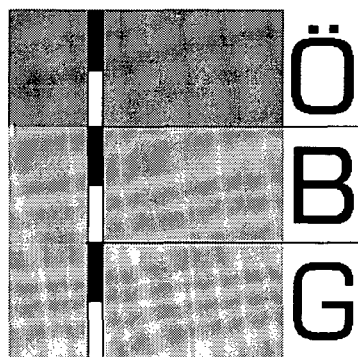


[illegible]

	Ö
	B
	G

Heft 61
Wien
2000

Mitteilungen
der
Österreichischen
Bodenkundlichen
Gesellschaft



Heft 61
Wien
2000

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

Schriftleitung und für den Inhalt verantwortlich:
O. Nestroy

Druck: Offsetschnelldruck Rieglernik Ges.m.b.H. 1080 Wien,
Piaristengasse 17-19

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur

ISSN 0029-893-X

Heft 61

Wien 2000

INHALTSVERZEICHNIS

Originalbeiträge:

E. KLAGHOFER: Nachruf für Hofrat Dipl.-Ing. Franz Blümel	5
O.H. DANNEBERG, P. NELHIEBEL, H. BRÜGGEMANN und H. POCK: Zusammenführung der BZI-Daten von Niederösterreich und Oberösterreich und Erstellung lithologischer und bodenkundlicher Zuordnungen für Oberösterreich.	7
O.H. DANNEBERG, L. STEINER, M. KÖCK, J. PISTOTNIK, W. KRAINER und H. POCK: Zusammenführung der BZI-Daten der Steiermark mit jenen von Oberösterreich, Niederösterreich und dem Burgenland	41
F. SCHWAB, O. STÖHR und W. STROBL: Bodenökologische Untersuchungen in drei subalpinen Pflanzengesellschaften des Untersberg bei Salzburg	93
H. KOLMER und O. NESTROY: Ergänzende tonmineralogische Untersuchungen am Lößaufschluß in Paks, Ungarn	109

Berichte:

O. NESTROY: Bericht über die Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (4. Bis 12. September 1999 in Hannover)	135
W. KILIAN und O. NESTROY: Kubiena-Gedächtnis Exkursion der ÖBG nach Andalusien	137

Buchbesprechungen	141
-------------------------	-----

Hinweise	147
----------------	-----

Nachruf



Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Franz Blümel, ehemaliger Direktor des Institutes für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in Petzenkirchen, ist am 4. Mai 2000 im 85. Lebensjahr verstorben.

HR Blümel war Gründungsmitglied der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft und war in verschiedenen Positionen des Vorstandes tätig.

Zuletzt war er von 1972 bis 1975 Präsident und von 1980 und 1981 Altpräsident. Im Jahre 1981 hat ihm die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft für seine Verdienste die Ehrenmedaille überreicht.

Seinen beruflichen Werdegang hat MR Schleifer zu seinem 65. Geburtstag im Heft 23 der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft gewürdigt. HR Blümel war von 1939 – 1946, mit kriegsbedingten Unterbrechungen, Assistent an der Lehrkanzel für Geologie und Bodenkunde der Universität für Bodenkultur in Wien bei Prof. Dr. Walter Kubiena, dissertierte 1947 über „Ursachen und Bekämpfung der Flugerdebildung im Südlichen Wiener Becken“ und leitete von 1962 bis zu seinem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst im Jahre 1981 die Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt in Petzenkirchen.

Auch nach dem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst blieb HR Blümel dem Fach Bodenkunde treu. So publizierte er gemeinsam mit F. Solar im Jahre 1986 das Buch aus dem Nachlaß von W. Kubiena über „Grundzüge der Geopedologie und der Formenwandel der Böden“.

Es dürfte sich auch der Wunsch von MR Schleifer erfüllt haben, der anlässlich des 65. Geburtstages von HR Blümel geschrieben hat: „Alle Freunde und Fachkollegen wünschen HR Direktor Blümel viel Freude an weiteren Arbeiten und die gleiche zähe Schaffenskraft zum Wohle der wissenschaftlichen und angewandten Bodenkunde“, denn im Jahre 1997 erschien eine von HR Blümel verfaßte Publikation mit dem Titel „Zum Problem der haftnassen Böden – Merkmale und Eigenschaften von Haft(nässepseudo)gleyen in hochalpinen Lage“.

Die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft dankt an dieser Stelle HR Blümel für die hervorragenden und unermüdlichen Arbeiten. Mit seiner Hilfe wurde unsere Gesellschaft gegründet und unsere Aufgabe ist es, mit demselben Enthusiasmus unserer Gründungsmitglieder für unsere Gesellschaft und das Fach Bodenkunde einzutreten.

E. Klaghofer
Altpräsident

ZUSAMMENFÜHRUNG DER BZI-DATEN VON NIEDER- ÖSTERREICH UND OBERÖSTERREICH UND ERSTELLUNG LITHOLOGISCHER UND BODENKUNDLICHER ZUORDNUNGEN FÜR OBERÖSTERREICH.

O.H. DANNEBERG^{a)}, P. NELHIEBEL^{a)}, H. BRÜGGEMANN^{b)} u. H. POCK^{a)}

^a Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Bodenwirtschaft,
Spargelfeldstraße 191, A-1226, Wien.

^b Geologische Bundesanstalt, Fachabteilung Rohstoffgeologie, Rasumofskygasse 23,
A-1031, Wien

1. Zusammenfassung, Summary

2. Einleitung und Zielsetzung

3. Datenlage

4. Verwendete Analysendaten, Arbeitsfile, statistische Methoden

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Bodenkundliche Gliederung Oberösterreichs und bodenkundliche Zusammenführung

5.2 Geologisch-lithologische Gliederung Oberösterreichs

5.3 Statistische Vergleiche und Zusammenführung der geologisch-lithologischen Einheiten

5.4 Die neu hinzugekommenen oberösterreichischen Einheiten

5.4.1 Kommentare zu den Einheiten

5.4.2 Statistischer Vergleich von Bodeneigenschaften

5.5 Bildung von Untereinheiten und Abschätzung der Flächenanteile

5.6 Zusammenfassende Diskussion, zukünftige Einbindung weiterer Bundesländer-BZI's und Umordnung der geologisch-lithologischen Einheiten.

6. Literatur

1. Zusammenfassung, Summary

Die BZI-Daten von Oberösterreich und Niederösterreich wurden in der gleichen Weise zusammengeführt, wie früher die Daten von Niederösterreich und dem Burgenland. Das gemeinsame bodenkundliche Einteilungsschema von Ober- und Niederösterreich sieht nun 33 Einheiten vor, gegenüber 32 für Niederösterreich und Burgenland; neu hinzu kam die Einheit Moor. Das gemeinsame geologisch-lithologische Schema sieht nun 38 Einheiten vor; hinzu kamen die Einheiten kalkhaltiges und kalkfreies Material der Endmoränen, Molasse/Hausruckschotter, Molasse/Schlier und Torf.

Eine Zusammenfassung der drei Bundesländer und die Bildung von Untereinheiten der Art „Bodentyp auf bodenbildendem Substrat“ zeigt die kalkfreien Felsbraunerden mit fast 20% der landwirtschaftlichen Nutzfläche an der Spitze, die am weitesten verbreitete Untereinheit sind die kalkfreien Felsbraunerden auf Graniten der Böhmisches Masse mit knapp unter 10%. Es folgen die Tschernoseme auf Löß mit fast 7% sowie die vergleyten kalkfreien Lockersediment - Braunerden auf „Deckenlehm“ mit etwa 4%.

Integration of results from soil quality network programs of Lower- and Upper Austria and construction of a soil typological and a lithological scheme of classification for Upper Austrian soils.

The results of the soil quality network programs from Lower- and Upper Austria were integrated in the same way as formerly the results from Lower Austria and the Burgenland. Schemes for classification of soils according to soil typology as well as according to lithology of soil forming material were constructed for Upper Austria. The integrated typological scheme now comprises 33 units, one more than before, which was bog. The integrated lithological scheme comprises 38 units, the new units being limecontaining and limefree moraine material, Hausruck-gravel, Schlier and peat.

Subunits of the kind „soil type on soil forming substratum“ were formed for all the three provinces. The most widely distributed subunits were Dystric Cambisols on Granites of the Bohemian Massiv, which occupie nearly 10% of the area under agricultural use. These were followed by Calcic Chernozems on Loess and by Dystric Cambisols (gleyic) on Pleistocene Loam with 7% and 4% respectively.

2. Einleitung und Zielsetzung

Die Bodenzustandsinventuren (BZI's) der österreichischen Bundesländer sind wertvolle Quellen der Information über Natur und Eigenschaften der Böden des jeweiligen Landes. Dies insbesondere dann, wenn die einzelnen Länder-BZI's zu gemeinsamer, bundesweiter Aussage zusammengeführt werden. Man kann dann in der Regel Aussagen gewinnen, die deutlich über die der landesweiten Erstauswertung hinausgehen.

So haben DANNEBERG et al. (1998) die BZI's von Niederösterreich und dem Burgenland zusammengeführt und insbesondere die bereits in den landesweiten Erstausswertungen (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1994; BUNDESAMT UND FORSCHUNGSZENTRUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, 1996) vorgesehenen bodenkundlichen und geologisch-lithologischen Einteilungsschemata zu gemeinsamen Schemata vereinigt, die den Kern von bundesweiten Einteilungsschemata bilden können. Eine Kombination der beiden Einteilungsprinzipien führte zu Untereinheiten der Art „Bodentyp auf bodenbildendem Substrat“, wobei die Flächenanteile dieser Untereinheiten an der landwirtschaftlichen Nutzfläche der beiden Länder abgeschätzt werden konnten.

In der vorliegenden Arbeit waren die bestehenden niederösterreichischen und burgenländischen Schemata um die BZI-Ergebnisse von Oberösterreich zu erweitern. Zu diesem Zweck waren die BZI's von Oberösterreich und Niederösterreich in der gleichen Weise zusammenzuführen, wie früher die von Niederösterreich und dem Burgenland.

In der Erstausswertung der BZI Oberösterreichs (BUNDESANSTALT FÜR AGRARBIOLOGIE, 1993) waren ebenfalls bereits bodenkundliche und geologisch-lithologische Einteilungen vorgenommen worden; sie wurden jedoch bei der Auswertung meist zu Landschaftseinheiten zusammengefaßt. Zur Anpassung an das niederösterreichisch-burgenländische Schema mußten die oberösterreichischen Zuordnungen durchwegs überprüft und teilweise neu gefaßt werden; in diesen Fällen konnten wir auf die für alle Rasterpunkte vorliegenden feldbodenkundlichen Beschreibungen zurückgreifen.

3. Datenlage

Aufgrund eines Auftrages der Oberösterreichischen Landesregierung an die Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftliches Versuchswesen Oberösterreichs wurden im Jahre 1990 die Arbeiten an der oberösterreichischen BZI begonnen. Die Erstausswertung wurde 1993 veröffentlicht (BUNDESANSTALT FÜR AGRARBIOLOGIE, 1993).

Die oberösterreichische BZI stützte sich, so wie die in Niederösterreich und im Burgenland, auf einen flächendeckenden Basisraster von Probenahmepunkten mit einem Abstand von 3,9 km. Dieser Raster war, so wie in Niederösterreich, im Verhältnis 1:1 durch einen Zusatzraster verdichtet. Allerdings konnten, wie bereits von DANNEBERG et al. (1997) ausgeführt, die Analysenwerte der Zusatzrasterpunkte nicht, wie vorgesehen, auf 0 – 20 cm umgerechnet werden, so daß die Zusatzrasterpunkte generell aus der Auswertung ausgeschlossen werden mußten. Zur Auswertung verblieben daher nur die 453 Basisrasterpunkte. Diese verteilten sich auf 233 Punkte unter Acker und 220 Punkte unter Grünland. Bei weiteren 4 Grünlandpunkten erwies sich die Auswertung ebenfalls als unmöglich. Somit beträgt der tatsächliche Umfang der Stichprobe Oberösterreichs 449 Rasterpunkte. Dem steht eine niederösterreichische Stich-

probe von doppelter Punktedichte und mit 1449 Rasterpunkten, wie bereits früher beschrieben, gegenüber.

4. Verwendete Analysendaten, Arbeitsfile, statistische Methoden

Ebenso wie bei der Zusammenführung von Niederösterreich und Burgenland wurden pH-Wert, Carbonatgehalt, Humusgehalt, Gehalt an Sand, Schluff und Ton, Summe austauschbare Kationen, Basensättigung, Sättigungen an Ca, Mg, K und Na, sowie die Gehalte von As, Cr, Cu, Ni und Zn in Königswasser zur weiteren Auswertung ausgewählt. Die Leitfähigkeit im Wasserauszug konnte nicht in die Auswertung einbezogen werden, da in Oberösterreich keine Werte dafür vorlagen.

Alle genannten Daten wurden – so wie bisher beschrieben – einheitlich für eine Tiefenstufe von 0 – 20cm entweder direkt aus den Datenbanken entnommen oder berechnet und in einem Arbeitsfile zusammengestellt. Die statistischen Methoden der Auswertung entsprachen völlig den bereits früher verwendeten (DANNEBERG et al., 1998).

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1. Bodenkundliche Gliederung Oberösterreichs und bodenkundliche Zusammenführung

Tabelle 1 gibt das Einteilungsschema der Bodenformengruppen für Oberösterreich wieder, es umfaßt 18 Einheiten. Die meisten davon entsprechen Einheiten, die auch in Niederösterreich

Tabelle 1: Bodenformengruppen von Oberösterreich

Nr	Bodenformengruppen von Oberösterreich	n
1	Moore und Anmoore	2
2	kh Auböden	13
3	kf Auböden	3
4	Gleye (vorwiegend kf)	24
5	Pseudogleye (einschl. Reliktpseudogleye)	47
6	kh Kulturrohböden, Rigolböden	3
7	kf Kulturrohböden, Rigolböden	9
8	Rendsinen, Pararendsinen	5
9	Ranker	2
10	kh Felsbraunerden (teilw. vergleyt)	7
11	kf Felsbraunerden (einschl. Braunlehm)	111
12	kf Felsbraunerden, vergleyt	14
13	kh Lockersediment - Braunerden	16
14	kf Lockersediment - Braunerden	72
15	kh Lockersediment - Braunerden, vergleyt	6

16	kf Lockersedimentbraunerden, vergleyt	103
17	Parabraunerden	10
18	Planieböden	2
	Summe	449

Anmerkung: kh: kalkhaltig kf: kalkfrei

vorkommen. Einige der oberösterreichischen Einheiten sind jedoch, da die Besetzung mit Rasterpunkten zu niedrig ist, zusammengefaßt und müssen bei einer Zusammenführung mit den entsprechenden niederösterreichischen Einheiten aufgeteilt werden. Es sind dies die Einheiten Nr. 1, 4, 5, 10 und 11; die Einheit 4 ist nach dem Kalkgehalt zu trennen, die Einheit 5 ist auf Pseudogleye und Relikt pseudogleye aufzuteilen, in der Einheit 10 sind vergleyte und nicht vergleyte Felsbraunerden zu trennen und in der Einheit 11 sind Felsbraunerden und Braunlehme zu unterscheiden; die Einheit 1 schließlich ist auf Anmoor und Moor aufzuteilen. Die Einheit Moor stellt die einzige neu hinzukommende Einheit des gemeinsamen Schemas dar. Sie umfaßt zwar vorläufig nur einen Punkt, doch darf erwartet werden, daß sich diese Zahl bei Einbeziehung weiterer Landes-BZI's noch erhöhen wird. Tabelle 2 zeigt das zusammengeführte Einteilungsschema mit nunmehr 33 Einheiten; die fehlenden Ziffern 7 – 9 betreffen die nur im Burgenland aufscheinenden salzbeeinflußten Böden.

Tabelle 2: Zusammenführung der Bodenformengruppen von Nieder- und Oberösterreich

Nr	Bodenformengruppen	n NÖ	Nr OÖ	n OÖ	n ges
1	kh Auböden	45	2	13	58
2	kf Auböden	5	3	3	8
3	kh Gleye	17	T(4)	1	18
4	kf Gleye	47	T(4)	23	70
5	Pseudogleye	99	T(5)	46	145
6	Relikt pseudogleye	40	T(5)	1	41
10	Anmoore	9	T(1)	1	10
11	kh Kulturrohböden, Rigolböden	66	6	3	69
12	kf Kulturrohböden, Rigolböden	2	7	9	11
13	Tschernoseme, Braune Tschernoseme	299			299
14	Paratschernoseme	22			22
15	kh Feuchtschwarzerden	69			69
16	kf Feuchtschwarzerden	7			7
17	Rendsinen, Pararendsinen	32	8	5	37
18	Ranker	11	9	2	13
19	kh Felsbraunerden	41	T(10)	5	46
20	kf Felsbraunerden	288	T(11)	110	398
21	kh Felsbraunerden, vergleyt	6	T(10)	2	8
22	kf Felsbraunerden, vergleyt	32	12	14	46
23	kh Lockersediment - Braunerden	98	13	16	114

24	kf Lockersediment - Braunerden	40	14	72	112
25	kh Lockersediment - Braunerden, vergleyt	15	15	6	21
26	kf Lockersediment - Braunerden, vergleyt	45	16	103	148
27	Parabraunerden	13	17	10	23
28	Braunlehme, Reliktböden	30	T(11)	1	31
29	kh Kolluvien	47			47
30	kh Kolluvien, vergleyt	11			11
31	Planieböden	5	18	2	7
32	Untypische Böden	8			8
33	Moor		T(1)	1	1
	Summe OÖ / Summe gesamt			449	1898

Anmerkung: T(): Teilmenge von Bodenformnummer ()

5.2. Geologisch-lithologische Gliederung Oberösterreichs

Die geologisch-lithologische Gliederung Oberösterreichs wird in Tabelle 3 dargestellt; das Schema umfaßt 21 Einheiten. Die meisten dieser Einheiten sind bereits im Raum Niederösterreich und Burgenland vertreten. Neu hinzugekommen sind die Einheiten Nr. 2 Torf, 10 und 11 Moränenmaterial, 12 Deckenschotter, 14 Hausruckschotter und 15 Molasse/Schlier. Einige Einheiten, zB Nr. 8 Löß und sonstiges eiszeitliches Material, stellen zusammengefaßte Einheiten dar und sind bei der Zusammenführung aufzuteilen.

Tabelle 3: Geologisch-lithologische Gliederung Oberösterreichs

Nr	geologisch-lithologische Einheit	n
1	Planiematerial	1
2	Torf	1
3	kf Krumen- und Kolluvialmaterial	17
4	kh jüngeres Schwemmaterial	13
5	kf jüngeres Schwemmaterial	17
6	kh älteres Schwemmaterial	12
7	kf älteres Schwemmaterial	26
8	Löß u. sonstiges eiszeitliches Material (kh)	7
9	kf eiszeitliches Material	18
10	kh Moränenmaterial	11
11	kf Moränenmaterial	41
12	kf Deckenschotter	2
13	kf „Deckenlehm“	89
14	kf Hausruckschotter	7
15	Molasse/Schlier	37
16	verschiedene kf Tertiärmaterialien	2

17	Flysch (vorwiegend kf)	18
18	kh Material der Nördlichen Kalkalpen	9
19	kf Material der Nördlichen Kalkalpen	2
20	Schiefer und Gneise der Böhmisches Masse	30
21	Granite der Böhmisches Masse	89
	Summe	449

Anmerkung: kh: kalkhaltig kf: kalkfrei

5.3. Statistische Vergleiche und Zusammenführung der geologisch-lithologischen Einheiten

Zum Vergleich der Einheiten und zur Prüfung ihrer Gleichartigkeit oder ihrer Unterschiede wurden zwei Serien von Diskriminanzanalysen (DA's) gerechnet. Ihre Ergebnisse sind in den Tabellen 4 und 5 zusammengestellt. Als unabhängige Variable dienten alle vorliegenden Analysendaten.

Die 1. Serie von DA's (Tabelle 4) untersucht jene Einheiten, die vorläufig in Oberösterreich alleine aufgestellt wurden und die noch kein Gegenstück in Niederösterreich und Burgenland haben. Es sind dies die Einheiten Nr. 10 und 11 Moränenmaterial, 12 Deckenschotter, 14 Hausruckschotter, 15 Schlier und 18 kalkhaltiger Hangschutt. Dieser letztere, im Landesschema von Tabelle 3 bereits zur Einheit kalkhaltiges Material der Nördlichen Kalkalpen geschlagen, wird hier rechnerisch noch als eigene Einheit behandelt. Ebenso wird die Einheit Nr. 15, Schlier, rechnerisch noch in eine kalkfreie und in eine kalkhaltige Einheit getrennt. Diese oberösterreichischen Einheiten werden mit jenen Einheiten aus Niederösterreich verglichen, mit denen sie allenfalls vereinigt werden könnten.

Kalkhaltiges Moränenmaterial ist nach DA 1 und DA 2 von kalkhaltigem Material der Nördlichen Kalkalpen und von kalkhaltigem Flysch nicht verschieden; dagegen ist es nach DA 3 von kalkhaltigem sonstigem eiszeitlichem Material deutlich unterscheidbar. Kalkfreies Moränenmaterial ist nicht verschieden von kalkfreiem sonstigem eiszeitlichem Material (DA 5) und von Material der Grauwackenzone (DA 7), dagegen verschieden von kalkfreiem Material der Nördlichen Kalkalpen (DA 4) und von kalkfreiem Flysch (DA 6).

Kalkfreie Deckenschotter sind von Hausruckschottern deutlich unterscheidbar (DA 8), dagegen nicht verschieden von „Deckenlehm“ (DA 9) und von kalkfreiem sonstigem eiszeitlichem Material (DA 10). Kalkfreier Schlier ist nach DA 11 verschieden von kalkfreier Molasse, kalkhaltiger Schlier dagegen von kalkhaltiger Molasse nicht unterscheidbar (DA 12). Kalkhaltiger Hangschutt schließlich ist nach den DA's 13 und 14 nicht unterscheidbar von kalkhaltigem Material der Nördlichen Kalkalpen und von kalkhaltigem Flysch.

Als Konsequenz dieser 1. Serie von DA's wird vorläufig nur der kalkhaltige Hangschutt zur Einheit kalkhaltiges Material der Nördlichen Kalkalpen geschlagen, so wie dies auch schon im oberösterreichischen Landesschema geschehen war. Die Einheiten

Moränenmaterial (kalkhaltig und kalkfrei), Deckenschotter, Hausruckschotter und Schlier bleiben vorläufig bestehen.

In einer 2. Serie von DA's, zusammengestellt in Tabelle 5, werden die aus oberösterreichischen und niederösterreichischen Anteilen zusammengesetzten Einheiten auf ihre Homogenität geprüft; es wird festgestellt, ob allenfalls oberösterreichische Sondereinheiten zu benennen wären.

Zunächst bezeichnen Eigenwerte unter 1 sicher Einheiten, die nicht verschieden sind und zusammengelen werden müssen. Dies ist der Fall bei den DA's Nr. 3, 5 und 9. Sodann werden jene Einheiten, die in Oberösterreich nur mit einem Punkt vertreten sind, ebenfalls zusammenzuziehen sein; dies ist der Fall bei den DA's Nr. 1, 7, 11, 12 und 13. Bei drei weiteren Einheiten, behandelt in den DA's Nr. 2, 4 und 6, ist von vornherein eine höhere Inhomogenität zu erwarten, so daß Eigenwerte über 1, aber unter 2, ebenfalls als nicht ausreichend für die Benennung einer Sondereinheit angesehen werden können.

Tabelle 4: 1. Serie von DA's

Nr. DA	BULIT	Bezeichnung	n NÖ	n OÖ	n	Eigenwert	Wilks-L	diskriminierende Variable
1	41/24	kh Moränenmat./kh Material der Nördlichen Kalkalpen	25	11	36	0,695	0,59	Sand, Ni
2	41/22	kh Moränenmat./kh Flysch	10	11	21	0,877	0,533	K-Sättigung, Ton
3	41/9	kh Moräne/kh Quartär	35	11	46	6,53	0,133	Humus, Zn, Ni, As, Cr, Mg-Sättigung
4	34/25	kf Moränenmat./kf Material der Nördlichen Kalkalpen	11	41	52	1,066	0,484	Ca-Sättigung, As, Cr, K-Sättigung, Zn
5	34/10	kf Moräne/kf Quartär	40	41	81	0,5	0,667	Zn, As
6	34/23	kf Moränenmaterial/kf Flysch	86	41	127	1,073	0,482	Schluff, As, Ni, Carbonat, Summe-Kat., Zn, V-Wert, Humus
7	34/26	kf Moränenmat./Mat d. Grauw. a.	1	41	42	0,43	0,699	Sand, Na-Sättigung
8	35/36	kf Deckenscho./kf Hausruckscho.	2	7	9	40,25	0,024	Schluff, Zn, Mg-Sättigung, pH
9	35/14	kf Deckenscho./Deckenlehm	144	2	146	0,26	0,794	V-Wert, Humus, Zn
10	35/10	kf Deckenschotte/kf Quartär	40	2	42	0,349	0,741	V-Wert
11	37/17	kf Schlier/kf Molasse	29	35	64	3,774	0,203	As, Humus, Zn, Ni, V-Wert
12	42/16	kh Schlier/kh Molasse	44	2	46	0,556	0,643	As, Ni, Cr
13	39/24	kh Hangschutt/kh Material der Nördlichen Kalkalpen	25	1	26	-	-	
14	39/22	kh Hangschutt/kh Flysch	10	1	11	-	-	

Tabelle 5: 2. Serie von DA's

Nr. DA	BULIT	Bezeichnung	n NÖ	nÖ	n	Eigenwert	Wilks-L	diskriminierende Variable
1	1	Planieaterial	2	1	3	106	0,009	Cr
2	3	kf Krumen- u. Kolluvialmat.	7	17	24	1,549	0,392	As
3	4	kh jüng. Schwemmaterial	81	13	94	0,654	0,605	Cr, Ni, Ton, As, Humus
4	5	kf jüng. Schwemmaterial	28	17	45	1,697	0,371	Carbonat, As, Schluff, Zn
5	6	kh alt. Schwemmaterial	129	12	141	0,646	0,607	Zn, Humus, Carbonat, Cr, Schluff, Summe-Kat., Cu
6	7	kf alt. Schwemmaterial	19	26	45	1,745	0,364	Humus Schluff, As, Na-Sättigung, Summe-Kat.
7	9	kh sonst. eiszeitl. Material	34	1	35	-	-	-
8	10	kf sonst. eiszeitl. Material	22	18	40	7,033	0,124	As, Humus, V-Wert, Ni, Ton
9	13	Löß	246	6	252	0,493	0,67	As, Schluff, Humus, Summe-Kat., Ni, Na-Sättigung, Cr
10	14	"Deckenlehm"	55	89	144	2,274	0,305	As, Ni, Ton, Mg-Sättigung, Na-Sättigung, Zn, Humus
11	15	Alte Verwitterungsdecke	36	1	37	1,022	0,495	Humus
12	19	sonst. kf Tertiärsedimente	18	1	19	2,589	0,279	Humus, K-Sättigung
13	22	kh Flysch	9	1	10	322,3	0,003	Ni, Humus, Na-Sättigung, K-Sättigung, Cr
14	23	kf Flysch	69	17	86	2,662	0,273	As, Ni, Carbonat, Humus
15	24	kh Mat. d. Nördl. Kalkalpen	17	8	25	5,359	0,157	Zn, As, Mg-Sättigung, Ni, Cr
16	25	kf Mat. d. Nördl. Kalkalpen	9	2	11	35,72	0,027	Carbonat, K-Sättigung, Humus
17	31	Schiefer, Gneise der Böh-mischen Masse	74	30	104	2,19	0,313	Carbonat, Humus, As, Ton, Summe-Kat., V-Wert
18	32	Granite der Böhmschen Masse	68	88	156	3,231	0,236	As, Cu, Ton, V-Wert, Cr, Schluff

Somit wäre die Bildung von Sondereinheiten für

- Kalkfreies sonstiges eiszeitliches Material (DA 8)
- „Deckenlehm“ (DA 10)
- Kalkfreien Flysch (DA 14)
- Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Nördlichen Kalkalpen (DA 15 und 16)
- Schiefer und Gneise der Böhmisches Masse (DA 17) und
- Granite der Böhmisches Masse (DA 18)

zunächst einmal zur Diskussion zu stellen.

Tabelle 6: Zusammenführung der geologisch-lithologischen Einheiten von Nieder- und Oberösterreich

Nr.	Geologisch-lithologische Einheit	n NÖ	n OÖ	n Su.
1	Planiematerial	2	1	3
2	kh Krümen- u. Kolluvialmaterial	51		51
3	kf Krümen- u. Kolluvialmaterial	9	17	26
4	kh jüngeres Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	103	13	116
5	kf jüngeres Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	37	17	54
36	kf Molasse/Hausruckschotter		7	7
6	kh älteres Schwemmaterial (eiszeitlich)	149	12	161
7	kf älteres Schwemmaterial (eiszeitlich)	19	26	45
8	reliktes Bodenmaterial	10		10
9	kh sonstiges, eiszeitliches Material	48	1	49
10	kf sonstiges, eiszeitliches Material	23	20	43
13	Löß (kh)	271	6	277
14	"Deckenlehm" (kf)	58	89	147
39	kh Material der Endmoränen		11	11
34	kf Material der Endmoränen		41	41
15	alte Verwitterungsdecke im Kristallin	44	1	45
16	kh Molasse (vorw. sandig-kiesige Sedimente)	48		48
17	kf Molasse (vorw. sandig-kiesige Sedimente)	25		25
37	Molasse/Schlier (vorw. schluffig-feinsandige Mergel)	6	37	43
18	sonstige kh Tertiärsedimente	40		40
19	sonstige kf Tertiärsedimente	20	1	21
21	Waschbergzone	9		9
22	kh Flysch	14	1	15
23	kf Flysch	82	17	99
24	kh Material d. Nördlichen Kalkalpen	53	9	62
25	kf Material d. Nördlichen Kalkalpen	30	2	32
26	Material d. Grauwackenzone	4		4
27	Material d. Grobgneis-Wechselserie	47		47
28	Material d. Rechnitzer Einheit	1		1

29	Granulit d. Böhmischen Masse	7		7
30	Rastenberger Granodiorit	8		8
31	Schiefer, Gneise u. Marmore d. Böhmischen Masse	104	30	134
32	Granite d. Böhmischen Masse	113	89	202
33	Ultrabasite d. Böhmischen Masse	14		14
40	Torf		1	1
	Summe	1449	449	1898

In allen oben genannten Fällen wurde jedoch aufgrund des Fehlens einer ausreichenden feldbodenkundlichen Ansprechbarkeit auf die Bildung von Sondereinheiten verzichtet. Die oberösterreichischen Anteile wurden jeweils einer geeigneten, bereits bestehenden Haupteinheit zugeschlagen.

Kalkfreies sonstiges eiszeitliches Material wurde der gleichbezeichneten Einheit Nr. 10 zugeordnet. Ebenso kam der **kalkfreie Deckenschotter** zu dieser Einheit. „**Deckenlehm**“ wurde der gleichnamigen Einheit Nr. 14 zugeschlagen. **Kalkfreien Flysch** ordneten wir der Einheit Nr. 23 gleichen Namens zu. **Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Nördlichen Kalkalpen** wurde den gleichbezeichneten Haupteinheiten Nr. 24 und 25 zugeschlagen. **Schiefer und Gneise der Böhmischen Masse** kamen zur Haupteinheit Nr. 31 gleichen Namens. **Granite der Böhmischen Masse** schließlich ordneten wir der gleichbezeichneten Einheit Nr. 32 zu.

Die Einheit **Schlier** wurde aufrecht erhalten und unter der Bezeichnung **Molasse/Schlier** von den Einheiten Nr. 16 und 17, Molasse, unterschieden. 6 bisher zur Molasse gezählte Probenahmepunkte im Westen Niederösterreichs wurden nun der Einheit Molasse/Schlier zugeschlagen. Da Schlier mindestens in den tieferen Schichten in der Regel Kalk enthält, aber die Böden fast immer im gesamten Profil entkalkt sind, wurden auch die beiden bisherigen Einheiten, kalkhaltiger und kalkfreier Schlier, zu einer Einheit zusammengefaßt.

Tabelle 6 stellt das neue Einteilungsschema zusammen; es weist nun 38 Einheiten auf.

5.4. Die neu hinzugekommenen oberösterreichischen Einheiten

Das in Tabelle 6 dargestellte, neue Einteilungsschema weist aufgrund der Einbeziehung Oberösterreichs gegenüber dem niederösterreichisch-burgenländischen Schema die folgenden, neu hinzugekommenen Einheiten auf; das Moränenmaterial und die Sedimente der Molassezone erhalten dabei neue Bezeichnungen (siehe auch Tabelle 20):

- Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Endmoränen
- Molasse/Hausruckschotter
- Molasse/Schlier und
- Torf.

5.4.1 Kommentare zu den Einheiten

5.4.1.1 Material der Endmoränen

Die altpleistozänen Endmoränen treten in der Landschaft kaum hervor, da sich die vorstoßenden Gletscherzungen in das flache Vorland der oberpliozänen Verebnungen weit ausbreiten konnten. Außerdem sind die Oberflächenformen infolge stattgefundener Verwitterung und Abtragung stark verwischt.

Die Mindelmoränen bzw. deren Endmoränenwälle sind im allgemeinen noch gut erhalten. Sie befinden sich außerhalb der Reißendmoränen, da sie weiter als diese in das Vorland vorgeschoben sind, und ihre breiten Hügelkränze ragen infolge Landhebung und Erosion über die Verebnungen der jüngeren Deckenschotter hinaus. Das oft mit Lehm überdeckte Moränenmaterial besteht aus stark angewitterten oder oft schon zersetzten Kalkgeröllen. Zumeist herrscht eine starke Flyschkomponente vor, wobei Sandsteine und Tonmergel bzw. die ehemaligen Böden der Flyschzone durch eiszeitliche Erosion aufgearbeitet wurden.

Das Material der bodenkundlich zu unterscheidenden, meist feinkörnigeren Grundmoräne wird bei der Besprechung anderer Bundesländer Erwähnung finden. (JANIK, 1971, pag. 12). Dieser Unterscheidung wegen wird die vorliegende Einheit schon jetzt als Material der Endmoränen bezeichnet.

Die dominierende Bodenform auf dieser Einheit ist die Lockersediment - Braunerde (meist kalkfrei und oft vergleht).

5.4.1.2 Molasse/Hausruckschotter

Die Obere Süßwassermolasse umfaßt in der oberösterreichischen Molassezone einen 70 km langen Streifen aus einer Kohlentonserie im Liegenden und dem Hausruck- (Kobernaußerwald-) Schotter im Hangenden, der von der bayerischen Grenze über den Kobernaußerwald zum Hausruck reicht.

Diese pontischen Schotter bilden als eine teilweise zu Konglomeraten verkittete, stellenweise über 200 m mächtige Schotterplatte sämtliche höheren Erhebungen im Hausruck. Petrographisch herrschen in den oft schräg geschichteten grauen Schottern Quarze vor, daneben sind verschiedene Gneise und Gerölle aus den Zentralalpen und der Grauwackenzone vorhanden, sodaß ihre Schüttung von den Flüssen Salzach und Inn deutbar ist.

Das Fehlen von Kalkgeröllen kann entweder durch stattgefundene Verwitterung oder durch das geringe Einschneiden der Flüsse in die zur damaligen Zeit noch wenig gehobenen Kalkalpen erklärt werden. (TOLLMANN, 1985 pag. 453 ff; JANIK, 1971, pag.13).

In dieser Einheit kommen fast ausschließlich kalkfreie Lockersedimentbraunerden (zum Teil pseudovergleyt) vor.

5.4.1.3 Molasse/Schlier

Bei diesem Lokalbegriff (MURAWSKI, 1972, pag. 20) handelt es sich um teilweise entkalkte, meist dunkel- bis mittelgraue, feinschichtige, sandige Mergel mit Feinsandlagen innerhalb der marinen Beckenfazies der randfernen Bereiche des Molassetroges.

Als Beispiele seien erwähnt der Braunauer Schlier, ein gut geschichtetes, graugrünes Tonmergelpaket mit dazwischen liegenden glimmerigen – glaukonitischen Feinsanden, der Rotalien-Schlier (Rieder Schichten), ein Schichtkomplex aus grünlich-grauem Tonmergel mit schmalen, glimmerigen Feinsandlagen, der Robulus-Schlier (Ottninger Schichten), feingeschichtete Tonmergel mit Molluskenfauna und der Haller Schlier (burdigale Tonmergel), der eine weitausgedehnte Küstensenkung und, damit verbunden, eine Meerestransgression erkennen läßt, wobei feinsandiger Tonmergel bis zu einer Mächtigkeit von 800 m (Bad Hall) abgelagert wurde.

Zum Schlier sind auch noch verschiedene Sandpakete zu zählen. Erwähnenswert sind die Atzbacher – (fein- bis mittelkörnige Quarzsande mit dünnen Tonmergellagen), die Mehrnbacher – und die Treubacher Sande (glaukonitische Sande, die den Braunauer Schlier umschließen). (OBERHAUSER, 1980, pag. 159 ff; JANIK, 1971, pag. 14 f).

In dieser Einheit kommen vor allem kalkfreie Lockersedimentbraunerden sowie Pseudogleye vor.

Die von DANNEBERG et al. (1998) kurz kommentierten Molassesedimente werden demnach in die Einheiten kh und kf Molasse und Molasse/Schlier aufgeteilt. In den Einheiten kh und kf Molasse verbleiben vorwiegend sandig-kiesige Sedimente.

5.4.1.4 Torf

Es handelt sich um rezent, überwiegend organisches Material, das durch Anhäufung unvollständig zersetzter Pflanzen und Pflanzenteile im wasserübersättigten Milieu entstanden ist. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Arten von Torf, nämlich **Niedermoortorf** (Flachmoor-) und **Hochmoortorf**.

Niedermoortorf besteht aus abgestorbenen, meist wenig zersetzten Pflanzenresten (vor allem Schilf, Rohrkolben oder Seggen), vermischt mit amorphen Humusteilen und mineralischem Material. Er ist verhältnismäßig mineralstoffreich und oft kalkhaltig.

Hochmoortorf ist ein aus Resten von Hochmoorpflanzen (Torfmoos, Wollgras, Sonnentau) aufgebautes, rein organisches Material, das sehr nährstoffarm und sauer ist. (FINK, 1968; BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1967).

Vorläufig wurde erst eine Beprobungsfläche in Oberösterreich dem Substrat Torf und dem Bodentyp Moor zugeordnet.

5.4.2 Statistischer Vergleich der Bodeneigenschaften

5.4.2.1 Molasse/Hausruckschotter und Molasse/Schlier

Die Böden auf Molasse/Hausruckschotter und auf Molasse/Schlier werden in den Abbildungen 1 – 4 sowohl untereinander, als auch mit den Böden auf anderen Tertiäreinheiten verglichen. Signifikante Unterschiede zeigen der pH-Wert (Abb. 1), der Tongehalt (Abb. 2), die Summe der austauschbaren Kationen (Abb. 3) und der Chromgehalt (Abb. 4). Alle Abbildungen zeigen Boxplots; sie sind von Darstellungen des Paarvergleiches nach dem MANN-WHITNEY-Test begleitet.

Böden auf Molasse/Hausruckschotter zeigen die niedersten pH-Werte, eher niedrige Tongehalte und Kationensummen und ebenfalls eher niedrige Chromgehalte.

Böden auf Molasse/Schlier besitzen mittlere pH-Werte, mittlere Tongehalte und Kationensummen und auch mittlere Chromgehalte.

5.4.2.2 Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Endmoränen

In den Abbildungen 5 – 8 werden Eigenschaften von Böden auf kalkhaltigem Material der Endmoränen mit denen von Böden auf kalkhaltigem älterem Schwemmaterial, auf kalkhaltigem sonstigem eiszeitlichem Material, auf kalkhaltigem Flysch und auf kalkhaltigem Material der Nördlichen Kalkalpen verglichen. Signifikante Unterschiede ergeben sich beim Schluffgehalt (Abb. 5), beim Tongehalt (Abb. 6) sowie bei den Gehalten an Arsen (Abb. 7) und Zink (Abb. 8).

Böden auf kalkhaltigem Material der Endmoränen zeigen die niedersten Tongehalte und relativ hohe Schluffgehalte, ihr Arsengehalt ist niedrig und ihr Zinkgehalt hoch.

Die Abbildungen 9 – 12 vergleichen die kalkfreien Einheiten derselben Ausgangsmaterialien miteinander. Signifikante Unterschiede zeigen der Humusgehalt (Abb. 9), der Tongehalt (Abb. 10), die Basensättigung (Abb. 11) und der Nickelgehalt (Abb. 12).

Die Böden auf kalkfreiem Material der Endmoränen zeigen einen mittleren Humusgehalt und einen eher niedrigen Tongehalt, eine hohe Basensättigung und einen mittleren Nickelgehalt.

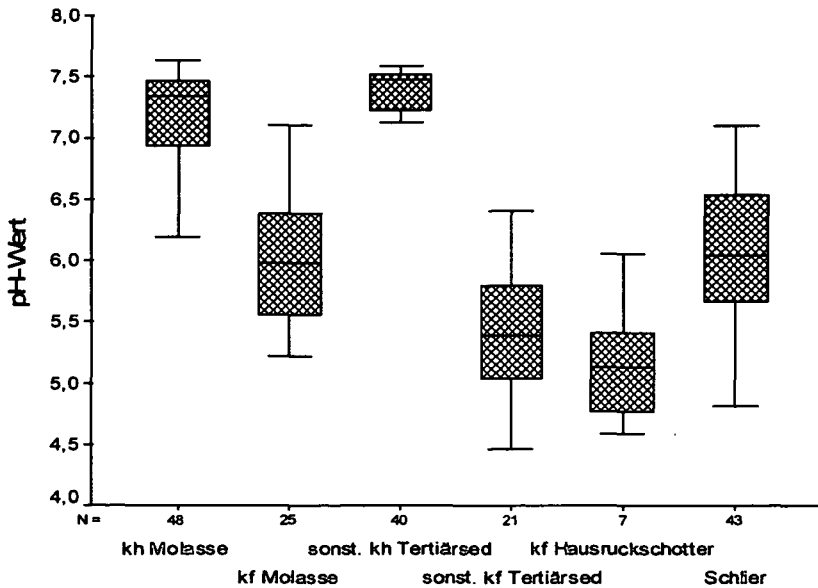


Abbildung 1: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) der Böden auf Tertiär-Einheiten; pH-Wert.

Tabelle 7: Signifikanzprüfung zu Abbildung 1

pH-Wert	Med.							
Hausruckschotter	5,13	36	36					
kf sonst. Tertiärsediment	5,93	19		19				
kf Molasse	5,98	17	*	*	17			
Molasse/Schlier	6,05	37	*	*		37		
kh Molasse	7,35	16	*	*	*	*	16	
kh sonst. Tertiärsediment	7,48	18	*	*	*	*	*	18

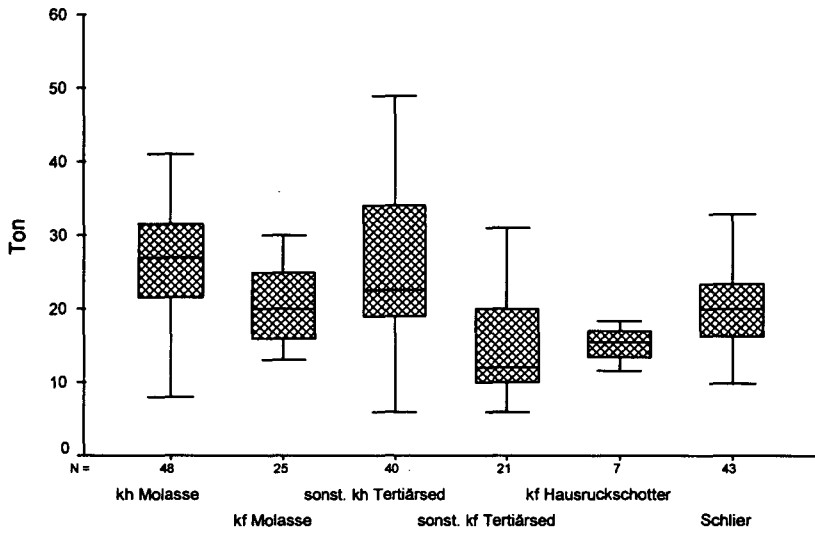


Abbildung 2: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) der Böden auf Tertiär-Einheiten; Tongehalt.

Tabelle 8: Signifikanzprüfung zu Abbildung 2

Ton	Med.							
kf sonst. Tertiärsediment	12	19	19					
Hausruckschotter	15,4	36		36				
kf Molasse	20	17	*	*	17			
Molasse/Schlier	20	37	*	*		37		
kh sonst. Tertiärsediment	22,5	18	*	*		*	18	
kh Molasse	27	16	*	*	*	*		16

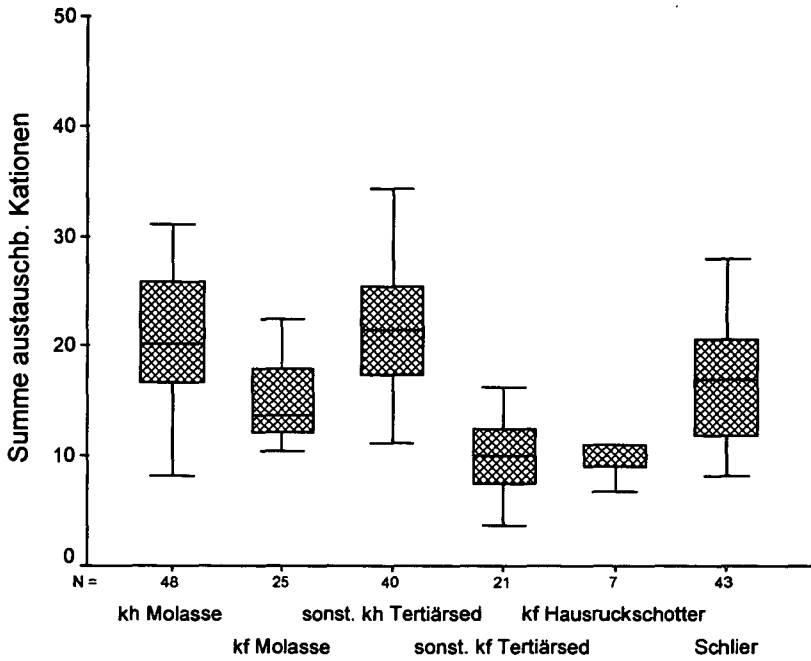


Abbildung 3: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) der Böden auf Tertiär-Einheiten; Summe Kationen.

Tabelle 9: Signifikanzprüfung zu Abbildung 3

Summe Kationen	Med.							
kf sonst. Tertiärsediment	10,08	19	19					
Hausruckschotter	11,04	36		36				
kf Molasse	13,75	17	*	*	17			
Molasse/Schlier	16,94	37	*	*		37		
kh Molasse	20,17	16	*	*	*	*	16	
kh sonst. Tertiärsediment	21,4	18	*	*	*	*		18

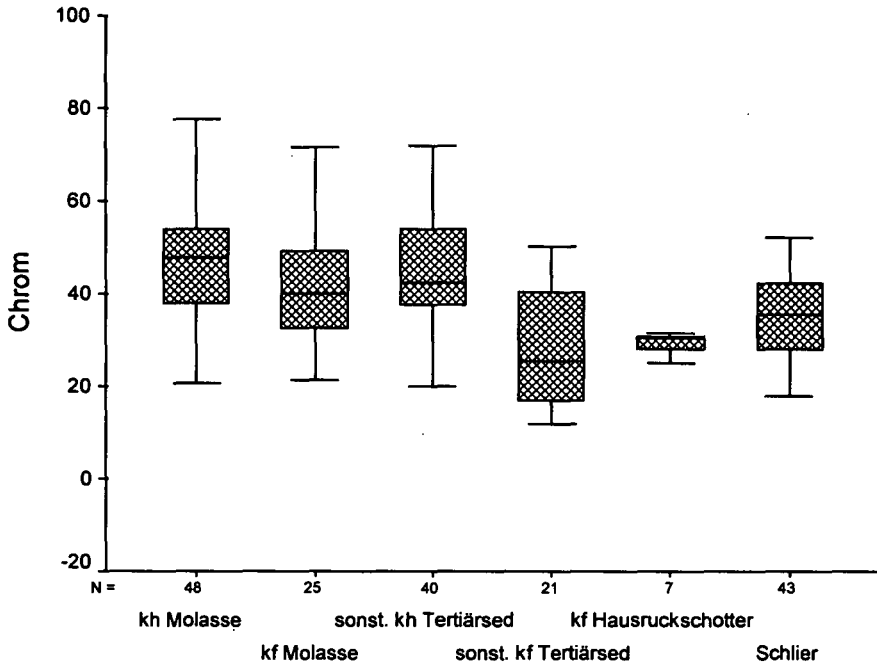


Abbildung 4: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) der Böden auf Tertiär-Einheiten; Chrom.

