- und auch in Tallagen das Phänomen der Krümmungsvergleyung anstatt des zu Unrecht angenommenen "Höhenregionalen Podsoles" ergeben. H. FRANZ hat 1960 diese Erscheinung unter der Benennung "Alpiner Pseudogley" der Pseudogley-Gruppe zugeordnet.

Der Alpine Pseudogley hat in Reinform den Aufbau AP-P-B-C, bzw. AP-P-C, bei den vorherrschenden Überprägungen ist P nur Horizontzusatz. Bodenartlich handelt es sich meist um IS und sZ, den Humus betreffend um Mull, Anmoor oder Modermull. Die

Wasserverhältnisse tendieren gegen wechselfeucht-feucht. Diagnostischer Horizont ist der P-Horizont: Er ist durch blaue Reduktionsfarbe, Rostfleckigkeit um Wurzeln, plattige Struktur gekennzeichnet, Fahlflecken und Konkretionen sind selten. Auch U. SCHWERTMANN pflichtet einer merkmalsmäßigen und somit typologischen Charakterisierung dieser Art bei. Oberflächennahe Vergleichen verbinden sich (vgl. Anhang, Beispiel St. Johann i. P.) mit nahezu allen hier vorkommenden Bodentypen, Landschaftsräumen, Substraten, Texturen und Nutzungsformen. Durchlässigkeit von Terrassenschottern dürfte verminderten, Grenzflächeneffekt in Schwemmfächern sowie Weidtritt verstärkenden Einfluß ausüben. Es liegen kalkfreie gleichermaßen wie kalkhaltige Ausgangsmaterialien, stark saure bis alkalische pH-Verhältnisse zugrunde. Von vornherein ist also kein Zusammenhang mit Podsolierung gegeben. Weitere gemeinsame Entwicklungsvorgänge könnten Ursacherelativ häufiger, eindrucksvoller Kombinationen in der Art von Molken- und Misseböden sein.

Ein Charakteristikum des Alpenen Pseudogleys gegenüber der übrigen Typengruppe ist das Fehlen des Staukörperhorizontes "S". Es gibt hierfür die Möglichkeiten eines der makroskopischen Wahrnehmung entzogenen Infra-Staukörpers infolge Einregelung von Glimmerplättchen, eines temporären Staukörpers in Form des Bodenfrostes, eines relativen Staueffekts bei übermäßigem Schmelzwasseranfall. Konforme Erscheinungen sind die Fahlfärbung der Böden im ersten Frühjahr, die Krümenvergleyung stark begüllter Hauswiesen, wobei vermutlich Humusstoffe mitwirken. Sehr gute Übereinstimmung mit dem Phänomen zeigt der Schmelzwassereinfluß, erfaßt durch die Zahl der Frostwechseltage während der Schneebedeckung. Ökologisch bedeutet die Krümenvergleyung Sättigung des Bodens mit Schmelzwasser, Hintanhaltung der Frühjahrstrockenheit, Verbreitung des Goldhafer-Wiesentyps bis in den Talboden.

Die Erklärung des Phänomens aus einem speziellen Faktor geht fehl. Es liegt an dem spezifischen Zusammenwirken vieler

Elemente, wie reichlichem Niederschlag, Frost, Schneewasser, Kühle, Höhenlage, Schattexposition, Glimmer- und Schluffgehalt, Humusart, Betritt. Hierbei werden in der den Wasserstau betreffenden Resultierenden Schwellenwerte überschritten, die das spontane Auftreten der Krümmenvergleyung auslösen. Die Eigenart des Mechanismus erklärt das sprunghafte In-Erscheinung-Treten der Bodenindividuen sowie den stufenförmigen Gang der Bodenentwicklung gegenüber der ökologischen Kontinuität.

