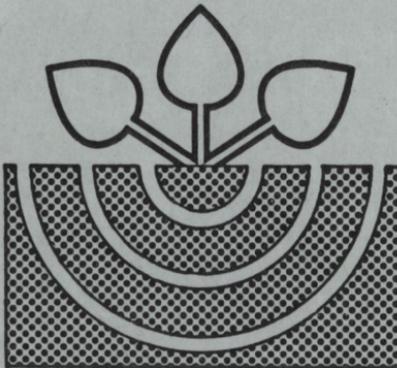


Z81/70

MITTEILUNGEN

der

**DEUTSCHEN BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT
EXKURSIONSFÜHRER
JAHRESTAGUNG 1993 KIEL**



Band 70

1993

ISSN - 0343-107X

Schriftleitung: P. Hugenroth, Oldenburg

Unredigierte Mitgliederinformationsschrift

**– Beiträge in ausschließlich wissenschaftlicher Verantwortung
der jeweiligen Autoren –**

Mitteilungen
der
Deutschen
Bodenkundlichen
Gesellschaft

Exkursionsführer
zur
Jahrestagung
in
Kiel

Band 70
1993

Redaktion und Layout:
H.-P. Blume und U. Pfisterer

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Inhaltsübersicht

Landschaften Schleswig-Holsteins

	Seite
1. Geomorphogenese und Substratverteilung (O. Fränzle)	9
2. Klima (O. Fränzle)	17
3. Böden und Bodengesellschaften (H.-P. Blume und H. Finnern)	21
4. Vegetations- und Standortverhältnisse (O. Fränzle)	27
5. Landnutzung (H.-P. Blume)	33
6. Bodenbelastung (R. Horn)	37

Ganztagesexkursionen

A Landschaften und Böden Ostholsteins (C.-G. Schimming und H.-P. Blume)	47
B Teil 1: Böden der Geest Mittelholsteins (J. Lamp und K. Siem)	79
Teil 2: Böden im Bereich des Segeberger Forstes (L. Beyer, C.-G. Schimming, U. Irmier, M. Peters und H.-P. Blume)	99
C Landschaften und Böden des Landesteils Schlesiws (O. Fränzle)	115
D Landschaften und Böden Nordfrieslands (D. Elwert und D. Finnern)	127
E Landschaften und Böden Norderdithmarschens (R. Horn, K. Mueller, D. Meier und H.-P. Blume)	151
F Böden des Lübecker Beckens und der Hansestadt Lübecks (H.-P. Blume, W. Aey, J. Fortmann und O. Fränzle)	181

Halbtagesexkursionen

G Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette (U. Schleuß, C.-G. Schimming, L. Beyer, H.-P. Blume, U. Irmier, J. A. Piotrowski, J. Schrautzer, C. Wachendorf)	207
H Bodengesellschaft der Probstei/Ostholstein (R. Lichtfuss)	233
I Böden technogener und nichttechnogener umgelagerter Substrate Kiels (E. Cordsen)	257
K Bodenentwicklung und ökologische Eigenschaften typischer Böden der Jungmoränenlandschaft, Bodenkundliche Untersuchungen im Rahmen des SFB 192 (R. Horn, Th. Baumgartl, H. Roweck und C. Köppernann)	275

Anhang	287
---------------	------------

1. Profilbeschreibungen
2. Labormethoden

Vorwort

Eintägige Exkursionen sollen Eindrücke von den Landschaften Schleswig-Holsteins und ihren Böden vermitteln sowie Nutzungsprobleme zur Diskussion stellen.

Spezialthemen wie Struktur und Dynamik von Ökosystemen (Exk. G), Stoffbilanzen einer Landschaft (Exk. H), Böden anthropogener Substrate (Exk. I) sowie Nutzungseinflüsse auf Bodeneigenschaften und Ertragsfähigkeit (Exk. K) werden auf halbtägigen Exkursionen vermittelt.

Die Exkursionen werden seitens des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde, des Geographischen Instituts, des Projektzentrums Ökosystemforschung Bornhöveder Seen und des Forschungs- und Technologiezentrums Westküste der Kieler Universität und des Geologischen Landesamtes gemeinsam geplant und vorbereitet.

Allen Land- und Forstwirten, Grundstückseigentümern, Naturschutzämtern und Stadtverwaltungen, die uns Genehmigungen zum Betreten der Flächen und das Ausheben der Profilgruben gegeben haben, gilt unser Dank, desgleichen unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, für die Durchführung der Analysen, das Öffnen der Profile, das Schreiben der Texte und das Zeichnen von Abbildungen.

Kiel, im März 1993 H.-P. Blume

—

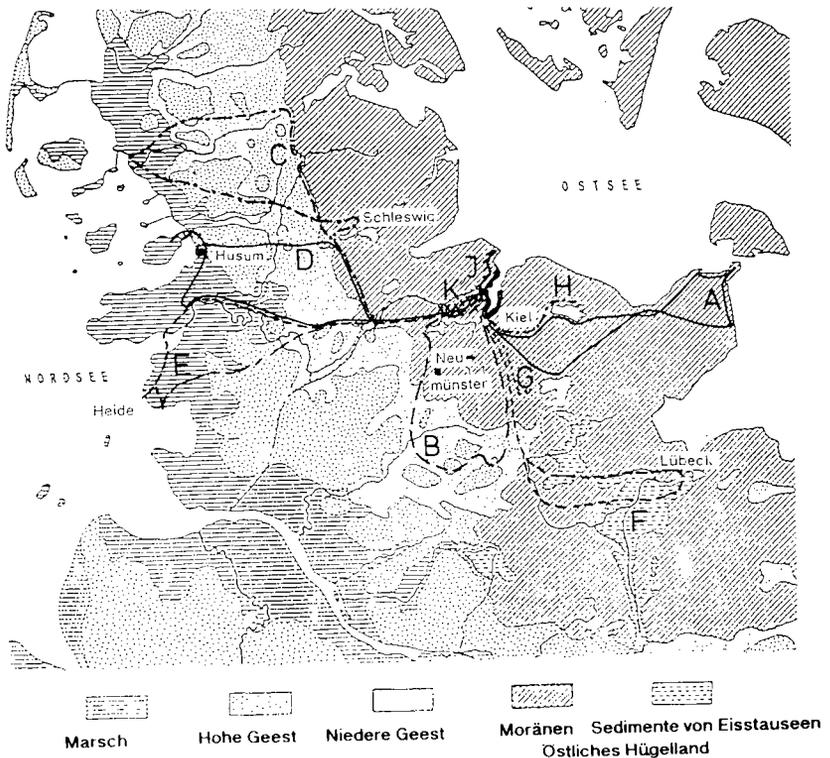
△

△



Schleswig-Holstein - eine landeskundliche Einführung in die Exkursionsgebiete

Schleswig-Holstein weist eine Gesamtfläche von 15 731 km² auf und gliedert sich in drei ungefähr N-S verlaufende Landschaftszonen (vgl. Abbildung): (1) das seenreiche östliche Hügelland, das 39% der Landesfläche einnimmt und geprägt ist durch weichseleiszeitliche Moränen, die im Bungsberg mit 164 m ihre größte Höhe erreichen, (2) die aus nach Westen abdachenden letzteiszeitlichen Sandern aufgebaute Niedere oder Vorgeest und die höher aufragenden, periglazial überformten saaleeiszeitlichen Moränen und Sander der Hohen Geest (45%) sowie (3) den z.T. unter dem Meeresspiegel liegenden ebenen Bereich der Marschen (16%), an die sich das Wattenmeer mit den Geestinseln und Halligen anschließt. Etwa 70% der Fläche bzw. rund 11 000 km² werden landwirtschaftlich genutzt (39% Acker, 20% Weiden, 10% Wiesen, 1% Baumschulen und Gärtnereien). Forsten nehmen nur 1370 km² (9%) der Fläche ein, Flüsse und Seen 293 km² (1,9%), Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen 1941 km² (12,5%). Im Vergleich zu den anderen Bundesländern - mit Ausnahme Mecklenburg-Vorpommerns - hat Schleswig-Holstein mit 2,661 Mio Einwohnern (Stand 30.6.1992) eine sehr geringe Bevölkerungsdichte von 169 Einwohnern pro km².



Landschaften in Schleswig-Holstein und Exkursionsrouten



1. Geomorphogenese und Substratverteilung

Otto Fränze

Geographisches Institut der CAU

1.1 Die Reliefentwicklung im Mittel- und Jungquartär

Eindeutig elstereiszeitliche Ablagerungen fehlen nach Ausweis der bisherigen Untersuchungen an der heutigen Landoberfläche, und auch der Nachweis ihrer wenigstens indirekten geomorphogenetischen Bedeutung steht noch aus. Moränen dieser Vereisung sind jedoch sowohl vom Basalteil des roten Kliffs auf Sylt wie auch aus dem Hamburger Elbtunnel bekannt und genauer untersucht sowie in den Rinnen erbohrt worden, die auch für den tieferen quartären Untergrund Schleswig-Holsteins große Bedeutung haben (HINSCH 1979). Moränen und Sander der Saalevereisung bestimmen dagegen in weiten Bereichen die Landformen, deren Gliederung ein Hauptanliegen der geologischen und geomorphologischen Untersuchungen der letzten Jahre war (vgl. EHLERS et al. 1984, FRÄNZLE 1985, GRIPP 1958, 1964, RIEDEL & MÜLLER 1985).

Aufgrund jüngerer Untersuchungen, die paläopedologisch (FELIX-HENNINGSEN 1979, STREMMER & MENKE 1980) sowie geschiebekundlich (EHLERS et al. 1984) unterbaut sind, ergibt sich die in Abb. 1 dargestellte Auffassung. Die der traditionellen geschiebekundlichen Lithostratigraphie zugrundeliegende Annahme, daß einem jeden Eisvorstoß auch eine definierte Geschiebeassoziation entspreche, ist durch neuere Untersuchungen wesentlich modifiziert worden. Es zeigte sich, daß – bedingt durch die glazial-dynamischen Konsequenzen der Verschiebung der skandinavischen Eisscheide im Verlauf einer Vergletscherung sowie Umlagerungen – beispielsweise Baltische Geschiebe tatsächlich in den Hangendpartien aller Moränen vorkommen. Abgesehen von diesen primären und regional sehr beträchtlichen Unterschieden in der Zusammensetzung von Grund- und Endmoränen sind bei lithostratigraphischen Gliederungsversuchen postsedimentäre Veränderungen durch periglaziäre Abtragung und Umlagerung sowie Verwitterungsprozesse zu berücksichtigen. Dies macht Unterschiede in der stratigraphischen Einordnung und Konnektierung der norddeutschen und dänischen Moränenkomplexe verständlich. Vor allem anhand paläopedologischer Befunde, die beispielsweise für Sylt und Böxlund von FELIX-HENNINGSEN (1979) und STREMMER et al. (1982), für den Bereich um Schobüll und Langberg von FRÄNZLE (1985) erbracht wurden, kann Altsaale (Saale I) mit dem Drenthe-Stadium, Mittel- und Jungsaale (= Saale II und Saale III) mit dem Warthestadium s. cl. parallelisiert werden.

Die Prägekraft der warthestadialen Eisvorstöße war im allgemeinen gering; denn ihre westliche Begrenzung zeigt, daß die Konfiguration des Gletscherrandes wesentlich durch die älteren saaleglazialen Ablagerungen bestimmt wurde. Beträchtlich sind die Höhen nur in der hohen Geest im N und W des Landes, wo bei Medelby 52 m, in der Rantzauhöhe bei Leck 45 m, im Stolberg bei Bredstedt 44 m und im Aukrug 79 m Höhe erreicht werden.

1.2 Eem-interglaziale und weichseleiszeitliche Geomorphogenese

Die Reliefierung der eemzeitlichen Landoberfläche war durch das Tieftauen des Permafrostes und Toteises bestimmt, das fast bis in die zum beginnenden Klimaoptimum gehörende EMW-Haselzeit andauerte (STREMMER & MENKE 1980). Die entstehenden Hohlformen wurden zunächst mit Kalkmudden, später durch limnisch-telmatische Ablagerungen verfüllt.

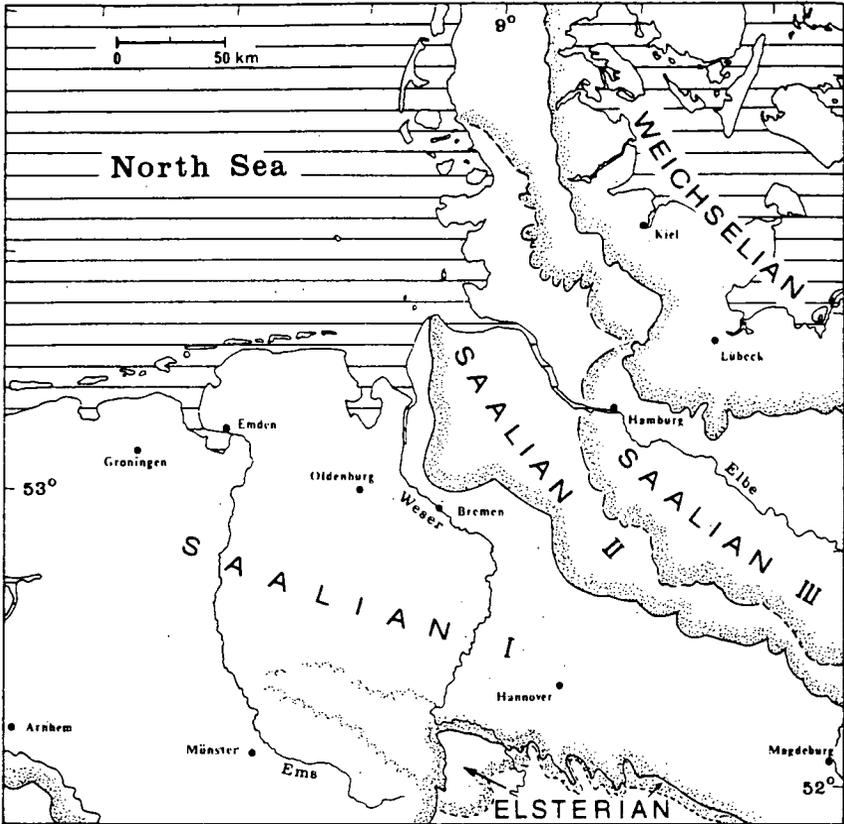


Abb. 1: Die Ausdehnung des saale- und weichselzeitlichen Inlandeises in Norddeutschland
(Quelle: nach EHLERS 1983, verändert)

Soweit heute noch rekonstruierbar, betrug ihr Flächenanteil in einem Untersuchungsgebiet in Westholstein wenigstens 10 % der Landoberfläche (MENKE 1982). FELIX-HENNINGSSEN (in STREMMER et al. 1982) konnte auf Grundmoränen eine der Klimaentwicklung entsprechende polygenetische Bodenentwicklung feststellen, die sich über eine während des Klimaoptimums entwickelte Parabraunerde bei zunehmender Humidität und abnehmender Temperatur zu einem Pseudogley-Podsol weiter entwickelte, der häufig durch einen ausgeprägt rostroten B_s-Horizont ausgezeichnet ist. Die Tiefe der Entkalkung ehemals kalkreicher Saale II-Moränen beträgt bis zu 4 m (STREMMER & MENKE 1980).

Das Weichselfrühglazial ist durch einen mehrfachen Wechsel von borealer Bewaldung und subarktischen Zwergstrauchheiden gekennzeichnet. Die Aufflichtung der Vegetation, größere Frosthäufigkeit und möglicherweise eine Zunahme der Feuchtigkeit durch stärkere Niederschläge, herabgesetzte Verdunstung und verringerte Interzeption bewirkten gegenüber dem vorhergegangenen Interglazial eine grundlegende Veränderung des Wasserhaushaltes. Unter zunehmendem Einfluß des subarktischen Klimas nahm die Infiltrationskapazität des Bodens zumindest während der kälteren Jahreszeiten ab, so daß es – verstärkt während der Schneeschmelzen – saisonal zu oberflächlichem Abfluß und damit zur Ausbildung ausgedehnter periglaziärer Spülflächensysteme (FRÄNZLE 1985) sowie zur Einebnung eemzeitlicher Hohlformen (MENKE 1982) kam.

Im Zuge der weiteren Temperaturabnahme konnte sich dann Permafrost entwickeln, durch den in zunehmendem Maße die Oberflächengestaltung beeinflußt wurde; das eemzeitlich insgesamt nur wenig überprägte saalezeitliche Relief der Moränengebiete wandelte sich in ein periglaziäres Altmoränenrelief. Charakteristisch sind die im Vergleich zu den östlich angrenzenden weichselzeitlichen End- und Grundmoränengebieten sehr geringen Hangneigungen, die in der Regel unter 5° liegen. Sie sind das Resultat der Denudation der Moränen und der korrelaten Sedimentation durch Solifluktion, vor allem aber durch langandauernde Abspülung. Ebenfalls unter deren Einfluß entwickelten sich die Muldentalsysteme der hohen Geestflächen, bei denen die Akkumulation überwog, wie der stufenlose Übergang zu den heute unterschiedlich stark vermoorteten Talböden zeigt. Erst in tiefergelegenen, heute von mächtigen Holozänschichten überlagerten Gebieten ist mit stärker periglaziär-fluvialer Erosion zu rechnen.

Mit dem Vorrücken des Inlandeises im Weichselmittelglazial, das mit dem Keller-Interstadial endete, änderten sich die Formungsbedingungen erneut. Unter den extrem trockenkalten Klimabedingungen des Hochglazials entwickelte sich eine vegetationslose Frostschuttundra. Es kam zur Ausbildung von Rieseneiskeilnetzen, die zusammen mit den regelmäßig in Aufschlüssen anzutreffenden Kryoturbationen sichere Zeugen eines tiefgründigen Permafrostes sind. Seine Ausbildung setzte eine um mindestens 12°C geringere Jahresmitteltemperatur und eine Absenkung des Januarmittels um (wenigstens) 20°C (FRÄNZLE 1985) voraus. Die nahezu vegetationslose, ausgetrocknete Oberfläche wurde einer starken äolischen Überprägung ausgesetzt. Ihr sind die vor allem auf den Höhen zu findenden Windkanter zuzuschreiben, deren Schliff durch Sand und stark abgekühlte Eispartikel entstand. Die kryoturbate Durchmischung des deckenförmig abgelagerten feinkörnigen Deflationsmaterials mit anstehendem Moränen- und Sandermaterial führte zur Entstehung des weit verbreiteten und bis zu 1,7 m mächtigen Geschiebedecksandes.

Seit dem Weichselhochglazial geriet der Ostteil Schleswig-Holsteins unter den Einfluß des Inlandeises (vgl. Abb.1). Wann die äußere Haupteisrandlage entstand, ist im einzelnen schwer festzulegen. Sicher ist jedoch, daß sich von etwa Neumünster bis nach Jütland hinein Staffeln des Brandenburger, Frankfurter und Pommerschen Stadiums auf engem Raum scharen. Ihre genauere Analyse läßt eine Untergliederung in (zusammen) fünf Randlagen zu, die zwischen 20.000 und 14.000 v.h. entstanden sind (FRÄNZLE 1981, GARNIEL 1988, PIOTROWSKI 1991, STEPHAN & MENKE 1977). In diesen – zum größten Teil aus gestauchten weichselzeitlichen Schmelzwasserablagerungen aufgebauten – Jungmoränen erreicht das Östliche Hügelland seine größten Höhen (Scheelsberg 106 m, Bungsborg 164 m). Im Bereich der Lübecker Bucht liegen die weichselpleniglazialen Randlagen dann weiter auseinander, so daß sich zwischen den Moränensystemen des Frankfurter und Pommerschen Stadiums der Lübecker Eisstausee entwickeln konnte, dessen gebänderte Schluffe und Tone

für die Pedogenese von spezifischer Bedeutung sind (vgl. Exkursion F).

Westlich der Randlagen wurden durch Schmelzwässer Sander aufgeschüttet. Unterbrochen durch inselartig aufragende Altmoränen entstand so die im E etwas stärker, nach W hin zunehmend flacher einfallende Sanderfläche, die für die Niedere Geest typisch ist. Zunehmende Aufschotterung und seitliches Unterschneiden der Altmoränen führten dazu, daß auch einige höhergelegene Rinnen im Bereich der Bredstedter Geest in das Sandernetz einbezogen und vor allem die Täler der Treene, Arlau und Ostenu zu bedeutenden Schlauchsandern wurden.

Im Vorfeld der morphographisch deutlich ausgeprägten – und deshalb von GRIPP (1925, 1964) im Gegensatz zu EGGERS (1934) als Außenrand der Weichelvereisung angesehenen – Wallmoränen erstreckt sich der einige Kilometer breite Bereich des Maximalvorstoßes. Er ist durch einen kleinräumigen Wechsel zwischen verschiedenen Tillfazies und glazifluvialen Ablagerungen sehr unterschiedlicher Körnung gekennzeichnet; entsprechend vielgestaltig sind die Bodenbildungen (vgl. Profil Schuby, Exkursion C). In Schleswig-Holstein gehört die Maximalausdehnung des Eises stratigraphisch in den meisten Fällen zum zweiten weichseleiszeitlichen Vorstoß (FRÄNZLE 1981, 1985), im Bereich von Schuby möglicherweise zum ersten (WÜNNEMANN 1989).

1.3 Spätglaziale und holozäne äolische Formung

Nach dem Trockenfallen unterlagen die Sanderflächen im Weichselspätglazial einer bis ins frühe Holozän andauernden äolischen Überprägung, die in geringerem Ausmaß auch die Altmoränen erfaßte. Im Gegensatz zu den weichselhochglazialen kryoturbat verwürgten Decksanden handelt es sich bei diesen äolischen Formen um räumlich eng begrenzte Erscheinungen, deren Bindung an spätglaziale Rinnen offensichtlich ist. In Schleswig-Holstein ist daher eine Zunahme äolischer Voll- und Hohlformen von S nach N zu beobachten, deren Ursachen zum einen in der Abnahme der Reliefenergie nach N hin, zum anderen in der weiten Verbreitung feinkörnigerer Sande im N zu suchen sind. Das größte Flugsand- und Dünengebiet Schleswig-Holsteins findet sich zwischen den Altmoränen der Lecker und der Bredstedter Geest (Soholmer Au). Trotz starker neuzeitlicher Überprägung sind auch heute noch zahlreiche Dünen erkennbar, die teils als Einzelformen, teils als Düenschwärme auftreten. Häufig handelt es sich um mehrere 100 m lange, bis zu 100 m breite und maximal 5 m hohe, nach Westen geöffnete Parabel- oder Bogendünen. Die relativ geringen Höhen und die unterschiedlich stark geböschten West- und Osthänge der Dünen lassen sie als "Altdünen" erscheinen, deren Entstehung an niedrige spätglaziale Zwergstrauchformationen und vegetationsarme Auswehungsgebiete gebunden ist. In historischer Zeit kam es zunächst durch die mit starkem Holzeinschlag verbundene römisch-kaiserzeitliche Verhütung von Raseneisenerzen, dann in der Neuzeit durch die stark ausgeweitete waldzerstörende Landwirtschaft zur erneuten und raumzeitlich stark wechselnden Flugsand- und Dünenbildung (JATHO 1969; vgl. Exkursion C).

Wurden die pleistozänen Dünen durch Westwinde aufgeweht, so sind es heute vor allem beständig wehende trockene und kalte Ostwinde, die von März bis Mai bei der jahreszeitlich bedingten Vegetationslosigkeit bzw. lückiger Begrünung der Ackerflächen zu Sandflügen führen. Wie die Untersuchungen von HASSENPFUG (1971) zeigen, entstehen jedoch trotz regelmäßiger Verwehung keine Dauerformen. Dennoch sind Deflationsbeträge von bis zu 8 mm und eine Akkumulation von 3 dm im Lee einer Windschutzhecke während einer

Verwehung bei Nordhackstedt beobachtet worden.

Obwohl es immer wieder zu Sandflug kommen kann, sind durch die Aufforstung von Heideland, neuerdings auch von Grenzertragsböden, die Umpflanzung von Gebäuden, die Anpflanzung von Windschutzhecken, aber auch durch die agrarstrukturell bedingte Zunahme von Dauergrünland auf der "Niederer Geest" mittlerweile wirksame Gegenmaßnahmen ergriffen worden.

1.4 Anthropogen beeinflusste Marschbildung

Während der ersten vier nachchristlichen Jahrhunderte konzentrierte sich die Besiedlung Eiderstedts auf die Nehrungen und die stark aufgelandeten Flußmarschen des Eidermündungsgebietes sowie auf hochgelegene Marschgebiete Dithmarschens (MEIER 1992). Seit dem 11. und 12. Jahrhundert wurden vor allem im nördlichen Eiderstedt weitere Marschgebiete erschlossen. Hier ließen sich die ersten Siedlergruppen überwiegend in der Nähe von Prielen nieder und errichteten sofort aus Klei bis zu NN+3m hohe Warften. Im Unterschied zu den langsam hochgesiedelten und mit Mist aufgehöhten Warften der römischen Kaiserzeit und der Wikingerzeit war nun die schnelle Erhöhung der Siedlungsplätze notwendig geworden, weil die Marschen viel häufiger als zu Beginn der Besiedlung im ersten Jahrtausend überschwemmt wurden. Als besonders schwere Sturmfluten sind die Julianflut vom 17.2.1164, die erste Marcellusflut vom 16.1.1219 und die Luciaflut vom 14.12.1287 überliefert.

Die unterschiedliche Form der Landnutzung in den Marschgebieten erwies sich in der Folgezeit als geomorphologisch höchst bedeutsam. Während die höher gelegenen Bereiche im W hauptsächlich agrarisch genutzt wurden, gewann man in den tiefgründig vermoorten, nicht oder nur wenig von der Kleisedimentation betroffenen Gebieten Brenn- und Salztorf. Durch die damit verbundene Trockenlegung kam es zur Herausbildung eines spezifischen Mikroreliefs, das auf unterschiedlich starke, substratabhängige Sackung der Torfe und klastischen Sedimente zurückgeht. Insgesamt resultierte aus der Urbarmachung eine Tieferlegung der Oberfläche auf ein Niveau, das unter dem damaligen MThw lag. Nach Deichbrüchen, wie sie sich im späten Mittelalter als Folge katastrophaler Sturmfluten, vor allem der zweiten Marcellusflut im Jahre 1362, immer häufiger ereigneten, konnte das Land also nicht mehr trockenfallen, so daß es innerhalb kürzester Zeit in Wattflächen umgewandelt wurde.

Die Verbreitung des "jungen Kleis" über den mittelalterlichen Kulturschichten in den heutigen Festlandsmarschen deutet an, daß als Folge dieser Flutereignisse das Meer seine Maximalausdehnung erreichte. Die Mächtigkeit der Kleidecke beträgt im Soholmer/Lecker Au-Gebiet ca. 1 m, in der Arlau-Bucht von W nach E abnehmend im Durchschnitt 0,6 m. Die Aufschlickung bewirkte, daß zumindest die geestrandnahen Vorländer später wieder besiedelt werden konnten (zur Eindeichung und Besiedlungsgeschichte vgl. BEHRE 1985, FRÄNZLE 1985, MEIER 1992 und PRANGE 1967, 1982).

Literatur:

BEHRE, K.-E. (1985): Die ursprüngliche Vegetation in den deutschen Marschgebieten und deren Veränderung durch prähistorische Besiedlung und Meeresspiegelbewegungen. Verh.

Ges. f. Ökol. 13: 85–96. Bremen

EGGERS, W. (1934): Die Oberflächenformen der jungeszeitlichen Landschaft im südlichen Schleswig und nördlichen Holstein. Veröff. d. Schlesw-Holst. Universitäts-gesellsch. 42: 1–120. Breslau

EHLERS, J., MEYER, K.-D., STEPHAN, H.-J. (1984): Preweichselian glaciations of North-West Europe. Quatern. Sci. Rev. 3: 1–40. Oxford New York

FELIX-HENNINGSSEN, P. (1979): Genese und Stratigraphie mächtiger Paläoböden in der Drenthe-Moräne des Roten Kliffs von Sylt. Z. Geomorph. NF 33: 223–232. Berlin Stuttgart

FRÄNZLE, O. (1981): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1: 25 000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 25 Blatt 8, 1826 Bordsesholm. Berlin

FRÄNZLE, O. (1985): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1: 100 000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 100 Blatt 7, C 1518 Husum. Berlin

GARNIEL, A. (1988): Geomorphologische Detailaufnahme des Blattes L 1926 Bordsesholm. Hausarbeit z. wiss. Prüfung für das Lehramt an Gymnasien. Kiel

GRIPP, K. (1925): Über die äußerste Grenze der letzten Vereisung in Nordwest-Deutschland. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 36: 159–245. Hamburg

GRIPP, K. (1958): Der Verlauf risszeitlicher Endmoränen in Schleswig. Meyniana 7: 1–4. Kiel

GRIPP, K. (1964): Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. Neumünster

HASSENPFUG, W. (1971): Studien zur rezenten Hangüberformung in der Knicklandschaft Schleswig-Holsteins. Forsch. Dt. Landeskd. 198: 1–161. Bonn-Bad Godesberg

HASSENPFUG, W. (1972): Formen und Wirkungen der Bodenverwehungen im Luftbild. Landeskundl Luftbildauswertung im mitteleurop Raum 11: 43–82. Bonn-Bad Godesberg

HINSCH, W. (1979): Rinnen an der Basis des glaziären Pleistozäns in Schleswig-Holstein. Eiszeitalter u. Gegenwart 29: 173–178. Hannover

JATHO, G. (1969): Flugsandbildung im Bereich der Scholmer Au. Dissertation Univ. Kiel

MEIER, D. (1992): Archäologie in den Nordseemarschen. In: Müller-Wille, M. & Hoffmann, D. (Hrsg): Der Vergangenheit auf der Spur, pp 63–82. Neumünster

MENKE, B. (1982): Mittel- und Jungpleistozän in Westholstein am Beispiel des Blattes 1922 Schenefeld. Die Heimat 89: 419–429. Neumünster

PIOTROWSKI, J. A. (1991): Quartär- und hydrogeologische Untersuchungen im Bereich der Bornhöveder Seenkette, Schleswig-Holstein. Berichte – Reports, Geol.-Paläont. Inst. Univ. Kiel, Nr 43. Kiel

PRANGE, W. (1967): Über die Beziehungen zwischen Schichtfolge und Meeresspiegelanstieg im Holozän der Nordseemarschen. Geol. Rdsch. 56: 709-726. Stuttgart

PRANGE, W. (1982): Eine Berechnung der mittelalterlichen Salzproduktion in Nordfriesland. Die Heimat 89: 296-302. Neumünster

RIEDEL, W., MÜLLER, C. (1985): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1: 25 000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 25 Blatt 24, 1319 Bredstedt. Berlin

STEPHAN, H.-J., MENKE, B. (1977): Untersuchungen über den Verlauf der Weichsel-Kaltzeit in Schleswig-Holstein. Z. Geomorph. NF, Suppl.-Bd. 27: 12-28. Stuttgart

STREMME, H. E., MENKE, B. (1980): Quartär-Exkursionen in Schleswig-Holstein. Kiel

STREMME, H. J., FELIX-HENNINGSSEN, P., WEINHÖLDT, H., CHRISTENSEN, S. (1982): Paläoböden in Schleswig-Holstein. Geol. Jb. 14: 311-361. Hannover

WÜNNEMANN, B. (1989): Die weichseleiszeitliche Entwicklung der Langseerinne (Angeln, Schleswig-Holstein) und ihr westliches Vorland. Diss. FU Berlin



2. Klima

Otto Fränzle Geographisches Institut der CAU

Das Makroklima Schleswig-Holsteins wird in erster Linie durch die Lage auf der Zugbahn der Zyklonen der gemäßigten Breiten geprägt; dementsprechend ist der Witterungsverlauf über das ganze Jahr recht wechselhaft. Stabile Hochdruck-Wetterlagen mit weitflächigen Absinkinversionen oder "sibirischer" Kälte im Winter sowie durch Ausweitung des Azorenhochs bedingt persistente antizyklonale Wetterlagen im Sommer spielen daher im langjährigen Mittel nur eine untergeordnete Rolle.

SW-Winde herrschen im Winterhalbjahr vor, die N- bis NW-Richtung dominiert im Sommer. Die Sturmhäufigkeit ist im Winterhalbjahr am höchsten und nimmt im langjährigen Mittel bereits in der zweiten Augushälfte merklich zu. Daraus resultiert insgesamt ein thermisch wie hygrisch recht ozeanisches Klima, dessen regionale Differenzierung gleichwohl deutlich ausgeprägt ist.

Der Jahresmittelwert der Niederschläge betrug in der Normalperiode 1961-1990 779 mm. Im einzelnen spiegelt die regionale Verteilung der Niederschläge die orographischen Verhältnisse des Landes wider; d. h. die höchsten Werte mit 850 mm/a sind im süd-westlichen Altmoränengebiet zu verzeichnen, während die Niederschlagsminima mit 650-550 mm/a in den Marschen und im östlichen Holstein im Lee der Jungmoränen anzutreffen sind. Die Niederschlagshäufigkeit ist im Winter am höchsten, die Niederschlagshöhe erreicht im Juli und August im Landesdurchschnitt ein sekundäres Maximum, wie Tabelle 1 zeigt.

Tabelle 1: Mittlere Monatsniederschläge in Schleswig-Holstein in mm (Normalperiode 1961-1990; Quelle: Wetteramt Schleswig)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
64	41	51	49	52	67	78	72	75	74	84	72

Die Jahresmitteltemperatur beträgt für dieselbe Normalperiode 8.2°C. Entsprechend der von NW nach SE wachsenden thermischen Kontinentalität, beträgt das Januarmittel im lauenburgischen Landesteil 0°C im Gegensatz zu 0.5-1.0°C an der Nordseeküste. Die mittleren Tagesmaxima der Lufttemperatur erreichen auf Sylt knapp 20°C und steigen auf 22°C im Lauenburgischen. Dementsprechend schwankt die Zahl der frostfreien Tage in Schleswig-Holstein zwischen 290 Tagen an der Nordseeküste und 280 Tagen im Südosten des Landes.

Tabelle 2: Monatsmitteltemperaturen in Schleswig-Holstein in °C (Normalperiode 1961-1990; Quelle: Wetteramt Schleswig)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0.3	0.7	3.1	6.5	11.3	14.8	16.2	16.1	13.2	9.5	5.1	1.9

Ausgehend von digitalisierten kleinmaßstäbigen Karten der Bodenverteilung (HOLLSTEIN 1963), der mittleren Jahresniederschläge und -verdunstung sowie Landnutzung (KELLER

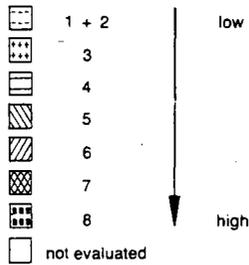
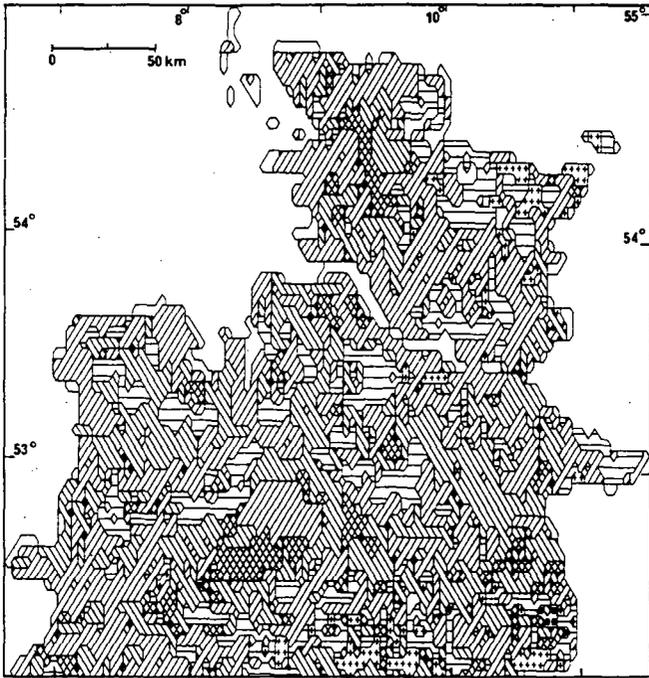


Abb. 1: Empfindlichkeit des ungespannten Grundwassers im Hinblick auf chemische Belastungen

1979) und der Erosionsgefährdung der Böden (RICHTER 1965) lassen sich näherungsweise Infiltrationsraten ableiten. Sie betragen auf sandigen Ackerböden im Nordwesten des Landes über 300 mm/a und sinken auf weniger als 50 mm/a auf lehmigen Waldböden im hygrisch wie thermisch wesentlich kontinentaler getönten Osten.