Tabelle 10: Signifikanzprüfung zu Abbildung 4

Chrom	Med.							
kf sonst. Tertiärsediment	25,5	19	19					
Hausruckschotter	30,4	36		36				
Molasse/Schlier	35,7	37	*		37			
kf Molasse	39,97	17	*	*	*	17		
kh sonst. Tertiärsediment	42,35	18	*	*	*		18	
kh Molasse	47,75	16	*	*	*			16

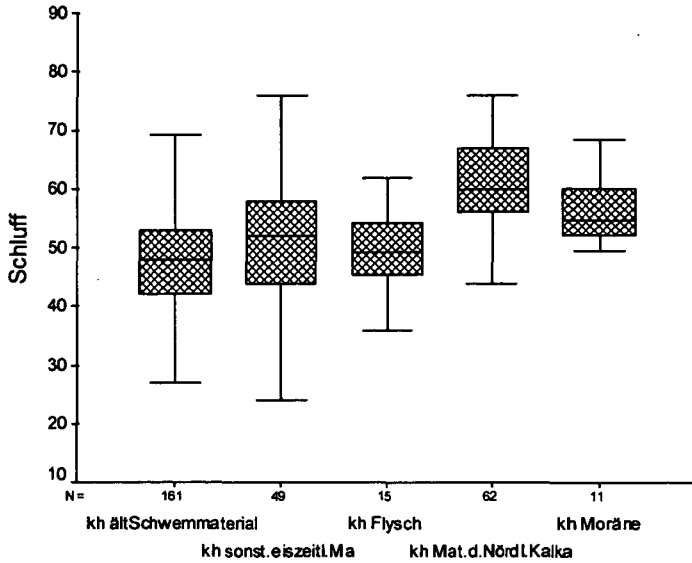


Abbildung 5: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) von kh Material der Endmoränen mit älterem Schwemmaterial, sonstigem eiszeitlichem Material, Flysch und Material der Nördlichen Kalkalpen; Schluffgehalt

Tabelle 11: Signifikanzprüfung zu Abbildung 5

Schluff	Med.						
kh älteres Schwemmaterial	48	6	6				
kh Flysch	49,3	22		22			
kh sonst. eiszeitl. Material	52	9	*		9		
kh Moränenmaterial	54,7	39	*	*		39	
kh Material der Nördlichen Kalkalpen	59,9	24	*	*	*		24

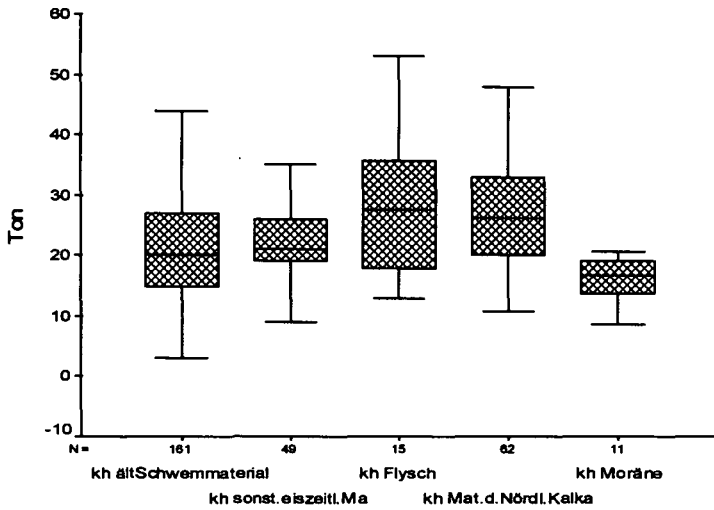


Abbildung 6: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) von kh Material der Endmoränen mit älterem Schwemmmaterial, sonstigem eiszeitlichem Material, Flysch und Material der Nördlichen Kalkalpen; Tongehalt

Tabelle 12: Signifikanzprüfung zu Abbildung 6

Ton	Med.						
kh Moränenmaterial	16,6	39	39				
kh älteres Schwemmmaterial	20	6		6			
kh sonst. eiszeitl. Material	21	9	*		9		
kh Material der Nördlichen kalkalpen	26,3	24	*	*	*	24	
kh Flysch	27,5	22	*				22

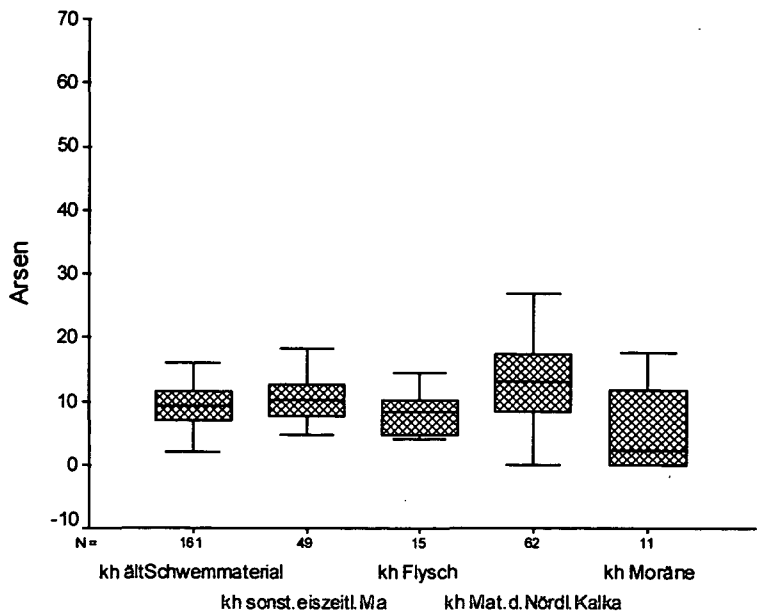


Abbildung 7: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) von kh Material der Endmoränen mit älterem Schwemmaterial, sonstigem eiszeitlichem Material, Flysch und Material der Nördlichen Kalkalpen; Arsengehalt

Tabelle 13: Signifikanzprüfung zu Abbildung 7

Arsen	Med.						
kh Moränenmaterial	2,17	39	39				
kh Flysch	8,2	22		22			
kh älteres Schwemmareial	9,2	6	*		6		
kh sonst. eiszeitl. Material	10,2	9	*	*		9	
kh Material der Nördlichen Kalkalpen	13,1	24	*	*	*	*	24

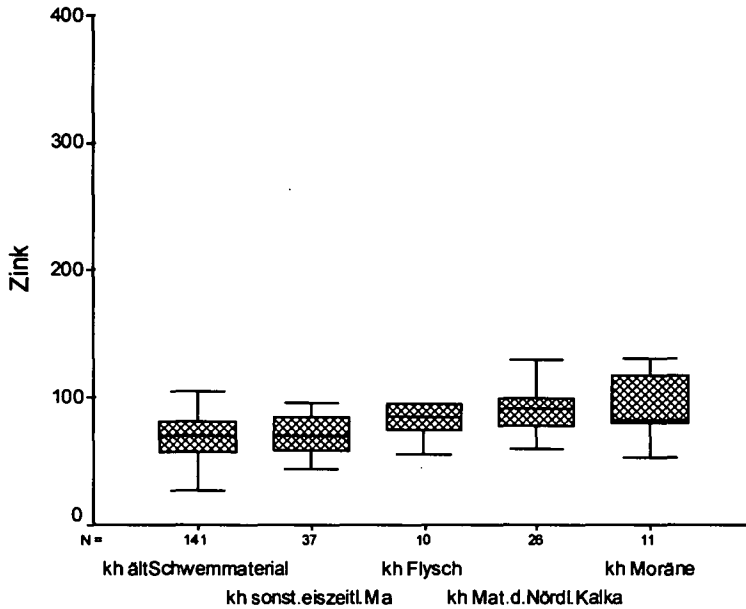


Abbildung 8: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) von kh Material der Endmoränen mit älterem Schwemmaterial, sonstigem eiszeitlichem Material, Flysch und Material der Nördlichen Kalkalpen; Zinkgehalt.

Tabelle 14: Signifikanzprüfung zu Abbildung 8

Zink	Med.						
kh älteres Schwemmareial	69,5	6	6				
kh sonst. eiszeitl. Material	70,3	9		9			
kh Moränenmaterial	82	39	*	*	39		
kh Flysch	84,74	22	*	*		22	
kh Material der Nördlichen Kalkalpen	91,28	24	*	*			24

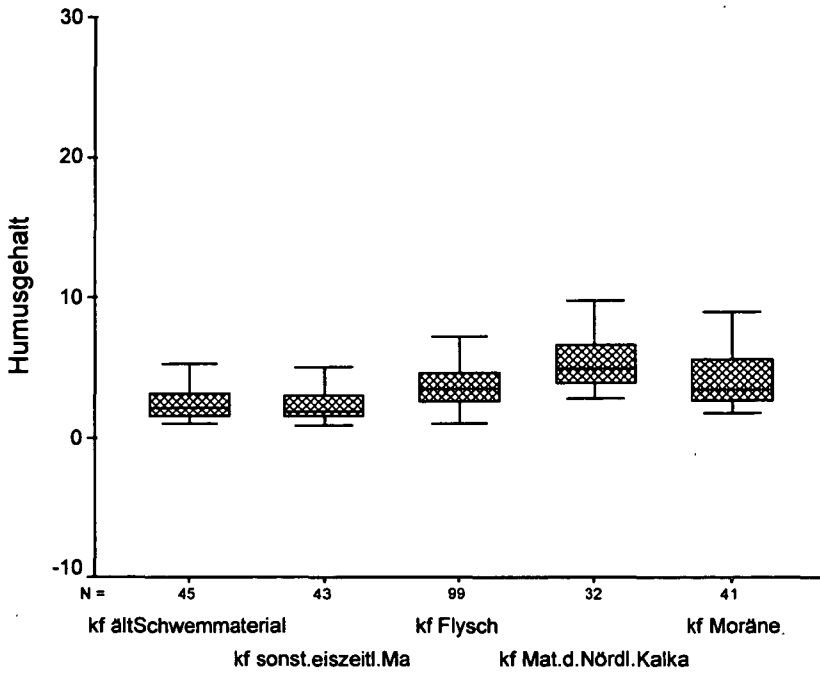


Abbildung 9: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) von kf Material der Endmoränen mit älterem Schwemmmaterial, sonstigem eiszeitlichem Material, Flysch und Material der Nördlichen Kalkalpen; Humusgehalt.

Tabelle 15: Signifikanzprüfung zu Abbildung 9

Humus	Med.						
kf sonst. eiszeitl. Material	1,9	10	10				
kf älteres Schwemmmaterial	2,1	7		7			
kf Moränenmaterial	3,4	34	*	*	34		
kf Flysch	3,5	23	*	*		23	
kf Material der Nördlichen Kalkalpen	4,9	25	*	*	*	*	25

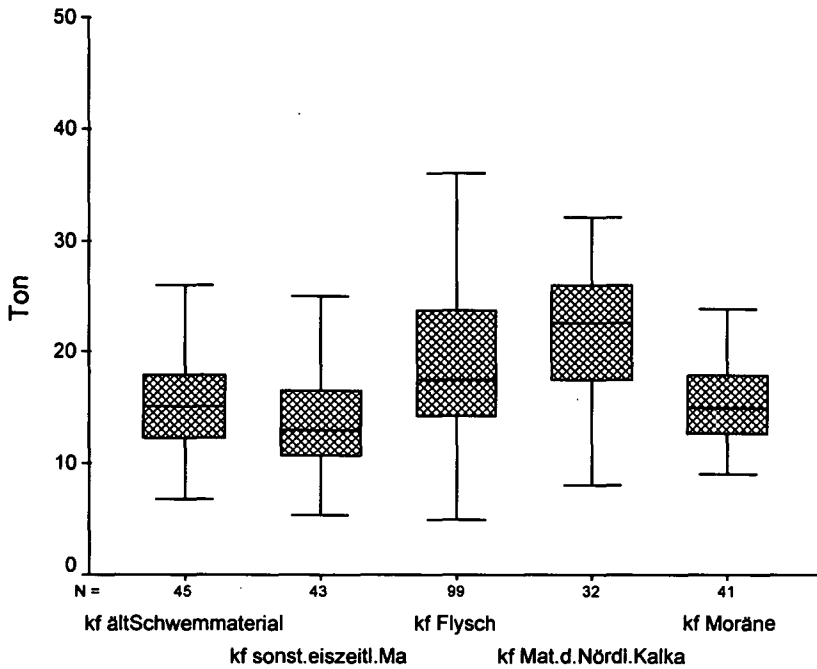


Abbildung 10: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) von kf Material der Endmoränen mit älterem Schwemmmaterial, sonstigem eiszeitlichem Material, Flysch und Material der Nördlichen Kalkalpen; Tongehalt.

Tabelle 16: Signifikanzprüfung zu Abbildung 10

Ton	Med.						
kf sonst. eiszeitl. Material	13	10	10				
kf Moränenmaterial	15	34		34			
kf älteres Schwemmmaterial	15,2	7			7		
kf Flysch	17,5	23	*	*	*	23	
kf Material der Nördlichen Kalkalpen	22,6	25	*	*	*		25

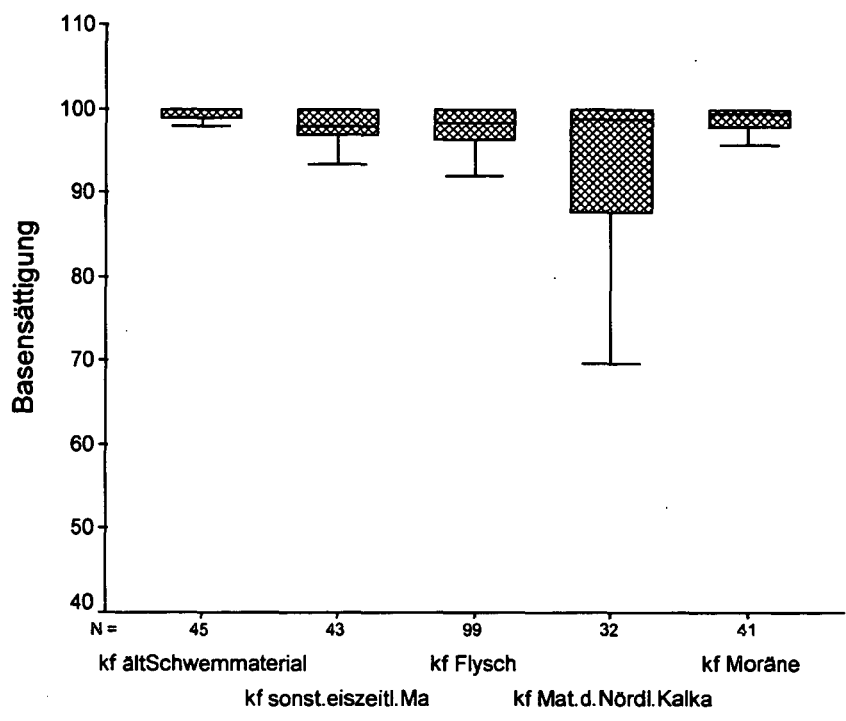


Abbildung 11: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) von kf Material der Endmoränen mit älterem Schwemmmaterial, sonstigem eiszeitlichem Material, Flysch und Material der Nördlichen Kalkalpen; Basensättigung.

Tabelle 17: Signifikanzprüfung zu Abbildung 11

Basensättigung	Med.						
kf sonst. eiszeitl. Material	97,98	10	10				
kf Flysch	98,31	23		23			
kf Material der Nördlichen Kalkalpen	98,74	25			25		
kf Moränenmaterial	99,56	34	*	*	*	34	
kf älteres Schwemmmaterial	100	7	*	*	*		7

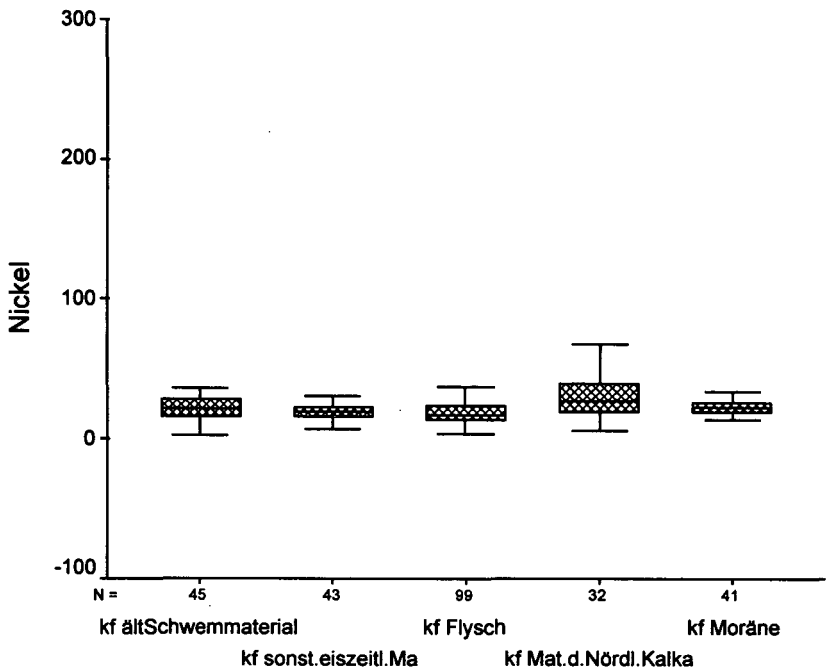


Abbildung 12: Vergleich der Eigenschaften (Boxplots) von kf Material der Endmoränen mit älterem Schwemmmaterial, sonstigem eiszeitlichem Material, Flysch und Material der Nördlichen Kalkalpen; Nickel.

Tabelle 18: Signifikanzprüfung zu Abbildung 12

Nickel	Med.						
kf Flysch	17,6	23	23				
kf sonst. eiszeitl. Material	20	10		10			
kf älteres Schwemmmaterial	21,6	7	*		7		
kf Moränenmaterial	22,5	34	*	*		34	
kf Material der Nördlichen Kalkalpen	27,6	25	*	*	*		25

5.5. Bildung von Untereinheiten und Abschätzung der Flächenanteile

In Tabelle 19 sind die beiden Einteilungsprinzipien miteinander kombiniert zur Bildung von Untereinheiten der Art „Bodentyp auf bodenbildendem Substrat“. Aus der Anzahl der jeweils zugehörigen Punkte läßt sich, unter Berücksichtigung der für die beiden Länder verschiedenen Punktedichte, der Flächenanteil der Einheiten und Untereinheiten abschätzen.

Tabelle 19: Bildung von Untereinheiten und Abschätzung der Flächenanteile

Nr	Einheit / Untereinheit	n NÖ	ha NÖ	n OÖ	ha OÖ	ha Bgl	Su. ha (gerundet)	%
	kh Auböden						54000	3,01
1	auf kh Schwemmaterial	44	29394	12	15555	5718	51000	2,90
2	auf kh sonstigem eiszeitlichen Material	1	668	1	1296		2000	0,11
	kf Auböden						12000	0,67
3	auf kf Schwemmaterial	5	3340	3	3889	4575	12000	0,67
	kh Gleye						16000	0,92
4	auf kh Schwemmaterial	12	8017	1	1296	2287	12000	0,66
5	auf anderen Substraten	5	3340			1144	4000	0,26
	kf Gleye						77000	4,42
6	auf kf Schwemmaterial	16	10689	4	5185	14868	31000	1,76
7	auf kf Krumen- u. Kolluvialmaterial	3	2004	10	12962		15000	0,86
8	auf Graniten der Böhmisches Masse	10	6680	2	2592		9000	0,53
9	auf anderen Substraten	18	12025	7	9074	1144	22000	1,27
	Pseudogleye						77000	8,31
10	auf "Deckenlehm"	33	22046	28	36294		58000	3,34
11	auf kf Flysch	32	21378	9	11666		33000	1,89
12	auf sonstigem kf Tertiärsediment	5	3340			10293	14000	0,78
13	auf Molasse/Schlier (vorw. schluffig-feinsandige Mergel)	6	4008	5	6481		10000	0,60
14	auf kf Molasse (vorw. sandig-kiesige Sedimente)	5	3340				3000	0,19
15	auf anderen Substraten	18	12025	4	5185	9149	26000	1,51
	Relikt pseudogleye						28000	1,60
16	auf alter Verwitterungsdecke im Kristallin	39	26054				26000	1,49
17	auf anderen Substraten	1	668	1	1296		2000	0,11
	Solonetze, Solontschake						2000	0,13
18	auf verschiedenen Substraten					2287	2000	0,13
	kh Anmoore, versalzt						3000	0,20
19	auf kh älterem u. jüngerem Schwemmaterial					3431	3000	0,20
	kh Feuchtschwarzerden, versalzt						15000	0,85
20	auf kh älterem Schwemmaterial					9149	9000	0,52
21	auf anderen Substraten					5718	6000	0,33

	Anmoore						7000	0,42
22	auf verschiedenen Substraten	9	6012	1	1296		7000	0,42
	kh Kulturrohbböden, Rigolböden						53000	3,00
23	auf Loß	48	32066	2	2592		35000	1,98
24	auf anderen Substraten	18	12025	1	1296	4575	18000	1,02
	kf Kulturrohbböden, Rigolböden						23000	1,33
25	auf sonstigem kf Tertiärsediment					10293	10000	0,59
26	auf anderen Substraten	2	1336	9	11666		13000	0,74
	Tschernoseme, Braune Tschernoseme						245000	14,04
27	auf Loß	154	102879			17155	120000	6,86
28	auf kh älterem Schwemmaterial	75	50104			3431	54000	3,06
29	auf kh sonstigem, eiszeitlichen Material	24	16033				16000	0,92
30	auf kh Parndorf-Seewinkel-Terrassensediment					14868	15000	0,85
31	auf sonstigem kh Tertiärsediment	16	10689			9149	20000	1,13
32	auf kh jüngerem Schwemmaterial	11	7349			1144	8000	0,49
33	auf kh Molasse (vorw. sandig-kiesige Sedimente)	12	8017				8000	0,46
34	auf anderen Substraten	7	4676				5000	0,27
	Paratschernoseme						25000	1,43
35	auf kf Parndorf-Seewinkel-Terrassensediment					10293	10000	0,59
36	auf anderen Substraten	22	14697				15000	0,84
	kh Feuchtschwarzerden						53000	3,05
37	auf kh älterem Schwemmaterial	46	30730			1144	32000	1,82
38	auf kh jüngerem Schwemmaterial	8	5344			3431	9000	0,50
39	auf anderen Substraten	14	9353			3431	13000	0,73
	kf Feuchtschwarzerden						6000	0,37
40	auf verschiedenen Substraten	8	5344			1144	6000	0,37
	Rendsinen, Pararendsinen						29000	1,65
41	auf kh älterem Schwemmaterial	12	8017	3	3889		12000	0,68
42	auf kh Material d. Nördlichen Kalkalpen u. Leithakalk	9	6012				6000	0,34
43	auf anderen Substraten	11	7349	2	2592	1144	11000	0,63
	Ranker						10000	0,57
44	auf verschiedenen Substraten	11	7349	2	2592		10000	0,57
	kh Felsbraunerden						53000	1,94
45	auf kh Material der Nördl. Kalkalpen	26	17369	3	3889		21000	1,22
46	auf anderen Substraten	15	10021	2	2592		13000	0,72
	kf Felsbraunerden						342000	19,55
47	auf Graniten der Böhmisches Masse	100	66805	77	99810		167000	9,53
48	auf Schiefen und Gneisen der Böhmisches Masse	82	54780	28	36294		91000	5,21

49	auf Material der Grobgneis-Wechselserie	45	30062			2287	32000	1,85
50	auf kf Flysch	20	13361	2	2592		16000	0,91
51	auf Ultrabasiten der Böhmisches Masse	12	8017				8000	0,46
52	auf kf Material d. Nördlichen Kalkalpen	9	6012	1	1296		7000	0,42
53	auf anderen Substraten	20	13361	2	2592	4575	21000	1,17
	kh Felsbraunerden, vergleyt						7000	0,38
54	auf verschiedenen Substraten	6	4008	2	2592		7000	0,38
	kf Felsbraunerden, vergleyt						40000	2,26
55	auf kf Flysch	15	10021	4	5185		15000	0,87
56	auf anderen Substraten	17	11357	10	12962		24000	1,39
	kh Lockersediment - Braunerden						90000	5,12
57	auf Loß	46	30730	4	5185		36000	2,05
58	auf kh jüngerem Schwemmaterial	16	10689				11000	0,61
59	auf kh Molasse (vorw. sandig-kiesige Sedimente)	15	10021				10000	0,57
60	auf kh älterem Schwemmaterial	7	4676	8	10370		15000	0,86
61	auf anderen Substraten	14	9353	4	5185	3431	18000	1,03
	kf Lockersediment - Braunerden						128000	7,33
62	auf kf Material d. Endmoränen			19	24628		25000	1,41
63	auf kf älterem Schwemmaterial	4	2672	14	18147		21000	1,19
64	auf kf sonstigem eiszeitl. Material	7	4676	9	11666		16000	0,93
65	auf Molasse/Schlier (vorw. schluffig-feinsandige Mergel)			11	14259		14000	0,82
66	auf kf jüngerem Schwemmaterial	7	4676	3	3889		9000	0,49
67	auf sonstigem kf Tertiärsediment	5	3340	1	1296	4575	9000	0,53
68	auf anderen Substraten	17	11357	15	19443	3431	34000	1,96
	kh Lockersediment - Braunerden, vergleyt						20000	1,15
69	auf verschiedenen Substraten	15	10021	6	7777	2287	20000	1,15
	kf Lockersediment - Braunerden, vergleyt						178000	10,21
70	auf "Deckenlehm"	17	11357	48	62219		74000	4,21
71	auf kf Material d. Endmoränen			17	22036		22000	1,26
72	auf kf Molasse (vorw. sandig-kiesige Sedimente)	13	8685				9000	0,50
73	auf sonstigem kf Tertiärsediment	2	1336			9149	10000	0,60
74	auf anderen Substraten	13	8685	38	49257	5718	64000	3,64
	Parabraunerden						22000	1,24
75	auf verschiedenen Substraten	13	8685	10	12962		22000	1,24
	Braunlehme, Reliktböden						27000	1,54
76	auf kh Material der Nördl. Kalkalpen	14	9353				9000	0,53
77	auf anderen Substraten	16	10689	1	1296	5718	18000	1,01

	kh Kolluvien						38000	2,19
78	auf kh Krumen- u. Kolluvialmaterial	30	20041			3431	23000	1,34
79	auf anderen Substraten	17	11357			3431	14000	0,85
	kh Kolluvien, vergleyt						7000	0,42
80	auf verschiedenen Substraten	11	7349				7000	0,42
	Planieböden						6000	0,34
81	auf verschiedenen Substraten	5	3340	2	2592		6000	0,34
	Untypische Böden						5000	0,31
82	auf verschiedenen Substraten	8	5344				5000	0,31
	Moor						1000	0,07
83	auf Torf			1	1296		1000	0,07
	Summe Lw. Nutzfläche (ha)	1449	968000	449	582000	199000	1749000	100,0

In der landwirtschaftlichen Nutzfläche der drei Bundesländer Oberösterreich, Niederösterreich und Burgenland kommen folgende Einheiten (Bodenformengruppen) am häufigsten vor:

An der Spitze stehen die kalkfreien Felsbraunerden mit einem Flächenanteil von fast 20%; ihnen folgen die Tschernoseme mit 14% Flächenanteil; in der Zusammenziehung Niederösterreich-Burgenland ist die Reihenfolge noch umgekehrt gewesen. An dritter Stelle folgen die vergleyten kalkfreien Lockersedimentbraunerden mit über 10%, darauf die Pseudogleye mit etwas über 8% und die kalkfreien Lockersedimentbraunerden mit über 7%.

5.6. Zusammenfassende Diskussion, zukünftige Einbindung weiterer Bundesländer BZI's und Umordnung der geologisch-lithologischen Einheiten.

Mit der vorliegenden Anbindung Oberösterreichs wurde das bodenkundliche Schema um eine Einheit, Moor, das geologisch-lithologische Schema dagegen um fünf Einheiten, kalkhaltiges und kalkfreies Material der Endmoränen, Molasse/Hausruckschotter, Molasse/Schlier und Torf erweitert. Die zusammengeführten Schemata stellen nunmehr schon sehr deutlich den Kern von bundesweiten Schemata dar. Als nächster Schritt zur Vervollständigung ist eine Anbindung der BZI der Steiermark vorgesehen, vergleiche dazu DANNEBERG et al., 2000, in diesem Heft.

Durch die Einbeziehung weiterer Bundesländerdaten wird sich das bodenkundliche Schema wohl nicht weiter verändern, da es bereits ziemlich vollständig sein dürfte. Dagegen ist zu erwarten, daß zum jetzt vorliegenden geologisch-lithologischen Schema noch eine Reihe weiterer Einheiten von lokaler oder regionaler Ausdehnung hinzukommen werden.

Die Struktur der bisherigen Schemata mit einer einfachen Durchnumerierung erwies sich für eine Erweiterung als ziemlich hinderlich. Wenn nach dem Hinzukommen neuer Einheiten ein aufwendiges und vor allem verwirrendes, neues Numerieren vermieden

werden soll, bleibt nur übrig, die neuen Einheiten mit freien Nummern hinten an das Schema anzuhängen. Dem steht aber wieder der Wunsch nach einem geordneten Schema entgegen, wobei das bisherige Ordnungsprinzip das geologische Alter des Materials war.

Wir haben daher, um künftige Erweiterungen zu erleichtern, als abschließenden Schritt dieser Arbeit das geologisch-lithologische Schema neu geordnet und die Einheiten mit neuen, dreistelligen Kennziffern versehen. Das System ist in Tabelle 20 dargestellt. Die einzelnen Einheiten sind in sechs Gruppen steigenden geologischen Alters geordnet, eine Notwendigkeit zur Formulierung neuer Gruppen ist nicht mehr zu erwarten. Die Gruppe wird durch die erste Stelle der dreistelligen Kennziffer bezeichnet.

Innerhalb der Gruppen werden die einzelnen Materialien ohne weitere Ordnung einfach aufgezählt, neu hinzukommende Einheiten werden mit der nächsten freien Ziffer bezeichnet. Da eine Gruppe schon jetzt mehr als zehn Einheiten umfaßt, mußten zur Bezeichnung zwei Stellen vorgesehen werden. Das ergibt die Möglichkeit, maximal 99 Einheiten in jeder Gruppe unterzubringen, was auch für alle denkbaren Erweiterungen sicher ausreichend Platz bietet. Die in einigen Gruppen auftretenden „sonstigen Materialien“ haben wir grundsätzlich mit den letzten verfügbaren Ziffern, also 98 und 99, bezeichnet.

Tabelle 20: Umordnung der geologisch-lithologischen Einheiten in ein offenes System

1. Stelle	2. u. 3. Stelle	Geologisch-lithologische Einheit	Alte Bezeichnung	Neue Bezeichnung
1		Material des Holozäns		
	1	Planiematerial	1	101
	2	kh Krumen- u. Kolluvialmaterial	2	102
	3	kf Krumen- u. Kolluvialmaterial	3	103
	4	kh jüngeres Schwemmaterial	4	104
	5	kf jüngeres Schwemmaterial	5	105
	6	Torf	40	106
2		Material des Pleistozäns		
	1	kh älteres Schwemmaterial	6	201
	2	kf älteres Schwemmaterial	7	202
	3	reliktes Bodenmaterial	8	203
	4	Löß (kh)	13	204
	5	"Deckenlehm" (kf)	14	205
	6	alte Verwitterungsdecke im Kristallin	15	206
	7	kh Material d. Endmoränen	39	207
	8	kf Material d. Endmoränen	34	208
	9	kh Parndorf - Seewinkel - Terrassenmaterial	11	209
	10	kf Parndorf - Seewinkel - Terrassenmaterial	12	210

	98	kh sonstiges, eiszeitliches Material	9	298
	99	kf sonstiges, eiszeitliches Material	10	299
3		Material des Tertiärs		
	1	kh Molasse (vorw. sandig-kiesige Sedimente)	16	301
	2	kf Molasse (vorw. sandig-kiesige Sedimente)	17	302
	3	Molasse/Schlier (vorw. schluffig-feinsandige Mergel)	37	303
	4	kf Molasse/Hausruckschotter	36	304
	5	Leithakalk	20	305
	98	sonstige kh Tertiärsedimente	18	398
	99	sonstige kf Tertiärsedimente	19	399
4		Material des Tertiärs/Mesozoikums		
	1	kh Flysch	22	401
	2	kf Flysch	23	402
	3	kh Material d. Nördlichen Kalkalpen	24	403
	4	kf Material d. Nördlichen Kalkalpen	25	404
	5	Waschbergzone	21	405
5		Material des Mesozoikums/Paläozoikums		
	1	Material d. Grobgnais-Wechselserie	27	501
	2	Material d. Rechnitzer Einheit	28	502
6		Material des Paläozoikums		
	1	Material d. Grauwackenzone	26	601
	2	Granulit d. Böhmisches Masse	29	602
	3	Rastenberger Granodiorit	30	603
	4	Schiefer u. Gneise d. Böhmisches Masse	31	604
	5	Granite d. Böhmisches Masse	32	605
	6	Ultraschiste d. Böhmisches Masse	33	606

6. Literatur

Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, 1996: Burgenländische Bodenzustandsinventur. Amt der Burgenländischen Landesregierung, Eisenstadt.

Bundesanstalt für Agrarbiologie, 1993: Oberösterreichischer Bodenkataster, Bodenzustandsinventur. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Linz.

Bundesanstalt für Bodenkultur, 1967: Arbeitsanweisung zur Durchführung der Bodenkartierung. Bundesanstalt für Bodenkultur, Wien.

Bundesanstalt für Bodenkultur, 1994: Niederösterreichische Bodenzustandsinventur. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Wien.

Danneberg, O.H., K. Aichberger, G. Puchwein u. M. Wandl, 1997: Bodenchemismus. In: A. Köchl et al., Hsbg., Bodenschutz in Österreich. Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Wien.

- Danneberg, O.H., H. Brüggemann, P. Nelhiesel, H. Pock u. M. Wandl, 1998: Zusammenführung der bodenkundlichen und lithologischen Zuordnungen der BZI-Daten von Niederösterreich und dem Burgenland. Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., Heft 56, 5 – 54.
- Fink, J., 1968: Nomenklatur und Bodensystematik der Bodentypen Österreichs. Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., Heft 13.
- Janik, V., 1971: Geologie Oberösterreichs. Formationen, Ablagerungen und Gesteine, Tektonik und Landschaftsentwicklung. In: Atlas von Oberösterreich. Institut für Landeskunde von Oberösterreich, Linz.
- Murawski, H., 1972: Geologisches Wörterbuch. Ferdinand Enke, Stuttgart.
- Oberhauser, R., 1980: Der geologische Aufbau Österreichs. Springer – Verlag, Wien. New York.
- Tollmann, A., 1985: Geologie von Österreich. Bd. II, Außeralpiner Anteil. Franz Deutike, Wien.

ZUSAMMENFÜHRUNG DER BZI-DATEN DER STEIERMARK MIT JENEN VON OBERÖSTERREICH, NIEDERÖSTERREICH UND DEM BURGENLAND

O.H. DANNEBERG^a, L. STEINER^a, M. KÖCK^b, J. PISTOTNIK^c, W. KRAINER^b u. H. POCK^a.

^a Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, Institut für Bodenwirtschaft,
Spargelfeldstraße 191, A-1226 Wien

^b Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark, Burggasse 2, A-8010 Graz

^c Geologische Bundesanstalt, Fachabteilung Sedimentgeologie, Rasumofskygasse 23,
A-1031 Wien

- 1. Zusammenfassung, Summary**
- 2. Einleitung und Zielsetzung**
- 3. Datenlage**
- 4. Verwendete Analysendaten, Arbeitsfile, statistische Methoden**
- 5. Ergebnisse und Diskussion**
 - 5.1. Bodenkundliche Gliederung der Steiermark und Zusammenführung der bodenkundlichen Einheiten**
 - 5.2. Geologisch-lithologische Gliederung der Steiermark**
 - 5.3. Statistische Vergleiche mit den Einheiten der anderen Bundesländer und Zusammenführung der Einheiten**
 - 5.4. Die neu hinzugekommenen steirischen Einheiten. Kommentare zu den Einheiten**
 - 5.5. Statistischer Vergleich der Bodeneigenschaften**
 - 5.6. Die Bildung von Untereinheiten und die Abschätzung ihrer Flächenanteile**
 - 5.7. Zusammenfassende Diskussion**
- 6. Literatur**

1. Zusammenfassung, Summary

An die bereits früher zusammengeführten Ergebnisse der Bodenzustandsinventuren (BZI's) von Niederösterreich, Oberösterreich und dem Burgenland wurden die Daten der BZI der Steiermark angebunden.

Die steirischen BZI-Ergebnisse wurden so wie die der anderen Länder in bodenkundliche und geologisch-lithologische Einheiten gegliedert. Das steirische bodenkundliche Schema sieht 24 Einheiten vor, 3 davon (Podsole und Semipodsole, kalkfreie Kolluvien und Farb-Ortsböden) treten in der Steiermark zum ersten Mal auf.

Das endgültige geologisch-lithologische Schema der Steiermark umfaßt 26 Einheiten, davon sind die Einheiten „kalkfreies Material der steirischen Niederterrassen“, „kalkhaltiges und kalkfreies Material der Grundmoränen“, „kalkhaltiges und kalkfreies Material des steirischen Tertärbeckens“, „kalkhaltiges und kalkfreies Material der Gosau“, „Material der Werfener Schichten“, „kalkhaltiges Material der Grauwackenzone“, „kalkhaltiges und kalkfreies Material des steirischen Paläozoikums“, „kalkhaltige steirische kristalline Schiefer und Marmore“ sowie „kalkfreie steirische kristalline Schiefer“, zusammen also 13 Einheiten, bis jetzt steirische Sondereinheiten. 13 weitere Einheiten wurden mit bereits bestehenden zusammengefaßt. Das gemeinsame Schema der geologisch-lithologischen Einheiten der vier Bundesländer umfaßt nach Anbindung der Steiermark 52 Einheiten.

Bodenkundliche und geologisch-lithologische Einheiten wurden zu einem Schema von Untereinheiten der Art „Bodentyp auf bodenbildendem Substrat“ kombiniert. Dieses Schema sieht jetzt 119 Untereinheiten vor. Der Flächenanteil dieser Untereinheiten an der Landwirtschaftlichen Nutzfläche der vier Bundesländer konnte abgeschätzt werden. Am weitesten verbreitet zeigten sich die kalkfreien Felsbraunerden mit etwa 19% Flächenanteil (ca. 422 000 ha), gefolgt von den Tschernosemen mit etwa 11% (ca. 249 000 ha).

Integration of results of the soil quality network program of Styria with those of Upper Austria, Lower Austria and the Burgenland.

Results of soil quality network programs of Upper Austria, Lower Austria and the Burgenland have already been integrated earlier; these were now completed by the respective data from Styria.

As was done with the data from the other Austrian provinces the Styrian data were classified as well according to soil typology as to lithology of soil forming material. Schemes for the respective types of classification were constructed. The Styrian scheme of soil types comprises 24 units, 3 of them were new.

The final scheme of soil forming substrata comprises 26 units. 13 of these units are new and up to now appear only in Styria, 13 were connected to units already existing. The combined scheme of soil forming substrata of all four provinces now comprises 52 units.

The two schemes of classification were combined to a scheme of subunits of the kind „soil type on soil forming substratum“. This scheme now comprises 119 subunits the area of which was estimated. The most widely distributed soil was Dystric Cambisol on rock with about 19% of area under agricultural use, followed by Calcic Chernozems with about 11%.

2. Einleitung und Zielsetzung

In früheren Arbeiten (DANNEBERG et al., 1998; DANNEBERG et al., 2000) waren die Bodenzustandsinventuren (BZI's) von Niederösterreich (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1994), dem Burgenland (BUNDESAMT UND FORSCHUNGSZENTRUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, 1996) und Oberösterreich (BUNDESANSTALT FÜR AGRARBIOLOGIE, 1993) zur gemeinsamen Aussage zusammengeführt worden. Ein besonderes Ziel war dabei die Entwicklung von gemeinsamen bodenkundlichen und geologisch-lithologischen Einteilungsschemata aus den landesweiten Ansätzen, welche die Erstausswertungen dafür vorsehen. Diese beiden Einteilungsschemata führten zu bodenkundlichen und zu geologisch-lithologischen Einheiten, die sich wieder in einem hierarchischen System (DANNEBERG et al., 1994) zu Untereinheiten der Art „Bodentyp auf bodenbildendem Substrat“ kombinieren ließen (DANNEBERG et al., 2000). In der vorliegenden Arbeit sollte das bisherige, durch die Zusammenführung von Daten aus Niederösterreich, dem Burgenland und Oberösterreich entstandene System um die inzwischen vollständig vorliegenden Ergebnisse der BZI der Steiermark (LANDWIRTSCHAFTLICHES VERSUCHSZENTRUM STEIERMARK, 1998) erweitert werden.

3. Datenlage

Aus den bereits erwähnten, früheren Arbeiten lagen die BZI-Daten von Niederösterreich, Oberösterreich und dem Burgenland bereits in einem gemeinsamen Arbeitsfile vor. Die Ergebnisse der BZI der Steiermark wurden vom Landwirtschaftlichen Versuchszentrum Steiermark in das gemeinsame Projekt eingebracht. Diese Daten lagen in Form von 2 Datenbankfiles im Format dBase IV vor, deren einer die Analysenergebnisse und deren anderer die Standortsbeschreibungen enthielt. Darüber hinaus standen die Urdaten der feldbodenkundlichen Ansprache ebenfalls für das Projekt zur Verfügung.

Diese feldbodenkundliche Ansprache und die gleichzeitige Probenahme war bei der steirischen BZI, ebenso wie bei den BZI's der drei anderen Bundesländer, durch Bodenkartierer mit langjähriger Geländeerfahrung, durchwegs Mitarbeiter des Instituts für Bodenkultur, durchgeführt worden. Bei der Bodenansprache wurde die für die Bodenkartierung geltende Dienstanweisung (BUNDESANSTALT FÜR BODENKARTIERUNG UND BODENWIRTSCHAFT, 1967) eingehalten, so daß die Vergleichbarkeit dieser Ansprachen mit denen der Österreichischen Bodenkartierung in allen Fällen gegeben ist. Grundlage der genannten Dienstanweisung ist die derzeit noch geltende Österreichische Bodensystematik (FINK, 1969).

4. Verwendete Analysendaten, Arbeitsfile, statistische Methoden

Aus der oben genannten steirischen Datenbank wurden die Analysenergebnisse für pH-Wert, Carbonatgehalt, Humusgehalt, die Anteile an Sand, Schluff und Ton, die Summe der austauschbaren Kationen, die Sättigungen mit Ca, Mg, K und Na und die Gehalte in

Königswasser von As, Cr, Cu, Ni und Zn, jeweils bezogen auf eine Bodenschicht von 0 bis 20 cm, entweder direkt entnommen oder in der bisher üblichen Weise durch Bildung eines gewichteten Mittels errechnet. Diese Daten wurden dem bereits bestehenden Arbeitsfile, der die gleiche Daten der anderen Bundesländer enthielt, angefügt.

Für alle statistischen Berechnungen benutzten wir das Programmpaket SPSS für Windows (BÜHL u. ZÖFEL, 1994). Für univariate Vergleiche kamen, da Bodendaten in der Regel nicht normalverteilt sind, nur nichtparametrische Rechenverfahren zum Einsatz. Für den ersten Überblick verwendeten wir den KRUSKAL-WALLIS-Test, für den Paarvergleich den MANN-WHITNEY-Test. In den im folgenden dargestellten Signifikanztabellen sind signifikante Unterschiede mit einem Stern (*), geprüfte und als nicht signifikant befundene Unterschiede mit einem Strich (-) gekennzeichnet.

Als multivariates Rechenverfahren hat sich in den bisherigen Arbeiten zur Zusammenführung von BZI-Daten die Diskriminanzanalyse (DA) bewährt. Sie setzt zwar prinzipiell das Vorliegen einer multivariaten Normalverteilung voraus, ist aber gegen eine Verletzung dieser Bedingung relativ robust (BAHRENBURG et al., 1992).

5. Ergebnisse und Diskussion

5.1 Bodenkundliche Gliederung der Steiermark und Zusammenführung der bodenkundlichen Einheiten

Tabelle 1 gibt den Erstentwurf einer bodenkundlichen Gliederung der steirischen BZI wieder. Dieser Erstentwurf wurde aus einer direkten Bearbeitung der vorliegenden Urdaten der feldbodenkundlichen Ansprache erstellt.

Fast alle steirischen Einheiten finden ein Gegenstück in einem der anderen Bundesländer. Neu und daher ohne ein solches Gegenstück sind die Einheiten Nr. 15, Podsole und Semipodsole, Nr. 24, kalkfreie Kolluvien und Nr. 17, Farb - Ortsböden.

Tabelle 1: Bodenformengruppen der Steiermark

Nr.	Bodenformengruppen, landesweit	n
1	Anmoore	1
2	kh Auböden, Schwemmböden	12
3	kf Auböden, Schwemmböden	16
4	kh Gleye	1
5	kf Gleye	42
6	Pseudogleye	38
7	Rendsinen, Pararendsinen	8
8	Ranker	14
9	kh Lockersediment-Braunerden	14
10	kf Lockersediment-Braunerden	59
11	kf Lockersediment-Braunerden, vergleyt	35
12	kh Felsbraunerden	3
13	kf Felsbraunerden	85
14	kf Felsbraunerden, vergleyt	4
15	Podsole, Semipodsole	13
16	Braunlehme, Reliktböden	6
17	Farb - Ortsböden (vorwiegend kf)	8
18	kh Kulturrohböden	1
19	kf Kulturrohböden	14
20	kh Rigolböden	2
21	kf Rigolböden	6
22	Planieböden	7
23	kh Kolluvien	1
24	kf Kolluvien	2
	Gesamt	392

Anmerkung: kh kalkhaltig, kf kalkfrei

Zur Zusammenführung der steirischen bodenkundlichen Einheiten mit denen der anderen Bundesländer wird gegenüber der letzten Zusammenstellung bodenkundlicher Einheiten (bei DANNEBERG et al., 2000, Tabelle 2) eine Umstellung der Codierung vorgenommen: Das dort verwendete System der einfachen Durchnumerierung wird, ähnlich wie dort bereits für die geologisch-lithologischen Einheiten neu eingeführt, durch ein System dreistelliger Codezahlen ersetzt. In der ersten Stelle bezeichnet dabei 1 die hydromorphen Böden, 2 die terrestrischen A-C-Böden, 3 die A-B-C-Böden und 4 die sonstigen Böden. Innerhalb dieser Gruppen erfolgt dann eine einfache Durchnumerierung, die beiden verbleibenden Stellen bieten Raum für bis zu 99 Einheiten; neue Einheiten werden innerhalb der Gruppe mit der nächsten freien Zahl bezeichnet.

Tabelle 2 zeigt dieses Schema und gibt zugleich die Zusammenführung der steirischen Einheiten mit denen der anderen Bundesländer wieder. Das Schema umfaßt jetzt 36 Einheiten, die neu hinzugekommenen Einheiten wurden oben bereits genannt.