Die Gebirgsschwarzerde hat am relativ trockenen Südfuß der Hohen Tauern, im Tamsweger, Lienzer und Innsbrucker Becken sowie im trockenen Oberen Inntal ihre Verbreitung. In der landwirtschaftlichen Nutzfläche Österreichs ist sie nur mit etwa 5.000 ha verteten. Die Kartierungen in den Bezirken Tamsweg, Hall, Telfs, Innsbruck, teilweise auch in Silz und Imst unter Leitung von J. FINK führten, besonders auf Schwemmfächern und Terrassen, zu der Erkenntnis, daß es in inneralpinen Trockengebieten Feinsedimente mit A-C-Charakter gibt. Die Exkursion ins Obere Inntal, unter Führung von F. SOLAR, zuletzt jene an den Südabfall der Hohen Tauern bestätigten die Existenz solcher Bildungen. Für das Konzept der Typenkommission 1969 war die Trennung fest - locker ein Grundprinzip; Lockersedimente schieden generell von der R-Gruppe aus. Auf Anregung von J. FINK entschloß man sich, diese Böden in Hinblick auf viele Parallelen unter der Typus-Bezeichnung Gebirgsschwarzerde der Schwarzerde-Gruppe zuzuordnen. Auf die Verwandtschaft solcher Bildungen zu den Schwarzerden haben schon W. KUBIENA und G. HAASE hingewiesen.

Die Gebirgsschwarzerde besitzt den Profilaufbau A-D bzw. A-C-D. Damit kommt zum Ausdruck, daß Feinsedimente anderen, meist gröberen Untergrund überlagern. Entscheidendes Faktum ist starke innere Dränung als Folge von Durchlässigkeit und leichter Bodenart. In gewissem Maße verharret auch dichtes, reaktionsträges Material bei vorerst wechselfeucht-trockenen Wasserverhältnissen im A-C-Zustand. Die Bodentrockenheit manifestiert sich in Glatthaferwiesen und Ackernutzung.

Kennzeichnend für die Gebirgsschwarzerde sind Mächtigkeit und Reife des krümeligen A-Horizontes, die Humusform Mull engem C:N-Verhältnis; sein hoher Gehalt und das Überwiegen von NH_3 - über NO_3 -Verbindungen spiegeln die alpine Variante der Trockenheit wider. Nicht selten sind pseudomyzelartige Aggregatüberzüge, lößähnliches Gefüge und Krotowinen. Zum Unterschied vom 10 YR-Spektralwert der Braunerden tendieren die Gebirgsschwarzerden zu 2,5 Y. Ihre Basensättigung ist hoch, die Umtauschkapazität mittel, der pH-Wert neutral bis alkalisch.

Mit diesen Werten liegt sie meist etwas günstiger als die besten benachbarten Braunerden. Gegenüber der Ertragsvorstellung, die sich mit dem Typ der pannonen Schwarzerde verbindet, ist die Gebirgsschwarzerde durch das vorgesetzte Wort "Gebirgs" klimatisch - reliefmäßig entsprechend eingeschränkt. Die Gebirgsschwarzerde ist im kalkigen Ast mit der Pararendsina vergesellschaftet; im kalkfreien, dem Paratschernosem entsprechenden Zweig, ist sie Glied der Catena Ranker-kalkfreie Gebirgsschwarzerde - verbrauchte kalkfreie Gebirgsschwarzerde - kalkfreie Lockersediment-Braunerde. Kalkige Gebirgsschwarzerde ist sehr stabil: Sie hat auch bei höherem Niederschlag und Grundwassereinfluß Bestand. In Einzelfällen tritt sie sogar als Feuchtschwarzerde auf. Eine kalkfreie Gebirgsschwarzerde ist labil und strenge Aussage der Bodentrockenheit. Schon bei zunehmender Mächtigkeit der Sedimente geht sie in Braunerde über.