Verknüpft mit der nach dem Vorgang von BLUME & BRÜMMER (1987a,b) bestimmten Filter- und Pufferkapazitäten der Böden und Aerationen ergibt sich daraus mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (ARC/INFO; ESRI 1987) die regional stark differenzierte Belastungsempfindlichkeit des Grundwassers (FRÄNZLE 1989), die Abbildung 1 zeigt.

Literatur

BLUME, H.P., BRÜMMER, G. (1987a): Prognose des Verhaltens von Schwermetallen in Böden. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 53: 111-117.

BLUME, H.P., BRÜMMER, G. (1987b): Prognose des Verhaltens von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden mittels einfacher Feldmethoden. Landwirtsch. Forschung 40: 41-50.

ESRI (Environmental Systems Research Institute) (1987): ARC/INFO users guide 2. Redlands, CA.

FRÄNZLE, O. (1989): Landform development and soil structure of the Northern Federal Republic of Germany - their role in groundwater resources management. CATENA SUPPLEMENT 15: 95-106.

HOLLSTEIN, W. (1963): Bodenkarte der Bundesrepublik Deutschland 1: 1 000 000. Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover.

KELLER, R. (1979): Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. Boppard.

RICHTER, G. (1965): Bodenerosion. Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland. Forsch. Dt. Landesk. 152. Bundesanstalt f. Landeskunde u. Raumforschung. Bonn-Bad Godesberg.



3. Böden und Bodengesellschaften (H.-P. Blume * und H. Finnern*)

* Inst. f. Pflanzenernährung und Bodenkunde ** Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein

Die Böden Schleswig-Holsteins haben sich aus holozänen und pleistozänen Sedimenten entwickelt. Ihr Verbreitungsmuster ist Abb. 1 zu entnehmen (s. auch Schlichting 1960, Blume und Brümmel 1986).

3.1 Böden des Östlichen Hügellandes

Das Östliche Hügelland besteht vorrangig aus Sedimenten des Weichselglazials mit glazifluviatilen Ablagerungen, Beckenablagerungen und Geschiebemergel der Grundmoräne. Der unveränderte Geschiebemergel ist durch geringe Gehalte an Metallsulfiden schwarzgrau gefärbt. Sulfidoxidation ließ ihn 3 bis 6 m tief verbraunen. Die Prozesse der Entkalkung, Verbraunung, Verlehmung und Tonverlagerung ließen aus dem Geschiebemergel der flachwelligen Grundmoräne **Parabraunerden** mit einer Entkalkungstiefe von 0,8 bis 2 m entstehen. Die sandiglehmigen Eluvialhorizonte sind 40 bis 60 cm mächtig. Diese und die folgenden lehmigen Tonanreicherungshorizonte sind unter einer naturnahen Waldbestockung stark versauert (pH-Werte 3,5 bis 4,5). Die Tiefenlagen der Entkalkung und Tonverlagerung nehmen vom Westen nach Osten ab, da die Moränen im Westen um 5000 bis 7000 Jahre älter sind sowie primär sandiger und kalkärmer waren und weil die Niederschläge und damit auch die Sickerungsraten nach Osten abnehmen. Der (infolge starken Eisdrukks) dichte Geschiebemergel ebenso wie die Tonanreicherung bewirken Wasserstau, so daß viele Parabraunerden in ebener bis flacher Muldenlage pseudovergleyt sind. Insbesondere die küstennahen Parabraunerden und **Pseudogleye** Ost-Oldenburgs und Fehmarns sind teilweise tiefergründig humos und zeigen im Unterboden auch humusgeschwätzte Tonbeläge. Sie werden teils als erhaltene schwarzerdeartige Bildungen angesehen; die Umlagerung von Tonhumuskomplexen könnte aber auch durch eine meeresbürtige Na⁺-Belegung begünstigt worden sein.

Kuppige Endmoränen sind sandiger und weisen tiefgründig entkalkte **Braunerden** auf, ebenso wie die sandigen Kameszüge. Manche sind podsoliert, besonders unter Fichtenforsten, manche besitzen im zweiten Meter dünne Tonbänder als Ergebnis einer Tonverlagerung.

Die meist sandigen Senken werden von Grundwasserböden beherrscht. **Gleye**, **Anmoorgleye** und **Niedermoore** sind vertreten. Teilweise sind sie mit Wiesenkalk angereichert, vor allem im Oldenburger Graben. Weiter im (länger eisfreien) Westen sind auch Gley-Podssole vertreten und dann bisweilen mit Hochmooren vergesellschaftet (z.B. das Duvenseer Moor). Aus Beckenschluffen und -tonen früherer Eisstauseen entwickelten sich, wie z.B. im Lübecker Becken, verbreitet **Pseudogleye**, **Gley-Pseudogleye** und **Gleye**.

Die Mehrzahl der ackerbaulich genutzten lehmigen Parabraunerden und sandigen Braunerden sind mehr oder weniger stark erodiert. Viele Unterhänge und Senken werden daher von Kolluvien beherrscht. Kleine vermoorte Senken sind häufig mit mehr oder weniger mächtigen Kolluvien bedeckt und z.T. dadurch ackerfähig geworden. Die landwirtschaftlich genutzten Böden sind durch regelmäßige Kalkung und Düngung stark mit Nährstoffen angereichert und weisen demzufolge pH-Werte zwischen 6 und 7 auf.

Mit der Verkopplung der Ackerflächen im 18. Jahrhundert wurden Wallhecken, sogenannte Knicks angelegt. Die unter den oft tiefgründig humosen Wällen begrabenen Böden stellen wichtige Zeugen

mittelalterlicher Ackernutzung dar.

3.2 Böden der Niederen Geest

Im Bereich der Niederen Geest dominieren nährstoffarme, sandige Böden mit hohen Grundwasserständen. Die vorherrschenden Sanderlande des Weichselglazials sind extrem tonarm ($< 2 \%$) und bis in große Tiefe entkalkt und entbast. Entkalkung und Entbasung erfolgten oft bereits im Spätglazial, begünstigt durch ehemals tiefere Grundwasserstände. Mit dem Anstieg des Meeresspiegels im Holozän vernähten die Niederungen und es entstanden extrem versauerte Gley-Podssole und Podsol-Gleye (pH-Werte z.T. unter 3). Die mit Humus angereicherten und oft zu Ortstein verfestigten Unterböden der Gley-Podssole enthalten auch Eisenoxide; nicht hingegen die etwas tiefer gelegenen Podsol-Gleye. Deren ausgewaschenes Eisen und Mangan wurde teilweise in typischen Gleyen angereichert, und zwar vor allem parallel zu Bachläufen. Der Raseneisenstein dieser Gleye wurde bis in die 40iger Jahre dieses Jahrhunderts verhüttet. In den 60iger Jahren wurden die Reste des Raseneisensteins zusammen mit Ortsteinhorizonten der Gley-Podssole im Zuge der Flurbereinigung durch Tiefbruch gebrochen und damit zerstört. Weite Senken der Niederen Geest sind vermoort, teils als Hoch- oder Niedermoore, stellenweise auch als Mudden, wobei wurzelechte und auf Niedermoortorfen aufgewachsene Hochmoore stark vertreten waren. Seit dem letzten Jahrhundert wurden die Moore entwässert und kultiviert, so daß heute intakte Hochmoore praktisch nicht mehr existieren.

Im Ostteil der Niederen Geest wurden die Schmelzwassersande in geringer Mächtigkeit (0,5 bis 1 m) von Geschiebesand überdeckt. Auch hier haben sich Braunerde-Podssole bis Gley-Podssole entwickelt. Sanderlandschaften werden von einzelnen flachen saalezeitlichen Moränenrücken mit unterschiedlich stark podsolierten Braunerden und tiefgründig lessivierten Parabraunerden durchragt.

Die hohen Grundwasserstände der Niederen Geest erschwerten die menschliche Besiedelung. Ortschaften entstanden daher vornehmlich auf den flachen Moränenrücken, den Holmen, für die z.T. graue, braune und graubraune Plaggenesche als Zeugen starken menschlichen Einflusses charakteristisch sind. Heute sind nahezu alle Böden der Niederen Geest unter intensiver landwirtschaftlicher Nutzung, die Moore und Podsol-Gleye unter Grünland, Braunerde-Podsol und Plaggenesche unter Ackerbau. Durch regelmäßige Kalkung und Düngung sind die Böden mit Nährstoffen angereichert und weisen pH-Werte zwischen 4 (Moore) bis 5,5 (Podsol-Braunerden) auf. Die sandigen Böden erfordern in trockenen Sommern eine Zusatzberegung.

3.3 Böden der Hohen Geest

Auch auf den saalezeitlichen Moränen der Hohen Geest haben sich Parabraunerden entwickelt. Deren tonverarmte Oberböden sind mächtiger als im Östlichen Hügelland, da sie z.T. bereits im Eem-Interglazial lessivierten und weil im Weichselglazial Flugsandüberdeckung und Kryoturbation Geschiebedecksande entstehen ließen. Aus den gleichen Gründen sind sie auch tiefergründig entkalkt (oft mehrere Meter) und vielfach podsoliert. Auch tieferreichende Sandkeilpolygonnetze sind Zeugen periglazialer Prägung. Sie sind mit Podsolen aus Flugsanddecken vergesellschaftet, während Täler mit hohen Grundwasserständen nährstoffarme Podsol-Gleye und Moore aufweisen. Unter intensiver tiefgründiger Bodenbearbeitung entstanden in den Baumschulgebieten der saalezeitlichen Moränen in

der Pinneberger Geest meist verbreitet **Hortisole** mit mächtigem humosem Mischhorizont als Hortisol-Braunerden, Hortisol-Podsol und Hortisol-Pseudogley. Auf Lauenburger Tonen der Elster-Kaltzeit bildeten sich dichte wasserstauende Pseudogleye mit Übergängen zu **Pelosol-Pseudogleyen**.

3.4 Böden der Marschen und Watten

Die Böden der Marschen und Watten sind - wie die Anmoor-, Niedermoor- und Hochmoorbildungen, Dünen und jüngeren Flugsanddecken - im Holozän entstanden.

Die Eigenschaften der Böden der Marsch sind sowohl stark geogenetisch als auch pedogenetisch geprägt. Ihre Entwicklung beginnt im Watt, wo in Abhängigkeit von der Meeresströmung **Sand-, Misch- oder Schlickwatt** abgelagert wurde, das täglich von Salzwasser (3 % Salz) überflutet wird. Es enthält 3 - 60 % Ton, 0,5 - 10 % organische Substanz meeresbürtiger Algen und 3 - 8 % Carbonate (0,5 - 2 % Dolomit). Insbesondere im Schlickwatt bilden sich durch mikrobielle Reduktion von Meerwassersulfaten Metallsulfide; allenfalls die Bodenoberfläche sowie Tierröhren sind durch Ferrihydrit rotbraun gefärbt.

Die höher gelegene **Salzmarsch** wird seltener überflutet. Sie zeigt Vegetationsbedeckung (Aniel bzw. Aniel-Rotschwingel) und dient oft als Schafweide. Der Oberboden der Salzmarsch ist oxidiert und hat sich gesetzt (ist geroiff), während die Salzkonzentrationen im Jahreslauf stark schwanken: Regenperioden führen zum Aussüßen des Oberbodens, während sommerliche Trockenperioden starke Salzanreicherungen an der Bodenoberfläche durch Verdunstung kapillar aufgestiegenen Salzwassers bewirken.

In den jungen Kögen dominieren **Kalkmarschen**. Sie sind zumindest im oberen Meter salzfrei und oxidiert, und zwar vor allem durch Graben- und Rohrdränung. Böden älterer Köge sind als **Kleimarschen** entkalkt und als **Knickmarschen** durch dichte, tonreiche Knickhorizonte charakterisiert. Diese sind teils lithogenen Ursprungs, teils durch Tonverlagerung entstanden und verursachen starken Wasserstau.

In Fällen, wo junge Meeressedimente ältere Landoberflächen überdecken, entstanden **Dwogmarschen**: Humusdwöge sind fossile, humusreiche A-Horizonte, Eisendwöge fossile Go-Horizonte. Flachgründig überschlickte Moore werden als **Moormarsch**, flachgründig überschlickte Geestböden als **Geestmarsch** bezeichnet, während **Humusmarschen** mehrere humusreiche fossile A-Horizonte aufweisen. Insbesondere Humusmarschen können extrem sauer (pH-Werte unter 3) sein und dann Maibolt (Jarosit bzw. $KFe_3(OH)_6(SO_4)_2$) enthalten.

Die Marschböden werden nahezu ausnahmslos landwirtschaftlich genutzt, wobei die Kalkmarschen und schluffreichen Kleimarschen äußerst fruchtbare Ackerböden darstellen, während die tonreicheren Knickmarschen und insbesondere die Moor- und Humusmarschen Problemstandorte mit ungünstigem Wasser- und Lufthaushalt sind und daher häufiger als Grünland genutzt werden.

Die durch den Menschen veränderten Böden - wie Deiche und Warften - sind in ihrer bodenartlichen Zusammensetzung z.T. deutlich von den sie umgebenden Böden unterscheidbar. Diese Aufschüttungen könnten zur Abgrenzung gegenüber den natürlichen Böden mit der Vorsilbe Depo- gekennzeichnet werden.

0 10 20 30 km

-  Kalk- und Kleimarschen
-  Klei-, Dwog-, Knick-, Humus-,
Moor- und Geestmarsch
-  Niedermoore und Anmoorgleye
-  Hochmoore
-  Regosole und Lockersyroseme
-  Podsol-Braunerden, Pseudogleye,
Braunerde-Podssole mit Gley-Podsolen
-  (Podsol)-Braunerden, -Pseudogleye
-  Gley-Podssole, Gleye und Übergänge zu Mooren
-  Podsol-Braunerden mit Podsolen
-  Podsol-Pseudogleye und -Braunerden
-  Braunerden und Parabraunerde-Braunerden
-  Parabraunerden mit Pseudogleyen
-  Parabraunerde (-Pseudogleye) mit Braunerden und Kolluvien und Moore
-  Pseudogleye und Gley-Pseudogleye
-  Pseudogleye mit Gleyen

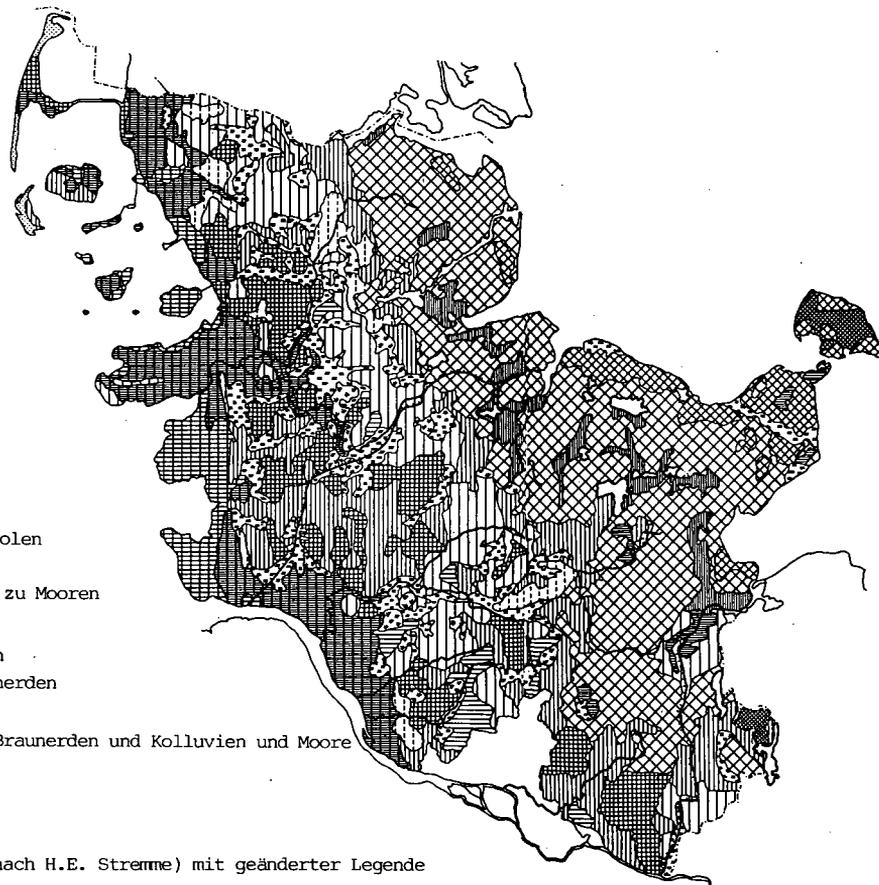


Abb. : Böden in Schleswig-Holstein (nach H.E. Stremme) mit geänderter Legende

Seit einigen Jahren wird der Ausweisung, Bewertung und Erforschung der anthropogen veränderten Böden besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Diese Böden bestehen häufig aus umgelagerten natürlichen Substraten und/oder aus technogenen Substraten und sind durch Bodenbildung sichtbar geprägt und verfügen neben Schichten unterschiedlicher Substrate auch bereits über ausgeprägte Bodenhorizonte. Die bodentypologische Bezeichnung und Klassifikation derartiger Böden, die in den Städten durch mehr oder weniger hohen Anteil von Versiegelung gekennzeichnet sind, befindet sich z.Zt. in der Diskussion. Diese Böden finden sich in allen Landesteilen.

Meist nur in natürlichen oder künstlichen Aufschlüssen (Steilküsten, Gruben) finden sich Paläoböden der pleistozänen Interglaziale und Interstadiale. Sie sind häufig in mehr oder minder großer Tiefe unter der Oberfläche teils in Form vollständiger Bodenprofile, teils nur mit Profilteilen erhalten und geben u.a. Hinweise auf frühere Klimaverhältnisse.

Literatur

- ARBEITSKREIS URBANE BODEN (Komm. V Dt. Bodenkdl. Ges.; BLUME, H.-P., BURGHARDT, W., CORNSEN, E., FINNERN, H., FRIED, G., GRENZIUS, R., KNEIB, W.D., KUES, J., PLUQUET, E., SCHRAPS, W.-G. u. SIEM, H.-K.) (1989):
Kartierung von Stadtböden - Empfehlung des Arbeitskreises Stadtböden der Dt. Bodenkdl. Ges. für die bodenkdl. Kartieranleitung. UBA-Texte, 18/89
- BLUME, H.-P., BRÜMMER, G. (1986):
Agriculture, landscapes, and soils of Schleswig-Holstein. Mitteiln. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch. 51, 3 - 14, Göttingen
- CORNSEN, E., SIEM, H.-K., BLUME, H.-P. u. FINNERN, H. (1990):
Die Böden der Stadt Kiel und ihres Umlandes. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 61, 77-80
- FINNERN, H. u. JANETZKO, P. (1988):
Bodenkarte 1:25 000 Pinneberg (2324), Herausgeber GLA S.-H. Kiel
- SCHLICHTING, E. (1960):
Typische Böden Schleswig-Holsteins. Schriftenr. Landw. Fak. Univ. Kiel, Heft 26
- STREMME, H.-E. (1955):
Bodentypen und Bodenarten in Schleswig-Holstein (mit Karte 1:500 000), Geolog. Landesamt, Kiel
- STREMME, H.-E., FELIX-HENNINGSSEN, P., WEINHOLD, P., u. CHRISTENSEN, S., (1982):
Paläoböden in Schleswig-Holstein. - In: Inventur der Paläoböden in der Bundesrepublik Deutschland. - Geol. Jb., F 14, 311-361; Hannover

4. Vegetations- und Standortverhältnisse

Otto Fränze

Geographisches Institut, Ludwig-Meyn-Str. 14, 24118 Kiel

Ausgehend von den aktuellen Standortbedingungen und ihrer spontanen Vegetation kennzeichnet die **potentielle natürliche Vegetation (PNV)** einen prognostizierbaren Vegetationstyp, der sich bei 'schlagartigem' Aufhören der menschlichen Nutzung einstellen würde (TÜXEN 1956). Er ist damit Ausdruck des 'historischen Potentials' eines Standortes, definiert mit Hilfe pflanzensoziologischer Typen (DIERSSEN 1990, HÄRDTLE 1990). Freilich kann nicht in jedem Fall aus einem bekannten Bodentyp eindeutig auf eine bestimmte potentielle Pflanzengesellschaft rückgeschlossen werden; d. h. es ist durchaus möglich, daß einem Bodentyp mehrere Vegetationseinheiten und umgekehrt einem Vegetationstyp verschiedene Bodentypen entsprechen (vgl. TRAUTMANN 1968). Die damit angesprochenen taxonomischen Probleme können hier nicht erörtert werden.

Mit diesen Einschränkungen läßt sich folgende Zuordnung charakteristischer Pflanzengesellschaften zu den naturräumlichen Großeinheiten Jungmoränengebiet (H) und Geest (G) vornehmen.

Tabelle 1: Charakteristische Assoziationen der potentiellen natürlichen Vegetation des Jungmoränengebietes und der Geest Schleswig-Holsteins (Quelle: HÄRDTLE 1990)

PNV-Einheit	Naturräumliche Verbreitung (G=Geest, H=Jungmoränengebiet)
Betuletum pubescentis (sekundär)	G, H
Querco-Betuletum typicum	G
Querco-Betuletum molinietosum	G
Violo-Quercetum typicum (trockene Variante)	G
Violo-Quercetum typicum (Molinia caerulea-Variante)	G
Violo-Quercetum milietosum (trockene Variante)	G
Violo-Quercetum milietosum (Molinia caerulea-Variante)	G
Carici elongatae-Alnetum	G, H
Alnus glutinosa-Ges. (Filipendula-Ausbildung)	G, H
Alnus glutinosa-Ges. (Molinia caerulea-Ausbildung)	G, H
Fraxino Alnetum	G, H
Carpino-Fraxinetum	G, H
Melico-Fagetum geetosum	G, H
Melico-Fagetum brachypodietosum	H
Melico-Fagetum typicum	G, H
Melico-Fagetum maianthemetosum	G
Luzulo pilosae-Fagetum	H

4.1 Jungmoränengebiet

Die vorherrschende potentielle natürliche Vegetation (PNV) des **Jungmoränengebietes** (H) ist der **Perlgras-Buchenwald (*Melico-Fagetum*)**, in dessen Baumschicht die Rotbuche bestimmend ist. Stieleiche, Esche oder Hainbuche sind meistens nur vereinzelt beigemischt. Unter den verschiedenen Ausbildungen dieser Waldgesellschaft seien erwähnt: das *Melico-Fagetum typicum* auf mehr oder weniger stark pseudovergleyten Parabraunerden mittlerer Basenversorgung aus sandigem bis lehmigen Geschiebemergel; das *Melico-Fagetum geetosum* (Nelkenwurz-P.-Buchenwald) auf nährstoffreichen, lehmigen bis sandig-lehmigen Pseudogleyen; das *Melico-Fagetum brachypodietosum* (Waldzwenken P.-B.) auf Pseudogley-Parabraunerden günstiger Nährstoffversorgung. Kleinräumig wechselnden Trophieunterschieden zwischen lehmigen Parabraunerden und sandigen Podsol-Braunerden entsprechen floristisch Wechsel von Perlgras-Buchenwald und **Hainsimsen-Buchenwald (*Luzulo pilosae-Fagetum*)**. *Quercus robur* kann in dieser Waldgesellschaft als begleitende Baumart auftreten, erreicht aber nie hohe Deckungswerte. Die selten entwickelte Strauchschicht setzt sich aus vereinzelt stehenden Büschen von *Sorbus aucuparia*, *Ilex aquifolium* und *Frangula alnus* zusammen; in der Krautschicht treten azidophytische Arten in den Vordergrund (vgl. Exkursionen A, C und G).

Kleinflächig in Mulden und Senken der Moränensysteme eingestreut, finden sich Auenwälder vom Typ des **Erlen-Eschenwaldes (*Fraxino-Alnetum*)** auf nährstoffreichen, meist sandig-lehmigen Anmoorgleyen, seltener auf kalkhaltigem Typischem Gley und Oxigley (HÄRDTLE 1990). Die Baumschicht wird im wesentlichen von *Fraxinus excelsior* und *Alnus glutinosa* aufgebaut. Auf nährstoffreichen, meist sandig-lehmigen Gleyen (Mull-Gley) wird die PNV vom **Hainbuchen-Eschenwald (*Carpino-Fraxinetum*)** gebildet. In der Baumschicht dominiert die Esche, während *Alnus glutinosa* und - zurücktretend - auch *Carpinus betulus*, *Quercus robur* und *Fagus sylvatica* vertreten sein können.

4.2 Geest

Auf den nährstoffarmen und meist podsolierten Böden der **Niedereren und Hohen Geest** hat der **Buchen-Eichenwald (*Violo-Quercetum*)** den größten Anteil an der PNV. Allerdings ist ein großer Teil der potentiellen Standorte in Nadelholzforste überführt oder wird landwirtschaftlich genutzt. Die Baumschicht des Waldes setzt sich mit wechselnden Deckungsanteilen an *Fagus sylvatica*, *Quercus robur* und *Q. petraea* zusammen; nur in Einzelfällen erreicht auch *Sorbus aucuparia* die Baumschicht. Die Artenzusammensetzung der Strauchschicht bleibt bis auf die sich verjüngenden Baumarten auf *Sorbus aucuparia*, *Frangula alnus* und *Ilex aquifolium* beschränkt.

Im einzelnen ist eine trockene Ausbildung des *Violo-Quercetum typicum* auf vergleyten Podsolen aus Sand mit einem mehrere dm mächtigen Orterde- oder Ortsteinhorizont im Bereich der Niedereren Geest, in der hohen Geest auch auf Braunerde-Podsolen aus lehmigem Sand, von einer feuchten Ausbildung auf Gley-Podsolen zu unterscheiden. Hier wird die Buche in dem Maße von den Eichen zurückgedrängt, wie der Vernässungsgrad der Böden steigt. Analog ist eine trockene

Variante des Flattergras-Buchen-Eichenwaldes (*Violo-Quercetum milietosum*) auf Podsolen und Podsol-Rostbraunerden der Niederen Geest sowie Podsol-Parabraunerden oder Parabraunerde-Podsolen der Hohen Geest von der feuchteren Pfeifengras-Variante des *Violo-Quercetum milietosum* zu trennen. Seine Standorte sind durch Podsol-Gleye und Gley-Podsole sowie pseudovergleyte Parabraunerde-Podsole gekennzeichnet (vgl. Exkursionen B und C).

Auf sandigen Rostbraunerden mit mäßiger Nährstoffversorgung ist auf der Geest kleinflächig der **Schattenblumen-Perlgras-Buchenwald (*Melico-Fagetum maianthemetosum*)** als PNV entwickelt; in ihm dominiert *Fagus sylvatica*, während *Quercus robur* stammweise beigemischt ist. In der Strauchschicht treten mit geringer Stetigkeit und Deckung *Ilex aquifolium*, *Viburnum opulus* und *Sambucus nigra* auf. Wo kleinflächig der Podsolierungsgrad der Böden wechselt oder innerhalb eines standörtlichen Kontinuums eine basenarme Parabraunerde bzw. eine Rostbraunerde in einen Podsol übergehen (MÜLLER 1984), ändert sich die Vegetationszusammensetzung des Perlgras-Buchenwaldes entsprechend. In der Krautschicht der Wälder fallen Fagetalia-Arten aus und werden durch säuretolerante Quercetalia-Arten ersetzt. Gleichzeitig kann in der Baumschicht *Quercus robur* mit zunehmenden Deckungswerten neben *Fagus sylvatica* vertreten sein.

Im Verbreitungsgebiet des **Birken-Eichenwaldes (*Quercu-Betuletum*)** wird ein Großteil der potentiellen und produktionschwachen Standorte heute von Kiefernforsten eingenommen (RAABE et al. 1987). Standorte des *Quercu-Betuletum typicum* sind ebenso Dünen und Flugsanddecken mit Regosolen wie Podsole mit mächtigen Orterde- oder Ortsteinhorizonten. Der Charakter dieser Wälder, die großflächig von der trockenen Variante des Typischen Buchen-Eichenwaldes durchsetzt sind, wird im wesentlichen durch die in der Baumschicht vorherrschende Stieleiche bestimmt, der einige Exemplare der Sandbirke beigemischt sein können. In Senken im Binnendünenbereich, auf abgetorften Hochmooren und Podsol-Gleyen ist der Pfeifengras-Birken-Eichenwald (*Quercu-Betuletum molinietosum*) verbreitet, in dessen Baumschicht *Betula pubescens* als Feuchtezeiger auftritt, während in der Krautschicht besonders die Horste von *Molinia caerulea* auffallen.

Lebende **Hochmoore** mit akrotelmatischer Torfbildung sind in Schleswig-Holstein nur noch in Resten vorhanden. Mit den bereits in vorletzten Jahrhundert begonnenen intensiven Entwässerungs- und Abtorfungsarbeiten haben diese ihren natürlichen Charakter eingebüßt, und ihre standörtlichen Bedingungen wurden irreversibel verändert. In den wasserführenden - und daher als Wuchsort für die Moorbirke zu nassen - Torfstichen findet sich als aktuelle und potentielle natürliche Vegetation eine **Wollgras-Gesellschaft**. Als häufigste und zugleich dominante Arten treten *Eriphorum angustifolium* und *Sphagnum cuspidatum* auf. Großflächig abgetorfte, stark entwässerte und gesackte Hochmoorkörper wurden von einem **Sekundären Birkenbruchwald (*Betuletum pubescentis*)** eingenommen. Im Unterholz treten als stetige Sträucher *Sorbus aucuparia* und *Frangula alnus*, vereinzelt auch *Salix aurita* auf.

Auf mäßig basenhaltigen bis basenreichen **Niedermooren**, wie sie kleinflächig als Bruchwald-, Seggen- und Schilftorfe im Verlandungsberich von Seen vorhanden sind, stockt der **Erlen-Bruchwald (*Carici elongatae-Alnetum*)**. Innerhalb der As-

soziation lassen sich drei auf Trophieunterschieden beruhende Subassoziationen unterscheiden (KRAUSE & SCHRÖDER 1979): der Torfmoos-, der Typische und der Mädesüß-Erlenbruchwald. Zu beachten ist dabei, daß ein Großteil der früher in Schleswig-Holstein wie den angrenzenden Gebieten vorhandenen und als potentielle Erlenbruchstandorte anzusehenden Niederungsbereiche durch großflächige Grundwasserspiegelabsenkungen verlorengegangen sind.

Als Mantelgesellschaften des Erlenbruchwaldes treten von Natur aus vielfach Grauweidengebüsche (*Salicion cinereae*) auf. Sie vermögen seewärts weiter vorzudringen und stehen dort oftmals im Kontakt zu Röhrichtgesellschaften (*Schoenoplecto-Phragmitetum*); denn auf diesen extrem nassen Standorten ist *Salix cinerea* durch ihre breit ausladenden Polycormone sehr konkurrenzfähig.

Auf grundwasserbeeinflussten Standorten geringer Reliefeenergie können Gley-, Anmoorgley- und Niedermoorbereiche kleinflächig assoziiert sein. In Abhängigkeit vom Bodenwasserhaushalt und Bodentyp sind daher *Alnus glutinosa*-Gesellschaften und *Fraxino-Alneten* mosaikartig verzahnt. Auf Mooren mit einem Höchstwasserstand im Flurniveau dominiert die Erle, auf Gleystandorten mit etwas höherem Flurabstand des Grundwassers tritt die Esche stärker in Erscheinung, und ein **Erlen-Eschenwald** kann sich entwickeln.

4.3 Marsch

Im Bereich der **Flußmarsch** waren im Naturzustand alle Flüsse und ehemaligen Priele von flachen, breiten Uferwällen begleitet, die zu Beginn der älteren Eisenzeit (um 600 v. Chr.) Hartholz-Auenwälder (*Fraxino-Ulmeten*) trugen; flußwärts schlossen sich daran die Gesellschaften der Weichholzaue (*Salicion*) und Tideröhrichtbestände (*Phragmitetum*) an. Die natürliche Vegetation der vermoorten Sietländer hinter den Uferwällen wechselte räumlich und zeitlich sehr stark, so daß sich insgesamt ein vielgestaltiges Mosaik von feuchten bis nassen, armen und reichen torfbildenden Gesellschaften ergab. Regelmäßig nachgewiesen wurden Röhrichte, Großseggenrieder, Hochstaudenfluren, Kleinseggengesellschaften, Erlen- und Birkenbrücher sowie Hochmoorgesellschaften (BEHRE 1985).

Im Gegensatz zu den Flußmarschen waren die **Seemarschen** von Salzwiesen beherrscht, allerdings viel stärker differenziert als die heutigen Restflächen im Außendeichsgebiet. Die Untersuchungen der Mistschichten von Warften zeigen, daß beispielsweise zur römischen Kaiserzeit die wichtigste Pflanzengesellschaft um die Siedlungen die Salzbinsenwiese (*luncetum gerardii*) war. Entlang der Priele und Bäche wurden die Salzwiesen landeinwärts von Brackröhrichtern und anschließenden Schilfröhrichtern abgelöst (KÖRBER-GROHNE 1967).

Über die potentielle natürliche Vegetation der heute weitestgehend waldfreien Marschgebiete lassen sich wegen der tiefgreifenden anthropogenen Veränderung des Bodenwasserhaushaltes nur Vermutungen anstellen, abgesehen von den ausgedehnten Außendeichslandereien (TÜXEN 1961). Die heutigen Schutzhecken um die Einzelhöfe belegen die Möglichkeit des Baumwuchses, zeugen aber auch durch die sehr ausgeprägten Winddeformationen und Salzsäden von den häufig hohen Windgeschwindigkeiten und der Nordseeegicht. In Abhängigkeit von der

Sedimentationsgeschichte und Bodenentwicklung weisen die Kalkmarschen eine beachtliche produktionsbiologische Variationsbreite mit Bodenzahlen von 65 bis 90 auf, d.h. es wären auch Feldgemüsebau und Grünlandwirtschaft möglich; in Abhängigkeit von den agrarpolitischen und Marktbedingungen dominiert jedoch der Getreidebau (FRÄNZLE 1985). In den edaphisch und wasserwirtschaftlich ungünstiger gestellten Knick- und Humusmarschen (Bodenzahlen 30 bis 60) ist die tatsächliche wie die potentielle Vegetationsbreite gering; Grünlandwirtschaft prägt hier das Bild entscheidend (vgl. Exkursionen C, D und E).