Tabelle 2: Zusammenführung der Bodenformengruppen der vier Bundesländer

Nr.	Bodenformengruppen, bundesweit	NÖ	Bgld	OÖ	Stmk	Summe
101	Moore			1		1
102	Anmoore	9		1	1	11
103	kh Auböden	45	5	13	12	75
104	kf Auböden	5	4	3	16	28
105	kh Gleye	17	3	1	1	22
106	kf Gleye	47	14	23	42	126
107	Pseudogleye	99	17	46	38	200
108	Relikt pseudogleye	40		1		41
109	Solonetze, Solontschake		2			2
110	kh Anmoore, versalzt		3			3
111	kh Feuchtschwarzerden, versalzt		13			13
201	kh Kulturrohböden, Rigolböden	66	4	3	3	76
202	kf Kulturrohböden, Rigolböden	2	9	9	20	40
203	Tschernoseme, Braune Tschernoseme	299	40			339
204	Paratschernoseme	22	9			31
205	kh Feuchtschwarzerden	69	7			76
206	kf Feuchtschwarzerden	7	1			8
207	Rendsinen, Pararendsinen	32	1	5	8	46
208	Ranker	11		2	14	27
301	kh Felsbraunerden	41		5	3	49
302	kf Felsbraunerden	288	6	110	85	489
303	kh Felsbraunerden, vergleyt	6		2		8
304	kf Felsbraunerde, vergleyt	32		14	4	50
305	kh Lockersediment-Braunerden	98	3	16	14	131
306	kf Lockersediment-Braunerden	40	7	72	59	178
307	kh Lockersediment-Braunerden, vergleyt	15	1	6		22
308	kf Lockersediment-Braunerden, vergleyt	45	14	103	35	197
309	Parabraunerden	13		10		23
310	Podsole, Semipodsole				13	13
311	Braunlehme, Reliktböden	30	5	1	6	42
401	kh Kolluvien	47	6		1	54
402	kf Kolluvien				2	2
403	kh Kolluvien, vergleyt	11				11
404	Ortsböden				8	8

405	Untypische Böden	8				8
406	Planieböden	5		2	7	14
	Summe	1449	174	449	392	2464

5.2 Geologisch-lithologische Gliederung der Steiermark

Tabelle 3 zeigt die 1. Näherung einer Gliederung der Böden der Steiermark in geologisch-lithologische Einheiten. Auch dieser Erstentwurf war das Ergebnis einer direkten Bearbeitung der Urdaten der Feldansprache. Die verwendeten Einheitenbezeichnungen entsprechen demnach der Feldansprache der BZI-Punkte und der Ansprache der Österreichischen Bodenkartierung (BUNDESANSTALT FÜR BODENKARTIERUNG UND BODENWIRTSCHAFT, 1967). Es ergeben sich insgesamt 30 Einheiten, von denen viele in den anderen Bundesländern kein Gegenstück finden, also steirische Spezifika darstellen.

Tabelle 3: Geologisch-lithologische Gliederung der Steiermark. 1.Näherung

Nr	Name	n
1	Planiematerial	1
2	kf Krumen- u. Kolluvialmaterial	3
3	kh jung. Schwemmaterial	19
4	kf jung. Schwemmaterial	69
5	kh älters Schwemmaterial	3
6	kf älters Schwemmaterial	14
7	Deckenlehm	20
8	kh Moräne	2
9	kf Moräne	6
10	kh sonstiges eiszeitliches Material	3
11	kf sonstiges eiszeitliches Material	10
12	kh Tertiär im Steirischen Becken	14
13	kf Tertiär im Steirischen Becken	78
14	kh sonstiges Tertiärmaterial	2
15	kf sonstiges Tertiärmaterial	7
16	kh Material d. Nördl. Kalkalpen	10
17	kh Material d. Gosau	1
18	kf Material d. Gosau	4
19	Material d. Werfener Schichten	2
20	Material d. Grobgneis-Wechsel-Serie	13
21	Semmeringquarzit	2
22	kh Material d. Grauwackenzone	2
23	kf Material d. Grauwackenzone	14
24	kh Paläozoikum (Grazer u. Murauer P.)	2
25	kf Paläozoikum (Grazer, Murauer u. Sausal P.)	17
26	sonst. Gneise u. Glimmerschiefer	28

27	sonst. Amphibolit- u. Chloritschiefer	4
28	Phyllite	6
29	Kalkschiefer, Marmor	1
30	Glimmerschiefer, phyllitische Glimmerschiefer	35
	Gesamt	392

Bereits ein erster Überblick über diese Tabelle zeigt jedoch, daß viele hier getrennt ausgewiesene Einheiten Ähnlichkeiten erwarten lassen und möglicherweise zusammengefaßt werden können. Diese Ähnlichkeiten wurden in einer 1. Serie von Diskriminanzanalysen untersucht, deren Ergebnisse in Tabelle 4 zusammengefaßt sind.

Die Diskriminanzanalysen 1 bis 10 in Tabelle 4 prüfen die Ähnlichkeit oder Unterscheidbarkeit der Einheiten 26 bis 30 in Tabelle 3. Die DA's zeigen, daß die kalkfreien Einheiten 26, 27, 28 und 30 voneinander nur wenig verschieden sind und zusammengefaßt werden können. Die neue Einheit wird in Tabelle 5 mit der Nummer 26 bezeichnet und als „kalkfreie kristalline Schiefer“ benannt. Dagegen ist die kalkhaltige Einheit 29 in Tabelle 3 von den kalkfreien Einheiten deutlich unterscheidbar und bleibt als Einheit 25, „kalkhaltige kristalline Schiefer und Marmore“, in Tabelle 5 bestehen.

Die folgenden DA's 11 bis 17 betreffen die Einheiten des Paläozoikums (die Einheiten 24 und 25 in Tabelle 3) und ihre Unterscheidbarkeit sowohl unter sich als auch von den kristallinen Schiefern und vom Material der Grauwackenzone. Die DA 11 zeigt eine nur mäßige Unterscheidbarkeit der kalkhaltigen und der kalkfreien Einheit, so daß die beiden nur aufrechterhalten werden, um das Prinzip der Unterscheidung von kalkhaltig und kalkfrei konsequent durchzuhalten. Immerhin unterscheidet sich die kalkhaltige Einheit (23 in Tabelle 5) von den kalkhaltigen Einheiten der kristallinen Schiefer und der Grauwackenzone sehr gut (DA's 12, 14 und 16), während die kalkfreien Einheiten einander viel ähnlicher sind (DA's 13, 15 und 17). Die beiden Einheiten des Paläozoikums werden als Einheiten 23 und 24 in Tabelle 5 aufrechterhalten.

Die folgenden DA's 18 bis 20 betreffen die Einheiten 20 und 21 in Tabelle 3, die Einheiten der Grobgnais-Wechselserie und des Semmeringquarzits. Die DA 18 zeigt eine genügende Ähnlichkeit an, um die beiden Einheiten zusammenzufassen. Sie bilden gemeinsam die neue Einheit „Semmering-Wechselkristallin“, die Einheit 20 in Tabelle 5. Die Unterscheidbarkeit zum Material der benachbarten Grauwackenzone ist befriedigend.

Die DA's 21 bis 26 beziehen sich auf die kalkalpinen Einheiten 16 bis 19 in Tabelle 3. Die DA's zeigen eine deutliche Unterscheidbarkeit der drei Einheiten an, so daß an ihrer weiteren Übernahme in die Einheitentabelle 5 kein Zweifel besteht; sie bilden dort die Einheiten 16 bis 19.

Der letzte Block an DA's behandelt die Einheiten des Tertiärs, die Einheiten 12 bis 15 der Tabelle 3. Die DA 29 zeigt eine befriedigende Unterscheidbarkeit der kalkhaltigen Einheit 12 von der kalkfreien Einheit 13. Von den Einheiten des „Tertiärs im Steirischen Beckens“ und der „sonstigen Tertiärsedimente“ unterscheiden sich die jeweils kalkhaltigen Einheiten 12 und 14 gut, während sich die kalkfreien Einheiten 13 und 15

stärker überlappen. Die vier Einheiten werden aufrechterhalten und bilden in Tabelle 5 die Einheiten 12 bis 15.

Entsprechend den Ergebnissen dieser 1. Serie von DA's gibt Tabelle 5 eine 2. Näherung der geologisch-lithologischen Gliederung der Steiermark wieder, auf der eine Zusammenführung der steirischen Einheiten mit jenen der anderen Bundesländer aufbauen kann.

Tabelle 4: Diskriminanzanalysen zum Vergleich der steirischen Einheiten

Nr. DA	LIT	Bezeichnung	n (I)	n (II)	n	Eig _{mw.}	Wilks-L.	diskriminierende Variable
1	30/29	Glimmerschiefer / Kalkschiefer	34	1	35	3032	0	Carbonat, Summe Kationen
2	30/28	Glimmerschiefer / Phyllite	34	6	40	-	-	keine
3	30/27	Glimmerschiefer / sonst. Amphibol.	34	4	38	-	-	keine
4	30/26	Glimmerschiefer / sonst. Gneise	34	27	61	0,738	0,575	Ni, Humus, Cr, Summe Kationen, pH
5	29/28	Kalkschiefer / Phyllite	1	6	7	3588071	0	Carbonat, As, Cu, Ni
6	29/27	Kalkschiefer / sonst. Amphibolitsch.	1	4	5	15866004	0	Carbonat, Mg-Sättigung
7	29/26	Kalkschiefer / sonst. Gneise	1	27	28	85098	0	Carbonat
8	28/27	Phyllite / sonst. Amphiboli-u. Chlorit.	6	4	10	-	-	keine
9	28/26	Phyllite / sonst. Gneise	6	27	33	0,488	0,672	Carbonat, Sand
10	27/26	sonst. Amphibolitsch. / sonst. Gneise	4	27	31	-	-	keine
11	24/25	kh Paläozoikum / kf Paläozoikum	2	17	19	0,895	0,528	Carbonat
12	24/26	kh Paläozoikum / kh krist. Schiefer	2	1	3	131,7	0,008	As
13	25/27	kf Paläozoikum / kf krist. Schiefer	17	71	88	0,698	0,589	Ton, Cu, Sand
14	26/22	kh krist. Schiefer / kh Mat.d.Grauw.	2	1	3	188,1	0,005	Carbonat
15	27/23	kf krist. Schiefer / kf Mat.d.Grauw.	14	71	85	0,552	0,644	Schluff, Sand
16	24/22	kh Paläozoikum / kh Mat.d.Grauw.	2	2	4	105,9	0,009	As, Ton
17	25/23	kf Paläozoikum / kf Mat.d.Grauw.	17	14	31	-	-	keine
18	20/21	Semmeringquarzit / Mat.d.Grobgn. W.	2	13	15	0,574	0,635	As
19	20/23	Mat.d. Grobgn. W. / kf Mat.d.Grauw.	13	14	27	1,647	0,378	Sand
20	21/23	Semmeringquarzit / Mat.d. Grauwack.	2	14	16	0,989	0,503	Sand
21	16/17	kh Mat.d.Nördl.Kalkalpen / kh Gosau	6	1	7	1,042	0,49	Cr
22	16/19	kh Mat.d.Nördl.Kalkalpen / Werfener S.	6	2	8	4204,1	0	Ca-Sättigung, K-Sättigung, Cu, Ni, Zn
23	16/18	kh Mat.d.Nördl.Kalkalpen / kf Gosau	6	4	10	9,398	0,96	Schluff, Cu
24	17/19	kh Gosau / Werfener Schichten	1	2	3	494,1	0,002	Sand
25	17/18	kh Gosau / kf Gosau	1	4	5	2330,1	0	Humus, Carbonat, Ca-Sättigung
26	18/19	kf Gosau / Werfener Schichten	4	2	6	27,25	0,034	Cu, Summe Kationen
27	12/14	kh Tertiär i. Steir.B. / kh sonst. Tertiär	14	2	16	3,158	0,24	Humus, Ni, Zn
28	13/15	kf Tertiär i. Steir.B. / kf sonst. Tertiär	78	7	85	0,567	0,635	Na-Sättigung, Zn
29	12/13	kh Tertiär i. Steir.B. / kf Tertiär i. steir.B.	14	78	92	1,725	0,367	pH, Carbonat
30	14/15	kh sonst. Tertiär / kf sonst. Tertiär	2	7	9	37,15	0,026	pH, Zn

Tabelle 5: Geologisch-lithologische Gliederung der Steiermark. 2. Näherung.

Nr	Name	n
1	Planiematerial	1
2	kf Krumen- u. Kolluvialmaterial	3
3	kh jüng. Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	19
4	kf jüng. Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	69
5	kh ält. Schwemmaterial (eiszeitlich)	3
6	kf ält. Schwemmaterial (eiszeitlich)	14
7	"Deckenlehm" (kf)	20
8	kh Moräne	2
9	kf Moräne	6
10	kh sonstiges eiszeitliches Material	3
11	kf sonstiges eiszeitliches Material	10
12	kh Tertiär im Steir. Becken	14
13	kf Tertiär im Steir. Becken	78
14	sonstige kh Tertiärsedimente	2
15	sonstige kf Tertiärsedimente	7
16	kh Material d. Nördl. Kalkalpen	10
17	kh Material d. Gosau	1
18	kf Material d. Gosau	4
19	Material d. Werfener Schichten	2
20	Semmering-Wechsel-Kristallin	15
21	Kh Material d. Grauwackenzone	2
22	Kf Material d. Grauwackenzone	14
23	kh Paläozoikum (Grazer u. Murauer P.)	2
24	kf Paläozoikum (Grazer, Murauer u. Sausal P.)	17
25	kh kristalline Schiefer u. Marmore	1
26	kf kristalline Schiefer	73
	Gesamt	392

5.3 Statistische Vergleiche mit den Einheiten der anderen Bundesländer und Zusammenführung der Einheiten

Nach der Einbindung der oberösterreichischen Daten (DANNEBERG et al., 2000) war das Schema der geologisch-lithologischen Einheiten auf eine neue, dreistellige Codierung umgestellt worden, in der Hoffnung, daß dadurch eine weitere Einbindung von Bundesländerdaten ohne neuerliche Umcodierung möglich werde. Trotzdem machte die Einbindung der steirischen Daten eine neue, allerdings nur geringe Veränderung dieses Einheitenschemas wenn schon nicht nötig, so doch wünschenswert. Tabelle 6 zeigt zunächst diese Umstellung des Einheitenschemas zur Aufnahme der steirischen Daten. Jene Einheiten, die von vornherein als steirische Sondereinheiten zu erwarten waren, sind bereits in das Schema eingefügt. Ebenso ist die – im Sinne einer Übersichtlichkeit des Schemas wünschenswerte - Umnúmerierung einiger Einheiten bereits angegeben. Ferner ist aus der Tabelle bereits ersichtlich, daß die niederösterreichische Einheit 604, „Schiefer, Gneise und Marmore der Böhmisches Masse“ nun in eine kalkfreie und in eine kalkhaltige Einheit aufgetrennt wird, d.h. die Marmor-Punkte werden, ohne Rücksicht auf ihre geringe Zahl, zu einer eigenen Einheit.

Tabelle 6: Anpassung des Einheitenschemas zur Aufnahme der steirischen Daten

Nr. alt	Name der Einheit, alt	Nr. neu	Name der Einheit, neu
101	Planiematerial		ident
102	kh Krumen- u. Kolluvialmaterial		ident
103	kf Krumen- u. Kolluvialmaterial		ident
104	kh jüng. Schwemmaterial (nacheiszeitl.)		ident
105	kf jüng. Schwemmaterial (nacheiszeitl.)		ident
106	Torf		ident
201	kh ält. Schwemmaterial (eiszeitlich)		ident
202	kf ält. Schwemmaterial (eiszeitlich)		ident
203	reliktes Bodenmaterial		ident
204	Löß (kh)		ident
205	"Deckenlehm" (kf)		ident
206	alte Verwitterungsdecke im Kristallin		ident
209	kh Parndorf-Seewinkel-Terrassenmaterial	207	ident
210	kf Parndorf-Seewinkel-Terrassenmaterial	208	ident
207	kh Material d. Endmoräne	209	ident
208	kf Material d. Endmoräne	210	ident
		211	kh Material d. Grundmoräne
		212	kf Material d. Grundmoräne
298	kh sonst. eiszeitl. Material		ident
299	kf sonst. eiszeitl. Material		ident
			ident
301	kh Molasse		ident
302	kf Molasse		ident
303	Molasse/Schlier		ident
304	Hausruckshotter (kf)		ident
305	Leithakalk		ident
		306	kh Material d. Steirischen Tertiärbeckens
		307	kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens
398	sonst. kh Tertiärsedimente		ident
399	sonst. kf Tertiärsedimente		ident
			ident
401	kh Flysch		ident
402	kf Flysch		ident
403	kh Material d. Nördl. Kalkalpen		ident
404	kf Material d. Nördl. Kalkalpen		ident
405	Waschbergzone		ident
		406	kh Material d. Gosau
		407	kf Material d. Gosau
		408	Material d. Werfener Schichten
			ident
501	Material d. Grobgneis-Wechselserie		Semmering-Wechsel-Kristallin
502	Material d. Rechnitzer Einheit		ident
			ident
602	Granulit d. Böhm. Masse	601	ident

603	Rastenberger Granodiorit	602	ident
604	Schiefer/Gneise u. Marmor d. BÖM	603	Schiefer/Gneise d. Böh. Masse
605	Granite d. Böh. Masse	604	ident
606	Ultrabasite d. Böh. Masse	605	ident
		606	Marmore d. Böh. Masse
		607	kh Material d. Grauwackenzone
601	kf Material d. Grauwackenzone	608	ident
		609	kh Paläozoikum (Grazer u. Murauer P.)
		610	kf Paläozoikum (Grazer, Murauer, Sausal)
		611	kh Steir. kristalline Schiefer/Marmore
		612	kf Steir. kristalline Schiefer

Tabelle 7: Zusammenführung der geologisch-lithologischen Einheiten der vier Bundesländer, 1. Näherung

Nr.	Name	NÖ	Bgld	OÖ	Stmk	Gesamt
101	Planiematerial	2		1	1	4
102	kh Krumen- u. Kolluvialmaterial	51	4			55
103	kf Krumen- u. Kolluvialmaterial	9	3	17	3	32
104	kh jüng. Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	103	16	13	19	151
105	kf jüng. Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	37	22	17	69	145
106	Torf			1		1
201	kh ält. Schwemmaterial (eiszeitlich)	149	15	12	3	179
202	kf ält. Schwemmaterial (eiszeitlich)	19	1	26	14	46
203	reliktes Bodenmaterial	10				10
204	Löß (kh)	271	15	6		292
205	"Deckenlehm" (kf)	58		89	20	167
206	alte Verwitterungsdecke im Kristallin	44		1		45
207	kh Parndorf-Seewinkel-Terrassenmaterial		13			13
208	kf Parndorf-Seewinkel-Terrassenmaterial		9			9
209	kh Material d. Endmoräne			11		11
210	kf Material d. Endmoräne			41		41
211	kh Material d. Grundmoräne				2	2
212	kf Material d. Grundmoräne				6	6
298	kh sonst. eiszeitl. Material	48	3	1	3	55
299	kf sonst. eiszeitl. Material	23	9	20	10	62
301	kh Molasse	48				48
302	kf Molasse	25				25
303	Molasse/Schlier	6		37		43
304	Hausruckshotter (kf)			7		7
305	Leithakalk		2			2
306	kh Material d. Steirischen Tertiärbeckens				14	14
307	kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens				78	78
398	sonst. kh Tertiärsedimente	40	24		2	66
399	sonst. kf Tertiärsedimente	20	31	1	7	59
401	kh Flysch	14		1		15
402	kf Flysch	82		17		99
403	kh Material d. Nördl. Kalkalpen	53		9	10	72
404	kf Material d. Nördl. Kalkalpen	30		2		32
405	Waschbergzone	9				9
406	kh Material d. Gosau				1	1
407	kf Material d. Gosau				4	4
408	Material d. Werfener Schichten				2	2

501	Semmering-Wechsel-Kristallin	47	2		15	64
502	Material d. Rechnitzer Einheit	1	5			6
601	Granulit d. Böhm. Masse	7				7
602	Rastenberger Granodiorit	8				8
603	Schiefer/Gneise d. Böhm. Masse	102		30		132
604	Granite d. Böhm. Masse	113		89		202
605	Ultrabasite d. Böhm. Masse	14				14
606	Marmore d. Böhm. Masse	2				2
607	kh Material d. Grauwackenzone				2	2
608	kf Material d. Grauwackenzone	4			14	18
609	kh Steirisches Paläozoikum				2	2
610	kf Steirisches Paläozoikum				17	17
611	kh Steirische kristalline Schiefer/Marmore				1	1
612	kf Steirische kristalline Schiefer				73	73
	Gesamt	1449	174	449	392	2464

Die Tabelle 7 stellt die erste Näherung einer Zusammenführung der steirischen geologisch-lithologischen Einheiten mit jenen der anderen Bundesländer dar. 14 steirische Einheiten werden zunächst mit Einheiten anderer Bundesländer zusammengefaßt, 12 steirische Einheiten bleiben ohne einen Anteil anderer Bundesländer.

Die 14 Einheiten mit steirischen Anteilen wurden in einer 2. Serie von Diskriminanzanalysen darauf untersucht, ob genügend Ähnlichkeit zur Zusammenfassung gegeben ist oder ob allenfalls steirische Sondereinheiten zu bilden sind. Die Ergebnisse dieser 2. Serie von DA's sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

In DA 1 wird ein großer Unterschied der Planiematerialien festgestellt, was nicht überrascht. Es werden nicht mehr als vier Punkte verglichen und die Uneinheitlichkeit war von vornherein zu erwarten. Es besteht daher kein Grund, die Punkte nicht zu einer Einheit zusammenzufassen.

Die DA's 3 und 4 behandeln das jüngere Schwemmaterial, eine ebenfalls von vornherein wenig homogene Einheit. Die kalkhaltige Einheit zeigt einen Eigenwert über 1, die kalkfreie ist nicht zu unterscheiden. Eine feldbodenkundliche Unterscheidbarkeit oder eine nach der Lage ist nicht gegeben. Auf die Unterscheidung einer eigenen, steirischen Einheit wird daher verzichtet.

Die DA's 5 und 6 beschreiben die Einheiten des älteren Schwemmaterials. Die kalkhaltige Einheit zeigt keinen Unterscheidungsbedarf und wird zusammengefaßt. Dagegen erweist sich der steirische Anteil der kalkfreien Einheit als wohl unterschieden; er zeigt vor allem auch, neben einer deutlichen bodenchemischen Verschiedenheit, eine räumlich geschlossene Lage, so daß die dieser steirischen Einheit zugeordneten Punkte als „kalkfreies Material der Steirischen Niederterrassen“ zusammengefaßt und vom kalkfreien, älteren Schwemmaterial der anderen Länder unterschieden werden.

Die Einheiten des sonstigen eiszeitlichen Materials werden von den DA's 8 und 9 beschrieben. Die DA's zeigen einige Unterschiede, doch sind darüber hinaus weder feldbodenkundliche Verschiedenheiten noch solche der Lage festzustellen. Einheiten „sonstigen Materials“ sind offenbar überhaupt weniger homogen, so daß sie als solche belassen werden.

In ähnlicher Weise wird aus den DA's 12, 13 und 14 kein Anlaß zur Teilung der Einheiten abgeleitet, da auch bei diesen kein feldbodenkundlicher Unterschied und keine räumlich geschlossene Lage der Punkte gegeben sind.

Aus dieser Serie von DA's ergibt sich somit die Bildung einer neuen Einheit, des „kalkfreien Materials der Steirischen Niederterrassen“. Die Tabelle 9, die die endgültigen, zusammengeführten geologisch-lithologischen Einheiten darstellt, unterscheidet sich also nur in diesem Punkt von Tabelle 7. Da somit eine steirische Einheit eine neue Bezeichnung erhält, ist auch eine endgültige Darstellung der steirischen geologisch-lithologischen Einheiten nötig; Tabelle 10 gibt diese Darstellung wieder.

Tabelle 8: DA's zur Überprüfung der geologisch-lithologischen Einheiten mit steirischem Anteil

Nr DA	BULIT	Bezeichnung	n (I)	n (II)	n	Eigenw.	Wilks-L.	diskriminierende Variable
1	101	Planematerial	3	1	4	10111	0	pH, Schluff
2	103	kf Krumen- u. Kolluvialmaterial	29	3	32	0,62	0,618	Mg-Sättigung, Sand
3	104	kh jung. Schwemmaterial	132	19	151	1,66	0,376	pH, Sand, K-Sättigung, As, Ni, Zn
4	105	kf jung. Schwemmaterial	76	69	145	0,62	0,619	pH, Ton, Ca-Sätt., Mg-Sätt., K-Sätt., As, Cu
5	201	kh alt. Schwemmaterial	176	3	179	0,28	0,781	Sand, Cu, Zn
6	202	kf alt. Schwemmaterial	46	14	60	2,65	0,274	Summe Kationen, As, Cr, Cu, Ni, Zn
7	205	"Deckenlehm"	147	20	167	0,72	0,58	Sand, K-Sättigung, As, Zn
8	298	kh sonst. eiszeitl. Material	52	3	55	4,88	0,17	Humus
9	299	kf sonst. eiszeitl. Material	52	10	62	2,6	0,278	Sand, Summe Kationen, K-Sättigung, Zn
10	398	sonst. kh Tertiärsedimente	64	2	66	0,808	0,553	Humus, Summe Kationen, Zn
11	399	sonst. kf Tertiärsedimente	52	7	59	0,86	0,538	Kalk, Humus, Zn
12	403	kh Material d. Nördl. Kalkalpen	62	10	72	1,65	0,378	Schluff, Zn
13	501	Semmering-Wechsel-Kristallin	49	15	64	1,77	0,362	pH, Schluff, Ca-Sättigung, Mg-Sättigung
14	608	kf Material d. Grauwackenzone	4	14	18	2,44	0,291	Sand

Tabelle 9: Endgültige geologisch-lithologische Einheiten der vier Bundesländer

Nr	Name	NÖ	Bgl	OÖ	Stmk	Gesamt
101	Planiematerial	2		1	1	4
102	kh Krumen- u. Kolluvialmaterial	51	4			55
103	kf Krumen- u. Kolluvialmaterial	9	3	17	3	32
104	kh jüng. Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	103	16	13	19	151
105	kf jüng. Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	37	22	17	69	145
106	Torf			1		1
201	kh ält. Schwemmaterial (eiszeitlich)	149	15	12	3	179
202	kf ält. Schwemmaterial (eiszeitlich)	19	1	26		46
203	reliktes Bodenmaterial	10				10
204	Löß (kh)	271	15	6		292
205	"Deckenlehm" (kf)	58		89	20	167
206	alte Verwitterungsdecke im Kristallin	44		1		45
207	kh Parndorf-Seewinkel-Terrassenmaterial		13			13
208	kf Parndorf-Seewinkel-Terrassenmaterial		9			9
209	kh Material d. Endmoräne			11		11
210	kf Material d. Endmoräne			41		41
211	kh Material d. Grundmoräne				2	2
212	kf Material d. Grundmoräne				6	6
213	kf Material d. steirischen Niederterrassen				14	14
298	kh sonst. eiszeitl. Material	48	3	1	3	55
299	kf sonst. eiszeitl. Material	23	9	20	10	62
301	kh Molasse	48				48
302	kf Molasse	25				25
303	Molasse/Schlier	6		37		43
304	Hausruckschotter (kf)			7		7
305	Leithakalk		2			2
306	kh Material d. Steirischen Tertiärbeckens				14	14
307	kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens				78	78
398	sonst. kh Tertiärsedimente	40	24		2	66
399	sonst. kf Tertiärsedimente	20	31	1	7	59
401	kh Flysch	14		1		15
402	kf Flysch	82		17		99
403	kh Material d. Nördl. Kalkalpen	53		9	10	72
404	kf Material d. Nördl. Kalkalpen	30		2		32
405	Waschbergzone	9				9
406	kh Material d. Gosau				1	1
407	kf Material d. Gosau				4	4
408	Material d. Werfener Schichten				2	2
501	Semmering-Wechsel-Kristallin	47	2		15	64
502	Material d. Rechnitzer Einheit	1	5			6
601	Granulit d. Böhm. Masse	7				7

602	Rastenberger Granodiorit	8			8
603	Schiefer/Gneise d. Böhm. Masse	102		30	132
604	Granite d. Böhm. Masse	113		89	202
605	Ultrabasite d. Böhm. Masse	14			14
606	Marmore d. Böhm. Masse	2			2
607	kh Material d. Grauwackenzone			2	2
608	kf Material d. Grauwackenzone	4		14	18
609	kh Steirisches Paläozoikum			2	2
610	kf Steirisches Paläozoikum			17	17
611	kh Steirische kristalline Schiefer/Marmore			1	1
612	kf Steirische kristalline Schiefer			73	73
	Gesamt	1449	174	449	2464

Tabelle 10: Endgültige geologisch-lithologische Gliederung der Steiermark

Nr.	Name	n
1	Planiematerial	1
2	kf Krumen- u. Kolluvialmaterial	3
3	kh jüngeres Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	19
4	kf jüngeres Schwemmaterial (nacheiszeitlich)	69
5	kh älteres Schwemmaterial (eiszeitlich)	3
6	kf Material der Steirischen Niederterrassen	14
7	"Deckenlehm" (kf)	20
8	kh Moräne	2
9	kf Moräne	6
10	kh sonstiges eiszeitliches Material	3
11	kf sonstiges eiszeitliches Material	10
12	kh Tertiär im Steirischen Becken	14
13	kf Tertiär im Steirischen Becken	78
14	sonstige kh Tertiärsedimente	2
15	sonstige kf Tertiärsedimente	7
16	kh Material der Nördlichen Kalkalpen	10
17	kh Material d. Gosau	1
18	kf Material d. Gosau	4
19	Material d. Werfener Schichten	2
20	Semmering-Wechsel-Kristallin	15
21	Kh Material der Grauwackenzone	2
22	Kf Material der Grauwackenzone	14
23	kh Paläozoikum (Grazer u. Murauer P.)	2
24	kf Paläozoikum (Grazer, Murauer u. Sausal P.)	17
25	kh kristalline Schiefer u. Marmore	1
26	kf kristalline Schiefer	73
	Gesamt	392

5.4 Die neu hinzugekommenen, steirischen Einheiten. Kommentare zu den Einheiten

5.4.1 Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Grundmoräne

Die meisten Moränenablagerungen der Steiermark stammen aus dem Würm. Sie zeigen einen starken Wechsel von sandig-tonigem und schluffigem Material mit Kieslinsen. Dichtlagerungen des Materials bei Grundmoränen können dazu führen, dass sie weitgehend wasserundurchlässig sind und damit zur Bildung von Mooren und Versumpfungen Anlaß geben. Andererseits kann es bei stärkerer Durchnässung zu Rutschungen des Materials kommen. Die Zusammensetzung der Moränen wechselt entsprechend der Herkunft. Die Moränenwälle des Murgletschers bestehen überwiegend aus Geschiebe der Niederen Tauern (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 15).

5.4.2 Material der Steirischen Niederterrassen

Unter diesem Begriff sind die tiefsten, das heutige Talbodenniveau überragenden Terrassen zusammengefasst. Es handelt sich ausschließlich um würmzeitliche Bildungen. Zu ihnen gehört vor allem die „Untere Terrassengruppe“ des Murtales, welche in die bis zu 20 m mächtige, höhere „Steinfeld-Stufe“ und in die in sie eingeschnittene „Stadtboden-Stufe“ gegliedert wird. Die Mächtigkeit nimmt flussabwärts deutlich zu. Den Übergang bilden einige Erosionsleisten.

Die beiden Stufen bestehen aus mächtigen Kiesablagerungen mit eingeschalteten Sandlinsen, wobei die überlagernden Feinsedimente meist nur geringmächtig sind. Die meist reinen und frischen Kalk- und Kristallingerölle dieser Terrassen stellen einen wertvollen Massenrohstoff dar. Örtlich führt eine carbonatische Verkittung der Gerölle zu nagelfluhartigen Bildungen.

Der hohe Porengehalt dieser Ablagerungen und ihre Mächtigkeit machen sie zu einem Grundwasserträger, auf den sich heute zahlreiche Siedlungsräume im Bereich des Murtales stützen (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 14 u.15).

Nur der kalkfreie Anteil dieser Niederterrassen wurde zu einer eigenen, steirischen Einheit zusammengefaßt, der kalkhaltige verblieb in der Einheit des älteren Schwemmaterials.

5.4.3 Kalkhaltiges und kalkfreies Material des Steirischen Tertiärbeckens

Die Gliederung dieses Beckens in getrennte Teilbecken durch nord-süd-verlaufende Schwellen lässt vermuten, dass diese ungleiche Absenkung auf eine Dehnungstektonik im tieferen Untergrund zurückzuführen ist. Die Herausbildung der Mittelsteirischen Schwelle, die vom Plabutsch bei Graz über den Sausal nach Süden zieht, trennt das etwa 800 m tiefe Weststeirische Becken von dem bis über 3000 m tiefen Oststeirischen Becken.

An vielen Stellen des Tertiärbeckens ist das Auftreten einstens abgebauter Kohlenflöze charakteristisch. Andere, weit verbreitete Ablagerungen sind Bentonit- und Glas-tuffhorizonte, die eine Beziehung zu den Vulkaniten des Steirischen Beckens herstellen. Von Bedeutung sind außerdem verschiedene Konglomerate, Block- und Grobschotter, wobei es sich beim überwiegenden Teil der Ablagerungen um terrestrische, limnisch-fluvatile Sedimente handelt (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 16 - 17).

5.4.4 Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Gosau

In den Gosaubecken der Steiermark beginnt die Sedimentation zumeist mit Bauxiten oder mit durch roten Zement verbundenen Grundkonglomeraten. Sie führen teilweise exotische Gerölle, die nicht der unmittelbaren Umgebung entstammen, wohingegen die unmittelbaren Basisbrekzien lokales Material führen. Für das Grundkonglomerat ist die Führung von mesozoischen Kalkgeröllen, Sideritgeröllen und Geröllen des Grazer Paläozoikums charakteristisch.

Über den Grundkonglomeraten folgen in den meisten Gosaubecken ebenso wie in der Kainacher Gosau häufig kohleführende oder bituminöse Mergel und Sand- oder Siltsteine.

Im Hangenden dieser Entwicklung beginnt in den verschiedenen Becken zeitlich ungleich eine bunte Mergelentwicklung. Die kalkreichen Mergel wechseln häufig mit gradierten Feinsandsteinen, wobei auch gröbere Horizonte auftreten können (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 44).

5.4.5 Material der Werfener Schichten

Die Werfener Schichten umfassen einen stellenweise bis zu 1.500 m mächtigen Schichtstoß. Lithologisch gliedern sie sich in Werfener Quarzite, Werfener Schiefer, und Werfener Kalke. Bei ersteren handelt es sich um graue, grüne oder rosafarbige, meist gebankte Quarzite, Glimmerquarzite und Feinsandsteine. Die überlagernden Schiefer bestehen aus roten, violetten, grünen, grauen oder bräunlichen, glimmerführenden Tonsteinen bis Tonschiefern oder Siltsteinen, die mit sandigen Schiefen oder schiefrigen Sandsteinen wechseln. Brekzien können örtlich ausgebildet sein. Die bis zu 300 m mächtigen, dünnsschichtigen Werfener Kalke bestehen aus blaugrauen, rötlichen oder gelblichen unreinen Kalkmergeln, sandigen, dunkelfleckigen Bankkalken, Sandsteinen und glimmerführenden Tonschiefern.

Örtlich wurde eine schwache Metamorphose festgestellt.

Die Werfener Schichten können als transgressiver Ablagerungszyklus am inneren Schelf des Tethysrandes aufgefasst werden. Hydrogeologisch sind sie als wasserstauendes Element von Bedeutung, wobei häufige Wasseraustritte, Rieselquellen und Vernässungen charakteristisch sind (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 35 - 36).

5.4.6 Semmering-Wechsel-Kristallin

Das Unterostalpine Deckenstockwerk tritt im oststeirischen Kristallin mit dem tieferen Wechsel- und dem höheren Semmeringsystem auf. Letzteres gliedert sich in die Stuhleck-Kirchberg-, die Mürz-Tackenberg- und die Roßkogeldecke, die durch mesozoische Mulden getrennt sind. Die Semmeringquarzite sind hellgrüne bis weiße, feinkörnige Serizitquarzite sowie Quarzkonglomerate mit rosafarbenen Quarzgeröllen. Sie sind meist gut gebankt, jedoch zufolge tektonischer Zerrüttung häufig stark vergrust. Das Kristallin der Grobgneisdecken ist vom mittelostalpinen Kristallin durch seinen Reichtum an granitoiden Gesteinen und durch deren einförmige Zusammensetzung unterschieden. Der unter verschiedenen Namen bekannte Grobgneis (Mürztaler Grobgneis, Wenigzeller Grobgneis, Birkfelder Granit) ist ein einförmiger Augengneis mit großer Ausdehnung (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 70 - 77).

5.4.7 Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Grauwackenzone

Die steirische Grauwackenzone im Liegenden der Kalkalpen wird durch eine alpidische Deckenbahn, die Norische Überschiebung, in zwei Einheiten gegliedert, die sich grundlegend voneinander unterscheiden. Während die tiefere Veitscher Decke karbone Schichtglieder umfasst, besteht die hangende Norische Decke überwiegend aus altpaläozoischen Formationen. Da sie sedimentär mit dem Tirolikum verknüpft ist, kann sie als ein Teil von diesem betrachtet werden.

Unklar ist, wieweit die zwischen beiden Hauptdecken gelegentlich auftretenden höhermetamorphen Schollen die primäre Basis der Norischen Decke darstellen oder tektonische Schürflinge sind (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 27 - 29).

5.4.8 Kalkhaltiges und kalkfreies Steirisches Paläozoikum

Das Grazer Paläozoikum besteht aus den folgenden Fazies- oder Mehrfaziesdecken:

- Passailer Gruppe
- Schöckelgruppe
- Laufnitzdorfer Gruppe
- Rannach-, Heuberg-, Hochlantsch-Decke
- Hochschlaggruppe

Ihre ursprünglichen Beziehungen zueinander sind ebensowenig geklärt wie teilweise ihre Schichtglieder und deren Alter.

Das Paläozoikum von Remschnigg, Sausal, St. Anna am Aigen und des Steirischen Tertiärbeckens beinhaltet altpaläozoische Schichtfolgen, wobei die stratigraphisch tiefsten Glieder vulkanische Tuffe, Fleckengrünschiefer und Diabase sein dürften. Das Hangende dieses Altpaläozoikums bilden dunkle Tonschiefer und Sandsteine. Dem können rote und bunte Sandsteine, Konglomerate mit Kristallin- und Quarzgeröllen sowie hellgraue, quarzitisches Sandsteine zugerechnet werden.

Murauer und Gurktaler Paläozoikum sind Teile der Gurktaler Decke, die dem Mittelostalpinen Kristallin auflagert. Sie wird in die Murauer-, die Stolzalpen- und die Ackerldecke gegliedert (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 44 - 45).

5.4.9 Kalkhaltige und kalkfreie Steirische Kristalline Schiefer

Das mittelostalpine Kristallin lässt sich nach der lithologischen Zusammensetzung in drei Großeinheiten aufgliedern:

- Muriden (Muralpenkristallin):
Ihr tiefstes Stockwerk wird vom Ammeringkomplex (Plagioklasgneiskomplex) gebildet; das Hangende bildet ein weithin zu verfolgender Augengneiszug. Darüber liegen Amphibolite; in ihrem Hangenden folgen mächtige Glimmerschiefer.
- Koriden (Koralmkristallin):
Hier werden mehrere Gesteinsgruppen unterschieden, die durch Bewegungshorizonte (Plattengneise) voneinander getrennt sind. Vorherrschend sind Stanrolithgneise und Staurolithglimmerschiefer, pegmatoide Gneise und Glimmerschiefer sowie Gneisquarzite.
- Das Glimmerschieferstockwerk im Hangenden der Koriden ist im steirischen Anteil praktisch nur durch die Plankogelserie vertreten (FLÜGEL u. NEUBAUER, 1984, pag 61 - 66).

5.5 Statistischer Vergleich der Bodeneigenschaften

5.5.1 Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Grundmoräne

Dieser Vergleich betrifft die geologisch-lithologischen Einheiten 209, 210, 211 und 212. Signifikante Unterschiede nach dem KRUSKAL-WALLIS-Test zeigen die Variablen pH-Wert, Kalkgehalt, Humusgehalt, Sandanteil, Summe austauschbare Kationen, Kalium-Sättigung sowie die Spurenelemente Arsen, Kupfer und Zink. In den Abbildungen 1 bis 3 sind diese Spurenelementgehalte dargestellt, auf eine Darstellung der anderen Parameter wurde aus Platzgründen verzichtet.

Die zunächst nur in der Steiermark auftretenden Materialien der Grundmoräne zeigen, verglichen mit denen der Endmoränen in Oberösterreich, einen deutlich höheren Arsengehalt. Das kalkhaltige Material der Grundmoräne hat außerdem einen höheren Gehalt an Kupfer und Zink, während das kalkfreie Material einen etwa gleichen Gehalt an beiden Elementen aufweist wie die Materialien der Endmoräne.

5.5.2 Material der Steirischen Niederterrassen

Dieses Material wird mit den anderen, eiszeitlichen Materialien, nämlich mit kalkhaltigem und kalkfreiem älterem Schwemmaterial und mit kalkhaltigem und kalkfreiem, sonstigem eiszeitlichem Material verglichen; die Einheiten tragen die Bezeichnungen 201, 202, 213, 298 und 299. Signifikante Unterschiede sind bei den Parametern pH-Wert, Kalk, Humus, Sand-, Schluff- und Tonanteil, der Summe der austauschbaren Kationen, der Sättigungen mit Ca, Mg, K und Na sowie bei den Spurenelementen As, Cr, Cu, Ni und Zn, also bei allen untersuchten Variablen, gegeben. In den Abbildungen 4 bis 9 werden die Unterschiede im Sandanteil, im Tonanteil, der Summe der austauschbaren Kationen, der Kalium-Sättigung sowie in den Gehalten an Arsen und Zink dargestellt.

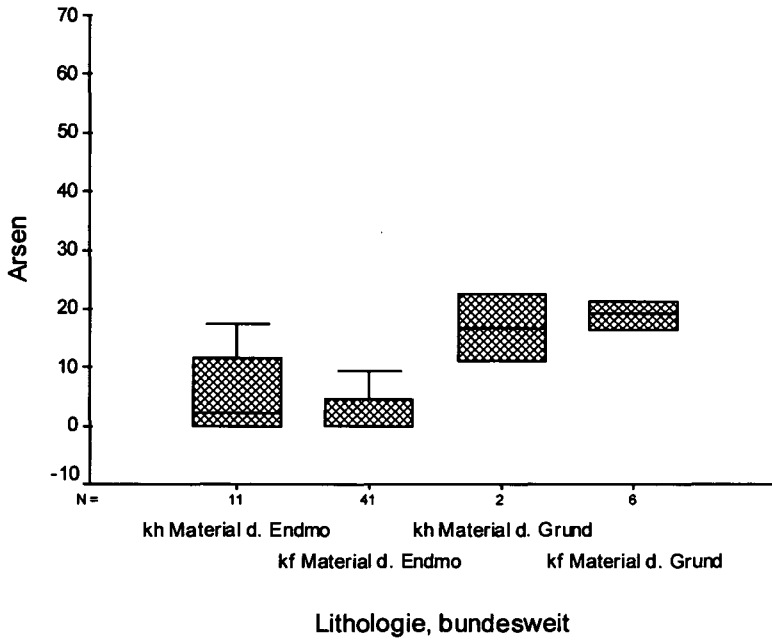


Abbildung 1: Vergleich der Einheiten 209, 210, 211 und 212. Gehalt an Arsen (Ordinate: mg As/kg Boden).

Tabelle 11: Signifikanzprüfung zu Abbildung 1.

Name	BULIT	Median	210	209	211
kf Mat.d. Endmoränen	210	2,00			
kh Mat.d. Endmoränen	209	2,17	-		
kh Mat d. Grundmoränen	211	16,8	*	-	
kf Mat. d. Grundmoränen	212	19,3	*	*	-



Abbildung 2: Vergleich der Einheiten 209, 210, 211 und 212. Gehalt an Kupfer (Ordinate: mg Cu/kg Boden).

Tabelle 12: Signifikanzprüfung zu Abbildung 2.

Name	BULIT	Median	210	212	209
kf Mat.d. Endmoränen	210	19,7			
kf Mat. d. Grundmoränen	212	24,9	-		
kh Mat d. Endmoränen	209	25,9	*	-	
kh Mat d. Grundmoränen	211	35,0	*	-	-

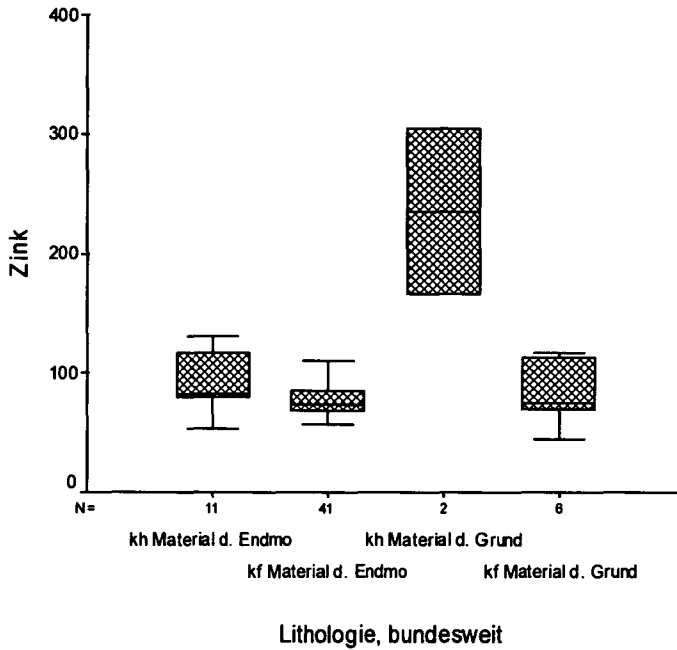


Abbildung 3: Vergleich der Einheiten 209, 210, 211 und 212. Gehalt an Zink (Ordinate: mg Zn/kg Boden).

Tabelle 13: Signifikanzprüfung zu Abbildung 3.

Name	BULIT	Median	210	212	209
kf Mat.d. Endmoränen	210	74			
kf Mat. d. Grundmoränen	212	75	-		
kh Mat.d. Endmoränen	209	110	*	-	
kh Mat d. Grundmoränen	211	235	*	-	-

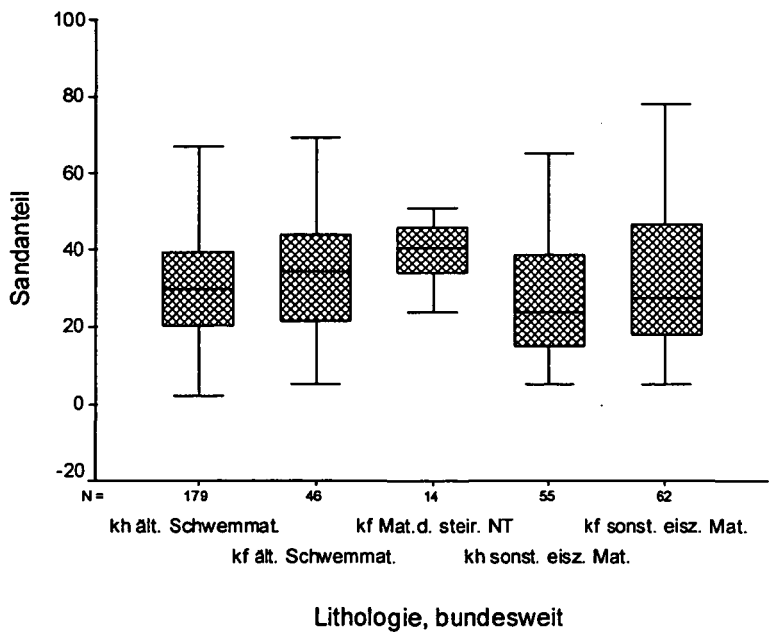


Abbildung 4: Vergleich der Einheiten 201, 202, 213, 298 und 299 Sandanteil (Ordinate: Masse % Sand).

Tabelle 14: Signifikanzprüfung zu Abbildung 4.