Entscheidend für die Bildung der Gebirgsschwarzerde ist die auf relativ trockenem Ortsklima aufbauende starke innere Trockenstellung. Zusätzliche Momente stellen Sedimentierung und simultane Humusbildung dar. Eine Vielfalt bodenbildender Kräfte ist im Spiel: Niederschlagsarmut, Durchlässigkeit, konvexes bis ebenes Relief, feine Deckschicht, Alpenhumuseffekt, Heimguthumusbilanz. In ihrem vom Gesamtbetrag der Trockenheit bestimmten Schwerpunktbereich kommt es zur Entstehung der Gebirgsschwarzerde. Diese Elemente der Bodenbildung

sind zugleich Inhalt inneralpiner Trockengebiete, wie Becken, Hochtäler, Regenschatten-, Hangfuß-, Sonn- und Föhnlagen.

Wie die Beispiele des Alpenen Pseudogleys und der Gebirgsschwarzerde zeigen, ist der Mechanismus von Bodenbildungen sehr kompliziert. Es handelt sich um das dynamische Zusammenwirken vielfältiger Elemente. Bodenbildungen lassen sich daher nur aus der Ganzheit der Faktoren erklären. Ein anderer Weg der Beurteilung wird mit der Anwendung eines genau quantifizierten Einzelmerkmals beschrieben. Das Problem ist hierbei, die eindeutige, abgesicherte Korrelation zu finden. Eigenschaften dieser Art müßten - abgestimmt auf den einzelnen Fall und nicht auf vorrätige Methoden - noch am ehesten auf der Linie der vorrangigen Bodenbildungskomponenten zu suchen sein; sie dürften nicht als Kenn-, sondern als Richtwerte dienen. Da die Faktoren der Bodenbildung zugleich Elemente des Paumes sind, ergibt sich zwangsläufig die Entsprechung Boden - Raum. Sie manifestiert sich in der regionalen und lokalen Konstanz der Typen und Bodenformen, in deren zonaler standörtlicher Bindung und begründet den hohen Erkenntniswert jeder vom Raum ausgehenden Schau der Böden. Die Exponenten der modernen österreichischen Bodenkunde haben sich von Anbeginn zum morphogenetischen Prinzip bekannt. Die Erstellung und Ergänzung des österreichischen Typenschemas ist auch stets unter strenger Bedachtnahme auf Zonalität und Ökologie als Gradmessern für Wirklichkeitsnähe und praktische Aussage erfolgt. Von dieser Warte aus muß das Spezifische und Repräsentative des Alpenen Pseudogleys und der Gebirgsschwarzerde seine Bestätigung auf Typ - Ebene finden.

Krumenvergleylungen GB. St. Johann i.P.