Literatur

BEHRE, K.-E. (1985): Die ursprüngliche Vegetation in den deutschen Marschgebieten und deren Veränderung durch prähistorische Besiedlung und Meeresspiegelbewegungen. Verh. Ges. f. Ökol. 13: 85-96. Bremen

DIERSSEN, K. (1990): Einführung in die Pflanzensoziologie. Darmstadt

FRÄNZLE, O. (1985): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1: 100 000 der Bundesrepublik Deutschland, GMK 100 Blatt 7, C 1518 Hüsum. Berlin

HÄRDITTE, W. (1990): Potentielle natürliche Vegetation. Dissertation Univ. Kiel

KÖRBER-GROHNE, U. (1967): Geobotanische Untersuchungen auf der Feddersen Wierde. Feddersen Wierde 1. Wiesbaden

KRAUSE, A., SCHRÖDER, L. (1979): Vegetationskarte der Bundesrepublik Deutschland 1: 200 000. Potentielle natürliche Vegetation. Blatt CC 3118 Hamburg-West. Schriftenr. f. Vegetationskd. 14. Bonn-Bad Godesberg

MÜLLER, C. (1984): Bodengeographische Untersuchungen zur Eisen- und Aluminium-Dynamik fossiler Böden auf Geschiebelehm der Schleswigschen Geest. Hausarbeit z. wiss. Prüfung für das Lehramt an Gymnasien. Kiel

RAABE, E.-W., DIERSSEN, K. & MIERWALD, U. (Hrsg) (1987): Atlas der Flora Schleswig-Holsteins und Hamburgs. Neumünster

TRAUTMANN, W. (1968): Die Karte der potentiellen natürlichen Vegetation 1: 200 000 und ihre Auswertung erläutert am Beispiel des Blattes Minden. In: TÜXEN, R. (Hrsg): Pflanzensoziologie und Landschaftsökologie. Ber. Internat. Symp. Stolzenau 1963, pp 97-101. Den Haag

TÜXEN, R. (1956): Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. Angew. Pflanzensoz. 13: 4-42. Stolzenau/Weser

TÜXEN, R. (1961): Bemerkungen zu einer Vegetationskarte Europas. In: Méthodes de la cartographie de la végétation. Col. Int. Cent. Nat. Rech. Scient. Toulouse 1960, pp 61-73. Paris.



5. Landnutzung

H.-P. Blume* und Holger Gerth**

Schleswig-Holstein weist eine Gesamtfläche von 15.729 km² auf. Davon werden 10.750 km² (bzw. 9%) als **Wald** bzw. forstlich genutzt. Die Marsch ist nahezu waldfrei und nördlich des Nord-Ostsee-Kanals ist der Waldanteil merklich geringer als südlich des Kanals. Als Holzarten sind vor allem Buchen (23 %), Eichen (11 %), Fichten (37 %) und Kiefern (19 %) vertreten.

Die **Land- und Ernährungswirtschaft** prägt Schleswig-Holstein in starkem Maße. Etwa 20% der Erwerbstätigen sind in diesem Wirtschaftsbereich beschäftigt. Im ländlichen Raum sind Land- und Ernährungswirtschaft nach wie vor tragender Wirtschaftszweig. Die naturräumliche Gliederung in Marsch, Geest und östliches Hügelland (s. S. 4) charakterisiert ganz allgemein auch die landwirtschaftliche Produktion. Auf der Ackermarsch an der Westküste und auf den Parabraunerden im östlichen Hügelland herrschen der Getreide- und Rapsanbau vor. Auf dem natürlichen Grünlandflächen an der Westküste wird eine intensive Rinderhaltung betrieben. Auf den leichten, stark vermoorten Standorten der Niederen Geest hat sich eine sehr leistungsfähige Milchviehhaltung entwickelt. Schleswig-Holstein verfügt über eine relativ günstige Agrarstruktur. Es dominieren bei weitem die Vollerwerbsbetriebe, wobei der Schwerpunkt nach wie vor auf der tierischen Erzeugung, insbesondere der Milchproduktion liegt.

Landwirtschaftliche Betriebe und Flächen nach Größenklassen

Größenklassen	1960	1970	1980	1990
Betriebe insgesamt ha LF	54.163	43.172	33.012	27.875
Anteile der Größenklassen in v. H.				
bis - 10 ha LF	36,2	29,1	26,5	30,5
10 - 20 ha LF	24,3	18,4	11,9	9,7
20 - 30 ha LF	18,1	21,1	15,6	10,1
30 - 40 ha LF	9,4	13,7	15,1	10,7
40 - 50 ha LF	5,3	7,6	11,3	10,0
50 - 100 ha LF	5,7	8,5	16,4	23,2
über 100 ha LF	1,0	1,6	3,2	5,8
durchschnittliche Betriebsgröße	21,0	25,9	33,3	38,5
durchschnittliche Betriebsgröße der Betriebe über 30 ha	54,2	64,5	79,9	86,8

Die Gesamtzahl der **landwirtschaftlichen Betriebe** betrug Ende 1990 27.875. Sie ist damit seit 1960 um 48% und gegenüber 1980 um 15,5 % zurückgegangen. Die mittlere Betriebsgröße lag 1960 bei 21 ha, 1990 hingegen bei 38,5 ha. Die Durchschnittsgröße liegt damit doppelt so hoch wie im Altbundesdurchschnitt - 18,7 ha -. Die Anzahl der Höfe über 30 ha hat sich von 1960 mit 11.595

*Inst. f. Pflanzenernährung u. Bodenkunde der CAU Kiel. **Geologisches-Landesamt Schleswig-Holstein, Kiel

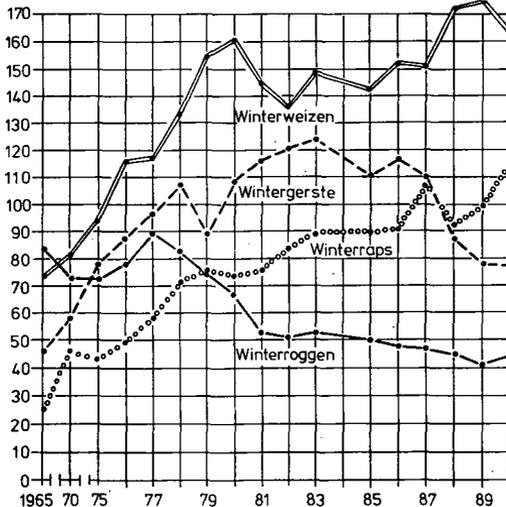
zunächst auf 15.185 im Jahr 1980 erhöht, um bis 1990 wieder auf 13.846 abzusinken. Diese Betriebe bewirtschaften heute fast 88 % der Fläche.

Wirtschafts- und Nutzflächen: Die Gesamtfläche sowie die landwirtschaftlich genutzte Fläche des Landes haben sich seit 1980 nur geringfügig vermindert. Im Acker/Grünlandverhältnis hat sich inzwischen eine Verschiebung zugunsten des Dauergrünlandes ergeben.

	1960	1970	1980	1990
Gesamtwirtschaftsfläche - 1.000 ha -	1.569	1.570	1.327	1.288
Landw. genutzte Fläche - 1.000 ha -	1.187	1.153	1.101	1.075
Nutzflächenverhältnis in v. H.				
Ackerland	57,4	54,9	56,7	54,0
Gartenland, Obst, Baumschulen	3,6	2,7	0,9	0,9
Dauergrünland	39,0	41,4	42,4	45,1
Wald in v. H. der Gesamt-				
wirtschaftsfläche	8,6	8,5	10,5	11,0

Anbauentwicklung bei den wichtigsten Ackerfrüchten: In Schleswig-Holstein ist die Winterweizenfläche angestiegen und hat sich seit 1965 mehr als verdoppelt. Die Wintergerstenfläche nahm bis 1983 zu, um seitdem stark abzufallen. Auch Winterroggen und Sommergetreide haben stark abgenommen. Roggen wird heute nur noch auf rund 44.000 ha angebaut. Demgegenüber stieg der Rapsanbau stark an.

Das Schwergewicht der pflanzlichen Produktion liegt in Schleswig-Holstein demnach eindeutig bei Getreide und Raps: Vor allem die beiden Marktfrüchte Winterweizen und Winterraps haben im Laufe der letzten Jahrzehnte erheblich an Boden gewonnen.



Anbau wichtiger Winterfrüchte in Schleswig-Holstein in 1000 ha

Der Anbau an Sommergetreide ist generell stark zurückgegangen. Das gilt auch für den Kartoffelanbau. Stark angestiegen ist der Silomais und zwar zu Lasten anderer Futterpflanzen.

Anbau wichtiger Sommerfrüchte in Schleswig-Holstein in 1000 ha

	1960	1970	1980	1990
Hafer	61,4	104	41,7	13,3
Sommergerste	43,3	55,9	27,5	10,9
Sommerweizen	14,0	12,9	5,5	1,3
Silomais	0,3	5,3	39,8	49,3
Zuckerrüben	13,7	15,0	18,7	19,5
Kartoffeln	42,1	14,0	5,3	4,3
Ackerklee und - gras	114	94,1	48,7	41,7
Gemüse, Erdbeeren, Blumen	11,8	8,8	5,6	6,7

Trotz witterungsbedingter Ertragsunterschiede in den einzelnen Jahren zeichnet sich bei fast allen Feldfrüchten ein Anstieg der Flächenerträge ab. Leistungsfähige Sorten, verbesserte Produktionstechnik und Düngung sowie wirkungsvoller Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln sind Hauptgründe dieser voraussichtlich noch nicht abgeschlossenen Entwicklung.

Durchschnittliche Erträge ausgewählter Feldfrüchte dt/ha

Frucht	1960	1970	1975	1980	1985	1990
Winterweizen	38,2	46,0	57,7	54,8	74,7	78,3
Sommerweizen	33,9	39,8	47,6	41,4	51,8	56,0
Roggen	26,7	25,4	31,2	38,9	42,8	51,2
Wintergerste	36,2	34,8	52,4	58,0	56,9	71,2
Sommergerste	32,0	26,6	30,6	36,5	45,9	46,3
Hafer	31,2	31,5	36,4	40,0	51,3	51,1
Getreide insgesamt	31,4	32,9	47,7	50,1	60,3	70,3
Winterraps	24,1	22,3	23,3	29,4	34,2	33,6
Kopfkohl	402	410		546		
Kartoffeln	238	295	208	268	391	324
Zuckerrüben	357	376	355	386	447	500
Grünmais (Grünmasse)	365	434	373	393	456	350

Der Verbrauch an Mineraldüngern ist von 1960 bis 1980 stark angestiegen; danach hat der Verbrauch an Kali und Phosphat abgenommen.

Mineraldüngung in kg je ha LF

	1960/61	1970/71	1980/81	1985/86	1989/90
Stickstoff (N)	45,7	106	177	173	181
Kali (K ₂ O)	72,8	88,4	91,2	73,1	69,0
Phosphat (P ₂ O ₅)	57,1	80,0	70,2	74,4	48,2
Kalk (CaO)	37,2	56,1	123	95,2	103

Der Gesamtnährstoffaufwand in Schleswig-Holstein ergab 1981/82 in kg/ha:

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Wirtschaftsdünger	53	60	115
Handelsdünger	162	63	82
Gesamt	215	123	197

Viehbestände: Von 1960 bis 1980 wurden die Rinder- und Schweinebestände zu etwa 30 % aufgestockt, danach wieder zurückgenommen. Der Durchschnittswert je Halter hat sich bei Rindern insgesamt und bei Milchkühen mehr als verdreifacht, bei den Schweinen sogar mehr als verzehnfacht. In allen Bereichen der Tierhaltung ist die Zahl der Halter beträchtlich zurückgegangen.

Tierbestände in 1.000 Stück (Dezemberzählung)

Tierart	1960	1970	1980	1986	1990
Pferde	46	18	35	33	37
Rinder insgesamt	1.219	1.407	1.552	1.540	1.525
Milchkühe	460	493	520	514	472
Schweine insgesamt	1.414	1.774	1.807	1.718	1.445
Sauen trächtig	97	112	134	129	99
Schafe	105	97	123	184	259
Legehennen	1.671	1.675	2.349	1.833	1.753

Durchschnittliche Bestandsgrößen bei Rindern und Schweinen, in Stück

Tierart	1960	1970	1980	1990
Rinder insgesamt	24,5	39,4	65,5	88,7
Milchkühe	8,9	15,6	28,6	36,3
Schweine insgesamt	16,8	41,3	122	233

Die Zahl der in der Landwirtschaft Tätigen hat von 161.000 (davon 40.000 Familienfremde) im Jahre 1960 auf 46.000 (8.000) abgenommen. 1975/76 waren je 100 ha 4,6 Arbeitskräfte tätig, 1989/90 nur noch 3,4.

Literatur

Blume, H.-P., Brümmer, G. Fölster, H., Patzke, W. und Scharf, W. (1983): Landwirtschaft, Landschaften und Böden Schleswig-Holsteins. Eskursionsführer VDLUFA-Tagung in Kiel

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (1991): Statistische Grunddaten aus der Agrarwirtschaft. Landwirtschaftsk. S-H, Holstenstr. 106, Kiel

Stoffeinträge in Schleswig Holstein

R. Horn Inst. für Pflanzenernährung der CAU Kiel

Der Stoffeintrag in Schleswig-Holstein (Gesamtfläche = 15729 km²) ist einerseits durch die geographische Lage des Landes zwischen der Nordsee (Küstenlänge insgesamt 488 km) und Ostsee (Küstenlänge insgesamt 384 km) sowie durch die flachwellige Oberflächenausformung (größte Bodenerhebung: Bungsberg 167m) und andererseits durch die flächen- und regionenspezifischen Nutzungen geprägt. Letztere teilt sich 1992 auf in

- landwirtschaftliche Nutzung mit 11661 km² (74.1%), der Waldnutzung mit 1423km² (= 9.1%), sowie
- industrielle und anthropogene Nutzung der Flächen (Verkehr: 619 km² = 3.9%; Gebäude und Freiflächen: 834 km² = 5.3%
Wasser: 730 km² = 4.6%; Erholung: 101 km² = 0.6%; sonst.: 361 km² = 2.3%).

NIEDERSCHLAG:

Bei bevorzugter Westwindrichtung dominiert der Eintrag von SO₄ und Cl, die zusammen rund 75 % der anorganischen Anionen im Niederschlagswasser (pH Wert 4.4) ausmachen, während bei den Kationen, regional etwas stärker differenziert, Na, NH₄ und Ca dominieren (aus: Jensen Huß 1990) (Tab.1).

Tab.1: Mittlere chemische Zusammensetzung des Niederschlagswassers
(Zeitraum: 1985 - 1987, Angaben in kg/ha a)

NH ₄ -N:	10.0	Mg:	2.1
NO ₃ -N:	5.9	Na:	20.0
SO ₄ -S:	12.	K:	4.0
Cl:	26.5	Cd:	0.001
Ca:	6.9		

Eine detaillierte Darstellung der mittleren Kationen - und Anionenkonzentration in den Niederschlägen für ausgewählte Standorte ist Abb.1 zu entnehmen. (aus: Jensen Huß 1990)

In partikulärer Form werden mit Ausnahme der Industrieregion um Brunsbüttel nahezu ähnliche Mengen an Schwermetallen in die 3 Hauptlandschaften SH: Marsch, Geest und östliches Hügelland eingetragen. (Tab.2)

Tab.2: Durchschnittliche Depositionen mit dem Staubbiederschlag 1988
(* ohne Brunsbüttel) (Angaben g/ha a)

Pb:	21000/10950*	Zn:	493/283*
Cd:	2.9	Cu:	36.5
As:	4.8	Cr:	29.2
Ni:	18.6/14.6*		

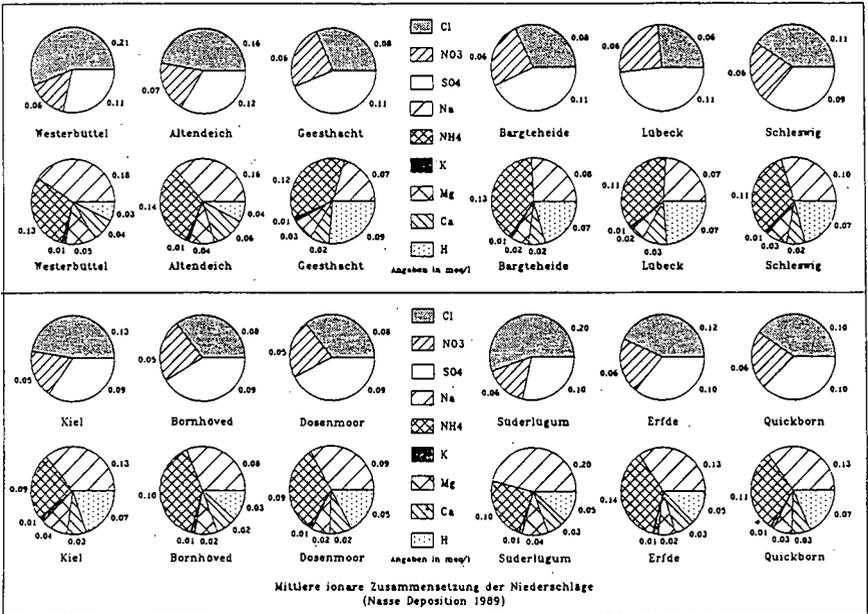


Abb.1

Außerdem werden beispielhaft für 1988 als Mittelwert der Messungen an 8 Stationen im Land folgende Immissionswerte ausgesuchter Gase angegeben. (Tab.3)

Tab.3: Immissionswerte ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ausgesuchter Gase 1988, (8 Meßstationen)

	Max. 24 h	I_1	I_2
SO ₂	148	12	89
NO	71	5	49
NO ₂	59	20	62
Schwebst.	143	34	119
Ozon	122	54	125

CH₄ (ppm):1.85
CnHm (ppm):0.03

LANDWIRTSCHAFT:

Düngung

Tab.4 gibt einen Überblick über die flächenmäßige Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Areale aufgeteilt in die 3 Hauptlandschaften.

Gebiet	Landw. genutzte Fläche 1991 in ha						insgesamt	2) Selbstbewirtschaftete Gesamtfläche
	d a v o n Ackerland	Dauergrünland	Obstanlagen	Baumschulflächen	Haus- u. Nutzgärten	Korbweidenanlagen u. Weihnachtsbaumkulturen		
Schl.- Holst.	579.092	487.043	1.075	5.275	2.999	584	1.076.068	1.289.192
Marsch	78.725	88.527	427	41	320	32	168.073	174.510
Hohe Geest	93.727	190.544	135	4.741	767	237	290.152	342.480
Vorgeest	65.924	108.481	66	288	398	151	175.308	216.603
Hügelland	340.715	99.491	447	205	1.514	164	442.536	555.598

1) Der land- und forstwirtschaftlichen Betriebe (einschl. Betriebe unter 1 ha)

2) Landwirtschaftlich genutzte Fläche zuzüglich Wald, öd- und Unland, Knicks, Wälle, unkultivierte Moorflächen, Gewässer, Gräben, Gebäude- und Hofflächen, Wege, Straßen, Überwege, Parks, Ziergärten, Rasen

Tab.4: Aufteilung der Wirtschaftsflächen nach Bewirtschaftungsarten

Betrachtet man den jährlichen Düngereinsatz auch in seiner Änderung über 3 Jahrzehnte, so liegt vor allem im landesweiten Durchschnitt der N-Verbrauch seit 1 Jahrzehnt auf einem gleichhohen Niveau, während die mittleren Düngermengen für P₂O₅, K₂O und CaO sehr viel stärkeren empfehlungsbedingten Schwankungen unterlagen.

Tab.5: Durchschnittlicher jährlicher Düngerverbrauch (kg/ha) während 3 Jahrzehnten bezogen auf die landwirtschaftlich genutzte Fläche

	landw. Nutzfläche (ha)	in 1000 ha				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
		Acker	Baumschule	Dauergrünland					
1969/70	1.153 Mio	657	4	492	107	77	83	49	
1979/80	1.101 Mio	630	4	467	179	94	112	144	
1989/90	1.075 Mio	580	5	490	180	48	69	107	

Diese Daten geben einen Gesamtüberblick, wohingegen für einzelne Kulturen der % Anteil der landesweiten Eintragsspanne der Freilandniederschläge an der Gesamtdüngermenge beträchtlich variieren kann. Hierbei müssen sowohl die kostensparenden Aspekte als auch die ökologisch weniger erwünschten Effekte z.B. der Eutrophierung von Gewässern oder der Hochmoore berücksichtigt werden (Tab.6)

Kultur	Ertrag dt/ha	Stickstoff kg/ha		Kalium kg/ha		Magnesium kg/ha		Natrium kg/ha		Schwefel kg/ha		Kupfer g/ha		Zink g/ha	
		Dü	%*	Dü	%*	Dü	%*	Dü	%*	Dü	%*	Dü	%*	Dü	%*
Weizen	75	200	6-14	125	1-4	30	6-23					200	600		
W*Gerste	75	170	7-16	125	1-4	30	6-23					200	600		
W*Roggen	60	140	8-20	125	1-4	24	7-29					200	600		
Hafer	60	110	10-25	125	1-4	24	7-29					200	600		
Raps	37,5	190	6-14	208	1-3	36	5-20			30	32-67	200	600		
Z'Rüben	450	140	8-20	257	1-2	54	3-13	30	30-200			200	7-50	600	24-80
Kartoffeln	375	100	11-27	232	1-2	48	4-14					200	600		
Silomais	105	150	7-18	149	1-4	42	4-16					200	600		
Grünland	75	200	6-14	174	1-3	22	8-32	30	30-200			200	600		
Eintrag? **) kg/ha		11-27		1.8-5.2		1.7-6.9		9- 60		9.5-20,0		13-100		145-481	
% Anteil am Düngereintrag		6-20		1-4		3-32		30-200		32-67		7-50		24-80	

*) : atmosphärischer Anteil an der Düngerrate in %

**) : landesweite Eintragsspanne der Freilandniederschläge 1988/89 (Gesamtdosition)

Tab.6: Gegenüberstellung von Depositionsrates und Düngungsempfehlung der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG HOLSTEIN (1990)

Berechnet man die aus der deponierten Düngermenge resultierende finanzielle Entlastung des Landwirtes, so ist mit folgenden Beträgen zu rechnen:

N: 11.0-27.0 DM/ha S: 3.8-8.0 DM/ha
 K: 0.8- 2.2 DM/ha Cu: 0.2-1.6 DM/ha
 Mg: 0.4- 1.7 DM/ha Zn: 2.3-7.7 DM/ha
 Na: 0.9- 6.0 DM/ha

Klärschlamm

Gemäß der Abfall-Klärschlamm-Verordnung 1992 dürfen wenig oder unbelastete Klärschlämme auf landwirtschaftliche Produktionsflächen ausgebracht werden. Über einen Zeitraum von 5 Jahren stieg die beschlammte Fläche um 230% auf 7013 ha, wobei insgesamt 28240,8 t und damit im Durchschnitt 4 t TS/ha ausgebracht wurden. Bei insgesamt 317 Stichproben (mittlerer pH-Wert 8.96) wurden im Klärschlamm folgende mittlere Gehalte festgestellt (in Klammern: Grenzwerte für die Schwermetalle ab 1.7.1992):

kg/m³ Originalsubstanz

N:	5.35	Mg(MgO):	1.11
Ges.P (P2O5):	8.74	Ca(CaO):	54.90
K(K2O):	0.52		

mg/kg Trockensubstanz

Pb:	44.30 (900)	Ni:	19.20 (200)
Cd:	1.37 (10)	Hg:	1.86 (8)
Cr:	51.10 (900)	Zn:	626.00 (2500)
Cu:	382.00 (800)	AOX:	150.00 (500)

Dioxine/Furane(ng TE/kgTS) 17.1 (100).

Aus den detaillierten Daten für einzelne Gemeinden oder Kreise läßt sich ableiten, daß in insgesamt 13 Proben der Grenzwert vor allem für Cu überschritten wurde und daß der Durchschnittswert der Elementbelastungen bei 10-20 % vom angegebenen Grenzwert liegt.

N-Verluste durch Emission

Tab.7 informiert über die jährlichen NH₃-N Emissionen (1988) der verschiedenen Emittenten in Schleswig Holstein.

Tab.7: Jährliche NH₃-N Emission (1988) verschiedener Emittenten in Schleswig Holstein (aus:BEF 1989)

Gesamt:	26000 t	100%	
Landwirtschaft:	24300 t	94%	
-Tierhaltung:	21800 t	84%	
-Rinder:	18100 t	-70%	1525000 Tiere
-Schweine:	2700 t	-10%	1497110 Tiere
-Geflügel:	300 t	-1%	3343100 Tiere
-Schafe:	500 t	-2%	405199 Tiere
-Sonstige:	300 t	-1%	(u.a.37100 Pferde)
-Mineraldünger:	2500 t	10%	
-ungedüngter Boden:	1000 t	4%	
fossile Brennstoffe und Industrie:	300 t	1%	

Differenziert man die NH₃-N Emissionen nach dem Ort der Entstehung, so zeigt sich, daß über 40% während der Ausbringung, 32% durch die Lagerung des Mist und durch die Vorgänge im Stall erklärt werden können, während 28% während der Weidenutzung zusätzlich entweicht. Überschlägig ist folglich auch die N-Emissions-/Immissionsbilanz mit jeweils ca. 16 kg/ha a ausgeglichen.

Betrachtet man die Nährstoffversorgung der Acker- und Grünlandböden (Erhebungsuntersuchungen der Lufa Kiel, 1989/90), so zeigen sich für Ackerböden folgende Verteilungen in die einzelnen Stufen:

	Ackerböden					Grünlandböden				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Phosphat:	2	22	60	12	4	4	30	54	10	2
Kalium	3	30	43	20	4	7	35	30	16	12
Magnesium	6	42	30	15	7	2	21	33	20	14
Kupfer	4	32	53	9	1	8	30	47	14	1
Bor	62	30	8	0	0					
Natrium						26	45	24	5	

Hierbei lassen sich die Böden in folgende Pufferbereiche untergliedern: (Abb.2)

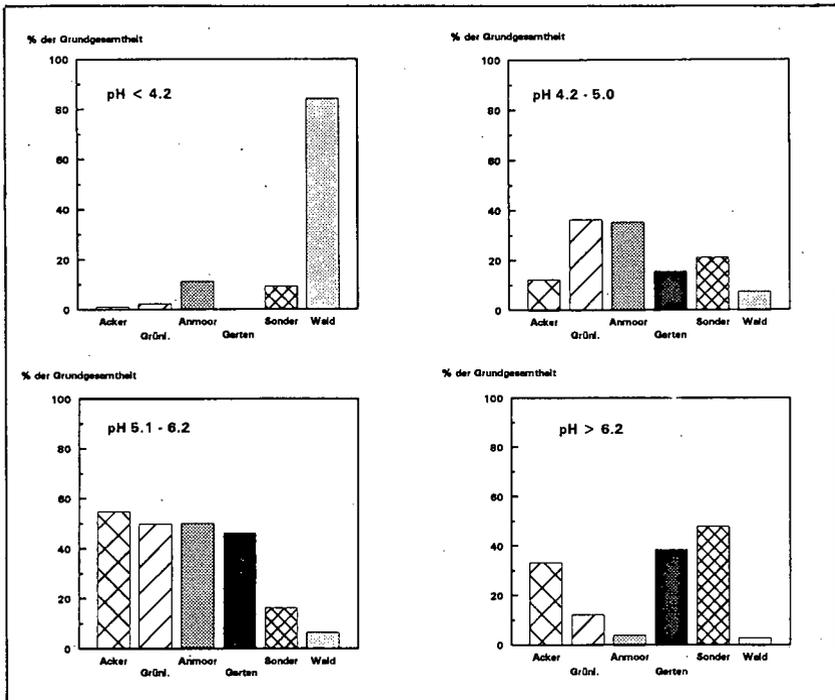


Abb.2: Aufteilung der Böden bzw. Nutzungen in verschiedene Pufferbereiche

ABFALLAUFGKOMMEN

Hinsichtlich des Abfallaufkommens ist zwischen dem zu entsorgenden Haus- und Sperrmüllaufkommen, dem Abfallaufkommen des produzierenden Gewerbes und dem Aufkommen an verwertbaren und schadstoffhaltigen Abfällen zu unterscheiden.

Abb.3 informiert über den durch öffentliche Müllabfuhr eingesammelten Haus- und Sperrmüll (1987)

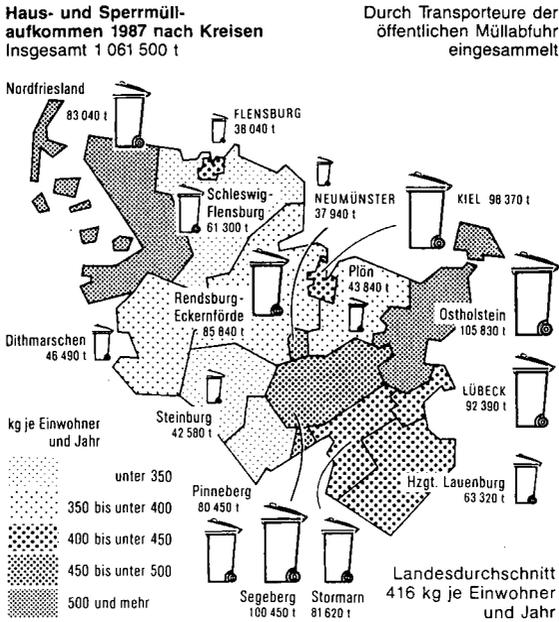


Abb.3: Haus- und Sperrmüllaufkommen 1987 nach Kreisen

Im Vergleich hierzu ist das Abfallaufkommen im produzierenden Gewerbe um das 6 fache höher, selbst wenn man eine Reduzierung des Aufkommens zwischen 1980 und 1987 um 2 Mio.t berücksichtigt.

Tab. 8 informiert über die Mengen und der Änderung im Verlauf von 12 Jahren.

Tab.8: Abfallaufkommen im produzierenden Gewerbe (in 1000 t)

	1975	1980	1987
Abfallaufkommen insgesamt	2167	8792	6735
-Elektrizität, Gas, Fernwärme, Wasserversorgung	25	294	158
-Bergbau, verarb.Gewerbe	586	2096	1797
-Baugewerbe	1556	6401	4781

nach ausgewählten Abfallhauptgruppen

Bauschutt und Bodenaushub	1573	7129	5233
Metallabfälle	4	102	101
Säuren, Laugen	24	60	83
Mineralabfälle	20	16	29
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	43	230	192
Papier-, Papierabfälle	74	54	110
Formsand, Kernsand, Stäube	131	133	103
Sonstige Schlämme	37	206	204
Molke		64	218

Darüberhinaus sind 1987 insgesamt 129000 t verwertbare und schadstoffhaltige Abfälle durch öffentliche Abfallbeseitigung getrennt eingesammelt worden. Hierbei entfielen auf: Altpapier: 55000 t, Altglas 60000 t, Altmetalle, Kunststoffe, kompostierbare organische Abfälle und schadstoffhaltige Abfälle zusammen 14000 t.

Außerdem wurden folgende in Tab.9 zusammengestellte schadstoffhaltige Abfälle eingesammelt und teils weiterverarbeitenden Betrieben teils Abfallentsorgungsanlagen zugeführt.

Tab.9: Schadstoffhaltige Abfälle

Eingesammelte schadstoffhaltige Abfälle	
insgesamt:	1536.0 t
davon:	
Altöl:	304.2 t
Pflanzenbehandlungsmittel:	42.7 t
Altfarben und Lacke:	513.9 t
Lösemittel:	75.4 t
Säuren und Laugen:	24.4 t
Altmedikamente:	154.4 t
Autobatterien:	185.6 t
Kleinbattereien:	117.8 t
Sonstiges:	117.6 t

ABWASSERBESEITIGUNG

Tab.10 informiert über das Abwasseraufkommen sowie deren Ableitung bzw. Reinigung. Der Anteil der Abwasserbeseitigung bei Wärmekraftwerken für die öffentliche Versorgung liegt um ein Vielfaches über dem Abwasseraufkommen aus öffentlichen Haushalten und der Abwasserbeseitigung im Bergbau und verarbeitenden Gewerbe.

Tab. 10: Öffentliche Abwasserbeseitigung

	1975	1979	1987
Öffentliche Abwasserbeseitigung			
Abwasseraufkommen in Mill. m ³	147	159	183
darunter			
aus Haushalten	113	119	125
Abwasserableitung in Mill. m ³	147	159	183
zu Kläranlagen	114	138	181
unbehandelt in ein Oberflächen- gewässer und/oder Untergrund	3	5	2
an andere Sammelkanalisationen	30	16	
Abwasserbeseitigung bei Wärmekraft- werken für die öffentliche Versorgung			
Abwasseraufkommen in Mill. m ³	1 035	1 402	5 207
Abwasserableitung in Mill. m ³	1 035	1 402	5 207
in ein Oberflächengewässer	1 035	1 402	5 205
darunter Kühlwasser	1 034	1 401	5 204
Abwasserbeseitigung im Bergbau und Verarbeitenden Gewerbe			
Abwasseraufkommen in Mill. m ³	102	95	92
Ableitung des unbehandelten Abwassers in Mill. m ³	102	95	92
darunter			
in die öffentliche Kanalisation	23	17	12
in ein Oberflächengewässer und/oder Untergrund	57	53	49
in eine betriebseigene Abwasser- behandlungsanlage	22	25	30

Literatur

Bless, H.G. (1990): Ammoniak Emissionen nach der Ausbringung von Flüssigmist. Abschlußbericht einer Studie im Auftrag des Ministers für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Kiel. 47 S.

