

## Böden im Bereich der Bornhöveder Seenkette: Ökologische Eigenschaften, Vergesellschaftung und Funktionen von Böden in Ökosystemen

Uwe SCHLEUSS (Kiel)

### Zusammenfassung

Aufgrund unterschiedlicher Ausgangssubstrate, geomorphologischer Formen und differenzierter Nutzungen hat sich im Bereich der Bornhöveder Seenkette eine Vielzahl von Böden entwickelt. Diese Böden weisen eine große ökologische Amplitude hinsichtlich ihrer Feuchtigkeitsverhältnisse und Nährstoffgehalte auf. So sind die Böden unter Wald durch eine starke Versauerung und Basenverarmung gekennzeichnet, während die landwirtschaftlich genutzten Böden höhere Nährstoffgehalte aufweisen. Als Folge der z.T. hohen Reliefenergie und der Nutzungsform ist mit der Verlagerung von Bodenmaterial von den oberen Hangbereichen in die Senken durch Wassererosion zu rechnen. Böden einer Landschaft weisen ein sehr differenziertes Verbreitungsmuster auf. Im Bereich der Bornhöveder Seenkette überwiegen Bodengesellschaften der *Braunerden* und *Parabraunerden*. Bodengesellschaften sind als Wirkungsgefüge zu verstehen, wobei sich die einzelnen Böden in Genese und Ökologie gegenseitig über verschiedene Strategien beeinflussen. Dabei lassen sich Catena-, Senken- und Plattengefüge unterscheiden. Vergesellschaftung und Kopplung verschiedener Böden sind für die Abschätzungen ökologischer Risiken in einer Landschaft von evidenter Bedeutung. Böden weisen als Kompartimente von Ökosystemen wesentliche Funktionen in der Regelung des Naturhaushaltes, der Produktion von Pflanzen und Bereitstellung von Lebensraum für Pflanze, Tier und Mensch auf. Die Funktionsfähigkeit der Böden ist aufgrund verschiedener Eingriffe gefährdet, so daß ein ökosystemar begründeter Bodenschutz zu verwirklichen ist.

### Summary

In the research area 'Bornhöved Lake District' various soil types developed due to succession of different sediments, geomorphological forms and land utilization. These soils show a large amplitude of moisture and nutrient contents. The pedotops under forest stands are nutrient depleted, those under arable land are generally eutrophic. In particular, soil societies of luvisols and

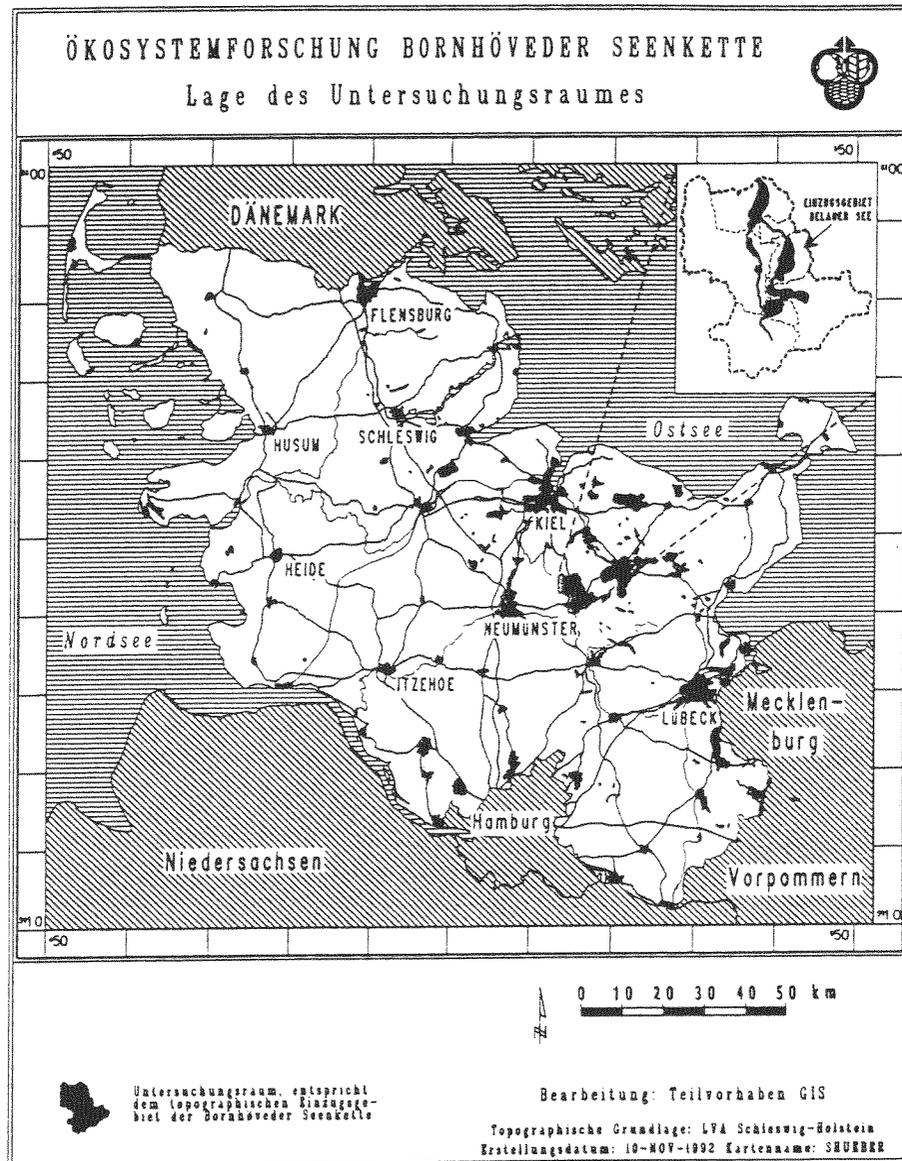


Abb. 1: Lage des Projektraumes (nach SCHERNEWSKI 1991)

besedimente, fluvioglaziale Sande, limnische Sedimente (Mudden, Schluffe, Sande), Kolluvien und anthropogene Aufträge (s.a PIOTROWSKI 1991). Torfe, die Humusgehalte  $\geq 30\%$  aufweisen, sind das Ergebnis früherer Bodenbildungen in vielen Senken.

cambisols coupled to semiterrestrial soils were identified within the area of investigation. Soils are characterized by a very difficult spreading pattern. They can be linked in different ways, the simple oriented coupling has be distinguished from the multi oriented coupling direction as well as from the situation without lateral connection. The association and coupling of soils is very important for the assessment of ecological risks. As components of ecosystems soils have a considerable function in regulating nature's balance. They serve as location and rooting area for plants and as environmental habitats for microorganisms and animals. The ability to fulfil these various soil functions differs very much in a landscape. Hazards to the soil functions are imposed by various impacts.

## 1 Einleitung

Seit April 1988 wird das vom BMFT und dem Land Schleswig-Holstein geförderte interdisziplinäre FE-Vorhaben *Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette* unter Federführung der Universität Kiel durchgeführt. Ziel des Vorhabens ist die Formulierung modelltheoretisch fundierter Aussagen über Struktur, Gleichgewichtszustand und Belastbarkeit von Ökosystemen und der sie aufbauenden Kompartimente (BLUME & al. 1992). Neben Wechselwirkungen innerhalb einzelner Ökotope sollen besonders Interdependenzen zwischen verschiedenen Ökotypen und -tonen analysiert und bewertet werden. Aus den in bestimmten Meßparzellen gewonnenen Ergebnissen soll mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) eine Extrapolation auf andere Flächen ermöglicht werden (BURROUGH 1986, BARTHELME 1989, SCHALLER 1989). Der Boden ist als Kompartiment im Gesamtökosystem eine wesentliche Steuergröße des Wasser-, Stoff- und Energiehaushaltes (FIEDLER 1984). Er weist dabei keine scharfen Grenzen zu den anderen Kompartimenten auf. Im folgenden soll ein Überblick über die im Projekttraum **Bornhöveder Seenkette** vorkommenden Böden, ihre ökologischen Eigenschaften, ihre Vergesellschaftung und ihre ökosystemaren Funktionen gegeben werden.

## 2 Lage, Klima und Geologie des Projektraumes

Als Untersuchungsgebiet ist ein typischer Ausschnitt einer kuppigten holsteinischen Moränenlandschaft mit Binnenseen nach multivariater regionalstatistischer Prüfung ausgewählt worden (FRÄNZLE & al. 1987).

Auf engem Raum (ca. 52 km<sup>2</sup>) treten hier verschiedene Ökochen aquatischer und terrestrischer Ökotope auf. Dadurch wird eine große Zahl der für den norddeutschen Raum charakteristischen Ökotope repräsentiert. Der Projekttraum „Bornhöveder Seenkette“ liegt ca. 30 km südlich der Landeshauptstadt Kiel (Abb. 1).

Es ist ein starker Wechsel verschiedener Sedimente zu verzeichnen, der wiederum eine hohe Variabilität der Bodenmusterbildung impliziert. Wesentliche Sedimente der Bodenbildung in diesem Gebiet sind glazigene Geschie-

Der Projektraum ist durch ein ozeanisch gemäßigtes Klima geprägt. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 8,3 °C (Landesdurchschnitt 8,1 °C), in der Vegetationsperiode ist eine Monatsmitteltemperatur von 13,3 °C (Landesdurchschnitt 13,0 °C) zu verzeichnen. Die durchschnittliche Niederschlagshöhe liegt bei 757 mm p.a., die potentielle Verdunstung bei 522 mm p.a. (s. Abb. 2) (BEINHAUER 1988).