Landschafts- raum	Bodentyp ⁺	Ausgangs- material	Wasserver- hältnisse	Tiefe	Boden- art	pH- Wert	CaCO ₃ %
Augeb.	pebGA	k,sil.	gv	10	zS	6,0	0
				45	zS	6,8	0,2
				75	S	7,2	7,1
"	pgsSA	sil	mf-f	5	S	4,4	0
				25	zS	4,5	0
				45	S	4,4	0
"	pkSA	Ka,Kagli	wf	10	zS	7,5	7,5
				25	zS	7,5	9,6
Schwemm- fächergeb.	psLB	Grauw.	gv	10	Z	4,9	0
				50	sZ	4,9	0
				85	sZ	5,1	0
"	ppR	Ka,Kagli	uneinh.	5	lZ	5,6	0
				15	sZ	6,4	0
				35	zS	7,3	17
"	pkLB	Ka,Kagli	gv	10	lS	7,0	0,3
				30	lS	7,4	10,7
				75	S	7,4	7,4
"	ppR	Grünschi	wt	5	lS	6,0	0
				20	S	7,2	1,7
"	psLB	sil.Schi	gv	10	lS	5,2	0
				45	lS/S	5,1	0
				80	S	5,4	0
Moränen- geb.	peLB	GrünKagli	mwf	10	lS	4,8	0
				40	zS	6,3	0
				65	lS	6,8	0,1
				90	S	6,6	0
"	peLB	Gli,Kagli	mwf	25	lS	4,9	0
				25	lS	5,0	0
				45	lS/S	5,3	0
"	peLB	k,silGesch	mwf	15	lS	6,5	Okomb.
				50	lS	6,4	0
				85	lS	6,5	0
"	peLB	k,silGesch	mwf	10	lS	4,9	0
				35	lS	5,0	Okomb.
				70	lS	5,5	0
"	psLB	Grauw.	gv	10	lS	4,5	0
				30	lS	4,6	0
				50	lS	4,8	0
"	pKU	Seet.	uneinh.	5	lS	6,9	1,0
				20	zL	7,6	17,0
				45	lS	7,6	14,7
Anstehen- des Gest.	psFB	Glischi	gv	10	lS/zS	4,3	0
				35	lS/zS	4,4	0
				60	lS/zS	4,6	0
"	pkFB	KagliGrün	wt	10	lS	6,2	0
				35	zS	7,3	6,6
"	peFB	Schwschi	gv	5	lS	5,3	0
				30	lS	4,8	0
				55	lS	6,9	0,5
"	peFB	Schwschi	gv	10	lS	4,6	0
				35	lS	4,6	0
				45	lS	5,4	0
"	pFB	Schwschi	gv	10	lS	5,2	0
				30	lS	5,1	0
				55	lS	4,9	0
"	peFB	Schwschi	wf	10	lS	4,9	0
				40	lS	4,9	0
				45	lS	5,3	0
				75	Z/lS	7,2	0
"	psFB	Grauw.	gv-mt	10	sZ	6,0	0
				40	lS	6,7	0
				65	lS	6,6	0

⁺Abkürzungen der Bodenkartierung

Tätigkeitsbericht
der ÖBG über das Jahr 1981

I. Mitgliederbewegung

Stand	1. 1. 1981	1. 1. 1982
A-Mitglieder	41	47
B-Mitglieder	133	141
C-Mitglieder	24	24
Fördernde Mitglieder	6	7
	<hr/>	<hr/>
Zahlende Mitglieder	204	219

Zwei prominente Mitglieder, Sekt-Chef. i. P. Prof. DDR. B. Ramsauer und Univ.-Prof. Dr. J. Fink sind im Vereinsjahr 1981 verstorben. 17 Mitglieder sind der Gesellschaft im Jahr 1981 beigetreten.

II. Veranstaltungen

26. Jänner 1981:

Generalversammlung: 1. Genehmigung des Protokolls der letzten Generalversammlung; 2. Tätigkeitsbericht 1980 und Programm 1981; 3. Kassenbericht; 4. Bericht der Rechnungsprüfer; 5. Wahl der übrigen Vorstandsmitglieder gemäß § 13 b) der Statuten der ÖBG; 6. Allfälliges.

Anschließend Vortrag von Univ.-Prof. Dr. H. ZAKOSEK (Universität Bonn) zum Thema: "Morphologischer und funktioneller Bodentyp".

Weitere Vortragsveranstaltungen im Jahr 1981:

4. März 1981:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. F. HAUNOLD zum Thema: "Stickstoff-

haushalt von Gebirgsböden".

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. D. DANNEBERG zum Thema: "Humusdynamik von Gebirgsböden".

24. April 1981:

Symposion in Linz, Wieningerstraße 8 zum Generalthema: Stoffumsatz am Standort".

Univ.-Prof. Dr. B. ULRICH, Universität Göttingen, Thema: "Stoffumsatz am Standort - theoretische Grundlagen und praktische Schlußfolgerungen".

Univ.-Doz. Dr. P. BENECKE, Universität Göttingen, Thema: "Bodenstruktur und Stoffumsatz-Methodik der Erfassung bodenphysikalischer Parameter".

Univ.-Prof. Dr. W. MÜLLER, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Thema: "Bodenbeurteilung und Bodenmelioration vor dem Hintergrund moderner physikochemischer und bodenkundlicher Erkenntnisse".