Name	BULIT	Median	298	299	201	202
kh sonst. eiszeitl. Material	298	24,0				
kf sonst. eiszeitl. Material	299	27,5	-			
kh älteres Schwemmaterial	201	30,0	-	-		
kf älteres Schwemmaterial	202	34,5	-	-	-	
kf Material d. Steir. Niederterrassen	213	40,4	*	-	*	-

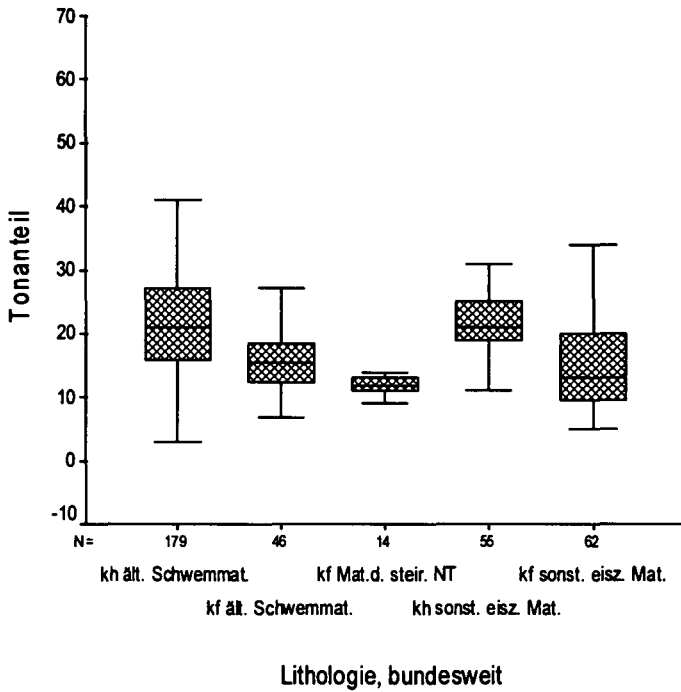


Abbildung 5: Vergleich der Einheiten 201, 202, 213, 298 und 299 Tonanteil (Ordinate: Masse % Ton).

Tabelle 15: Signifikanzprüfung zu Abbildung 5.

Name	BULIT	Median	213	299	202	298
kf Material d. Steir. Niederterrassen	213	9,0				
kf sonst. eiszeitl. Material	299	13,0	-			
kf älteres Schwemmaterial	202	15,0	*	-		
kh sonst. eiszeitl. Material	298	21,0	*	*	*	
kh älteres Schwemmaterial	201	21,0	*	*	*	-

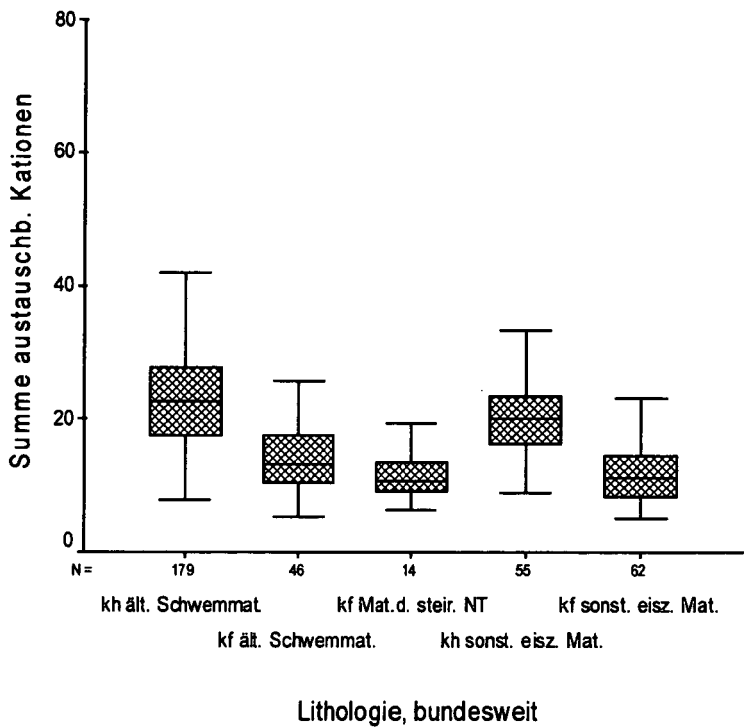


Abbildung 6: Vergleich der Einheiten 201, 202, 213, 298 und 299. Summe austauschbare Kationen (Ordinate: cmol/kg Boden).

Tabelle 16: Signifikanzprüfung zu Abbildung 6.

Name	BULIT	Median	213	299	202	298
kf Material d. Steir. Niederterrassen	213	10,7				
kf sonst. eiszeitl. Material	299	11,2	-			
kh älteres Schwemmaterial	202	13,3	-	*		
kh sonst. eiszeitl. Material	298	20,1	*	*	*	
kh älteres Schwemmaterial	201	22,6	*	*	*	*

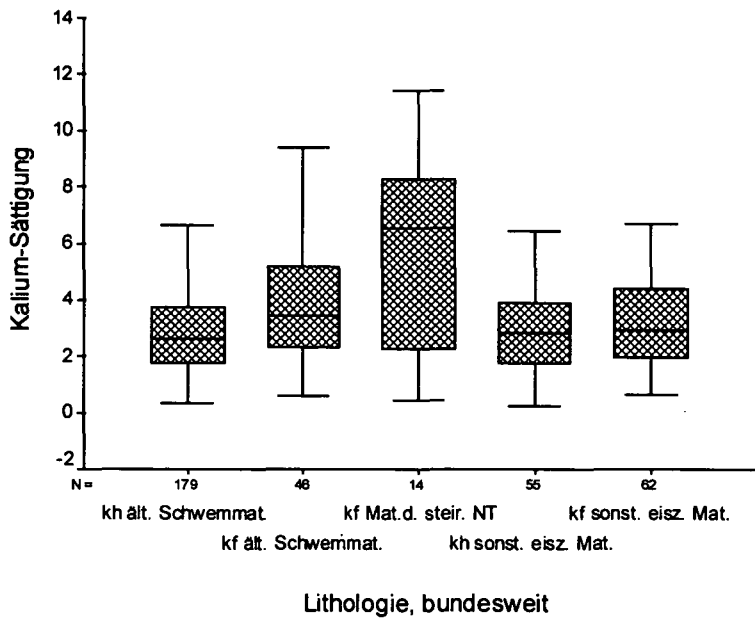


Abbildung 7: Vergleich der Einheiten 201, 202, 213, 298 und 299. Kalium – Sättigung (Ordinate: K in % der Sorptionskapazität).

Tabelle 17: Signifikanzprüfung zu Abbildung 7.

Name	BULIT	Median	201	298	299	202
kh älteres Schwemmaterial	201	2,6				
kh sonst. eiszeitl. Material	298	2,8	-			
kf sonst. eiszeitl. Material	299	2,9	-	-		
kf älteres Schwemmaterial	202	3,4	*	*	-	
kf Material d. Steir. Niederterrassen	213	6,5	*	*	*	-

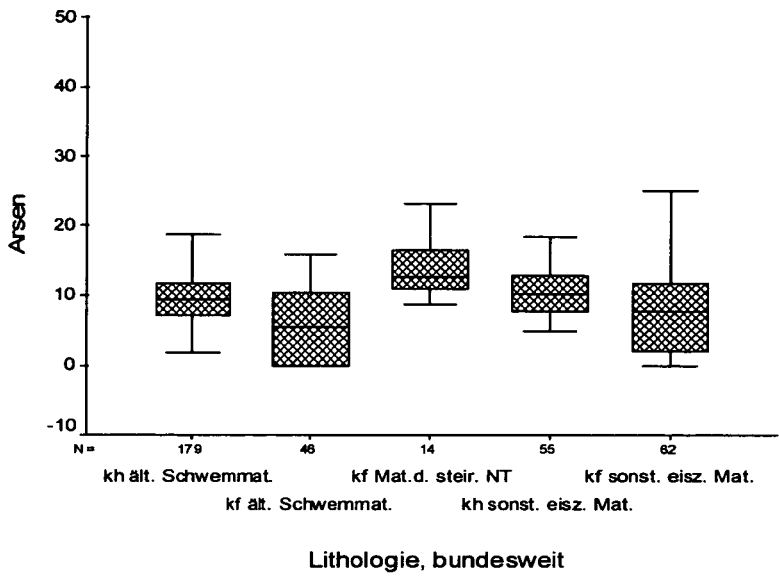


Abbildung 8: Vergleich der Einheiten 201,202, 213, 298 und 299. Gehalt an Arsen (Ordinate: mg As/kg Boden).

Tabelle 18: Signifikanzprüfung zu Abbildung 8.

Name	BULIT	Median	202	299	201	298
kf älteres Schwemmaterial	202	5,5				
kf sonst. eiszeitl. Material	299	7,6	-			
kh älteres Schwemmaterial	201	9,4	*	*		
kh sonst. eiszeitl. Material	298	10,2	*	*	-	
kf Material d. Steir. Niederterrassen	213	12,6	*	*	*	*

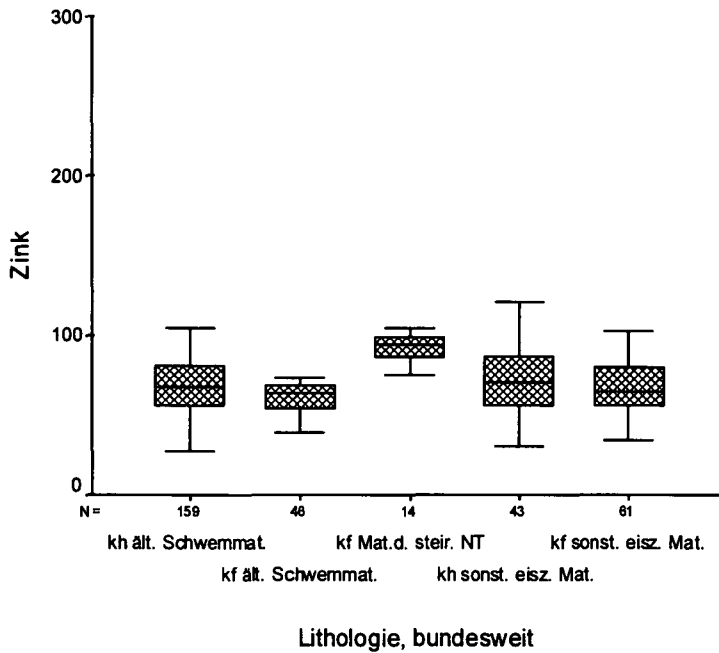


Abbildung 9: Vergleich der Einheiten 201, 202, 213, 298 und 299. Gehalt an Zink (Ordinate: mg Zn/kg Boden) .

Tabelle 19: Signifikanzprüfung zu Abbildung 9.

Name	BULIT	Median	202	299	201	298
kf älteres Schwemmaterial	202	64,1				
kf sonst. eiszeitl. Material	299	64,8	-			
kh älteres Schwemmaterial	201	68,0	-	-		
kh sonst. eiszeitl. Material	298	70,3	-	-	-	
kf Material d. steir. Niederterrassen	213	93,9	*	*	*	*

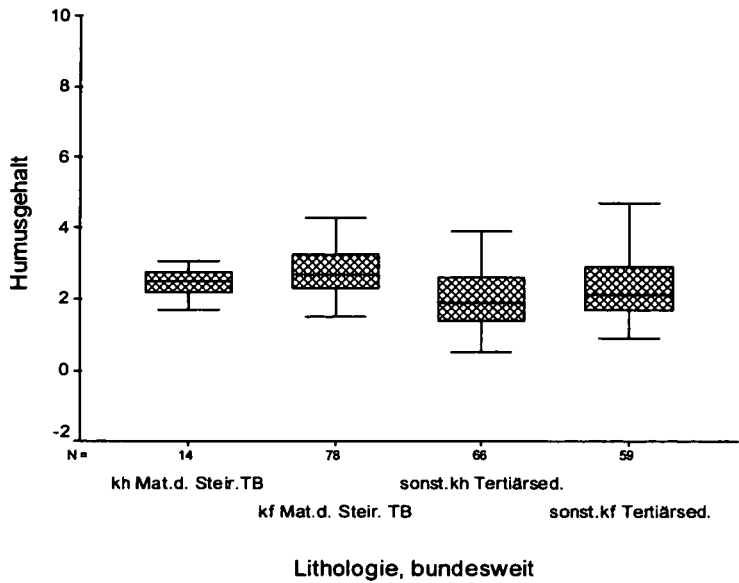


Abbildung 10: Vergleich der Einheiten 306, 307, 398 und 399. Humusgehalt (Ordinate: Masse % Humus).

Tabelle 20: Signifikanzprüfung zu Abbildung 10.

Name	BULIT	Median	398	399	306
sonstige kh Tertiärsedimente	398	1,90			
sonstige kf Tertiärsedimente	399	2,10	-		
kh Material d. Steirischen Tertiärbeckens	306	2,49	*	-	
kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens	307	2,70	*	*	-

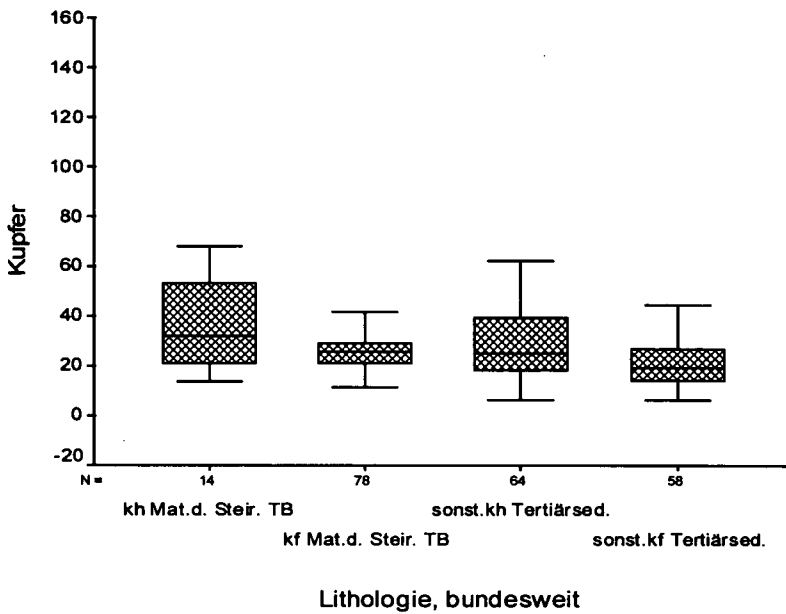


Abbildung 11: Vergleich der Einheiten 306, 307, 398 und 399. Gehalt an Kupfer (Ordinate: mg Cu/kg Boden).

Tabelle 21: Signifikanzprüfung zu Abbildung 11.

Name	BULIT	Median	399	398	307
sonstige kh Tertiärsedimente	399	19,4			
sonstige kf Tertiärsedimente	398	25,0	*		
kh Material d. Steirischen Tertiärbeckens	307	25,7	*	-	
kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens	306	31,8	*	-	-

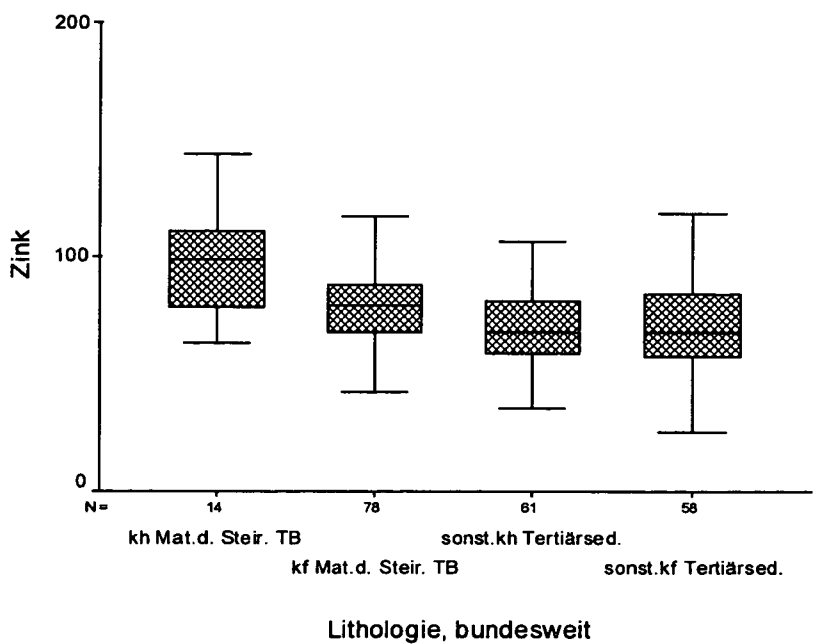


Abbildung 12: Vergleich der Einheiten 306, 307, 398 und 399. Gehalt an Zink (Ordinate: mg Zn/kg Boden).

Tabelle 22: Signifikanzprüfung zu Abbildung 12.

Name	BULIT	Median	398	399	307
sonstige kh Tertiärsedimente	398	67,5			
sonstige kf Tertiärsedimente	399	67,6	-		
kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens	307	78,8	*	*	
kh Material d. Steirischen Tertiärbeckens	306	98,7	*	*	*

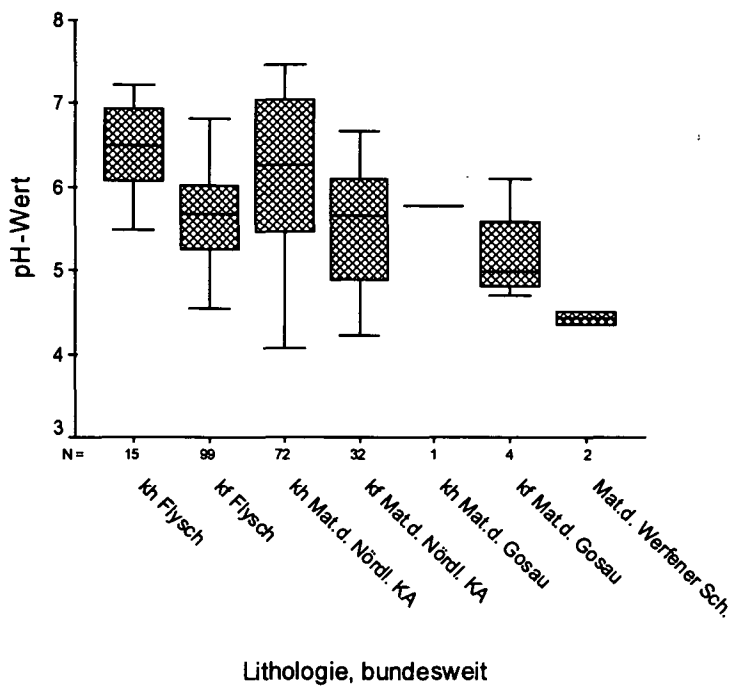


Abbildung 13: Vergleich der Einheiten 406, 407, 408, 401, 402, 403 und 404. pH-Wert (Ordinate: pH-Einheiten).

Tabelle 23: Signifikanzprüfung zu Abbildung 13

Name	BULIT	Median	408	407	404	402	406	403
Material d. Werfener Schichten	408	4,4						
kf Material d. Gosau	407	5,0	-					
kf Mat. d. Nörtl. Kalkalpen	404	5,7	*	-				
kf Flysch	402	5,7	*	-	-			
kh Material d. Gosau	406	5,8	-	-	-	-		
kh Mat. d. Nörtl. Kalkalpen	403	6,3	*	*	*	*	-	
kh Flysch	401	6,5	*	*	*	*	-	-

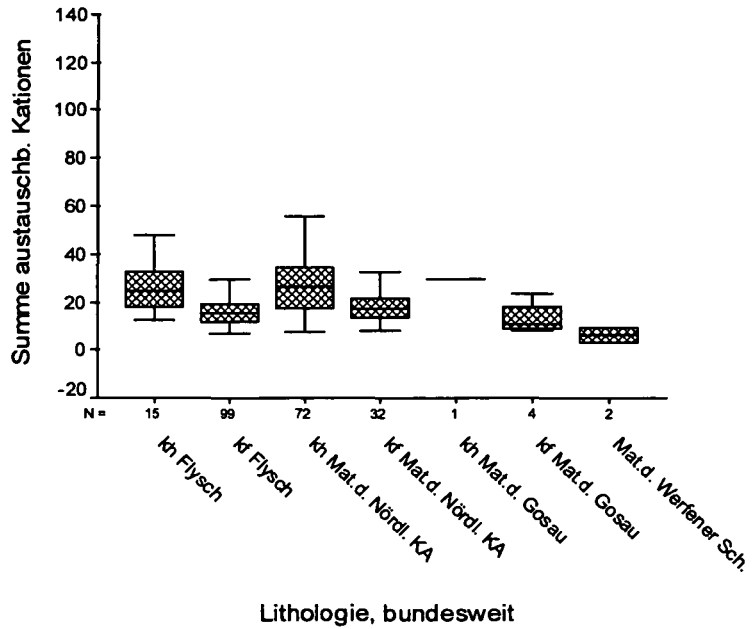


Abbildung 14: Vergleich der Einheiten 406, 407, 408, 401, 402, 403 und 404. Summe austauschbare Kationen (Ordinate: cmol/kg Boden).

Tabelle 24: Signifikanzprüfung zu Abbildung 14

Name	BULIT	Median	408	407	402	404	403	401
Material d. Werfener Schichten	408	6,1						
kf Material d. Gosau	407	10,6	-					
kf Flysch	402	15,2	*	-				
kf Mat. d. Nörtl. Kalkalpen	404	17,2	*	-	-			
kh Flysch	401	24,3	*	*	*	*		
kh Mat. d. Nörtl. Kalkalpen	403	26,2	*	*	*	*	-	
kh Material d. Gosau	406	29,3	-	-	-	-	-	-

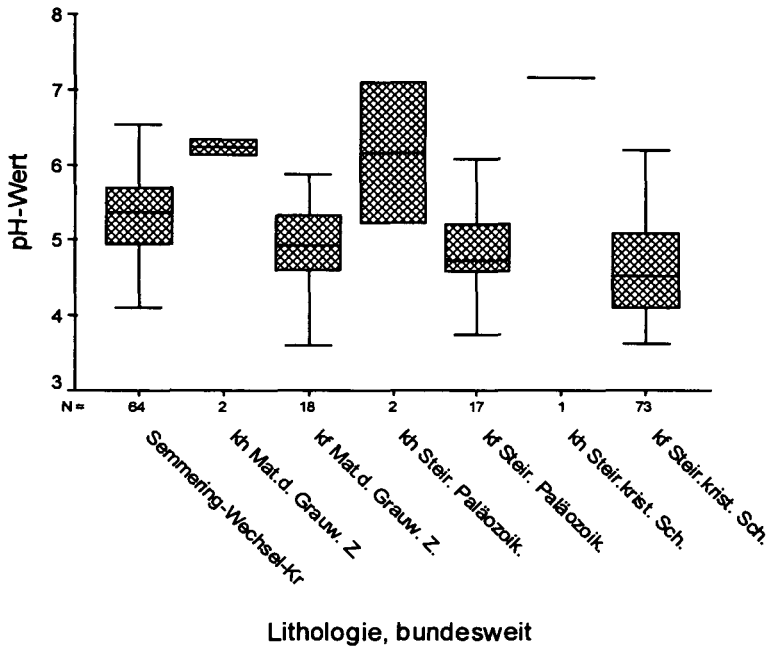


Abbildung 15: Vergleich der Einheiten 501, 607, 608, 609, 610, 611 und 612. pH-Wert (Ordinate pH-Einheiten).

Tabelle 25: Signifikanzprüfung zu Abbildung 15

Name	BULIT	Median	612	610	608	501	609	607
kf Steirische Kristalline Schiefer	612	4,53						
kf Steirisches Paläozoikum	610	4,73	-					
kf Material d. Grauwackenzone	608	4,93	*	-				
Semmering-Wechsel-Kristallin	501	5,36	*	*	*			
kh Steirisches Paläozoikum	609	6,16	*	-	-	-		
kh Material d. Grauwackenzone	607	6,23	*	*	*	*	-	
kh Steirische Kristalline Schiefer	611	7,16	*	-	-	*	-	-

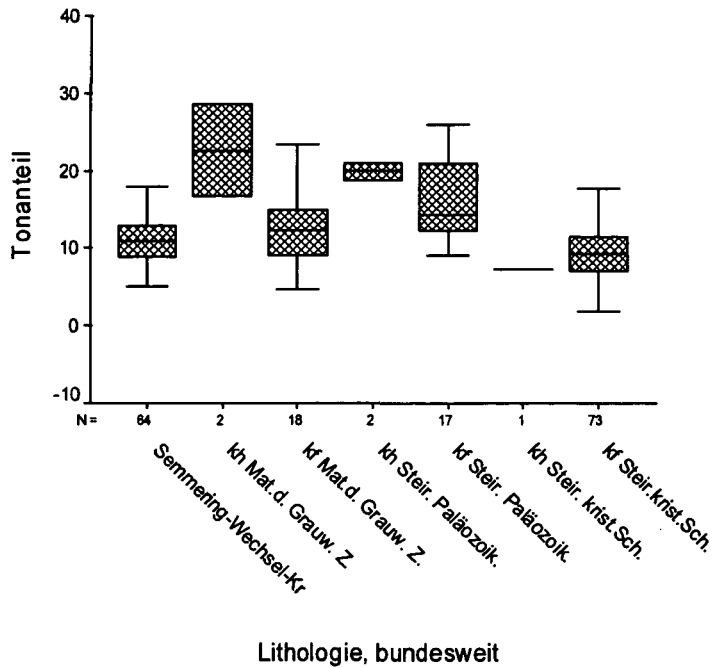


Abbildung 16: Vergleich der Einheiten 501, 607, 608, 609, 610, 611 und 612. Tonanteil (Ordinate: Masse % Ton).

Tabelle 26: Signifikanzprüfung zu Abbildung 16

Name	BULIT	Median	611	612	501	608	610	609
kh Steirische Kristalline Schiefer	611	7,3						
kf Steirische Kristalline Schiefer	612	9,3	-					
Semmering-Wechsel-Kristallin	501	10,9	-	*				
kf Material d. Grauwackenzone	608	12,4	-	*	-			
kf Steirisches Paläozoikum	610	14,3	-	*	*	-		
kh Steirisches Paläozoikum	609	19,3	-	*	*	*	-	
kh Material d. Grauwackenzone	607	22,6	-	*	*	*	-	-

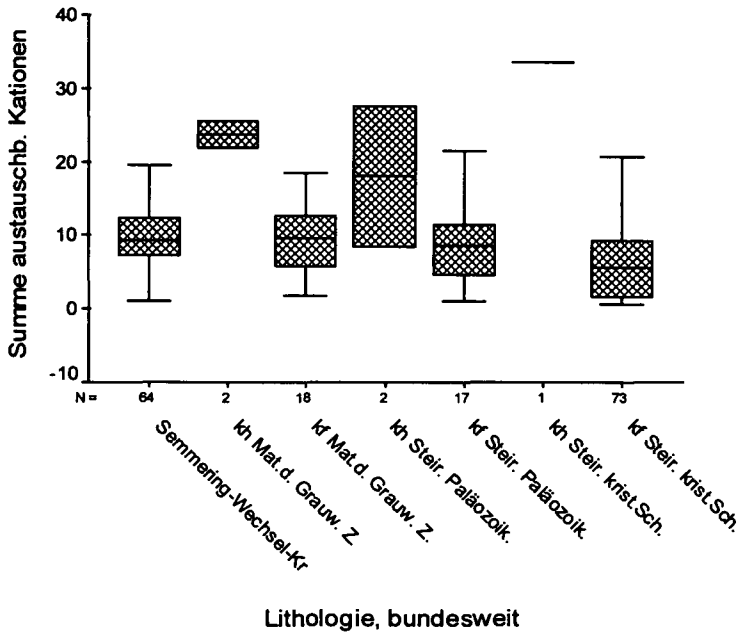


Abbildung 17: Vergleich der Einheiten 501, 607, 608, 609, 610, 611 und 612. Summe austauschbare Kationen (Ordinate: cmol/kg Boden).

Tabelle 27: Signifikanzprüfung zu Abbildung 17

Name	BULIT	Median	612	610	501	608	609	607
kf Steirische Kristalline Schiefer	612	5,6						
kf Steirisches Paläozoikum	610	8,8	-					
Semmering-Wechsel-Kristallin	501	9,2	*	-				
kf Material d. Grauwackenzone	608	9,6	*	-	-			
kh Steirisches Paläozoikum	609	18,0	-	-	-	-		
kh Material d. Grauwackenzone	607	23,7	*	*	*	*	-	
kh Steirische Kristalline Schiefer	611	33,7	*	-	*	-	-	-

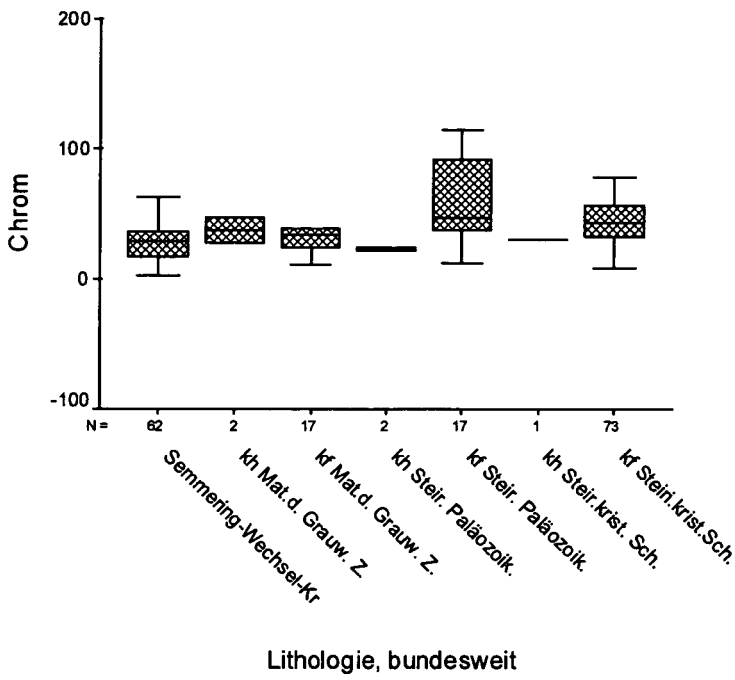


Abbildung 18: Vergleich der Einheiten 501, 607, 608, 609, 610, 611 und 612. Gehalt an Chrom (Ordinate: mg Cr/kg Boden).

Tabelle 28: Signifikanzprüfung zu Abbildung 18

Name	BULIT	Median	609	501	611	608	607	612
kh Steirisches Paläozoikum	609	23,4						
Semmering-Wechsel-Kristallin	501	29,2	-					
kh Steirische Kristalline Schiefer	611	30,7	-	-				
kf Material d. Grauwackenzone	608	33,3	-	-	-			
kh Material d. Grauwackenzone	607	37,0	-	-	-	-		
kf Steirische Kristalline Schiefer	612	43,0	*	*	-	-	-	
kf Steirisches Paläozoikum	610	47,1	-	*	-	-	-	-

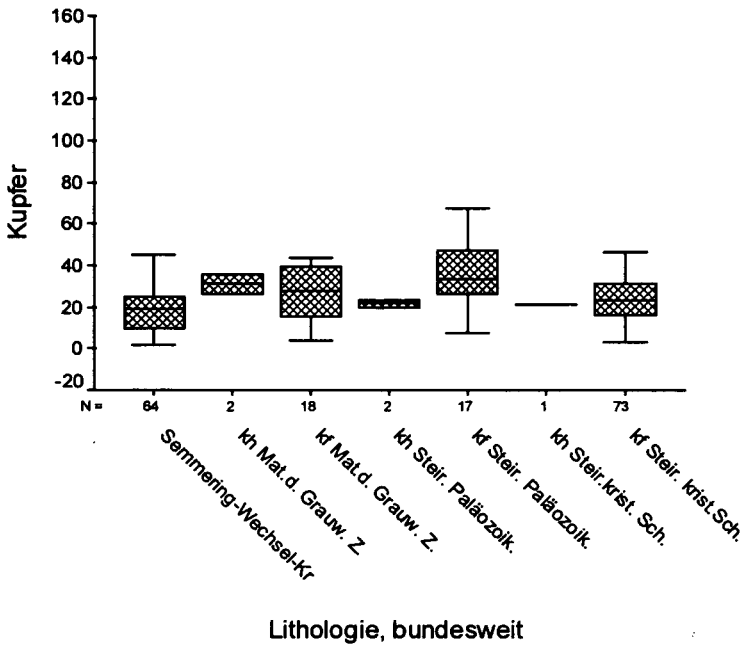


Abbildung 19: Vergleich der Einheiten 501, 607, 608, 609, 610, 611 und 612. Gehalt an Kupfer (Ordinate: mg Cu/kg Boden).

Tabelle 29: Signifikanzprüfung zu Abbildung 19

Name	BULIT	Median	501	611	609	612	608	607
Semmering-Wechsel-Kristallin	501	19,4						
kh Steirische Kristalline Schiefer	611	21,1	-					
kh Steirisches Paläozoikum	609	21,6	-	-				
kf Steirische Kristalline Schiefer	612	23,1	*	-	-			
kf Material d. Grauwackenzone	608	27,4	*	-	-	-		
kh Material d. Grauwackenzone	607	31,1	-	-	-	-	-	
kf Steirisches Paläozoikum	610	33,7	*	-	-	*	-	-

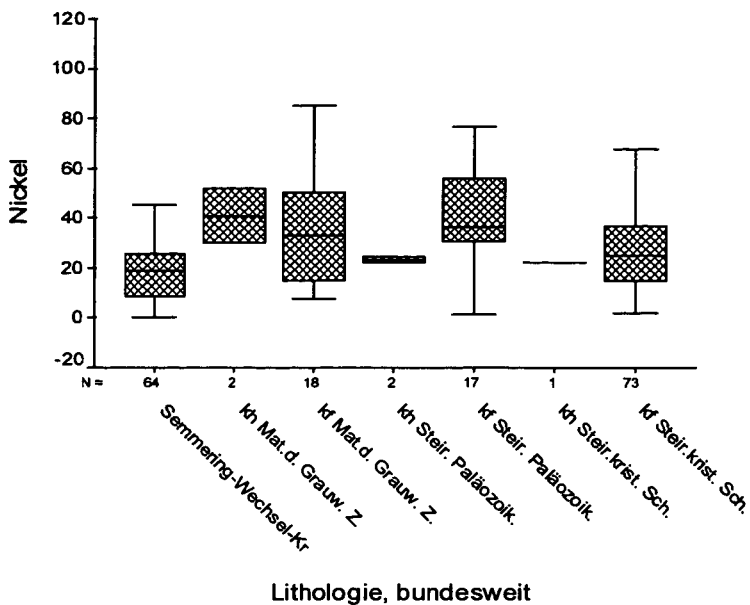


Abbildung 20: Vergleich der Einheiten 501, 607, 608, 609, 610, 611 und 612. Gehalt an Nickel (Ordinate: mg Ni/kg Boden).

Tabelle 30: Signifikanzprüfung zu Abbildung 20

Name	BULIT	Median	501	611	609	612	608	610
Semmering-Wechsel-Kristallin	501	18,8						
kh Steirische Kristalline Schiefer	611	22,3	-					
kh Steirisches Paläozoikum	609	23,3	-	-				
kf Steirische Kristalline Schiefer	612	24,8	*	-	-			
kf Material d. Grauwackenzzone	608	32,8	*	-	-	-		
kf Steirisches Paläozoikum	610	36,4	*	-	-	*	-	
kh Material d. Grauwackenzzone	607	40,9	*	-	-	-	-	-

5.5.3 Kalkhaltiges und kalkfreies Material des Steirischen Tertiärbeckens

Das Material des Steirischen Tertiärbeckens wird mit den sonstigen Tertiärsedimenten verglichen. Der KRUSKAL-WALLIS-Test ergibt signifikante Unterschiede für die Parameter pH-Wert, Kalk, Humus, die Anteile an Sand und Ton, die Summe der austauschbaren Kationen, die Sättigungen mit Ca, Mg, K und Na sowie die Gehalte an Kupfer und Zink. In den Abbildungen 10, 11 und 12 werden die Unterschiede im Humusgehalt sowie in den Gehalten an Kupfer und Zink dargestellt.

5.5.4 Kalkhaltiges und kalkfreies Material der Gosau sowie Material der Werfener Schichten

Hier werden die Einheiten der Gosau und der Werfener Schichten mit den Einheiten des Flysch und der Nördlichen Kalkalpen verglichen. Alle vorliegenden Parameter zeigen signifikante Unterschiede im KRUSKAL-WALLIS-Test. In den Abbildungen 13 und 14 werden der pH-Wert und die Summe der austauschbaren Kationen dargestellt.

5.5.5 Die paläozoischen Einheiten

Semmering-Wechsel-Kristallin, kalkhaltiges und kalkfreies Material der Grauwackenzone, kalkhaltiges und kalkfreies Steirisches Paläozoikum sowie kalkhaltige und kalkfreie Steirische Kristalline Schiefer.

Im KRUSKAL-WALLIS-Test zeigen alle untersuchten Variablen signifikante Unterschiede. Tatsächlich sind jedoch die sieben verglichenen Einheiten einander ziemlich ähnlich. Zusätzlich sind einzelne Einheiten zu schwach besetzt, um signifikante Unterschiede zu ergeben.

Da sowohl kalkhaltige als auch kalkfreie Einheiten im Vergleich enthalten sind, ergeben der Kalkgehalt und der pH-Wert (Abb. 15) die deutlichsten Verschiedenheiten. Die Unterschiede in der Bodenart sind gering, Abb. 16 zeigt den Tongehalt, Abb. 17 die Summe der austauschbaren Kationen. Auch der Gehalt an Spurenelementen in den geprüften Einheiten ist sehr ähnlich, die Abbildungen 18 bis 20 zeigen die Unterschiede im Chrom-, Kupfer- und Nickelgehalt.

5.6 Die Bildung von Untereinheiten und die Abschätzung ihrer Flächenanteile

So wie in früheren Arbeiten (DANNEBERG et al., 1994; DANNEBERG et al., 1998; DANNEBERG et al., 2000) wurden bodenkundliche und geologisch-lithologische Einheiten zu einem System von Untereinheiten der Art „Bodentyp auf bodenbildendem Substrat“ kombiniert. Dabei steht die bodenkundliche Einheit auf der ersten, die geologisch-lithologische Einheit auf der zweiten hierarchischen Ebene. Aus der den Untereinheiten zugehörigen Punktezah kann, bei Berücksichtigung der jeweiligen Punktedichte im Rasternetz, der Anteil der Untereinheit an der landwirtschaftlichen Nutzfläche abgeschätzt werden. Tabelle 11 stellt die Untereinheiten und ihre Flächenanteile zusammen.

Tabelle 31: Die Bildung von Untereinheiten und die Abschätzung ihrer Flächenanteile

Nr	Name	NÖ	Bgld	OÖ	Stmk	NÖ	Bgld	OÖ	Stmk	Ges.	%
	Moore			1				1148		1000	0,05
1	Torf			1				1148		1000	0,05
	Anmoore	9		1	1	5943		1148	1299	8000	0,37
2	versch. Substraten	9		1	1	5943		1148	1299	8000	0,37
	kh Auböden	45	5	13	12	29713	6421	14919	15593	67000	2,97
3	kh jung. Schwemmaterial	44	5	12	12	29052	6421	13771	15593	65000	2,89
4	anderen Substraten	1		1		660		1148		2000	0,08
	kf Auböden	5	4	3	16	3301	5136	3443	20790	33000	1,46
5	kf jung. Schwemmaterial	5	4	3	16	3301	5136	3443	20790	33000	1,46
	kh Gleye	17	3	1	1	11225	3852	1148	1299	18000	0,78
6	kh jung. Schwemmaterial	12	2	1	1	7923	2568	1148	1299	13000	0,58
7	anderen Substraten	5	1			3301	1284			5000	0,20
	kf Gleye	47	14	23	42	31033	17978	26395	54574	130000	5,80
8	kh jung. Schwemmaterial	16	13	4	36	10564	16694	4590	46778	79000	3,51
9	kf Krumen-u. Kolluvialmaterial	3		10		1981		11476		13000	0,60
10	Graniten d. Böhm. Masse	10		2		6603		2295		9000	0,40
11	Schiefer/Gneise d. Böhm. Masse	6				3962				4000	0,18
12	kf Flysch	5				3301				3000	0,15
13	anderen Substraten	7	1	7	6	4622	1284	8033	7796	22000	0,97
	Pseudogleye	99	17	46	38	65368	21830	52790	49377	189000	8,44
14	„Deckenlehm“	33		28	17	21789		32133	22090	76000	3,39
15	kf Flysch	32		9		21129		10328		31000	1,40
16	sonst. kf Tertiärsediment	5	9		2	3301	11557		2599	17000	0,78
17	kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens				12				15593	16000	0,70
18	Molasse/Schlier	6		5		3962		5738		10000	0,43
19	kf sonst. eiszeitl. Material	3	5	1		1981	6421	1148		10000	0,43
20	kf Molasse	5				3301				3000	0,15
21	anderen Substraten	15	3	3	7	9904	3852	3443	9096	26000	1,17
	Reliktpseudogleye	40		1		26411		1148		28000	1,23
22	alte Verwitterungsdecke im Kristallin	39				25751				26000	1,15
23	anderen Substraten	1		1		660		1148		2000	0,08
	Solonetze, Solontschake		2				2568			3000	0,11
24	versch. Substraten		2				2568			3000	0,11

	kh Anmoore, versalzt		3				3852			4000	0,17
25	versch. Substraten		3				3852			4000	0,17
	kh Feuchtschwarzerde, versalzt		13				16694			17000	0,74
26	kh ält. Schwemmaterial		8				10273			10000	0,46
27	anderen Substraten		5				6421			6000	0,29
	kh Kulturrohbböden, Rigolböden	66	4	3	3	43578	5136	3443	3898	56000	2,50
28	Löß	48		2		31693		2295		34000	1,52
29	sonst. kh Tertiärsedimente	8	3			5282	3852			9000	0,41
30	anderen Substraten	10	1	1	3	6603	1284	1148	3898	13000	0,58
	kf Kulturrohbböden, Rigolböden	2	9	9	20	1321	11557	10328	25988	49000	2,19
31	kf Mat.d. Steir. Tertiärbeckens				18				23389	23000	1,04
32	sonst. kf Tertiärsediment		9				11557			12000	0,52
33	Molasse/Schlier			8				9181		9000	0,41
34	anderen Substraten	2		1	2	1321	0	1148	2599	5000	0,23
	Tschernoseme, Braune Tschernoseme	299	40			197424	51365			249000	11,09
35	Löß	154	15			101683	19262			121000	5,39
36	kh ält. Schwemmaterial	75	3			49521	3852			53000	2,38
37	kh sonst. eiszeitl. Material	24				15847				16000	0,71
38	sonst. kh Tertiärsedimente	16	8			10564	10273			21000	0,93
39	kh Parndf-Seewinkel-Terr.sed.		13			0	16694			17000	0,74
40	kh jüng. Schwemmaterial	11	1			7263	1284			9000	0,38
41	kh Molasse	12				7923				8000	0,35
42	anderen Substraten	7				4622				5000	0,21
	Paratschernoseme	22	9			14526	11557			26000	1,16
43	kf Parndf-Seewinkel-Terr.sed.		9				11557			12000	0,52
44	anderen Substraten	22								15000	0,65
	kh Feuchtschwarzerden	69	7			45559	8989			55000	2,43
45	kh ält. Schwemmaterial	46	1			30373	1284			32000	1,41
46	kh jüng. Schwemmaterial	8	3			5282	3852			9000	0,41
47	kh Molasse	7				4622				5000	0,21
48	anderen Substraten	8	3			5282	3852			9000	0,41
	kf Feuchtschwarzerden	7	1			4622	1284			6000	0,26
49	versch. Substraten	7	1			4622	1284			6000	0,26
	Rendsinen, Pararendsinen	32	1	5	8	21129	1284	5738	10395	39000	1,72
50	kh ält. Schwemmaterial	12		3		7923		3443		11000	0,51
51	kh Material d. Nördlichen Kalkalpen	9			5	5943			6497	12000	0,55
52	anderen Substraten	11	1	2	3	7263	1284	2295	3898	15000	0,66
	Ranker	11		2	14	7263		2295	18191	28000	1,24
53	versch. Substraten	11		2	14	7263		2295	18191	28000	1,24

	kh Felsbraunerden	41		5	3	27071		5738	3898	37000	1,64
54	kh Material d. Nördlichen Kalkalpen	26		3	1	17167		3443	1299	22000	0,98
55	kh Flysch	6		1		3962		1148		5000	0,23
56	anderen Substraten	9		1	2	5943		1148	2599	10000	0,43
	kh Felsbraunerden	269	6	110	85	177615	7705	126236	110448	422000	18,82
57	Graniten d. Böhm. Masse	100		77		66028		88365		154000	6,89
58	Schiefer/Gneise d. Böhm. Masse	81		28		53483		32133		86000	3,82
59	Semmering-Wechsel-Kristallin	45	2		8	29713	2568		10395	43000	1,90
60	kf Steir. Kristalline Schiefer				50				64970	65000	2,90
61	kf Flysch	20		2		13206		2295		16000	0,69
62	Ultrabasite d. Böhm. Masse	12				7923				8000	0,35
63	kf Steirisches Paläozoikum				12				15593	16000	0,70
64	kf Material d. Grauwackenzone	4			7	2641			9096	12000	0,52
65	kf Material d. Nördlichen Kalkalpen	9		1		5943		1148		7000	0,32
66	anderen Substraten	17	4	2	8	11225	5136	2295	10395	29000	1,30
	kh Felsbraunerden, vergleyst	6		2		3962		2295		6000	0,28
67	versch. Substraten	6		2		3962		2295		6000	0,28
	kh Felsbraunerden, vergleyst	32		14	4	21129		16066	5198	42000	1,89
68	kf Flysch	15		4		9904		4590		14000	0,65
69	kf Material d. Nördlichen Kalkalpen	8		1		5282		1148		6000	0,29
70	Schiefer/Gneise d. Böhm. Masse	6		2		3962		2295		6000	0,28
71	Graniten d. Böhm. Masse			7				8033		8000	0,36
72	anderen Substraten	3			4	1981			5198	7000	0,32
	kh Lockersediment-Braunerden	98	6	16	14	64707	7705	18362	18191	109000	4,86
73	Löß	46		4		30373		4590		35000	1,57
74	kh ält. Schwemmaterial	16			1	10564			1299	12000	0,53
75	kh jüng. Schwemmaterial	7	1	8	1	4622	1284	9181	1299	16000	0,73
76	kh Molasse	15				9904				10000	0,44
77	sonst. kh Tertiärsedimente	6	2		2	3962	2568		2599	9000	0,41
78	kh sonst. eiszeitl. Material	5		1	2	3301		1148	2599	7000	0,31
79	kh Material d. Steirischen Tertiärbeckens				6				7796	8000	0,35
80	anderen Substraten	3		3	2	1981		3443	2599	8000	0,36
	kh Lockersediment-Braunerden	40	7	72	59	26411	8989	82627	76664	195000	8,68
81	kf sonst. eiszeitl. Material	7		9	7	4622		10328	9096	24000	1,07
82	kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens				23				29886	30000	1,33
83	kf Material d. Endmoräne			19				21804		22000	0,97
84	kf jüng. Schwemmaterial	7	1	3	7	4622	1284	3443	9096	18000	0,82
85	kf ält. Schwemmaterial	4		14		2641		16066		19000	0,83
86	kf Material d. Steirischen Würmterrassen				14				18191	18000	0,81
87	Molasse/Schlier			11				12624		13000	0,56

88	sonst. kf Tertiärsedimente	5	4	1		3301	5136	1148		10000	0,43
89	Deckenlehm	3		5		1981		5738		8000	0,34
90	kf Krumen- u. Kolluvialmat.	4	1	1	1	2641	1284	1148	1299	6000	0,28
91	anderen Substraten	10	1	9	7	6603	1284	10328	9096	27000	1,22
	kh Lockersediment-Braunerden, vergleyt	15	1	6		9904	1284	6886		18000	0,81
92	kh sonst. eiszeitl. Material	7				4622				5000	0,21
93	anderen Substraten	8	1	6		5282	1284	6886		13000	0,60
	kf Lockersediment-Braunerden, vergleyt	45	14	103	35	29713	17978	118203	45479	211000	9,43
94	Deckenlehm	17		48	2	11225		55085	2599	69000	3,07
95	kf Material d. Steirischen Tertiärbeckens				21				27287	27000	1,22
96	kf Material d. Endmoräne			17				19509		20000	0,87
97	kf jung. Schwemmmaterial	1	4	4	6	660	5136	4590	7796	18000	0,81
98	kf Molasse	13				8584				9000	0,38
99	kf Krumen u. Kolluvialmat.	2	1	6		1321	1284	6886		9000	0,42
100	kf sonst. eiszeitl. Material	1	1	5	2	660	1284	5738	2599	10000	0,46
101	Molasse/Schlier			9				10328		10000	0,46
102	kf ält. Schwemmmaterial			7				8033		8000	0,36
103	kf Flysch	5		1		3301		1148		4000	0,20
104	anderen Substraten	6	8	6	4	3962	10273	6886	5198	26000	1,17
	Parabraunerden	13		10		8584		11476		20000	0,89
105	„Deckenlehm“	5		4		3301		4590		8000	0,35
106	kf sonst. eiszeitl. Material	2		3		1321		3443		5000	0,21
107	anderen Substraten	6		3		3962		3443		7000	0,33
	Podsole, Semipodsole				13				16892	17000	0,75
108	kf Steirische Kristall. Schiefer				10				12994	13000	0,58
109	anderen Substraten				3				3898	4000	0,17
	Braunlehme, Reliktböden	30	5	1	6	19808	6421	1148	7796	35000	1,57
110	kh Material d.Nördlichen Kalkalpen	14			2	9244			2599	12000	0,53
111	anderen Substraten	16	5	1	4	10564	6421	1148	5198	23000	1,04
	kh Kolluvien	47	6		1	31033	7705		1299	40000	1,79
112	kh Krumen- u. Kolluvialmat.	30	3			19808	3852			24000	1,06
113	Löß	9				5943				6000	0,27
114	anderen Substraten	8	3		1	5282	3852		1299	10000	0,47
	kf Kolluvien								2599	3000	0,12
115	versch. Substraten				2				2599	3000	0,12
	kh Kolluvien, vergleyt	11				7263				7000	0,32
116	versch. Substraten	11				7263				7000	0,32
	Ortsböden				8				10395	10000	0,46
117	versch. Substraten				8				10395	10000	0,46

	Untypische Böden	8			5282				5000	0,24
118	versch. Substraten	8			5282				5000	0,24
	Planieböden	5	2	7	3301		2295	9096	15000	0,66
119	versch. Substraten	5	2	7	3301		2295	9096	15000	0,66

Die Tabelle 31 zeigt insgesamt 119 Untereinheiten. Am weitesten verbreitet sind die kalkfreien Felsbraunerden mit etwa 19% Flächenanteil, gefolgt von den Tschernosemen mit 11%, den kalkfreien Lockersediment-Braunerden und den Pseudogleyen mit je etwa 8%. Unter der am weitesten verbreiteten Gruppe der kalkfreien Felsbraunerden haben die Untereinheiten auf den Materialien der Böhmisches Masse die größten Anteile.