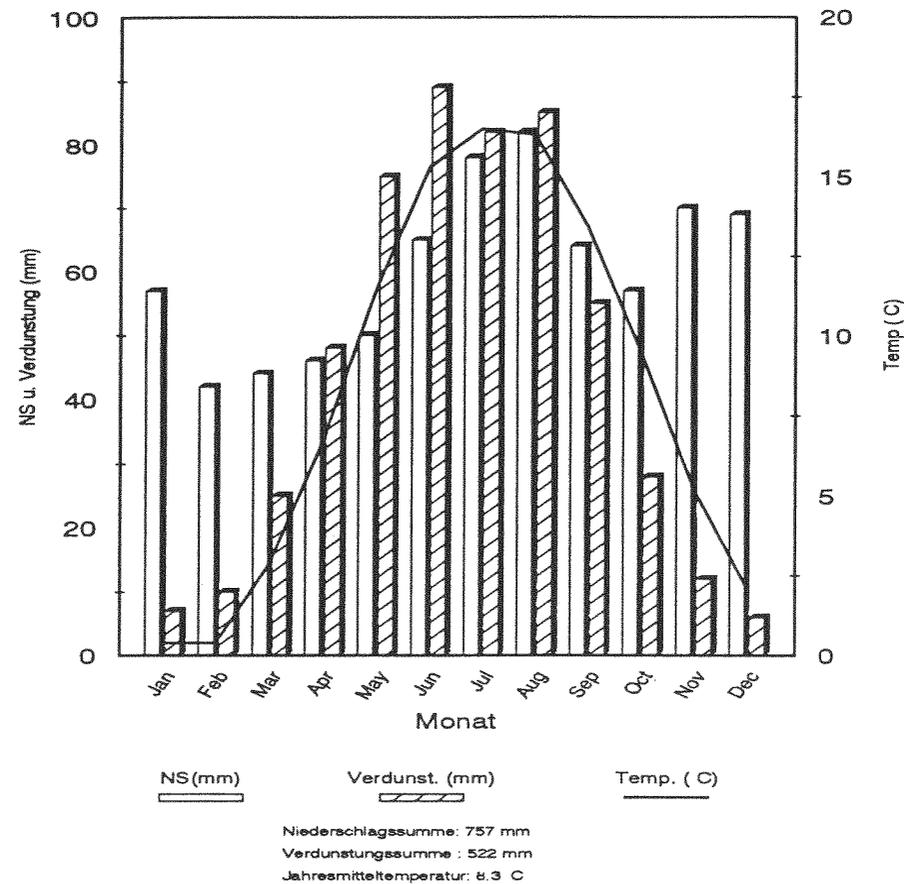


Abb. 2: Klimakennwerte des Projektraumes „Bornhöveder Seenkette“ (n. BEINHAUER 1988, leicht modifiziert)

Hydrologisch ist der Projektraum durch die sehr eng in Beziehung stehende Seenkette Bornhöveder See (Seefläche 0,71 km<sup>2</sup>), Schmalensee (0,91 km<sup>2</sup>), Belauer See (1,25 km<sup>2</sup>), Schieren- und Fuhlensee (0,37 km<sup>2</sup>) sowie Stolper See (1,43 km<sup>2</sup>) geprägt (SCHERNEWSKI 1992). Eine übergeordnete Bedeu-

tung für das oberirdische Abflußgeschehen hat die südlich der Ortschaft Bornhöved entspringende Alte Schwentine.

Die Untersuchungen des FE-Vorhabens laufen auf verschiedenen Maßstabsebenen ab. Als Hauptforschungsraum wird das oberirdische Einzugsgebiet der Bornhöveder Seenkette betrachtet, das Areal am Westufer des Belauer Sees wird als Schwerpunktumfeld intensiv untersucht. Im Schwerpunktumfeld liegen zwei Meßcatenen, die von einem Kameszug in den Belauer See übergehen. Catena A wird forstwirtschaftlich (= Waldcatena), Catena B landwirtschaftlich (= Agrarcatena) genutzt (Abb. 3).

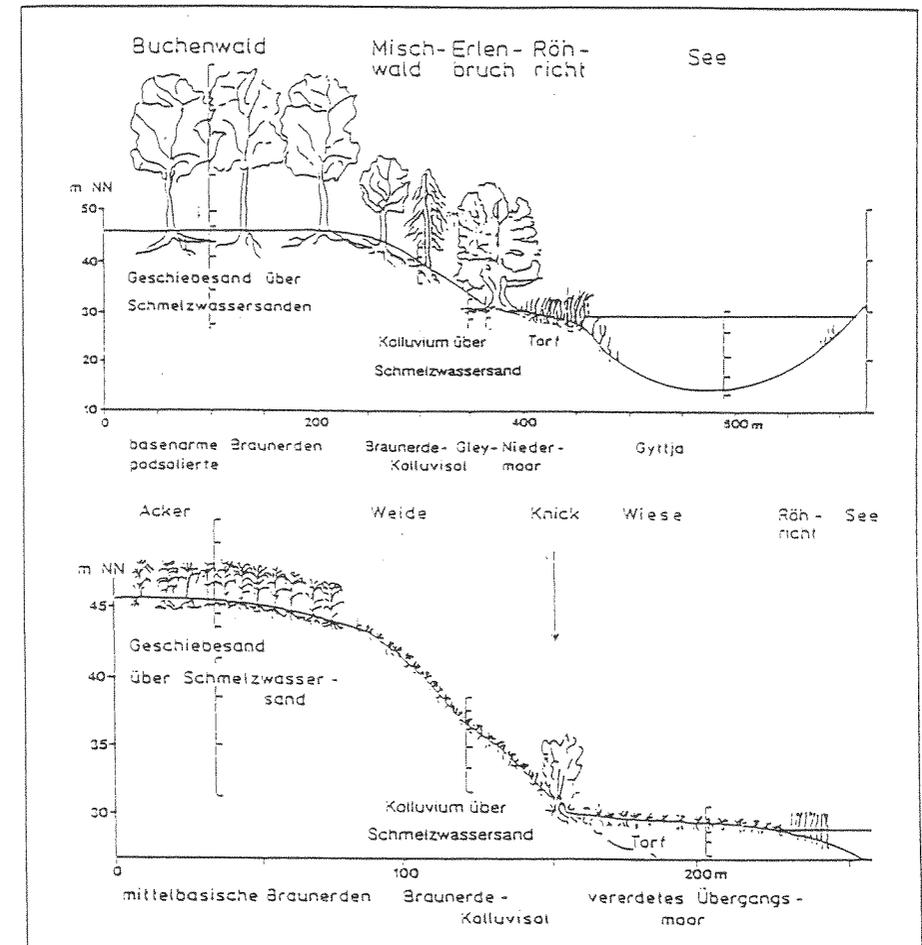


Abb. 3: Lage der Meßcatenen am Westufer des Belauer Sees

### 3 Material & Methoden

Die Beschreibung und Klassifizierung der verschiedenen Pedotope erfolgte auf Grundlage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODENKUNDE 1982) und der Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland (AG SYSTEMATIK 1985). Dabei wurden gewisse für den Projektraum notwendig erscheinende Modifikationen vorgenommen. Zur Beurteilung der Böden wurden Vorinformationen ausgewertet sowie Gelände- und Laborarbeiten durchgeführt. Dabei wurden im wesentlichen folgende Parameter aufgenommen (detaillierte Beschreibung s. SCHLEUSS 1992):

- \* Vorinformationen: Sichtung vorhandener Kartenunterlagen (Topographische Karten, Historische Karten, Bodenschätzungsunterlagen, Geologische und Geomorphologische Karten, Luftbilder, Nutzungs- und Vegetationsunterlagen), Erarbeitung einer Konzeptkarte, Auswahl der Bohrpunkte nach nutzungs-, relief- und landschaftsbezogenen Kriterien. An den einzelnen Bohrpunkten wurden folgende Kriterien erhoben:
- \* allg. Profildaten: Lage des Aufnahmepunktes (R-H Wert), Nutzung, Erosion, Relief, Exposition, Inklination, Geogenese, Bodentyp, -form und -gesellschaft.
- \* Ober- und Untertiefe der einzelnen Bodenhorizonte;
- \* Bodenfarbe mittels MUNSELL- Farbtafeln, daraus Ableitung des Humusgehaltes nach BLUME & HELSPER (1987);
- \* Aktuelle Feuchte nach Konsistenz und Farbe;
- \* Bodenart durch Fingerprobe im plastischen Zustand;
- \* Skelettanteil mittels Flächenschätztafel;
- \* Lagerungsdichte nach Einstichprobe bzw. anhand des Einschlagwiderstandes;
- \* Durchwurzelung durch Auszählung an der Profilwand;
- \* Carbonatgehalt nach Dauer und Stärke des Aufbrausens mit 10%-iger HCl;
- \* pH elektrometrisch mit 0.02 n CaCl<sub>2</sub>-Lösung;
- \* bei Grundwasserböden: Redoxpotential;
- \* Humusform nach BABEL et al. (1986);
- \* Zersetzungsgrad der Torfe nach VON POST;

Zur Bewertung der ökologischen Bodeneigenschaften repräsentativer Pedotope erfolgte die Aufnahme von 26 Profilgruben, an denen zusätzlich zu genannten noch die folgenden Parameter ermittelt wurden:

- \* Körnung mittels Kombination von Sieb- und Schlämmanalyse;
- \* Carbonatgehalt mittels Scheibler-Apparatur;
- \* dithionitlösliches Eisen und oxalatlösliches Fe, Mn und Al;
- \* organischer Kohlenstoff mittels Ströhlein-Apparatur;
- \* Gesamtstickstoff nach Kjeldahl mittels FIA;
- \* Kationenaustauschkapazität und austauschbare Kationen nach Mehlich mittels AAS;

- \* Lagerungsdichte, Porenvolumen und -größenverteilung mittels Entwässerung und Wägung von Stechzylinderproben.

Die so gewonnenen Daten (ca. 1600 Profile mit ca. 10.000 Horizontdaten) wurden in die Datenbank ORACLE des Projektzentrums Ökosystemforschung eingegeben und stehen in der Präsentationsdatenbank den verschiedenen Nutzern zur Verfügung.

Aus den Daten der Bodenkartierung wurden Bodenkarten in unterschiedlichen Maßstäben erstellt und digitalisiert. Sie werden im GIS (ARC-INFO) verwaltet.

### 4 Verteilungsmuster und ökologische Eigenschaften der Böden

Die Vielfalt an Ausgangssubstraten, geomorphen Formen und Nutzungstypen sowie die historische Entwicklung impliziert eine Vielfalt verschiedener Böden.

Im Schwerpunktraum (Westufer Belauer See) sind die Böden (Verteilungsmuster s. Abb. 4) auf dem Moränenrücken sowie am Ober- und Mittelhang vorwiegend aus lehmigen bis sandigen Geschiebesanden, z. T. durchsetzt mit Geschiebemergel, über Schmelzwassersanden, im Unterhang- bis Senkenbereich aus Kolluvien bzw. Uferwall- über Schmelzwassersanden sowie aus Bruchwald- bzw. Braunmoostorfen entwickelt (VEIGA- REINHARDT & al. 1989, SCHLEUSS 1992).