23. bis 26. September 1981:

Exkursion der ÖBG in den Raum Großglocknerstüdrampe und Karnische Alpen-Naßfeld mit dem Thema "Alpine Böden und Standorte- Probleme der alpinen Landwirtschaft".

An der Exkursion nahmen 46 Personen teil. Am Abend des 24. Sept. 1981 im Hotel Verleihung der neugeschaffenen Ehrenmedaille für Verdienste um die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft an Direktor Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Franz BLÜMEL und Min.-Rat Dipl.-Ing. Adolf STECKER im Rahmen eines Empfanges der Kärntner Landesregierung.

28. Oktober 1981:

Exkursionsnachlese, Vortragsveranstaltung mit folgenden Referaten:

Univ.-Prof. Dr. E.H. BLUM, "Die Exkursionsprofile 1981 und ihre systematische Einordnung unter beson-

derer Berücksichtigung methodischer Ansätze";

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. F. SOLAR, "Der Wasser- und Wärmehaushalt der Böden als bodenzonales Phänomen. Beurteilt nach bodenmorphologischen und physikochemischen Kriterien";

Dipl.-Ing. Dr. E. KLAGHOFER, "Der Wasser- und Wärmehaushalt der Böden. Beurteilt nach bodenphysikalischen Kriterien";

Dipl.-Ing. Dr. E. LICHTENEGGER, "Der Wasser- und Wärmehaushalt. Ertragsbildende Faktoren in Abhängigkeit von der Höhenstufe, dargestellt aus pflanzensoziologischer Sicht".

2. Dezember 1981;

Prof. Dr. K. WEISE, Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg, Thema: "Morphologischer und funktioneller Bodentyp".

Prof. Dr. K. BEER, Direktor des Institutes für Düngungsforschung Leipzig-Potsdam, Thema: "Boden und Düngungstyp, Grundlagen und Verfahren der Fruchtbarkeits- und standortsbezogenen Düngung in der DDR".

III. Veröffentlichungen

3. Sonderheft der Mitteilungen der Ö.B.G. als Exkursionsführer 1981 mit Beiträgen von H. WILFINGER "Das Klima im Exkursionsraum", von E.H. WEISS "Zur Geologie und Hangmechanik des Raumes zwischen Döllach und Fallbichl (Glocknerstraße-Süd-Rampe) im oberen Mölltal" und "Zur Geologie des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes, Kärnten", von E. LICHTENEGGER "Höhenstufengliederung und Zusammensetzung der montanen und subalpinen Grünlandbestände; Beurteilung der Profilstandorte",

von L. KUTSCHERA "Tiefe der Bodendurchwurzelung in Abhängigkeit von Klima und Boden" von H. ROTH "Die Landwirtschaft des Exkursionsraumes", von O. NESTROY "Die Almen Österreichs und ihre wirtschaftliche Bedeutung", von M. EISENHUT "Profilbeschreibung der Bodenkartierung", von F. SOLAR "Zustandsbedingungen, Entwicklungszüge und Stoffumsatz alpiner Böden und Standorte. Standorte der Tauernhauptkammsüdrampe (Cockner-Sonnblick-Gruppe) und der Karnischen Alpen (Naßfeld)", von H.W. MÜLLER und W.E.H. BLUM "Pedogenetische Kennzeichnung der Exkursionsprofile mittels mineralogischer und bodenchemischer Kennwerte", von W. LOUB "Orientierende Mikrobiologische Charakterisierung der Bodenprofile der Exkursion 1981" sowie von F. SOLAR und E. LICHTENEGER "Ertragsbildung und Ertragsfaktoren in der alpinen Standortcatena, Möglichkeiten und Grenzen intensiver Grünlandwirtschaft".