5.7 Zusammenfassende Diskussion

Mit der vorliegenden Arbeit wurden die BZI-Ergebnisse von vier österreichischen Bundesländern zusammengeführt. Die gemeinsamen bodenkundlichen und geologisch-lithologischen Einteilungsschemata, die die wesentlichsten Ergebnisse dieser Zusammenführung darstellen, dürfen nunmehr schon recht deutlich als Kern von bundesweiten Schemata gelten.

Für Niederösterreich wurden ursprünglich 29 bodenkundliche Einheiten ausgewiesen (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1994); die Einbeziehung des Burgenlandes erweiterte das Schema auf 32 Einheiten (DANNEBERG et al., 1998); durch die Hinzunahme Oberösterreichs wuchs das Schema auf 33 Einheiten an (DANNEBERG et al., 2000). Nach Einbeziehung der Steiermark umfaßt das Schema nunmehr 36 bodenkundliche Einheiten.

An geologisch-lithologischen Einheiten waren in Niederösterreich ebenfalls 29 nötig, die Einbeziehung des Burgenlandes erweiterte das Schema auf 33 Einheiten, jene von Oberösterreich auf 38 Einheiten. Nach Einbeziehung der Steiermark schließlich umfaßt das Schema jetzt 52 Einheiten. Dementsprechend wuchs auch die Zahl der Untereinheiten von 63 in Niederösterreich (DANNEBERG et al., 1994) über 72 und 83 auf nunmehr 119 an.

Der Stoffbestand eines Bodens wird in erster Linie durch das bodenbildende Substrat bestimmt und kann durch die für den Bodentyp charakteristischen bodenbildenden Prozesse modifiziert werden (SCHIMMING, 1992; GEMEINSAME ARBEITSGRUPPE BODENSCHUTZ VON ARGE ALP UND ARGE ALPEN-ADRIA, 2000). Die Untereinheiten der Art „Bodentyp auf bodenbildendem Substrat“ stellen also Zusammenfassungen dar, die in den meisten Fällen hinsichtlich der physikalischen und chemischen Eigenschaften der beteiligten Böden ziemlich homogen sind. DANNEBERG (1995) hat für die Untereinheiten Niederösterreichs die wichtigsten chemischen und physikalischen Eigenschaften in Form von Mittelwerten und Schwankungsbreiten aus den Daten der niederösterreichischen BZI (BUNDESANSTALT FÜR BODENWIRTSCHAFT, 1994) errechnet. Einige dieser Zahlen müssen noch modifiziert werden, da inzwischen auch BZI-Daten derselben Untereinheiten aus den Nachbarbun-

desländern vorliegen. In ähnlicher Weise konnten die geologisch-lithologischen Einheiten von Niederösterreich und Burgenland als Grundlage für die Errechnung von sehr spezifischen Hintergrundwerten für anorganische, potentielle Schadstoffe dienen (DANNEBERG, 1999).

Die bodenkundlichen und die geologisch-lithologischen Einheiten und ebenso die aus ihrer Kombination entstehenden Untereinheiten sind Zusammenfassungen von gleichartigen oder ähnlichen Ansprachen von Böden im Felde, die in allen Fällen den Anspracheregeln der Österreichischen Bodenkartierung genügen (BUNDESANSTALT FÜR BODENKARTIERUNG UND BODENWIRTSCHAFT, 1967). Die Kartierungseinheiten der Österreichischen Bodenkartierung, die Bodenformen, sind daher ausnahmslos den hier beschriebenen Einheiten und Untereinheiten zuordenbar und das, im Gegensatz zu den Bodenformen selbst, bundesweit. In gleicher Weise können die für Einheiten und Untereinheiten errechenbaren chemischen und physikalischen Eigenschaften mit Mittelwerten und Schwankungsbreiten den einzelnen Bodenformen zugeordnet werden, wie dies DANNEBERG u. WANDL (1999) im Rahmen eines EU-Projektes für das Projektgebiet gezeigt haben.

6. Literatur

- Bahrenberg, G., E. Giese u. J. Nipper, 1992: Statistische Methoden in der Geographie. Band 2, Multivariate Statistik. Teubner Taschenbücher der Geographie. B. G. Teubner, Stuttgart.
- Bundesamt und Forschungszentrum für Landwirtschaft, 1996: Burgenländische Bodenzustandsinventur. Amt der Burgenländischen Landesregierung, Hsgb., Eisenstadt.
- Bundesanstalt für Agrarbiologie, 1993: Oberösterreichischer Bodenkataster. Bodenzustandsinventur. Amt der Oberösterreichischen Landesregierung, Hsgb., Linz.
- Bundesanstalt für Bodenkunde, 1994: Niederösterreichische Bodenzustandsinventur, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Hsgb., Wien.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, 1998: Grüner Bericht. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Bundesanstalt für Bodenkarteierung und Bodenkunde, 1967: Die österreichische Bodenkarte 1 : 10 000. Anweisungen zur Durchführung der Kartierung. Bundesanstalt für Bodenkarteierung und Bodenkunde, Wien.
- Bühl, A. u. P. Zöfel, 1994: SPSS für Windows, Version 6. Praxisorientierte Einführung in die moderne Datenanalyse. Addison-Wesley Publishing Company, Bonn, Paris, Reading/Massachusetts.
- Danneberg, O. H., 1995: Chemische und physikalische Eigenschaften von Bodeneinheiten der landwirtschaftlich genutzten Fläche Niederösterreichs. Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., Heft 52, 13 – 92.
- Danneberg, O. H., 1999: Hintergrundwerte von Spurenelementen in den landwirtschaftlich genutzten Böden Ostösterreichs. Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., Heft 57, 7 – 24.
- Danneberg, O. H., I. Povolny, H. Gottschling u. O. Nestroy, 1994: Soil units and their distribution in the agricultural area of lower Austria. Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., Heft 50, 61 – 109.
- Danneberg, O. H., H. Brüggemann, P. Nelhiebel, H. Pock u. M. Wandl, 1998: Zusammenführung der bodenkundlichen und lithologischen Zuordnungen der BZI-Daten von Niederösterreich und dem Burgenland. Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., Heft 56, 5 – 54.
- Danneberg, O. H., u. M. Wandl, 1999: Einbindung der Österreichischen Bodenzustandsinventuren in die digitale Bodenkarte. 6. Expertentagung der Arbeitsgruppe Bodenschutz der Arge Donauländer, 12. – 14. Oktober 1999, Wiener Neustadt.

- Danneberg, O. H., P. Nelhiebel, H. Brüggemann u. H. Pock, 2000: Zusammenführung der BZI-Daten von Niederösterreich und Oberösterreich und Erstellung lithologischer und bodenkundlicher Zuordnungen für Oberösterreich. Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., dieses Heft.
- Fink, J., 1969: Nomenklatur und Bodensystematik der Bodentypen Österreichs. Mitt. d. Österr. Bodenkundlichen Ges., Heft 13.
- Flügel, H.W., u. F. Neubauer, 1984: Steiermark. Geologie der Österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Gemeinsame Arbeitsgruppe „Bodenschutz“ von Arge Alp und Arge Alpen-Adria, 2000: Hintergrundwerte für anorganische Stoffe in Böden. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, Hsgb., München.
- Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark, 1998: Bodenschutzbericht 1998 – Bodenzustandsinventur Steiermark. Landwirtschaftliches Versuchszentrum Steiermark (Bodenschutzabteilung), Hsgb., Graz.
- Schimming, C.-G., 1992: Belastung mit Metallen. In: H.-P. Blume, Hsgb., Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed Verlag, Landsberg am Lech. 2.Auflage.

BODENÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN IN DREI SUBALPINEN PFLANZENGESELLSCHAFTEN DES UNTERSBERGES BEI SALZBURG

F. SCHWAP, O. STÖHR u. W. STROBL

Universität Salzburg, Institut für Botanik, Hellbrunnerstraße 34, A-5020 Salzburg

Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung aus dem Jahr 1997 wurden zwei Grünerlengebüsche, ein Fichtenwald und ein Legföhrengebüsch der subalpinen Stufe des Untersberges bei Salzburg durch ausgewählte bodenökologische Parameter charakterisiert und miteinander verglichen. Einen Schwerpunkt bilden die mikrobiologischen Kenngrößen Biomasse-N, N-Mineralisation, Urease-Aktivität, Bodenatmung, mikrobielle Biomasse, metabolischer Quotient und C_{mic}/C_{org} -Verhältnis, deren Ergebnisse durch den MANN-WHITNEY-U-Test bzw. durch Korrelationsanalysen zueinander in Beziehung gesetzt und diskutiert werden.

Im Vergleich zu Literaturdaten zeigen die gemessenen mikrobiologischen Parameter, mit Ausnahme der N-Mineralisation, erhöhte Aktivitäten auf. Das untersuchte Latschengebüsch nimmt insofern eine Sonderstellung ein, als dessen Jahresmittelwerte fast ausnahmslos höher sind als jene der Vergleichsflächen, was zu deutlichen Mittelwertsunterschieden führt. Unter den mikrobiologischen Parametern konnten zahlreiche signifikante Korrelationen gefunden werden.

Abstract

In 1997, two Green Alder-thickets, a White Spruce-forest and a Mountain Pine-thicket in the subalpine belt of the Untersberg near Salzburg (Austria) were investigated soil ecologically. Priorities were set on microbiological parameters such as biomass-N, N-mineralization,

urease-activity, basal respiration, microbial biomass, metabolic quotient and C_{mic}/C_{org} -ratio. In comparison with literature data, the results of analyses show high microbial activities with the exception of N-mineralization. Because of its most enhanced activities, the investigated Mountain Pine-thicket was significantly different to the other sampling sites.

1 Einleitung

Bedingt durch die herrschenden Klimaverhältnisse sind insbesondere Hochgebirgsböden in hohem Maße anfällig für Erosionserscheinungen. Bodenmikroorganismen wirken diesen entgegen, indem sie durch ihre Aktivität zu einer Erhöhung der Stabilität von Bodenaggregaten beitragen. In Anbetracht dessen überrascht es, daß bodenökologische Untersuchungen in subalpinen Pflanzengesellschaften bislang nur spärlich durchgeführt wurden. Besonders bodenmikrobiologische Methoden kamen dabei nur sehr vereinzelt zur Anwendung: Beispielsweise wurden von SCHINNER & PFITSCHER (1978) sowie von SCHINNER (1978a,b, 1982, 1983) diverse mikrobiologische Parameter von Böden subalpiner Pflanzengesellschaften erforscht. REHDER (1970) arbeitete vor allem zum Thema „Stickstoffnachlieferung“, MALICKY-SCHLATTE (1966) befaßte sich mit den Enzymaktivitäten. INSAM et al. (1995) untersuchten subalpine Waldweidesysteme hinsichtlich des Kohlenstoffkreislaufes, HACKL (1996) bearbeitete deren Stickstoffkreislauf. Im Zuge des Projektes „Mikrobieller Stoffumsatz in Böden natürlicher Waldgesellschaften“ (Leitung: Dr. G. BACHMANN, Universität Wien) lieferten SCHWAP & STÖHR (1998) einen Beitrag mit ausgewählten bodenmikrobiologischen Untersuchungen in einem naturnahen Plateaufichtenwald am Untersberg bei Salzburg.

In der vorliegenden Studie, der zwei Diplomarbeiten an der Universität Salzburg zugrunde liegen (SCHWAP, 1998; STÖHR, 1998), wurden drei subalpine Pflanzengesellschaften anhand ausgewählter bodenmikrobiologischer Methoden charakterisiert und miteinander verglichen. Dabei waren folgende Fragestellungen vorrangig: Wie hoch ist die mikrobielle Aktivität in den Böden der Untersuchungsflächen? Zeigen die bodenmikrobiologischen Parameter signifikante Unterschiede in den verschiedenen Pflanzengesellschaften? Wie stark korrelieren die erhobenen Parameter untereinander?

2 Untersuchungsgebiet

Der Untersberg bei Salzburg wird noch den Berchtesgadener Alpen (Nördliche Kalkalpen) zugerechnet und erreicht mit dem Berchtesgadener Hochthron (1972 msm) seine höchste Erhebung. Das Untersuchungsgebiet liegt unterhalb der seit dem Jahre 1948 aufgelassenen Vierkaseralm (Gemeinde Großgmain) nahe der aktuellen Waldgrenze. Seine Höhenamplitude erstreckt sich von 1500 bis 1540 msm, es ist nordwest-exponiert mit einer Inklinaton von ca. 30°. Das Klima wird von milden Wintertemperaturen, langer Schneedeckendauer und hohen Niederschlagsmengen im Frühsommer geprägt. Als Jahresmittel werden für die Station Untersberg (1670 msm) 2,7°C und 1788 mm Niederschlag angegeben. Bedingt durch einen benachbarten Schlundriß weist der Großteil des Untersuchungsgebietes einen leichten Schluchtwaldcharakter mit kühl-feuchten Bedingungen auf. Als vorherrschende Pflanzengesellschaften treten subalpine Fichtenwälder (Homogyno-Piceetum) und Legföhrenbestände (Rhodothamno-Rhododendretum hirsuti) auf, Grünerlengbüsche (Alnetum viridis) finden sich am Rande des erwähnten Schlundrisses. Alle drei Vegetationseinheiten sind an für sie typischen Pflanzenarten verarmt und ein hoher Grasanteil deutet auf eine ehemalige Beweidung hin.

Geologisch ist das Gebiet durch Dachsteinkalk gekennzeichnet, über dem sich in den Grünerlengbüschen vor allem Mullartige Rendzinen und im Bereich der Fichtenwälder und der Legföhrenbestände hauptsächlich Tangelrendzinen ausgebildet haben.

3 Material und Methoden

3.1 Auswahl der Untersuchungsflächen, Probenahme, Probenvorbereitung

Im Frühling 1997 wurden im Untersuchungsgebiet vier Transekte angelegt, wobei zwei in Grünerlengbüschen (I und II) und je einer im Fichtenwald (III) und im Legföhrenbestand (IV) lagen. Diese höhenlinienparallelen Transekte wiesen jeweils zehn Beprobungsstellen auf, die einen Abstand von zwei Metern zueinander einnahmen. Für die Probenahme wurden der 19.6., der 2.8. und der 12.9.1997 ausgewählt; diese Termine wurden aufgrund phänologischer Untersuchungen (SCHWAP, 1998; STÖHR, 1998) den Jahreszeiten Frühling, Sommer und

Herbst zugeordnet. Nach Entfernen der obersten Streuauflage wurde an jeder Beprobungsstelle Bodenmaterial bis in eine Tiefe von 10 cm geworben, durchmischt und auf 4 mm gesiebt.

3.2 Analyse

Neben der Analyse von physikalischen und chemischen Parametern (Wassergehalt, maximale Wasserkapazität, potentielle Acidität, CaCO_3 -Gehalt, organischer Kohlenstoffgehalt, Gesamtstickstoffgehalt) kamen folgende bodenmikrobiologische Methoden zur Anwendung:

- Biomasse-N mittels Fumigation-Extraktion - N_{bio} (modifiziert nach ÖHLINGER, 1993a, Modifikationen beschrieben in SCHWAP, 1998 und STÖHR, 1998)
- N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch - N_{min} (KANDELER, 1993a)
- Urease-Aktivität - UA (KANDELER, 1993b)
- Bodenatmung im Laborversuch - R_{mic} (ÖHLINGER, 1993b)
- Mikrobielle Biomasse mittels substratinduzierter Respiration - C_{mic} (SIR) (BECK et al., 1993)

Aus den Analysenergebnissen wurden neben dem C/N-Verhältnis die beiden ökophysiologischen Parameter metabolische Quotient ($q\text{CO}_2$, Verhältnis des Kohlenstoffes aus der Bodenatmung zu C_{mic}) und $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$ -Verhältnis ($C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$) berechnet, die zur Charakterisierung eines Ökosystems herangezogen werden können (Definition z.B. in RANGGER & INSAM, 1995).

3.3 Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung wurden die Ergebnisse aus insgesamt 120 Einzelproben (vier Transekte zu je zehn Probenahmestellen an drei Terminen) herangezogen, wodurch sowohl räumliche als auch zeitliche Aspekte einfließen. Da die erhobenen Daten einer Normalverteilung nicht entsprachen, kamen parameterfreie Analysen wie die Korrelationsberechnungen mit Hilfe des SPEARMAN-Koeffizienten und der MANN-WHITNEY-U-Test zur Kennzeichnung signifikanter Mittelwertsunterschiede zur Anwendung. Folgende Signifikanzniveaus wurden festgelegt: < 5% - schwach signifikant (*), < 1% - signifikant (**), < 0,1% - hochsignifikant (***).

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Physikalische und chemische Bodenparameter (Tab.1)

Die Ergebnisse der physikalischen und chemischen Parameter liegen im Bereich der für den Standort erwarteten Größenordnungen.

		Mittel 1997
Wassergehalt [%]	I	77,0 ± 2,9
	II	72,0 ± 5,5
	III	68,5 ± 8,7
	IV	68,2 ± 7,2
Max. Wasserkapazität [g H ₂ O · 100 g ⁻¹ TS]	I	467,2 ± 77,0
	II	359,5 ± 100,7
	III	361,9 ± 122,9
	IV	329,2 ± 97,7
pH_{CaCl2}	I	4,4 ± 0,9
	II	4,8 ± 1,1
	III	4,1 ± 0,9
	IV	5,0 ± 0,8
Organischer Kohlenstoff [%]	I	38,8 ± 5,2
	II	32,8 ± 9,0
	III	33,8 ± 9,9
	IV	31,3 ± 8,7
Gesamtstickstoff [mg N · 100 g ⁻¹ Boden]	I	1937,8 ± 189,1
	II	1704,6 ± 339,0
	III	1564,1 ± 333,8
	IV	1473,1 ± 354,7
C/N-Verhältnis	I	20,0 ± 2,1
	II	19,1 ± 3,0
	III	21,4 ± 2,9
	IV	21,2 ± 2,6

Tab. 1: Jahresmittelwerte ± Standardabweichung der physikalischen und chemischen Parameter für die Böden der Untersuchungsflächen I bis IV (N = 30).

Die untersuchten Böden sind demnach folgendermaßen zu charakterisieren: Allen vier Untersuchungsflächen gemeinsam sind verschwindend geringe Kalkgehalte und niedrige pH-

Werte, hohe Anteile an organischem Kohlenstoff, hohe Wassergehalte sowie mittlere C/N-Verhältnisse, wie sie für die Humusform Moder typisch sind. Die Werte für die maximale Wasserkapazität der Böden II, III und IV liegen in dem für Rendzinen typischen Bereich und unterscheiden sich signifikant vom Ergebnis des Grünerlengebüschs I. Bezüglich des Gesamtstickstoffgehaltes zeigen die Böden der Grünerlengebüsche (I und II), bedingt durch die mikrobielle N-Fixierung in den Erlenwurzeln, deutlich höhere Werte als die mit Nadelgehölzen bestandenen Flächen (Abb. 1a).

4.2 Mikrobiologische Bodenparameter (Tab. 2, Tab. 3)

N_{\min}	I	0,61***					
	II	0,63***					
	III	0,80***					
	IV	0,75***					
UA	I	0,43*	0,50**				
	II	0,52**	0,54**				
	III	0,72***	0,57**				
	IV	-0,01	0,07				
R_{mic}	I	0,40*	0,37*	0,53**			
	II	0,59**	0,76***	0,70***			
	III	0,55**	0,71***	0,48**			
	IV	0,40*	0,57**	0,43*			
C_{mic}	I	0,52**	0,74***	0,48**	0,52**		
	II	0,69***	0,65***	0,81***	0,82***		
	III	0,56**	0,40*	0,69***	0,67***		
	IV	0,54**	0,52*	0,37*	0,73***		
$q\text{CO}_2$	I	-0,10	-0,40*	-0,04	0,38*	-0,53**	
	II	-0,44*	-0,07	-0,33	0,01	-0,51**	
	III	-0,09	0,28	-0,38*	0,19	-0,58**	
	IV	-0,39*	-0,17	-0,08	0,16	-0,48**	
$C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$	I	0,56**	0,71***	0,55**	0,55**	0,86***	-0,37*
	II	0,68***	0,40*	0,81***	0,53**	0,80***	-0,64***
	III	0,47**	0,36	0,66***	0,56**	0,88***	-0,57**
	IV	0,53**	0,38*	-0,02	0,41*	0,78***	-0,59**
		N_{bio}	N_{\min}	UA	R_{mic}	C_{mic}	$q\text{CO}_2$

Tab. 2: Korrelationsmatrix der erfaßten bodenmikrobiologischen Parameter mit Angabe des Signifikanzniveaus für die Böden der Untersuchungsflächen I bis IV (N = 30).

		19.6.1997	2.8.1997	12.9.1997	Mittel 1997	U-Test
Biomasse-N [$\mu\text{g Biomasse-N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS}$]	I	359,8 \pm 110,7	185,8 \pm 81,7	227,3 \pm 59,2	257,6 \pm 112,5	I-IV**, III-IV*
	II	432,2 \pm 171,4	219,3 \pm 113,1	249,4 \pm 143,5	300,3 \pm 169,2	
	III	385,3 \pm 190,7	192,7 \pm 70,3	218,3 \pm 105,0	265,4 \pm 154,2	
	IV	549,0 \pm 183,1	255,7 \pm 106,7	339,8 \pm 140,3	381,5 \pm 189,1	
N-Mineralisation [$\mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot \text{d}^{-1}$]	I	5,4 \pm 1,9	3,5 \pm 0,9	3,2 \pm 0,6	4,0 \pm 1,3	
	II	5,0 \pm 2,0	4,2 \pm 1,6	3,1 \pm 1,3	4,1 \pm 1,7	
	III	5,1 \pm 1,6	3,4 \pm 0,8	3,0 \pm 0,9	3,8 \pm 1,5	
	IV	5,9 \pm 1,6	3,9 \pm 1,5	3,6 \pm 1,1	4,4 \pm 1,7	
Urease-Aktivität [$\mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot 2 \text{ h}^{-1}$]	I	389,6 \pm 83,7	225,5 \pm 89,6	315,6 \pm 114,4	310,2 \pm 115,7	I-IV**, II-IV**, III-IV***
	II	285,6 \pm 168,3	343,3 \pm 157,2	339,2 \pm 187,1	322,7 \pm 167,4	
	III	339,9 \pm 136,5	199,6 \pm 80,0	322,9 \pm 148,6	287,5 \pm 136,6	
	IV	367,6 \pm 153,9	463,5 \pm 153,5	502,5 \pm 169,5	444,6 \pm 164,0	
Bodenatmung [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$]	I	1,2 \pm 0,3	1,1 \pm 0,3	1,0 \pm 0,2	1,1 \pm 0,3	II-IV*
	II	1,1 \pm 0,4	1,1 \pm 0,4	0,9 \pm 0,3	1,0 \pm 0,4	
	III	1,2 \pm 0,4	1,2 \pm 0,4	0,8 \pm 0,3	1,1 \pm 0,4	
	IV	1,4 \pm 0,5	1,3 \pm 0,5	1,1 \pm 0,3	1,3 \pm 0,5	
Mikrobielle Biomasse [$\text{mg C}_{\text{mic}} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{TS}$]	I	354,6 \pm 106,8	272,3 \pm 67,5	254,6 \pm 72,2	293,8 \pm 92,4	I-IV*
	II	410,8 \pm 191,8	343,4 \pm 186,5	368,4 \pm 193,7	374,2 \pm 186,2	
	III	352,5 \pm 196,6	298,4 \pm 123,7	306,0 \pm 162,7	319,0 \pm 159,9	
	IV	454,9 \pm 209,1	329,7 \pm 187,8	357,3 \pm 107,2	380,7 \pm 176,3	
$q\text{CO}_2$ [$\text{mg CO}_2\text{-C} \cdot \text{g}^{-1} \text{C}_{\text{mic}} \cdot \text{h}^{-1}$]	I	4,1 \pm 1,2	4,7 \pm 1,2	4,7 \pm 0,9	4,5 \pm 1,1	I-II***, II-III*, II-IV*
	II	3,0 \pm 0,5	4,9 \pm 4,3	3,3 \pm 2,1	3,8 \pm 2,8	
	III	4,8 \pm 1,9	5,1 \pm 1,6	3,2 \pm 1,3	4,3 \pm 1,8	
	IV	3,9 \pm 1,5	5,9 \pm 3,9	3,5 \pm 0,6	4,5 \pm 2,6	
$\text{C}_{\text{mic}}/\text{C}_{\text{org}}$-Verhältnis [$\text{mg C}_{\text{mic}} \cdot \text{g}^{-1} \text{C}_{\text{org}}$]	I	9,5 \pm 3,0	6,7 \pm 2,0	7,0 \pm 2,1	7,7 \pm 2,7	I-II**, I-IV***
	II	13,6 \pm 7,2	11,4 \pm 6,0	12,2 \pm 6,4	12,4 \pm 6,4	
	III	12,6 \pm 8,3	9,6 \pm 4,7	10,1 \pm 5,7	10,7 \pm 6,3	
	IV	15,1 \pm 6,0	10,5 \pm 4,7	11,0 \pm 2,0	12,2 \pm 4,9	

Tab. 3: Mittelwerte \pm Standardabweichung der mikrobiologischen Parameter für die Böden der Untersuchungsflächen I bis IV, getrennt nach den Beprobungsterminen (N = 10), bezogen auf das Jahr 1997 (N = 30) sowie signifikante Unterschiede der Jahresmittelwerte mit Angabe der Signifikanzniveaus.

4.2.1 Biomasse-N

Der Biomasse-N (vgl. Tab. 3, Abb. 1c) wies in allen vier Untersuchungsflächen einen ausgeprägten Jahresgang auf, der durch ein deutliches Absinken zum Sommer und durch ein leichtes Ansteigen zum Herbst gekennzeichnet war. Ein ähnliches Verhalten zeigte der Biomasse-N auch im subalpinen Plateaufichtenwald des Untersberges, dessen Jahresmittelwert bei $321,6 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS}$ lag (SCHWAP & STÖHR, 1998). Dieser zeitliche Verlauf könnte mit einer großen Menge an abgestorbener organischer Substanz erklärt werden, die sich aufgrund geringerer Mineralisationsleistung während der Wintermonate ansammelt. Auch eine größere Mikroorganismenpopulation zu Beginn der Vegetationsperiode könnte zu diesem Frühlingsmaximum beigetragen haben.

Im Latschengebüsch IV wurde mit Abstand der höchste Jahresmittelwert ($381,5 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS}$) bestimmt, wodurch sich signifikante Unterschiede zu den Flächen I und III ergaben. Dennoch wiesen alle vier Untersuchungsflächen für Hochlagen erhöhte Biomasse-N-Gehalte auf, wie ein Vergleich mit einem beweideten Fichtenwald ($73,7 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS}$) und einer Weide ($176 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS}$) in der subalpinen Stufe der Fischbacher und Ennstaler Alpen zeigt (HACKL, 1996).

Der Biomasse-N korrelierte mit der N-Mineralisation, der Bodenatmung und der mikrobiellen Biomasse signifikant, was besonders auf die zeitliche Verfügbarkeit des leicht abbaubaren Materials in den untersuchten Flächen hindeutet (vgl. Tab. 2).

4.2.2 N-Mineralisation

Der zeitliche Verlauf der N-Mineralisation (vgl. Tab. 3, Abb. 1b) war in allen Probeflächen durch ein kontinuierliches Absinken der Meßwerte vom Frühling zum Herbst hin charakterisiert. ZÖTTL (1965) erklärte dies durch den sogenannten Frosteffekt, wobei sich im Frühjahr nach kältebedingten Autolysevorgängen eine gesteigerte mikrobielle Aktivität zeigt, die zu einer höheren N-Mineralisation führt.

Die Jahresdurchschnittswerte lagen zwischen $3,8$ und $4,4 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot \text{d}^{-1}$, so daß keine signifikanten Mittelwertsunterschiede auftraten. Mit $4,1 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot \text{d}^{-1}$ zeigt der Boden des Plateaufichtenwaldes (SCHWAP & STÖHR, 1998) ebenfalls diesen Bereich. Ein Vergleich mit den spärlichen Literaturangaben läßt die Ergebnisse als niedrig einstufen: HACKL (1996) fand in Böden subalpiner Weideflächen $7,3 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot \text{d}^{-1}$ und in Almflächen $16,6 \mu\text{g N} \cdot$

$\text{g}^{-1} \text{TS} \cdot \text{d}^{-1}$, ÖHLINGER (1994) bestimmte für Grünlandböden durchschnittlich $23,1 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot \text{d}^{-1}$. Die Gründe für die vergleichsweise niedrigen Mineralisationsraten könnten in der sauren Bodenreaktion (SCHEFFER, 1992) liegen. Auch geringere mikrobielle Aktivitäten (CLAUSNITZER, 1983) sowie Verluste durch Denitrifikation (SCHEFFER, 1992), welche durch die methodisch bedingte Vernässung hervorgerufen werden, könnten die Ursache sein. Da die Wurzelknöllchen und die Mycorrhizen eine wichtige Rolle in der Stickstoffversorgung der Pflanzen spielen, wäre es denkbar, daß unter Freilandbedingungen diese Symbionten geringe Mineralisationsraten zum Nutzen der höheren Pflanzen kompensieren.

In allen vier Untersuchungsflächen wies die N-Mineralisation Korrelationen zur Bodenatmung und zur mikrobiellen Biomasse auf (vgl. Tab. 2).

4.2.3 Urease-Aktivität

Bezüglich der Urease-Aktivität (vgl. Tab. 3, Abb. 1d) konnten in den vier Probeflächen keine einheitlichen Jahrgänge festgestellt werden. Im Grünerlengebüsch I sowie im Fichtenwald (III) wurden im August die niedrigsten Werte erhoben. Ähnliche Beobachtungen konnte SCHINNER (1983) für die alpine Stufe machen. Im Gegensatz dazu erreichte die Urease-Aktivität im Grünerlengebüsch II ihr Maximum im Sommer. Im Latschengebüsch (IV) war ein steter Anstieg der Urease-Aktivität festzustellen, der letztlich zum höchsten Jahresmittelwert ($444,6 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot 2 \text{ h}^{-1}$) führte, woraus sich eindeutige Unterschiede zu allen übrigen Untersuchungsflächen ergaben.

Vergleichsweise fanden ZECHMEISTER-BOLTENSTERN et al. (1990) in Buchenwäldern des Wienerwaldes Werte von 28 bis $327 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot 2 \text{ h}^{-1}$ und BAUMGARTEN (1988) an verschiedenen Buchenwald-Standorten 23 bis $284 \mu\text{g N} \cdot \text{g}^{-1} \text{TS} \cdot 2 \text{ h}^{-1}$. Ähnlich wie bei SCHINNER & PFITSCHER (1978) konnte eine Abnahme der Urease-Aktivität von den Grünerlengebüschen zum subalpinen Fichtenwald festgestellt werden.

Signifikante Korrelationen für alle vier Untersuchungsflächen konnten lediglich mit der Bodenatmung und mit der mikrobiellen Biomasse gefunden werden, welche von zahlreichen Autoren bestätigt wurden (vgl. Tab. 2).

4.2.4 Bodenatmung (vgl. Tab. 3, Abb. 2a)

Anhand der Mittelwerte war in allen Probeflächen, außer einer schwachen Abnahme zum

Herbst hin, keine ausgeprägte jahreszeitliche Dynamik festzustellen. Nach SCHINNER (1983) ist dies durch eine Verringerung der Mineralisationsraten, bedingt durch einen Rückgang der leicht zersetzbaren organischen Substanz während der Vegetationsperiode, begründet.

Die Jahresmittelwerte lagen in einem Bereich von $1,0$ bis $1,3 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ TS} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$, eine schwach signifikante Trennung ergab sich lediglich zwischen den Flächen II und IV. Im subalpinen Plateaufichtenwald am Untersberg konnten Respirationsraten von $0,7$ bis $1,5 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ TS} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ ermittelt werden (SCHWAP & STÖHR, 1998). Vergleichswerte aus der Literatur lieferten beispielsweise EGGER (1991), der in einem Buchenwald bei Salzburg $0,9$ bis $1,4 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ TS} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ feststellte und RANGGER et al. (1994), die in einem Fichten-Tannen-Buchenwald in den Nördlichen Kalkalpen mit maximal $0,3 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ TS} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ auffallend niedrige Werte vorfanden. Ebenfalls sehr geringe Aktivitäten der Basalatmung gab DUTZLER-FRANZ (1977) für eine Rendzina an, nämlich $0,1 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ TS} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$. Als mögliche Erklärung für die relativ hohen Werte am Untersberg könnte die Schlußfolgerung von NOHRSTEDT (1985) dienen, der in schwedischen Wäldern die günstigsten Voraussetzungen für die Bodenatmung bei pH-Werten von 4 bis 5 und C/N-Verhältnissen von 20 bis 30 nachweisen konnte; die Untersberg-Böden fallen genau in diese Meßbereiche.

Auffallend hoch waren die Zusammenhänge der Bodenatmung mit der mikrobiellen Biomasse in allen Untersuchungsflächen (vgl. Tab. 2). Auch von FRANKENBERGER & DICK (1983) konnte in Böden Kaliforniens diese Korrelation gefunden werden, die offensichtlich darauf beruht, daß die Atmungsaktivität mit der Zunahme an Individuen und somit an Biomasse steigt.

4.2.5 Mikrobielle Biomasse (SIR)

Der Jahresgang der mikrobiellen Biomasse (vgl. Tab. 3, Abb. 2c) war dadurch gekennzeichnet, daß in allen vier Probeflächen im Frühling die höchsten und im Sommer die niedrigsten Werte gemessen wurden. Eine Ausnahme stellte das Grünerlengebüsch I dar, in dem das Minimum zum Herbsttermin auftrat. Hohe Frühjahrswerte könnten nach BAUMGARTEN (1988) gleich wie bei der Bodenatmung, der N-Mineralisation und dem Biomasse-N auf das gesteigerte Angebot an leicht abbaubarem Substrat zurückgeführt werden. Zwischen den Flächen mit der größten Jahresdifferenz (I und IV) wurde eine schwache Trennung festgestellt.

Im Plateaufichtenwald am Untersberg (SCHWAP & STÖHR, 1998) konnten ähnlich hohe Werte wie in den Untersuchungsflächen I bis IV gefunden werden. Die durchwegs hohen Werte der mikrobiellen Biomasse am Untersberg folgen der Feststellung von SCHINNER (1978a), der die hohe mikrobielle Biomasse alpiner und subalpiner Böden als eine ökologisch-ökonomische Notwendigkeit zur Gewährleistung eines ausreichenden Streuabbaues ansieht.

Die mikrobielle Biomasse wies als einzige Kenngröße mit sämtlichen mikrobiologischen Bodenparametern signifikante Korrelationen auf (vgl. Tab. 2).

4.2.6 Metabolischer Quotient ($q\text{CO}_2$)

Mit Ausnahme des Grünerlengebüschs I erreichte der metabolische Quotient (vgl. Tab. 3, Abb. 2b) zum Sommertermin sein Maximum, was in erster Linie auf die Abnahme der Biomasse-Werte zu dieser Zeit zurückzuführen war.

Bedingt durch einen Jahresmittelwert von $3,8 \text{ mg CO}_2\text{-C} \cdot \text{g}^{-1} C_{\text{mic}} \cdot \text{h}^{-1}$ unterschied sich das Grünerlengebüsch II statistisch von den anderen Untersuchungsflächen, die im Bereich von $4,5 \text{ mg CO}_2\text{-C} \cdot \text{g}^{-1} C_{\text{mic}} \cdot \text{h}^{-1}$ lagen. Niedrigere $q\text{CO}_2$ -Werte gaben RANGGER & INSAM (1995) für Fichten-Tannen-Buchenwälder ($1,3$ bis $1,6 \text{ mg CO}_2\text{-C} \cdot \text{g}^{-1} C_{\text{mic}} \cdot \text{h}^{-1}$) und ANDERSON & DOMSCH (1993) für naturbelassene Mischwälder ($2,0$ bis $2,3 \text{ mg CO}_2\text{-C} \cdot \text{g}^{-1} C_{\text{mic}} \cdot \text{h}^{-1}$) an. Die in letztgenannter Studie beschriebene negative Korrelation des $q\text{CO}_2$ mit dem pH-Wert konnte bei den untersuchten Böden nicht gefunden werden.

Unter den signifikanten Korrelationen des $q\text{CO}_2$ sind besonders jene zum $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$ -Verhältnis sowie zur mikrobiellen Biomasse hervorzuheben (vgl. Tab. 2). Der negative Zusammenhang zu dieser Kenngröße konnte auch von ŠANTRUČKOVÁ & STRAŠKRABA (1991) gefunden werden. Diese führten den Abfall des $q\text{CO}_2$ bei zunehmender Biomasse auf Inhibitionseffekte zurück, welche durch eine gesteigerte CO_2 -Konzentration im Boden hervorgerufen werden.

4.2.7 $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$ -Verhältnis (vgl. Tab. 3, Abb. 2d)

Alle untersuchten Pflanzengesellschaften zeigten für diesen Parameter ähnliche Jahresgänge, die im Sommer die niedrigsten und im Frühling die höchsten Werte aufwiesen. Da der organische Kohlenstoffgehalt zu den drei Probenahmeterminen beinahe konstant war, kann die Biomasse als bestimmender Faktor des $C_{\text{mic}}/C_{\text{org}}$ -Verhältnisses angesehen werden.

Besonders gering war der Jahresmittelwert im Grünerlengebüsch I ($7,7 \text{ mg } C_{\text{mic}} \cdot \text{g}^{-1} C_{\text{org}}$),

was eine statistische Trennung zu den Flächen II und IV bewirkte. Verglichen mit Literaturdaten erweisen sich sämtliche Jahresmittelwerte als typisch für Waldböden: JOERGENSEN (1993) konnte für Böden von 38 Laubwaldstandorten einen Bereich von 5 bis 23 $\text{mg } C_{\text{mic}} \cdot \text{g}^{-1} C_{\text{org}}$ ermitteln. In naturbelassenen Waldböden, die einen ähnlich niedrigen pH-Wert wie die Böden der Flächen I bis IV aufwiesen, wurden 4 bis 6 $\text{mg } C_{\text{mic}} \cdot \text{g}^{-1} C_{\text{org}}$ festgestellt (ANDERSON & DOMSCH, 1993). Im Rahmen eines Höhenprofils in den Nordtiroler Kalkalpen wiesen die Böden unter Fichten-Tannen-Buchenwäldern eine Spanne von 14 bis 19 $\text{mg } C_{\text{mic}} \cdot \text{g}^{-1} C_{\text{org}}$ auf (RANGGER & INSAM, 1995).

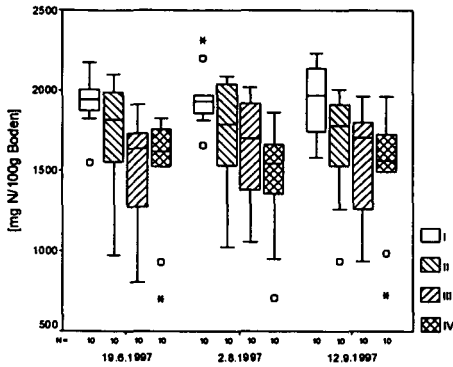
Signifikante Korrelationen ergaben sich mit der Bodenatmung sowie dem Biomasse-N (vgl. Tab. 2), was die enge Verknüpfung von Kohlenstoff- und Stickstoffumsatz im Boden bestätigt.

5 Schlußfolgerung

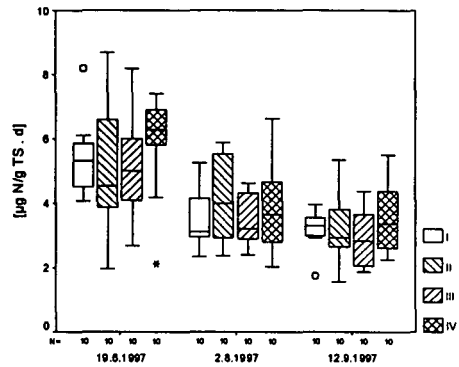
Die ermittelten Werte der mikrobiologischen Parameter weisen mit Ausnahme der N-Mineralisation auf erhöhte Aktivitäten hin. Insbesondere die Ergebnisse zum Biomasse-N, zur Ureaseaktivität und zur mikrobiellen Biomasse befinden sich außerhalb der bisher beschriebenen Wertamplituden in Arbeiten, die sowohl in Bezug auf Methodik als auch auf Standortsfaktoren vergleichbar sind.

Hinsichtlich signifikanter Unterschiede zwischen den untersuchten Pflanzengesellschaften ist eine Abweichung bei mehreren bodenmikrobiologischen Parametern im Latschengebüsch (IV) auffällig, dessen Jahresmittelwerte fast ausnahmslos höher waren als jene der Vergleichsflächen. Als Ursache für höhere mikrobielle Aktivitäten werden günstigere Standortbedingungen im Latschengebüsch vermutet, welches sich aufgrund seiner Lage außerhalb des erwähnten Schlundrisses durch einen höheren Licht- und Wärmegenuß auszeichnet.

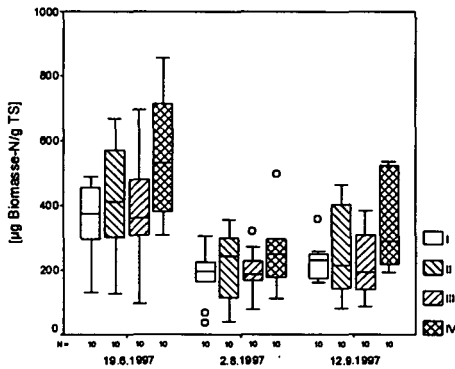
Unter den gemessenen mikrobiologischen Parameter ergaben sich auffallend viele und durchwegs hoch signifikante Korrelationen. Viele davon wurden bereits in früheren Arbeiten gefunden und bekräftigen eine Übertragbarkeit der Zusammenhänge zwischen mikrobiellen Aktivitäten auf subalpine Standortverhältnisse.



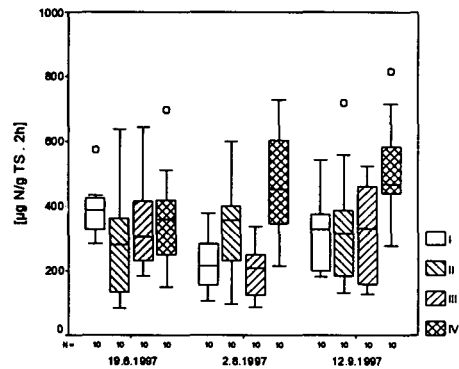
a



b



c



d

Abb. 1 (a-d): Boxplots zum Gesamtstickstoffgehalt (a), zur N-Mineralisation (b), zum Biomasse-N (c) und zur Urease-Aktivität (d), getrennt nach den Probenahmeterminen und den vier Untersuchungsflächen (I, II – Grünerlengebüsche, III – Fichtenwald, IV – Legföhrenbestand).

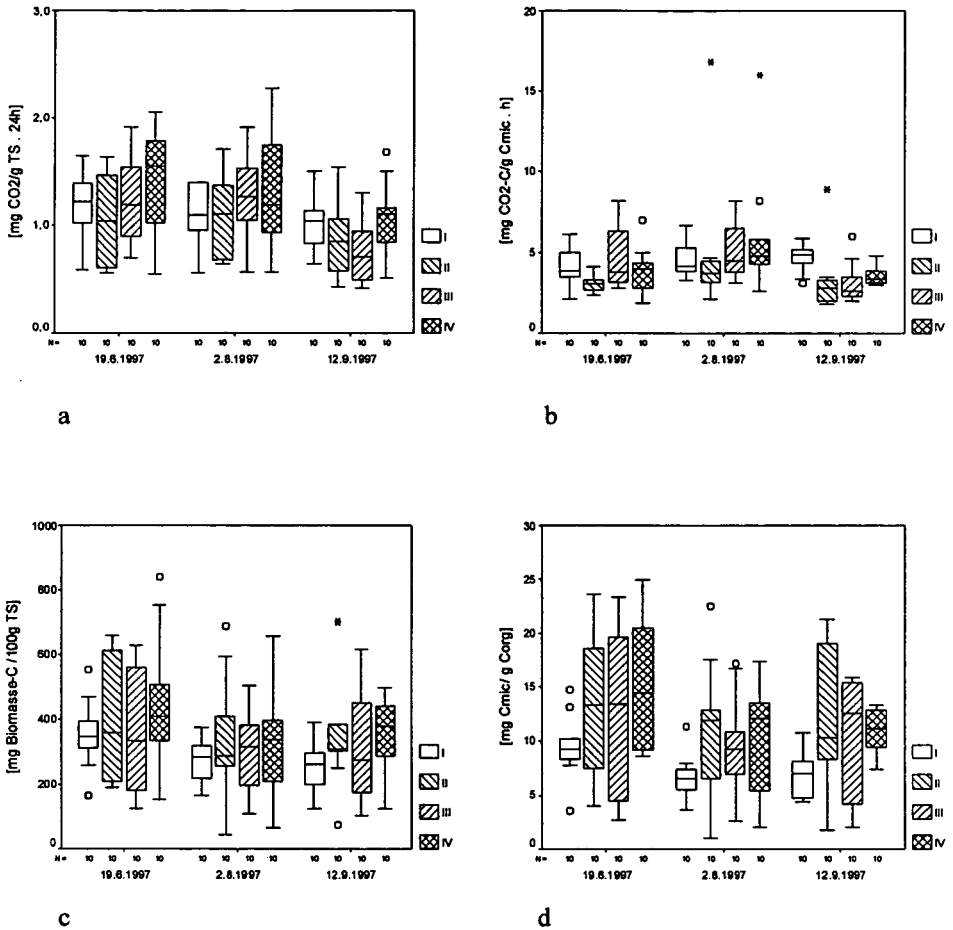


Abb. 2 (a-d): Boxplots zur Bodenatmung (a), zum metabolischen Quotient (b), zur mikrobiellen Biomasse (SIR) (c) und zum C_{mic}/C_{org} -Verhältnis (d), getrennt nach den Probenahmetermeninen und den vier Untersuchungsflächen (I, II – Grünerlengebüsch, III – Fichtenwald, IV – Legföhrenbestand).