Es haben sich im Bereich von Moränenrücken bis Mittelhang Typische Braunerden unterschiedlicher Basizität in Vergesellschaftung mit Rostbraunerden, *Parabraunerde-Braunerden* und *Typischen Parabraunerden* gebildet. Unter Wald sind die Böden sehr basenarm bis mittel-basisch und weisen i.a. eine Kompodsoligkeit als Initialstadium der Podsolierung auf. Die landwirtschaftlich genutzten Böden sind aufgrund externer Stoffzufuhren (z.B. Düngung) basenreich. Im Oberhangbereich sind die Böden häufig erodiert. In Mittelhangmulden und am Unterhang treten *Kolluvisol-Braunerden* in Übergängen zu *Typischen Kolluvisolen* auf, unter Wald ist eine Vergesellschaftung mit *Kolluvisol-Rostbraunerden* bzw. *Rostbraunerde-Kolluvisolen* möglich. Grund für diese Bodenentwicklung (s. Tab. 1) ist die starke Versauerung der Böden, die zu einer beginnenden Podsolierung des akkumulierten Bodenmaterials führte. Die beschriebenen Pedotope weisen eine geringe nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum und eine sehr hohe Luftkapazität auf. Am Hangfuß sind die Kolluvien teilweise grundwasserbeeinflusst, daraus resultiert ein höheres nutzbares Wasserangebot an die Pflanzen. Gleichzeitig sind sie im Unterboden und -grund nährstoffreicher, da teilweise Nährstoffe durch das Grundwasser zugeführt werden. In der Senke sind unter Erlenwald *Niedermoore* aus mittel bis stark zersetzten Bruchwaldtorfen in Vergesellschaftung vorwiegend mit *Naß-, Anmoor- und Moorgleyen* zu finden. Aufgrund der schwankenden Wellenbewegungen des Sees sind diese Böden häufig mit

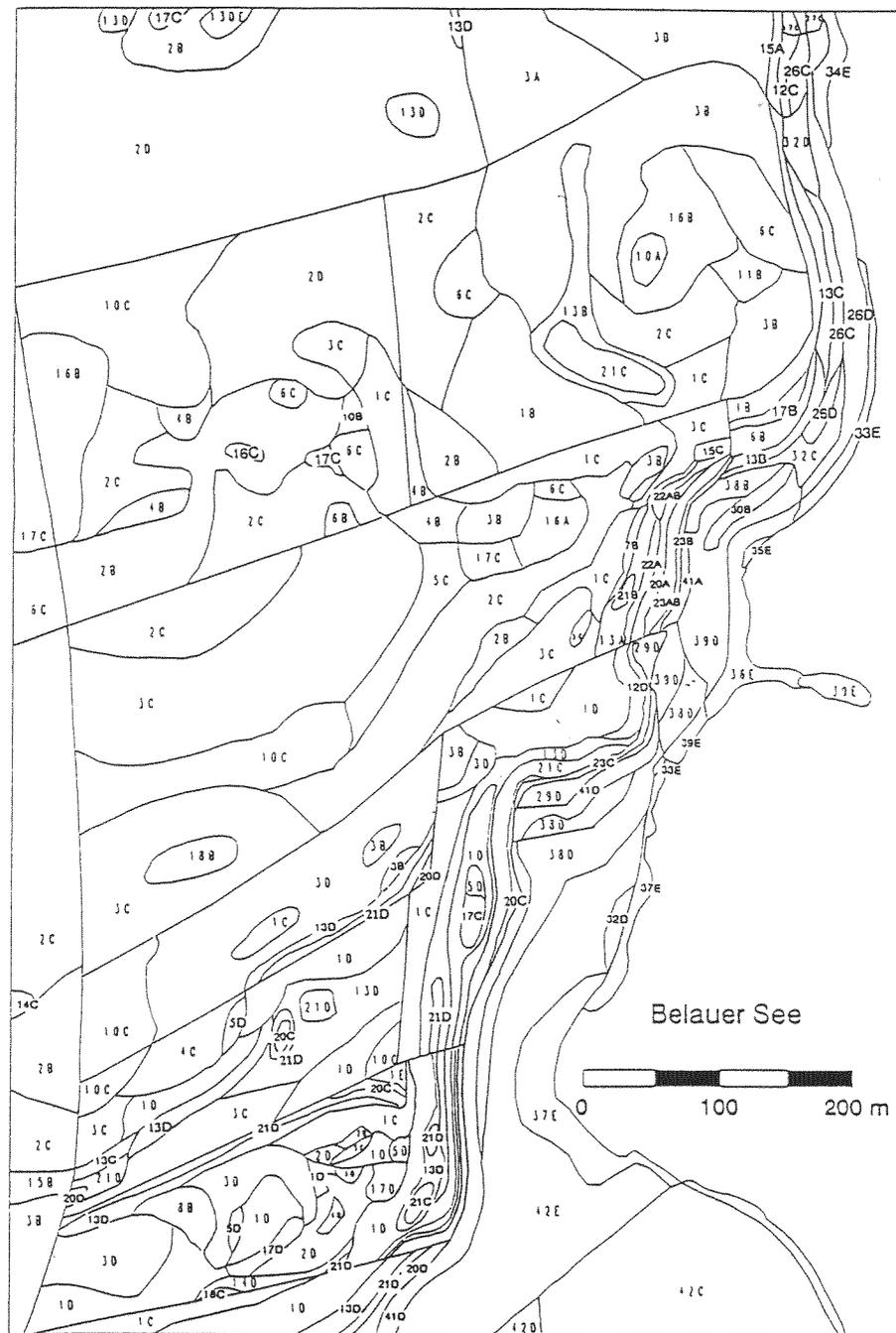


Abb. 4: Bodenformenkarte des Schwerpunktraumes (vereinfacht)

Sanden durchsetzt. Unter Grünland sind am Südwestufer des Belauer Sees *Typische Übergangsmoore* entwickelt. Die wesentlichen bodenökologischen Eigenschaften sind den Tabellen 1 und 2 zu entnehmen.

Tab. 1: Eigenschaften von Böden einer Waldcatena

Kuppenposition: **Typische Braunerde**, basenarm, mittel-basisch, aus Geschiebesand über Schmelzwassersand, grundwasserfern, unter Buche mit mullartigem Moder

Horizont	Tiefe	Skelett	Sand	Schluff	Ton	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert
Symbol	dm	%	%	%	%	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg
Ah <sub>1</sub>	0-0.7	10.3	78.5	15.0	6.5	3.4	2.0	17	1.1	213	3.0	16
Ah <sub>2</sub>	-3.8	14.1	72.7	18.2	9.1	0.9	1.0	9	1.4	108	4.0	15
Bv <sub>1</sub>	-6.8	58.2	84.0	12.9	3.1	0.4	0.4	10	1.5	75	4.4	17
Bv <sub>2</sub>	-9.1	30.3	80.8	17.3	1.9	0.1	<0,1	11	1.5	50	4.5	12
rSBv	-12.5	46.4	92.6	3.9	3.5	<0,1	<0,1	11	1.5	43	4.5	11
BbsC	-20.0	5.0	95.9	1.3	2.8	<0,1	<0,1	7	1.4	48	4.5	15

Mittelhang: **Rostbraunerde-Kolluvisol**, basenarm, aus Kolluvium über Schmelzwassersand, grundwasserfern, unter Mischwald mit typischem Moder

Horizont	Tiefe	Skelett	Sand	Schluff	Ton	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert
Symbol	dm	%	%	%	%	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg
MAeh	0-0.6	6.9	89.7	6.9	3.4	5.8	2.8	21	0.8	253	3.1	28
MBsv	-1.4	13.1	89.0	9.0	2.0	1.1	0.6	18	1.4	103	3.6	4
MAhBv	-7.0	9.9	89.6	7.3	3.1	0.6	0.4	15	1.3	59	4.2	3
IIBv <sub>1</sub>	-9.9	5.3	93.7	4.5	1.8	0.3	0.1	30	1.4	34	4.5	3
Bv <sub>2</sub>	-11.7	18.6	96.1	2.3	1.6	<0,1	<0,1	11	1.4	20	5.1	3
Bv <sub>3</sub>	-16.0	36.6	96.2	2.3	1.5	<0,1	<0,1	11	1.4	28	5.2	6

Unterhang: **Gley-Kolluvisol**, basenarm, aus Kolluvium über Schmelzwassersand, unter Mischwald mit typischem Moder, Grundwasserstand: 13.9 dm u. GOF

Horizont	Tiefe	Skelett	Sand	Schluff	Ton	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert
Symbol	dm	%	%	%	%	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg
MAh <sub>1</sub>	0-1.4	3.4	88.0	8.1	3.9	4.3	2.4	18	1.0	238	3.0	13
MAh <sub>2</sub>	-4.4	10.9	88.3	8.3	3.5	1.2	0.8	15	1.5	113	3.4	6
rGoMAh	-9.9	2.9	89.8	6.6	3.6	0.6	0.4	15	1.5	59	4.3	14
IIAhGo	-11.2	10.1	91.2	6.3	2.5	2.1	1.3	16	1.4	109	4.6	31
Go	-15.1	5.1	92.8	4.7	2.5	0.4	0.3	13	1.5	43	4.9	12
Gro	-18	0.4	97.9	1.2	0.9	0.1	<0,1	11	1.5	19	5.0	7

Senke: **Typisches Niedermoor**, basenreich, aus Erlenbruchwaldtorf über Schmelzwassersand, unter Erle mit Feuchtmull, Grundwasserstand 3.9 dm u. GOF

Horizont	Tiefe	Zersetzungsgrad	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert	
Symbol	dm	Skala n. v. POST	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg	
nH <sub>1</sub>	0-0.5		H5	42.2	26.6	17	0.2	1768	2.9	373
nH <sub>2</sub>	-3.9		H5	35.2	27.7	16	0.1	1372	3.5	362
nH <sub>3</sub>	-6.4		H4	47.3	35.5	17	0.1	1830	5.2	970

(Abk.: Corg = organischer Kohlenstoff, Gesamt-N = Gesamtstickstoff, Ld = Lagerungsdichte, KAKpot = potentielle Kationenaustauschkapazität)

Tab. 2: Eigenschaften von Böden einer Agrarcatena

Kuppe: **Typische Braunerde**, basenreich, aus Geschiebesand über Schmelzwasser-sand, grundwasserfern, unter Acker

Horizont	Tiefe	Skelett	Sand	Schluff	Ton	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert
Symbol	dm	%	%	%	%	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg
Ap	0-3.2	27.0	83.6	12.7	3.7	1.8	1.5	12	1.2	106	5.4	54
ApBv	-4.4	26.4	78.8	17.1	4.1	0.6	0.4	15	1.2	68	5.7	42
Bv	-8.0	10.6	86.9	11.3	1.8	0.3	0.3	10	1.4	30	5.4	16
IIBv	-9.0	14.6	75.6	16.5	7.9	0.1	<0,2	8	1.5	65	4.2	19
IIIBv	-11.7	10.1	93.9	2.9	3.2	<0,1	<0,1	10	1.5	34	4.4	8
rSBvC	-20.0	16.7	94.9	3.0	2.1	<0,1	<0,1	11	1.5	26	4.4	7

Mittelhang: **Braunerde-Kolluvisol**, basenreich, aus Kolluvium über Schmelzwasser-sand, grundwasserfern, unter Grünland (Lolium-Cynosuretum)