Heft 23 der Mitteilungen der Ö.B.G. mit Beiträgen von F. SOLAR "In memoriam Julius Fink" und "In memoriam Bernhard Ramsauer". von J. GUSENLEITNER "Würdigung von Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Herwig Schiller", von H. SCHLEIFER "Direktor Dipl.-Ing. Dr. Franz Blümel zum 65. Geburtstag", von A. GESSL "Würdigung von Ministerialrat Dipl.-Ing. Adolf Stecker", von W.E.H. BLUM und M. SALI-BAZZE "Zur Entwicklung und Altersstellung von Böden der Donau- und Marchauen". von B. KLUG-PÜMPEL "Phytomasse und Primärproduktion alpiner Pflanzengesellschaften in den Hohen Tauern" sowie von F. STELZER "Bioklimatologie der Gebirge unter besonderer Berücksichtigung des Exkursionsraumes 1981".

Weiters sind in diesem Heft Kurzfassungen der Vorträge von A. STRITAR "Böden, Standorte und Landwirtschaftsräume Sloweniens" von H. WILFINGER "Klimatologische Charakteristik Sloweniens, insbesondere hinsichtlich des Hopfen- und Zuckerrübenanbaues", von J. GUSENLEITNER "Hopfenbau in Oberösterreich", von A. LOIDL "Hopfenbau in der Steiermark", von L. WIKLICKY "Standort- und Produktionsprobleme im Einzugsgebiet der Zuckerfabrik Ormož (Jugoslawien), von E. KLAGHOFER "Wasserhaushalt von Gebirgsstandorten", von E. HAINOLD "Stickstoffhaushalt von Gebirgs-

böden", von O. DANNEBERG "Humusdynamik von Gebirgsböden"
sowie von A. GESSL "Tätigkeitsbericht 1980" enthalten.

IV. Bericht des Schatzmeisters

Betr.: Kassenabschluß 1981

Aktiva per 1.1.1981:

Guthaben bei der PSK		7 478,28
" " " I.Österr.Sparkasse		106 287,95
Kassenstand (bar)		<u>2 698,06</u>
		116 464,29

Einnahmen 1981:

Mitgl.Beitrag Ordentl.Mitglieder	34 997,--	
" " Förd. "	15.500,--	50 497,--
Vorkauf von Mtt.Heften		1 113,40
Förderung Heft 1980 (Notring)		5 000,--
Einnahmen bei der Exkursion		25 400,--
Zinsen bei PSK und I.		<u>4 891,67</u>
	Summe Einnahmen	86 902,07

Ausgaben 1981:

Druckkosten Heft 1980		15 383,40
Vorträge: Zakosek	5 171,--	
Beer u. Weise	8 230,--	
Schwertmann	3 700,--	17 101,--
Symposion LINZ		9 657,90
Mitgl.Beitrag ISSS 1981		5 765,40
Exkursionskosten		26 250,--
Medaillen und Urkunden		21 900,80
Porti		6 441,50
Betriebsausgaben		<u>4 082,05</u>
	Summe Ausgaben	106 592,05

Einnahmen - Ausgaben = Geharungsabgang 1981 19 679,98

Aktiva per 31.12.1981:

Guthaben bei der PSK	9 837,86
" " " I.Österr.Sparkasse	84 704,64
Kassenstand (bar)	<u>2 241,81</u>
	96 784,31

Saldovergleich 1.1.1981 - 31.12.1981:

Gebarungsabgang 1981 19 679,98

Kassenführung überprüft und in Ordnung befunden:

Wien, am 1982 01 19

Dipl.-Ing. K. Fischer

Dr. A. Bernhauser

V. Tätigkeit des Vorstandes

26. Jänner 1981

Sitzung des gesamten Vorstandes, Besprechung über den Ablauf der Generalversammlung und das Programm 1981.

4. März 1981

Sitzung des geschäftsführenden Vorstandes, Besprechung über die Vereinstätigkeit, die Statutenänderung der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft, das Veranstaltungsprogramm und die Schaffung einer Ehrenmedaille.