Jensen Huß, (1990): Raumzeitliche Analyse atmosphärischer Stoffeinträge in Schleswig Holstein und deren ökologische Bewertung. Diss. Uni. Kiel

Statistische Berichte des Statistischen Landesamtes Schleswig Holstein 1990, 1987, 1983

Auswahl agrarstatistischer Daten für die Kreise Schleswig-Holsteins 1992. MELFF, Kiel

Exkursion A

Landschaften und Böden Ostholsteins

von

C.-G. Schimming¹⁾ und H.-P. Blume²⁾ mit Beiträgen von
L. Beyer²⁾, S. Dultz³⁾ und D. Walch⁴⁾

Themen: Eigenschaften, Genese, Dynamik, Ökologie und Nutzung typischer Böden des Östlichen Hügellandes Holsteins

Gliederung:

Routenbeschreibung

1. Landschaftsformen Ostholsteins
2. Böden und Bodennutzung des Gutsbetriebes Siggen
 - Profil 1: Parabraunerde unter Wald
 - Profil 2: Parabraunerde unter Acker
 - Profil 3: Parabraunerde-Pseudogley unter Wald
3. Schwarzerdeartige Böden bei Großenbrode
 - Profil 4: Parabraunerde-Pseudogley
4. Strandwall-Landschaft an der Ostseeküste und ihre Böden
 - Profil 5: Gley-Lockersyrosem
 - Profil 6: Strandgley
5. Literatur

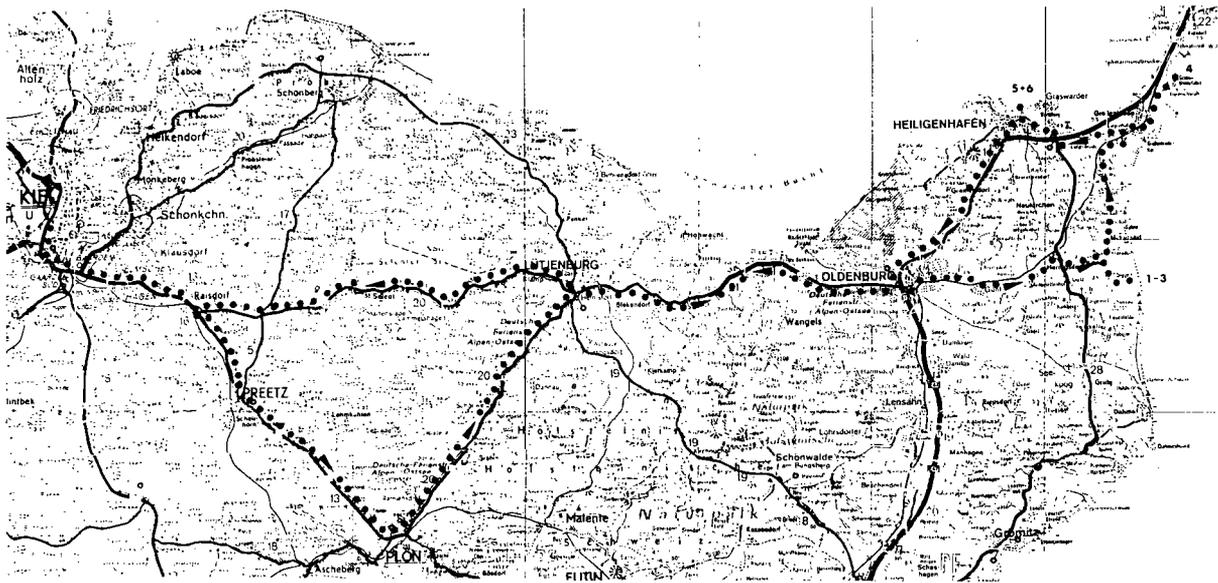
¹⁾ Projektzentrum Ökosystemforschung, Universität Kiel

²⁾ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

³⁾ Institut für Bodenkunde der Techn. Universität Hannover

⁴⁾ Gutsverwaltung Siggen, Heringsdorf/Holstein

Abb. 1: Topographische Karte des nördlichen Ostholsteins mit der Exkursionsroute



—●●●●● Exkursionsroute A

Routenbeschreibung:

Kiel: Landeshauptstadt von Schleswig-Holstein mit ca. 250.000 Einwohnern, Wertindustrie, Fachhochschulen, Bundesmarine und Einkaufszentrum.

Kieler Förde: Weichselglaziale Gletscherzunge mit markanten Seitenmoränen; Entwässerung zum Einfeld der Sander seit dem Spätglazial durch den Hornheimer Riegel unterbunden; heute Hafen mit Fährverbindungen nach Dänemark, Norwegen, Rußland und Schweden; Fischerei- und Segelsporthäfen sowie Strandbäder entlang der Küste.

Ralsdorf: Einkaufszentrum; Gewinnung von Erdöl aus Doggersandstein, der durch Salztektone angehoben wurde; kuppige Moränenlandschaft mit von Knicks (Wallhecken) umgebenen Feldern neben Buchenwäldern und Seen.

Preetz: Marktflecken mit früherem Benediktinerinnenkloster.

Plön: Marktflecken im Zentrum der Holsteinischen Schweiz am Großen und Kleinen Plöner See; Renaissanceeschloß, bis 1842 Sommerresidenz der dänischen Könige, dann Kadettenanstalt, heute Internatsschule.

Plußsee: Toteissee; wichtiges Forschungsobjekt des Max-Planck-Institutes für Limnologie in Plön.

Rantzeu: Holsteinischer Gutsbetrieb mit markantem Herrenhaus und Trakehner Pferdezeit.

Kossautal: Weichselglaziale Schmelzwasserrinne mit der zur Ostsee entwässernden Kossau.

Lütjenburg: Marktflecken; frühere Slawensiedlung auf markanter Stauchmoräne

Futterkamp: Lehr- und Versuchsbetrieb der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein.

Oldenburger Graben: Schmelzwasserrinne, heute weitgehend vermoort und in Grünlandnutzung.

Oldenburg: Marktflecken; im 11. Jhrd. als Starigrad Hauptstadt der slawischen Wagrier, im Mittelalter Bischofssitz.

Siggen: Gutsbetrieb mit den Bodenprofilen 1 - 3.

Großenbrode: Fährhafen vor dem Bau der Fehmarnsundbrücke, Abbruchküste mit Bodenprofil 4.

Heiligenhafen: Ostseebad und Fischereihafen, mittelalterliche Salzspeicher.

Graswarder: Strandwalküste mit Bodenprofilen 5 und 6.

Selenter See: Zungenbeckensee, heute Fischerei und Badebetrieb.

Schwentine: entwässert den Plöner See zur Ostsee, im 12. Jhrd. Teil des Limes Saxoniae als Grenze zwischen Wagrien und Holstein.

Kiel.

1 Landschaftsformen Ostholsteins

Die Oberflächenformen und Voraussetzungen für die Bodenbildung im Östlichen Hügellandes Schleswig-Holsteins wurden grundlegend in der letzten Eiszeit, dem Weichselglazial, gestaltet (GRIPP 1964, Oberflächenformenkarte in: SCHLENGER et al. 1970). Naturräumlich deckt sich das Gebiet der Landschaft mit der Ausdehnung der Eisvorstöße. Dabei bilden die westlichen **Vorstößlinien des Weichselglazials** die natürliche Abgrenzung zur Niederen Geest, deren Landschaftsbild durch die vorgelagerten Sanderflächen und weiträumig vermoorte Niederungen geprägt wird.

Im Vergleich mit den periglazial stark überformten Altmoränen der Hohen Geest und Zerstörung der ehemals eemzeitlich tiefgründig verwitterten Böden, deren Material viel früher, während der Saale-/Warthevereisung abgelagert wurden, ist das Relief der Landschaft Ostholsteins weit weniger verändert und eingeebnet. Daher charakterisieren stark wechselnde Oberflächenformen die junge Moränenlandschaft. **Endmoränen** treten besonders im Bereich der früheren Eisrandlagen, so zum Beispiel parallel zu den Uferlinien der Förden hervor, deren Entstehung auf subglaziale Tunneitäler und ausgeräumte Zungenbecken zurückgeht, in die das Meer während der Litorina-Transgression eindrang.

Große Teile des Östlichen Hügellandes wurden durch die Anhäufung von Moränenmaterial vor dem Inlandeis gestaltet. Dagegen bildet das Gebiet östlich des Oldenburger Grabens, in dem die Exkursionsstandorte liegen und die Insel Fehmarn, eine extrem flache Landschaft, die zum Exarationsgebiet der Weichselvereisung gehört (STEPHAN u. MENKE 1977).

Zwischen Kiel und Neumünster lassen sich vier verschiedene Moränenstufen nachweisen (STEPHAN et al. 1983). Dabei umziehen die äußeren, meist älteren Moränen ehemalige Gletscherloben weitbogig. Dagegen sind die inneren, in der Regel jüngeren Moränen durch die Aufspaltung des Eises in einzelne Gletscherzungen nachfolgender Vorstöße gestaltet. Dazwischen ist das **fluvloglaziale Material** der Endmoränen vielfach intensiv gestaucht. Charakteristische Stauchmoränen wurden im Raum Preetz, Selent, Lütjenburg in Kerben zwischen verschiedenen Zungen aufgetrieben (ERNST 1974).

Ein Zungenbecken füllt heute der Selenter See, das zweitgrößte Binnengewässer Schleswig-Holsteins aus. Auch die Seen der Holsteinischen Schweiz, z.B. der Große Plöner See, der größte See im Land, gingen häufig aus Zungenbecken hervor. Die **Holsteinische Seenplatte** entstand dort, wo nach dem allgemeinen Umlenken der ursprünglichen eiszeitlichen Fließrichtung des Schmelzwassers von südlicher Richtung, zum Elburstromtal und Nordsee, nach Norden der eisfrei werdenden Ostsee entgegen, Toteis der Zungenbecken am mächtigsten blieb (GRIPP 1964). In einer dieser Schmelzwasserrinnen fließt heute die Kossau (ERNST 1974), deren Mäanderschlingen bis heute weitgehend von künstlichen Bachbegradigungen verschont blieb, in die Ostsee (MUUSS et al. 1973). Infolge des Tieftauens sank der Seespiegel des Plöner Sees um viele Meter. Darüberhinaus entstanden weitere Seen auch durch den Absatz von Süßwasser in den Toteissenken.

Zwischen dem Endmoränengebiet und der extrem flachen Grundmoränenlandschaft, deren Mittelpunkt die Stadt Oldenburg ist, liegt der Bungsberg, mit 166 m. ü. NN die höchste Erhebung Schleswig-Holsteins. Sie gilt als weichselzeitlicher Nunatak, der bereits bei einem ersten Eisvorstoß angelegt wurde, indem größere Schuttmengen an prädisponierter Stelle abgelagert wurden. Folgende Vorstöße wurden darum geführt und bildeten an den Flanken mehrere Stufen von Ringmoränen.

Besonders in den Bereichen der wallartigen Endmoränen wechselnder Eisrandlagen erfährt der ursprünglich sedimentierte **Geschlebermergel** eine starke periglaziale Überformung. Durch Ausspülung tritt ein häufiger Wechsel von tonreicherem bis hin zu sandigem bis kiesigem Material auf. Die primäre Schichtung von **Schmelzwassersanden** wurde häufig zusammengestaucht, in gefrorenem Zustand aber auch erhalten. Unsortiert in neuen Endmoränen abgelagert, bildet das Material **Geschlebesande**, über denen verschiedentlich

eine geringmächtige Decke von Geschiebemergel liegen kann. Von Grundmoräne überlagerte Schmelzwassersandfolgen können durch vorrückendes Eis aufgepreßt worden sein. Falten, Verwerfungen und Überschiebungen führen ebenfalls dazu, daß an der Oberfläche häufig sehr kleinräumig ein Wechsel zwischen tonigerem mit sandigem Material auftritt (vergl. GRIPP 1964). An der **heterogenen Oberflächengestaltung** sind auch kryoturbate Vermischung von Bodenmaterial, sandgefüllte Frostspalten und Fremdeinträge von Flugsand beteiligt. Innerhalb des Jungmoränengebietes treten im Gebiet Plön, Eutin Binnensander auf, die nach ihrer kuppigen Oberfläche und Sackungerscheinungen in der Schichtung über das Toteis geschüttet wurden.

Diesen heterogenen Verhältnissen folgt die **Bildung der Böden** im Endmoränengebiet Ostholsteins (SCHLICHTING 1960). Sie beginnt mit der **Entkalkung** der Sedimente. Die **größten Entkalkungstiefen**, mit über 1.5 m sind bei stark überformtem Material der älteren südwestlich gelegenen Endmoränen festzustellen, während sie in Richtung auf das Exarationsgebiet immer weiter abnehmen. In den homogeneren Sedimenten der Grundmoränenlandschaft Fehmarns und des benachbarten Festlandes wird der carbonathaltige Geschiebemergel z.T. noch weit über 80 cm angetroffen. Die weniger fortgeschrittene Entkalkung kann auf höhere Anfangsgehalte infolge geringer Entfernung zu den Quellgebieten, der großflächig bereits in geringer Tiefe im Becken der Ostsee anstehenden Oberkreide zurückgeführt werden, die bei Rügen und Mön an die Oberfläche stößt. Außerdem konnten in stärkerem Maße in geringer Tiefe des Untergrundes anstehende tertiäre Tone aufgenommen und dem Geschiebe beigemischt werden (STEPHAN 1971). Homogene Verteilung und höhere Tongehalte im Geschiebemergel verzögern die Entkalkung.

Der Entkalkung folgt die **Verbraunung** von Silicaten und **Verlehmung** des Sediments. Mit fortschreitender **Versauerung** bilden sich aus **Pararendzinen** und **Braunerden** typische **Parabraunerden**. Dabei wird überwiegend der Feinton (< 0.6µm) in Trockenspalten und Bioporen verlagert und an den Aggregatoberflächen des Bt-Horizontes angereichert (**Tonverlagerung**, BLUME 1968). Diagnostisch ist dieses Merkmal häufig nicht von einer **Schichtung** zu unterscheiden, wenn sich entsprechende Tonbeläge im Al- und Bt-Horizont zunächst nicht festgestellt lassen. Auch diese Böden werden als Parabraunerden bezeichnet, da sie hinsichtlich verknüpfter Merkmale sehr ähnliche Eigenschaften aufweisen, wie die ausschließlich durch Tonverlagerung entstandenen Böden. Dazu gehört die Tendenz bereits in ebener Lage Stauwasser zu bilden (BLUME 1968). Unter diesen Verhältnissen sind die **typischen Parabraunerden** häufig mit primären und bei Tonverlagerung sekundären **Pseudogleyen** vergesellschaftet. In Muldenlagen und hochanstehendem Grundwasser treten **Gleye, Anmoore, Niedermoore** und entsprechende **Übergangstypen** auf.

Die bereits im Neolithikum beginnende, auf vielen Schlägen seitdem ununterbrochene **Ackernutzung** hat besonders intensiver **Bodenbearbeitung** die Erosion begünstigt. Ackerböden in Senken- und Unterhangbereichen sind dann in typischer Weise häufig kolluvial überdeckt, bis hin zur Bildung von **Kolluvien** und mit **rezenten Pararendzinen** in Kuppen- und erodierten Böden in Oberhanglage vergesellschaftet (SCHLICHTING 1960).

2 Böden und Bodennutzung des Gutsbetriebes Siggen (Ostholstein)

Die Bodengesellschaften Ostholsteins sind bereits seit dem Jahre 1958 Objekt intensiver, zunächst genetisch orientierter Untersuchungen des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde (SCHLICHTING 1960, BLUME 1961 und 1968). Später wurden die Wald- und Ackerstandorte bodenökologisch (ZINGK 1988, BEYER 1989, PETERS 1990 und SCHIMMING 1991) und in neuerer Zeit auf bestimmte Eigenschaften des Humuskörpers (BEYER et al. 1991), der Mineralogie und Bedeutung der Aggregation für die Nährstoffdynamik und des Säurepuffervermögens (TAUBNER 1993) untersucht.

die für die großen Markfruchtbetrieb Ostholsteins typisch ist, folgt auf Winterapps, Winterweizen und Wintergerste. Winterweizen wird sehr häufig auch nacheinander angebaut. Auf einigen Schlägen erweitern Zuckerrüben die Fruchtfolge.

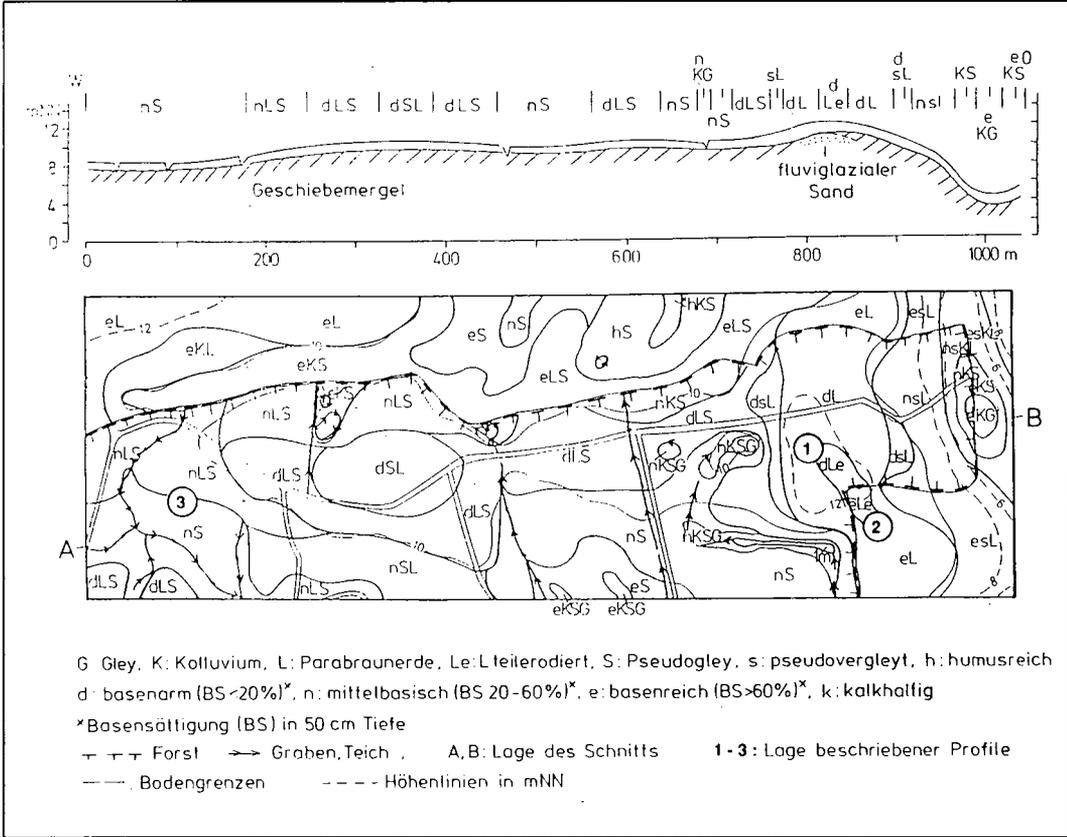


Abb. 2: Schnitt durch das Gebiet von Siggern und Bodenkarte der Moränenlandschaft (nach BLUME et al. 1986, verändert).

Profil A 1

Aufnahmeterrain: 3.10.1986

<u>Lage:</u> Gutsbetrieb Siggen, Ostholstein	TK: H6017630, R4439800
<u>Klima:</u>	Niederschlag: 570 mm Mitteltemperatur: 8.4° C
<u>Gestein:</u>	Geschiebemergel über fluvioglazialen Vorschüttssanden
<u>Relief:</u> kleiner Rücken	Neigung: 1° Exposition: S-O Höhenlage: 12,3 ü.NN, 4-6 m über Grundwasser
<u>Vegetation:</u>	Buche, Hainbuchen, Eiche Humusform: Moderartiger Mull
<u>Klassifikation:</u>	Typische Parabraunerde FAO: Haplic Alisol Soil Taxonomy: Typic Hapludalf

Beschreibung des Profils:

Hor	Tiefe (cm)	
L/Of	+3,5-2,5	Buchen und Eichenblätter mit Zweigen, wenig Fraßspuren.
Of	+2,5-1,5	perforierte Blätter und zerkleinerte Zweige mit Kot von Regenwürmern und Arthropoden, feinkru
Oh	+1,5-0	sehr dunkel grau (10YR3/1), feinkru, wurzelreich, gleit. Übergang.
Ah	0-14	dunkel grau-braun (10YR4/2), S14x2, kru, wurzelreich, diffuser Übergang
Alv	-47	braun (10YR4/3), Ls3x2. sub, mittel durchwurzelt, diffuser Übergang
Bvt	-91	gelbbraun (10YR5/5), Ltsx2, sub bis pri, Tonhäutchen, wenig durchwurzelt, diffuser Übergang
BtC	-117	gelbbraun (10YR5/5), Ltsx2, pri, Tonhäutchen, kaum durchwurzelt. scharfer Übergang
Ccv	-135	gelbbraun (10YR5/4), Ls3x2, koh-pri, weißl. Anflüge auf Aggregatoberflächen, diffuser Übergang
Cv	-182	fahl braun (10YR6/3), Ls3x2. koh. scharfer Übergang.
IIC	-200	fahl gelb (2.5Y7/4), mSgs, g3, ein

Profil A 1

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kl cm/d	dB cm ³	GPV %	Vol. % Wasser b. pF				kalk-, u.		humusfreier Feinboden %				
							0,6	1,8	2,5	4,2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.4	Ah	0-14	2,8	1000	1,10	57	41,0	35,4	32,2	9,5	4,8	16,4	25,7	17,3	11,9	8,2	15,7
1.5	Alv	-47	3,0	710	1,62	37	32,5	31,1	29,5	17,5	4,8	13,9	22,5	14,6	10,4	9,0	24,7
1.6	Bvt	-91	3,1	2,7	1,67	37	32,3	31,0	30,0	18,4	4,7	13,8	21,0	14,0	8,8	9,3	28,8
1.7	BtC	-117	2,3	-	1,71	36	33,5	32,5	32,0	19,9	4,4	13,8	24,0	12,2	9,6	9,3	26,7
1.8	Ccv	-135	2,6	1,3	1,74	34	31,7	30,1	29,0	19,0	3,9	15,3	22,8	14,8	10,7	9,8	23,1
1.9	Cv	-182	2,6	1,3	1,74	34	31,7	30,1	29,0	19,0	4,4	14,0	24,2	15,2	11,7	8,7	21,6
1.10	IIC	-200	25	1100	1,69	36	32,9	7,3	5,8	2,6	29,3	49,8	14,3	1,3	0,8	0,8	3,7

Nr.	Hor.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	N _t %	C/N	Fe _a mg/g	Fe _d g	Fe _a /Fe _d	Mn _a mg/kg	Al _i	Cd _t	Cu _t	Mn _t mg/kg	Pb _t	Zn _t
1	2	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	43	44	45	46	47
1.1	L/Of	4,2	0	46,2	1,33	34						1,1	3,9	1380	33	53
1.2	Of	4,0	0	40,8	1,67	24						1,1	12	1420	43	62
1.3	Oh	3,6	0	20,4	1,22	17						0,47	11	740	42	59
1.4	Ah	3,7	0	2,1	0,19	11	2,9	6,2	0,46	0,6	3,3	0,41	20	690	28	49
1.5	Alv	3,8	0	0,6	0,06	11	2,2	9,5	0,23	0,3	4,7	0,19	22	430	37	54
1.6	Bvt	4,3	0	0,3	0,04	8	1,9	10,4	0,18	0,3	4,5	0,24	30	430	42	58
1.7	BtC	7,3	6,7	0,2	0,03	6	1,1	8,8	0,13	0,3	3,3	0,26	23	490	31	52
1.8	Ccv	7,4	16,1	0,2	0,02	9	0,9	6,4	0,14	0,3	2,7	0,22	20	430	31	47
1.9	Cv	7,6	21,8	0,1			0,8	7,4	0,10	0,2						

Nr.	austausch.		Kat K	mmole/kg			KAK		BS %	Mächt cm	nFK mm	KAK mol _c /m ²	S-Wert c/m ²	C _{aa}	Mg _a g/m ²	K _a
	Ca	Mg		Na	H+Al	pot	eff									
1	29	30	31	32	33	34	35	36		37	38	39	40	41	42	
1.4	14,1	4,8	3,5	0,7	0	172	83	13	14	36	12,7	3,5	43,4	9,0	21,0	
1.5	16,5	5,5	3,8	1,3	0	149	123	18	33	45	66	10,7	57,6	26,5	58,6	
1.6	77,0	17,2	2,8	2,1	0	158	121	63	44	55	89	37,0	1131	154	80,2	
1.7	142	16,2	2,7	1,9	0	166	166	98	9	11	26	11,0	437	30,3	16,2	
1.8	132	11,5	2,4	1,8	0	148	148	100	Σ 100	147	100	62,0	2569	220	175	
1.9	135	8,2	2,7	2,5	0	126	126	100								

beim Bezug von S-Wert und verfügbaren Nährstoffen auf den effektiven Wurzelraum wurden die Mengen ab 30 cm nur zu 50% berücksichtigt.

Interpretation:

Das Gestein von A1 war Geschiebemergel über Schmelzwassersand. Der Mergel lagert infolge von Eisdruck beim Absatz sehr dicht und besteht aus ca. 40% Quarz, 10% Feldspäten, 10% Glimmern, 18% Tonmineralen und 20% Carbonaten neben 2% Schwermineralen (Tab. 3). Die Tonfraktion besteht hauptsächlich aus Illiten und Smectiten. Die Verhältnisse zwischen den Anteilen der Feinsand- und der Mittelsandfraktion in den verschiedenen Horizonten sind fast gleich und kennzeichnen dadurch eine weitgehend homogene Ablagerung des Geschiebemergels (KUNDLER 1959, BLUME 1961). Das zeigen auch ähnliche Kurvenverläufe der Korngrößenfraktionen im Bereich 0.6 bis 1000 µm (Abb. 3), die einer möglich Tonverlagerung nicht unterliegt.

Tab. 3: Gehalte an Tonmineralen in den Fraktionen < 0.1 µ und 0.5 bis 5 µm (nach BLUME et al. 1986)

Hor.	Smectite	Wechsel- lag. mine- rale	Glimmer u. Illite	Chlorit	Kaolinit	Glimmer u. Illite	Vermiculit	Wechsel- lag. mine- rale	Kaolinit	Quarz
----- < 0.5 µ -----						----- 0.5 - 5µm -----				
Parabraunerde unter Buchenwald										
Ah	55		32	5	8	10	5		5	30
Alv	40	15	35	4	6	15	10		5	30
Bvt	53	6	33	4	4	20	10		5	25
Ccv	51	6	34	4	5	20	10		5	25
Parabraunerde-Pseudogley unter Buchenwald										
SwAh	50		20	15	15	10	2	5	5	40
Sw	26	29	30	7	8	10	15		5	40
BlSd	55	6	32	5	2	20	10		10	35
CSd	44	6	39	6	5	25	10		10	30

DULZ (1993) hat die mineralische Zusammensetzung der Korngrößenfraktionen differenzierter untersucht (Tafel 1). Die Quarzgehalte sind in den Fraktionen 100-315 µm (Feinsand: 63 - 200 µm) am höchsten, dementsprechend zeigen die Feldspatgehalte in diesem Bereich ihre niedrigsten und in den Sand- und Schlufffraktionen höhere Werte. Mit der Feinsandfraktion beginnt die verstärkte physikalische Verwitterbarkeit, die zu einer Anreicherung der Feldspäte in der Schlufffraktion führt. In den Korngrößenklassen der verlagerbaren Bodenpartikel dominieren weitgehend die Glimmer- bzw. Illitgehalte (neben Vermiculit und Smectit, nicht dargestellt), die in gleicher Weise jeweils in den Klassen geringerer Korngröße angereichert werden. Die gleichbleibenden Quotienten der Gehalte an Quarz in den Korngrößenklassen 200-315 µm und 315-500 bzw. 160-200 µm ändern sich mit der Tiefe nicht und bestätigen damit die Homogenität des Ausgangsgesteins. Im Maximum der Verhältnisse von Quarzgehalten zwischen der verlagerbaren Fraktion und in der Sandfraktion zeigen sich die Einflüsse der Tonverlagerung.

Profil Siggen

Abb. 1: Quarzgehalte der Einzelfractionen in der Horizontabfolge

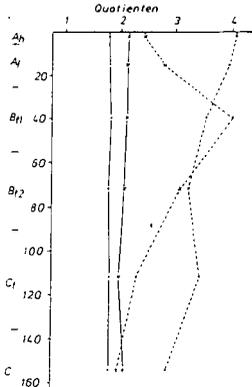
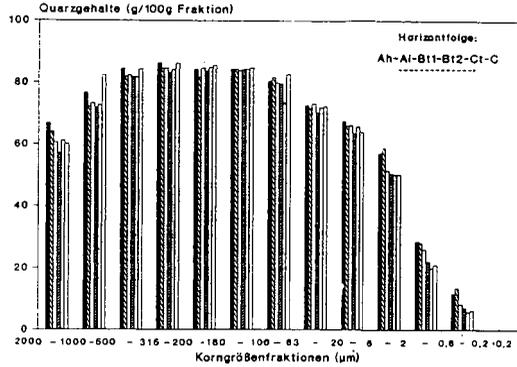


Abb. 2: Quotienten der Gehalte an Quarz bestimmter Korngrößenfraktionen

Quarz: Quotienten der Fraktionen (µm):
 — 200-315/215-500
 - - - 200-315/180-200
 . . . 20-63/101/63-2000
 - · - · 0.2-2-100/63-2000

Abb. 4: Glimmer- bzw. Illitgehalte der Einzelfractionen in der Horizontabfolge

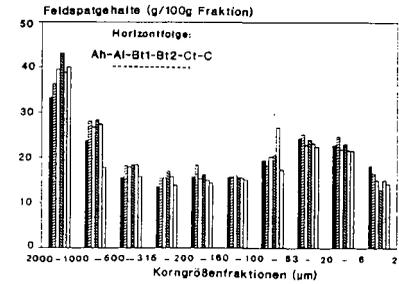
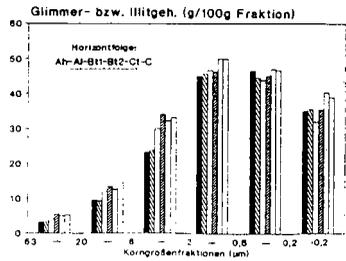


Abb. 3: Feldspatgehalte der Einzelfractionen in der Horizontabfolge



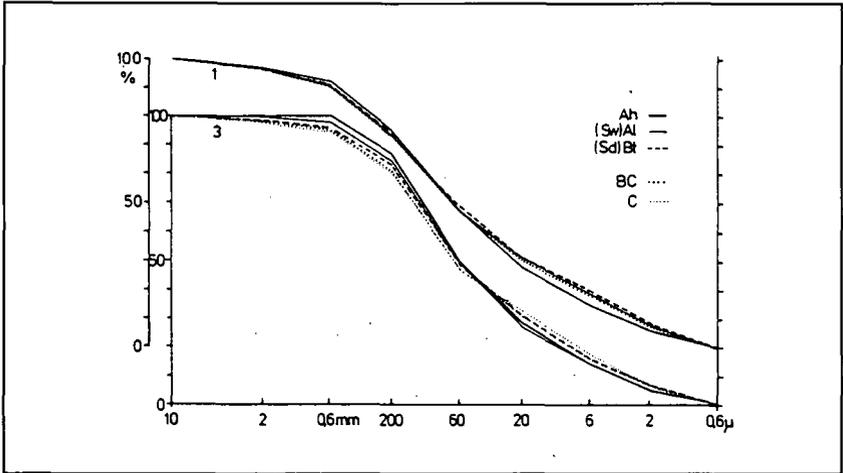


Abb. 3: Korngrößenverteilung (kumulativ) der Fraktion 0,6 µm bis 1 cm bei einer Parabraunerde (1) und eines Parabraunerde-Pseudogleys unter Buchen-/Eichenwald (3) (nach BLUME et al. 1986).

Tab. 4: Stoffbilanz einer typischen Parabraunerde aus Geschiebemergel unter Buchen-/Eichenbestand in Siggen, Ostholstein (aus SCHIMMING 1991, verändert und ergänzt aus BLUME 1981)

	Ti	K	Na	Ca	Mg	P	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	CaCO ₃	Ton
	kg/m ² 1,2 m														
Ist	6.56	39.13	11.29	15.14	11.42	0.74	76.9	53.3	0.91	105	47	0.45	69	56.0	498
Soll	6.56	43.43	12.60	142.15	14.22	0.97	78.2	55.2	0.97	111	48	0.52	71	410.0	464
Verlust	0	4.30	1.31	127.01	2.79	0.23	1.3	1.9	0.06	6	1	0.07	2	354.0	34
Verlust (%)	0	9.9	10.4	89.4	19.6	23.7	2.	3	6	5	2	14	3	86.4	7
	mg/m ²														
jährl. Verlust ¹⁾		330	100	9000	220	18	100	146	4.6	460	77	5.4	115	27000	
	µg/m ²														
derzeitige Aus- tragsraten mit dem Sickerwasser		310	3060	14800	550	5	40	10	60	14160	150	30	40		

¹⁾ Mittlerer jährlicher Verlust durch Auswaschung als Folge der Mineralverwitterung seit Beginn der Bodenbildung vor ca. 13000 Jahren

Der Geschiebemergel wurde vor etwa 13000 Jahren abgelagert (SEIFFERT 1954). Bis zum Ende der Älteren Dyraszeit (bis 10800 v. Chr.) unterlag der Boden Permafrosteeinflüssen. Merkmale von Kyrroturbation oder Solifluktion fehlen aber. Aeolische Fremdeinträge von Sand lassen sich aus der Körnung nicht ableiten. Möglich ist ein geringfügiger Abtrag. Das Profil ist heute bis 90 cm entkalkt. Aus Profilbilanzen errechnet sich ein Kalkverlust von 350 kg/m² (Tab. 4). Dem entsprechen die Verluste der Elementmengen von Calcium und Magnesium aus dem Mineralbestand seit Beginn der Bodenbildung. Mit zunehmender Entkalkung können unter natürlichen Bedingungen mit abnehmende Verlustraten der beiden Elemente erwartet werden. Tatsächlich über die Flüsse mit dem Sickerwasser ermittelte Austragsraten der jüngsten Vergangenheit (Tab. 4) liegen jedoch

erheblich über den jährlichen Verlusten, die für den gesamten Zeitraum der Bodenbildung berechnet wurden. Daher kann oberhalb der Entkalkungstiefe im stark versauerten Ah-Horizont mit einer intensiven Silikatverwitterung gerechnet werden, die gemessen an dem Zeitraum der Bodenbildung, erst spät eingesetzt hat.

Die Verlehmung hat zur Bildung von 35 kg Ton/m^2 geführt. Dabei ist eine Veränderung in der tonmineralischen Zusammensetzung nicht eingetreten. Toncutane sind in Form der klassischen schokoladenbraunen Überzüge auf den Aggregatoberflächen sichtbar. Der Verlauf von Verteilungen über die Tiefe zeigen, daß mit Feintonfraktion auch freie Eisen- und Manganverbindungen in den Bt-Horizont verlagert werden. Trotz der hohen Tongehalte des Bodens treten hydromorphe Merkmale nicht auf. Die Bildung von Stauwasser verhindert die gut dränende liegende Schicht fluvioglazialer Sande.

Obwohl der Oberboden stark versauert ist, kann noch eine hohe biologische Aktivität verzeichnet werden. Die anfallende Laubstreu wird daher innerhalb eines Jahres etwa zur Hälfte abgebaut. In Mesh-bag-Untersuchungen bewirkte die versuchsweise Magnesiummergeldüngung eine signifikante Zunahme der Bodenfaunabiomasse (Abb. 3). Im Gegensatz den Ergebnissen bei einem Podsol im Segeberger Forst ist die Zönose der Bodenorganismen noch an nährstoffreiche Bedingungen adaptiert und kann auf eine Kalkzugabe positiv durch eine Zunahme der Leistung reagieren.

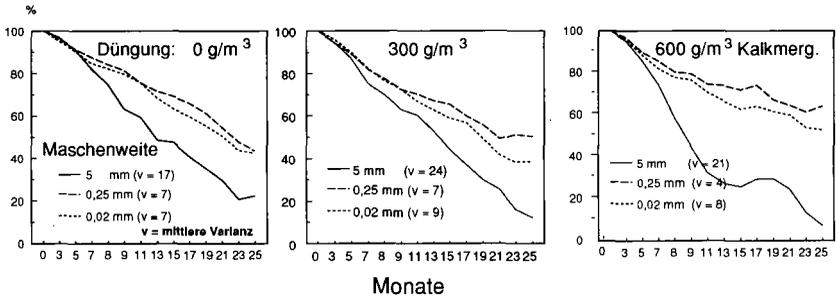


Abb. 3: Restmengen an Laubstreu in Netzbeuteln unterschiedlicher Maschenweite und Düngung mit Magnesiummergel einer Braunerde unter Wald (Profil A1, IRMLER, unveröffentl.)

Im derzeitigen Stadium der Parabraunerde bildet die Zersetzung der Streu moderartiger Mull. Die abnehmenden Anteile der Stofffraktionen Hemizellulose, Zellulose und Lignin im Bestand der organischen Substanz führt zur Bildung von Huminstoffen bei denen die Fulvosäurefraktion dominiert (Abb. 4). Strukturchemische Untersuchungen mit Hilfe von ^{15}C -NMR-Spektren zeigen, daß mit zunehmender Tiefe längererkettige Kohlenstoffverbindungen mehr an Bedeutung gewinnen, als dem gleichbleibenden Anteil an Fetten und Wachsen entspricht.