6 Literatur

- ANDERSON, T.H. & DOMSCH, K.H. (1993): The metabolic quotient for CO_2 ($q\text{CO}_2$) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 25: 393-395.
- BAUMGARTEN, A. (1988): Die Beeinflussung der bodenbiologischen Aktivität durch saure Deposition. Dissertation Univ. Wien: 216pp.
- BECK, T., ÖHLINGER, R. & BAUMGARTEN, A. (1993): Bestimmung der Biomasse mittels substratinduzierter Respiration (SIR). In: SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, E. & MARGESIN, R. (Hrsg.): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Springer Verlag, Berlin: 68-72.
- CLAUSNITZER, J. (1983): Stickstoff-Mineralisation in verschiedenen Entwicklungsphasen von Buchenwäldern und Fichtenforsten. *Verh. Ges. f. Ökol.* 11: 57-67.
- DUTZLER-FRANZ, G. (1977): Beziehungen zwischen der Enzymaktivität verschiedener Bodentypen, der mikrobiellen Aktivität, der Wurzelmasse und einigen Klimafaktoren. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 140: 351-374.
- EGGER, R. (1991): Vergleichende Bodenenzymatische Untersuchungen in einem Rotbuchenbestand. Diplomarbeit Univ. Salzburg: 113pp.
- FRANKENBERGER, W.T. & DICK, W.A. (1983): Relationships between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 945-951.
- HACKL, E. (1996): Stickstoffkreislauf in alpinen Waldweide- und Weideökosystemen. Diplomarbeit Univ. Wien: 103pp.
- INSAM, H., RANGGER, A. & GÖBL, F. (1995): Bodenmikrobiologische Untersuchungen auf beweideten und nicht beweideten Flächen am Schulterberg. In: HERMAN, F. & SMIDT, S. (Hrsg.): *Ökosystemare Studien im Kalkalpin*. FBVA-Berichte 87: 215-220.
- JOERGENSEN, R.G. (1993): The C-N ratio of the soil microbial biomass in soils of deciduous forests. *Mitt. Öst. Bodenkdl. Ges.* 47: 47-56.
- KANDELER, E. (1993a): Bestimmung der N-Mineralisation im anaeroben Brutversuch. In: SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, E. & MARGESIN, R. (Hrsg.): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Springer Verlag, Berlin: 160-161.
- KANDELER, E. (1993b): Kolorimetrische Bestimmung der Urease-Aktivität. In: SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, E. & MARGESIN, R. (Hrsg.): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Springer Verlag, Berlin: 186-189.
- MALICKY-SCHATTE, G. (1966): Zur Enzymaktivität in einer subalpinen Bodenserie mit abnehmender Windexposition. *Carinthia II* 156: 45-51.
- NOHRSTEDT, H.Ö. (1985): Biological activity in soil from forest stands in central Sweden, as related to site properties. *Microb. Ecol.* 11: 259-266.
- ÖHLINGER, R. (1993a): Photometrische Bestimmung des Biomasse-Stickstoffs mittels Fumigation-Extraktion. In: SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, E. & MARGESIN, R. (Hrsg.): *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Springer Verlag, Berlin: 64-66.
- ÖHLINGER, R. (1993b): Bestimmung der Bodenatmung im Laborversuch. In: SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, E. & MARGESIN, R.: *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*. Springer Verlag, Berlin: 86-90.
- ÖHLINGER, R. (1994): Oberösterreichische Bodenzustandsinventur - Mikrobielle Biomasse, N-Mineralisation, Phosphatase. *Mitt. Öst. Bodenkdl. Ges.* 48/49: 155-172.

- RANGGER, A., INSAM, H. & HASELWANDTER, K. (1994): Mikrobielle Aktivitäten und Biomasse entlang eines Höhengradienten in den nördlichen Kalkalpen. Mitt. Öst. Bodenkdl. Ges. 48/49: 379-386.
- RANGGER, A. & INSAM, H. (1995): Mikrobielle Aktivitäten und Biomasse entlang eines Höhenprofils in den Nordtiroler Kalkalpen. In: HERMAN, F. & SMIDT, S. (Hrsg.): Ökosystemare Studien im Kalkalpin. FBVA-Ber. 85: 95-103.
- REHDER, H. (1970): Zur Ökologie, insbesondere Stickstoffversorgung subalpiner und alpiner Pflanzengesellschaften im Naturschutzgebiet Schachen (Wettersteingebirge). Diss. Bot. 6: 90pp.
- RESCHENHOFER, J. (1995): Vegetationskundliche und bodenökologische Untersuchungen von Grünland- und Ackerböden während der Vegetationsperiode 1993/94 im Bezirk Braunau. Diplomarbeit Univ. Salzburg: 90pp.
- ŠANTRUČKOVÁ, H. & STRAŠKRABA, M. (1991): On the relationship between specific respiration activity and microbial biomass in soils. Soil Biol. Biochem. 23: 525-532.
- SCHEFFER, F. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde / SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL. 13. Aufl., Enke Verlag: 491pp.
- SCHINNER, F. (1978a): ATP-Messung und Abschätzung der mikrobiellen Biomasse in verschiedenen Böden der oberen subalpinen Stufe. In: CERNUSCA, A. (Hrsg.): Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Veröff. MaB-Hochgebirgsprogr. Hohe Tauern 2: 299-310.
- SCHINNER, F. (1978b): Streuabbauuntersuchungen in der Almregion der oberen subalpinen Stufe. In: CERNUSCA, A. (Hrsg.): Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Veröff. MaB-Hochgebirgsprogr. Hohe Tauern 2: 251-257.
- SCHINNER, F. (1982): Soil microbial activities and litter decomposition related to altitude. Plant and Soil 65: 87-94.
- SCHINNER, F. (1983): Litter decomposition, CO₂-release and enzyme activities in a snowbed and on a windswept ridge in an alpine environment. Oecologia 59: 288-291.
- SCHINNER, F. & PFITSCHER, A. (1978): Urease- und Katalaseaktivität sowie CO₂-Freisetzung in verschiedenen Böden der oberen subalpinen Stufe. In: CERNUSCA, A. (Hrsg.): Ökologische Analysen von Almflächen im Gasteiner Tal. Veröff. MaB-Hochgebirgsprogr. Hohe Tauern 2: 259-273.
- SCHWAP, F. (1998): Bodenökologische und vegetationskundliche Untersuchungen im Krummholzgürtel am Nordabfall des Untersberg bei Salzburg. Diplomarbeit Univ. Salzburg: 127pp.
- SCHWAP, F. & STÖHR, O. (1998): Bodenmikrobiologische Untersuchungen in einem subalpinen Fichtenwald am Untersberg bei Salzburg. Unveröff. Projektstudie Univ. Salzburg, Manuskript: 26pp.
- STÖHR, O. (1998): Boden- und Vegetationsökologische Untersuchungen im subalpinen Fichtenwald und Grünerlengebüsch am Nordabfall des Untersberges bei Salzburg. Diplomarbeit Univ. Salzburg: 126pp.
- ZECHMEISTER-BOLTENSTERN, S., SPADINGER, K. & KINZEL, H. (1990): Bodenenzymatische Aktivitäten an verschieden stark belasteten Buchenwaldstandorten. In: BURIAN, K., ALBERT, R. & KINZEL, H. (Hrsg.): Zustandserhebung Wienerwald. Österr. Akademie d. Wissensch. Wien: 209-227.
- ZÖTTL, H. (1965): Anhäufung und Umsetzung von Stickstoff in Waldböden. Ber. Dt. Bot. Ges. 78: 167-180.

ERGÄNZENDE TONMINERALOGISCHE UNTERSUCHUNGEN AM LÖBAUFSCHLUB IN PAKS, UNGARN

H. KOLMER u. O. NESTROY

Institut für Technische Geologie und Angewandte Mineralogie,
Technische Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz

Gliederung:

Zusammenfassung

Abstract

1. Vorwort
2. Einleitung
3. Durchführung der Untersuchungen
 - 3.1. Probenahme und Aufbereitung
 - 3.2. Physikalische Untersuchungen
 - 3.3. Chemische Untersuchungen
 - 3.4. Quantifizierung des Mineralgehaltes
4. Analysenergebnisse
 - 4.1. Schwerminerale
 - 4.2. Anteile der Tonfraktion ($<2\mu\text{m}$)
 - 4.3. Carbonatminerale
 - 4.4. Röntgenamorpher Rest
 - 4.5. Tonminerale und Quarz
5. Diskussion der Ergebnisse
 - 5.1. Auswertung der Korngrößenanalysen
 - 5.2. Mineralanalysen
6. Schlußfolgerungen
7. Literaturverzeichnis.

Verzeichnis der Abbildungen

1. Lage des Lößprofils Paks
2. Horizontabfolge im Lößprofil Paks
3. Schema der Probenvorbehandlung für orientierte Diffraktometeraufnahmen
4. Mineralzusammensetzung der Fraktion $<2\mu\text{m}$ von 55 Löß- und Bodenhorizonten.

Verzeichnis der Tabellen

1. Peaklagen und Behandlungsmethoden für die Quantifizierung der Mineralphasen
2. Minerale und Berechnungsgrundlagen
3. Schwermineralverteilung ausgewählter Horizonte
4. Texturklassen, Bodenart, Schwereklasse und Farbe der Bodenproben
5. Chemismus der Fraktion $<2\mu\text{m}$ von 55 Löß- und Bodenhorizonten
6. Mineralzusammensetzung der Fraktion $<2\mu\text{m}$ von 55 Löß- und Bodenhorizonten.

Zusammenfassung

An insgesamt 55 Horizont, die altersmäßig in die Perioden ab dem ausklingenden Pliozän bis in das Holozän gestellt werden können, wurden ergänzende mineralogisch-chemische Untersuchungen der Tonfraktion vorgenommen. Anhand der Ergebnisse der physikalischen (Korngrößenverteilung, Farb- und Schwermineralbestimmung) und der mineralogisch-chemischen Untersuchungen (Calcit, Dolomit, Quarz, der Tonminerale Kaolinit, Chlorit, Illit, Smectit und des röntgenamorphen Anteils) können folgende Aussagen getroffen werden:

- * Texturell liegen fast alle Proben im schluffbetonten Bereich, nur die Proben aus Horizonten, die dem Donau 2 - Donau 3 - Interstadial und dem obersten Pannon zuzuordnen sind, sind bedeutend schwerer.
- * Die allgemein nur leicht erhöhten Werte der Tonfraktion in den B-Horizonten gegenüber den Lössen deuten auf eine nur schwache Verwitterung während der wärmeren Perioden im Pleistozän hin
- * Eine einheitliche Schwermineralzusammensetzung erlaubt die Annahme eines einheitlichen Einzugsgebietes nur für die Proben 1 - 12, die dem Junglöß zugeordnet werden.
- * Geringe Gehalte und Spuren von Dolomit kommen nur in den Jüngeren Lössen (Proben 1-12) vor.
- * Die Summe der Tonminerale und Quarz zeigt in allen Horizonten, selbst in den B-Horizonten, nur geringe Schwankungen.
- * Die Abnahme des Carbonatgehaltes im Zuge der Verwitterung führt zu einer Zunahme von röntgenamorphem Rest, die relativen Verhältnisse der Tonminerale Illit, Chlorit, Smectit, Kaolinit sowie von Quarz bleiben nahezu gleich.
- * Der Anteil an röntgenamorphem Rest ist in den unverwitterten Lössen allgemein gering, in den B-Horizonten ist die Summe dieser Reste nahezu verkehrt proportional zu den Carbonatgehalten.

Infolge der allgemein nur geringen Unterschiede sowohl in der Bodentextur als auch in der anteilmäßigen Verschiebung der Tonmineralgehalte in den B-Horizonten gegenüber den Lössen sind in diesem Raum seit dem Brunhes/Matuyama (0,73 Ma) keine gravierenden Klima- und Milieuänderungen anzunehmen.

Abstract

Supplementary clay mineralogical examinations in the loess exposure of Paks, Hungary

The 55 horizons in the well known loess exposure of Paks (Hungary) cover the time span from Upper Pliocene to Holocene. The results of both the physical (grain-size distribution, color determination and heavy minerals distribution) and the mineralogical and chemical analyses allow following statements:

- * Texturally all samples are silty, only those from horizons belonging to the Donau 2 - Donau 3 - interstadial (Upper Pannonian) are considerably heavier.
- * The slightly higher contents of clay fraction in the B-horizons compared with true loesses point to a weaker weathering during warmer periods in the Pleistocene.
- * A uniform heavy mineral distribution admit the same catchment area for all the loesses analyzed.
- * Minor or trace amounts of dolomite are observed only in the Younger loesses (sample ns. 1-12)
- * Even in the B-horizons the total amounts of clay minerals and quartz vary only slightly.
- * The decrease of carbonates by weathering increases the amount of only the X-ray amorphous materials, the absolute and relative contents of clay minerals and of quartz remain stable.
- * In non-weathered loesses the amount of X-ray amorphous material is low, whereas in B-horizons these rests behave almost inverse proportional to the carbonate content.

Because of the small differences in soil texture as well as in clay mineral content of the B-horizons compared with unweathered loesses it is concluded, that no larger climatic changes or changes of the geological environment took place since the Brunhes/Matuyama (0,73 Ma).

1. Vorwort:

Der Lößaufschluß von Paks in Ungarn zählt zweifelsohne zu den gleichermaßen am besten in der Fachliteratur bekannten wie auch analysierten Lößprofilen Europas. Die umfassenden Untersuchungen an den einzelnen Löß- und Bodenhorizonten sowie an den geologischen Schichten wurden und werden schon seit Jahrzehnten von PÉCSI und Mitarbeitern vorgenommen. Stellvertretend für die zahlreichen Publikationen aus der Feder von PÉCSI werden in dieser Arbeit nur die jüngsten Publikationen aus den Jahren 1993 und 1995 erwähnt.

Die Basis dieser Arbeit sowie die Interpretation der von den Autoren durchgeführten Untersuchungen beziehen sich deshalb auf das umfangreiche Oeuvre von PÉCSI. Deshalb wurden zwecks Vertiefung unseres Wissens um die Bodenbildung im ausklingenden Pliozän und während des Pleistozäns und zur Herstellung neuer Querbezüge ergänzende Untersuchungen an dieser Lößwand durchgeführt.

2. Einleitung:

In der Abbauwand der Ziegelgrube von Paks, rd. 100 km südlich von Budapest (vgl. Abb.1), ist eine Folge von Lössen und mehreren zwischengelagerten fossilen Bodenhorizonten über mehr als 40 m Höhe aufgeschlossen. Die Zeitspanne, die das Profil erfaßt, reicht vom Mittleren Pleistozän bis in das Holozän.

Sequenzen von Löß und darin eingeschalteten Paläoböden bieten eine gute Möglichkeit, Klimaschwankungen des Quartärs zu identifizieren und zu datieren. Ausgehend von SCHERF (1936) und BULLA (1937) wurden in den vergangenen Jahrzehnten viele Versuche unternommen, die Bodenhorizonte mit dem klimatischen Kalender (MILANKOVIC 1941, BACSÁK 1955) zu korrelieren. In vielen Publikationen haben PÉCSI und Mitarbeiter (PÉCSI 1993 cum lit., 1995) versucht, die Litho- und Chronostratigraphie des Profils von Paks zu verfeinern.

Einer allzu starren zeitlichen Korrelation der vorhandenen Paläoböden mit Interglazialen oder Interstadialen stehen die mehrfach beobachteten, durch Erosion bedingten oder zu vermutenden Schichtlücken im Profil entgegen (PÉCSI 1995). Auf den engen Zusammenhang zwischen der Anzahl von Bodenhorizonten in einem Lößprofil und der geomorphologischen Position der Sedimentserie wiesen PÉCSI und SCHWEITZER (1995) hin.

Auf die grundsätzliche Problematik bzw. Unmöglichkeit der Zuordnung von Paläoböden zu den einzelnen der klassischen alpinen bzw. nordeuropäischen Interglazial- oder Interstadial-Stadien hat bereits KUKLA (1977) hingewiesen. Sein Vorschlag, die klassische Nomenklatur zu verlassen und auf die wenigstens altersmäßig gesicherte Chronostratigraphie aufgrund der ^{18}O -Kurven von Tiefseesedimenten mit den Zyklen (B-J) und Terminationen (II - IX) (BROECKER und VAN DONK 1970, BROECKER und DENTON 1989) überzugehen, bringt für Paks nur wenig Aufklärung.

PÉCSI und PEVZNER (1974) konnten mittels Paläomagnetismus die Grenze Brunhes-Matuyama (0,73 Ma) (OPDYKE 1972) bzw. für das Jaramillo-Intervall (0,9 Ma) in den unteren Teilen der „älteren Lößserie“ für Paks festlegen und somit einen unteren

Fixpunkt für die darüber liegenden 8 bis 11 Paläoböden und die 9 bis 12 Löß- bzw. lößähnlichen Schichten definieren. Eine größere Anzahl von Thermolumineszenz-Altersbestimmungen (vgl. Übersicht bei PÉCSI und SCHWEITZER 1995) erbrachten ein völlig verwirrendes Bild mit Altersunterschieden für einzelne Horizonte von mehr als 100 ka und somit notwendige Verschiebungen von Paläoböden um ganze Interstadiale. Jüngste Paläoenvironment-Analysen (ENGEL-DIMAURO 1995) weisen auf, dass bisher aufgrund von TL-Analysen z.T. in das Würm gestellte Böden wahrscheinlich älter sind (Riß 1 oder Riß 2).

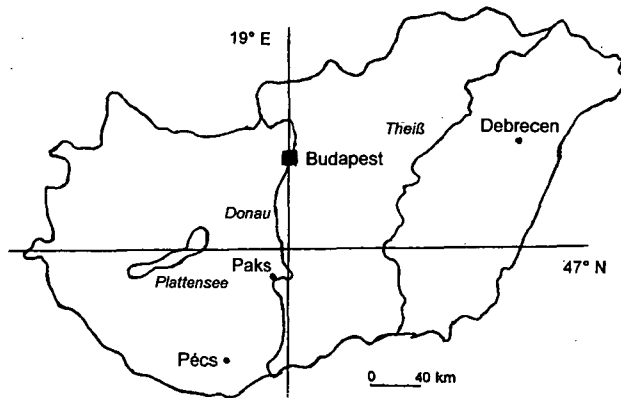


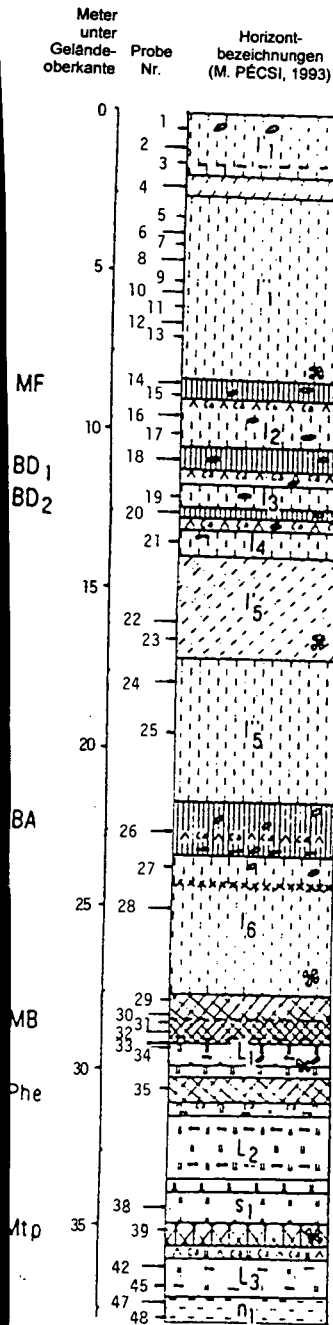
Abbildung 1: Lage des Lößaufschlusses in der Ziegelgrube von Paks, Ungarn

Je nach Interpretation der Entwicklungsstufen, die fossile Böden aufgrund der paläogeographischen Situation erreicht haben, verschieben sich wie bereits erwähnt die Böden oft um 1 bis 2 Glazialzyklen, was immerhin Alterssprünge von 100 - 200 ka bedeutet (PÉCSI 1993, Fig. 2); demnach „.....konnten sich Paläoböden nicht nur unter warm-humiden oder warm-trockenen Klimaten entwickeln, sondern gelegentlich auch unter kalt-humiden Klimaten“. Braune Waldböden bzw. Waldsteppen-Böden werden für das Produkt eines Interglazial-Stadiums gehalten, während Steppenböden oder humusreiche „embryonale“ Paläoböden eher für Produkte gehalten werden, die sich während der Interstadiale oder während der niederschlagsreicheren Substadien eines Glazials gebildet haben.

Ziel der Arbeit ist es, die in den begehbaren Bereichen des Profils in Paks identifizierbaren 8 fossilen Bodenhorizonte sedimentologisch, tonmineralogisch und chemisch zu charakterisieren. Aufgrund der Temperaturabschätzung aus der ^{18}O -Kurve für die letzten 600 ka sollten die Temperaturmaxima während der Warmzeiten, d.h. zu Beginn jedes Zyklus, ähnlich der heute zu beobachtenden Maxima gewesen sein und einem gemäßigten Klima entsprochen haben. Jede durch chemische Verwitterung und / oder vermehrtes Pflanzenwachstum verstärkte biogene Veränderung eines Ausgangsmaterials, im vorliegenden Falle Löß, müßte sich also in einer Veränderung der sedimentologischen, mineralogischen und chemischen Zusammensetzung der Tonfraktion ($<2\text{ }\mu\text{m}$) am stärksten ausgewirkt haben. Die Ergebnisse werden im Folgenden vorgelegt.

Paläogeographisch darf in diesem Zusammenhang nicht unerwähnt bleiben, dass der

Südwand



Nordwand

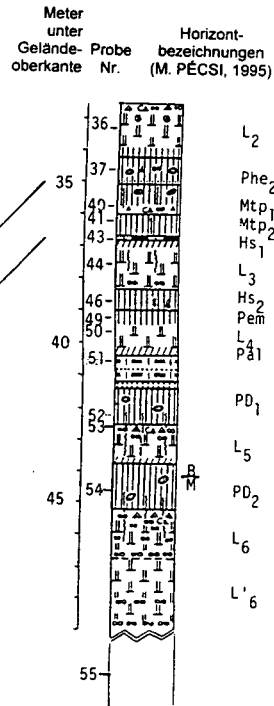


Abbildung 2: Horizontabfolge im Lößprofil Paks

Lauf der Donau noch im Pliozän quer über das Große Ungarische Tiefland, also in südöstlicher Richtung angenommen werden kann, der Fluss jedoch im Laufe des Quartärs nach Westen abgedrängt wurde und ab dem Würm dann direkt, wie heute, nach Süden floß (FINK 1966). Der Aufschluß von Paks ist demnach morphologisch als originärer Prallhang zu sehen, der selbstverständlich durch den Menschen tiefgreifend verändert wurde.

Einzelne korrelierbare Horizonte treten in der N-Wand bzw. in der S-Wand des Aufschlusses oftmals mit Höhenunterschieden von mehr als 2 m auf. Dies kann unschwer auf Verstellungen in dieser tektonisch mobilen Zone zurückgeführt werden (FINK 1966).

Geht man von der einzigen einigermaßen gesicherten absoluten Datierung, Brunhes-Matuyama mit 0,73 Ma aus, so kann nach PÉCSI mit 8 bis 10 fossilen Böden gerechnet werden, die jedoch am ehesten nur in Senken erhalten geblieben sind. In allen anderen Positionen ist mit einer mehr oder minder starken Erosion und somit dem Fehlen von Horizonten zu rechnen.

So sind auch die Autoren keineswegs von der Absicht getragen, eine neue Monographie der Löss- und Bodenbildungen während des Pleistozäns in Ungarn zu verfassen; vielmehr soll die Tonmineralzusammensetzung der Bodenhorizonte in Vergleich mit den Lössen, aus denen sie höchstwahrscheinlich hervorgegangen sind, untersucht und vergleichend diskutiert werden.

3. Durchführung der Untersuchungen

3.1. Probenahme und Aufbereitung

Vom 15. bis 17. Mai 1994 wurde von den beiden Verfassern am Lößaufschluß in Paks (vgl. Abb. 2) aus insgesamt 53 Horizonten Mischproben von einem Gewicht von rd. 700 g entnommen, diese an der Luft getrocknet, vorsichtig zerrieben und durch ein Rundlochsieb mit 2 mm Lochweite gesiebt. Der auf diese Weise erhaltene Feinboden stellte die Ausgangsprobe für alle weiteren physikalischen und chemischen Untersuchungen dar. Die Aufbereitung erfolgte in zwei Formen, das Material für die chemische Analyse wurde mit 3% Peroxid (H_2O_2), das Material für die röntgenographische Phasenanalyse mit $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ aufgeschlossen.

Für den Peroxid-Aufschluß wurden ca. 150 g der homogenisierten Gesamtprobe in 330 ml Peroxid-Lösung (3%) am Wasserbad bei 50° C 1 Stunde lang behandelt. Die Suspension wurde anschließend eingedampft, mit H_2O dest. aufgenommen und in Plastikflaschen 3 Stunden lang überkopf geschüttelt. Nach Absieben der Körnungen > 40 µm wurde die Tonfraktion (<2 µm) in einer automatischen Sedimentationsanlage abgetrennt, zentrifugiert und bei 50° C getrocknet. An dem auf diese Weise gewonnenen Material wurden die chemischen Analysen durchgeführt. Für den $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ -Aufschluß wurden ca. 150 g der homogenisierten Gesamtprobe in 300 ml $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ -Lösung (0,1 M) auf dem Wasserbad bei 70° C 1 Stunde lang behandelt; dabei wurde die verdampfte Lösung laufend ergänzt. Nach Zugabe von weiteren 300 ml einer 0,1 M $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ -Lösung wurde die Suspension in Plastikflaschen überkopf 11 Stunden geschüttelt. Nach Absieben der Körnungen > 40 µm wurde die Tonfraktion (<2 µm) in einer automatischen Sedimentationsanalyse abgetrennt, mehrfach bei 8000

Touren zentrifugiert, um überschüssiges $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ zu entfernen und bei 50°C getrocknet. An diesem Material wurden die Diffraktometer-Analysen durchgeführt.

3.2. Physikalische Untersuchungen

Korngrößenverteilung

Für diese Bestimmung wurden 10,00 g Feinboden in einer Plastikflasche mit 250 ml 0,004 n Natriumpyrophosphatlösung (tetra-Natriumdiphosphat-Decahydrat) versetzt und anschließend zwei Stunden bei einer Frequenz von 160 Hüben/min. horizontal geschüttelt. Die Naßsiebung erfolgt mittels einer Siebmaschine mit Sieben der Maschenweiten 200 μm , 63 μm und 40 μm . Die Siebrückstände wurden quantitativ in Abdampfschälchen übergeführt, auf dem Wasserbad getrocknet und dann gewogen. Der Siebdurchgang wurde mit einer Shimadzu SA-CP 2 Centrifugal Particle Size Analyser in Verbindung mit einem Keithley 195 A Digital Multimeter weiter untersucht. Es handelt sich dabei um ein kombiniertes Sedimentations-Photometerverfahren im Schwere- und Zentrifugalfeld bei 1000 rpm: der Meßbereich wurde zwischen 40 μm bis 1 μm festgelegt.

Zur Gewinnung der Tonfraktion wurde unter Berücksichtigung der Werte der Korngrößenanalyse eine entsprechend Menge an Feinboden mit 0,004 n Natriumpyrophosphatlösung als Dispersionsmittel versetzt und zwei Stunden bei einer Frequenz von 160 Hüben pro Minute geschüttelt. Die Kornfraktion < 63 μm wurde durch Naßsiebung abgetrennt und der Siedurchgang 5 Minuten lang mit Ultraschall behandelt.

Die anschließend mittels des automatischen Atterberg-Gerätes gewonnene Fraktion <2 μm wurde 2 Mal mit Ultraschall behandelt und zentrifugiert, um das noch vorhandene Natriumpyrophosphat zu entfernen. Das Zentrifugat wurde in Abdampfschälchen auf dem Wasserbad getrocknet und dann weiter behandelt.

Für die Berechnung der auf Tabelle 4 dargestellten Werte wurde die gewonnenen Fraktionen zu den drei Korngrößenklassen 2000 - 63 μm , 63 - 2 μm und <2 μm zusammengefaßt.

Farbbestimmung

Diese erfolgte an Proben im Zustand der Fließgrenze nach den Munsell Color Charts.

Schwermineralbestimmung

Aus Material der Kornfraktion 20 - 63 μm wurde der Schwermineralanteil mittels Bromoform gewonnen und unter dem Mikroskop ausgezählt (rd. 600 Teilchen).

3.3. Chemische Untersuchungen

Die Analyse der Hauptelemente erfolgte an Schmelztabletten mit Li-Tetraborat mittel Röntgen-Fluoreszenz-Analyse (RFA). Die Bestimmung von H_2O bzw. CO_2 erfolgte gravimetrisch. Zur Eichung standen internationale Referenz-Standards zur Verfügung; einzelne Calcium-Werte wurden zusätzlich volumetrisch überprüft.

Phasenbestimmung

Die Identifizierung und Quantifizierung der Mineralphasen in der Tonfraktion erfolgte mittels Diffraktometers sowohl an orientierten wie auch an unorientierten Präparaten (s. Tab. 1).

Tabelle 1: Peaklage und Behandlungsmethode zur Quantifizierung der Mineralphasen

Mineral	Behandlungsmethode	Winkel 2Θ
Calcit	unorientiert	29,5
Dolomit	unorientiert	30,9
Quarz	unorientiert	20,8
Chlorit	orientiert, unbehandelt	25,1
Illit	orientiert, unbehandelt	17,8
Kaolinit	DMSO *)	8,0
Smectit	MgCl ₂ /Glycerin	4,9
Vermiculit	orientiert, unbehandelt	6,3

*) DMSO: Dimethylsulfoxid

Zur Herstellung der orientierten Pulverpräparate für die Diffraktometer-Analyse kam das in Abb. 3 festgehaltene Schema in Anwendung.

3.4. Quantifizierung des Mineralgehaltes

Die Ermittlung der Anteile von Calcit, Dolomit und Quarz erfolgte durch Vermessung der unter- grundkorrigierten Peakhöhen bzw. anhand der chemischen Analyse. Zur Kontrolle standen künstlich hergestellte Eichmischungen zur Verfügung.

Die Berechnung der Anteile der Tonminerale Kaolinit, Chlorit, Illit, Smectit (Beidellit + Nontronit + Saponit) und Vermiculit erfolgte iterativ unter Verwendung von Röntgendiffraktometeraufnahmen und Eichaufnahmen künstlicher Mineralgemische. Es kamen die Formeln in Tab. 2 zur Anwendung.

Diese Vorschläge wurden miteinander solange optimiert, bis die Abweichungen von den jeweiligen Eichkurven ein Minimum erreichten. Eine zuerst erstellte Berechnung wurde mit der chemischen Analyse und den jeweiligen Röntgendiffraktometeraufnahmen verglichen und ein verbesserter Vorschlag erstellt; zugelassen wurden Abweichungen von + 20% rel.

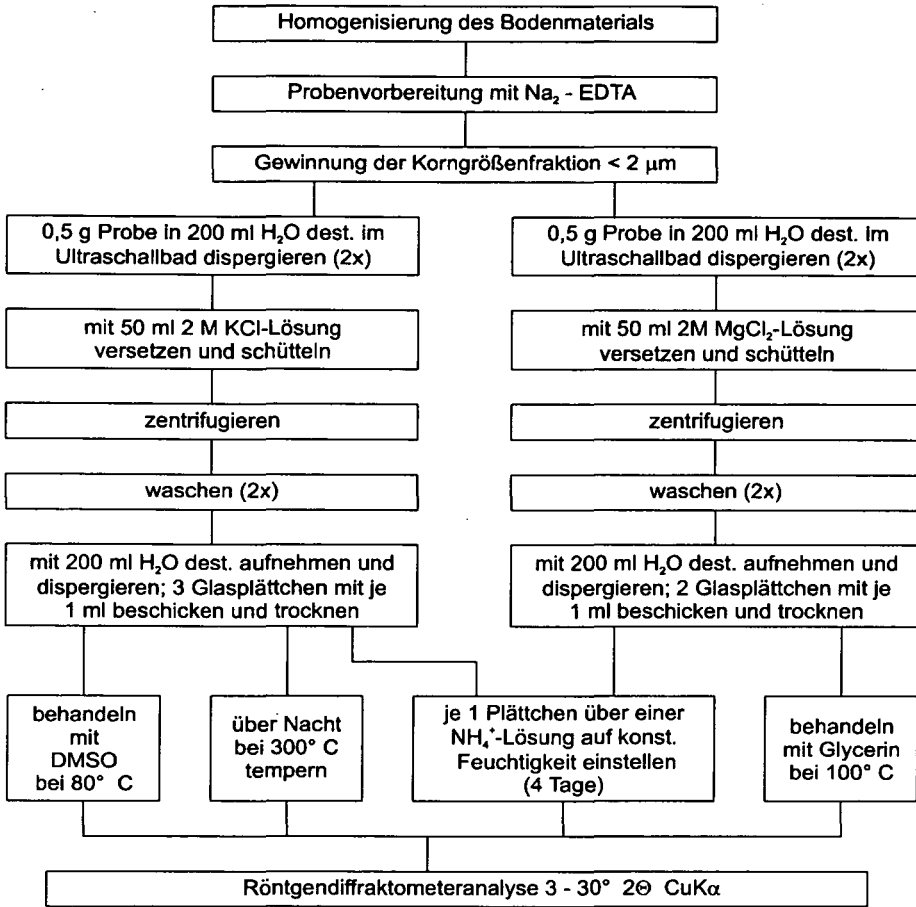


Abb. 3: Schema der Probenvorbereitung für orientierte Diffraktometeraufnahmen

Tabelle 2: Minerale und Berechnungsgrundlagen

Calcit	$\text{CaO} \cdot \text{CO}_2$
Dolomit	$\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2 \text{CO}_2$
Quarz	SiO_2
Rutil	TiO_2
Chlorit (mittlerer)	$3 \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5 (\text{Mg}_{2,5-5,0}, \text{Fe}_{2,5-0,0})\text{O} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
Illit (phengitisch)	$7 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (\text{Mg}_{0,5-1,0}, \text{Fe}_{0,5-0,0})\text{O} \cdot (0,5-1,0) \text{K}_2\text{O} \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
Kaolinit	$2 \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
Smectit	$18 \text{SiO}_2 \cdot 10 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$
Beidellit	$22 \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaO} \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$
Nontronit	$22 \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 18 \text{MgO} \cdot \text{CaO} \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$
Saponit	
Vermiculit	$13 \text{SiO}_2 \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 12 \text{MgO} \cdot 15 \text{H}_2\text{O}$

Für die Kaolinitbestimmung wurde von normalisierten Diffraktogrammen der mit DMSO-behandelten Probe ausgegangen. Dazu wurden die Peakhöhen zwischen 3° bis $20^\circ 2\theta$ vermessen, die Summen aller Peakhöhen auf 1000 normalisiert und aus dem sich ergebenden Umrechnungsfaktor der Kaolinitgehalt errechnet.

Bei der Chlorit- und Illitbestimmung konnte die beste Korrelation zwischen Konzentration und Peakhöhe dann erzielt werden, wenn man die absoluten Peakhöhen der orientierten, unbehandelten Probe verwendete.

Bei der Berechnung von phengitischen Illit ergab sich mehrfach die Notwendigkeit, mit einer geringeren K-Besetzung zu rechnen. Dies scheint aufgrund von Mikrosondenanalysen gerechtfertigt.

Bei Smectit wurde die absolute Peakhöhe der mit Glycerin behandelten Probe verwendet (POCK 1995). Zur Analysenberechnung von Smectit wurden die Endglieder Beidellit, Nontronit, Saponit im Mol-Verhältnis 2 : 2 : 1 eingesetzt (POCK 1995).

Für die Vermiculitbestimmung wurde von einem für Chlorit konstanten Verhältnis der Peaks (001) : (004) = 0,82 : 1 ausgegangen. Dieses Verhältnis wurde aus einer größeren Zahl publizierter und genetisch vergleichbarer Chloritanalysen berechnet. Vermiculit wurde dann verrechnet, wenn der Peak bei $6,3^\circ 2\theta$ im Vergleich zum Peak bei $25,1^\circ 2\theta$ ein größeres Verhältnis ergab.

In den meisten Fällen genügte eine dreimalige Wiederholung der Tonmineralberechnung. Versuche, das Ergebnis unter Berücksichtigung der Massenschwächungskoeffizienten noch weiter zu verbessern, erbrachten keine wesentlichen Veränderungen.

Der Anteil an röntgenamorphen Phasen ergibt sich aus der Summe der nicht verrechenbaren Oxide der chemischen Analyse. Der H_2O -Gehalt wurde auf Al_2O_3 und Fe_2O_3 stöchiometrisch verrechnet, ein verbleibender Rest wurde dem SiO_2 zugeschlagen.

4. Analysenergebnisse

Die am Lößaufschluß von Paks leicht mit freiem Auge unterscheidbaren 11 bis 12 fossilen B-Horizonte sind als Ergebnis der wechselnden klimatischen Bedingungen während des Pleistozäns anzusehen. Einzelne Horizonte werden von PÉCSI (1993, 1995), KUKLA (1977), BRONGER und HEINKELE (1989) teilweise sehr verschiedenen Interglazialen bzw. Interstadialen bzw. Zyklen zugeordnet.

Im Folgenden wird von der Annahme ausgegangen, dass für jeden Bodenhorizont der direkt darunterliegende Löß das Ausgangsmaterial darstellt und keine Kappungsfläche dazwischenliegt.

4.1. Schwerminerale

Die Schwerminerale ausgewählter Horizonte unterschiedlichen Alters (vgl. Tab. 3) zeigen ein einheitliches Bild. Daraus kann abgeleitet werden, dass dieses Material der untersuchten Proben aus einem einheitlichen Einzugsgebiet stammten und die

Horizontabfolgen Nr. 16/15 sowie Nr. 19/18 eine genetische Einheit darstellen. Die weiteren Lößhorizonte Nr. 9, 25, 38 und 48 sind in ihrer Schwermineralzusammensetzung sehr ähnlich, wodurch die Annahme eines einheitlichen Einzugsgebietes noch erhärtet wird.

Tabelle 3: Schwermineralgehalte (%) ausgewählter Horizonte

Horizont	9	15	16	18	19	25	38	48
Bezeichnung	Löß I' 1	Boden MF 2	Löß I 2	Boden BD 1	Löß I 3	Löß I' 5	Löß s 1	Löß n 1
Alterseinstufung	W 3	W 1/W 2	W 1	R/W	R 2	R 2	M	G
Epidot	29,3	28,6	30,0	25,8	23,5	22,9	30,3	26,9
Granat	21,8	17,6	23,8	23,3	28,2	27,2	21,9	23,4
Zirkon	4,9	7,8	4,3	7,3	7,0	9,4	6,5	5,3
Titanit	6,1	1,3	2,6	3,8	1,2	1,4	4,2	2,8
Rutil	3,9	6,5	5,5	3,5	4,9	6,0	5,2	7,0
Turmalin	7,6	3,3	3,8	4,5	2,3	1,9	0,7	1,5
Disthen	0,2	0,2	-	0,5	0,7	-	-	-
Zoisit	0,7	2,3	1,0	1,0	1,6	0,7	-	1,8
opak	25,5	32,2	28,5	30,3	30,6	30,5	30,7	31,3
andere	-	0,2	0,5	-	-	-	0,5	-

4.2. Anteile der Tonfraktion (< 2µm)

Die Korngrößenverteilung in Tab. 4 sind summierte Werte, entnommen der Arbeit von FALLMANN (1997) und PÉCSI (1995); deshalb sei auch bezüglich detaillierterer Kornfraktionen auf diese Arbeiten verwiesen.

Von einigen Ausnahmen abgesehen, steigt der Tonanteil in den B-Horizonten gegenüber dem liegende Löß (C-Horizont) leicht an. Ausnahmen sind die Übergänge von I 4 zu BD 2 (Proben Nr. 21/20), von L 2 zu Phe 1 (Proben Nr. 36/35) und von S 1 zu Phe 2 (Proben Nr. 38/37), in denen der Tonanteil im B-Horizont geringer ist als im Ausgangsmaterial.

4.3. Carbonatminerale

Die makroskopisch unveränderten Lössen weisen alle einen deutlichen Carbonatgehalt auf; einzige Ausnahme ist der mindelzeitliche sandige Löß L 1, ca. 1 m unter dem MB-Paläosol, der dem Mindel-Riß-Interglazial zugeordnet wird (PÉCSI 1993) sowie einzelne Straten des rißzeitlichen Lösses I' 5. Die überwiegende Mehrzahl der Lössen besitzt Calcitgehalte zwischen 10 und 30 M%. Abweichungen nach oben zeigen der dem obersten Riß zugeordnete Löß I 3 (Probe 19) mit 37 M%, der dem unteren Riß zugeordnete Löß I 6 (Proben 27, 28) mit 40 M% sowie der Löß L 5 (Probe 53) mit 47 M%, den PÉCSI (1995) dem Donau-3-Stadium zuordnet.

Tabelle 4: Texturklassen, Bodenart, Schwereklasse und Farbe der Bodenproben

Probe Nr.	Bezeichnung PÉCSI 1993	Texturklassen			Bodenart	Schwere- klasse	Farbe
		Ton	Schluff	Sand			
1	I'1	18	76	6	Schluff	II	10 YR 5/3 braun
2	I'1	18	75	7	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
3	I'1	14	78	8	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
4	h 1/h 2	15	74	11	Schluff	II	2,5 Y 5/4 hell olivbraun
5	I'1	14	79	7	Schluff	II	2,5 Y 5/4 hell olivbraun
6	I'1	13	78	9	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
7	I'1	11	81	8	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
8	I'1	13	76	11	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
9	I'1	16	72	12	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
10	I'1	16	72	12	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
11	I'1	19	73	8	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
12	I'1	16	75	9	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
13	I'1	21	74	5	Schluff	II	10 YR 6/4 hell gelblichbraun
14	MF 1	26	66	8	lehmiger Schluff	III	10 YR 3/3 dunkel braun
15	MF 2	31	55	14	schluffiger Lehm	IV	10 YR 4/4 dunkel gelblichbraun
16	I 2	22	68	10	lehmiger Schluff	III	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
17	I 2	24	72	4	lehmiger Schluff	II	10 YR 6/3 blassbraun
18	BD 1	26	59	15	schluffiger Lehm	IV	10 YR 4/3 braun
19	I 3	23	59	18	lehmiger Schluff	III	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
20	BD 2	20	41	29	sandiger Lehm	III	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
21	I 4	25	58	17	schluffiger Lehm	IV	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
22	I'5	18	76	6	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
23	I'5	28	63	9	schluffiger Lehm	IV	10 YR 4/4 dunkel gelblichbraun
24	I'5	26	62	12	schluffiger Lehm	IV	10 YR 4/4 dunkel gelblichbraun
25	I'5	15	79	6	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
26	BA	31	60	9	schluffiger Lehm	IV	7,5 YR 5/6 stark braun
27	I 6	23	67	10	lehmiger Schluff	III	2,5 Y 6/6 olivgelb
28	I 6	21	49	30	sandiger Lehm	III	2,5 Y 6/6 olivgelb
29	MB Gley	8	15	77	lehmiger Sand	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
30	MB Gley	17	53	30	sandiger Lehm	III	2,5 Y 5/4 hellolivbraun
31	MB	30	58	12	schluffiger Lehm	IV	10 YR 5/3 braun
32	MB	33	53	14	Lehm	IV	10 YR 5/3 braun
33	MB	33	57	10	schluffiger Lehm	IV	10 YR 6/3 blassbraun
34	L 1	29	59	12	schluffiger Lehm	IV	2,5 Y 6/6 olivgelb
35	Phe 1	15	46	39	sandiger Lehm	III	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
36	L 2	17	67	16 *)	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
37	Phe 2	20	47	33 *)	sandiger Lehm	III	10 YR 6/4 hell gelblichbraun
38	S 1	24	72	4	Schluff	II	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
39	Mtp 1	27	67	6	schluffiger Lehm	IV	2,5 Y 6/2 hell bräunlichgrau
40	Mtp 2/1	32	57	11 *)	schluffiger Lehm	IV	10 YR 5/3 braun
41	Mtp 2	33	53	14 *)	schluffiger Lehm	IV	10 YR 5/6 gelblichbraun
42	L 3	19	78	3	Schluff	II	10 YR 6/4 hell gelblichbraun
43	Hs 1	19	69	12 *)	Schluff	II	10 YR 6/3 blass braun
44	L 3	18	65	17 *)	Schluff	II	10 YR 6/4 hell gelblichbraun
45	L 3	17	70	13	lehmiger Schluff	III	2,5 Y 6/6 olivgelb
46	Hs 2	21	59	20 *)	lehmiger Schluff	III	10 YR 6/4 hell gelblichbraun
47	n 1	28	63	9	schluffiger Lehm	IV	2,5 Y 6/2 hell bräunlichgrau
48	n 1	23	66	11	lehmiger Schluff	III	2,5 Y 6/4 hell gelblichbraun
49	Pem	23	54	23 *)	lehmiger Schluff	III	10 YR 6/4 hell gelblichbraun
50	L 4	22	51	27 *)	lehmiger Schluff	III	10 YR 6/4 hell gelblichbraun
51	Pal	30	58	12 *)	schluffiger Lehm	IV	10 YR 5/4 gelblichbraun
52	PD 1	36	56	8 *)	schluffiger Lehm	IV	7,5 YR 5/4 braun
53	L 5	29	62	9 *)	schluffiger Lehm	IV	10 YR 6/4 hell gelblichbraun
54	PD 2	n.b.	n.b.	n.b.	lehmiger Ton	V	5 YR 5/4 rötlichbraun
55	Pannon	n.b.	n.b.	n.b.	lehmiger Ton	V	5 YR 5/6 gelblichrot

*)PÉCSI (1995)

Die Carbonatgehalte zeigen innerhalb einer Kaltzeit oder einer Warmzeit folgende Trends:

Calcit und Dolomit: Mit Probe 12 (I''1 jüngerer Würmlöß) setzt ein anderes Ursprungsgebiet (Ausblasungsgebiete) an. Die M% Calcit sind sehr gering (12 bis 19 M%), Dolomit ist mit 1 bis 8 M% deutlich vertreten.

Die Proben 22 (I'5), 23 (I'5), 24 (I'5) und 25 (I'5) sind etwas problematisch und können als Braunlössе bezeichnet werden. Die Carbonatgehalte, der Tonanteil sowie Werte von SiO_2 , Al_2O_3 und Smectit in der Probe 25 sind dafür deutliche Indikatoren.

Bemerkenswert scheinen die, wenn auch geringen, Dolomitgehalte (2 bis 8 M%) der mittleren und höheren Lössе des Würm. Die übrigen im Gesamtprofil gefundenen Lössе sind praktisch frei von Dolomit, sieht man von Spuren in der Probe 33 (MB) ab.

4.4. Röntgenamorpher Rest

Der röntgenamorphe Rest in den unveränderten Lössen ist allgemein gering (21 bis 28 M%). Der nach der Berechnung der kristallinen Phasen verbleibende Rest besteht aus SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 und H_2O . Die Summen dieser Reste sind nahezu verkehrt proportional zu den Carbonatgehalten, am höchsten in den B-Horizonten (bis zu 40 M%), jeweils geringer in den dazugehörigen Löß-Horizonten. Einzelverrechnungen von $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, AlOOH und FeOOH führen bei B-Horizonten durchwegs zu höheren Gehalten als im jeweiligen Ausgangs-Löß. Auffallend ist die Tatsache, dass in den B-Horizonten immer weniger (bis 0,0 M%) H_2O für die Bildung von $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ zur Verfügung steht als in den Lössen.

4.5. Tonminerale und Quarz

Betrachtet man die Summe dieser Minerale, so unterliegt sie nur (unerwartet) geringen Schwankungen. Zu erwarten war, dass es in den B-Horizonten wenigstens zu einer relativen Anreicherung entsprechend der Höhe des Carbonatverlustes gekommen wäre; dies ist jedoch nicht der Fall.