Horizont	Tiefe	Skelett	Sand	Schluff	Ton	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert
Symbol	dm	%	%	%	%	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg
MAh <sub>1</sub>	0-1.4	17.0	80.8	15.2	4.0	0.9	0.9	10	1.3	101	5.2	52
MAh <sub>2</sub>	-5.2	12.1	84.2	11.0	4.8	0.8	0.7	11	1.3	75	5.7	51
IIfAh	-7.1	12.0	87.5	9.4	3.1	0.8	1.0	8	1.4	82	5.1	47
Bv	-10.7	8.4	91.2	7.5	1.3	0.4	0.2	20	1.5	34	4.6	13
rS	-12.5	19.5	92.1	3.2	4.7	0.2	0.1	20	1.5	27	4.6	10
BvC	-20.0	5.3	98.2	1.1	0.7	,1	,1	14	1.4	20	4.7	7

Unterhang: **Typischer Kolluvisol**, basenreich, aus Kolluvium über Schmelzwasser-sand, grundwasserfern, unter Grünland (Lolium-Cynosuretum)

Horizont	Tiefe	Skelett	Sand	Schluff	Ton	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert
Symbol	dm	%	%	%	%	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg
MAh <sub>1</sub>	0-1.4	12.8	90.4	7.6	2.0	0.9	0.8	11	1.3	55	5.4	30
MAh <sub>2</sub>	-8.0	14.6	89.6	7.5	2.9	0.7	0.5	14	1.4	70	5.3	39
IIMAh <sub>3</sub>	-12.4	7.6	83.5	10.7	5.8	0.5	0.4	13	1.4	63	5.5	33
IIIfAh	-14.1	7.3	87.0	7.7	5.3	1.6	1.3	12	1.4	74	5.1	39
Bv <sub>1</sub>	-17.6	8.2	92.2	6.6	1.2	0.4	0.3	13	1.4	29	5.3	16
Bv <sub>2</sub>	-20.0	27.3	87.9	10.1	2.0	0.2	0.1	20	1.4	20	5.5	12

Senke: **Typisches Übergangsmoor**, basenreich, vererdet, aus Braunmoorstufen über Erlenbruchwaldtorf, unter Grünland (Ranunculo-Alepecuretum), Grundwasserstand: 3 dm u. GOF

Horizont	Tiefe	Zersetzungsgrad	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert	
Symbol	dm	Skala n. v. POST	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg	
Aa	0-2.5		H7	11.3	9.7	11	0.6	434	5.7	255
uH <sub>1</sub>	-4.8		H3	41.2	18.0	23	0.3	1294	5.7	967
uH <sub>2</sub>	-8.0		H3	44.7	19.0	24	0.3	1277	6.0	946

### Eigenschaften und Diskussion

Beim Vergleich der einzelnen Pedotope fällt auf, daß sowohl unter Wald- als auch unter Ackernutzung am Oberhang erodierte und an den unteren Hang-

bereichen kolluvierte Böden anzutreffen sind. Die Erosion der zur Zeit forstwirtschaftlich genutzten Standorte ist mit der früheren Ackernutzung (bis vor 100 Jahren) zu erklären. Sowohl den Militärisch-Historischen Karten von 1789 als auch der Preußischen Landesaufnahme von 1879 kann die frühere Ackernutzung der heutigen Waldböden entnommen werden. Diese frühere Ackernutzung ist auch für die Ausprägung der gegenüber sonstigen Waldstandorten mächtigen Ah- Horizonte verantwortlich (Tab. 1). Durch den Prozeß Erosion/Akkumulation haben sich die Böden in ihren ökologischen Eigenschaften verändert. Die erodierten Böden weisen eine Verringerung der nutzbaren Feldkapazität und des Bindungsvermögens für Nähr- und Schadstoffe auf, was auch durch Untersuchungen von FRIELINGHAUS & FELGENTREU (1985) belegt wird. Unter den kolluvierten Böden sind häufig fossile Böden (s. Tab. 2, *Braunerde-Kolluvisol* und *Typischer Kolluvisol*) erhalten. Sie dokumentieren die früheren Bodenverhältnisse. Die in der Senke gelegenen Moore weisen im allgemeinen nur im Randbereich geringmächtige kolluviale Aufträge auf, während am Unterhang *Kolluvisole* mit einer Mächtigkeit von 1 – 1.4 m festgestellt wurden. Daß die hangaufwärts gelegenen Böden stärkere Akkumulationen aufweisen, läßt sich mit der Anlage von Knicks erklären, die als Retentionskörper gegen Erosion wirken.

Beim direkten Vergleich der Böden unter Agrar- und Waldnutzung fällt die starke Versauerung der Waldstandorte ins Auge. Bis auf das in der Senke lokalisierte *Niedermoor*, das vermutlich durch Grundwasserströme Nährelemente zugeführt bekommt, weisen alle anderen Waldstandorte bis zu einer Tiefe von 10 – 20 dm sehr geringe pH- Werte auf. Die Agrarstandorte sind infolge der verschiedenen Düngungsmaßnahmen mit Nährelementen versorgt worden. Die Versauerung der Waldböden führt zu einer starken Veränderung verschiedener Bodeneigenschaften (ULRICH 1988). So ist die Funktion der Böden als Puffer und Transformator stark eingeschränkt. Neben einer verringerten Bindungsfähigkeit für Schwermetalle ist auch der Abbau vieler organischer Schadstoffe in diesem sauren Milieu eingeschränkt. Eine beginnende Podsolierung der Böden im Waldgebiet ist festzustellen. Fast alle Böden weisen im Oberboden eine Kornpodsoligkeit als Initialstadium der Podsolierung auf. *Podsole* wurden im engeren Untersuchungsgebiet nicht gefunden, das weitgehendste Stadium der Podsolierung wurde am Ostufer des Schierensees unter Nadelwald mit einer *Podsol-Braunerde* aus Schmelzwassersand gefunden. Dieser Boden weist eine mächtige (1 – 1.2 dm) Humusaufgabe auf, die als rohumusartiger Moder ausgeprägt ist und im Laufe der Zeit zur Rohhumusentwicklung übergehen dürfte. Auch der *Rostbraunerde-Kolluvisol*, welcher bis vor 100 Jahren unter landwirtschaftlicher Nutzung stand, zeigt das Initialstadium der Podsolierung. Mit der Versauerung ist eine starke Abnahme der effektiven Kationenaustauschkapazität verbunden, wodurch das Bindungsvermögen für Nähr- und Schadstoffe stark beeinflusst wird.

Die Böden am Uferand der Seen weisen häufig reliktsche Redoximorphie-merkmale auf. Das läßt sich mit verschiedenen Seespiegeländerungen erklären. So wurde in den Jahren 1934- 1936 das Seespiegelniveau um ca. 6-8 dm gesenkt, auch aus historischer Zeit sind verschiedene Seespiegelabsenkun-

gen anhand von Terrassenbildungen an den Seeufnern bekannt (STAN-SCHUS- ATTMANNSPACHER 1969). Durch die schon angesprochene Seespiegelabsenkungen ist es zu einer starken Entwässerung der oberen Torfhorzonte gekommen (s. Tab. 1 und 2). Daraus resultiert eine Vererdung dieser Torfschichten. Das unter Erle gelegene Niedermoor weist im Oberboden eine starke Versauerung auf, während das als Grünland genutzte Übergangsmoor stark eutrophiert und verdichtet ist.

Neben den bodenbildenden Prozessen der Erosion/Kolluvierung und der Versauerung/Podsolierung und den Seespiegeländerungen ist vor allem noch auf die Tonverlagerung bei den lehmigen Böden aus Geschiebemergel und auf die Bodenveränderungen durch anthropogene Aufträge hinzuweisen. Die Tonverlagerung führt zu einer Differenzierung in Eluvial- und Illuvialhorizonte. Dieser Vorgang führt zu einer Veränderung bodenökologischer Eigenschaften. So ist mit der Verlagerung von Tonteilchen beispielsweise eine Veränderung der Wasser- und Kationenaustauschkapazität verbunden. Durch die Verlagerung von Ton wird häufig eine geringere Wasserleitfähigkeit erreicht, was zu einer beginnenden Pseudovergleyung führt. Beispiele hierfür sind im Bereich der Bornhöveder Seenkette die aus Geschiebemergel entwickelten Pseudogleye und ihre Varietäten.

In diesem ruralen Raum sind Böden aus anthropogenen Aufträgen flächenmäßig von untergeordneter Bedeutung. Sie kommen in Nähe von Ortschaften und als linienhafte Elemente in Form der für Schleswig-Holstein typischen Wallhecken im Projektraum vor. Bei der Anlage von Wallhecken (Knicks) wurde sowohl das bei der Errichtung von Gräben anfallende Bodenmaterial als auch humoses Bodenmaterial der umgebenden Acker- und Waldflächen verwendet. In Tabelle 2 sind die Eigenschaften eines *Depo-Humusregosol* dargestellt (AK STADTBÖDEN 1989, BEYER & SCHLEUSS 1991).

Böden unter Wallhecken sind im allgemeinen durch eine starke Versauerung, geringe effektive Kationenaustauschkapazitäten, geringe S-Werte, geringe Lagerungsdichten, Humusgehalte  $\geq 1\%$  bis in 10 dm Tiefe sowie hohe mikrobiologische Umsetzungen gekennzeichnet (SCHLEUSS & al. 1992). Diese Böden wirken in Hanglagen als Retentionskörper der Wassererosion entgegen.

Tab. 3: Eigenschaften eines Bodens unter Wallhecke

Wallhecke: **Depo-Humusregosol**, basenarm, aus anthropogener Aufschüttung aus natürlichem Substrat über Schmelzwassersand, grundwasserfern, unter Strauchvegetation (*Corylus avellana*, *Sambucus nigra*) mit typischem Mull

Horizont	Tiefe	Skelett	Sand	Schluff	Ton	Corg	Gesamt-N	C/N	Ld	KAKpot	pH	S-Wert
Symbol	dm	%	%	%	%	%	mg/g	*	kg/l	mmol/kg	CaCl <sub>2</sub>	mmol/kg
Ah	0-1.7	23.7	77.0	20.0	3.0	1.8	0.9	20	1.1	129	3.8	17
IIjY <sub>1</sub>	-5.3	29.5	90.3	6.7	3.0	1.0	0.8	12	1.4	88	4.0	13
IIIjY <sub>2</sub>	-7.5	21.5	85.6	11.2	3.2	1.0	0.6	17	1.4	100	4.1	18
IVfAh	-9.5	19.4	90.4	7.3	2.3	1.1	0.7	16	1.2	131	4.1	25
Bv <sub>1</sub>	-11.4	19.4	97.8	0.3	1.9	0.3	0.1	30	1.6	43	4.3	11
Bv <sub>2</sub>	-16.0	17.5	98.9	0.4	0.7	0.1	,1	15	1.6	44	4.4	11

Die starke Schwankungsbreite der bodenökologisch relevanten Parameter läßt sich am Beispiel der Subtypen von Braunerde und Parabraunerde im terrestrischen Bereich des Hauptforschungsraumes darstellen, wie Tab. 4 verdeutlicht.