Mikrobielle Abbauprozesse und Mineralisation sind an der Entstehung von Ungleichgewichten im Stoffhaushalt des Ökosystems (Tab. 5) beteiligt, die ursächlich depositionsbedingt sind. Die Austräge an anorganischem Stickstoff aus dem Wurzelraum, die ausschließlich als Nitrat in Höhe von 50 kg/ha erfolgen, übersteigen die atmosphärisch deponierten Mengen um das Vierfache. Davon werden etwa zwei Drittel in Form von Ammoniumstickstoff eingetragen. Die mikrobielle Aktivität führt zur vollständigen Nitrifizierung der mineralisierten und deponierten Ammoniummengen, die entsprechend den ausgewaschenen Nitratmengen als Anteil bodeninterner Prozesse den höchsten Anteil an der Bodenversauerung hat (SCHIMMING 1991). Dabei wird

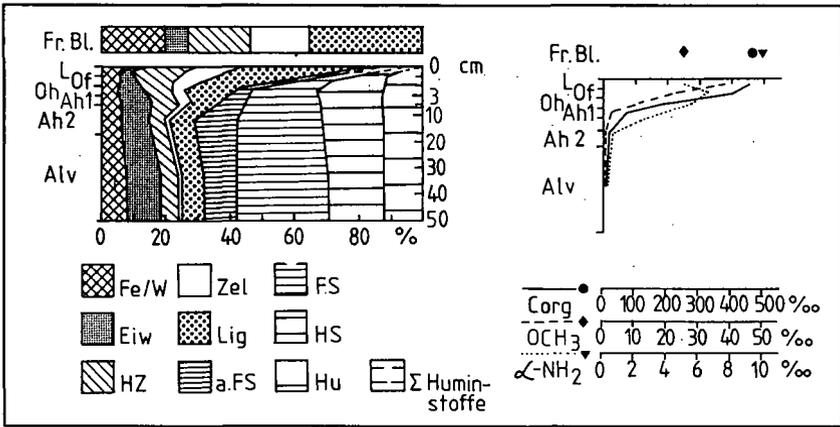


Abb. 4: Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz der Parabraunerde unter Buchen-/Eichenwald (BEYER et al. 1991)

das Versauerungspotential der atmosphärisch deponierten Ammoniummengen vollständig realisiert und ist an diesem Standort von gleicher Wirksamkeit wie die übrigen säurerelevanten Einträge. Dem entsprechen die hohen Austräge an Elementen aus dem Mineralbestand (Tab. 4).

Tab. 5: Bilanzierung ökosystemarer Stoffflüsse bei einem Buchen-/Eichenwaldbestand über Parabraunerde in Siggan (Mittelwerte zweier hydrologischer Jahre 1983/84 und 1984/85, aus SCHIMMING 1991, verändert)

	NS l/m ²	H	NO ₃ N	NH ₄ N	PO ₄ P	K	Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	Al	Fe	Mn
		mg/m ²												
A Niederschlag	496	19.7	450	760	50	330	400	140	770	2680	1540	30	30	20
B Kronentraufe	332	12.5	680	1000	60	1210	920	470	1920	5090	4660	60	30	230
Kronenraumprozesse B - A														
Blattauswaschung					10	880	520	180						220
Pufferung		56.7												
Tr. Deposition		66.6	230	240			150	1150	2410	3120	30	0		
C Gesamtd deposition		69.2	680	1000	50	330	400	290	1920	5090	4660	60	30	20
D Austrag ¹⁾		87	4770	0	5	310	14800	550	3060	5000 (6000)		40	10	60
Bilanzierung D - C			4090	-1000	-45	-20	14400	260	1140	-90 (1400)		-20	-20	40

¹⁾ aus 1.20 m Tiefe

²⁾ überwiegend trockene Deposition

Notizen:

Profil A 2

Aufnahmedatum:

Lage:
Gutsbetrieb Siggen, Ostholstein

TK: H 6017530, R 4439830

Klima:

Niederschlag: 570 mm
Mitteltemperatur: 8.4°C

Gestein:

Weichselzeitlicher Geschiebemergel über
fluvioglazialen Vorschütsanden

Relief: flacher Rücken

Neigung: 1°
Exposition: SO
Höhenlage: 11,5 Ü.NN

Nutzung:

Acker

Klassifikation:

typische Parabraunerde, leicht erodiert
FAO: Orthic Luvisol
Soil Taxonomy: Typic Hapludalf

Beschreibung des Profils:

Hor	Tiefe (cm)	
Ap	0-24	dunkelbraun (10YR3/2) Ls3x2, kru-gsub, Ld 3, deutlicher Übergang.
Bvt	-70	braun (19YR4/4) Ltsx2, sub-gpri, Ld3, Tonbeläge, Wurmröhren, einige braunschwarze Konkretionen, gleit. Übergang
BtC	-86	braun (10YR4/4) Ltsx2, gpri, Ld3, Tonbeläge, kalkhaltig mit braunschwarzen Konkretionen (10YR3/2), deutlicher Übergang
Ccv	-140	dunkel gelbbraun (10YR4/6) Ltsx2, gpri, Ld4, kleine schwarze Konkretionen, kalkreich, Kalkanflüge an den Aggregatoberflächen, scharfer Übergang
IIC	-200	olivgelb (2.5Y6/4), mSgs, g3, sin, Ld3, deutlicher Übergang
IIIC	-220	braun (10YR5/3) Su2, sin-koh, Ld 4

Profil A 2

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB cm³	GPV %	Vol.% Wasser b. pF				kalk-, u.		humusfreier		Feinboden %		
							0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	S	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2.1	Ap	0-24	3	412	1,51	41	37	29	24	15	4,8	16,0	22,7	13,5	11,1	7,5	24,4
2.2	Bvt1	-46	4	23	1,71	36	34	32	28	20	3,7	14,0	22,0	9,7	17,3	3,8	29,5
2.3	Bvt2	-70	6	20	1,74	34	34	32	29	19	4,4	13,0	21,7	9,4	12,0	8,7	30,0
2.4	BtC	-86	5	23	1,75	33	33	31	27	18	3,2	12,6	24,5	11,6	11,9	8,6	27,7
2.5	Ccv	-140	4	72	1,76	33	33	29	25	17	6,0	17,8	23,4	7,1	10,1	10,2	25,3
2.6	IIC	-200	25	>1000	1,69	34	33	7	6	3	29,3	49,8	14,3	0,3	1,6	1,0	3,7
2.7	IIIC	-220		226		36					2,7	10,2	61,3	19,6	1,7	0,6	3,9

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	N _t %	C/N	Fe _o mg/g	Fe _a g	Fe _o / Fe _a	Mn _o mg/kg	Al _o	austausch.		Kat K	mmolc/kg		E pot	KAK eff	BS %
											Ca	Mg		Na	H+Al			
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2.1	7,0	0,1	0,88	0,12	7	2,4	7,2	0,34	434		116	13	9,3	0,6	0	139		100
2.2	6,4	0,0	0,27	0,05	6	1,4	9,4	0,15	285		116	14	4,5	0,8	33	168		80
2.3	6,2	0,0	0,24	0,05	5	0,9	9,1	0,10	345		125	16	2,6	1,2	35	180		81
2.4	7,6	7,8		0,04		1,4	7,2	0,19	290		139	9,2	2,2	0,9	38	154		98
2.5	7,6	18,9		0,02		0,8	5,3	0,14	114		126	5,4	1,9	0,6	0	134		100
2.6	7,6	13,5		0,01		0,3	2,1	0,13	204		35	1,2	0,1	0,1	0	36		100

Nr.	Mächt cm	nFK mm	KAK	S-Wert - molc/m² -	Ca _a	Mg _a g/m²	K _a									
1		37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
2.1	24	34	50	50	813	55	127									
2.2	22	26	23	43	530	39	40									
2.3	24	44	36	15	740	57	30									
2.4	16	21	21	10	368	15	11									
2.5	14	17	18	9	298	7,8	8,7									
E	100	142	210	127	2749	174	217									

beim Bezug von S-Wert und verfügbaren Nährstoffen auf den effektiven Wurzelraum wurden die Mengen ab 30 cm nur zu 50% berücksichtigt.

Interpretation:

A2, eine Parabraunerde unter Acker liegt 100 m neben A1 (Abb. 2) und ist auch aus Geschiebemergel über Vorschütsanden entstanden. Ein Al-Horizont fehlt, da 20 cm des Oberbodens erodiert worden sein dürften. Regelmäßige Düngung und Kalkung haben ein Absinken der Bodenreaktion verhindert und mit verfügbaren und mobilisierbaren Nährstoffen stark angereichert (Tab. 6). Durch die ständige Bodenbearbeitung ist das Gesamtporenvolumen etwas herabgesetzt bei entsprechenden Veränderungen des Wasserhaltevermögens. Die Wasserdurchlässigkeit ist dementsprechend viel geringer als bei der Parabraunerde unter Wald. Trotzdem sind hydromorphe Merkmale infolge der Dränwirkung des liegenden Vorschütsandes nicht ausgebildet.

Tab. 6: Bilanzierung von Stoffflüssen bei einer Parabraunerde unter Ackernutzung in Siggen (Mittelwerte zweier hydrologischer Jahre, 1983/84 und 1984/85) im Vergleich mit potentiell verfügbaren Nährstoffmengen im Ap-Horizont, nach SCHIMMING 1991)

	NS	H	NO ₃ N	NH ₄ N	N _{ges.}	PO ₄ P	K	Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	Al	Fe	Mn
	l/m ²	kg/ha													
N Niederschlag	496	19.67	4.5	7.6	12.1	4	3.3	4	1.4	7.7	26.8	15.4	0.3	0.3	0.2
D Düngung			94	94	239	40	116	308	29.5	22	n.b.	35			
E Entzug					142	23	31	10	10	n.b.	90	n.b.			
A Austrag ¹⁾	83		28	0.2	28.8	0	1.3	108	7.1	21.2	63.2	65.5	0.2	0.5	0.05
(N + D) - (E + A)					80.3	21	87	194	13.8		-126.4				0.07
potentiell verfügbare Vorräte im Ap-Horizont ¹⁾					4400	640	1310	8410	570	50					

¹⁾ NH₄Cl-Extrakte, Stickstoffmengen nach Kjeldahl

Notizen:

Profil A 3

Aufnahmedatum:

Lage:
Gutsbetrieb Siggen, Ostholstein

TK: H 6017520 R 4439140

Klima:

Niederschlag: 560 mm
Mitteltemperatur: 8.4°C

Gestein:

Geschiebemergel

Relief:

flacher Mittelhanglage
Exposition: SW
Neigung: 1-2°
Höhenlage: 8,5 mm ü.NN

Vegetation:

Esche, Eiche
Humusform: Feuchtmull

Klassifikation:

Parabraunerde-Pseudogley
FAO: Stagnic Alisol
Soil Taxonomy: Typic Umbraqualf

Beschreibung des Profils:

Hor	Tiefe (cm)	
LOf	+1-0	teihumifizierte Laubstreu
Ah	0-4	schwarzbraun (10YR2/2), Slu, stark humos, gri-kru, sehr locker, stark durchwurzelt, gleit. Übergang
SwAh	-12	dunkel-graubraun (10YR3/2), Slu, humos, z.T. hellgrau gefleckt, kru bis plat, locker, in Wurzelröhren rostbraune Anflüge, mittel durchwurzelt, lappiger Übergang.
AlSw	-20	oliv-gelb (2,5Y6/6), Slu, schwach humos, rotgelb (7,5YR6/7) gefleckt, gri-pol, mäßig dicht, kleine dunkelgraubraune (10YR4/2) Konkretionen, mittel durchwurzelt, gleit. Übergang
BtSd	-48	hellgraubraun (10YR6/2), rotgelb gefleckt, Lts,x1, pri, mäßig dicht, kleine schwarz-braune Konkretionen, schwach durchwurzelt, gleit. Übergang.
BtSkd	-66	hellbraungrau (10YR6/3), rotgelb gefleckt, Lst,x1,gpri, mäßig dicht, kalkhaltig, viele braun-schwarze Konkretionen, an Kluffflächen fahl-oliv, schwach durchwurzelt, gleit. Übergang.
CcSd	-100	hell-braungrau (2,5Y6/3), rotgelb (8YR6/7) gefleckt, Lts, gpri bis koh, dicht, Kalkanflüge auf Kluffflächen, kleine dunkelbraunem Konkretionen, scharfer Übergang.
CSD	-200	graubraun (10YR5/2,5), z.T. fahl-oliv (5Y6/4) und gelbrote (8YR6/7) gefleckt, Ls3,x2, koh bis plat, dicht bis sehr dicht, kalkreich.

Profil A 3

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB cm ³	GPV %	Vol.% Wasser b. pF				kalk-u. humusfreier Feinboden %						
							0,6	1,8	2,5	4,2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3.2	Ah	0-4	0		0,75	55	51,8	43,9	41,0	14,3	0	12,4	33,3	19,2	13,0	8,6	13,5
3.3	SwAh	-12	0	44	1,17	54	42,4	37,6	35,3	16,2	0	12,3	32,5	20,1	13,7	8,3	13,1
3.4	AlSw	-20	1,5	40	1,52	42	33,0	31,3	29,5	18,0	0	12,4	32,9	19,9	12,0	8,7	14,1
3.5	BtSd	-48	1,2		1,55	43	37,5	35,5	34,9	21,5	1,3	9,7	25,8	13,2	11,2	7,4	31,4
3.6	BtSkd	-66	1,4	0,2	1,64	38	34,0	31,7	31,2	22,0	2,6	11,0	26,9	11,9	11,8	7,6	28,8
3.7	CcSd	-100	2,3	2,7	1,77	33	30,0	27,8	27,5	16,5	2,5	12,4	27,2	12,4	12,8	8,5	24,2
3.8	CsD	-200	2,4		1,75	34	34,0	32,5	30,5	22,3	2,5	11,0	29,0	12,1	13,5	8,4	23,5

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	Co _{org} %	Nt %	C/N	Fe _o mg/g	Fe _a g	Fe _o / Fe _a	Mn _a mg/kg	Al ₁	aust. Kat mmolc/kg				E KAK		BS %	
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot		eff
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
3.2	3,8	0	4,3	0,3	16	2,6	4,1	2,6	268	1800	46	10	2,4	1,3	21	175	81	34
3.3	3,6	0	2,1	0,1	15	2,8	4,7	2,8	104	2400	43	11	1,3	1,4	41	141	98	40
3.4	3,5	0	1,1	0,08	14	2,8	6,2	2,8	167	2900	55	19	2,6	2,4	40	159	119	52
3.5	3,5	0	0,4	0,03	11	1,5	8,6	1,5	127	3100	92	28	2,6	3,0	43	206	167	61
3.6	6,3	0,7	0,2	0,03	6	0,8	7,4	0,8	310	2400	123	22	3,0	2,3	4	159	154	97
3.7	7,3	18				0,3	5,4	0,3	138	1680	130	17	3,1	2,4	0	152	130	100
3.8	7,5	22				0,4	5,6	0,4	122	1500								

Nr.	Mächt in cm	nFR mm	KAK molc/m ²	S-Wert*	Ca _a g/m ²	Mg _a g/m ²	K _a g/m ²	Cd _t mg/g	Cu _t mg/g	Fe _t mg/g	Mn _t mg/g	Pb _t mg/kg	Zn _t mg/kg
1		37	38	39	40	41	42						
3.2	4	26	2,4	1,7	27,6	3,6	2,8			14,9	0,45		
3.3	8	11	9	5,3	80,6	12,5	4,8	0,40	5,0	14,5	0,24	37	47
3.4	8	39	14	9,6	134	28,1	12,4	0,12	4,5	20,2	0,38	25	41
3.5	28	36	72	37,0	540	10,0	29,9	0,15	13	29,7	0,27	28	55
3.6	18	16	45	22,4	362	39,5	18,2	0,12	19	29,5	0,59	28	53
3.7	34	38	78	91,7	358	62,0	36,4	0,10	12	22,5	0,46	30	52
3.8								0,12	12	20,9	0,41	28	48
Σ	100	166	220	168,0	1502	156	104						

beim Bezug von S-Wert und verfügbaren Nährstoffen auf den effektiven Wurzelraum wurden die Mengen ab 30 cm nur zu 50% berücksichtigt.

Interpretation:

A3, ein Parabraunerde-Pseudogley unter Wald entstand aus einem tiefergelegenen etwas feinsandreichem Geschiebemergel. Unterhanglage (Abb. 2) bewirkt laterale Wasserzufuhr und dadurch zeitweise Wasserstau. Die Folge ist eine starke Pseudovergleyung. Laterale Stoffzufuhr hat die Entkalkung und Entbasung im Vergleich zu A1 offensichtlich verzögert. Trotzdem ist der Oberboden stark versauert und basenverarmt und im Ah-Horizont bereits eine Chloritisierung eingesetzt hat (Tab. 3). Dem Boden sind verglichen mit der Parabraunerde wesentlich geringere Kaliummengen aus dem Mineralbestand verloren gegangen (Tab. 7). Durch die atmosphärische Deposition sind die beiden Waldstandorte hingegen in gleichem Ausmaß betroffen (s. Tab. 5). Es wurden nur etwa 25 kg an Ton neu gebildet (Tab. 7). Das Stauwasser bewirkt introvertierte Eisen- und Mangananreicherungen, daneben aber auch Anreicherungen an den Aggregatoberflächen. Deutliches Auftreten von Lepidocrocit im carbonatfreien Solum, Kennzeichen einer raschen Oxidation von Fe^{II} und Eisenkonkretionen im Oberboden, bezeichnen jedoch eine deutliche Dominanz des Stauwassereinflusses.

Tab. 7: Stoffbilanz eines Parabraunerde-Pseudogleys aus Geschiebemergel unter Buchen-/Eichenbestand in Siggen, Ostholstein (aus SCHIMMING 1991, verändert und ergänzt aus BLUME 1981)

	Ti	K	Na	Ca	Mg	P	Al	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	CaCO ₃	Ton
	-----kg/m ² 1,2 m-----														
Ist	5.71	36.14	11.16	38.83	9.96	0.72	80.9	45.7	0.78	100	24	0.27	56	186	498
Soll	5.71	36.62	11.54	171.80	14.16	0.89	81.5	45.4	0.88	105	26	0.26	60	444	464
Verlust	0	0.48	0.36	132.97	4.20	0.17	0.6	-0.3	0.10	5	2	-0.01	2	258	34
Verlust (%)	0	1.3	3.1	77.4	29.6	19.1	0.7	-1	11	5	9	-3	7	57.1	7
	-----mg/m ² -----											-----µg/m ² -----		mg/m ²	
jährl. Verlust ^{*)}	37	28	10200	323	13	46	-23	7.7	390	130	-0.8	308	19900		
derzeitige Aus- tragsraten mit dem Sickerwasser	100	7480	9980	1310	5	30	60	5	1210	660	0	60			

*) Mittlerer jährlicher Verlust durch Auswaschung als Folge der Mineralverwitterung seit Beginn der Bodenbildung vor ca. 13000 Jahren

Die ökologischen Standorteigenschaften zeigen sich in einer guten Durchwurzelbarkeit und Belüftung des Oberbodens. Dagegen wird das Wurzelwachstum im Bereich des Bt-Horizontes maßgeblich durch die Einflüsse von Stauwasser beschränkt. Trotz der Basenverarmung sind die Nährstoffreserven bei guter Verfügbarkeit hoch.

3 Schwarzerdeartige Böden ("Fehmaraner Schwarzerden")

Im Bereich der Grundmoränenlandschaft Fehmarns und des unmittelbar benachbarten Festlandes fallen Böden vielerorts durch eine auffällige Schwarzfärbung der Ah-Horizonte auf, durch die sie sich von den schwarzbraun gefärbten, für das östliche Hügelland typischen Parabraunerden und Braunerden in ihrer Umgebung abheben. Außerdem sind die humosen Horizonte mächtiger als anderenorts. Diese außergewöhnlich dunkelfarbigen Böden haben schon früh bodenkundliches Interesse geweckt (WOLFF 1930, RAABE 1950, SCHLICHTING

1953, STREMMER 1958). Die geschlossene Verbreitung des Phänomens beschränkt sich in Schleswig-Holstein auf die Insel Fehmarn und die Großenbroder Halbinsel nördlich des Moränenzuges, den der Klausdorfer Berg bildet. Böden dieser Art sollen aber auch auf der Insel Poel in Mecklenburg vorkommen.

Schon ihre Bezeichnung als "Fehmaraner Schwarzerden" deutet die Richtung von ersten Erklärungsversuchen der genannten Autoren für die außergewöhnliche Färbung an. Für die Annahme eines borealen Schwarzerderreliktes spricht, daß diese Böden im trockensten Bereich Schleswig-Holsteins (heute 500 bis 550 mm Niederschlag) vorkommen und das Klima infolge tieferer Meeresspiegel und damit größerer Entfernung zu westlichen Küstenlinien kontinentaler war. Allerdings ließ sich eine Steppenphase pollenanalytisch nicht nachweisen (SCHMITZ 1955).

Es könnte sich aber auch um "Feuchtschwarzerden" handeln, entsprechend der Schwarzerden der Hildesheimer Börde (ROHDENBURG und MEYER 1968). Für diese Hypothese spricht, daß sie sich in (fast) ebener Lage über sehr dichtem ($\delta_b > 1.8 \text{ kg/dm}^3$) Geschiebemergel entwickelt haben und demzufolge staunab bzw. pseudovergleyt sind. Außerdem weist der Austauschkomplex infolge geringer Entkalkungstiefe ($< 80 \text{ cm}$) sowie sehr langer ackerbaulicher Nutzung eine hohe Basensättigung auf.

Die Mächtigkeit der Ah-Horizonte beruht neben der bodenfaunistischen Aktivität in den basenreichen Böden aus Geschiebemergel auch auf der Verlagerung von Ton-Humus-Komplexen, die im Unterboden zu schwarzen Tapeten an Aggregatoberflächen führen. Der Aufschluß durch am Kliff zeigt aber auch, daß Kolluvien auftreten. Gelchromatographische Untersuchungen wässriger Extrakte von Bodenproben und dem Material präparierter Toncutane zeigen, daß in den schwarzerdeartigen Böden Huminstoffe direkt verlagert werden können (SCHROEDER 1977, unveröffentl.) Eine Verlagerung könnte dabei durch erhöhte Na^+ -Belegung der Komplexe begünstigt worden sein.

Das Ausmaß einer Verlagerung gewinnt mit der Entfernung zum Kliff und höheren mobilisierend wirkenden Anteilen von Natrium an der Belegung des Sorptionskomplexes an Bedeutung.

Das besuchte Bodenprofil liegt an der nordöstlichen Spitze der Oldenburger Halbinsel am Kliff des Fehmarnsundes. Die Oberflächenformen der Umgebung entstanden durch mehrere Eisvorstöße aus unterschiedlichen Richtungen (SEIFFERT 1954, STEPHAN u. MENKE 1977). Dabei ging der sogenannte Fehmarner Eisvorstoß in ost-westlicher Richtung über das Gebiet hinweg. Eine Schürfrinne legte den Fehmarnsund an.

Das Kliff erhebt sich etwa 2 m bis höchstens 3 m über einem vergleichsweise schmalen Strand und stellt einen natürlichen Aufschluß des jungpleistozänen Geschiebemergels dar. Die Grundmoräne die im Raum Heiligenhafen und der Umgebung in Mächtigkeiten von 30 bis 50 m abgelagert wurde, gliedert sich in einen unteren und oberen Geschiebemergel, der dem Fehmaraner Vorstoß zugeordnet wird. Die beiden Schichten werden, im Verlauf des Kliffes gut erkennbar, von einer Blockgrenze getrennt und unterscheiden sich deutlich durch ihre Farbe (SEIFFERT 1954, STEPHAN u. MENKE 1977).

Die grünliche Farbtonung des unteren Geschiebemergels beruht auf der Einmischung von Tarraston, einem marinen Sediment aus dem Tertiär (küstenferne Langeschwebabsätze aus dem Eozän). Der carbonatfreie Tarraston, der neben Tonmineralen (Smectit, Illit und Kaolinit) Pyrit, und in älteren Schichten auch Tuffite enthält, steht auf Fehmarn in geringer Tiefe unmittelbar unter der Grundmoräne an, oder kommt in Form von mehr oder weniger großen verdrifteten Schollen vor. An einigen Stellen streicht er auch oberflächlich aus. Bei der Entstehung des unteren Geschiebemergels wurde oft sandig-kiesiges pleistozänes und tertiäres Material aufgenommen und läßt ihn sandstreifig erscheinen. Der Carbonatgehalt beruht neben großen Kreideschollen auf carbonatreichen Sandlinsen.

Darüber liegt häufig lückenhaft, durch seine braune Farbe erkennbar, der obere Geschiebemergel. Er wird nur selten mächtiger als 3 m. Der obere Geschiebemergel ist das Sediment des Fehmarner Vorstosses und enthält viel lokal eingearbeitetes Material.

Profil A 4

Aufnahmedatum: 23.11.92

Lage: Großenbrode/Ostsee-Steilufer

TK:

Klima:

Niederschlag:
Mitteltemperatur:

Gestein:

Geschiebemergel

Relief:

Neigung: eben
Exposition:
Höhenlage: 1 m ÜNN

Nutzung: Acker

Humusform: Mull

Klassifikation:

Parabraunerde-Pseudogley-Kolluim
oder: schwarzerdeartiger Parabraunerde
Pseudogley
FAO: Humi-stagnic Luvisol

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
Ah1	0-20	schwarz (N2/0), humos, SI3 x2, krü-sub, schwach plat., mäßig dicht, stark durchwurzelt, gleit. Übergang
Ah2	-46	schwarz (N2/0), humos, g2, SI2x2, krü-sub, schwach plat., mäßig dicht, mittel durchwurzelt, deutl. Übergang
BtSd	-73	fahlgelb (2Y7/4)/ orange (7,5YR5/6) gefleckt, Aggroberfil grau (N5), Ls3x2, subpol 1-3 cm, pris 10-30 cm, z.T. schwarze Tonhumusbeläge, mäßig dicht-dicht, mäßig durchwurzelt, deutl. lappiger Übergang
CcSd1	-100	hellbraun (10YR6/2)/orangegefleckt Ls3x2, grob-pris, hellgraues Kalkmycel, Tonhumusbeläge?, dicht, kaum durchwurzelt, kalkhaltig gleitender Übergang.
CcSd2	-140	weißgrau (10YR 6/2) orange (10YR 5/6), gefleckt, SI4x2, koh-grobpris (36-50 cm) kalkhaltig, sehr dicht, kleine schwarzbraune Konkr., kaum durchwurzelt, Kalkbrocken.

Profil A 4

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB g/	dF cm³	Vol. % Wasser b. pF				kalk-, u. humusfreier Feinboden %						
							--	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4.1	Ap	0-20	3,4	240	1,50	2,59	42,1	23,1	18,1	8,7	11,9	41,0	21,1	9,2	4,5	4,0	8,3
4.2	Ah	-46	3,8	38	1,58	2,62	39,7	23,7	15,8	7,8	9,0	35,5	23,7	10,3	8,4	2,9	11,4
4.3	BtSd	-73	3,0	470	1,63	2,64	38,3	31,7	27,5	15,6	4,8	16,5	25,6	20,4	9,6	5,4	17,7
4.4	CcSd1	-100	6,7	320	1,71	2,64	35,2	29,3	24,8	14,6	7,7	17,3	27,9	21,3	5,5	3,1	17,2
4.5	CcSd2	-140	4,6	14	1,82	2,64	31,1	26,4	21,0	10,9	4,3	18,8	30,6	18,8	10,7	3,2	13,6

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	Corg %	Nt %	C/N	Fe _o mg/	Fe _a g	Fe _o / Fe _a	Mno mg/kg	Al _o mg/kg	austausch.		Kat K	mmolc/kg		E KAK		BS %
											Ca	Mg		Na	H+Al	pot	eff	
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4.1	6,9	0,4	1,4	0,1	14	1,1	3,0	0,37	234		88,7	18,3	4,29	3,12	0,5	120	115	99
4.2	6,9	0,1	1,1	0,08	14	1,4	3,7	0,38	181		80,4	23,0	2,30	7,08	0,4	116	113	99
4.3	7,1	0,2	0,4	0,03	13	0,5	6,0	0,08	131		85,2	14,7	1,04	16,7	0,4	120	118	100
4.4	7,3	15,4		0,02		0,3	4,4	0,07	78		76,7	7,0	0,68	4,84	0	90	89	100
4.5	7,4	16,6		0,01		0,3	3,4	0,08	63		77,8	6,2	0,55	2,00	0	87	87	100

Nr.	Mäch cm	nFK mm	FAK molc/m ²	S- Wert	Caa --	Mga g/m ²	Ka --	H ₂ O lösli. Kat.		mmol/kg		EC _e mS/cm	Salz* %		
								Ca	Mg	K	Na				
1	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
4.1	20	29	34	33	520	79	50	1,82	4,1	0,2	7,7	2,76	0,18		
4.2	26	41	18	32	453	88	26	1,75	3,1	0,1	9,7	4,14	0,28		
4.3	27	43	26	26	362	47	11	1,95	3,4	0,3	18,3	4,35	0,29		
4.4	27	40	20	20	390	99	23	11,5	30,5	2,0	28,8	10,2	0,67		
4.5								11,4	1,0	0,1	38,5	22,8	1,5		
Σ	100	153	98	97	1725	273	110								

* der Bodenlösung
beim Bezug von S-Wert und verfügbaren (austauschbaren + wasserlöslichen) Nährstoffen auf den effektiven Wurzelraum wurden die Mengen ab 30 cm nur zu 50% berücksichtigt.

Interpretation:

Ausgangsmaterial der "schwarzerdeartigen" Pseudogley-Parabraunerde ist der obere Geschiebemergel. Einmischung von Tarraston kann aus den vorliegenden Analysedaten nicht nachgewiesen werden, ist aber wahrscheinlich, da an einigen Stellen der Umgebung Tarraston etwa bis zu 1 m unter Flur ansteht. Ausgeprägte Heterogenitäten im Carbonatgehalt führen zu vielfachem Farbwechsel von hellbraun bis weißgrau. Die Schwankungen des Feinsand/Mittelsand-Quotienten im Bodenprofil zeigt deutlich eine Schichtung an. Im Ah-Horizont wird die Korngrößenverteilung von den Einträgen an Flugsand vom Strand beeinflusst. Die Entkalkung des Solums ist bis in eine Tiefe von 1 m fortgeschritten.

Markantestes Merkmal des mächtigen Humuskörpers ist seine dunkle Farbe. Daneben treten Tonverlagerung und Stauwassermerkmale auf. Als Besonderheit der unmittelbaren Strandnähe weist die Bodenlösung hohe Salzgehalte auf. Dementsprechend zeigt sich ihre Zusammensetzung und die Belegung des Sorptionskomplexes. Landeinwärts gehen die hohen Natriumanteile von 13% an der Summe der Ionenäquivalente austauschbarer und gelöster Elemente im Bisd-Horizont an anderer Stelle auf 3% zwar schnell zurück. Sie erreichen aber auch weiter binnenwärts auf der Oldenburger Halbinsel und Fehmarn häufig noch relativ hohe Werte bis 1% in den Ah-Horizonten (SCHROEDER 1971, unveröffentl.).

Hohe, gut verfügbare Nährstoffreserven, die geringe Entbasung und günstige Konstellationen des Wasserhaushalts verleihen den Böden Fehmars und des benachbarten Festlandes ein hohes Produktionspotential, das dem der reliktschen Schwarzerden der Börden nur wenig nachsteht. In der flachen Grundmoränenlandschaft allgemein hoch anstehendes Grundwasser und die ausgewogene Kapillarität sichert die Wasserversorgung der Pflanzen auch während der deutlichen Trockenphasen in dem gegenüber dem übrigen Schleswig-Holstein kontinentalerem Klima.

4 Strandwalllandschaft an der Ostseeküste und ihre Böden

Die schleswig-holsteinische Ostseeküste wurde zunächst im Glazial durch das Eis geprägt: Gletscherzungen hinterließen tief in das Land reichende Förden und Buchten. Anders als an der Nordseeküste, wo die geschichteten Sedimente der flachen Marschen(-Landschaft) maßgeblich durch die Überflutung im Wechsel von Ebbe und Flut entstehen (BRÜMMER 1968), bildete sich an der tidefreien Ostsee im Wechselspiel zwischen Abtrag von Böden und Anlandung des Materials über weite Stecken eine Ausgleichsküste (KÖSTER 1955). Sie entsteht bevorzugt, wo die Leitlinien des jungpleistozänen Reliefs quer zur Hauptwindrichtung verlaufen. Dort löst die Ausgleichsküste die Gliederung der schleswig-holsteinischen Ostseeküste durch Buchten und Förden ab. Die schleswig-holsteinische Ostseeküste weist etwa 50 km Steilufer auf, an denen ca. 1.5 ha Landfläche jährlich verloren gehen.

Typische Bildungen einer Ausgleichsküste sind die hakenförmigen Warder vor Heiligenhafen (Abb. 5) und das westlich davon gelegene Kliff.

Die charakteristischen Kliffs sind Folge der sogenannten Strandversetzung, die im Aufschüttungsbereich der Ausgleichsküste zur Bildung von Strandwällen führt. Bei starken Weststürmen transportiert die anrollende Brandung das Geröll nicht genau senkrecht, sondern schräg auf den Strand. Das Zurückrollen auf der seawärts geneigten Fläche erfolgt unter dem Einfluß der Schwerkraft jedoch im rechten Winkel zum Strand. Entsprechend dieser seitlichen Strandversetzung in östlicher Richtung wird das Material sortiert, Geschiebe bleiben zurück, die Sande bauen in vergleichsweise geringer Entfernung Strandwälle auf, während Schluffe und Tone in größerer Wassertiefe abgelagert werden.

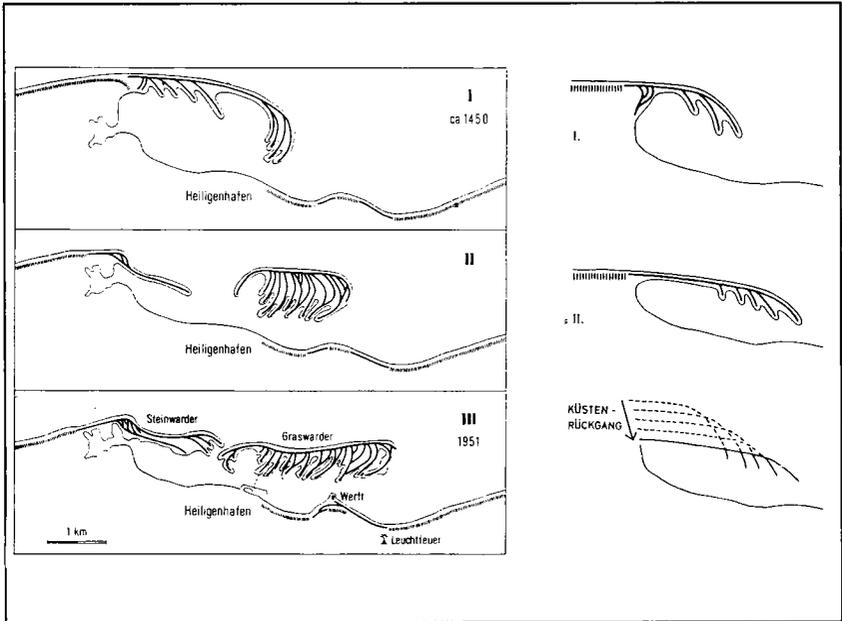


Abb. 5: Die Entwicklung der Heiligenhafener Warder (aus DEGN und MUUS 1966) und Schema des Küstenrückganges an einer Ausgleichsküste (nach KÖSTER 1955)

Die aus einzelnen Strandwällen aufgebauten Haken entspringen dort, wo die Küstenlinie zurückweicht und verlaufen in ihrer Richtung weiter, bis sie mit abnehmender Transportleistung der Strömung und Ablagerung feineren Materials nach innen biegen. Mit zunehmendem Materialverlust im Abtragsraum und Rückverlegung der durch Kliff und Strandwallsystem gebildeten Küstenlinie werden ständig neue Strandwälle an die schon vorhandenen angeschlossen. Auf diese Weise bildet sich aus einem Haken eine Nehrung, die letztendlich eine Bucht wie den östlichsten Teil des Heiligenhafener Hafes vom Meer abschneiden kann (Abb. 5). Trockengefallene Strandwälle wurden durch dann durch den Wind von Dünen erhöht.