3. Juni 1981

Sitzung des gesamten Vorstandes, Besprechung über die Ehrenmedaille (Entwurfbegutachtung, Entwurfauswahl und die Verleihung), über Kontakte zur Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft (Nominierung von Kontaktmännern) und das Herbstprogramm.

28. Oktober 1981

Sitzung des geschäftsführenden Vorstandes, Besprechung über

die Schriftleitung, das Veranstaltungsprogramm 1982 und die Form der Ehrenmedaille.

3. Dezember 1981

Sitzung des gesamten Vorstandes, Besprechung des Wahlvorschlages über die Zusammensetzung des Vorstandes für die kommende Geschäftsperiode, das Veranstaltungsprogramm 1982 und die Veröffentlichungen.

A. Geßl

Als neue Mitglieder können wir begrüßen

Dipl.-Ing. Karl F r e i t a g, Neubaugasse 23/1,
8230 Hartberg

Dipl.-Ing. Hans G s c h l i e s s e r, Herzog Sigmundstraße 7c
6176 Völs

Dr. Herbert H a g e r, Institut für Forstökologie der
Universität für Bodenkultur, Peter-Jordan-Straße 82, 1190 Wien

Dipl.-Ing. Franz K ö f e r, Pritschitzerweg 19, 9210 Pörtschach

Diretor Dipl.-Ing. Norbert L e d e r, Bundesanstalt für
Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1,
3252 Petzenkirchen

Dipl.-Ing. Alfred P e h a m b e r g e r, Im Gereute 32-34
1238 Wien

Ing. Alois S c h w e i g h o f e r, Krottendorfgasse 11,
8160 Weiz

Die Mitarbeiter dieses Heftes

Dipl.-Ing. Dr. Karl A i c h b e r g e r , Landwirtschaftlich-chemische Bundesversuchsanstalt Linz, Wieningerstraße 8, 4025 Linz

Prof. Dr. sc. agr. Karlheinz B e e r , Direktor des Instituts für Düngungsforschung Leipzig-Potsdam der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR

O. Univ.-Prof. Dr. Winfried E. H. B l u m , Institut für Bodenforschung und Baugeologie der Universität für Bodenkultur, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

Ministerialrat Dipl.-Ing. Alois G e ß l , Bundesministerium für Finanzen, Himmelpfortgasse 4-8, 1015 Wien

Dr. Josef G u s e n l e i t n e r , Landwirtschaftlich-chemische Bundesversuchsanstalt Linz, Wieningerstraße 8, 4025 Linz

Dipl.-Ing. Dr. Eduard K l a g h o f e r , Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, 3252 Petzenkirchen

Dipl.-Ing. Dr. Erwin L i c h t e n e g g e r , St.-Primus-Weg 64 H, 9020 Klagenfurt

Ing. Waltraud N i m m e r v o l l , Landwirtschaftlich-chemische Bundesversuchsanstalt Linz, Wieningerstraße 8, 4025 Linz

O. Univ.-Prof. Dr. Helmut R i e d l , Institut für Geographie der Universität Salzburg, Akademiestraße 20, 5020 Salzburg

Dipl.-Ing. Karl S c h n e t z i n g e r , Voidersdorf Nr. 35, 5580 Tamsweg

Univ.-Prof. Dr. Udo S c h w e r t m a n n , Institut für

Bodenkunde der Technischen Universität München, D-8050
Freising-Weihenstephan, BRD

Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Franz S o l a r , Institut für
Bodenforschung und Baugewologie der Universität für Boden-
kultur, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien

Zur allgemeinen Information erlauben wir uns, ein Schreiben, das Prof. N. W. Hudson an die Gesellschaft gerichtet hat, in der Übersetzung vorzulegen.