Illit

Aus den chemischen Analysen lässt sich ablesen, dass in fast allen Fällen der K_2O -Gehalt in den B-Horizonten geringfügig höher liegt als in den dazugehörigen Lössen. Dies machte es notwendig, im Falle von B-Horizonten für phengitischen Illit durchwegs mit der vollen Besetzung der Zwischenschicht-Position zu rechnen, um die Vorgaben der RDA erfüllen zu können. Illit nimmt beim Übergang von Löß zu einem B-Horizont in fast allen Fällen zu. Das Ausmaß ist jedoch bedeutend geringer als es durch den Carbonatverlust zu erwarten wäre. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, liegen die Illitgehalte zwischen 20 und 28 M%.

Vermiculit

Im Allgemeinen schwanken die Vermiculitgehalte zwischen 2 und 6 M%, in B-Horizonten liegen sie geringfügig höher als in den Lössen. Vermiculit ist mit Illit sowohl in den B-Horizonten als auch in den Lössen nur schwach korreliert.

Chlorit

Die Chloritgehalte schwanken zwischen 3 und 6 M% und liegen in den B-Horizonten durchwegs geringfügig höher als in den dazugehörigen Lössen.

Smectit

Das hier angesetzte Molverhältnis der reinen Endglieder Beidellit : Nontronit : Saponit = 2 : 2 : 1 ist möglicherweise zu starr und trifft nicht in jedem Fall die tatsächlich gegebenen Verhältnisse. In einer Reihe von Fällen war es durchaus schwierig, Magnesium und Eisen auf die in Frage kommenden Phasen in vertretbaren Verhältnissen aufzuteilen, wobei fast immer Magnesium das limitierende Element war. Die Smectitgehalte schwanken zwischen 6 und 9 M%, mit geringfügig höheren Gehalten in den B-Horizonten.

Kaolinit

In der überwiegenden Zahl der Fälle schwanken die Kaolinitgehalte sowohl der B-Horizonte wie auch die der Lössse zwischen 5 und 8 M%; die B-Horizonte zeigen praktisch immer die höheren Kaolinitgehalte als die dazugehörigen Lössse im Liegenden.

Beachtenswert ist, dass die B-Horizonte Probe 33 (MB, Mindel-Riß-Interglazial), Probe 39 (Mtp1) (Günz-Mindel-Interglazial) und Probe 54 (PD2, Donau 2 - Donau 3 - Interstadial) die mit Abstand höchsten Kaolinitgehalte aufweisen. Ähnliche Gehalte weisen die Lößhorizonte im unmittelbar Hangenden zu Probe 52 (PD1, Donau-Günz-Interglazial) auf; PÉCSI (1995) spricht hier von einem Alluvial Soil.

Quarz

Erwartungsgemäß sind die Gehalte an Quarz in der Tonfraktion gering. Sie schwanken, von wenigen Ausnahmen abgesehen, zwischen 6 und 8 M%; die B-Horizonte zeigen eine geringe Zunahme gegenüber den Lössen, wobei zu bemerken ist, dass diese positiven Abweichungen im Bereich der Fehlergrenze der Diffraktometer-Analyse liegen. Das Ausmaß ist jedoch bedeutend geringer als es durch den Carbonatverlust zu erwarten wäre.

5. Diskussion der Ergebnisse

Die Lössse, die während der vier Kaltzeiten sedimentiert wurden, dürften nach dem Befund des Schwermineralspektrums mit aller Wahrscheinlichkeit aus dem selben Herkunftsgebiet stammen. Durch Analysen bestätigt und damit hervorzuheben ist, dass die hangenden B-Horizonte jeweils aus dem liegenden Löß hervorgegangen sind und es sich demnach um autochthone Bodenbildungen handelt. Von diesen sind jedoch meist nur die B- und C-Horizonte erhalten geblieben, während die A-Horizonte der Erosion zum Opfer gefallen sein dürften. BRONGER und HEINKELE (1989) hingegen unterscheiden in mehreren Fällen noch vorhandene A-Horizonte. Die in diesem Lößaufschluß vorhandenen Bodenhorizonte sind demnach als eine Sequenz von unvollständig erhaltenen Bodenprofilen anzusehen.

5.1. Auswertung der Korngrößenanalysen

Obwohl die von PÉCSI (1995) übernommenen Analysendaten zu jenen von FALLMANN angegebenen infolge der unterschiedlichen Grenze von Schluff zu Sand nicht direkt hier beurteilt werden können, sollen sie doch vergleichsweise erwähnt werden.

Zu den von FALLMANN (1997) durchgeführten und in Tab. 4 dokumentierten Werten

ist festzuhalten, dass die überwiegende Zahl der Proben schluffbetont ist, d.h. eine sehr große Zahl der Proben die textuelle Bezeichnung Schluff, lehmiger Schluff oder schluffiger Lehm trägt; fast alle Lößproben liegen in der Gruppe Schluff.

Nur jeweils eine Probe ist als Lehm bzw. lehmiger Sand, vier Proben als sandiger Lehm anzusprechen (ÖNORM L 1050). Ein textuelle Vizinalität der Materialien, Horizonte und Böden kann somit als bewiesen angesehen werden.

Von den Proben 54 (PD 2) und 55 (oberstes Pannon) konnte die Textur nur per Fingerprobe bestimmt werden; diese ist bei beiden Proben lehmiger Ton. Damit sind erwartungsgemäß diese beiden Horizonte bedeutend schwerer als die übrigen Proben und müssen deshalb als Bildungen unter gänzlich anderen klimatischen Bedingungen gesehen werden.

Bezüglich der Kornverteilungskurven bestehen nur geringe Unterschiede zwischen den Lößproben und solchen von B-Horizonten. Falls solche auftreten, dann liegen sie meist in der Ton- und Schlufffraktion.

Die Tonanteile lassen bei einer Gegenüberstellung von B-Horizonten mit den darunterliegenden Lössen nur eine geringe Zunahme zugunsten der B-Horizonte erkennen, in einigen Fällen zeigt sich auch eine Abnahme beim Übergang von Löß zum B-Horizont. Somit sind die Übergänge von Lössen zu den B-Horizonten textuell und auch farblich infolge der geringen klimatischen Unterschiede nicht spektakulär, sondern eher gleitend, wie es auch von PÉCSI (1995) zum Ausdruck gebracht wird.

5.2. Mineralanalysen

Die mineralogisch-chemischen Untersuchungen erfolgten bewusst an der Kornfraktion $< 2 \mu\text{m}$, da Veränderungen im Mineralbestand und im Gesamtchemismus in dieser Fraktion am ehesten stattfindenden und somit auch am deutlichsten nachzuweisen sind, vgl. Tab. 5 und 6 sowie Abb. 4.

Bei Betrachtung der graphisch aufbereiteten Daten über den Chemismus der 55 Proben kann man zunächst drei Bereiche und ferner in jedem spezielle Phasen feststellen.

Der erste Bereich erstreckt sich von Horizont 1 bis Horizont 12, der zweite von Horizont 13 bis 53 und schließlich der dritte über die Horizonte 54 und 55.

Der erste Bereich ist, sieht man vom obersten Horizont ab, durch einen Calcitgehalt zwischen 8 und 19 M% charakterisiert; bemerkenswert sind die Dolomitgehalte, die hier zwischen 2 und 8 M% liegen und in den folgenden Horizonten maximal in Gehalten um 1 M% vorkommen. Die Lössen dieses Bereiches sind sehr homogen. Die Calcit-Gehalte der jüngeren Lössen sind verglichen mit den älteren Lössen geringer. Der Anteil an röntgenamorphem Material (21 - 27 M%) ist im Vergleich dazu nieder. Wir schließen daraus, dass der Zeitraum für das Erreichen eines Gleichgewichtes noch zu kurz war.

Der zweite Bereich, der die Horizonte 13 bis 53 umfaßt und somit der umfangreichste ist, läßt äußerst interessante Wechselbeziehungen erkennen. Zunächst ist es ein, spiegelbildlich gesehen, fast deckungsgleicher Verlauf eines hohen oder geringen Gehaltes an Calcit mit einem niedrigen oder hohen Anteil an röntgenamorphem Rest. Mit

anderen Worten: Der Verlust an Calcit ging mit einer Zunahme an röntgenamorphem Material einher und andererseits stellt sich bei einem hohem Calcitgehalt nur ein gering-

Tabelle 5: Chemische Zusammensetzung der Tonfraktion (<2 µm) von 55 Löß- und Bodenhorizonten

Pr.Nr.	Bez.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O
1	I'1	30,6	0,46	13,9	6,1	0,15	3,4	17,5	<0,01	2,1	0,54	13,7	11,7
2	I'1	38,2	0,59	16,7	7,6	0,12	5,7	10,8	<0,01	2,4	0,31	9,8	7,7
3	I'1	38,5	0,64	16,7	7,6	0,16	6,1	10,2	<0,01	2,6	0,28	9,4	7,8
4	h1/h2	42,5	0,69	18,9	9,2	0,18	5,3	6,4	<0,01	3,2	0,28	5,6	8,2
5	I'1	40,5	0,67	17,9	8,3	0,15	4,6	9,6	<0,01	2,6	0,35	7,6	7,8
6	I'1	41,9	0,69	18,3	8,8	0,14	4,5	8,2	<0,01	2,7	0,37	6,4	7,9
7	I'1	41,7	0,69	18,2	8,6	0,14	4,4	8,5	<0,01	2,7	0,43	6,6	8,1
8	I'1	39,7	0,66	18,2	8,8	0,12	4,2	9,8	<0,01	2,7	0,34	7,7	7,9
9	I'1	40,6	0,69	18,6	8,8	0,14	4,4	8,7	<0,01	2,7	0,34	6,8	7,9
10	I'1	41,5	0,70	18,4	8,7	0,13	4,5	8,2	<0,01	2,7	0,73	6,1	8,4
11	I'1	39,0	0,65	17,5	8,4	0,14	3,7	11,2	<0,01	2,5	0,41	8,5	8,0
12	I'1	39,0	0,62	17,2	8,3	0,12	4,0	11,5	<0,01	2,5	0,31	9,0	7,5
13	I'1	34,3	0,54	15,5	7,4	0,10	3,5	16,0	<0,01	2,1	0,41	12,1	8,1
14	MF 1	43,5	0,67	20,7	9,4	0,08	4,0	5,3	<0,01	2,8	0,32	3,9	9,4
15	MF 2	45,9	0,70	22,9	10,0	0,08	3,5	2,8	<0,01	2,8	0,27	1,9	9,2
16	I 2	33,6	0,50	15,6	7,0	0,05	3,4	17,7	<0,01	1,9	0,34	13,5	6,6
17	I 2	36,1	0,56	17,2	7,8	0,06	3,5	14,2	<0,01	2,2	0,34	10,8	7,4
18	BD 1	47,9	0,73	23,4	10,3	0,08	3,9	1,2	<0,01	2,9	0,26	0,7	8,7
19	I 3	29,13	0,44	13,8	6,1	0,05	2,9	22,2	<0,01	1,7	0,35	17,0	6,4
20	BD 2	5,8	0,54	16,8	7,8	0,06	3,3	14,9	<0,01	2,1	0,28	11,3	8,0
21	I 4	36,6	0,55	17,1	7,7	0,06	3,3	14,1	<0,01	2,2	0,32	10,7	7,4
22	I'5	46,7	0,71	21,0	9,6	0,11	3,3	4,9	<0,01	2,7	0,31	3,5	7,3
23	I'5	41,8	0,69	20,9	8,7	0,07	2,9	7,9	<0,01	2,6	0,35	5,9	8,3
24	I'5	36,2	0,69	18,2	7,6	0,06	2,9	13,4	<0,01	2,3	0,34	10,1	8,4
25	I'5	49,5	0,78	22,4	10,2	0,09	3,3	2,5	<0,01	2,9	0,29	1,6	6,4
26	BA	48,6	0,76	23,6	11,3	0,06	3,1	1,7	<0,01	2,4	0,35	1,0	7,2
27	I 6	29,8	0,66	13,1	6,2	0,05	2,5	22,8	<0,01	1,6	0,31	17,5	5,7
28	I 6	30,3	0,72	13,2	5,8	0,05	2,9	22,3	<0,01	1,7	0,35	17,2	5,9
29	MBGley	47,6	0,71	22,0	10,2	0,10	3,3	3,6	<0,01	2,9	0,33	2,5	6,8
30	MBGley	47,5	0,69	21,9	11,8	0,20	3,3	2,8	<0,01	2,7	0,39	0,7	8,0
31	MB	51,9	0,69	22,5	10,0	0,08	3,4	1,2	<0,01	2,8	0,25	0,6	6,7
32	MB	52,0	0,78	23,1	9,3	0,06	3,1	1,0	<0,01	3,6	0,21	0,7	6,3
33	MB	51,2	0,76	22,9	9,5	0,05	3,1	0,9	<0,01	3,6	0,18	0,6	7,2
34	L 1	48,0	0,66	21,7	13,3	0,10	3,4	1,0	<0,01	2,7	0,45	0,3	8,4
35	Phe 1	49,7	0,72	22,0	11,7	0,12	3,4	1,0	<0,01	2,9	0,38	0,3	7,0
36	L 2	39,16	0,21	16,41	7,66	0,05	3,55	12,62	<0,01	2,7	0,43	9,73	7,53
37	Phe 2	36,22	0,25	16,41	7,19	0,08	3,27	15,48	<0,01	2,72	0,76	11,23	6,41
38	S 1	43,8	0,69	19,5	9,2	0,13	3,3	7,5	<0,01	2,5	0,30	5,6	7,7
39	Mtp 1	48,9	0,68	22,0	8,2	0,07	3,4	3,7	<0,01	2,9	0,23	2,5	7,5
40	Mtp 2/1	41,68	0,22	18,55	7,66	0,07	3,10	10,77	<0,01	3,23	0,46	7,8	6,54
41	Mtp 2	48,71	0,20	21,68	8,94	0,07	4,27	2,80	<0,01	3,58	0,54	1,54	7,75
42	L 3	43,8	0,64	20,7	9,3	0,06	3,3	6,4	<0,01	2,4	0,25	4,6	8,5
43	Hs 1	30,93	0,25	13,66	6,55	0,06	3,99	20,13	<0,01	2,25	0,62	15,58	5,93
44	L 3	40,78	0,23	17,13	8,30	0,09	3,87	11,33	<0,01	2,66	0,37	8,85	6,43
45	L 3	42,4	0,60	19,2	9,6	0,08	3,3	8,3	<0,01	2,4	0,27	6,1	7,7
46	Hs 2	41,98	0,23	18,25	8,30	0,10	3,79	9,70	<0,01	2,92	0,34	7,52	6,90
47	n 1	34,6	0,48	15,7	6,6	0,11	3,0	17,2	<0,01	1,8	0,33	13,0	7,2
48	n 1	38,5	0,55	17,1	8,7	0,09	3,2	12,5	<0,01	2,0	0,32	9,4	7,6
49	Pem	35,92	0,25	16,21	7,35	0,12	3,27	15,81	<0,01	2,69	0,58	11,93	6,07
50	L 4	37,18	0,23	16,82	7,66	0,04	3,59	14,58	<0,01	2,69	0,78	10,78	5,68
51	Pal	42,78	0,23	19,98	7,66	0,07	3,99	8,24	<0,01	3,03	0,64	5,8	7,51
52	PD 1	42,16	0,23	19,16	8,14	0,07	3,43	8,86	<0,01	2,94	0,55	6,29	7,96
53	L 5	24,44	0,27	12,33	5,43	0,07	2,34	27,20	<0,01	2,05	0,58	20,68	4,52
54	PD 2	51,17	0,18	23,45	9,42	0,07	4,07	0,62	<0,01	3,41	0,36	<0,1	7,31
55	Pannon	51,71	0,18	23,96	8,94	0,07	3,51	0,79	<0,01	2,98	0,52	<0,1	7,17

ger röntgenamorpher Rest ein. Die M% der Tonminerale sowie die des Quarzes liegen in einem engen Bereich und lassen keine Besonderheiten erkennen.

Der dritte Bereich stammt aus einem völlig anderen Entstehungsmilieu. Der Calcitanteil liegt bei Null, der röntgenamorphe Anteil ist sehr hoch und ebenfalls bemerkenswert hoch sind die M% von Illit und Kaolinit.

Nun zur Besprechung der einzelnen Phasen, die eine kritische Beleuchtung der Analysenwerte von Lössen und den darüberliegenden B-Horizonten zum Inhalt haben.

Die Löss sind durch deutliche Calcit-Gehalte (4 - 47 M%) charakterisiert, die B-Horizonte sind in der Regel kalkfrei bis kalkarm, was der Erwartung entspricht. Die Abnahme des Carbonatgehaltes in den Bodenhorizonten gegenüber den jeweiligen Ausgangslössen führt jedoch nicht zu einer entsprechenden Zunahme der silikatischen Minerale und von Quarz. Eine deutliche Zunahme ist nur im nichtverrechenbaren röntgenamorphen Rest zu beobachten. Die Gehalte an $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ sind in den B-Horizonten teils deutlich höher als in den Lössen, doch sind eindeutige Tendenzen nicht zu erkennen. Darüberhinaus bleiben die relativen Verhältnisse der Tonminerale Illit, Chlorit, Smectit, Kaolinit und Vermiculit und von Quarz zueinander mehr oder weniger gleich. So wird der Schluß gezogen, dass es im Zuge der Bodenbildungsvorgänge in den verschiedenen Interglazialen bzw. Interstadialen zu einer mehr oder weniger kongruenten Auflösung aller vorhandenen Silikate und auch von Quarz gekommen sein muß. Dieses Verhalten ist durch das nach wie vor vorhandene Ca-Carbonat, wodurch der pH-Wert mit Sicherheit im schwach alkalischen Bereich gelegen hat, leicht erklärbar.

Die bei einem Teil der Paare Löss - B-Horizont zu beobachtende erhebliche Zunahme des Anteils an röntgenamorphem Rest könnte durch Einschlammung aus dem nicht mehr vorhandenen, ehemaligen Eluvialhorizont erklärt werden. In REM-Aufnahmen sind jedoch keine diskreten Aggregate der Zusammensetzung $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ zu identifizieren, sodass angenommen wird, dass diese gelförmigen Substanzen als coatings auf den Aggregaten der B-Horizonte vorliegen.

Das bei oberflächlicher Betrachtung paradoxe Phänomen, dass die K_2O -Gehalte der Bodenhorizonte durchwegs höher liegen als die K_2O -Gehalte der jeweiligen Ausgangslössen kann folgende Erklärung finden: In den Lössen liegt Illit wenigstens teilweise in degradiert Form vor, mit Besetzungsdichten der [12]-Koordination $<1,0$. Die mit der Bodenbildung einhergehende Verwitterung erfaßt in erster Linie die degradierten Anteile der Illit-Blättchen und vollständige Illite werden angereichert, wodurch der K_2O -Gehalt zwangsläufig ansteigt.

Die Proben 54 (PD2) und 55 (oberstes Pannon) liegen, wie schon erwähnt, textuell, farblich wie auch bezüglich ihres Chemismus außerhalb der bisher besprochenen Bereiche. Das Fehlen von Calcit und Dolomit, hohe M% an Illit, mittlere an Chlorit, Smectit, Vermiculit und Quarz, jedoch die höchsten Gehalte innerhalb des gesamten beprobten Aufschlusses an Kaolinit und hohe Gehalte an röntgenamorphem Rest sind Indizien für völlig andere Klimabedingungen zur Bildungszeit dieser Horizonte. Wir dürften nicht fehlgehen, wenn wir uns der Auffassung von PÉCSI (1993) anschließen und subtropisch-humide Klimabedingungen für diesen Raum zu dieser Zeit annehmen. Auch FINK (1966) vertritt die Auffassung von einem deutlichen Klimawechsel, nämlich von einem randtropisch - wechselfeuchten Klima des Pliozäns zu einem subpolaren Tundrenklima der ersten Kaltzeit.

Tabelle 6: Mineralzusammensetzung der Fraktion <2µm von 55 Löß- u. Bodenhorizonten

Proben Nr.	Bez. PECSI	Calcit	Dolomit	Rest	SiO ₂ ·nH ₂ O	Al ₂ O ₃ ·H ₂ O	Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O
1	I'1	28,6	2,1	20,5	11,8	4,2	4,5
2	I'1	14,5	7,3	23,3	11	6,4	5,9
3	I'1	13,2	7,6	21,1	9,7	5,2	6,2
4	h1/h2	8,0	4,3	25,7	11,7	6,8	7,1
5	I'1	14,3	2,8	27,1	13	7	7,1
6	I'1	12,1	2,3	23,2	10,9	5,8	6,6
7	I'1	13,0	1,9	26,1	12,8	6,5	6,8
8	I'1	15,0	2,3	25,1	12	7,4	5,7
9	I'1	13,6	1,8	27,7	12,8	7,8	7,1
10	I'1	12,0	1,9	28	13,3	6,7	8
11	I'1	18,4	0,6	26,5	12,9	7	6,6
12	I'1	18,7	1,6	27	13	7,4	6,6
13	I'1	27,1	0,5	23,2	11,3	6,7	5,2
14	MF 1	8,9	0	37,4	17,7	10,6	9,1
15	MF 2	4,3	0	42,7	20,4	13,4	8,9
16	I 2	30,7	0	22,6	10,2	6,7	5,7
17	I 2	24,6	0	24,3	10,8	7,3	6,2
18	BD 1	1,6	0	41,7	20,2	13,7	7,8
19	I 3	38,7	0	20,5	9,3	5,9	5,3
20	BD 2	25,7	0	25,6	11,4	7,6	6,6
21	I 4	24,3	0	28,6	13,4	8,3	6,9
22	I'5	8,0	0	41	20,5	11,8	8,7
23	I'5	13,4	0	37	18	12,1	6,9
24	I'5	23,0	0	29,7	13,7	9,4	6,6
25	I'5	3,6	0	34,3	17,1	10,8	6,4
26	BA	2,3	0	48,1	23	16	9,1
27	I 6	39,8	0	15,9	7,9	4,8	3,2
28	I 6	39,2	0	16,9	7,5	4,4	5
29	MB Gley	5,7	0	27	12,5	8,1	6,4
30	MB Gley	3,9	0	39,9	18,2	11,4	10,3
31	MB	1,4	0	42,7	22,5	12,2	8
32	MB	1,6	0	41,7	21,1	12,2	8,4
33	MB	0,8	0,5	39,6	20,9	11,4	7,3
34	L 1	0,7	0	39	18,5	10	10,5
35	Phe 1	0,7	0	39,7	19,4	11,4	8,9
36	L 2	20,5	1,5	21,5	9,1	5,4	7
37	Phe 2	25,5	0	21,1	13	5,2	6,9
38	S 1	12,1	0,6	32,2	16,2	8,6	7,5
39	Mtp 1	5,7	0	30,4	19,3	10,9	7,1
40	Mtp 2/1	17,7	0	30,4	14,7	8,1	6,4
41	Mtp 2	3,5	0	33,8	17,1	9,2	7,5
42	L 3	10,5	0	34	16,6	9,9	7,5
43	Hs 1	33,4	1,8	13	4,3	2,8	5,9
44	L 3	17,9	2	24,1	10,9	5,4	7,8
45	L 3	13,9	0	35,1	17,4	10,1	7,6
46	Hs 2	15,7	1,3	28,7	13,6	7	8,2
47	n 1	29,6	0	18,1	9,5	5	3,6
48	n 1	21,4	0	25,2	12,6	6,6	6
49	Pem	26,3	0,7	21,6	9	5,6	6,9
50	L 4	23,3	0	20,7	8,4	5	7,3
51	Pal	13,2	0	25,7	12,4	7,6	5,7
52	PD 1	14,3	0	33,2	16,5	9	7,7
53	L 5	47,0	0	11,9	3,2	3,8	4,8
54	PD 2	0,0	0	34,4	16,5	8,8	9,1
55	Pannon	0,0	0	38,9	18,8	11,6	8,5

Abbildung 4: Mineralzusammensetzung der Fraktion <2µm von 55 Löß- u. Bodenhorizonten

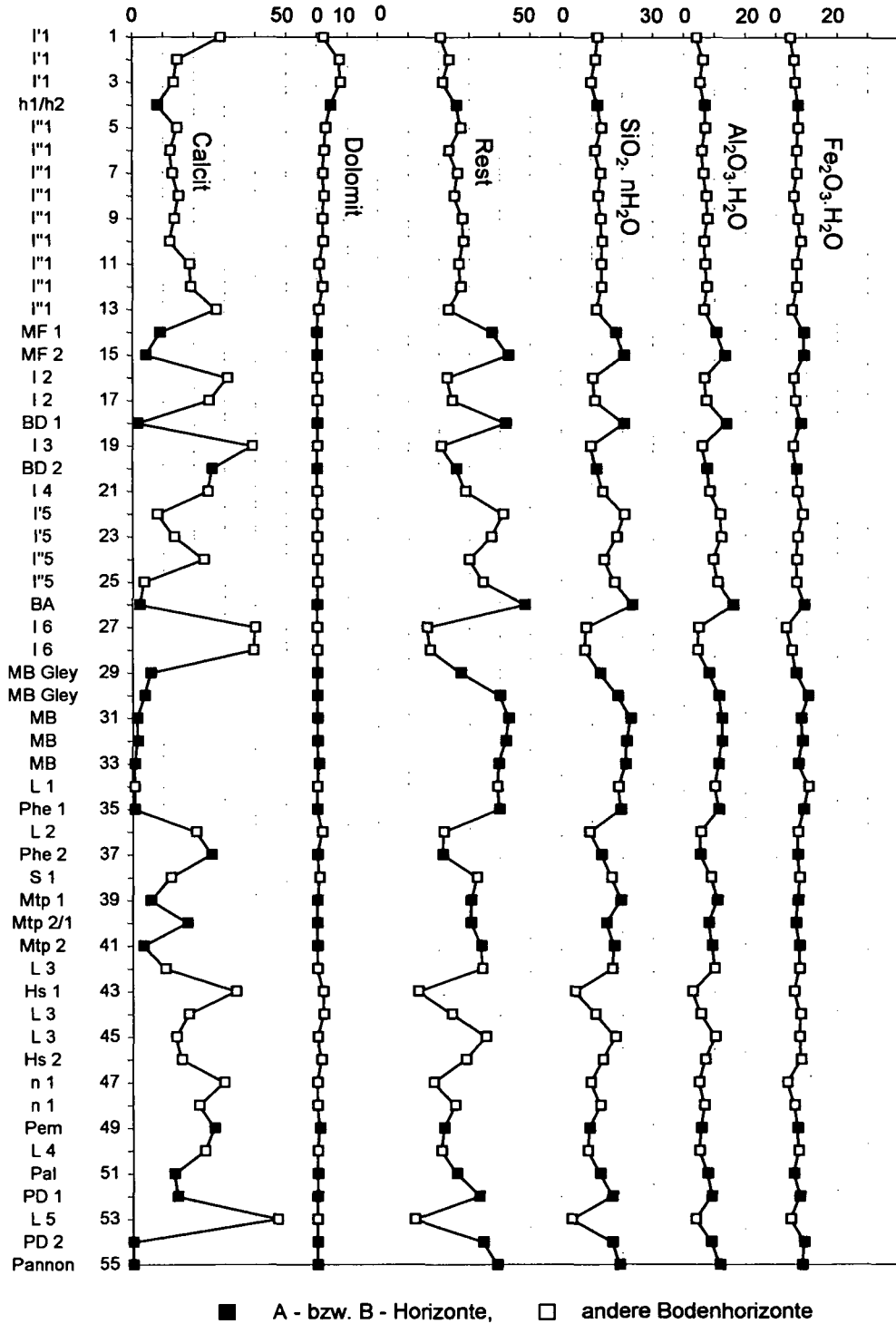
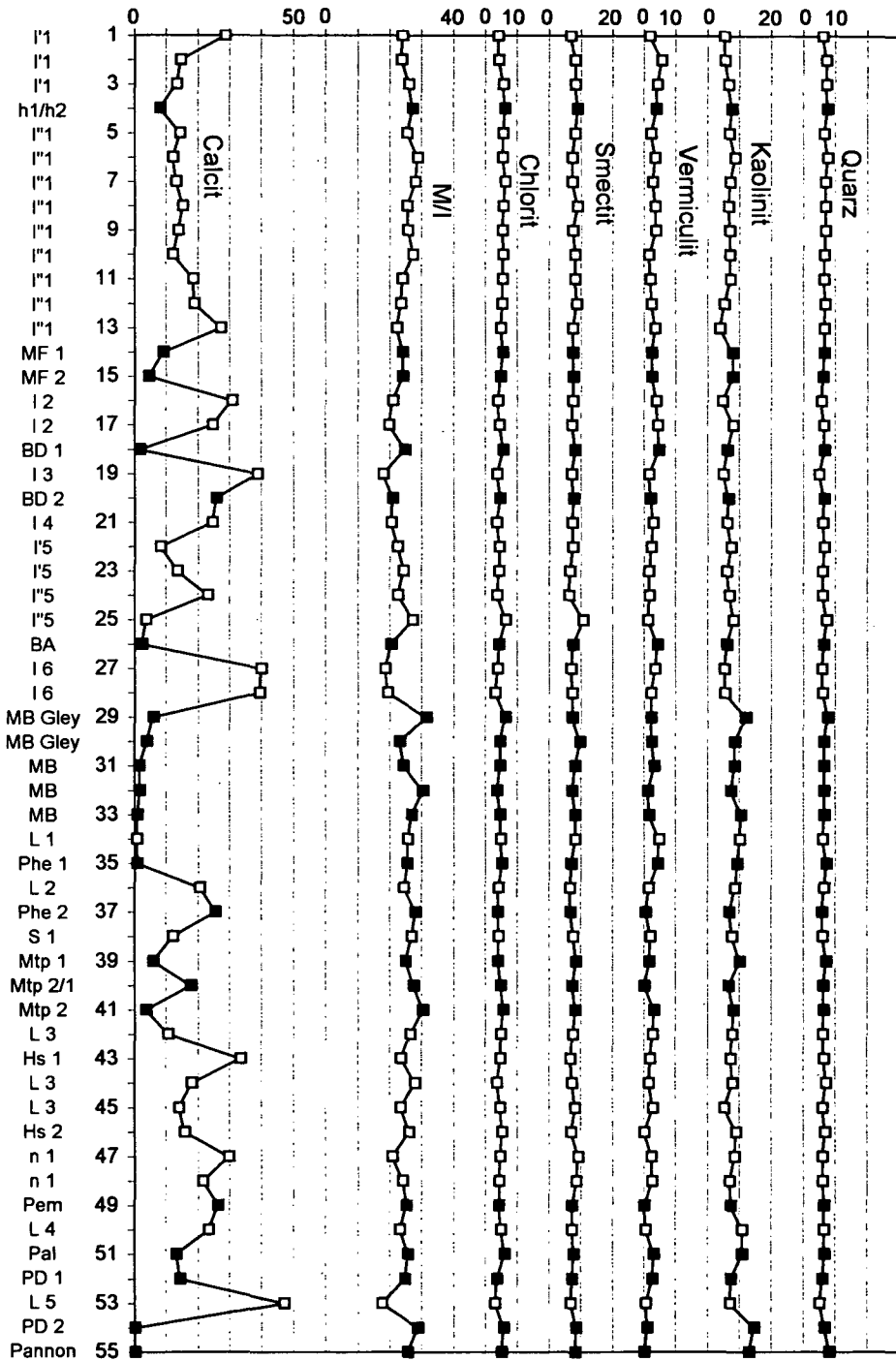


Tabelle 6: Fortsetzung

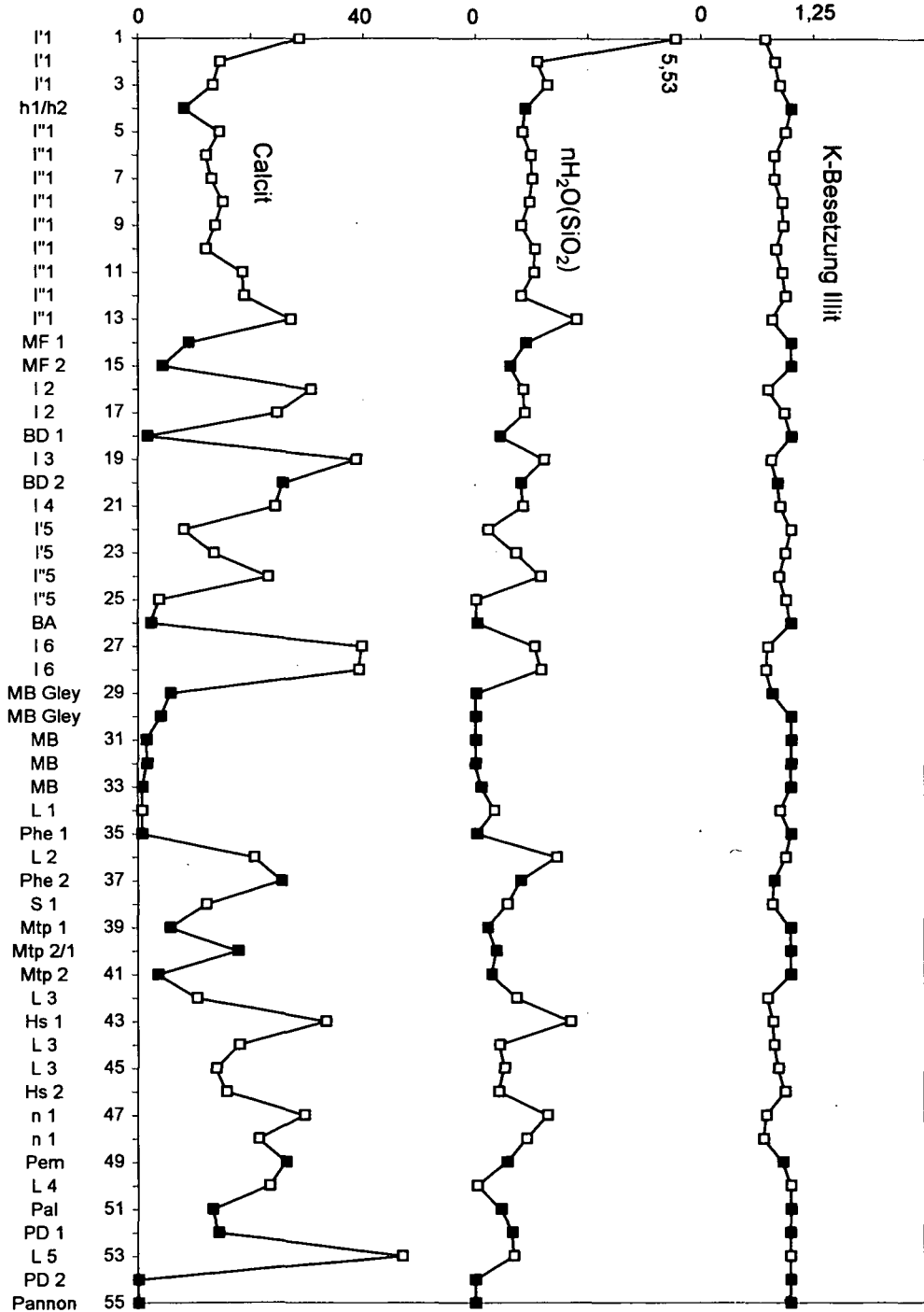
Proben Nr.	Bez. PECSI	M/I	Chlorit	Smectit	Vermiculit	Kaolinit	Quarz
1	I'1	23,8	3,9	6,6	1,6	5,1	6
2	I'1	23,6	4	8	5,5	5,4	7
3	I'1	25,8	5,4	8	4	6,4	7
4	h1/h2	27	6	8,9	3,9	7,5	7,5
5	I''1	25,3	5,4	8,1	2,1	6,7	6,5
6	I''1	28,6	5,3	7,1	3,4	8,5	7,5
7	I''1	27,9	6,1	7	2,6	7	6,8
8	I''1	25,3	5,5	8,7	3,4	6,4	6,8
9	I''1	25,4	5,1	7,2	3,6	6,7	6,7
10	I''1	27,2	5,5	8	1,4	7	6,6
11	I''1	23,8	5,3	8	2	7,1	6,5
12	I''1	23,3	5,1	8,5	2,3	5,1	6,8
13	I''1	22,1	4,6	7,2	3,4	3,8	6,5
14	MF 1	23,8	5,2	7,2	2,2	7,8	6,5
15	MF 2	23,8	4,5	7,4	2,2	7,8	6
16	I 2	20,8	3,6	7,3	3,7	4,6	5,5
17	I 2	19,7	4,3	7,1	4,4	8	6,5
18	BD 1	24,6	5,5	8	4,6	6,2	6,6
19	I 3	17,8	3,5	6,9	1,5	4,9	4,8
20	BD 2	20,8	4,4	7,5	1,9	6,4	6,5
21	I 4	20,4	3,3	7	2,7	5,9	6
22	I'5	22,3	4,2	7,2	2,1	7,2	6,5
23	I'5	24,2	4,1	6,5	1,4	5,9	6
24	I''5	22,4	3,5	6,1	1,6	6,7	6
25	I''5	27,1	6,3	10,6	1,1	8	7,2
26	BA	20,3	4,1	7,4	4,2	5,9	6,2
27	I 6	18,4	3,7	6,7	3,4	5,1	5,8
28	I 6	19,2	2,9	7,1	2,1	5,4	6
29	MB Gley	31,2	6	7,1	2,1	11,9	7,5
30	MB Gley	23	4,4	9,6	2,4	8,5	6,5
31	MB	24,1	4,5	8,1	3,2	8,3	6,5
32	MB	30,2	3,5	7,1	1,1	7,3	6,5
33	MB	26,7	4,4	8,1	1,4	10,3	6,5
34	L 1	25,4	4,6	8,1	4,6	9,9	6
35	Phe 1	25,3	5	6,7	4,1	9,1	7
36	L 2	24,4	4	6,5	1,5	8,5	6,5
37	Phe 2	28	3,8	6,6	0,5	6,7	5,8
38	S 1	26,8	4	7,4	2	7,5	6
39	Mtp 1	24,8	3,9	8,4	1,6	9,9	7
40	Mtp 2/1	27,4	4,7	7	0	6,5	6,1
41	Mtp 2	30,2	5,5	8,1	3,1	8	6,3
42	L 3	26,2	4,6	7,3	2,5	7,5	6
43	Hs 1	23,3	4,6	6,6	2	7,2	6,5
44	L 3	27,9	3,5	7	1,5	7,7	7,1
45	L 3	23,2	4,4	8,1	2,7	5,1	6
46	Hs 2	26	5,1	6,7	0	8,8	6,8
47	n 1	20,7	4,5	9	2,3	8,3	6
48	n 1	23,9	4,1	8,4	2,4	6,7	6
49	Pem	25,1	4,1	7	0	7,2	6,5
50	L 4	23	4,8	7,1	0,5	10,8	6,5
51	Pal	25,6	5,9	7,5	3,1	10,8	6,6
52	PD 1	24,7	3,5	7	2,5	7,2	6
53	L 5	17,5	2,8	6,6	0,5	7	5
54	PD 2	28,6	5,6	8,4	0,9	14,5	6,6
55	Pannon	25,4	5	8	0	12,9	8,1

Abbildung 4: Fortsetzung



Proben Nr.	Bez. PECSI	nH ₂ O	Illit
		SiO ₂	K-Besetzung
1	I'1	5,53	0,71
2	I'1	0,78	0,82
3	I'1	0,91	0,87
4	h1/h2	0,63	1
5	I''1	0,59	0,93
6	I''1	0,7	0,81
7	I''1	0,72	0,81
8	I''1	0,68	0,9
9	I''1	0,58	0,91
10	I''1	0,75	0,83
11	I''1	0,74	0,9
12	I''1	0,57	0,93
13	I''1	1,28	0,79
14	MF 1	0,64	1
15	MF 2	0,44	1
16	I 2	0,6	0,74
17	I 2	0,62	0,92
18	BD 1	0,31	1
19	I 3	0,87	0,78
20	BD 2	0,58	0,85
21	I 4	0,6	0,88
22	I'5	0,16	1
23	I'5	0,51	0,93
24	I''5	0,82	0,86
25	I''5	0	0,94
26	BA	0,03	1
27	I 6	0,75	0,74
28	I 6	0,83	0,72
29	MB Gley	0,01	0,79
30	MB Gley	0	1
31	MB	0	1
32	MB	0	1
33	MB	0,08	1
34	L 1	0,24	0,88
35	Phe 1	0,02	1
36	L 2	1,03	0,94
37	Phe 2	0,57	0,81
38	S 1	0,4	0,79
39	Mtp 1	0,16	1
40	Mtp 2/1	0,27	1
41	Mtp 2	0,21	1
42	L 3	0,52	0,74
43	Hs 1	1,21	0,8
44	L 3	0,31	0,81
45	L 3	0,37	0,86
46	Hs 2	0,3	0,94
47	n 1	0,92	0,73
48	n 1	0,65	0,7
49	Pem	0,4	0,91
50	L 4	0,02	1
51	Pal	0,33	1
52	PD 1	0,47	1
53	L 5	0,49	1
54	PD 2	0	1
55	Pannon	0	1

Abbildung 4: Fortsetzung



6. Schlußfolgerungen

6.1. Eine deutliche Änderung in Form einer zumindest anteilmäßigen Verschiebung der Tonminerale ist in den B-Horizonten gegenüber den Lössen nicht zu erkennen. Dies erlaubt den Schluß, dass im Zeitraum ab dem Brunhes/Matuyama (0,73 Ma) keine gravierenden Klima- und somit Milieuänderungen angenommen werden können, da sonst generell ein anderes Tonmineralspektrum angetroffen werden müßte.

6.2. Deutlich erkennbare Farbunterschiede von Lössen und B-Horizonten dürften nicht auf eine Änderung des Gesamtgehaltes von Fe_2O_3 , sondern auf die Zunahme von Kristallwasser zurückzuführen sein. Es liegt demnach, wie auch aus den Tonmineralwerten ersichtlich, keine Tonanreicherung, sondern nur eine Zunahme der Farbintensität in der oben besprochenen Form vor, weshalb die Bezeichnung dieses Bodenhorizontes allgemein als B-Horizont, speziell als Bv-Horizont, gerechtfertigt ist.

6.3. Die nahezu identen Werte der Korngrößenanalyse von Lössen und B-Horizonten erlauben ferner den Schluß, dass es sich um eine relativ schwache Verwitterung in situ handelt, bei der Calcit gelöst wurde, eventuell auch gewandert ist, jedoch die ursprüngliche Mineralzusammensetzung keine tiefgreifende Änderung erfahren hat.

6.4. Alle bisher erwähnten Fakten erlauben die Annahme, dass in den Warmzeiten nach 0,73 Ma in diesem Raum ein relativ warmes, semihumides, kontinental beeinflusstes Klima, wie es auch von PÉCSI (1993) beschrieben wird, geherrscht hat, das den gegenwärtigen pannonischen Klimabedingungen in Österreich entspricht.

6.5. Die B-Horizonte sind als Reste von Bodenprofilen anzusehen, die typologisch fahlen Kastanosemen (pale chestnut soil nach PÉCSI 1993) oder als Steppen- oder Waldsteppenböden (Steppe and Forest Steppe Soils nach PÉCSI 1993) zugeordnet werden können.

6.6. Als Vegetation kommt ein (lichter) Laubwald oder eine Waldsteppe in Frage. Ein Beweis für das Vorhandensein von Laubbäumen mag darin gesehen werden, dass Mahl- und Fangzähne von *Mammuthus trogontherii* gefunden und bestimmt worden sind und dieser als Nahrung auch die Blätter von Bäumen benötigte. Dieser kann als Vorfahre des für das Spätwürm typischen Mammut angesehen werden (ENGESSER et al. 1996, FRANK & RABEDER 1999).

Dank:

Univ.-Prof. Dr. M. Pécsi sei auch an dieser Stelle für die Bereitschaft, Auskünfte und Anregungen zu geben sowie Proben bereitzustellen, der verbindlichste Dank ausgesprochen. Univ.-Prof. Dr. D. Klammer danken wir für die Durchführung der RFA-Analysen und Frau Ing. M. Hierz für die Anfertigung der Röntgendiffraktometraufnahmen. Herrn P. Schreiber danken wir für die Assistenz bei der Herstellung der rechnergestützten Graphik.

7. Literaturverzeichnis

BACSAK, Gy., 1955: Pliozän- und Pleistozänalter im Licht der Himmelsmechanik. - Acta Geol. Acad. Sci. Hung. 3. 4., 305 - 346

- BROECKER, W. S. und DENTON, G.H., 1989: The role of ocean-atmosphere reorganizations in glacial cycles.- *Geochim. Cosmochim. Acta* **53**, 2465-2501
- BROECKER, W. S. und VAN DONK, J., 1970: Insolation changes, ice volumes and the ^{18}O record in deep-sea cores. - *Rev. Geophys. Space Phys.* **8**, 169-189
- BRONGER, A. und HEINKELE, Th., 1989: Paleosol sequences as witness of pleistocene climatic history. - In: A. BRONGER und J. A. CATT (Eds.): *Paleopedology*. Catena Suppl. **16**, 163-186; Catena - Cremlingen
- BULLA, B., 1937: Der pleistozäne Löß im Karpathenbecken. - *Földt. Közl.* **67**, 196 - 216, 289 - 309
- ENGEL - DIMAURO, S., 1995: Constructing the palaeovegetational record for the buried soils in the Hungarian Young Loess Sequence: A view from phytolith analysis. - *Loess inForm* **3**, 79 - 94
- ENGESSER, B., FEJFAR, O., und MAJOR, P., 1996: Das Mammut und seine ausgestorbenen Verwandten. - *Naturhist. Mus. Basel*, Nr. **20**, 189 p.
- FALLMANN, H., 1997: Das Lößprofil von Paks (Ungarn). Vergleich Mineralzusammensetzung - Klimakurve. - Unveröff. Dipl.Arbeit TU Graz, 59 p.
- FINK, J., 1966: Die Paläographie der Donau. *Limnologie der Donau*; 2. Lfg., 50 p, Stuttgart
- FRANK, Chr., und RABEDER, G., 1999: Eiszeitliche Klimageschichte des Waldviertels. - In: STEININGER, F.F. (Hrsg.): *Erdgeschichte des Waldviertels*, 2.Aufl., Waldviertler Heimatbund Horn-Waidhofen/Th., 200 p.
- KUKLA, 1977: Pleistocene land - sea correlations. I. Europe. - *Earth Sci. Rev.* **13**, 307-374
- MILANCOVIC, M., 1941: Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitproblem. - *Acad. Roy. Serbe, Belgrade*, 633 p
- Ö-NORM 1050, 1994: Boden als Pflanzenstandort: Begriffsbestimmungen, Untersuchungsverfahren. - *Österr. Normungsinstitut Wien*.
- OPDYKE, N. D., 1972: Paleomagnetism of deep-sea cores. - *Rev. Geophys. Space Phys.* **10**, 213-249
- PÉCSI, M., 1993: Quarternary and loess research.- *Loess inForm* **2**, 1 - 82; *Geograph. Res. Inst. Hung. Acad. Sci. Budapest*
- PÉCSI, M., 1995: Concept of loess, a comprehensive information. - *Loess inForm* **3**, 9 - 21
- PÉCSI, M. 1995: Loess stratigraphy and Quarternary climatic change. - *Loess inForm* **3**, 23 - 30
- PÉCSI, M., und PEVZNER, M.A., 1974: Paleomagnetic measurements in the loess sequences at Paks and Dunaföldvár, Hungary. - *Földrajzi Közlem.* **22. 3.**, 215 - 224

PÉCSI, M., & SCHWEITZER, F., 1995: The lithostratigraphical, chronostratigraphical sequence of Hungarian loess profiles and their geomorphological position. - Loess inForm 3, 31 - 61

POCK, H., 1995: Tonminerale in Böden der Steiermark. - Unveröff. Diss. TU Graz

SCHERF, E., 1936: Versuch einer Einteilung des ungarischen Pleistozäns auf moderner polyglazialistischer Grundlage. - Verh. III. INQUA, Wien, 237 - 247

Berichte

O. Nestroy

Bericht

über die Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (4. bis 12. September 1999 in Hannover).

Dieser Bericht über die etwas mehr als einwöchige Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) wird angesichts der Tatsache, daß die kommenden Jahrestagung in Wien im Jahre 2001 über die Bühne gehen wird, etwas umfangreicher sein.