Tab. 4: Ausgewählte ökologische Eigenschaften von Braunerden und Parabraunerden aus dem Gebiet der Bornhöveder Seenkette (n. SCHLEUSS 1992, mod.)

Bodform	Bas	Relief	Nutz	We	nFKWe	nWA	DLe	SF	KAKWe	SWe	NR	FSMoCd	FSMwCd
<b>Braunerden</b>													
Bn Sg/gf	4	MR	A,M	7	mi	ge	sho	0/3	mā	mā	mā	ho	sgē
Bn Sg/gf	2	MR	FL	7	mi	ge	sho	0/3	māho	sgē	ge	sgē	ge
Bn Sg/gf	3	MR	FL	7	ge-mi	sgē-g	sho	0/2-	mi	ge	ge-mā	ge	ge
Bn gf	4	HOM	GE	6	ge	sgē	mā-ho	0/2	mā	mā	mi	ho	sgē
Br gf	1	KKHOG	FN	6	ge	sgē	sho	0/2	ge	sgē	ge	ge	mi-ho
IBn Sg/gf	2	KK	FL	7	mi	ge	sho	0/3	mi	ge	ge-mā	ge	ge
IBn gf	4	HOG	GE	6	ge	sgē	sho	0/2	mā	mā	mā	ho	sgē
IBr Sg/gf	4	KK	A,M	7	ge	sgē	sho	0/2	mi	mā	ge-mā	mi	sgē
LB Sg/gf	4	HO	GE	8.5	mi	ge	ho-sho	0/3	mi	mi	mi	mi-ho	ge
PB gf	1-2	HOM	FN	6	ge	sgē	sho	0/2	ge	sgē	ge	sgē	ge-mi
SB Mg/gf	4	MR	A,R	9	ho	mi	mi	1/4	māho	ho	mi	sho	sgē
KBn K/Sg	4	HU	A,M	7.3	mi	ge	sho	0/3	mi	māho	mi	ho	sgē
KBn K/gf	4	HF	A,M	6	mi	ge	sho	0/3	mi	māho	mi	ho-sho	sgē
KBr K/gf	2	HMM	FN	6	ge	sgē	sho	0/2	mā	sgē	ge	sgē	mi
GB Sg/gf	3	HU	GE	7.5	mi	mi	mi	3/4	mi	mā	mi	ge	ho
<b>Parabraunerden</b>													
Ln Mg/gf	2	HO	FN	6	ge-mi	sgē	sho	0/2	mā	ge	mi	sgē	ge
Ln Mg/gf	4	HOX	A,M	7	mi	ge	sho	0/3	māho	mi	māho	mi	sgē
SL Mg	2	MR	FL	10	ho	mi	ho	1/4	ho	mi	māho	ge	sgē
SL Mg	4	MR	A,R	10	mi-ho	ge	mi	1/3	ho	ho	māho	sho	sgē
GL Mg	2	HU	FM	10	ho	mi	ge-mi	2/4	māho	ge	māho	sgē	ho
KL K/Mg	2	HU	FL	10	sho	māho	mi-ho	1/5	ho	māho	māho	ge	ge
KL K/Mg	5	HU	A,R	9.2	sho	mi	ho	1/5	māho	ho	māho	sho	sgē

Erl.: Bodform = Bodenform (Bn = Typische Braunerde, IBn = Typische Braunerde mit Tonbändern, Br = Rostbraunerde, LB = Parabraunerde- Braunerde, PB = Podsolbraunerde, SB = Pseudogley-Braunerde, KBn = Kolluvisol- Braunerde, KBr = Kolluvisol- Rostbraunerde, GB = Gley- Braunerde; Ln = Typische Parabraunerde, SL = Pseudogley- Parabraunerde, KL = Kolluvisol- Parabraunerde, GL = Gley-Parabraunerde; Sg = Geschiebesand, gf = glazifluvialer Sand, K = Kolluvium, Mg = Geschiebemergel)

Bas = Basizität (1 = sehr gering, 5 = sehr hoch), Nutz = Nutzung, We = effektiver Wurzelraum in dm, nFKWe = nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum, nWA = nutzbares Wasserangebot, DLe = effektive Durchlüftung im Frühjahr, SF = Standortkundliche Feuchtestufe, KAKWe = Kationenaustauschkapazität (pot.) im effektiven Wurzelraum, SWe = S-Wert im effektiven Wurzelraum, NR = Nährstoffreserven, FSMoCd = Potentielle Oberbodenbindung von Cadmium, FSMwCd = Potentielle Grundwassergefährdung bei Kontamination mit Cadmium

Relief: KP = Kuppenplateau, KK = Kuppe, KKHOG = Kuppe bis gestreckter Oberhang, MR = Moränenrücken, HO = Oberhang, HOG = gestreckter Oberhang, HOX = konvexer Oberhang, HOM = Ober- bis Mittelhang, HM = Mittelhang, HMM = Mittelhangmulde, HMG = gestreckter Mittelhang, HF = Hangfuß, HU = Unterhang

Nutzung: FN = Nadelwald, FL = Laubwald, FM = Mischwald, Rud = Ruderalvegetation, Gart = Garten, GE = Weide bzw. Mähweide, A,H = Acker, Hülsenfrüchte, A,G = Acker, Getreide, A,R = Acker, Raps, A,M = Acker, Mais, WH = Wallhecke

## 5 Vergesellschaftung der Böden

Im folgenden soll über die Vergesellschaftung der Böden dieser Landschaft berichtet werden. Die Bodendecke ist ein wesentlicher Bestandteil der Ökosphäre, d.h. dem Lebensraum aller Organismen, der sich aus der Gesamtheit aller Landschaften mit den Meeren sowie den angrenzenden, erdnahen Luftschichten zusammensetzt (SCHLICHTING 1986). Zur Darstellung der Heterogenität der Böden in einer Landschaft eignen sich Bodenkarten verschiedener Maßstabsebenen. Dadurch erhält der interessierte Nutzer Auskunft über die ökologische Einschätzung verschiedener Böden bzw. Bodenkomplexe und das Verbreitungsareal dieser Einheiten. **Bodengesellschaften** sind typische Kombinationen von Profilen in Catenen, die miteinander ein Wirkungsgefüge bilden und sich somit in Genese und Ökologie gegenseitig beeinflussen.

### 5.1 Grundsätze der Bodenvergesellschaftung

Zur Beschreibung der Bodendecke finden verschiedene Begriffe Verwendung, die im folgenden näher erläutert werden. Der kleinstmögliche, dreidimensionale Ausschnitt der Bodendecke wird als **Pedon** bezeichnet (SIMONSON & GARDNER 1960, BLUME 1984). Peda können als quasihomogen betrachtet werden und haben keine räumlich definierte Begrenzung, es kann aber von einer wenige Quadratmeter großen Grundfläche ausgegangen werden (LIEBEROTH 1982). Das **Polypedon** wird von einer Gruppe benachbarter Peda gleicher Bodenform und gleicher Landschaftsposition gebildet (JOHNSON 1963, NEUMANN 1976). Der durch mehrere isotope Peda gekennzeichnete Raum mit profilbezogener Gleichheit wird nach FRIDLAND (1974) als **elementares Bodenareal** bezeichnet. Der **Pedotop** nach HAASE & SCHMIDT (1970) beinhaltet neben den Bodeneigenschaften im engeren Sinne auch die Reliefposition des Polypedons und damit auch die Stellung innerhalb der Ökochore sowie die Kopplung. Als Kartiereinheit der **topischen Dimension** ist er nicht weiter sinnvoll aufteilbar. In einem Pedotop variieren die Bodenmerkmale nur in geringen definierten Grenzen, gegenüber dem Polypedon werden aber kleinräumige Einschlüsse benachbarter Polypeda toleriert (HAASE 1978). Da auch bei Polypeda häufig (insb. in kuppigen Moränenlandschaften) ein sehr kleinräumiger Wechsel auftritt, der in Karten nicht mehr sinnvoll darstellbar ist, werden sie zu **Pedokomplexen** zusammengefaßt, somit zeigen Pedokomplexe eine einfache Raumstruktur mit unterschiedlichen Bodenmerkmalen. Pedokomplexe sind kleinräumige **Bodengesellschaften**, d.h. Gruppen bodensoziologisch zusammengehöriger Böden. Sie stehen bodengeographisch als **Nano(pedo)choren** zwischen topischer und chorischer Dimension (MUTERT 1978, MUTERT & SCHROEDER 1984). Die Kartiereinheiten der topischen Dimension sind als geographisch unteilbare homogene Einheiten zu verstehen, in denen die geographische Substanz in ihrer gesetzmäßigen Verflechtung in Erscheinung tritt.

Bei der **chorischen Dimension** werden nach NEEF (1963, 1970) heterogene geographische Flächeneinheiten betrachtet, also Einheiten, deren Wesen auf der räumlichen Verknüpfung kleinerer topologischer Einheiten beruht

(SCHMIDT 1978). Gleiche und verschiedene Polypeda in gleicher und unterschiedlicher Landschaftsposition werden als **elementare Bodenlandschaft (Bodenschaft, soilscape)** betrachtet. Kennzeichen einer elementaren Bodengesellschaft sind nicht mehr bestimmte Bodenformen, sondern bestimmte Bodengesellschaften einer bestimmten geomorphen Einheit (BLUME 1984).

Die **Pedochore** ist eine heterogene räumliche Einheit aus zahlreichen Pedotopen, deren räumliche Komponente ein gesetzmäßig geordnetes Verbreitungsmuster widerspiegelt. Sie ist die Kartiereinheit der chorischen Dimension. Die chorische Dimension kann in drei Stufen eingeteilt werden (HUBRICH 1974), die **Nano(pedo)chore**, die **Mikro(pedo)chore** und die **Meso(pedo)chore**. Pedochoren werden durch die Gesamtheit der in ihnen vorkommenden Pedotope bzw. Pedokomplexe (pedoökologische Heterogenität) sowie deren räumlicher Verkettung und Mosaikmusterbildung (topologische Heterogenität) charakterisiert (HAASE & SCHMIDT 1970). Im Übergangsbereich von chorischer und regionischer Dimension kann die **Makro(pedo)chore**, die auch als **Bodenprovinz** bezeichnet wird, angesiedelt werden. Sie ist durch das Zusammenfassen mehrerer gleicher bzw. verschiedener Bodenschaften gekennzeichnet. Während sich die chorische Dimension auf die mittlere Maßstabsebene bezieht, kommt im kleinmaßstäbigen Bereich die **regionische Dimension** zur Anwendung. Die **Bodenregion** setzt sich aus mehreren Bodenprovinzen zusammen. Die Einheiten der regionischen Dimension, die großräumige Ausschnitte der Pedosphäre wiederspiegeln, können als auf hoher Integrationsebene homogen erscheinende Gebiete betrachtet werden (LIEBEROTH 1982). Die Bodenzonen fassen mehrere Bodenregionen zusammen. Für die Einheiten der chorischen und regionischen Dimension sind synonym mit den genannten Begriffen auch die Terme **Bezirk, Gebiet, Provinz, Region** und **Zone** gebräuchlich (SCHROEDER 1983).