Betr.: Internationales Informationszentrum über Bodenerhaltung

Es ist geplant, ein Internationales Informationszentrum über Bodenerhaltung als ein unabhängiges, nicht auf Gewinn ausgerichtetes Organ zu errichten. Der Sitz wird am Institut für Technische Bodenkunde (NCAE) in Silsoe, Bedford sein.

Die Ziele dieses Zentrums sind:

- o Sammlung von Informationen über die Bodenerhaltung, entnommen der einschlägigen Literatur sowie aufgrund weltweiter Zusammenarbeit. Die Aussagen sollen EDV-gerecht aufgearbeitet werden.
- o Weitergabe von Informationen in Form von
 - periodisch erscheinenden Mitteilungen,
 - Berichte über den jeweils aktuellen Stand des Problemkreises Bodenerhaltung,
 - Möglichkeit des Bezugs von einschlägiger Literatur.

Dieses Zentrum soll durch ein Angebot von Ausbildungsmöglichkeit und durch einen Beratungsdienst eng mit dem Institut für Technische Bodenkunde zusammenarbeiten.

Interessenten werden eingeladen, sich über die Adresse ICSCI (International Centre for Soil Conservation Information), NCAE, Silsoe, Bedford, MK 45 4DT, UK in Verbindung zu setzen.

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 langjährigen 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 Hochalpenexkursion
- 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 niederösterreichischen 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, Meliorationsergebnisse und bodenwirtschaftliche Aspekte
- Heft 11* 1967, 88 Seiten
Messiner, H.: Pflanzenbauliche Beurteilung chemischer Bodenanalysen
Müller, H. J.: Der Wasserhaushalt eines Pseudogleys 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
Krapfenbauer, A.: Waldernährung und Problematik der Walddüngung
Glatzel, G.: Probleme der Beurteilung der Ernährungssituation von Fichte auf Dolomitm Böden
Symposion 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 Tschernosemtypus 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 Tonmineralogie in der baugelologischen Praxis
 Exkursion der ÖBG am 8. u. 9. 9. 1972 in den Pasterzehraum 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.: Oberflächenvergleyung 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 Trockengebietes in den Räumen Oberes Inntal 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 Nordburgenlandes
- 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 dränagierten Talböden
 Ornig, F.: Möglichkeiten der Schaden-Ersatz-Berechnung
 Stefanovits, O.: Umweltschutz im Spiegel der Bodenkunde
 Cerný, V.: Einfluß der Bodenbearbeitung auf Boden und Ertrag unter den Standortbedingungen in der ČSSR
- 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 in 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.: Direktor Dipl.-Ing. Dr. Franz Blümel zum 65. Geburtstag
 Geßl, A.: Würdigung von Ministerialrat Dipl.-Ing. Adolf Stecker
 Blum, W. E. H. und Sali-Bazze, M.: 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 Beese, F.: Bodenstruktur und Stoff-
 umsatz - Methodik der Erfassung bodenphysikali-
 scher Parameter
 Müller, W.: Bodenbeurteilung und Bodenmelioration
 vor dem Hintergrund moderner physikochemischer
 und bodenkundlicher Erkenntnisse
 Diskussion

1. Sonderheft der Mitteilungen der ÖBG (1978, 92 Seiten)
 Exkursionsführer Südöstliches Alpenvorland; Thema:
 Landformung und Bodenbildung auf den Talböden des
 südöstlichen Alpenvorlandes (Standorts- und Melio-
 rationsprobleme)
2. Sonderheft (1979, 126 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 Stand-
 orte in den Zentral- und Südalpen - Nutzungsprobleme
 des montanen und subalpinen Grünlandes

Die Hefte können zum Einzelpreis von S 100,- über die Öster-
 reichische Bodenkundliche Gesellschaft, Gregor-Mendel-Str. 33,
 1180 Wien, bezogen werden.

Redaktionsschluß für Heft 26:

22. April 1983

ANTHROPOGEN GESTEUERTE EROSIONS- UND DENUDATIONSFORMEN

im Bereich der Sameralm (Tennengebirge)