Die Voraussetzungen für die Bodenbildung in einer Strandwallandschaft werden neben der unterschiedlichen Körnung der Sedimente vom Relief und dem Stand salzhaltigen Grundwassers bestimmt. Mit zunehmendem Transportweg nimmt die Größe der bewegten GröÙe stark ab. Bezeichnend ist daher der Name "Steinwarder" für den kliffnahen Teil des Strandwallsystems vor Heiligenhafen. Die Aufhöhung von Strandwällen hängt vor allem vom Ausmaß der Sturmfluten ab und führt daher zu einer mehrfachen Wechsellagerung feineren und gröÙeren Materials. Die Schichtung kann aber auch nur schwach ausgebildet sein, wenn der Küstenversatz sehr einheitliches Material anlandet. Auf dem Steinwarder ist der Gesteinswechsel durch sehr kiesiges Material am Strand der freien Ostsee und die verwehten Dünensande geprägt, von denen die Strandwallandschaft überformt wird.

Die Vergesellschaftung von Böden einer Strandwallandschaft umfaßt redoximorphe Rohgleye und Gleye sowie Lockersyroseme und Übergangsformen zum Regosol im Bereich der Dünen. Die Genese der redoximorphen Böden wird von salzhaltigem Grundwasser beeinflusst. Sie werden daher zweckmäßiger Weise als Strandböden (z.B. Strandgley, Strandrambla) bezeichnet, um sie von ihren Pendanten im Binnenland und den Marschen an der Westküste zu unterscheiden. Marschböden entstehen durch die Sedimentation im Tidebereich. Ebbe und Flut treten an der Ostsee kaum in Erscheinung, daher fehlt die Zonierung der Bodenentwicklung in Abhängigkeit von der Entfernung zur Küste und dem Aufwachsen des Sedimentes über NN, die typisch für die Marschlandschaft ist (BRÜMMER 1968).

Profil A 5

Aufnahmedatum: Nov. 1986

Lage: Heiligenhafen, Nehrungshaken

TK:

Klima:

Niederschlag:
Mitteltemperatur:

Gestein:

Flugsand über Strandwandsand

Relief:

Neigung: eben
Höhenlage: 0,5 m üNN

Vegetation:

Strandhafer

Klassifikation:

Gley-Lockersyrosem
FAO: Calcaric Fluvisol

Beschreibung des Profils:

Hor	Tiefe (cm)	
Ai	0-4	graubraun (10YR5/2) bis dunkelbraun (10YR4/3). mS, ein; mlo, viele Schneckengehäuse, gleitender Übergang
C	-30	hellgrau (10YR6/2) mS, ein, mlo, stark bis mittel unten) durchwurzelt, gleitender Übergang
GoC	-50	graubraun (10YR5/2) bis hellgrau. mSgsx2, sin, mlo, mäßig durchwurzelt, 1-3 cm breites, horizontales, rostfarbenes Band

Profil A 5

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf m/d	dB g/cm³	GPV %	Vol.% Wasser b. pF				kalk-, u. humusfreier				Feinboden %			
							0,6	1,8	2,5	4,2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
5.1	Ai	0-4	0,04	10	1,36	49	45,7	8,9	6,0	1,0	5,3	91,4	2,2	0,4	0,2	0,1	0,4	
5.2	C	-30	1,8	> 10	1,56	41	41,1	10,4	2,9	0,8	10,7	86,6	2,1	0,3	0,1	0,1	0,2	
5.3	GoC	-50	10,0	> 10	1,60	40	36,6	5,8	1,7	0,3	47,8	50,7	1,1	0,2	0,1	0,0	0,0	

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	Nt %	C/N	Fe _o mg/kg	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o mg/kg	Al _o	austausch. Kat			cmolc/kg		E KAK pot	KAK eff	BS %
											Ca	Mg	K	Na	H+Al			
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
5.1	7,4	1,5	0,27	0,19	14	0,1	0,4	0,32			1,0	0,07	0,03	0,02	0	1,1	1,1	100
5.2	7,5	2,5	0,15	0,09	16	0,1	0,4	0,29			0,8	0,06	0,02	0,02	0	0,9	0,9	100
5.3	7,6	3,5	0,07	0,73	12	0,1	0,5	0,21			0,7	0,06	0,02	0,02	0	0,8	0,8	100

Interpretation:

Der Boden entwickelte sich aus vor wenigen Jahren über Strandwallasand abgelagertem Flugsand unter einer weitgehend salztoleranten Pioniervegetation. Im Windschatten der Dünen und damit abnehmender Transportleistung des Windes haben sich die spezifisch leichten Kalkfragmente von Schneckenhäusern angereichert, die luvseits der Dünenkette und in ihrem Kambereich fehlen. Im darunterliegenden Strandwallasedimentes nehmen die Skelett- und Grobsandanteile mit zunehmender Aufhöhung ab, da nur noch stärkere Sturmfluten Steine und Kies über den Grat auf die Binnenseite des Walles spülen konnten (vergl. KÖSTER 1955). Starke Erosions-/Sedimentationsvorgänge haben bisher nur eine geringe Humusakkumulation ermöglicht.

Ein bis zu 3 cm breites Band von Eisenhydroxiden markiert den Grundwasserstand, der stark vom mittleren Wasserstand der nahezu tidefreien Ostsee abhängt. Das Grundwasser ist stark salzhaltig und bedingt die charakteristische Vegetation. Die Salzwiesenvegetation solcher Standorte wird von HÄRTLE (1984) beschrieben.

Profil A 6

Aufnahmedatum: 23.11.92

Lage: Heiligenhafen, Nehrungshaken

Klima:

Niederschlag:
Mitteltemperatur:

Gestein:

Strandwallasand

Relief:

Neigung: eben
Exposition: -
Höhenlage: 0 m ü.NN

Vegetation:

Humusform: Feuchtmull

Klassifikation:

'Strand'- Naßgley
FAO: Salic Fluvisol

Beschreibung des Profils:

Hor	Tiefe (cm)	
GoAh	-5	graubraun (2,5 YR 3/2). Wurzelröhren rostig (7,5YR5/6). Su2g1, deutl. geschichtet, humos, stark durchwurzelt, fkr., locker, lappiger Übergang
Gr	->30	schwarz (N2/O), weißgrau (10YR4/5), gefleckt, entlang Wurzelröhren rostig (7,5 YR5/6). mSfsg2, ein-grü. locker, stark durchwurzelt, schwacher H ₂ S-Geruch

Profil A 6

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _a g/cm ³	d _f	Vol.% Wasser b. pF				kalk-, u. humusfreier Feinboden %						
							1.8	2.5	4.2	pF	gS	mS	fG	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6.1	GoAh	0-5	0,8	140	1,18	2,47	52,2	49,2	25,5	0,6	4,1	24,2	60,9	10,3	6,1	5,1	4,1
6.2	Gr	->30	2,0	354	1,62	2,61	37,9	30,9	6,4	1,5	7,6	45,9	40,1	3,8	2,2	0,4	0,0

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	Ca _r g %	N _t %	C/N	Fe _o mg/kg	Fe _d mg/kg	Fe _o /Fe _d	Mn _o mg/kg	Al _o mg/kg	austausch. Kat.			mmole/kg Σ KAK			BS %	
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot		eff
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
6.1	6,7	0	3,4	0,2	20	1,2	3,3	0,4	39,0		32,0	38,8	2,7	11,1	1,9	89	87	95
6.2	7,1	1,0	6,1	0,03	24	0,4	1,0	0,4	13,0		20,8	5,6	0,6	1,5	0,3	29	29	95

Nr.	H ₂ O lösli. Kat. mmol/kg					EC ^{***} mS/cm	Galz [*] %								
	Ca	Mg	K	Na											
1	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
6.1				5,3	11,3	5,9	123	33	2,2						
6.2				11,1	10,1	2,6	53	30	2,0						

* der Bodenlösung, ** im Grundwasserbereich

Interpretation:

Am Strand des Haffs ist der Strandwallasand durch schwache Wellenbewegung bis in eine Tiefe von 5 cm durch die Sortierung und Ablagerung von feinerem Sand, bedeutenden Schluff- und Tonanteilen überformt worden. Im Vergleich zum Lockersyrosem war die Landoberfläche länger stabil, so daß unter einer geschlossenen Wiesenvegetation bereits eine beachtliche Humusmenge akkumuliert werden konnte. Dies und ein höherer Ton- und Schluffgehalt bewirken eine deutlich höhere Austauschkapazität und entsprechendes Nährstoffbindungsvermögen. Der Ah-Horizont ist bereits nahezu entkalkt. Salzhaltiges Grundwasser führt zur Entwicklung einer salztoleranten Vegetation.

Zusammen mit der ständigen Wassersättigung des Porenraumes und den hohen Gehalten an organischer Substanz treten im GoC-Horizont, ähnlich wie bei den Salzmarschen an der Westküste Schleswig-Holsteins, sehr niedrige Redoxpotentiale auf. Der Boden weist merklichen Schwefelwasserstoffgeruch auf. Reduziertes Eisen liegt in Form von Sulfid vor. Das Nebeneinander von eisenverarmten, gebleichten und sulfidreichen Zonen zeigt sehr unterschiedliche Belüftungsverhältnisse an. Entlang ständig luftführenden Wurzelbahnen können sich auch extravertierte rostfarbige Eisenabscheidungen bilden.

Als Name für einen durch salzhaltiges meeresbeeinflusstes Grundwasser geprägten sandigen Boden mit redoximorphen Merkmalen bzw. Gr- und Go-Horizont wird "Strandgley" zur Diskussion gestellt.

5 Literatur

- BEYER, L. (1989): Nutzungseinfluß auf die Stoffdynamik schleswig-holsteinischer Böden - Humusdynamik und mikrobielle Aktivität. Schriftenreihe Inst. Pflanzenernähr. und Bodenkde. Univers. Kiel, Band 6.
- BEYER, L.; BLUME, H.-P. und PETERS, M. (1991): Biological activity and organic matter transformations in typical soils of Schleswig-Holstein. *Geoderma* 49, 273-284.
- BEYER, L.; BLUME, H.-P. und IRMLER, U. (1991): The humus body of a Parabraunerde (Orthic Luvisol) under *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* and it's change in 25 years. *Ann. Sci. For.* 48, 267-278.
- BLUME, H.-P.; LAMP, J.; SCHNUG, E.; SCHIMMING, C.-G. and ZINGK, M. (1986): Soils, natural and economic resources of Siggen-Farm. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 51, 18-31.
- BLUME H.-P. (1961): Die Tonverlagerung als profilprägender Prozeß in Böden aus jungpleistozänem Geschiebemergel. Diss. Uni. Kiel.
- BLUME H.-P. (1968): Stauwasserböden. *Arbeiten der Universität Hohenheim Bd.42*, Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BLUME H.-P. (1981): Schwermetallverbreitung und -bilanzen typischer Waldböden aus nordischem Geschiebemergel. *Z. Pflanzenern. Bodenkunde* 144, 156-163.
- BÖTTGER, F. und WEIMANN, H. (1967): Siggen - Die Geschichte eines ostholsteinischen Gutes. Stiftung FVS, Hamburg.
- BRÜMMER, G. (1968): Untersuchungen zur Genese der Marschen. Diss. Univers. Kiel.
- DEGN, Chr. und MUUSS, U. (1963): Topographischer Atlas Schleswig-Holstein. Karl Wachholtz, Neumünster.
- EHLERS, J. (ed. 1983): *Glacial Deposits in North-West Europe*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- ERNST, Th. (1974): Die Hohwachter Bucht. Morphologische Entwicklung einer Küstenlandschaft. *Schr. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein* 44, 47-96.
- GRIPP, K. (1964): *Erdgeschichte von Schleswig-Holstein*. Karl Wachholtz, Neumünster.
- HÄRTLE, W. (1984): Vegetationskundliche Untersuchungen in Salzwiesen an der ostholsteinischen Ostseeküste. *Mitt. Arbeitsgemeinschaft. Floristik in Schleswig-Holstein und Hamburg*, Heft 34.

- KÖSTER, R. (1955): Die Morphologie der Strandwall-Landschaft und die erdgeschichtliche Entwicklung der Küsten Ostwagriens und Fehmarns. Meyniana 4, 52-65.
- KÖSTER, R. (1955): Die Morphologie der Strandwall-Landschaft und die erdgeschichtliche Entwicklung der Küsten Ostwagriens und Fehmarns. Meyniana 4, 52-65.
- KUNDLER, P. (1959): Zur Methodik der Bilanzierung der Ergebnisse von Bodenbildungsprozessen dargestellt am Texturprofil auf Geschiebemergel in Norddeutschland. Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkd. 86, 215-222.
- LIEDTKE, H. (1981): Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. Zentralausssch. deutsche Landesck., Trier, im Selbstverlag.
- MUUSS, U; PETERSEN, M. und KÖNIG, D. (1973): Die Binnengewässer Schleswig-Holsteins. Wachholtz, Neumünster.
- PETERS, M. (1990): Nutzungseinfluß auf die Stoffdynamik schleswig-holsteinischer Böden - Wasser- und Stoffdynamik. Schriftenreihe Inst. Pflanzenernähr. und Bodenkd. Univers. Kiel, Band 8.
- RAABE, E.W. (1950): Über die Vegetationsverhältnisse der Insel Fehmarn. Mitt. der Arbeitsgemeinschaft. f. Floristik in Schleswig-Holstein und Hamburg, Heft 1.
- ROHDENBURG, H. und MEYER, B. (1968): Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän ? Göttinger Bodenkundl. Ber 6, 127 - 212.
- SCHIMMING, C.-G. (1991): Wasser-, Luft-, Nähr- und Schadstoffdynamik charakteristischer Böden Schleswig-Holsteins - Nährstoff-, Säure- und Schwermetaldynamik. Schriftenreihe Inst. Pflanzenernähr. und Bodenkd. Univers. Kiel, Band 8.
- SCHLENGER, H.; PFAFFEN, K.H. und STEWIG R. (1970): Schleswig-Holstein - Ein geographisch-landeskundlicher Exkursionsführer. Ferdinand Hirt, Kiel.
- SCHLICHTING, E. (1953): Die Böden der Insel Fehmarn. Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst. 26, 176-187.
- SCHLICHTING, E. (1960): Typische Böden Schleswig-Holsteins. Paul Parey, Hamburg.
- SCHMITZ, H. (1955). Die Waldgeschichte Ostholsteins und der zeitliche Verlauf der postglazialen Transgression an der ostholsteinischen Ostseeküste. Ber. Dt. Botan. Gesell., 66, 151-166.
- SEIFFERT, G. (1954): Das mikroskopische Korngefüge des Geschiebemergels als Abbild der Eisbewegung, zugleich Geschichte des Eisabbaues in Fehmarn, Ost-Wagrien und dem Dänischen Wohld. Meyniana 2, 124-190.
- STEPHAN, H.-J.; KABEL, Chr. und SCHLÜTER G. (1983): Stratigraphical problems in the glacial deposits of Schleswig-Holstein. In: EHLERS, J.: Glacial Deposits in North-West Europe. A.A. Balkema, Rotterdam.
- STEPHAN, H.-J. u. MENKE, B. (1977): Untersuchungen über den Verlauf der Weichselkaltzeit in Schleswig-Holstein. Z. Geomorph. N.F. 27, 12-28.
- STEPHAN H.-J. (1971): Glazialgeologische Untersuchungen im Raume Heiligenhafen. Meyniana 21, 67-85.
- TAUBNER, H. (1993): Stoffdynamik unterschiedlich strukturierter Böden - Vergleichende Untersuchungen an Gesamtboden und Aggregaten. Schriftenr. Inst. Pflanzenernähr. Bodenck. Univers. Kiel, im Druck.
- WASMUND, E. (1933): Gewinnung von "Bleichten " (Walkerde) im alltertiären Tarras am Fehmarnsund. Schr. Naturw. Ver. Schlesw.-Holst. 20, 31-53.
- WOLFF, W. (1930): Die Bodenbildung Schleswig-Holsteins und ihr Verhältnis zu den geologischen Bodenarten. Jb. Preuß. Geolog. Landesanstalt. Berlin 51, 141-178.
- ZINGK, M. (1988): Wasser, Nähr- und Schadstoffdynamik charakteristischer Böden Schleswig-Holsteins. Schriftenreihe Inst. Pflanzenernähr. und Bodenkd. Univers. Kiel, Band 3.

Exkursion B

Böden der Geest Mittelholsteins

Exkursionsführer

Teil 1: J. Lamp

Teil 2: L. Beyer

Exkursionstage: 4. 9. und 11. 9. 1993

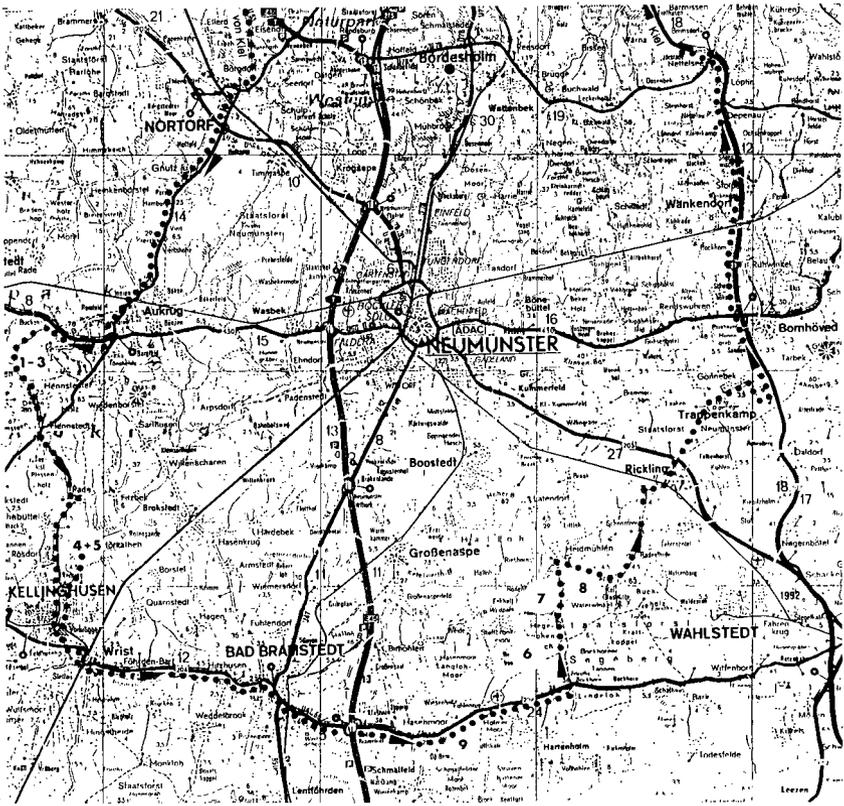
Exkursionsroute:

Kiel, Universität - Autobahn A210 Richtung Rendsburg - Hohenschulen - Ausfahrt/Richtung Westensee - Nortorf - Innien - B430 Richtung Hohenwestedt - Abfahrt Bucken, Richtung Meezen - Meezener Wald: Profile B1 - B3 - Meezen - Hennstedt - Rade - Kellinghusen - Störkathen: Profile B4 und B5 - Kellinghusen (B206) - Bad Bramstedt - B206, Abfahrt Heidmühlen - Seberger Forst, Jagen 217 und 223: Profile B6 und B7 - Heidmühlen, Profile B8 - Hasenmoor, Profil B9 - Rickling - Trappenkamp B404 - Bornhöved - Kiel, Universität

Zeitplan:

<u>Uhr(Hin)</u>	<u>Ort</u>	<u>Aktion</u>	<u>Uhr(Rück)</u>
8:00	Universität	Abfahrt/Ankunft	19:00
9:00	Meezen	Profile 1-3	16:00
11:00	Meezen	Weiterfahrt	18:00
11:30	Störkathen	Profile 4,5	14:15
12:45	Störkathen	Weiterfahrt	15:30
13:00	Kellinghusen	Mittagessen	13:00
14:00	Kellinghusen	Weiterfahrt	14:00
14:30	Segeberg.Forst	Profile 6,7	9:00
16:15	Segeberg.Forst	Weiterfahrt	10:45
16:30	Heidmühlen	Profil 8	11:00
17:15	Heidmühlen	Weiterfahrt	11:45
17:30	Hasenmoor	Profil 9	12:00
18:00	Hasenmoor	Weiterfahrt	12:30
19:00	Universität	Ankunft/Abfahrt	8:00

Mittagessen: in Kellinghusen, 13 - 14 Uhr



◀ ●●●●● Exkursionsroute B

entdeckt und nach Geländeuntersuchungen als **Frostkeilböden** beschrieben (Sandkeile von 1 - 2 m Tiefe und 10 - 20 m Polygondurchmesser in lehmiger Matrix). Außer den Makrokeilen sind in vielen lehmigen Böden der Hohen Geest auch Frostrisse untergeordneter Dimension als Relikte des Periglazials erhalten (s. a. Profil B1).

Vegetation und Nutzungsgeschichte

Nach der Weichselvereisung wurde die zunächst vorherrschende Birke im Boreal durch Kiefern und im Atlantikum durch Eichenmischwald abgelöst (Aletsee 1959). Ab ca. 600 Jahre vor Chr. verbreitet sich die Rotbuche (Box- = Boogs- = Buchenberg), aber da der Aukrug vom Neolithikum an bereits relativ früh und dicht besiedelt ist (Hingst 1970), tritt im Gefolge intensivierter Waldnutzung (Rodung, Weide mit Verbiß, Holznutzung für Brand, Haus- und Schiffbau, Köhlerei für Eisengewinnung) verstärkt **Calluna-Heide** auf. Diese im Gebiet insbesondere während des Mittelalters weitverbreitete Vegetations- und Nutzungsform hat die Ausbildung von Eisen-Humuspodsohlen sicherlich gefördert, ebenso wie der Fichten- oder Kiefern-Nadelwald, der vor einem Jahrhundert auf viele Heideflächen - häufig nach Tiefumbruch - angepflanzt wurde und jetzt meistens in der zweiten Baumgeneration steht (s.a. Teil 2). Die **natürliche Vegetation** der Landschaft hat sich auf einer Heidefläche in der Nähe des Boxberges nach 30 Jahren Naturbelassung annähernd wieder durchgesetzt: die anfangs dominierende Birke wird zunehmend zu einem **Eichen-Mischwald** umgeformt.

Die mit der Jungsteinzeit einsetzende **Ackerwirtschaft** wurde - im Vergleich zum Ostholsteinischen Hügelland - durch die bessere Zugänglichkeit der Landschaft bzw. Bearbeitbarkeit der Böden gefördert. Zeugen der frühen Besiedlung und Beackerung des Aukruges sind nahe des Boxberg in Form **bronzezeitlicher Grabhügel** zu finden. Auf ihnen ausgeprägte Podsole weisen auf die mögliche Intensität des Podsolierungsprozesses hin. Um die alten **Siedlungskerne auf der Hohen Geest** reihen sich annähernd konzentrisch die Ackerflure, wobei mittelschwere Böden (Para/Braunerden, z.T. auch Pseudogleye) bevorzugt wurden und die nährstoffarmen Flug- und Geschiebesande (Podsole) in Wald- bzw. Heidenutzung belassen wurden. Im Gegensatz zur Hohen Geest bei Husum und der nordfriesischen Inseln, auf der Eschböden kartiert wurden, konnten diese Auftragsböden im Aukrug-Gebiet nicht gefunden werden. Die schon für die vorgeschichtliche Zeit belegte und bis zum zweiten Weltkrieg fortgesetzte **Eisenverhüttung in der Niederen Geest** wird als Ursache für diese frühe und angesichts der Unfruchtbarkeit der Böden vergleichsweise intensive Besiedlung angenommen (Hingst 1970).

Aktuelle Probleme landwirtschaftlicher Bodennutzung

Die landwirtschaftliche Bodennutzung des Aukrug-Gebietes ist durch gemischte **Acker-Futterbaubetriebe** gekennzeichnet, deren Zunahme in der Betriebsgröße von 30 - 40 ha LN auf heute fast das Doppelte (incl. Zupachtland) die Intensität des Umstellungsprozesses in den letzten 30 Jahren verdeutlicht. Acker- und Grünland teilen sich je zur Hälfte die landwirtschaftlichen Nutzflächen,

Exkursion B - Teil 1

Böden der mittelholsteinischen Geest im Aukrug-Gebiet

J. Lamp und H.-K. Siem

Klima

Bei einer Jahresdurchschnittstemperatur von 8°C. (Monatsmittel: 0 - 16°C., s.a. Teil 2) und jährlichen Niederschlägen von ca. 850 mm (\pm 50 mm je nach Höhe und Lage) liegt der Aukrug im gemäßigt-maritimen Klimabereich der Hohenwestedter Geest Mittelholsteins. Die Niederschläge sind - bei einem geringfügigen Maximum im Juli/August - annähernd gleichmäßig über das Jahr verteilt. Bei nutzungsbedingten Schwankungen der Verdunstung zwischen 400 und 550 mm ergeben sich aus der klimatischen Wasserbilanz Erwartungswerte des Abflusses bzw. der Perkolations zwischen 250 und 500 mm pro Jahr. Trotz des bilanzmäßigen Wasserüberschusses tritt aufgrund der begrenzten Wasserspeicherkapazität und der Grundwasserferne vieler Böden der Hohen Geest (s.a. unten) im Sommer häufig Wassermangel auf, während es im Winter zu tiefgreifenden Auswaschungen kommt.

Geologie des Aukrug-Gebietes

Im Untergrund befindet sich eine in annähernd nord-südlicher (rheinischer) Richtung verlaufende Salzstruktur des Zechstein und Rotliegenden, die im Quartär mehrfach von alt- bis mittelpleistozänen Gletschervorstößen überfahren wurde. Warthestadiale Vorstöße der Saaleeiszeit haben die Erhebungen der Hohenwestedter Geest geschaffen, wobei ein später Vorstoß mehrere vorherige Staffeln durchstoßen hat und die Niederung der Buckener Au formte (Picard 1970). Die Warthe-Gletscher haben nicht nur Sander des eigenen und Geschiebe des früheren (Drenthe-)Stadiums aufgearbeitet, sondern insbesondere marine Ablagerungen der vorangegangenen Holstein-Warmzeit oder Elster-Beckentone aufgenommen, die als Tonschollen erhalten an vielen Stellen abgebaut wurden und auch jetzt noch für Bauzwecke genutzt werden.

In der Eem-Warmzeit verwitterten die saalezeitlichen Geschiebemergel und Carbonate wurden tiefgehend ausgewaschen (Entkalkungstiefe jetzt oft um 20 m u.GOF). Eemzeitliche Böden (Stremme 1981) sind aber nur sehr punktuell als Paläoböden konserviert, da das Gebiet während der nachfolgenden Weichselvereisung im Periglazialbereich lag. Durch Kryoturbation wurden die Böden stark umgeformt und durch Kryoplanation in noch stärkerem Maße abgetragen und verfrachtet (Überformung und Einebnung der Hohen Geest). An der Fahrtstrecke in der Nähe von Timmaspe wurden von Jakob und Lamp (1976) ausgedehnte Felder von Polygonnetzen aus der Luft

es dominiert eindeutig der Futterbau (90 % des Einkommens aus Veredelung, Cordts 1981). Durch Meliorationsdrainagen und Vorflutbegradigungen wurde die Niedere Geest, vormals bevorzugtes und hoffernes Weide- und Wiesenland, zunehmend dem Ackerfutterbau erschlossen (Gerste, Hafer, Hackfrüchte, heute verbreitet Silomais oder Ackergras), der früher den Flächen der Hohen Geest vorbehalten war. Insbesondere die sandigen Podsol- und Braunerde-Böden der Hohen Geest können aufgrund ihrer geringen Speicherkapazität für Niederschläge und der Grundwasserferne Mindererträge in trockeneren Jahren bewirken.

Die intensive Monokultur von Silomais und der neuerdings aus Subventionsgründen angebaute Winterraps kann auf durchlässigen Böden der Hohen und Niederen Geest zur Auswaschung von Nitrat und Herbiziden und damit zur Grund- und Trinkwassergefährdung führen.

Bodengesellschaften und Bodeninventur

Die Böden des Naturparks Aukrug wurden in zwei Bodenkarten 1:25000 kartiert und erläutert (Stremme 1981). Der Bau einer Erdgasleitung durch das Gebiet gab Lamp und Siem (1978) Gelegenheit zu Detailstudien an 46 km offenem Transekt über die Vergesellschaftung der Böden der Hohen und Niederen Geest. Danach finden sich hangabwärts folgende Topo-Hydrosequenzen (in Klammern %-Anteile)

a) sandige Substrate der Hohen Geest:

Podsol-BRAUNERDE (40) -> PODSOL (10) -> Pseudo/Gley-PODSOL (10)
-> Podsol-Gley (15) -> ANMOORGLEY (15) -> NIEDERMOOR (10).

b) lehmige Substrate der Hohen Geest:

Pseudogley-PARA/BRAUNERDE (35) -> PSEUDOGLEY (25) -> GLEY (15)
-> ANMOORGLEY (15) -> NIEDERMOOR (10).

c) Sander der Niederen Geest:

Gley-BRAUNERDE (0-5) -> Gley-PODSOL (35) -> Podsol-GLEY (30) ->
GLEY (5) -> ANMOORGLEY(15) -> NIEDERMOOR(10) -> AUENBODEN(0-5).

In der Hohen Geest führten warthestadiale Geschiebemergel und -sande, die zum Teil nur über kurze Strecken im gefrorenen Zustand transportierte und deshalb unvermengte Substratpakete enthalten (Holstein-Tone, drenthe- oder warthestadiale Sander und Beckenschluffe, s. Picard 1970), zu hoher Petrovariabilität, die durch weichselzeitliche Periglazialvorgänge noch erhöht wurde. Auch die lokal sehr unterschiedliche Nutzungsgeschichte, insbesondere die Verheidung, ist ein wesentlicher Faktor für Phyto- bzw. Anthropolvarianz der Böden.

Wegen der starken Einebnung wird die Bodenvariabilität der Hohen Geest oft nicht durch das Relief angezeigt, sie kann aber zum großen Teil aus Vegetations- und Ertragsunterschieden erschlossen werden, wobei die Fernerkundung ein wichtiges Hilfsmittel der Bodeninventur ist (Jakob 1981). Historische Karten, soweit vorhanden, verweisen über den Nutzungswandel auf Podsolierungsform und -grad bestimmter Flure, allerdings aus dem Mittelalter und Zeiten davor liegen meistens keine Informationen vor. Da im Erdgastransekt die mittlere Länge der Bodeneinheit zwischen 50 und 200 m lag, reicht eine Bodenkartierung im Maßstab 1:25000 mit

entsprechender Erhebungsdichte aus (Mutert et al. 1979). Die stellenweise sehr hohe Petrovarianz kann in etwa 10-20 % des Gebietes auch intensivere Inventuren bzw. größere Kartenmaßstäbe (1:5000) erfordern (s.u. und Lamp 1972).

In der Niederen Geest, die oft nur Höhenunterschiede von 1 - 2 m über weite Strecken aufweist, indizieren lokale Bodenwechsel oft schon mit Grundkarten-Höhenlinien nicht mehr angezeigte Geländedifferenzen von 20cm. Wechselnde Grundwasserspiegel im Bodenprofil führen zu einer hohen Hydrovarianz und dem o.a. Wechsel der Bodenformen, deren Länge im Erdgastransect im Mittel um 100 m schwankte. Stark periglazial überformte und durch Bodenbearbeitung erodierte Durchtragungen weichsel- oder saalezeitlicher Moränen, die oft nur durch wenige m Höhendifferenz angezeigt werden, erzeugen großflächigere Petrovarianzen in der Niederen Geest. Such andere Studien zur kleinräumigen Bodenvariabilität in der Niederen Geest (Riedel 1974, Kneib 1978) weisen auf die überraschend hohe Bodenvariabilität einer oberflächlich sehr einheitlich erscheinenden Landschaft hin, die aber meistens noch in Bodenkarten 1:25000 dargestellt werden kann.

Auswahl der Exkursionsprofile

Im Lichte bisheriger Bodeninventuren der Hohen und Niederen Geest Mittelholsteins stellen die nachfolgend beschriebenen Bodenprofile keine gebietsrepräsentative Auswahl dar. Nicht vorgestellt werden die weitverbreiteten, aber auch weitgehend bekannten Parabraunerden und (Rost-)Braunerden der Hohen Geest oder die Gley-Podsole und Podsol-Gleye der Niederen Geest. Aus technischen Gründen fehlen auch - wie oft bei DGB-Exkursionen - Vertreter der im Gebiet, trotz relativ dichter Bewaldung, vorherrschenden Ackerböden. Ein Hauptkriterium für die Auswahl der Exkursionsprofile lag darin, wichtige Anfangs-, Zwischen- und Endstationen des Nah- und Ferntransportes mobilisierter Stoffe (C, Fe, Mn, P u.a.) zu demonstrieren. Translokationsprozesse kennzeichnen nicht nur einzelne Profile, sondern die gesamte Landschaft (s.a. Schlichting 1965, 1962).