Es war dies wiederum eine gleichermaßen gut vorbereitete wie auch umfangreiche Tagung, sodaß die Vorgaben für die Tagung in Wien hoch einzustufen sind und deshalb eine gute Vorinformation über das, was auf uns zukommen wird, von Vorteil sein kann.

Es ist unmöglich und würde auch den vorgegebenen Umfang sprengen, wollte man versuchen, über diese Tagung, an der rd. 1000 Personen teilgenommen haben, rd. 100 Exkursionstage angeboten, rd. 600 Vorträge und rd. 220 Poster präsentiert wurden, im Detail zu referieren. So können nur - zweifelsohne subjektiv - nur einige Punkte erwähnt werden.

Mein Einstieg in diese Tagung war eine zweitägige Exkursion im Bereich der Ostfriesischen Inseln, speziell auf der Insel Spiegeroog. Logischerweise erfolgte diese Exkursion teils per Autobus, teils per Boot, teils zu Fuß. So hatte ich, unterstützt durch ein herrliches Wetter, vielfältige Möglichkeiten, die Besonderheiten der bislang mir weitgehend unbekannten Landschaft zu studieren. Zunächst standen auf dem Festland, auf dem Weg von Hannover nach Jever, die Besichtigung folgender Bodenprofile auf dem Programm: eine Dwog-Flußmarsch über Niedermoor, eine Dwog-Flußkleimarsch, eine Knickmarsch, eine schwefelreiche Organomarsch sowie eine Kalk- und eine Rohmarsch. Bei den Profilen wurde nicht nur auf die Merkmale, physikalische und chemische Daten eingegangen, sondern auch auf die besondere Art der Nutzung, auf den Einfluß des Tidenhubes sowie Fragen des Umweltschutzes. Da wir auch mit den betreffenden Landwirten und Beratern ins Gespräch kommen konnten, wurden wir auch über sozio-ökonomische sowie rein ökonomische Daten (und Probleme) informiert. Der zweite Tag war zunächst von einer Überfahrt mit einem kleinen Fischerboot auf die Insel Spiegeroog markiert, dem sich ein ausgedehnter Feldbegang mit der Besichtigung von insgesamt acht Bodenprofilen anschloß, die die Stadien der Dünensukzession sowie die Pedogenese des Küstenwatts und Vorlandes charakterisierten. Eindrucksvoll war der Einfluß der Zeiten auf die Bodenbildung und -eigenschaften, eindrucksvoll auch die pedologische und vegetationskundliche Vielfalt der Dünenlandschaft sowie das ständige Bemühen des Menschen, Land zu gewinnen.

Nach diesen Tagen in der freien Natur begann die Reihe der Vorträge, für die (samt Diskussion) jeweils leider nur 20 Minuten vorgesehen waren. Es wurden alle Teildisziplinen der Bodenkunde von Fachkollegen Deutschlands, aber auch der Schweiz und Österreichs angesprochen, wobei das hohe Niveau der Präsentation sowie die gute technische Aufbereitung her-

vorgehoben werden müssen. Infolge der zahlreichen Überschneidungen konnte nur ein Bruchteil der angebotenen Vorträge besucht werden, doch sind diese in den Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in einem Umfang von maximal vier Seiten bereits publiziert.

Mittwoch, 8.9.1999, war der Tag öffentlicher Vortragsveranstaltungen. Nach der Begrüßung durch den Präsidenten der DBG, Univ.-Prof. Dr. K. Stahr, richteten der Vertreter des Oberbürgermeisters von Hannover, der Präsident der Universität Hannover, der Präsident der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, der Generalsekretär der Internationalen Bodenkundlichen Union sowie der Präsident des Bundesverbandes Boden Grußworte an die versammelten Mitglieder. In besonderer Form wurde Univ.-Prof. Dr. F. Scheffer gedacht, der in diesem Jahr seinen 100. Geburtstag gefeiert hätte. Die drei Scheffer-Preisträger stellten in Kurzreferaten ihre Arbeit vor und man konnte auf diese Weise einen Einblick von der hohen Qualität dieser Untersuchungen gewinnen.

Im Anschluß daran erfolgten die drei Festvorträge, gehalten vom Umweltminister von Niedersachsen, Dr. W. Jüttner („Bodenschutz im Spannungsfeld zwischen Vorsorge und Nachsorge“), Univ.-Prof. Dr. U. Schwertmann („Paul Schachtschabel - ein Bodenkundlicher der Frühzeit?“) sowie von Univ.-Prof. Dr. W.R. Fischer über das Thema „Zeithorizonte in der Bodenkunde.“

Am Nachmittag fanden wiederum zahlreiche Exkursion im Raume um Hannover statt. Ich konnte an einer von Univ.-Prof. Dr. Th. Mosimann und Mitarbeitern geführten Exkursion in das Niedersächsische Berg- und Hügelland (Innerste-Bergland) teilnehmen, bei der anhand von der griffigen Erläuterungen im Gelände sowie an drei sehr gut ausgewählten Bodenprofilen reliktsche wie auch rezente Bodenerosion durch Wasser studiert werden konnte. Auch Fragen der Bodenerosionsmeßverfahren, Bodenerosionsmodellierungen und Bodenerosionsbekämpfung wurden vor Ort mit den Experten diskutiert.

Nach einer Reihe von Referaten am Donnerstagvormittag und -nachmittag fand um 17 Uhr die Ordentliche Mitgliederversammlung der DGB statt, bei der Univ.-Prof. Dr. K. Stahr als Präsident für die kommende Periode bestätigt wurde. Als neue Vizepräsidenten wurden Frau Univ.-Prof. Dr. M. Frielinghaus und Dozent Dr. M. Altermann gewählt. Nach einer sehr gelungenen Präsentation Wiens als Metropole durch Univ.-Prof. Dr. W. Blum wurde spontan zugestimmt, in Wien die DBG-Jahrestagung 2001 abzuhalten. Ein gemütlicher Abend im Restaurant Leineschloß in der hannoverschen Altstadt ließ diesen langen Tag langsam kulinarisch ausklingen.

Ein umfangreiches Programm erwartete die Teilnehmer noch am Freitag. Neben dem eigenen Referat standen einige sehr wichtige Sitzungen von Arbeitskreisen, die sich leider zum Teil überschneiden, auf dem Programm. Dennoch gelang es, nicht nur neueste wissenschaftliche Informationen zu erhalten, sondern auch neue Kontakte mit den Fachkollegen zu knüpfen.

Zusammenfassend kann somit wiederum von einer fachlich sehr ergiebigen Tagung gesprochen werden. Neben einer Organisation, die wie am Schnürchen lief - aber dies überrascht uns nicht mehr -, bot auch diese Tagung einen fundierten wie auch umfassenden Einblick in den Stand der bodenkundlichen Wissenschaft in den deutschsprachigen Ländern. Ergänzt wurde der Vortragsteil durch die zahlreichen Postersitzungen, Sitzungen der Arbeitskreise und Kommissionen sowie durch die Exkursionen: Es wurden zwei Zweitagesexkursionen, neun Ganztagesexkursionen (mit je einer Wiederholung), sechs Halbtagesexkursionen sowie als Beiprogramm („Natur und Kultur in Hannover und Umgebung“) sechs verschiedene Optionen angeboten. Zum Gelingen dieser Exkursionen und zu lebhaften Diskussionen haben, und dies soll nicht unerwähnt bleiben und mit Dank an die Organisatoren und Akteure vor Ort verbunden werden, die mustergültige Präparation von großen Bodenprofilen an den repräsentativen Geländepunkten wesentlich beigetragen.

Kubiena-Gedächtnis Exkursion der ÖBG nach Andalusien

Gemeinsam mit dem Consejo Superior de Investigaciones Científicas/Sevilla konnte nach mehrjähriger Planung unsere Gesellschaft ihre diesjährige Exkursion an jene Stätten in Andalusien führen, wo Professor Dr. Walther Kubiena, der wohl bekannteste nicht mehr lebende österreichische Bodenkundler und Ehrenmitglied unserer Gesellschaft, vor 50 Jahren seine Forschungstätigkeit konzentrierte.

Eine so große und lange Auslandsexkursion konnte nur durch eine kollegiale und intensive Zusammenarbeit mit aus- und inländischen Kollegen bewerkstelligt werden. Es ist uns deshalb ein besonderes Anliegen, zunächst den spanischen Kollegen, den Herrn Univ.-Professoren Diego de la Rosa, Guillermo Paneque und Jose Luis Mudarra, ferner für die technische Unterstützung den Herren Juan Antonio Moreno, David Moreno und Frau Valeria Castillo unseren Dank abzustatten. Worte des Dankes sollen aber auch an unseren Präsidenten, Herrn Univ.-Doz. Martin Gerzabek ausgesprochen werden, der unauffällig und unkompliziert die vielen organisatorischen Details löste und damit wesentlich zu einem reibungslosen technischen wie auch wissenschaftlichen Ablauf dieser Exkursion einen wesentlichen Beitrag leistete. Nicht unerwähnt dürfen diesem Zusammenhang die vorbereitenden Leistungen unseres Generalsekretärs, Herrn Dr. Andreas Baumgarten sowie der Einsatz vor Ort von Herrn Univ.-Prof. W.E.H. Blum bleiben, der jeweils die Simultanübersetzung besorgte, sodaß keinerlei sprachliche Barrieren zu verspüren waren.

Alle hier Genannten haben am Gelingen dieser Exkursion einen wesentlichen Beitrag geleistet, wofür ihnen nochmals an dieser Stelle der Dank ausgesprochen werden soll.

Böden, Landschaften und auch kunstgeschichtliche Kostbarkeiten bildeten die Schwerpunkte dieser in der Zeit vom 28. Oktober bis 5. November 2000 durchgeführten Exkursion, an der 29 Personen aus Österreich teilgenommen haben. Insgesamt vermittelten 12 sehr unterschiedlich präparierte Bodenprofile einen breiten Einblick in die (vorzeitige und gegenwärtige) Verwitterungsintensität in Abhängigkeit von Gestein, Exposition und Vegetation der thermomediterranen Räume Andalusiens. An allen Profilen entwickelte sich eine lebhaft diskutierte Diskussion, speziell um die taxonomische Zuordnung, die potentielle und aktuelle Vegetation wie auch um Fragen einer nachhaltigen Bodenwirtschaft.

Bevor auf eine sehr gaffernde Beschreibung der bei der Exkursion gezeigten Bodenprofile und Landschaften eingegangen wird, mögen die Landschaften Hoch- und Niederandalusiens kurz vorgestellt werden.

Im Süden und im Osten des hochandalusischen Berglandes treten auf saurem Kristallin, Sandsteinen, Kalken und Ultrabasiten silikatische Braunerden, Kalkbraunerden, Rotlehme und Rendzinen, auf der vorgelagerten Küstenterrasse aus Mergeln und Lockersedimenten Rohböden und Pararendzinen auf. Die natürliche Vegetation der mediterranen Hartlaubwälder mit Spanischer Eiche, Ölbaum und Zwergpalme, auf felsigen Standorten mit Aleppokiefer, ist weitgehend durch Ölbaumkulturen, Ackerland und einer erschreckend um sich greifenden Verbauung ersetzt. Weiter im Westen und in der mesomontanen Stufe tritt auf saurem Substrat der Korkkieferwald in den Vordergrund, auf basischem die Strandkiefer (*Pinus Pinaster*). Ersatzgesellschaften bilden verschiedene Formen der Macchia mit zahlreichen Zistrosenarten; unter den Baumarten tritt *Pinus Pinaster* infolge Brand und Aufforstung in den Vordergrund.

Niederandalusien ist im Nordwesten und im Mittellauf des Guadalquivir ein Hügelland aus tertiären Sedimenten und unterschiedlich alten Terrassen, im Süden und Südosten hingegen eine Beckenlandschaft. Beide Bereiche weisen vorzügliche Ackerböden auf, wobei in der letztgenannten Landschaft Reis und Zuckerrüben, im Hügelland Speiseoliven dominieren. Die holozäne Küstenebene um Cadix und die Niederungen des Guadalquivirbeckens bedecken die fruchtbaren Vertisole - die „Schwarzerden Andalusiens“. Sie sind carbonathaltig oder carbonatfrei, je nach Gipsgehalt des mergelig-tonigen Substrats und Einfluß des Meeres auch versalzt, somit kritisch in der Bewirtschaftung, aber vorzüglich für den Anbau von Baumwolle und Zuckerrübe geeignet (die Erträge liegen bei 80t/ha bei einem Zuckergehalt von 18%). Das umgrenzende Hügelland bei Jerez de la Frontera mit den weißen, als Albarissa bezeichneten und für den Weinbau hervorragend geeigneten Böden hebt sich deutlich von den gegen Nordosten anschließenden Hügelzonen ab, deren Roterden und Rotlehme meist Ölbaumplantagen tragen. Niederandalusien ist der wärmste Teil des mediterranen Spaniens. Bei Niederschlägen um 500 mm pro Jahr - die küstennahen Gebiete sind etwas feuchter und schwüler - weisen Córdoba und Sevilla mit rund 28 °C die höchsten Juli- und Augusttemperaturen Europas auf.

Es folgt nun, wie schon oben angekündigt, eine kurze Beschreibung der besichtigten Böden und Standorte in chronologischer Folge.

29.10., Profil 1: Wegaufschluß in stark anthropogen verändertem Gelände westlich von Málaga, Küstenterrasse mit pliozänen marin-lakustrinen Sedimenten in Wechsellagerung. Bodentyp (nach FAO, 1988) Calcaric Regosol, Carbonathaltiger Feinmaterial-Rohboden (nach der Österreichischen Bodensystematik 2000), dessen Oberfläche stark erodiert und verschlammte ist; der Gehalt an organischer Substanz ist äußerst gering. Die Potentielle Natürliche Vegetation (PNV) der thermomediterranen Stufe (Hartlaubwald mit *Quercus rotundifolia*, *Pinus halepensis*, *Pistacia lentiscus*, *Olea europaea* ssp. *Sylvestris* *Chamaerops humilis*) ist zur Gänze durch spärliche Pioniervegetation mit Störanzeigern wie *Ditrichia viscosa* und ruderalen jährlichen Gräser ersetzt.

Profil 2: An der Straße nach Ronda, südschauender Steilhang in felsigem Gelände, feuchtemediterranes Klima mit 1000 bis 1500 mm NS an der Untergrenze der mesomediterranen Stufe. Ausgangsmaterial: Paläozoischer Periodit mit tiefgreifendem Gesteinszersatz. Bodentyp: Phaeozem (FAO), kolluvialer, verderdeter Rotlehm. Dieser Boden ist durch einen Gehalt von 45% Rohton, hohen Anteilen an Oxiden, jedoch durch eine relativ geringe Plastizität, starke Rubifizierung und kolluviale Beeinflussung bei einer hohen Basensättigung charakterisiert. Als PNV in dieser regionalen Korkeichenzone der mesomontanen Stufe tritt *Pinus pinaster* dominant auf (teils durch Brand gefördert, teils aufgeforstet). Die Bodenvegetation zeigt die typisch an Feuer gebundene Zistrosen-Heide (4 Arten am Haltepunkt) mit *Ulex parviflorus* (atlantisches Element), *Erica scoparia*, *Daphne gnidium*, *Brachypodium retusum* u.a.m.

30.10., Profil 3: an einem südost-orientierten Hang westlich von Algeiras aus saurem Sandstein. Bodentyp: Mediterrane saure Braunerde aus Sandstein, doch dürfte es sich um einen vererdeten Braunerlehm handeln. Dieses Profil liegt in der atlantisch getönten thermomediterranen Stufe mit *Quercus suber* und *Olea* als PNV. Die aktuelle Vegetation ist *Macchia* („Matural“) mit Korkeiche, feueradaptiert und beweidet mit acidiphilen atlantischen Arten, z.B. *Erica scoparia*, *Calluna vulgaris*.

31.10., Profil 4: im Bereich von Jerez de la Frontera, aus Kalksandstein mit hohem Sideritanteil, der zu Hämatit verwittert. Bodentyp: Haplic Luvisol, ein intensiv roter, bindiger Boden, der vermutlich ein gekapptes Profil darstellt, da ein A-Horizont nicht mehr erkennbar ist. In der benachbarten ca. 30-40 Jahre alten Eucalyptus-Aufforstung ist eine Humushorizont vor-

handen und es hat unter der säurebildenden Laubstreu in den obersten Zentimetern bereits eine Verbraunung eingesetzt. Die Vegetation ist in einem Regenerationsstadium nach Einstellung von Steinbrucharbeiten: Geophyten und halbhohe Zwergsträucher der Garigue mit zahlreichen Geophyten.

Profil 5: Hügelland mit fast vegetationsfreier („ausgeräumter“) Landschaft; ein weißer, mariner Kalkmergel ist das bestimmende Substrat für diese als Albarissa bezeichneten und für den Weinbau um Jerez de la Frontera typischen Böden. Bodentyp: Calcaric Regosol (FAO), schwach entwickelt.

1.11., Profil 6: nordöstlich von Jerez de la Frontera, in einer tektonisch vorgeprägten Mulde auf miozänem Tonmergel. Bodentyp: Calcic Vertisol, ein tiefgründiger, einheitlich sehr dunkel gefärbter Boden mit rd. 60% Ton und sehr hoher CAC, der bei FG extrem klebrig und stark plastisch ist, in trockenem Zustand hingegen hart. Unter dem Ap-Horizont folgt die für die Vertisole charakteristische grobe prismatische Struktur, die bei Austrocknung durch die bis zu 5 cm breiten Schwundrisse, in die von oben Bodenmaterial hineinfallen kann, charakterisiert ist. Dadurch entsteht der bekannte Selbstdurchmischungseffekt. Diese als „Schwarzerden Andalusiens“ bezeichneten Böden sind für den Anbau von Baumwolle und Zuckerrübe besonders geeignet. In der natürlichen Vegetation der thermomediterranen *Olea europaea*-*Ceratonia siliqua* Zone würde am Standort *Fraxinus angustifolia* auftreten, jedoch sind in der total ausgeräumten Landschaft keinerlei natürlichen Vegetationsreste erhalten.

2.11., Profil 7: im Bereich der Versuchsstation „La Hampa“ bei Sevilla, Mittelhang, der im Profil von quartärem Schotter überrollten oligozänen Mergel erkennen läßt. Bodentyp: Gleyic Ferralsol, ein nahezu carbonatfreier Rottlehm mit nach unten zunehmendem Tongehalt und schwachen Pseudogleyscheinungen. Die PNV ist *Ceratonio-Quercetum* mit *Quercus suber* und *Quercus rotundifolia*. Da Ölbäume auf diesen Böden am besten gedeihen, ist großflächig eine Speiseoliven-Kultur angepflanzt.

Profil 8: ebenfalls im Bereich dieser Versuchsstation, jedoch im Talbereich. Bodentyp: Calcaric Fluvisol (FAO), Carbonathaltiger Auboden (ÖBS 2000), ein wenig entwickelter, mäßig bindiger Boden, der sich ideal für den Anbau von Zitrusfrüchten, Baumwolle, Mais, Sonnenblume, Zuckerrübe u.a.m. eignet. An diesem Profil standen auch die Minimalbodenbearbeitung sowie Fragen der Minimierung der Erosion zur Diskussion. Die PNV ist eine Harte Au mit *Fraxinus angustifolia*.

3.11., Profil 9: nahe Córdoba in der Talebene des Guadalquivir aus olivbraunem Mergel. Bodentyp: Chromic Vertisol (FAO) mit deutlichen Zeichen einer steten Erosion des schluffreichen Materials.

Profil 10: ca. 20 km nordwestlich von Granada, am Südhang der Sierra Subbética. Bodentyp: Calcaric Cambisol (FAO), eine kolluvial überlagerte Kalk-Braunerde aus Kalksandstein, gut gerundeten Schottern und nahtransportiertem Feinmaterial. Vegetationskundlich liegt dieser Standort am unteren Rand der mesomediterranen Stufe. Am Hang finden sich Reste der Hutweiden-Landschaft mit *Quercus rotundifolia* und *Pinus pinaster*, in der Bachau *Populus alba*, *Fraxinus angustifolia* und *Ulmus minor*. Weiter hangaufwärts schließt die supramediterrane Stufe mit *Quercus faginea* an.

4.11., Profil 11: ca. 20 km südöstlich von Granada im Bereich einer Talverebnung aus jungtertiärem und quartärem kalkreichem Lockermaterial. Bodentyp: Calcic Luvisol, ein polygenetisches Profil, bei dem nach Rubifizierung und Entkalkung eine spätere Verbraunung er-

folgt sein dürfte. Deutlich sind ein erhöhter Tongehalt im Unterboden, kolluviale Komponenten sowie ein azsender Wasseranstieg mit Kalkanreicherungen im Bereich von 30 bis 100 cm zu erkennen.

An den Hängen finden sich Reste von *Quercus rotundifolia*, auf Fels von *Pinus pinaster*. Im Becken um Granada und auf den Hängen fehlt infolge der winterlichen Kälte der Ölbaum; erst weiter westlich reichen die Ölbaumkulturen wieder bis in höhere Lagen. Wegen dieser klimatischen Situation dominieren daher Mandelanlagen und auch für die Weinrebe ist dieser Standort sehr gut geeignet. Die aktuelle Vegetation ist eine anthropogen bedingte mediterrane Steppe mit Zwergsträuchern und annuellen Gräsern.

Profil 12: ca. 10 km östlich von Málaga, ein steiler Nordhang in rd. 420 m über NN. Bodentyp: Chromic Cambisol, ein vererdeter Rotlehm aus paläozoischen Grauwacken mit einem 10 cm mächtigen, stark humosen A-Horizont, einem B-Horizont über einen stark steinigem, intensiv rotem Brel-Horizont. In dieser extremen Hangposition konnte die vom Relief bestimmte Bodenkatastron gut studiert werden. Vegetationsmäßig befinden wir uns an der Grenze von Thermomediterran zu Mesomediterran, wobei die aktuelle Vegetation aus *Pinus halepensis*-Wald mit *Ceratonia siliqua*, basiphilen und acidiphilen Cistrosenarten, *Erica*, *Ulex*, *Pistacia lentiscus* u.a.m. besteht.

Dieser Bericht wäre aber unvollständig, würde man die anderen kunsthistorischen wie landeskundlichen Höhepunkte dieser Exkursion verschweigen: Die pedologischen Aufschlüsse waren von diesen ergänzt und eingerahmt. Dürre Worte vermögen nur unvollkommen die aus der Verschmelzung von spanischer und maurischer Kultur und Handwerkskunst hervorgegangenen Kunstwerke zu beschreiben; man kann diese nur, soweit dies der Touristenrummel (auch im November) gestattet, still bewundernd auf sich einwirken lassen. Als eine kleine Auswahl seien an dieser Stelle nur der Alhambra-Palast und die Generalife-Gärten in Granada, die Giralda und das Viertel Santa Cruz in Sevilla, ferner die Stierkampfarena von Ronda, eine Vorführung der Königlichen Reitschule sowie die Besichtigung der Sherry-Weinkellerei Domecq (mit dem 3-Faß-System) in Jerez de la Frontera und der (fakultative) Besuch einer qualitätsvollen Flamenco-Show in Sevilla genannt. Schließlich wurde uns noch die Gelegenheit geboten, den Gibraltar-Felsen, ein schroffer Kalkklotz von 425 m Höhe und 4,5 km Länge auf mehr oder weniger anstrengende Weise zu „besteigen“.

Sekundär am Rande, aber nicht unerwähnt, sollen die guten Unterkünfte in durchwegs 4-Stern-Hotels bzw. in einem Parador bleiben. Sie haben in Verbindung mit der hervorragenden und abwechslungsreichen spanischen Küche zweifelsohne zur guten Stimmung und hohen Aktivität bei den Feldbegängen beigetragen.

So hat sich im Zuge dieser Exkursion und auch in der Nachbereitung auf vielfältige Art der Blick und damit auch das Verständnis für Böden, Landschaften und Kulturobjekte Andalusien geweitet.

Buchbesprechungen

Peter Schröder (2000): Die Klimate der Erde - Aktuelle Daten und Erläuterungen. Enke im Thieme Verlag, Stuttgart, 160 Seiten, 10 Abb., kartoniert, ATS 510,--

Ein informatives Buch, das neben einer Fülle an Klimastationen auch ausführliche klimatologische Erläuterungen zu den diversen Landschaftsräumen der Erde bietet. Die textlichen Beiträge befassen sich mit den klimatologischen Besonderheiten der jeweiligen Region, wobei besonders auf den Einfluß von Topographie und Großwetterlage eingegangen wird. Je nach der Verfügbarkeit an Daten gibt es Informationen über den Kontinentalitätsgrad, die Verdunstung, aber auch die zeitlichen Änderungen einzelner Klimaparameter. Immer wieder findet man interessante Details, wie z.B. über den Süden Alaskas (S. 93): "Für das Matanuska-Tal, nordöstlich von Anchorage gelegen, wurde bereits in den 30er Jahren die agrarische Erschließung projektiert. Tatsächlich umgesetzt wurden die Planungen erst seit den 40er Jahren. Geradezu Berühmtheit erlangt haben die riesigen Kohlköpfe, die hier dank des hohen Strahlungsgewinns während des Sommes gedeihen."

Die Inhalte der 340 Klimastationstabellen sind im Aufbau leider nicht einheitlich. Nur bei 114 Stationen werden neben den Monatswerten der Mitteltemperatur und der Niederschlagsmenge auch Maximum- und Minimumtemperaturen, die relative Feuchte, der Dampfdruck, die Zahl der Niederschlagstage und die Sommerscheindauer in Stunden angegeben. In Einzelfällen liegen auch Zahlenwerte über den Luftdruck und die Windgeschwindigkeit vor. Wie auch bei ähnlichen Publikationen fehlen Werte über die Wassertemperaturen gänzlich.

Das Werk kann als sinnvolle Ergänzung zu bereits vor längerer Zeit erschienenen Büchern (E.A. Pearce and C.G. Smith, 1984: The World Weather Guide; W. Rudloff, 1981: World Climates) angesehen werden, zumal hier auf die von der WHO zusammengestellten Daten der aktuellen Klimaperiode 1961-1990 zurückgegriffen werden konnte. Das Literaturverzeichnis ist etwas knapp geraten und stützt sich ausschließlich auf Bücher. Der Fachmann vermißt die Einzelpublikationen, die es zu diesem Thema reichlich gibt.

Das Buch kann, zusammenfassend betrachtet, durchaus als gelungenes Nachschlagewerk bezeichnet werden, das sowohl für Reisende als auch klimatologisch Interessierte empfohlen werden kann.

O. Harlfinger

R.P.C. Morgan: Bodenerosion und Bodenerhaltung. Übersetzung von H.H. Becher und S. Witt. Enke im Thieme Verlag, Stuttgart, 1999.

Das vorliegende Buch ist eine Übersetzung der bereits 2. Auflage von R.P.C. Morgan „Soil Erosion and Conservation“ aus dem Jahre 1994, wobei die Erstauflage aus dem Jahr 1986 stammt.

Morgan hat mit dem vorliegenden Buch ein sehr umfassendes Lehrbuch geschaffen, das sich, beginnend mit der Verbreitung der Böden, den Erosionsprozessen und –mechanismen, den erosionsbeeinflussenden Faktoren, der Einschätzung des Erosionsrisikos, der Erosionsmodellierung, der Messung der Bodenerosion, den Strategien zur Erosionskontrolle, den Anbaumethoden, der Bodenbewirtschaftung, den technischen Verfahren der Erosionskontrolle und der Durchführung beschäftigt. Es ist eines der wenigen umfassenden Lehrbücher auf dem Gebiet der Bodenerosion, des Bodenabtrages durch Wind und Wasser. Die Bodenerosion durch Wind und Wasser stellt weltweit eine der größten Bedrohungen für eine nachhaltige Funktionsfähigkeit unserer Böden dar. Bodenerosion bedeutet im Extremfall den unwiderbringlichen Verlust der fruchtbaren Erde und damit die Möglichkeit auf der Fläche ausreichende Nahrungsmittel zu produzieren. Im europäischen Bereich treten immer häufiger die sogenannten off-site Schäden und Effekte in den Vordergrund, und zwar dadurch, daß durch Bodenabträge Schadstoffe in die Gewässer eingetragen werden. Die Bodenerosion wird somit auch immer mehr eine zentrale Frage des Umweltschutzes.

Der Autor R.P.C. Morgan beschreibt umfassend die on-site und off-site Effekte, beginnend mit dem Prozeßgeschehen, stellt aber auch die Bodenschutzmaßnahmen sehr klar dar.

Warum sich der Verlag Enke der Aufgabe unterzogen hat, dieses schon so lange in englischer Sprache auf dem Markt befindliche Lehrbuch in das Deutsche zu übersetzen, ist nicht ganz nachvollziehbar. Dies umso weniger, wenn man bedenkt, daß nahezu jede Person der englischen Sprache zumindest soweit mächtig ist, daß der Originaltext im Englischen gelesen werden kann.

Da jedoch die Übersetzung bereits vorliegt, einige kurze kritische Bemerkungen dazu. Die Übersetzer Becher und Witt geben am Beginn des Buches Erläuterungen der *termini technici* an. Hier sind leider sehr wenige und leider auch oft zu bekannte *termini technici* wie *water conservation* oder *soil conservation* erläutert worden. Für manche Begriffe wie *agraforestry* sind in Standardlexika bessere Definitionen zu finden. Auch versuchen die Übersetzer, wie sie meinten, bei einigen englischsprachigen Fachausdrücken diese einer Klammer in der deutschen Übersetzung beizufügen, um das Einlesen in weiterführender englischsprachiger Fachliteratur zu erleichtern. Daß man dabei nicht immer sehr konsequent vorgegangen ist, zeigt sich z.B. auf Seite 25 wo das englische Wort *ephemeral gullies* mit *ephemere Gräben* übersetzt ist. Es ließe sich sehr leicht für das Wort *ephemeral* auch ein deutscher Ausdruck finden. Daß man eigenwillige Wortkreationen gefunden hat ist z.B. auf Seite 37 mit dem Begriff *Tropenschlag* zu erkennen, oder mit dem Begriff auf Seite 59 *Landtauglichkeitsklasse*, wie auch auf Seite 140 mit dem Begriff *eingegraster Wasserlauf* und auf Seite 147 mit *Restauration von grabengeschädigtem Land*.

Wenn schon ein Buch aus dem Englischen in das Deutsche übersetzt wird, hätte man sich auch der Mühe unterziehen können, manche Dinge mit aktuelleren Beiträgen zu versehen. So erscheint es absolut unklar, warum die Abbildung 1.2 auf Seite 3 noch immer als vorläufige Karte geführt wird, wobei dieses Zitat aus dem Jahre 1983 stammt. Diese Beispiele ließen sich fortführen und es könnte gezeigt werden, daß sehr wohl auf vielen Sektoren bereits eine aktuellere Literatur zur Verfügung steht. Überraschend ist auch, daß die Druckqualität in manchen Bereichen nicht sehr gut, was vor allem die Abbildungen betrifft, ist. Es ist absolut nicht nachzuvollziehen, warum die Abbildung 7.4 auf Seite 125 eine sehr fette nicht schöne Strichstärke aufweist und die Abbildung 7.5 nicht.

Der Verlag Enke hat das hervorragende Lehrbuch Bodenerosion und Bodenerhaltung, daß sich vor allem an Studierende richtet, in das Deutsche übersetzen lassen. Ob dies den Verbreitungsgrad dieses Buches steigern kann, wird sich zeigen. Alle, die sich mit den Fragen der Bodenerosion bisher beschäftigen mußten, werden dieses Buch bereits im Original (Englisch) in ihrer Bibliothek haben. Für weniger ambitionierte Leser von englischer Literatur kann jedoch auch diese Ausgabe hilfreich sein.

E. Klaghofer

Otfried Wagenbreth: Geschichte der Geologie in Deutschland. Stuttgart (Enke im Georg Thieme Verlag) 1999; ISBN 3-13-118361-6.

Mit bewundernswertem Fleiß hat der bekannte geologische Fachautor – Professor am Institut für Wissenschafts- und Technikgeschichte an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg – die Daten zu diesem Kompendium zusammengetragen und bearbeitet. Das 264 Seiten starke und mit 123 Abbildungen ausgestattete Buch im beschichteten Kartoneinband ist übersichtlich in zehn Kapitel gegliedert.

Kapitel 1 gibt ziemlich knapp (6 S.) *Allgemeines zur Einführung*. Hier wird leider eine Darstellung von Wissenschaftlichkeit und ihrer Entwicklung im Sinne einer simplen Dialektik vermittelt (Beobachtung " These " Antithese " Synthese). Dies ist eine Vorstellung, die spätestens seit den frühen 70er Jahren (T. KUHN) in der Erkenntnistheorie der Naturwissenschaften obsolet ist. Es wird auch klar, woher ein Teil der dem gesamten Buch anzumerkenden Fokussierung auf den mitteldeutschen Raum stammt: Nach Meinung des Autors sind eben Thüringen und Sachsen die Gebiete mit der größten geologischen Vielfalt Deutschlands.

Kapitel 2 vermittelt in straffer Form (21 S.) und gut illustriert die *Vorgeschichte zur Geologie in Deutschland*, von den Vorstellungen der Antike, der Araber (z. B. AVICENNA), des Mittelalters, der Renaissance (z. B. G. AGRICOLA) bis ins Zeitalter der Aufklärung (N. STENO, G.W. LEIBNIZ, J. J. SCHEUCHZER, J. G. LEHMANN, etc.)

Kapitel 3 behandelt ebenfalls relativ kurz (17 S.) die *Herausbildung der Geologie als Wissenschaft*. Hier beginnt das Buch in der Darstellung lebendiger und in Teilen durchaus spannend zu werden ("Neptunistenstreit", bewußt geologische Wahrnehmung von Klüften durch GOETHE). Die Entwicklung der Geologie zur Wissenschaft kann vor allem J. HUTTON und A. G. WERNER zugeschrieben werden, wobei der Autor zurecht versucht, WERNER's Leistungen zu würdigen und seine Universalität ins richtige Licht zu stellen. Unter WERNER's Schülern finden sich die bekanntesten Erdwissenschaftler des späten 18./frühen 19. Jahrhunderts europaweit. Leider hat sich in die Abbildung 30 dieses Kapitels ein grob sinnentstellender Fehler eingeschlichen, indem die „jetzigen Deutungen“ mit den Skizzen 6&1 (recte: 6&2) beschrieben sind.

Kapitel 4 (*Die Geologie als klassische Naturwissenschaft des 19. Jahrhunderts in Deutschland*) bildet mit 104 Seiten den größten Abschnitt des Buches und umfaßt oder berührt in 18 Unterkapiteln alle wesentlichen Teilbereiche der Geologie und ihrer Einsatzgebiete. So werden neben der Entwicklung allgemeingültiger Prinzipien (Altersgesetze, Leitfossilien, Aktualismus,) und Anschauungen (Evolution, Vulkanismus-Plutonismus, Gebirgsbildung, Lagerstättengeologie) auch das Entstehen, bzw. die Verbreitung von geologischen Instituten (inkl. Professoren), Gesellschaften, Landesämtern und Zeitschriften dargestellt. Dieser Umfang führt zu einer etwas inhomogenen Zusammenwürfelung von Themenkreisen, in denen außerdem die Lesbarkeit durch die zahlreichen, in den Text gesetzten chronologischen Aufzählungen und Tabellen leidet. Zusätzlich seien einige Bemerkungen zur Terminologie, bzw. zum dargebotenen Wissenschaftsbild erlaubt:

- Der Autor verwendet den Begriff der „Störung“ (z. B. S. 53: *tektonische Störung*) im Sinne der Verkipfung sedimentärer Lagerungsverhältnisse, wie etwa Aufrichtung von Schichten, bzw. im Zusammenhang mit (Winkel-) Diskordanzen. Dies entspricht nicht dem weithin eingeführten geologischen Gebrauch (Störung: tektonisch entstandene strukturelle Diskontinuität mit Verschiebung entlang ihrer Ufer), wie jedermann durch einen Blick in gängige Fachwörterbücher ersehen kann.

- Der Feststellung, „die endogene Dynamik ist zum großen Teil nicht mit der Forschungsmethode des Aktualismus zu fassen“ kann in dieser strengen Form nicht beigeipflichtet werden. Es kann nämlich sehr wohl davon ausgegangen werden, daß endogene Vorgänge auch in der geologischen Vergangenheit in der gleichen Weise wie heute wirksam waren, allerdings haben sich die Konstellationen der beteiligten Mechanismen geändert und die Vorgänge haben Erdkruste wie Erdinneres im Laufe der Zeit umgemodelt; lediglich der *Uniformitarismus* ist daher auf die endogene Dynamik nicht anwendbar.

- Der Autor vermeint einen Trend zu immer „genauerer Beobachtung im Gelände“ und damit eine Annäherung an die „Wahrheit“ zu erkennen (S. 68). Hingegen liegt es zum einen nicht vorrangig an der Akribie der Geländebeobachtung, daß sich ein Fortschritt in der Erkenntnis einstellt, sondern an der Auswahl der zu beobachtenden Phänomene/Merkmale, sowie ihrer Deutung. Es ist also die Art der Fragestellung, die das *wie* und *was* der Beobachtung und Interpretationen diktiert, und diese Fragen resultieren aus Ungereimtheiten bestehender Theorien, bzw. Postulaten neuer Hypothesen. Zum anderen ist die „Wahrheit“ kein naturwissenschaftliches Thema; es genügt für die Wissenschaft, *festzustellen, was der Fall ist* (S. SHAPIN), d. h. eine Darstellung zu erlangen, die mit den (zeitbedingt!) feststellbaren Phänomenen der realen Außenwelt korrespondiert. Daß es dabei zu *verschiedenen Wirklichkeiten* (J. DERRIDA), je nach methodischem Zugang kommen kann, ist evident.

- Zuletzt kann noch in Frage gestellt werden, ob A. v. LEEUWENHOEK wirklich als Begründer der *Mikrobiologie* (sic. S. 98) angeführt werden soll (tatsächlich erkannte und beschrieb dieser unter dem Mikroskop beobachtete Bakterien, Blutkörperchen und Gewebszellen), – oder war doch die *Mikroskopie* gemeint?

Kapitel 5 schließlich widmet sich auf 69 Seiten der *Geologie in Deutschland im 20. Jahrhundert*. Neben den schon bekannten chronologischen Listen beinhalten die 21 Unterkapitel schwerpunktmäßig die auch weltweit stattgefundenen Entwicklungen mit Bezug auf Deutschland: Geotektonische Hypothesen und Gebirgsbildungsvorstellungen (z. B. Deckenlehre) bis zur globalen Plattentektonik, Absolute Altersbestimmung, Mikropaläontologie/Biostratigraphie, Eiszeitforschung, Rohstoffgeologie/Hydrogeologie, Geophysik und Tiefbohrungen.

In diesem letzten Textkapitel wird deutlich, daß die Geschichte und die Entwicklungstendenzen einer Wissenschaft im 20. Jahrhundert – wenn auch regional beschränkt – nur noch auszugs- und überblicksweise dargestellt werden können. Außerdem, und das ist schwerwiegender, reicht die Aufarbeitung nur bis in die 50er Jahre, was die stiefmütterliche Behandlung z.

B. der Strukturgeologie und Ingenieurgeologie, welche beide damals noch nicht in der Blüte der späteren Jahre standen, erklären mag.

Noch einmal muß auf die unorthodoxe Verwendung von Begriffen durch den Autor hingewiesen werden: Auf S. 173 werden als „tektonische Störungen“ neben den Falten wenigstens Verwerfungen genannt; auf S. 175 schreibt er von „alpinotypen Störungsformen“ und meint damit Faltung und Deckenbildung!

Den *Schlußbemerkungen* (**Kapitel 6**, 1 S.) folgen in den **Kapiteln 7 bis 10** (nur im Inhaltsverzeichnis numeriert!) *Literaturverzeichnis*, *Bildquellenverzeichnis*, *Personen- und Stichwortverzeichnis*.

Obwohl wahrscheinlich vorwiegend als Nachschlagewerk gedacht, ist das Buch größtenteils zügig lesbar geblieben, was bei einem wissenschaftshistorischen Thema zu würdigen ist. Das lobenswerte Bemühen um Illustration der Materie wird aber in sein Gegenteil verkehrt, wenn Abbildungen bis zur Unleserlichkeit verkleinert und häufig auch in minderer Qualität reproduziert werden: z. B. Abb. 16, 59, 61, 72, 76, 98, 115; in Abb. 119 fehlt ein wichtiger Teil der Legende. Positiv hervorzuheben sind die umfangreichen Verzeichnisse im Anhang; sie bilden eine wertvolle Hilfe bei der Suche nach personenbezogenen Daten oder für eine vertiefte Literaturbearbeitung. Hierher verbannt wünschte sich der Rezensent auch viele der im Text verstreuten chronologischen Aufzählungen, da sie doch ausschließlich dokumentarisch-punktativen Charakter aufweisen.

Abschließend sei noch einmal die Leistung Prof. Wagenbreth's hervorgehoben, die verstreute und wohl nicht einfach zu beschaffende Information mit der gebotenen Straffheit bearbeitet und gezeigt zu haben, daß Wissenschaft und Ideen ihre Geschichte haben. Es ist zu bedauern, daß wegen der programmatischen Beschränkung auf Deutschland (in den wechselnden, jeweiligen politischen Grenzen), viele wichtige Bezüge und Entwicklungen im (und aus dem) übrigen deutschen Sprachraum nicht ausreichend genutzt werden konnten. Dies dürfte mit ein Grund sein, warum die Geschichte der geologischen Forschung in den Ostalpen (zu allen Zeiten auch ein Stück Deutschland!) so wenig Berücksichtigung fand. Es soll damit jedoch nicht gesagt sein, das Buch sei außerhalb Deutschlands von geringem Interesse: Wem mit diesem Werk die Namen und Leistungen vieler deutscher Geologen im Laufe der Geschichte vor Augen geführt werden, erkennt, daß deren Bedeutung zu jeder Zeit über sprachliche oder staatliche Grenzen hinausreichte.

F. J. Brosch

Christoph Adam, Walter Gläßer und Bernward Hölting: Hydrogeologisches Wörterbuch, erschienen im Jahre 2000 im Georg Thieme Verlag, 70469 Stuttgart. ISBN: 3-13-118271-7, Preis: DEM 69,80; ATS 510,00, EUR 37,06, SHF 63,50

Das Hydrogeologische Wörterbuch enthält eine Zusammenstellung von Fachbegriffen, vor allem zum Wasserkreislauf. Man findet somit zu vielen gängigen Begriffen kurze Erläuterungen. Die Definitionen der Begriffe entsprechen im allgemeinen den gültigen Normen und Richtlinien. Es hat jedoch oft den Anschein, daß überwiegend in Deutschland verwendete Begriffe erklärt werden, wobei die Autoren gerade dies vermeiden wollten. So schreiben sie im Vorwort „Begriffe aus der früheren DDR wurden angeglichen ...“ und „das Wörterbuch ist gleichermaßen für Wissenschaftlicher ... in der Bundesrepublik Deutschland, aber auch für das gesamte deutschsprachige Ausland bestimmt“. Ein Beispiel, daß dies nicht so ist: Auf der Seite 118 des Buches findet sich der Begriff „Hyra. Datenspeicher für hydrogeologisch relevante Aufschlüsse und daraus gewonnene Daten (insbesondere durch Pumpversuche und Wasseranalysen), flächendeckend für den Bereich der ehemaligen DDR (heute privatisiert bei: Hydrogeologie GmbH Nordhausen)“.

Das Wörterbuch dient somit zur raschen Erstinformation, mit der Einschränkung, daß Begriffe, die im Randbereich der Hydrogeologie liegen, sehr allgemein aber auch oft sehr unexakt definiert wurden. So wurde zB. bei der Definition „Verdunstung, potentielle, reelle“ (Seite 257) das schon lange bekannte Berechnungsverfahren nach PENMAN nicht erwähnt. Das angeführte Verfahren von TURC entspricht nicht mehr dem Stand des Wissens. Erwähnenswert ist auch, daß auf dieser Seite gehäuft Tippfehler auftreten.

Im Anhang des Buches werden Einheiten und Abkürzungen angegeben. Auch hier sind Ungeheimheiten zu finden. So sind bei der Angabe der Feldkapazität und der Nutzbaren Feldkapazität unterschiedliche Einheiten angegeben. Die Einheit des volumetrischen Wassergehaltes des Bodens ist Vol.-% und nicht wie angegeben mm/dm.

Abschließend stellt sich noch die prinzipielle Frage, ob derartige Wörterbücher noch „zeitgemäß“ sind, da elektronische Medien (CD-Rom, Internet etc.) das Suchen von Begriffen sehr erleichtert haben.

E. Klaghofer

Hinweise

Inhaltsverzeichnisse der Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft

Die Inhaltsverzeichnisse sämtlicher Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft finden Sie im Internet unter der Adresse

<http://www.boku.ac.at/oebg> unter Publikationen.

Die Hefte können über die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft, Gregor-Mendel-Straße 33, 1180 Wien, bezogen oder direkt via Internet bestellt werden.

Walter - Kubiena - Preis

Bis 31. August können Arbeiten für den Walter - Kubiena - Preis eingereicht werden.

Weitere Informationen unter

<http://www.boku.ac.at/oebg> unter Walter Kubiena Preis.

Hinweise für Autoren

Titel (in Großbuchstaben; Fett, 14 Punkt)

(Eine Leerzeile)

Martin GERZABEK^a, Eduard KLAGHOFER^b und Andreas BAUMGARTNER^c

(Eine Leerzeile)

^a Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, A-2444 Seibersdorf

^b Bundesamt für Wasserwirtschaft, Pollnbergstraße 1, A-3252 Petzenkirchen

^c Höhere Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Gartenbau, Grünbergstraße 24, A-1131 Wien

(Drei Leerzeilen)

Bitte lesen Sie vor Abfassung Ihres Manuskripts die folgenden Hinweise:

Das verwendete Papier muß A4-Format haben (210x297 mm), oberer und unterer Rand betragen je 35 mm, linker und rechter Rand je 25 mm. Das Manuskript kann in Deutsch oder Englisch abgefaßt sein.

Der Text soll folgendes Format haben: 1,5zeilig, Blocksatz, Schriftart: 12 Punkt Times Roman. Tabellen und Graphiken müssen in Schwarz-Weiß gehalten sein. Beachten Sie die Größe der Abbildung, speziell von Symbolen und Beschriftungen (Das Manuskript wird um etwa ein Drittel verkleinert!). Verwenden Sie „letter quality“ Drucker. Da das Manuskript in der eingesandten Form veröffentlicht wird, ist es besonders wichtig, daß Sie sich an die Vorgaben halten. Vermeiden Sie Schmutzspuren, Fehler und Tippfehler. Auf dem Manuskript dürfen keine Korrekturen vorgenommen werden. Kopien und Fernkopien und Photos können nicht akzeptiert werden. Das Manuskript darf nicht gefaltet werden.

Verwenden Sie für den Titel als Schriftgröße 14 Punkt. Lassen Sie sowohl zwischen dem Titel und den Namen der Autoren als auch zwischen den Namen der Autoren und den Adressen je eine Leerzeile. Die Namen (ohne Titel) und Adressen der Autoren sollen vollständig angegeben werden. Die Namen der Autoren sollen fett gedruckt sein. Lassen Sie zwischen Adressen und Textbeginn drei Leerzeilen.

Die Zusammenfassung (Deutsch und Englisch) steht am Beginn des Textes. Sie sollte eine Länge von 20 Zeilen nicht überschreiten. Der Text muß in nummerierte Abschnitte unterteilt werden, z.B.:

1 Einleitung

1.1 Material und Methoden

Literaturhinweise im fortlaufenden Text:

NAME (Jahr) oder

NAME und NAME (Jahr) oder

NAME et al. (Jahr)

Am Ende des Manuskripts ist eine Literaturliste der verwendeten Zitate in alphabetischer Reihenfolge anzuschließen, z.B.

NAME, P. (1994): Titel der Veröffentlichung, Zeitschrift 1, 1 - 10

NAME, P. und R. NAME (1994): Buchtitel. Verlag, Ort, p. 1 - 10

NAME, P., R. NAME und Z. NAME (1994): Titel des Beitrages. In: S. NAME (Hrsg.): Buchtitel. Verlag, Ort, p. 1 - 10

Tabellen: Titel oberhalb, numeriert, z.B.: Tabelle 1: Beschreibung des Tabelleninhalts

Abbildungen: Titel unterhalb, numeriert, z.B.: Abbildung 1: Titel der Abbildung.