### 5.2 Abgrenzung einzelner Bodengesellschaften

Die Wiedergabe von Bodeneinheiten in Karten ist so lange unproblematisch, wie der Maßstab die Darstellung der Bodenindividuen erlaubt (SCHLICHTING 1970). Bei mittel- bzw. kleinmaßstäbigen Karten ist die Darstellung der Bodenindividuen nicht mehr möglich, es bedarf daher einer Zusammenfassung. Bei der Art der Zusammenfassung können unterschiedliche Ansätze gewählt werden. Übliches Verfahren ist bisher das Weglassen des flächenmäßig Untergeordneten (Zusammenfassung des bodensystematisch Ähnlichen). Dies ist aber nur so lange sinnvoll, wie das flächenmäßig Dominierende auch das Wichtigste ist (SCHLICHTING 1970). Für viele Planungen ist aber häufig sinnvoller, das bodensoziologisch Zusammengehörige zu charakterisieren, wobei die Beziehung einer solchen Bodengesellschaft durch mehr als nur das gemeinsame Auftreten begründet sein muß. Die Zusammenfassung des miteinander Gekoppelten (z.B. durch Stoffflüsse, Erosion, Massenversatz am Hang) trägt ganz wesentlich zum besseren Verständnis des Aufbaus der Bodendecke bei, z.B. zur Einschätzung der Kontamination von Bodenschaften mit Nähr- und Schadstoffen (s.a. BLUME 1984, ECKELMANN & OELKERS 1984).

Bei der Abgrenzung der Bodeneinheiten sollte also dem Kopplungsgrad Vorrang vor der bodentypologischen Ähnlichkeit gegeben werden (BLUME 1984). Die Abgrenzung von Pedochoren kann die Teilung von Pedotopen bei Überleitung zwischen quantitativ differenzierten Landschaften und Querung durch Transportscheiden, beispielsweise reale Wasserscheiden, erfordern (SCHLICHTING 1974). Das Horizontmuster von Profilen und das Bodenmuster von Landschaften sind prinzipiell auf ähnliche Weise entstanden. So bestimmen Gestein und Klima den Ausgangszustand und die Umwandlungsrichtung, während reliefbedingte Strukturen die Umwandlungsgrade abstufen. Das Bodenmuster der Landschaft, das in Karten dargestellt wird, ist der Ausdruck des Wirkungsgefüges in der Landschaft mit hohem Diagnosewert der bisherigen Landschaftsentwicklung und hohem Prognosewert für die künftige Landschaftsentwicklung (SCHLICHTING 1986). Die Teilung von Pedotopen erfolgt dann, wenn diese verschiedenen Bodengesellschaften zuzuordnen sind. Das hat zur Folge, daß benachbarte Pedochoren bodentypologisch gleiche Anfangs- bzw. Endglieder haben können.

Der Bodengesellschaftskarte des Projektraumes lassen sich sowohl die Mikrochoren als auch die Nanochoren entnehmen (SCHLEUSS 1992). Die Legende der Bodengesellschaftskarte beinhaltet zum besseren Verständnis der räumlichen Abfolge und der Relief- und Gesteinsbeziehungen der Pedotope für jede Einheit einen Landschaftsschnitt, der in seiner idealisierten Form als **Catena** bezeichnet werden kann (MILNE 1935, NEEF 1963). Landschaftsökologische Catenen sind der Ausdruck für die regelhafte und typische Vergesellschaftung bestimmter Grundeinheiten, demzufolge stellen sie eine Abstraktion zum Erkennen der gesetzmäßigen und charakteristischen Anordnung der einzelnen Glieder dar.

### 5.3 Bodengesellschaften im Bereich der Bornhöveder Seenkette

Sowohl im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes als auch an den Rändern der Seenrinne dominiert als Ausgangssubstrat weichselzeitlicher Geschiebemergel, der – nach Süden hin – in immer geringerer Mächtigkeit Schmelzwassersande überlagert. Als dominierende Landböden haben sich Subtypen der *Parabraunerde* entwickelt. Diese sind häufig bei landwirtschaftlicher Nutzung infolge des Prozesses Erosion/ Akkumulation mit lehmigen *Kolluvisolen* an den Unterhängen und mit *Gley-Kolluvisolen* sowie *Typischen Gleyen* und *Niedermooren* in den Senken vergesellschaftet. Fehlt der prägende Prozeß Erosion/Akkumulation, so sind diese *Parabraunerden* aufgrund lateraler Wasserbewegung mit *Typischen Gleyen*, *Kalkhaltigen Gleyen* sowie *Anmoorgleyen* vergesellschaftet. Die plateauartigen Flächen des Perdoeler Kameszuges werden von *Parabraunerden* in Vergesellschaftung mit *Braunerden* eingenommen, ohne daß eine sichtbare Kopplung gegeben wäre. Auf den ebenfalls plateauartigen Flächen im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (Nähe Stolper See) hat sich eine Bodenvergesellschaftung von *Parabraunerden* und *Pseudogleyen* mit Plattengefüge entwickelt.

Im südlichen Bereich des Projektraumes liegen vornehmlich Geschiebe- und Schmelzwassersande als Ausgangssubstrate vor. Daraus haben sich Subtypen der *Braunerde* gebildet, die im hängigen Gelände hangabwärts mit *Kolluvisolen*, *Gley-Kolluvisolen*, *Typischen Gleyen* und *Nieder- bzw. Übergangsmooren* vergesellschaftet sind.

In Siedlungsnähe (z.B. in den Ortschaften) sind neben den schon angesprochenen Bodengesellschaften solche zu finden, die vor allem den anthropogenen Einfluß widerspiegeln. Dabei sind vor allem die Böden der oberen Hangbereiche infolge der Besiedlung und durch natürliche bzw. technogene Aufträge überprägt, damit ist z.B. die Entwicklung von Bodengesellschaften mit *Depo-Regosolen* und *Depo-Pararendzinen* zu erklären.

Die Benennung der Bodengesellschaften erfolgt in Abhängigkeit von der jeweiligen Dimensionsstufe. Bei der Bezeichnung der Mikrochoren wurde der flächenmäßig dominierende Landboden sowie der nasseste Grundwasserboden unter Berücksichtigung der die Gesellschaft am besten widerspiegelnden Einheit in Kombination mit der geomorphen Einheit und dem Kopplungstyp angegeben (SCHLEUSS 1992).

## 6 Funktionen der Böden im Ökosystem

Böden weisen als Kompartimente von Ökosystemen wesentliche Funktionen in der

- \* Regelung des Naturhaushaltes (Filter, Fließwiderstand, Puffer, Transformator)
- \* Produktion von pflanzlicher Substanz (Wurzelraum, Verankerung, Transformation von Wasser und Nährelementen)
- \* Gewährung von Lebensraum (Biotop) auf (SRU 1985).

Böden einer Landschaft weisen eine sehr unterschiedliche Befähigung auf, potentielle Schadstoffe zu filtern, puffern und eliminieren. Als offene Systeme beeinflussen sie dabei sehr stark die Reaktion des Ökosystems auf zugeführte Nähr- und Schadstoffe. Die Grundwasserqualität ist u.a davon abhängig, ob das Regenwasser direkt über Oberflächenabfluß in Gewässer bzw. Vorfluter gelangt oder eine Filterung durch Perkolation im Boden erfährt, wobei dann z.B. Ad- und Desorptionsvorgänge sowie verschiedene Transformationsmechanismen wirken können. Es ist aber zu beachten, daß die Aufnahmekapazität des Kompartimentes Boden begrenzt ist. Nach Überschreiten der Belastungsgrenze ist diese Funktionserfüllung nicht mehr gegeben. Für den Schwerpunktraum am Belauer See wurde einige Prognosekarten hinsichtlich der Oberbodenbindung und der Grundwassergefährdung mit potentiellen Schadstoffen erstellt (Methodik s. BLUME & al. 1990). Für die stark versauerten Waldböden sind geringe Oberbodenbindungsraten bei einer potentiellen Kontamination mit Schwermetallen zu erwarten, während die landwirtschaftlich genutzten Böden eine wesentlich stärkere Bindung aufweisen. Bei der

Eliminierung organischer Schadstoffe ist zu beachten, daß bei den versauerten Waldböden die mikrobiellen Umsatzraten niedrig sind.

Als Vermittler für Wasser, Luft, Nähr- und Schadelemente dienen die Böden der Natur- und Kulturvegetation. In dieser Funktion weisen sie im Untersuchungsgebiet unterschiedliche Eigenschaften auf. Lehmige Parabraunerden weisen ein höheres Bindungsvermögen für Wasser-, Nähr- und Schadstoffe auf als sandige Braunerden, die ihrerseits wiederum höhere Luftkapazitäten haben.

Der potentielle Wurzelraum der Pflanzen hängt sowohl von der Bodenart und dem Bodenskelettanteil als auch von der Abfolge der Bodenschichten ab. Bei schroffen Wechsel der Bodenarten ist eine tiefere Durchwurzelung nicht gegeben. Im Bereich der Bornhöveder Seenkette sind geringe Wurzelräume bei der Überlagerung der Kamessander mit Moränenmaterial sowie bei stark ausgeprägten Redoximorphiemerkmalen festzustellen. Bei einer geringen Wurzeltiefe ist auch mit einer unzureichenden Verankerung der Pflanzen zu rechnen.

Böden dienen als Komplex verschiedenartiger Mikrohabitate vielen Mikroorganismen und Tieren als Lebensraum, wobei sehr unterschiedliche Anforderungen an die Habitateigenschaften gestellt werden (GRAY & WILLIAMS 1971). Böden sind durch mannigfaltige Interdependenzen mit den dazugehörigen Biozönosen gekoppelt und für die Stabilität von Ökosystemen und ihre Reaktion auf Belastungen von entscheidender Bedeutung. Diese Interdependenzen bestehen u.a. darin, daß die Mikroorganismen und Tiere bei Waldböden die anfallende Streu abbauen, was nun wiederum zu einer Änderung ökologisch relevanter Bodeneigenschaften durch Transformation und Translokation führen kann.