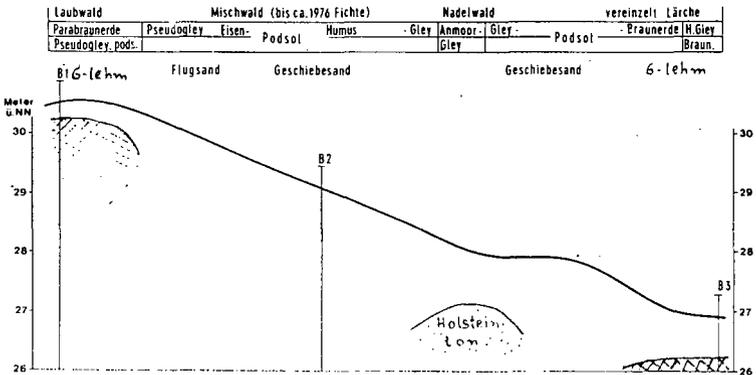


Abb. 1: Querschnitt zur Bodencatena Meezen

Notizen:

Profil B 1

Lage: 1,5 km nördl. Meezen

TK25: 1924 Hennstedt
H: 599265 R: 344647

Klima: gemäßigt maritim

Niederschlag: 850 mm

Gestein: warthestadialer Geschiebelehm mit Flugsand-Aufwehung

Relief: eben

Neigung: 1 %
Exposition:
Höhenlage: 30 m ü.NN

Vegetation/Nutzung: Mischwald

Humusform: Moder

Klassifikation: **podsolierter Parabraunerde-Pseudogley**
- FAO: Stagnic Alisol

Beschreibung des Profils

	cm		
0	LOfh	-7 - 0	Auflage: 2 cm L; 3 cm Of, 2 cm Oh
1	Aeh	0 - 5	braun-schwarz (10YR3/2), S1, x2, h5, W5, Ld1, kru
2	Ahe	5 - 15	braun-grau (7YR4/3), S1, x2, h3, W3, Ld2, kru
3	SwAl	15 - 35	hellbraun-grau (7YR7/2), S1, x2, h1, W2, sub, Ld3, 20% Fe-Flecke (5YR5/7), Mn-Konkret.
4	Sw	35 - 50	hellbraun-grau (7YR7/2), S1, x2, W1, Ld3, pol, 35% Fe-Flecke (5YR5/8), viel Mn-Konkret.
5	BtSd	50 - 100	rötlich braun (5YR5/8), Ls, x1, Ld4, pol-koh, Sandzungen, 50 % Fe-Flecke (5YR5/8)
6	Sd	100 - 180	rötlich braun (5YR5/6), Ls, x2, Ld4, koh, 50 % Fe-Flecke (5YR5/8)

Interpretation:

Ablagerung von warthestadialen Geschiebemergel, Entkalkung während Eem bis Holozän, in Weichsel-Periglazial großflächig Abtragung (Kryoplanation) und Umformung (Kryoturbation, Eiskeilbildung), Frostpolygone (lateral) und -risse (horizontal), mehrphasige Überwehung mit Flugsand und Ausblasung (Steinlagen), Steineintrag durch Mensch (vom benachbarten Acker), Staunässe aufgrund undurchlässigem Sd hinterläßt Marmorierung (rezent), Fe-Konkretionen (unten) und Mn-Konkretionen (oben). Versauerung im Oberboden zeigt sich an gebleichten Quarzkörnern und Fe_o-Tiefenfunktion. Podsolierung und Naßbleichung haben insbesondere zur Transformation (Konkretionen) und - gemäßigt - zur Translokation (Lateraltransport) von Stoffen geführt. Aufgrund der Heterogenität des Profils ist eine quantitative Bilanzierung aber kaum möglich.

Profil B 2

Lage: 1,5 km nördl. Meezen

TK25: 1924 Hennstedt
H: 599267 R: 344648

Klima: gemäßigt-maritim

Niederschlag: 850 mm

Gestein: Flugsand über Geschiebesand

Relief: Oberhang

Neigung: 3 %
Exposition: Nord
Höhenlage: 29 m ü.NN

Vegetation/Nutzung: Aufforstung nach
Fichtenbruch (1976)

Humusform: Rohhumus-Moder

Klassifikation: **Mächtiger Eisen-Humus-Podsol**
- FAO: Haplic Podzol

Beschreibung des Profils

	cm		
0	Lofh -9 - 0		Auflage: 4 cm L, 3 cm Of, 2 cm Oh
1	Aeh 0 - 8		schwarz (10YR2/1), mSfs, x2, h4, w4, Ld2, ein-fkru
2	Ae 8 - 65		hellgrau (10YR6/1), mSfs, x1, h2, w1, Ld3, ein, Humusschleier
3	Bh 65 - 75		schwarz (7YR2/1), mSfs, x0, h4, w2, Ld3, kit
4	Bhs 75 - 95		(dunkel)braun (7YR3-4/3, mSfs, x0, h2, w1, Ld4, kit, Pantherung u. Wurzeltöpfe/gänge
5	BsCv 95 - 160		hell gelbl.braun (7YR6/5), mSfs, x0, Ld4, ein, viele Humusbänder
6	Cv 250 - 250		hellbraun-gelb (7YR7/3), fS, x0, Ld4, ein, wenig Humusbänder

Interpretation

In einer in Lee der Kuppe abgelagerten, feinsandreichen Flugsand-anwehung (im mittleren Teil auch glaziale Mittelsande) hat in starkem Ausmaß Podsolierung stattgefunden, die durch die Vorverwitterung und selektive Verfrachtung des Ausgangsmaterials wesentlich gefördert wurde (Fein- und Mittelsande enthalten weniger "Basen" als Grobsande!). Vorangegangene Nutzung als Heide und Fichtenwald (1976 Total-Windbruch, dann Bestandserneuerung durch Bepflanzung und Anflug) dürfte Podsolierung wesentlich, neuzeitlich-anthropogene Versauerung dann aber kaum noch gefördert haben. Als typische Horizontausprägungen für Podsole sind sowohl Wurzeltöpfe und -gänge, als auch Pantherung (spherische Aufhellung durch Pilzkolonien mit Humusabbau und Fe-Mobilisierung) und Fe-Humus-Bänderung zu finden. In Anlehnung an Arbeiten von Schroeder und Friesel wird die Podsolierung als dynamisch-chromatographischer Prozess gedeutet. Die Bilanz des Prozesses im Profil (Im/Mobilisierung) ist offen zugunsten starker vertikal-lateraler Austräge vieler Elemente.

Profil B 3

Lage: 1,5 km südl. Meezen TK25: 1924 Hennstedt
H: 599278 R: 344650
Klima: gemäßigt-maritim Niederschlag: 850 mm
Gestein: Warthestadialer Geschiebesand über -lehm
Relief: Mittel- bis Unterhang Neigung: 2%
Exposition: Nord
Höhenlage: 22 m ü.NN
Vegetation/Nutzung: Fichtenwald Humusform: Moder
Klassifikation: Hangley-Braunerde (Ockererde)
- FAO: Gleyic Cambisol

Beschreibung des Profils

	cm		
0	L0hf -6 - 0		Auflage: L 2cm, Of, 2 cm, Oh 2cm
1	GoAh1 0 - 5		braunschwarz (10YR3/1), mS, x2, W4, Ld1, kru,
2	GoAh2 5 - 15		graubraun (10YR4/4), mS, x1, W3, Ld2, kru
3	GoBsv 15 - 45		braun (7YR4-5/6), mS, x2, W2, Ld3, ein-kit
4	Go1 45 - 120		hellbraun-gelb (10YR7/2), mS, x2, W1, Ld3, ein, 20-30% Fe/Mn-Konkretionen (5YR2-4/4-6)
5	Go2 120 - 135		graugelb (2Y7/2), mS, x2, Ld4, ein, 20 % Fe-Flecke (5YR6/8)
6	IIGor 135 - 230		graubraun (7YR4/3-4), Ls, x1, Ld5, koh, 50 % Fe-Flecke(5YR5/8), Sandzungen

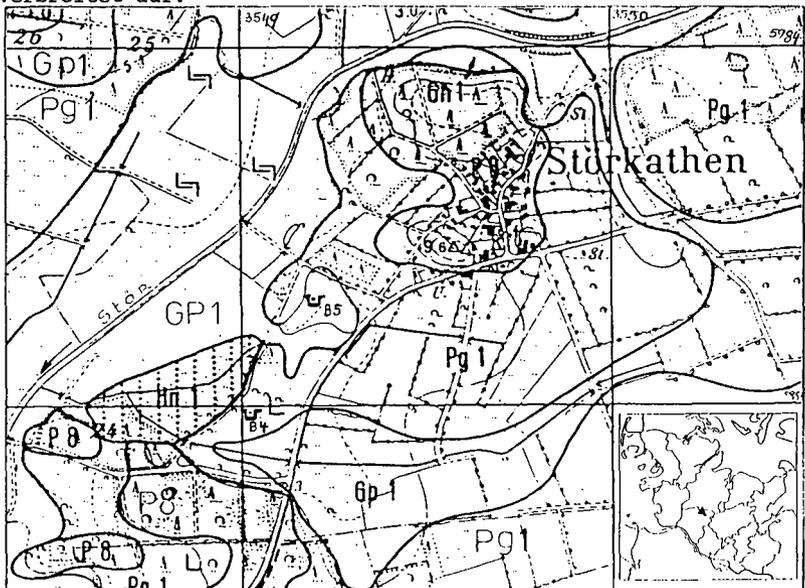
Interpretation

Warthestadialer Geschiebelehm wurde durch glaziale Sande (kryoplanativ) überdeckt, die im Oberboden durch Flugsand mit Feinsanden angereichert wurden. Latente Podsolierung ist durch gebleichte Quarze und anhand der pH/Fe-Tiefenfunktionen erkennbar. Die im B-Horizont vorgefundenen Mengen an freiem Eisen müssen allerdings hauptsächlich durch Aszension erklärt werden: lateral transportiertes (komplexgebundenes/reduziertes) Fe wird aufgrund erhöhter Redoxpotentiale ausgeschieden. Die Fe/Mn-Konkretionen im Unterboden können auch reliktsch entstanden sein.

Die Störniederung

Die Stör entwässert große Teile der Hohenwestedter Geest, des Neumünsteraner Sanders und angrenzende Gebiete des Östlichen Hügellandes in süd-westlicher Richtung zur Elbe. Die Niederung wurde zum größten Teil mit weichselzeitlichen Sandern ausgefüllt. Im Überschwemmungsbereich der Stör finden sich geschichtete Auensedimente und -böden, die von der Mündung bei Wevelsfleth flußaufwärts bis nach Kellinghusen unter abnehmendem Einfluß mariner Schlickablagerungen stehen. Rückstauwirkungen oberhalb Kellinghusens bis Störkathen können nicht ausgeschlossen werden, hier dürften aber Stoffzufuhren (Fe, Ca, P u.a.) aus benachbarten Gebieten der Hohen und Niederen Geest dominieren (s. Exkursionsprofile B4 und B5). Die Stör wurde bis Kellinghusen weitgehend eingedeicht, bei Wevelsfleth zur Elbe abgesperrt und durch Flußbegradigungen "melioriert". Eine teilweise Wiedervernässung der Störniederung wird z.Z. diskutiert.

Wie aus Abbildung 2 ersichtlich, finden sich am Rande der Flußniederung häufig Niedermoore (z.T. auch Hochmoore) und Flugsanddünen, auf denen sich Eisenhumuspodsole entwickelt haben. Je nach Höhe und Lage zu den vielfältigen Zuflüssen und Vorflutern der Stör treten in der Niederung Gley-Podssole oder Podsol-Gleye verbreitet auf.



Legende:

- | | | | |
|--|---------------------|-----|--|
| | Bodenprofile | P8 | Eisenhumuspodsol aus Flugsanden |
| | Gp1 Gley-Podsol ... | Gp1 | Podsol-Gley aus Fein- bis Mittelsanden |
| | Raseneisenerz | Hn1 | Niedermoor aus > 1m mächtigem Torf |

Abb. 2: Ausschnitt aus der Bodenkarte 1:2500, Blatt Kellinghusen (Janetzko und Weinhold 1981, verändert)

Literatur

- FRIESEL, P. (1984): Untersuchungen zu Teilprozessen der Podsolierung. Dissertation, Agrarwiss. Fak., Universität Kiel
- JAKOB, J. (1981): Zur Anwendung der konventionellen Fernerkundung von Böden in norddeutschen Landschaften. Dissertation Agrarwiss. Fakultät Kiel
- JAKOB, J. und J. LAMP (1980): Fossile Frostpolygonmuster auf Luftbildern Mittelholsteins und ihre bodenkundliche Bedeutung. *Meyniana* 32, 129-134
- JANETZKO, P. u. H. Weinhold (1981): Bodenkarte 1:25000, Blatt 2024 Kellinghusen. Geolog.Landesamt Schleswig-Holstein, Kiel
- KNEIB, W. (1979): Untersuchungen zur Gruppierung von Böden als Grundlage für die Bodenkartierung. Dissertation Agrarwiss. Fakultät Kiel
- LAMP, J. (1972): Untersuchungen zur Numerischen Taxonomie von Böden - durchgeführt an einem Bodenareal der Hohen Geest Schleswig-Holsteins. Dissertation Agrarwiss. Fakultät Kiel
- LAMP, J. und H.-K.SIEM (1978): Bodengesellschaften der Moränen und Sander Mittelholsteins. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 27, 337-340
- LAMP, J. and D.WIESE (1986): Characteristic soils of the Segeberg Forest area. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 51, 34-42
- MUTERT, E., J.LAMP und W.KNEIB (1979): Zur regionalen Variabilität von Böden in Schleswig-Holstein. *Mitteilgn.Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 29, 787-792
- PICARD, K.E. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Schleswig-Holstein 1:25000 (zu den Kartenblätter 1823, 1824, 1923, 1924 von 1961/62), Geolog. Landesamt Kiel
- RIEDEL, W. (1974): Bodentypologischer Formenwandel im Landesteil Schleswig und Möglichkeiten seiner Darstellung, *Mitt. Geograph. Ges. in Hamburg*, Bd. 63, 197-204
- SCHLICHTING, E. (1965): Die Raseneisenbildung in der norwestdeutschen Podsol-Gley-Landschaft. *Chemie der Erde* 24, 11-26
- SCHLICHTING, E. (1962): Über den Phosphathaushalt von Raseneisenböden. *Die Phosphorsäure* 22, 199-212
- SIEM, H.-K., J. LAMP und E.MUTERT (1984): Bodengesellschaften in Schleswig-Holstein - Auswertung von Kartierprojekten und Erdgas-Transekten. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl.Gesellsch.* 40, 217-222
- STREMME, H.E. (1981/1966): Erläuterungen zu den Bodenkarten vom Naturpark Aukrug, Bodenkarten 1: 25000 Holtdorf/Bargstedt 1824 und Hennstedt 1924 von 1966. Geolog.Landesamt, Kiel

Profil B 4

Lage: 1,2 km südwestl. Störkathen a.d. Stör TK25: 1724 Kellinghusen
H: 598298 R: 354906

Klima: gemäßigt-maritim

Niederschlag: 820 mm

Gestein: weichselzeitl. Sander

Relief: eben (Störniederung)

Neigung: 0 %

Exposition:

Grundwasser: 70 cm u.GOF

Höhenlage: 2 m ü.NN

Vegetation/ Nutzung: Mähweide (Knick-
fuchsschwanz)

Humusform: Mull-Moder

Klassifikation: Eisenreicher Gley

- FAO: Eutric Gleysol with petroferric phase

Beschreibung des Profils

		cm	
1	GoAh	0 - 12	braunschwarz(10YR3/1), mSfs, x2, h4, W4, Ld2, kru, 20 % Fe/Mn-Konkret.
2	Gmo	12 - 30	dunkelbraun (7YR3/3), mSfs, x1, h2, W2, Ld4, kit, 50 % Fe(Mn)-Konkretionen (5YR2-4/2-6, Raseneisenbank)
3	Go1	30 - 45	hellbraun-gelb(7YR5-7/3-6), mS, x2, W1, Ld5, ein-kit, 10% Fe-Konkret, 30% Humustöpfe
4	Go2	45 - 60	hellbraun-gelb (7YR5-7/3-6), mS, x1, W1, Ld4, ein-kit, 10% Humustöpfe (10YR3/2) z.T. mit "grünem Rost" (?, 5GY4/1)
5	Gro	60 - 90	hell bräunl.grau (10YR6/3), mS, x1, Ld4, ein, 10% Fe-Flecke, Rhizomreste
6	Gr	90 - 120	hellgrau (2Y7/2), mS, x2, Ld4, ein

Interpretation

Aus fluvioglaziale Sand in Randlage der Störniederung - benachbarte Flugsand-Dünen stellen Barriere dar - hat sich durch Ausscheidung von Fe aus dem Grundwasser entlang Redoxgradienten ein Raseneisen-Gley ausgeprägt. Als Besonderheit treten grünliche, zapfenförmige Eisenanreicherungen (in alten Wurzelgängen?) auf.

Profil B 5

Lage: 0,8 km südwestl. Störkathen

TK25: 2024 Kellinghusen
H: 598326 R: 354918

Klima: gemäßigt-maritim

Niederschlag: 820 mm

Gestein: Torf ü. Sand

Relief: eben (Störniederung)

Neigung: 0 %

Exposition:

Grundwasser: 80 cm

Höhenlage: 2 m ü.NN

Vegetation/Nutzung: Mähweide (Knick-
fuchsschwanz)

Humusform: Naß-Moder

Klassifikation: Eisenphosphathaltiges Übergangsmoor
- FAO: Ferric Histosol with vivianitic phase

Beschreibung des Profils

		cm	
1	Aa	0 - 5	schwarz (10YR 1,5/1), vererdeter Übergangsmoortorf, Quarzkörner, H6
2	uH	5 - 80	schwarz (10YR5/1), Bruchwaldtorf, H5-4, unten: Fe-Überzüge auf Kluffflächen (5YR5/6)
3	Hc	80 - 100	reduziert: hellgrau (2Y7-8/1), oxidiert:blau (5B5/8, Vivianit), randständig rotbraun - gelbe Fe-Konkret. (2YR-2Y6/8), c5 (Siderit)
4	uH	100 - 115	schwarz (10YR1,5/1), Bruchwaldtorf, Fe-oxid-Überzüge
5	Gr	115 - 130	hellgrau (2Y7/2), mS, x3, Ld4

Interpretation

In einer durch eine Flugsanddüne zur Stör hin abgetrennten Geländemulde hat sich ein im Oberboden vererdetes Übergangsmoor gebildet. Im mittleren Teil des Profils finden sich nicht nur Fe-haltige Lagen (nach Belüftung werden diese sichtbar), sondern als Besonderheit ein zunächst hellgräues Band von ca. 10 - 20 cm Mächtigkeit, das nach Belüftung sich intensiv blau färbt. Röntgenspektroskopische Untersuchungen und die Gesamt-P- und Fe-Analysenwerte zeigen Vivianit, aber auch Siderit an. Die Genese dieses eisen-, phosphat- und carbonathaltigen Übergangsmoors wird z.Z. untersucht.



Exkursion B - Teil 2

Böden im Bereich des Segeberger Forst: Stoff-, Humusdynamik und mikrobielle Aktivität bei unterschiedlicher Nutzung

L.Beyer, C.G.Schimming, U.Irmiler, M.Peters* & H.-P.Blume

Klima, Geologie und Vegetation

Das Gebiet des Segeberger Forstes weist ein ausgesprochenes Seeklima mit milden Wintern und kühlfeuchten Sommern auf. Es fallen ca. 800 mm Niederschlag, vornehmlich im Sommer. Die Klimadaten entstammen der nahegelegenen Wetterstation Neumünster (Abb.1).

Ausgangsmaterial der Böden sind weichselzeitliche Schmelzwassersande, die z.T. von saalezeitlichen Moränenrücken durchragt werden. Das ursprünglich carbonathaltige Material ist heute bis in Tiefen von 15-20 m entkalkt.

Die ehemaligen Eichenmischwäldern wurden z.T. im Mittelalter gerodet und weite Landschaftsareale verheidenet. Zur Jahrhundertwende wurden in Schleswig-Holstein Aufforstungen vorgenommen (Abb.2a und 2b), so daß der Segeberger Forst mit 5140 ha heute das zweitgrößte Waldgebiet Schleswig-Holsteins ist. Benachbarte Flächen wurden (z.T. nach Tiefumbruch ackerbaulich genutzt (B9).

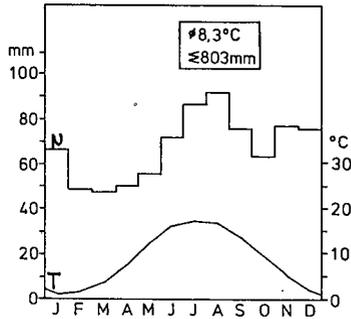


Abb.1: Klimadiagramm nach Daten DWD aus der Hauptklimastation Neumünster (1951-1980, aus Beyer, 1989)

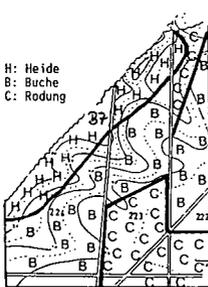


Abb.2a: Vegetation um 1800 (alle Lamp et al., 1986)

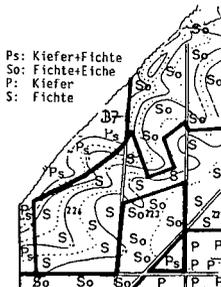


Abb.2b: Vegetation heute



Abb.2c: Bodentypenkarte nahe des Profils B7

Profil B 6

<u>Lage:</u> Segeberger Forst, Jagen 217	TK:	H 5978630 R 3569010
	Grundwasser:	15 m u.GOF
<u>Klima:</u>	Niederschlag:	803 mm
	Mitteltemperatur:	8.1 °C
<u>Gestein:</u> Saalezeitliche Geschiebesande über Vorschüttssanden		
<u>Relief:</u>	Neigung:	eben
	Höhenlage:	40 m ü.NN
<u>Vegetation/Nutzung:</u> 90-jährige Roteiche (<i>Quercus robur</i>), Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i>)		
	Humusform:	Rohhumusartiger Moder
<u>Klassifikation:</u>	Bodentyp:	Podsolierte Braunerde
	FAO:	Cambi-Podzolic Arenosol
	Soil Taxonomy:	Spodic Udipsamment

Beschreibung Profil B6:

Of/Oh	5- 0 cm	Sehr dunkelgrau-dunkelbraun (10YR3/1-3), teilhumifizierte Laubstreu
Aeh	0- 10 cm	Schwarz-sehr dunkelgrau (10YR2.5/1), h4, mSgs, gl, krul-ein, Ld2, W3, deutlicher Übergang
AbBv	- 30 cm	Dunkel gelbbraun (10YR3/4), h3, mSgs, g2, ein, Ld2, W2, gleit.Übergang
Bv	- 50 cm	Kräftig braun (7.5YR4/6), mSgs, g3, ein, Ld2, W2, gleitender Übergang
IIBbtv	- 95 cm	Gelbbraun (10YR5/7), gSms, g4, ein, Ld2, Tonbänder, gleit.Übergang
IIIBvc	-110 cm	Braungelb-gelbbraun (10YR5-6/4-6), gSms-gS, g2, ein, Ld3, kleine grau-braune Konkretionen, gleitender Übergang
IVBvc	-140 cm	Braungelb-gelbbraun (10YR5-6/4-6), gSms, g2, ein, Ld3, gleit.Übergang
VICv	-170 cm	Braun (7.5YR5/4), gSms-gS, g5, ein, Ld3, gleitender Übergang
VICv	-200 cm	Braungelb (10YR6/6), mSgs-mS, g2, ein, Ld3

Interpretation Profil B6:

Die podsolierte Braunerde hat sich auf grob- bis mittelsandigen Saale-Moränen entwickelt. Die Podsolierung ist, trotz starker Versauerung relativ schwach, wie an den Eisenfraktionen zu erkennen ist. Dies dürfte auf den höheren Feldspatgehalt (im Vergleich zu Profil B7: Tab.2 und 5) und den dauernden Bewuchs mit Laubwald (auch im Mittelalter) zurückzuführen sein. Die deutlich ausgeprägte Humusaufgabe zeigt, wahrscheinlich aufgrund der durch die Versauerung gehemmten mikrobiellen Aktivität, Übergänge zum Rohhumus. Durch eine Kalkung wurde der Abbau der angelieferten Streu kaum beeinflusst (Abb.3), da das grobe Material für Regenwürmer wenig geeignet ist, denn der Boden ist zwar gut durchlüftet und besitzt aber nur eine geringe Wasserkapazität (Zingk, 1988). Nährstoffe sind vor allem in der Auflage gebunden.

Die N-Fractionen erhöhen sich bei der Passage durch die Kronentraufe kaum (Tab.2). Die hohen NH₄-Gehalte spiegeln die NH₃-Emissionen aufgrund intensiver Güllewirtschaft in dieser Region wider. Das eingetragene NH₄ wird nitrifiziert und beeinflusst gemeinsam mit der N-Freisetzung aus der OBS den NO₃-Gehalt; dieses kann nicht alles aufgenommen werden und wird z.T. in den Unterboden verlagert (Tab.3). Im Vergleich zu anderen Bundesländern werden geringe Mengen an Cd, Pb, und Zn eingetragen. Blei wird noch in großen Mengen im Boden gespeichert, während Cadmium und Zink ausgetragen werden (Tab.3). Ansteigende Al-Gehalte belegen die Al-Freisetzung durch Versauerung in diesem Boden, wobei im Ah wahrscheinlich eine Bindung an die OBS erfolgt. Gegenüber den Einträgen stark erhöhte Auswaschungsmengen an K, Ca, Mg und Al kennzeichnen intensive Verwitterungsprozesse. SO₄ wird offensichtlich in weniger versauerten Bereichen des Profils als Al-hydroxo-komplex gebunden (Schimming, 1990).

Tab.1: Eigenschaften der podsollierten Braunerde unter Eiche und Kiefer (Profil B6)

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB cm ³	GPV %	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk-, und humusfreien Feinbodens						
							0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.1	Of/Oh	5- 0	nb														
1.2	Aeh	-10	4	664	1.26	50	50	21.3	9.3	4.5	20	54	17.4	Σ 7.5	Σ 2.0		
1.3	AhBv	-30	6	nb	1.31	50	47	18.8	8.0	3.9	22	52	17.1	Σ 7.2	Σ 1.6		
1.4	Bv1	-50	34	505	1.35	49	43	16.2	6.6	3.2	26	55	12.2	Σ 5.5	Σ 2.2		
1.5	Bv2	-70	12	nb	nb						37	53	6.0	Σ 2.0	Σ 1.9		
1.6	Bbtv	- 95	12	nb	1.44	46	32	4.1	3.0	4.1	31	59	7.2	Σ 1.0	Σ 1.6		
1.7	IIBvC	-110	54	nb	nb						48	41	7.2	Σ 1.8	Σ 1.8		
1.8	IIIBvC	-140	2	2500	1.67	37	35	12.3	7.7	12.3	26	70	3.8	Σ 0.3	Σ 0.6		
1.9	IVBC	-170	62	nb	1.60	40	32	4.1	3.0	4.1	41	42	12.5	Σ 3.8	Σ 1.3		
1.10	VCv	-200	6	nb	1.67	36	35	12.3	7.7	12.3	21	74	3.9	Σ 0.2	Σ 0.6		

Nr.	pH CaCl ₂	Corg %	Nt %	C/N	Feo mg/	Fed g	Feo/ Fed	Mno mg/kg	austausch. Kat.		cmolc/kg		Σ KAK pot	BS %	Pa mg/kg	
									Ca	Mg	K	Na				H+A1
1	19	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	36	37
1.1	3.0	27.5	1.27	22	1.5	4.1	.37	69	6.94	1.96	.830	.360	682	790	14	nb
1.2	3.1	2.5	.11	23	2.5	5.6	.44	103	1.20	.045	.020	.062	141	143	2	1.5
1.3	3.9	2.0	.085	24	2.5	6.6	.38	120	.077	.034	.021	.060	91	93	2	4.9
1.4	4.4	.50	.030	17	.87	4.7	.19	74	.036	.011	nn	.029	37	38	2	nn
1.5	4.4	.14	.011	13	.32	3.3	.10	86	.031	.009	.005	.030	25	26	3	nn
1.6	4.3	.10	.009	11	.34	3.1	.10	138	.028	.003	.004	.032	17	18	4	nn
1.7	4.4	.06	.005	12	.53	2.6	.21	155	.020	.003	.006	.017	16	16	3	4.9
1.8	4.4	.02	nn	nb	.28	1.6	.18	70	.029	.017	.006	.018	9	9.7	7	0.4
1.9	4.3	.06	.006	10	.84	9.0	.09	388	.071	.018	.009	.023	25	27	6	2.6
1.10	4.4	.02	.002	25	.23	1.3	.18	97	.024	.023	.004	.016	6	6.5	8	1.6

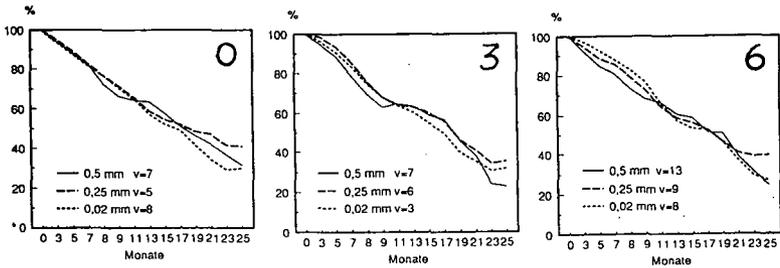


Abb.3: Restmengen an Laubstreue in Netzbeuteln unterschiedlicher Maschenweite in drei Kalkungsvarianten (0, 3, 6 t/ha; v=durchschnittliche Varianz der Versuchsreihe)

Tab.2: Mittlere Gehalte in der Bodenlösung einer podsolierten Braunerde unter Eiche (1983-1985, n.Schimming, 1991)

Nr.	Hor.	NO3-N	NH4-N	Ca	K	Mg	Na	Al	PO4-P	SO4	Cl	Cd			Pb		Zn		Qu	FS
												49	50	51	53	54				
		mg/l											µg/l			%				
	2	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	53	54				
Niedersch.		.83	1.7	.5	.5	.3	1.8	.07	.07	5.3	3.6	.17	8.9	26	—	—				
Kronentr.		.92	1.6	1.5	3.0	.6	2.1	.07	.24	9.8	4.8	.19	6.4	36	—	—				
1.2	Aeh	41.5	6.1	4.0	10.4	2.3	3.3	1.9	.65	21.7	11.9	1.9	30.6	174	80	16				
1.5	Bv2	10.3	0.7	3.6	3.1	2.2	7.5	3.8	.04	13.1	9.3	4.1	1.9	251	75	18				
1.8	BvC	7.6	0.4	3.1	2.0	3.1	9.3	4.7	nn	15.6	13.9	1.7	0.8	276	76	9				

Qu: Quarz, FS: Feldspäte in % der Feinsandfraktion

Tab.3: Stoffbilanz einer podsolierten Braunerde unter Eiche (1983-1985, Schimming 1991)

	NO3-N	NH4-N	Ca	K	Mg	Na	Al	PO4-P	SO4	Cl	Cd	Pb	Zn
B Deposition	1.17	1.26	.36	.38	.21	1.17	.05	nn	5.55	2.64	.13	6.40	20.7
C Austrag	2.33	.12	.95	.62	.95	2.87	1.45	nn	4.80	4.29	.52	.25	85.6
C - B	1.16	-1.14	.59	.24	.74	1.60	1.40	nn	-.75	1.65	.39	-6.15	64.9

Notizen:

Profil B 7

<u>Lage:</u> Segeberger Forst, Jagen 223	Klint TK:	H 5980070 R 3570150
	Grundwasser:	2-4 m u.GOF
<u>Klima:</u>	Niederschlag:	803 mm
	Mitteltemperatur:	8.3 °C
<u>Gestein:</u> Sandige Fließerde über Sandersand		
<u>Relief:</u>	Neigung:	1.2°
	Exposition:	WNW
	Höhenlage:	29 m ü.NN
<u>Vegetation/Nutzung:</u> 90-jährige Fichte (<i>Picea abies</i>), z.T.Kiefern (<i>Pinus sylvestris</i>)	Humusform:	Feinhumusreicher Rohhumus
<u>Klassifikation:</u>	Bodentyp:	vergleyter Eisenhumuspodsol
	FAO:	Haplic Podzol
	Soil Taxonomy:	Typic Haplorthod

Beschreibung Profil B7:

L1	15- 14 cm	Streu aus unzersetzten Fichtenzweigen und Fichten- und Kiefernfrucht-körpern mit 10% Gras, gleitender Übergang
L2	14- 13 cm	Streu aus gelbbraunen (10YR5/6), intakten, Nadeln (80% Fichte, 20% Kiefer) mit wenigen Zweigen, gleitender Übergang
Of1	13- 12 cm	Streuhumus aus dunkelbraunen (7.5YR3/4-4/4), fermentierten, größtenteils zerkleinerten Nadeln und 10-15% Feinhumus (Dipteren-,Oribatiden-, Collembolenlösung), Wurzelfilz, gleitender Übergang
Of2	12- 7 cm	Streuhumus aus 70% dunkelrotbraunen (5YR3/2) Nadelstücken und 25-30% dunkelbraunem (8YR4/4) Feinhumus (vor allem Oribatiden- und Collembolenlösung), Pilz- und Wurzelfilz, stapelige Lagerung, scharfer Übergang
Oh	7- 0 cm	Moderhumus aus 90% dunkelrotbraunem (5YR3/3) Feinhumus und 10% schwarzen (5YR2.5/1), stark humifizierten Nadeln, kompakte und stapelige Lagerung, stark durchwurzelt, sehr scharfer Übergang
Aeh	0- 10 cm	Gliederfüßerhumus, schwarz (5YR2.5/1), h3, Su3, gl, kru1-ein, Ld1, W2, gleitender Übergang
IIAhe	- 20 cm	Sehr dunkel-graubraun (10YR3-4/1-2), h3, mSfs, gl, ein, Ld3, W2, deutlicher Übergang
Bh	- 25 cm	Schwarz (5YR2.5/1), h5, mSfs, gl, ein-kit (z.T.als Orterde), Ld2, W2, deutlicher Übergang
Bhs	- 30 cm	Dunkel rotbraun (2.5YR2.5/4), h3, mSfs, ein, Ld2, Wurzeltöpfe, lappiger Übergang
Bvs	- 70 cm	Gelbbraun (10YR5/6) fS-mS , ein, Ld3, feine humose Bänder und Wurzeltöpfe, gleitender Übergang
GCv	-150 cm	Braunge1b (10YR6/6), mSfs, ein, Ld3, schwach rostfleckig (5YR5/8), Mn-Konkretionen, deutlicher Übergang
GC	-160 cm	Braunge1b (10YR6/6), mSfs, g4, ein, Ld3, deutlicher Übergang
IIIGC	-190 cm	Gelbbraun (10YR5/6), S12, g2, geschichtet, ein-koh, Ld5, rostfleckig (5YR5/8), deutlicher Übergang
IVGC	-220 cm	Dunkel gelbbraun (10YR4/6) mS, g2, ein, Ld4, rostfleckig (5YR5/8)

Interpretation Profil B7:

Ausgangsmaterial der Bodenbildung sind fluvioglaziale Sande, die im Bereich eines Moränenrandes von sandiger Fließerde überlagert und anschließend überweht wurden. Starke Versauerung und Verwitterung bedingen den geringen Gehalt an Feldspäten und eine weit fortgeschrittene Podsolierung. Die mikrobielle Aktivität ist stark herabgesetzt (Tab.8)

Tab.4: Eigenschaften des vergleyten Eisenhumuspodsoles unter Fichte (Profil B7)

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB cm3	GPV %	Vol.% Wasser b. pf				Körnung in % des kalk-, und humusfreien Feinbodens						
							0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2.1. - 2.3 Humusauflage (L-Of-0h, vg1.Abb.5)																	
2.4	Aeh	0- 10	1.2	215	.81	68	67.0	54.0	40.0	9.7	6.4	48	24	13.2	Σ 4.3		4.0
2.5	Ahe	- 20	.2	226	1.54	45	38.0	12.5	6.3	3.1	6.0	61	27	2.0	Σ 1.7		2.0
2.6	Bh	- 25	.2	600	1.37	47	45.0	16.6	11.6	4.1	4.2	56	33	0.0	Σ 1.9		4.5
2.7	Bhs	- 30	.0	609	1.37	47	45.0	16.6	11.6	4.1	6.8	55	30	3.7	Σ 2.2		2.5
2.8	Bvs	- 70	.0	555	1.59	40	39.0	7.1	2.9	1.9	7.6	69	21	1.3	Σ 0.3		0.6
2.9	GCv	-150	.1	519	1.59	40	38.0	6.8	3.4	1.7	4.2	53	40	2.1	Σ 0.2		1.0

Nr.	pH CaCl2	Corg %	Nt %	C/N	Feo mg	Fed g	Feo/ Fed	Mno mg/kg	austausch.		Kat. K	cmolc/kg		Σ KAK		BS %	Pa mg/kg
									Ca	Mg		Na	H+Al	pot	eff		
1	19	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35	36	37
2.1	3.1	50.8	1.5	34	nb				8.5	1.8	1.1	.50	16.6	50	29	24	nb
2.2	2.9	45.5	1.6	23					9.3	2.2	.46	.38	58.5	103	71	12	
2.3	2.8	35.2	1.4	25					8.3	1.7	.46	.46	68.0	111	79	10	
2.4	2.7	7.6	.46	17	.45	.55	.82	11	2.2	.53	.30	.15	15.6	29	19	11	16
2.5	3.1	1.3	.05	26	.04	.06	.67	14	.24	.05	.07	.07	1.3	2.0	1.8	25	2.3
2.6	3.1	8.0	.23	35	1.8	1.8	1.0	63	.69	.10	.02	.15	27.9	33	29	3	110
2.7	4.0	2.4	.09	27	6.3	9.7	.65	10	.11	.03	.003	.05	14.1	20	14	1	37
2.8	4.5	1.0	.03	33	.19	.64	.30	31	.04	.01	.002	.03	2.6	3.3	2.7	3	11
2.9	4.7	0.1	.01	16	nb				.04	.01	.004	.03	1.3	1.7	1.4	6	nb

und der Abbau der angelieferten Streu dauert sehr lange (Abb.4), so daß sich innerhalb von 100 Jahren eine mächtige organische Auflage gebildet hat (Abb.5). Aus dieser und den mineralischen A-Horizonten werden Huminstoffe in den Unterboden verlagert und vor allem im Bh-Horizont akkumuliert (Abb.5). Der gesamte Boden ist gut durchlüftet, die Hydromorphie im Unterboden dürfte reliktsch sein (Zingk, 1988). Austauschbare und pflanzenverfügbare Nährstoffe sind vor allem in der Humusauflage und dem Bh-Horizont gespeichert, während das quarzreiche Unterbodenmaterial kaum Nährstoffreserven aufweist.