Weiterhin spiegeln Böden frühere Umweltbedingungen wider. Als Landschaftsgeschichtliche Urkunden sind Böden Zeugen der Erd-, Kultur- und Landschaftsgeschichte. Im Bereich der Bornhöveder Seenkette sind fossile Böden unter Wallhecken und Kolluvien nachweisbar. Damit spiegeln diese Böden die Faktoren (z.B. Klima, Relief, Vegetation und anthropogener Einflüsse) wider, die an der Entstehung einer Landschaft beteiligt waren. Böden sind mithin als datierbare Urkunden von chronologischen Umweltentwicklungen anzusprechen.

Eine Beeinträchtigung der Bodenfunktionen ergibt sich durch eine Vielzahl von Eingriffen, die in Abb. 5 dargestellt sind.

Für den Prozeß der Erosion/Akkumulation sind die mannigfaltigen Auswirkungen schematisch in Abb. 6 dargestellt. Allein durch diesen Prozeß kann zu einer Vielzahl von Gefährdungen benachbarter Systeme kommen. Neben der Veränderung von bodenökologischen Parametern sind Ertragsverluste im erodierten Bereich zu erwarten. Weiterhin muß beispielsweise durch den Auftrag des erodierten Materials an den unteren Hangbereichen mit Beeinträchtigungen der dort lokalisierten Böden und der benachbarten Ökosysteme (Gewässer, Feuchtgrünland u.a.) gerechnet werden.

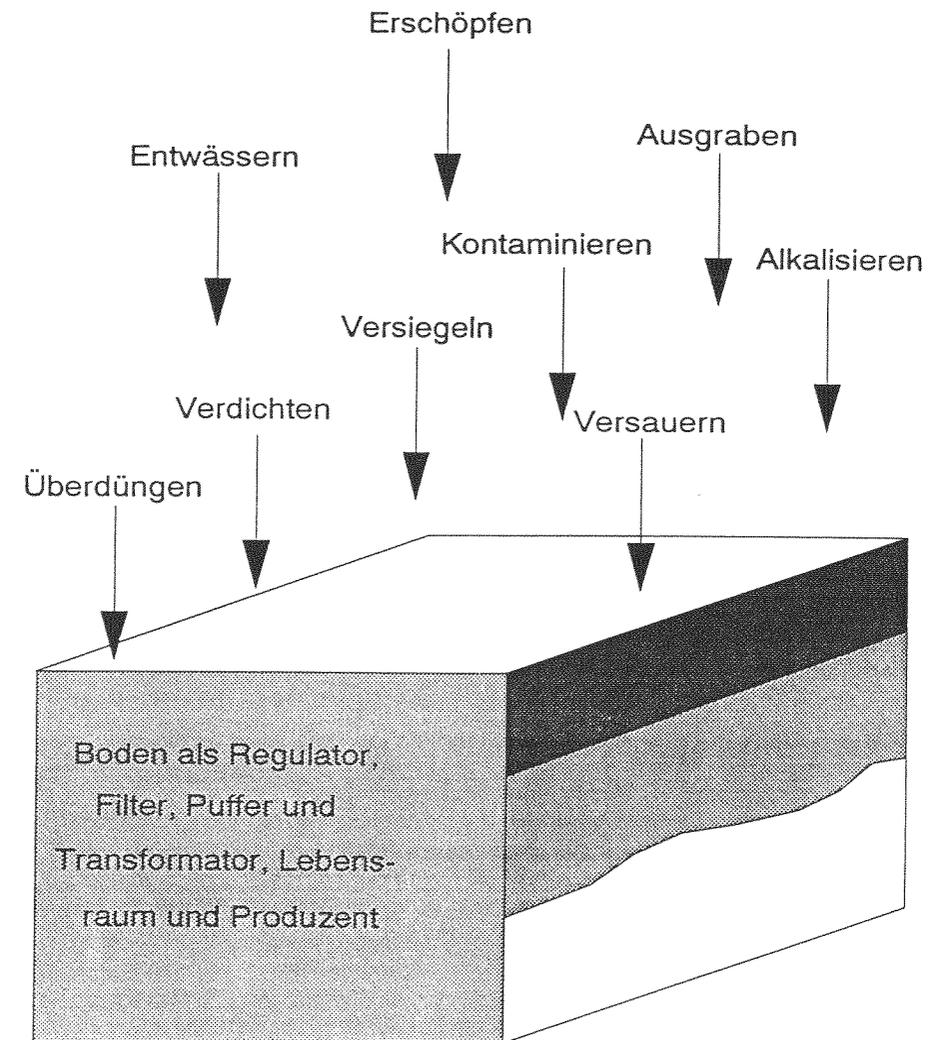


Abb. 5: Gefährdung der Bodenfunktionen (n. SCHLICHTING (1985), BLUME & al (1990)), verändert

Ziel von Bewertungsansätzen zum Bodenschutz ist die Sicherstellung des Schutzes der ökologischen Bodenfunktionen. Zur Beurteilung des Risikos sollte nach FRÄNZLE & al. (1992) die Stabilität und Resilienz eines Ökosystems herangezogen werden. Nur durch einen effizienten, ökosystemar angelegten Bodenschutz wird es gelingen, die mannigfaltigen Funktionen der Böden zu erhalten.

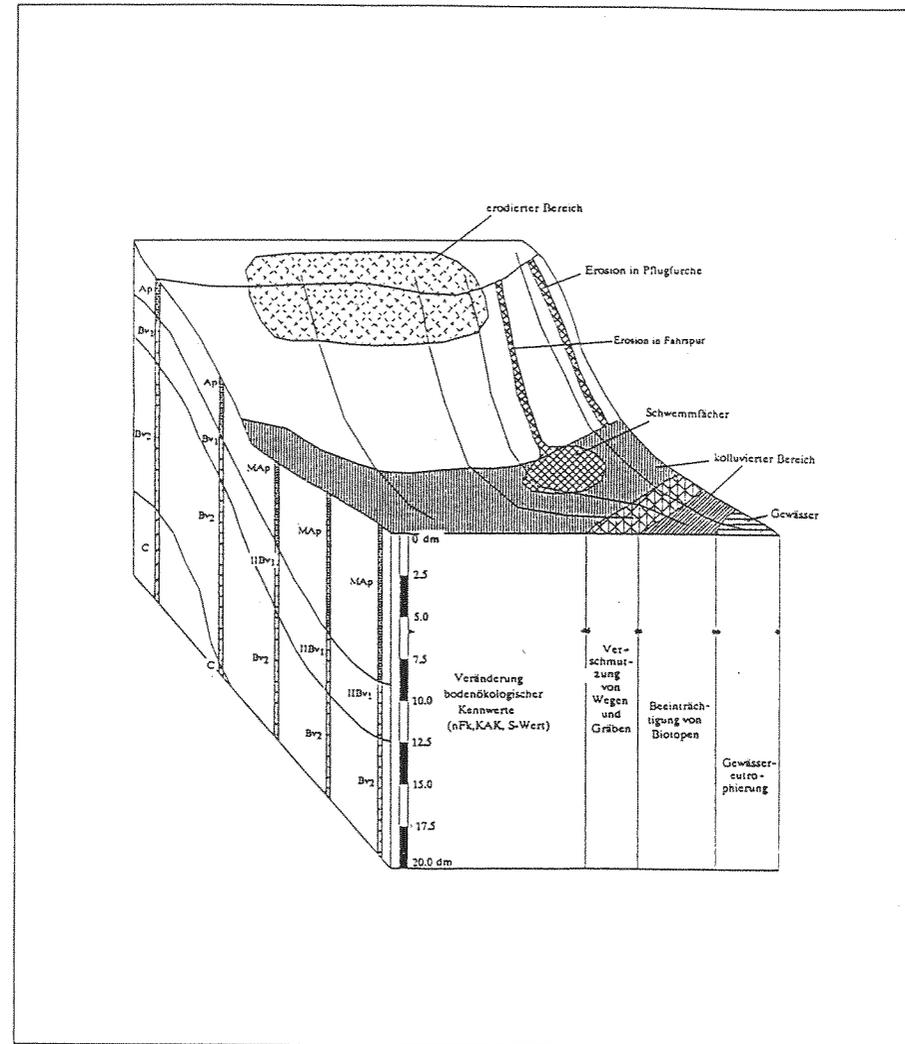


Abb. 6: Auswirkungen der Erosion auf Böden (n. SCHLEUSS 1992)

### Danksagung

Allen MitarbeiterInnen des Projektzentrums für Ökosystemforschung sei an dieser Stelle für die Unterstützung gedankt, bes. Herrn Dr. F. Müller und Herrn Dr. J. Rambow für Korrekturen am Manuskript. Das FE- Vorhaben Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette wird vom BMFT und dem Land Schleswig-Holstein finanziell gefördert.

### 7 Literatur

- AG Bodenkunde der Geologischen Landesämter (Hrsg.) (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 3. Auflage, Hannover, 331 S.
- AK Stadtböden (1989): Kartierung von Stadtböden, UBA- Texte 18, Berlin, 162 S.
- AG Systematik der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland -Kurzfassung-, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., **44**, 1-90
- Babel, U., Meyer, U. & S. Pfeiffer (1986): Untersuchungen an Humusprofilen im Schönbuch, in: Einsele, G. (Hrsg.): Das landschaftsökologische Forschungsprojekt Naturpark Schönbuch, DFG- Forschungsbericht, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 487-505
- Barthelme, H. (1989): GIS-Technologie, Springer- Verlag, Berlin
- Beinhauer, R. (1988): Klimatologische Einordnung des Untersuchungsraumes, Interne Mitteilungen, Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette, **2**, Kiel, 53-62
- Beyer, L. & U. Schleuß (1991): Die Böden von Wallhecken in Schleswig-Holstein, 1. Klassifikation und Genese, Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **154**, 431-436
- Blume, H.-P. (1984): Definition, Abgrenzung und Benennung von Bodenlandschaften, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., **40**, 169- 176
- Blume, H.-P. (Hrsg.) (1990): Handbuch des Bodenschutzes, ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/ Lech, 686 S.
- Blume, H.-P. & M. Helsper (1987): Schätzung des Humusgehaltes nach der Farbhelligkeit, Z. Pflanzenernähr. Bodenk., **144**, 181-196
- Blume, H.P., Fränzle, O., Kappen, L., Kausch, W., & P. Widmoser (1992): Das MAB-Pilotprojekt „Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette in Schleswig-Holstein“, in: Erdmann, K.-H. & J. Nauber (Hrsg.): Beiträge zur Ökosystemforschung und Umwelterziehung, MAB Mitteilungen 36, Bonn, 25- 56
- Brümmer, G.-W. (1985): Boden- das dritte Umweltmedium, Forschungen zur Raumentwicklung, **14**, Bonn, 1-12
- Burrough, P.A. (1986): Principles of Geographic Information Systems for land resource assessment, Monographs of Soil and Resources Surveys, **12**, 193 pp.
- Eckelmann, W. & K.-H. Oelkers (1984): Ein Vorschlag zur Beschreibung von Bodengesellschaften in einer Generallegende, dargestellt an einem Beispiel aus Niedersachsen, Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., **40**, 177-182
- Fiedler, H.-J. (1984): Bodenschutz, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena
- Fränzle, O. (1981): Erläuterungen zur Geomorphologische Karte 1: 25.000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 25, Blatt 8 Bordsesholm 1826, Berlin, 45 S.
- Fränzle, O., Kuhnt, D., Kuhnt, G. & R. Zöllitz (1987): Auswahl der Hauptforschungsräume für das Ökosystemforschungsprogramm der Bundesrepublik Deutschland, Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Natur und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 10104043/02, Kiel
- Fränzle, O., Jensen-Huß, K., Daschkeit, A., Hertling, T., Lüschor, R. & W. Schröder (1992): Grundlagen der Bewertung der Belastung und Belastbarkeit von Böden als Teilen von Ökosystemen, Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 10707001/01, 202 S.

Fridland, V.M. (1974): Structure of the soil mantle, *Geoderma*, **12**, Amsterdam, 35-41

Frielinghaus, M. & I. Felgentreu (1985): Zur Messung der Strukturstabilität an Hängen, *Archiv f. Ackerbau, Pflanzenbau und Bodenkunde*, **29**, Berlin, 169-175

Gray, T.R.G. & S.T. Williams (1971): *Soil micro-organisms*, Longman, London & New York, 239 pp.

Haase, G. (1978): Leitlinien zur bodengeographischen Gliederung Sachsens, *Beiträge zur Geographie*, **29**, Berlin, 7-79

Haase, G. & R. Schmidt (1970): Die Struktur der Bodendecke und ihre Kennzeichnung, *Albrecht Thaer Archiv*, **14**, 399-412

Hubrich, H. (1974): Zur Typenbildung in der topischen Dimension, *Peterm. Geogr. Mitt.*, 167-172

Johnson, W.M. (1963): The pedon and the polypedon, *Soil Science Society Proceedings*, 212-215

Lieberoth, I. (1982): *Bodenkunde*, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

Mannsfeld, K. (1978): Das Bodenmosaik im Gebiet der Westlausitzer Platte und seine standortkundliche Beurteilung, *Beiträge zur Geographie*, **29**, Berlin, 201-229

Milne, G. (1935): Composite units for the mapping of complex soil associations, *Transact. Intern. Congr. Soil Science*, **1**, Oxford, 345-347

Mutert, E. (1978): Untersuchungen zur regionalen Gruppierung von Böden, Diss., Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, CAU Kiel

Mutert, E. & D. Schroeder (1984): Vergleichende Betrachtung von Vorschlägen zur Nomenklatur und Systematik von Bodengesellschaften, *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, **40**, 199-204

Neef, E. (1963): Topologische und chorologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung, *Peterm. Geogr. Mitt.*, 249-259

Neef, E. (1970): Zu einigen Fragen der vergleichenden Landschaftsökologie, *Geogr. Z.*, **59**, 161-175

Neumann, F. (1976): Struktur, Genese und Ökologie hydromorpher Bodengesellschaften West-Berlins, Diss., FB Landschaftsentwicklung, TU Berlin

Piotrowski, J. (1991): Quartär- und hydrogeologische Untersuchungen im Bereich der Bornhöveder Seenkette, Schleswig-Holstein, Diss., Geologisch Paläontologisches Institut, CAU Kiel

Schaller, J. (1989): Geographische Informationssysteme für die Ökosystemforschung und Umweltbeobachtung, *Geo-Informationssysteme*, **2**, 7-12

Schernewski, G. (1991): Raum-zeitliche Prozesse und Strukturen im Wasserkörper des Belauer Sees, *EcoSys Suppl. Bd 1*, 160 S.

Schleuß, U. (1992): Böden und Bodenschichten einer Norddeutschen Moränenlandschaft – Ökologische Eigenschaften, Vergesellschaftung und Funktionen der Böden im Bereich der Bornhöveder Seenkette, *EcoSys Suppl. Bd. 2*, 185 S.

Schleuß, U., Beyer, L. & J. Krinitz (1992): Aufbau, Genese und ökologische Eigenschaften von Böden unter Wallhecken, Vortragsmanuskript, GfÖ, Jahrestagung, Zürich

Schlichting, E. (1970): Bodensystematik und Bodensoziologie, *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenk.*, **127**, Weinheim, 1-9

Schlichting, E. (1974): Aufbau und Gliederung von Bodenlandschaften, *Transactions 10<sup>th</sup> Intern. Congress of Soil Science, Vol. VI(II)*, Moskau, 561-568

Schlichting, E. (1985): Funktion und Gefährdung von Böden in verschiedenen Ökosystemen, *SchR Deutscher Rat für Landespflege*, **51**, 26-34

Schlichting, E. (1986): Einführung in die Bodenkunde, *Pareys Studentexte*, **58**, P. Parey Verlag, Hamburg & Berlin, 2. Auflage, 131 S.

Schmidt, R. (1978): Geoökologische und bodengeographische Einheiten der chorischen Dimension und ihre Bedeutung für die Charakterisierung der Agrarstandorte der DDR, *Beiträge zur Geographie*, **29**, Berlin, 81-156

Schroeder, D. (1983): *Bodenkunde in Stichworten*, Hirt-Verlag, Kiel

Simonson, R.W. & D.R. Gardner (1960): Concept and functions of the pedon, *Transactions 7th Intern. Congress of Soil Science, Madison*, 127-131

Stanshus-Attmannspacher, H. (1969): Die Entwicklung von Seeterrassen in Schleswig-Holstein, *Schr. d. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein*, **39**, 13-28, Kiel

Ulrich, B. (1988): Ökochemische Kennwerte des Bodens, *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, **151**, 171-176

Veiga-Reinhardt, A., Schleuß, U. & H.-P. Blume (1989): Typische Böden im Bereich der Bornhöveder Seenkette, 1. Mitteilung: Waldböden, *Interne Mitteilungen, Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette*, **4**, Kiel, 19-32

Anschrift des Verfassers:

Projektzentrum Ökosystemforschung,  
Universität Kiel,  
Schauenburger Str. 112, 24118 Kiel

#### Legende zur Bodenformenkarte

Einheit	Bodenform
1	<i>Typische Braunerde</i> aus Schmelzwassersand (Bn gf)
2	<i>Typische Braunerde</i> aus Geschiebesand (Bn Sg/gf)
3	<i>Rostbraunerde</i> aus Schmelzwassersand (Br gf)
4	<i>Rostbraunerde</i> aus Geschiebesand (Br Sg/gf)
5	<i>Typische Braunerde mit Tonbändern</i> aus Schmelzwassersand (IBn gf)
6	<i>Typische Braunerde mit Tonbändern</i> aus Geschiebesand (IBn Sg/gf)
7	<i>Rostbraunerde mit Tonbändern</i> aus Schmelzwassersand (IBr gf)
8	<i>Rostbraunerde mit Tonbändern</i> aus Geschiebesand (IBr Sg/gf)
9	<i>Parabraunerde-Braunerde</i> aus Schmelzwassersand (LB gf)
10	<i>Parabraunerde-Braunerde</i> aus Geschiebesand (LB Sg/gf)
11	<i>Podsol-Braunerde</i> aus Schmelzwassersand (PB gf)
12	<i>Gley-Braunerde</i> aus Schmelzwassersand (GB gf)
13	<i>Kolluvisol-Braunerde</i> aus Kolluvium über Schmelzwassersand (KBn K/gf)
14	<i>Kolluvisol-Braunerde</i> aus Kolluvium über Geschiebesand (KBn K/Sg/gf)
15	<i>Kolluvisol-Rostbraunerde</i> aus Kolluvium über Schmelzwassersand (KBr K/gf)
16	<i>Typische Parabraunerde</i> aus Geschiebesand über Schmelzwassersand (Ln Sg/gf)
17	<i>Typische Parabraunerde</i> aus Geschiebemergel über Schmelzwassersand (Ln Mg/gf)

- 18 *Kolluvisol-Parabraunerde* aus Kolluvium über Geschiebemergel (KL K/Mg)  
 19 *Gley-Parabraunerde* aus Geschiebemergel über Schmelzwassersand (GL Mg/gf)  
 20 *Typischer Kolluvisol* aus sandigem Kolluvium (Kn K/gf)  
 21 *Braunerde-Kolluvisol* aus sandigem Kolluvium über Schmelzwassersand (BnK K/gf)  
 22 *Rostbraunerde-Kolluvisol* aus sandigem Kolluvium über Schmelzwassersand (BrK K/gf)  
 23 *Gley-Kolluvisol* aus sandigem Kolluvium über Schmelzwassersand (GK K/gf)  
 24 *Depo-Humusregosol* aus natürlichem, sandigem Auftrag (DQh jY/gf)  
 25 *Depo-Gley-Regosol* aus natürlichem, sandigem Auftrag (DGQ jY/gf)  
 26 *Typischer Gley* aus Schmelzwassersand (Gn gf)  
 27 *Typischer Gley* aus Geschiebemergel über Schmelzwassersand (Gn Mg/gf)  
 28 *Parabraunerde-Gley* aus Geschiebemergel über Schmelzwassersand (LG Mg/gf)  
 29 *Kolluvisol-Gley* aus Kolluvium über Schmelzwassersand (KG K/gf)  
 30 *Naßgley* aus Schmelzwassersand (GN gf)  
 31 *Anmoorgley* aus Schmelzwassersand (GA gf)  
 32 *Moorgley* aus Niedermoortorf über Schmelzwassersand (GH Hnl/gf)  
 33 *Protopedon* aus fluviatilem Sand (JP f)  
 34 *Gyttja* aus limnischen Sedimenten (JG l)  
 35 *Gyttja* aus limnischen Sedimenten über Niedermoortorf (JG l/Hnl)  
 36 *Ganzjährig Wasserbedecktes Niedermoor* aus Erlenbruchwald- bzw. Schilftorf (HNs Hnlp)  
 37 *Ganzjährig Wasserbedecktes Übergangsmoor* aus Braunmoostorfen (HUs Tm)  
 38 *Typisches Niedermoor* aus Erlenbruchwaldtorf (HN Hnie)  
 39 *Sanddurchsetztes Niedermoor* aus Erlenbruchwaldtorf (HNsa Hnie)  
 40 *Niedermoor mit geringmächtiger mineralischer Deckschicht* aus Niedermoortorf (HNm Hnl)  
 41 *Kolluvisol-Gley-Niedermoor* aus Kolluvium über Niedermoortorf (KGHN K/Hnl)  
 42 *Typisches Übergangsmoor* aus Braunmoostorfen (HU Tm)

A= sehr basenarm, B= basenarm, C= mittel-basisch, D= basenreich, E= sehr basenreich