Die Konzentrationsverhältnisse der Bodenlösung werden in starkem Maße von den durch

Deposition stark angereicherter Kronentraufen und damit Nährstoffeinträgen aus dem Meerwasser und den sauerwirkenden Luftschadstoffen bestimmt (Tab.5). Die hohe Nitratkonzentration

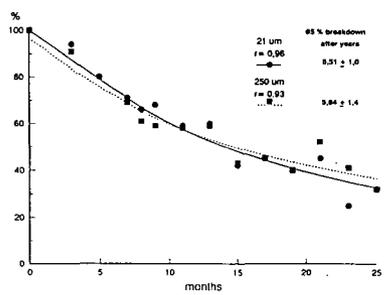
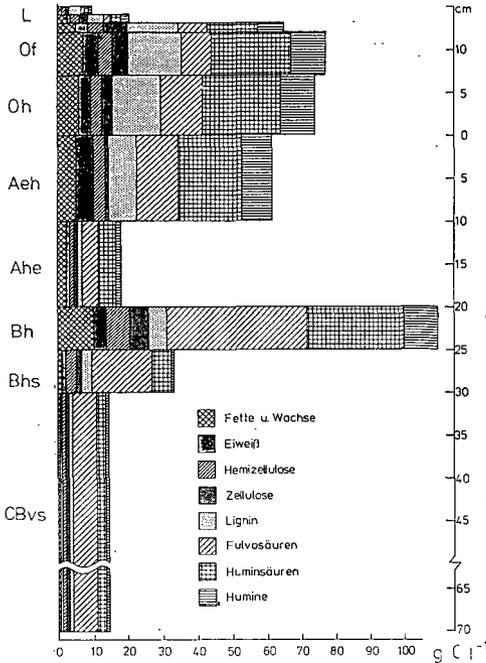


Abb.4: Streuabbau (%) auf dem Eisenhumuspodsol (B7) unter Fichte bei unterschiedlicher Maschenweite

Abb.5: Vertikale volumenbezogene Zusammensetzung der OBS des Eisenhumuspodsoles unter Fichte (Profil B7)

Tab.5: Mittlere Gehalte in der Bodenlösung eines Eisenhumuspodsoles unter Fichte (1983-1985, n.Schimming, 1991)

Nr.	Hor.	NO3-N	NH4-N	Ca	K	Mg	Na	Al	PO4-P	SO4	Cl	Cd			Zn	Qu	FS
												49	50	51			
	2	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	53	54	
	Niedersch.	.83	1.7	.5	.5	.3	1.8	.07	.07	5.3	3.6	0.2	8.9	26	—	—	
	Kronentr.	2.15	4.26	3.0	4.2	1.3	6.4	.3	.15	26.6	12.8	0.4	15.5	79	—	—	
	1.4 Aeh	132	5.1	8.4	3.9	2.7	13.9	2.1	.99	48.4	33.6	2.6	8.5	380	95	4	
	1.7 IIBhs	8.3	2.4	6.6	3.6	3.2	20.5	11.7	.05	46.9	30.3	5.2	1.5	354	88	10	
	1.9 GCv	10.4	0.2	6.9	2.9	2.8	19.2	12.7	nn	54.8	32.1	1.4	0.9	322	89	9	

beruht auf den trockenen Witterungsbedingungen im Meßzeitraum (Schimming, 1991). Ammonium

Notizen:

reichert sich durch die Passage der Kronentraufe stark an. Während in der Braunerde (Profil B6) fast alles NH₄ im Ah nitrifiziert wird, geschieht dies im Podsol aufgrund stärkerer Versauerung nicht mehr. Große Mengen an Aluminium werden freigesetzt (Tab.5) und ausgewaschen (Tab.6), während Sulfat noch abgepuffert wird. Die Al³⁺-Konzentrationen erreichen in den Mineralhorizonten toxische Grenzwerte. Die Fichten sind ausreichend mit Stickstoff, nicht dagegen mit K und Mg. Die Nährstoffausträge sind mit Ausnahme des Kaliums höher als die Zuführen durch Deposition (Tab.6)

Tab.6: Stoffbilanz eines Eisenhumuspodsoles unter Fichte (1983-1985, Schimming 1991)

	NO3-N	NH4-N	Ca	K	Mg	Na	Al	P04-P	S04	Cl	Cd			Pb		Zn
											g/m ²			mg/m ²		
A Masse Depos.	.59	1.26	.36	.38	.21	1.31	.05	.05	3.80	2.52	.13	6.44	18.3			
B Tr.Deposition	.48	.88	.33	.15	.24	1.74	.10	nn	9.45	3.62	.09	1.43	21.1			
C Austrag	2.02	.04	1.34	.56	.54	3.72	2.46	nn	10.62	6.23	.25	.18	62.5			
C - (A+B)	.95	-2.1	.65	.03	.10	.67	2.31	-.05	-2.62	.09	.03	-7.69	23.1			

Profil B 8

Lage: Heidmühlen, Klint
Klima: TK: H 5980770 R 3571370
 Grundwasser: 2-3 m u.GOF
 Niederschlag: 803 mm
 Mitteltemperatur: 8.3°C
Gestein: Weichselzeitliche Schmelzwassersande
Relief: Neigung: 1°
 Exposition: WNW
 Höhenlage: 31 m ü.NN
Vegetation/Nutzung: Mais (1983-85)-W.Roggen (1985/86/87)-Mais (1988+89)-S.Gerste (1990)
Klassifikation: Bodentyp: Eisenhumuspodsol, im Untergrund vergleyt
 FAO: Haplic Podzol
 Soil Taxonomy: Typic Haplorthod

Beschreibung Profils B8:

MAp 0- 32 cm Schwarz (N2), h4, mSfs, gl, krul, Ld2-3, W3, sehr scharfer Übergang
 MAeh - 38 cm Sehr dunkelgrau (10YR3/1)-grau (10YR5/1), h3, mSfs, gl, ein-krul, Ld3, W2, deutlicher Übergang
 Bh - 41 cm Schwarz (N2), h4-h5, mSfs, gl, ein-kit (z.T.als Orterde), Ld2, W2, deutlicher Übergang
 Bhs - 47 cm Sehr dunkelbraun-dunkelbraun (7.5YR2.5/2), h3, mSfs, gl, ein, pedogenetisch verdichtet, Ld2, W2, lappiger Übergang
 Bbhv - 64 cm Gelbbraun (10YR5/6), mSfs, gl, ein, Ld3, W1, einzelne humose Bänder, gleitender Übergang
 Bbv -127 cm Hellgelbbraun (10YR6/4), mSfs, gl, ein, Ld3, einzelne humose Bänder, gleitender Übergang
 GBv -160 cm Braungelb (10YR6/6), mSfs in Wechsellagerung mit Su, gl, ein, Ld3-4, schwach rostfleckig, gleitender Übergang
 GCv -200 cm Hellgrau (2Y7/2), mSfs, gl, ein, Ld3, schwach rostfleckig

Tab.7: Eigenschaften des Eisenhumuspodsol unter konv.Ackernutzung (Profil B8)

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB cm ³	GPV %	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk-, und humusfreien Feinbodens						
							0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3.1	MAp	0- 32	.3	308	1.40	46	46	27.6	18.5	9.1	3.7	51	33	4.4	Σ	4.7	3.6
3.2	MAeh	- 38	.1	204	1.52	41	41	18.4	9.1	7.0	2.1	50	40	3.6	Σ	2.6	1.6
3.3	Bh	- 41	.1	344	1.25	51	51	30.3	20.5	14.6	2.9	51	38	2.7	Σ	2.2	3.3
3.4	Bhs	- 47	.4	744	1.36	48	45	13.7	7.5	7.0	3.5	54	36	2.2	Σ	2.8	1.5
3.5	Bbhv	- 64	.3	812	1.44	45	45	11.3	5.6	4.8	1.9	49	44	2.9	Σ	1.1	1.4
3.6	Bbv	-127	.1	685	1.54	42	41	12.0	4.9	1.9	1.8	53	41	2.3	Σ	0.6	1.2
3.7	GBv	-160	.1	29	1.74	38	38	5.9	2.0	1.5	1.8	40	40	13.2	Σ	3.3	1.7
3.8	GCv	-200	.1	608	1.64	34	34	20.3	4.1	1.4	3.0	63	31	1.5	Σ	0.3	0.9

Nr.	pH CaCl ₂	Corg %	Nt %	C/N	Feo		Feo/ Fed	Mno mg/kg	austausch.		Kat. K	cmolc/kg		Σ KAK		BS %	Pa mg/kg
					Fed g	Fed			Ca	Mg		Na	H+Al	pot	eff		
1	19	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35	36	37
3.1	4.6	2.6	.27	9	1.8	2.7	.68	113	4.6	.28	.17	.11	6.8	14	12	37	115
3.2	4.8	1.1	.07	15	.35	.48	.73	5.1	2.4	.18	.036	.088	3.2	7.0	6.0	39	46
3.3	4.8	3.8	.17	22	1.2	1.2	1.0	12	6.9	.59	.11	.11	12.9	23	21	34	83
3.4	5.0	1.7	.09	19	4.6	5.1	.90	4	1.1	.14	.065	.041	3.7	8.0	5.0	25	22
3.5	5.1	.22	.02	12	.72	.90	.79	28	.27	.026	.018	.027	.7	1.8	1.0	19	5.2
3.6	5.1	.09	.005	18	.10	.24	.42	39	.11	.011	.008	.014	1.4	1.4	.8	10	6.6
3.7	5.1	.07	.007	10	.13	.44	.30	56	.10	.011	.023	.015	1.3	1.3	.8	11	4.9
3.8	5.0	.04	.003	13	.07	.36	.19	57	.05	.005	.004	.008	1.9	2.5	1.9	4	5.8

Interpretation Profil B8

Der Eisenhumuspodsol des Acker unter konventioneller Bewirtschaftung ist aus weichselzeitlichen Schmelzwassersanden entstanden und dem Wald-Podsol (Profil 2) in Ausgangssubstrat und Pedogenese sehr ähnlich. Aufgrund der flachen Unterhanglage ist der Ap-Horizont kolluvial beeinflusst, so daß trotz Bodenbearbeitung Aeh und Bh-Horizont noch erkennbar sind. Die Eisenfraktionen weisen auf eine reliktsche Podsolierung hin, die durch die Kalkung unter landbaulicher Nutzung gestoppt wurde. Hohe Eisen- und Kohlenstoffeinträge

vom Ober- in den Unterboden (Beyer et al., 1993) weisen auf eine allmähliche Zersetzung des Bh-Horizontes hin. Die Wasser- und Luftverhältnisse sind dem Podsol unter Wald sehr ähnlich. Die mikrobielle Aktivität ist im Vergleich zum Wald (Profil Segeberg 2) durch die

Tab.8: Mikrobielle Aktivität in sandigen Podsohlen der Geest (Beyer, 1989; Beyer et al., 1991)

Parameter		Fichte	Acker	
			konv.	öko1.
TOC	g/m ² /0.5m	29286	15761	18827
Nt	g/m ² /0.5m	1174	1474	934
φ C/N		30	15	30
Bodenatmung	gCO ₂ /m ² /a	1043	1987	1817
Zelluloseabbau	%	6.9	26.8	33.1
Mikrobielle Biomasse	mgC/100g	6.8	14.0	16.1
Dehydrogenaseaktivität	μgTPF/100g	180	325	615
Phosphataseaktivität	μgPhenol/100g	219	825	528

regelmäßige Kalkung und Nährstoffzufuhr deutlich erhöht (Tab.8). Die Humuszusammensetzung ist wiederum dem Wald-Podsol sehr ähnlich (Abb.6), da beide Böden bis zur Jahrhundertwende die gleiche Vegetationsgeschichte aufweisen (Heide). Die Humusmenge wurde durch die erhöhte mikrobielle Abbauleistung unter landbaulicher Nutzung allerdings halbiert (Beyer et al., 1991).

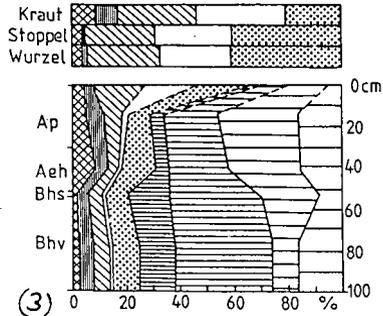
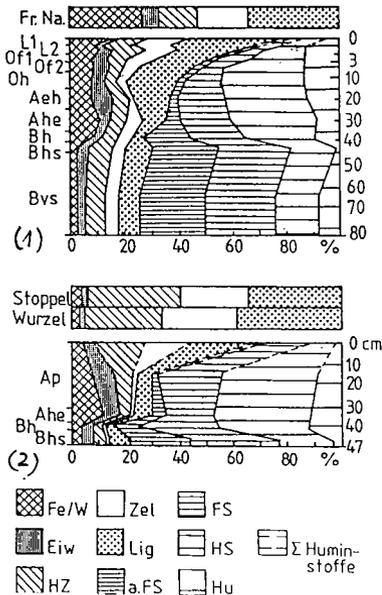


Abb.6: Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz (OBS) in sandigen Podsohlen

- (1) Fichte
- (2) konventioneller Acker
- (3) ökologischer Acker

Tab.9: Mittlere Gehalte in der Bodenlösung eines Eisenhumuspodsoles unter konventioneller Ackernutzung (1986-1988, n.Peters,1990)

Nr.	Hor.	mg/l											µg/l		
		N03-N	NH4-N	Ca	K	Mg	Na	Al	P04-P	S04-S	Cl	Cd	Pb	Zn	
		39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	
1.1	Ap	30.6	.56	50.2	17.2	6.4	10.1	1.3	1.60	5.4	37.9	.60	1.9	122	
1.5	Bbhv	19.1	.42	34.1	9.8	5.0	8.4	1.8	.04	6.6	18.6	.32	1.5	30	
1.7	GBv	17.4	.28	26.6	20.1	4.2	8.3	1.7	.02	7.7	19.0	.30	1.9	23	

Die Konzentration in der Bodenlösung des Acker-Podsoles unter konventioneller Bewirtschaftung (Tab.9) sind maßgeblich durch die Düngung bestimmt, während des nährstoffarme Substrat kaum Nährstoffe liefert. Durch den Abbau von OBS (s.o.) werden ebenfalls Nährstoffe zur Verfügung freigesetzt. Alle drei Hauptnährelemente (N, P,K)

Tab.10: Stoffbilanz eines Eisenhumuspodsoles unter konventioneller Ackernutzung (1986-1988, n.Peters,1990)

	g/m2										mg/m2		
	N	P	S	Cl	Ca	K	Mg	Na	Al		Cd	Pb	Zn
A Niederschlag	2.1	.09	1.6	3.0	.5	.5	.2	1.2	.05		.23	5.0	36.6
B Düngung	19.6	5.60	1.7	4.6	8.9	21.9	2.2	3.3	.59		.33	4.1	20.0
C Entzug	8.4	1.74	1.0	nb	1.0	3.8	.7	.1	.02		.09	1.2	24.5
D Austrag	5.8	.01	2.6	6.3	8.8	6.6	1.4	2.7	.56		.10	.6	7.7
(D+C)-(A+B)	-7.5	-3.97	.3	nb	.4	-11.9	-.4	-1.7	-.06		-.37	-7.3	-24.4

werden im großen Umfang im System akkumuliert (Tab.10), ähnliches gilt für die depositionsbedingte Zufuhr von Zn. K und N werden zu dem in erheblichem Umfang ausgewaschen und belasten das Grundwasser. Das Phosphat der Düngung wird wahrscheinlich noch in der OBS und über Metalle (Fe, Al, Mn) gebunden. Insgesamt liegt das Düngungsniveau erheblich über den Entzügen.

Profil B 9

Lage: Hasenmoor

TK: H 5974875 R 3565550

Grundwasser: 2-3 m u.GOF

Klima:

Niederschlag: 803 mm

Mitteltemperatur: 8.3 °C

Gestein: Fließerdesande über Sandersanden

Relief:

Neigung: eben

Höhenlage: 28 m ü.NN

Vegetation/Nutzung: Feldgemüse (1985/86/87)-S.Roggen (1987)-Landsberger Gemenge (1988)
Klassifikation: Bodentyp: Eisenhumuspodsol, im Untergrund vergleyt

FAO: Haplic Podzol
 Soil Taxonomy: Typic Haplorthod

Beschreibung des Profils:

Ap 0- 30 cm Schwarz (N/0), Su2, x2, krul-2, Ld3, W3, scharfer Übergang
 Aeh - 50 cm Dunkelgrau (10YR4/1), Su2, x2, ein-krul, Ld5, W2, abrupter Übergang
 Bhs - 52 cm Dunkel rotbraun (5YR2.5/2, Su2, x2, kit, Ld5, W2, abrupter Übergang
 Bhv -100 cm Gelbbraun (10YR5/6-5/3), Su2, x2, Kiesnester mit g3, ein, Ld3, W2, dunkelbraune (10YR2/1) Wurzelkanäle, gleitender Übergang
 IIBv -105 cm Braun (diverse Farben), gSms, x4, ein, Ld4, W1, abrupter Übergang
 IIIBsv -125 cm Hellgelbbraun (2.5Y6/4), Su2, x2, ein, Ld4, humose und eisenhaltige Bänder, gleitender Übergang
 GBbtv -150 cm Hellbraungrau (2.5Y6/2), S13, tonig-schluffige braune (7.5YR5/8) Bänder, x2, ein, Ld4, rostfleckig (7.5YR5/8), deutlicher Übergang
 IVGCv -190 cm Hellgelbbraun (2.5Y6/4), Su2, xl, ein+shi, Ld4
 CG -220 cm Weiß (2.5Y8/2), Su2, ein, Ld4

Interpretation Profil B9

Der Boden ist aus Fließerden über weichselzeitlichen Schmelzwassersanden entstanden. Letzterer wurde offensichtlich im Spätglazial durch Solifluktion mit Material der benachbarten, sandigen Moräne überlagert. Unter der ursprünglich Waldvegetation ist es zu Tonverlagerung gekommen. Erst mit der Heideansiedlung unterlagen diese sandigen Bänder-Parabraunerden einer starken Podsolierung (Roeschmann, 1971). Das Gestein ist etwas steinreicher als im Profil B8, der höhere Schluff- und Tongehalt bedingt aber ein ähnliches

Tab.11: Eigenschaften des Eisenhumuspodsol unter ökol.Ackernutzung (Profil B9)

Nr.	Hori.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB cm3	GPV %	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk-, und humusfreien Feinbodens						
							0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4.1	Ap	0- 30	12	320	1.39	46	46	35	26	8	6.7	38.7	32.0	Σ 18.0			4.6
4.2	Aeh	- 50	6.1	230	1.35	49	49	34	20	4	7.8	42.4	36.6	Σ 13.1			.1
4.3	Bhs	- 52	8.4	nb													
4.4	Bhv	-100	13	530	1.49	44	40	19	9	3	5.6	38.8	41.0	Σ 10.8			4.2
4.5	IIBv	-105	50	nb							14.3	45.5	31.6	Σ 8.5			.1
4.6	IIIBsv	-125	8.5	210	1.64	38	34	19	8	2	1.5	20.1	60.0	Σ 14.0			4.4
4.7	GBbtv	-150	5.4	90	1.82	31	31	29	23	6	4.0	16.4	33.0	Σ 38.0			8.6
4.8	IVGCv	-190	0.3	200	1.63	39	39	28	12	2	1.7	32.4	46.9	Σ 14.3			4.6
4.9	CG	-220	0.0	nb							7.4	40.0	36.6	Σ 12.2			4.0

Tab.11: Fortsetzung

Nr.	pH CaCl2	Org %	Nt %	C/N	Feo mg/	Fed g	Feo/ Fed	Mno mg/kg	austausch. Ca	Kat. Mg	cmolc/kg K	Na	H+Al	Σ KAK pot/eff	BS %	Pa mg/kg
1	19	21	22	23	24	25	26	27	29	30	31	32	33	34	35	37
4.1	4.7	3.0	.18	17	3.5	4.4	.80	88	4.2	.6	.2	.2	8.0	16.3	13.2	107
4.2	4.7	2.0	.06	35	.81	.95	.85	3	3.1	.4	.1	.1	5.1	10.6	8.8	35
4.3	4.2	1.7	.04	41	4.8	.75	6.4	nb	6.0	.2	.2	.1	7.0	15.5	13.5	42
4.4	4.6	.37	.01	40	.64	.61	1.0	2	.9	.2	.2	.1	3.4	5.8	4.8	24
4.5	4.8	.13	.01	13	.48	.85	.56	2	.2	.2	.1	.2	2.0	4.7	2.7	15
4.6	4.9	.10	.01	10	.41	.20	2.1	4	.4	.2	.1	.1	1.7	3.5	2.5	23
4.7	4.2	.20	.01	20	.36			1	1.1	.3	.2	.2	3.9	7.2	5.7	25
4.8	4.3	.10	.01	10	.46			nn	.1	.2	.1	.2	1.8	6.0	2.4	10
4.9	4.3	.10	.01	10	.13			5	.2	.2	.1	.2	1.8	6.4	2.5	11

Wasserregime (Peters, 1990). Die Nährstoffverhältnisse entsprechen sich. Der Boden ist z.T. tiefgepflügt, um den in ca.50 cm Tiefe anstehenden Ortstein zu durchstoßen. Verlageres Eisen wurde dadurch in den Ap zurückbefördert (vgl.Tab.11: Feo).

Zwischen den beiden Ackerbauvarianen gibt es keinen wesentlichen Unterschied in der mikrobiellen Leistung (Tab.8). Die Zusammensetzung der OBS weicht ebenfalls nicht stark von einander ab, wenngleich ihre räumliche Verteilung unterschiedlich ist, denn durch den Tiefenbruch in Profil B9 und der damit verbundenen Bodenvermischung ist der Bhs kaum noch durch eine Huminstoffakkumulation gekennzeichnet (alles Abb.6).

Tab.12: Stoffbilanz eines Eisenhumuspodsols unter ökologischer Ackernutzung (1986-1988, n.Peters,1990)

	N	P	S	Cl	Ca	K	Mg	Na	Al	Cd	Pb	Zn
	g/m ²												mg/m^{2}
A Niederschlag	2.2	.06	1.5	3.0	.8	.5	.4	1.4	.07	.18	5.0	34.9
B Düngung	16.1	4.75	1.5	nb	9.5	9.4	2.1	1.5	2.82	.15	8.4	35.0
C Entzug	5.9	14.1	1.0	nb	9.0	3.8	.8	1.0	.31	.23	3.7	41.8
D Austrag	5.4	nn	2.6	4.1	8.4	1.5	.7	2.9	.18	.10	.4	7.5
(D+C)-(A+B)	-7.0	-3.4	.4	nb	7.1	-4.6	-1.0	1.0	-2.4	.00	-9.3	-20.6

Die Konzentrationen in der Bodenlösung des Acker-Podsols unter ökologischer Bewirtschaftung gleichen denen des Profils B8, lediglich die K-, P- und Cl-Gehalte sind nie-

driger, da keine mineralische PK-Düngung erfolgt (ohne Tabelle). Der K-Austrag ist unter ökologischer Nutzung deutlich geringer. Bei ähnlicher Ca-Düngung und Auswaschung wie unter konventioneller Nutzung werden große Ca-Mengen aus dem Boden geliefert (Tab.12).

Literatur

- Beyer L., 1989: Nutzungseinfluß auf die Stoffdynamik schleswig-holsteinischer Böden - Humusdynamik und mikrobielle Aktivität. Schriftenreihe des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel Nr.6. pp.197.
- ; Blume H.-P. & M.Peters 1991: Biological Activity and Organic Matter Transformations in typical Soils of Schleswig-Holstein. Geoderma 49, 273-284.
- ; Blume H.-P.; Henß B. & M.Peters 1993: Soluble aluminium- and iron-organic complexes and carbon cycle in Hapludalfs and Haplorthods under forest and cultivation. Sci.Total Environm.(im Druck).
- Lamp J. & D.Wiese 1986: Characteristic soils of the Segeberger Forst area. Mitt.Dtsch. Bodenkundl.Gesellsch.51, 34-42.
- Peters M. 1990: Nutzungseinfluß auf die Stoffdynamik schleswig-holsteinischer Böden - Wasser-, Luft-, Nährstoff- und Schadstoffdynamik. Schriftenreihe des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel Nr.8. pp.293.
- Schimming C.-G., 1991: Wasser-, Luft-, Nähr- und Schadstoffdynamik charakteristischer Böden Schleswig-Holsteins - Nährstoff-, Säure- und Schwermetallodynamik. Schriftenreihe des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel Nr.13. pp.163.
- Zingk M., 1988: Wasser-, Nähr- und Schadstoffdynamik charakteristischer Böden Schleswig-Holsteins - Wasser- und Luftdynamik. Schriftenreihe des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Universität Kiel Nr.3. pp.172.
- Roeschmann G. 1971: Die Böden der nordwestdeutschen Geest-Landschaft. Mitt.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch.13, 151-231.

Weiterführende Literatur zur Charakterisierung der Böden

- Beyer L. 1990. Z.Pflanzenernähr.,Bodenk.153, 261-269.
- 1990. Mitt.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch.62, 169-174.
- 1991. Z.Pflanzenernähr.,Bodenk.154, 107-114.
- 1991. Biol.Fertjl.Soils 12, 122-126.
- 1992: Pedobiologia 36, 137-145.
- & H.-P.Blume 1990. Z.Pflanzenernähr.,Bodenk.153, 61-68.
- & U.Irmler 1991. Pedobiologia 35, 368-380.
- ; Peters M. & H.-P.Blume 1989. Mitt.Dtsch.Bodenkundl.Gesellsch.59/1, 299-302
- ; Blume H.-P. & U.Irmler 1991. Ann.Sci.For.48, 267-278.
- ; Blume H.-P.; Irmler U. & B.Henß 1991. Forstw.Cbl.110, 34-46.
- ; Blume H.-P.; Friedrich F. & J.Vogt 1992. Pedobiologia 36, 11-20.
- ; Blume H.-P.; Peters M.; Irmler U. & B.Henß 1992. Verhandl.Ges.f.Ökol.21, Tagungsband Berlin 1991, 121-127.
- Blume H.-P. 1991. Flensburger Regionale Studien 5, 39-63.
- Blume H.-P. & C.-G.Schimming 1991. Forstw.Cbl.110, 221-227.
- ; Beyer L. & F.Friedrich 1991: Correlations between the microbial activity, and the water, air, temperature and nutrient status of different soils under different use. In: Esser G. & D.Overdieck (Eds.): Modern Ecology. Basic and applied aspects. Elsevier, Amsterdam. pp.321-346.
- ; Lamp J.; Schimming C.G.; Wiese D. & M.Zingk 1985. Schriftenr.Agrarw.Fak.Uni Kiel 67, 44-51. P.Parey, Hamburg.
- ; Beyer L.; Peters M. & C.-G.Schimming. Schriftenreihe Agrarw.Fak.Uni Kiel 71, 33-47. P.Parey, Hamburg.
- Peters M.; Blume H.-P.; Gömpel H. & B.Sattelmacher 1990. J.Agronomy & Crop Science 165, 289-296.
- Schimming C.-G. & H.-P.Blume 1987. Mitt.Dtsch.Bodenk.Gesellsch.55, 415-420.

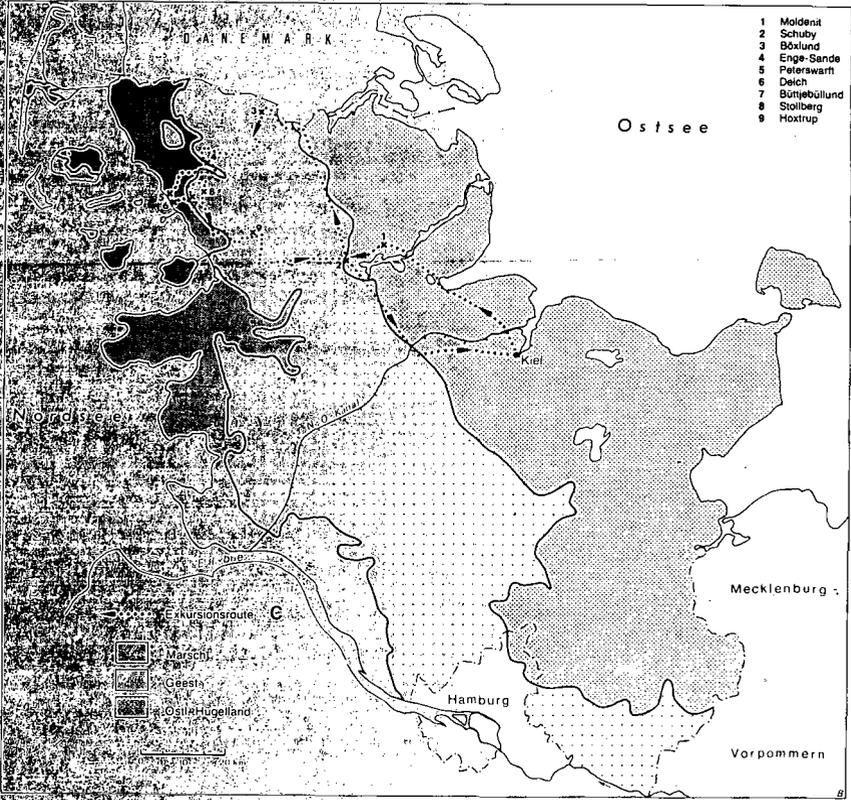
Exkursion C: Landschaften und Böden des Landesteils Schleswig

O. Fränze *

unter Mitwirkung von U. Schluß** und U. Pfisterer***

Die Route der Exkursion C (290 km; 12 Std.) ist so angelegt, daß - von Kiel ausgehend - Schleswig-Holstein zweimal von Küste zu Küste gequert wird, um so einen Einblick in die charakteristische Abfolge quartärer und holozäner Formenkomplexe, die zugehörigen Böden und die für deren Nutzung wesentliche Siedlungsgeschichte zu gewinnen. Abbildung 1 zeigt den Verlauf über:

Kiel - Eckernförde - Missunde - Moldenit - Schuby - Flensburg-Harrislee - Böxlund - Stadum - Leck - Enge-Sande - Sohlbrück - Bargum - Ockholm - Büttjebüllund - Bredstedt - Walsbüll - Hoxtrup - Oster-Ohrstedt - Schuby - Rendsburg - Kiel



Institut für Physische Geographie an der CAU
 Ökosystemforschung Bornhöveder Seenkette, CAU Kiel
 Inst. f. Pflanzenernährung und Bodenkunde der CAU Kiel

Auf der Fahrt von Kiel nach Missunde werden die Stauchmoränen am Rande der exarativ geformten Kieler und Eckernförder Bucht sowie der Schlei und die zwischengeschalteten flachwelligen Grundmoränen des Weichelglazials gequert (vgl. hierzu die Kapitel 1, 2, 3 und 4). Das Profil Moldenit liegt im Bereich der äußeren Randlagen der Innenschlei (W2-Vorstoß), die nach WALTHER (1990) mit dem Frankfurter Stadium s.c.l. zu parallelisieren sind. Als Charakterboden des Jungmoränengebietes ist hier der Parabraunerde-Pseudogley zur Ausbildung gelangt.

Profil C 1 Moldenit (UTM: 32 UNF 408 436)

Klima: 843 mm Niederschlag, 7,9° C

Gestein: Geschiebemergel

Relief: Oberhang, schwach geneigt, NE- exponiert

Vegetation/Nutzung: Acker Humusform: Mull

Klassifikation: Parabraunerde- Pseudogley (FAO: Stagnic Luvisol)

Beschreibung des Profils

Ap	0-26 cm	sehr dunkel graubraun (10YR3/2), SI4, x2, mittel humos, krümelig, stark durchwurzelt, mit vielen Regenwurmängen, diffuser Übergang
Ahl	- 38 cm	braun (10YR4/3), SI3, x2, schwach humos, schwach durchwurzelt, subpolyedrisch, deutlicher Übergang
AlSw	- 60 cm	hell olivbraun (2,5Y5/2-3), mittel rostfleckig (7,5YR5/5), SI3, x2, subpolyedrisch, gleitender Übergang
BtSd	- 83 cm	hell olivbraun (2,5Y5/2-3), schwach rostfleckig (7,5YR5/5), Ls3, x2, schwach ausgeprägte Toncutane, polyedrisch, gleitender Übergang
SdBv	-125 cm	hell olivgrau (5Y6/2), mittel rostfleckig (7,5YR5/5), Ls4, x2, polyedrisch, gleitender Übergang
SdC₁	-145 cm	hell gelbbraun (10YR6/4) schwach bleichfleckig (5Y6/2), schwach rostfleckig (7,5YR5/5), Ls3, x2, polyedrisch, gleitender Übergang
SdC₂	-200 cm	olivgrau (5Y5/2), SI4, x2, kohärent

Profil C 1

Nr.	Hor.	Tiefe	X	kf	dB	dF	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens						
			cm	%	cm/d	g/cm ³	g/cm ³	0.0	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Ap	0-26	2.6	18.5	1.56	2.53	38.4	37.9	34.5	12.1	7.4	23.3	29.9	15.4	8.1	3.5	12.4
2	AhI	-36	2.5	20.5	1.81	2.55	29.0	32.6	28.2	12.8	9.2	22.6	30.4	15.6	8.1	3.5	10.6
3	AISw	-60	2.7	7.1	1.84	2.65	30.6	28.2	22.9	13.7	9.2	26.7	31.1	9.5	8.5	5.9	9.1
4	BISd	-83	2.5	1.6	1.74	2.64	34.1	34.8	31.5	19.6	7.1	19.9	24.7	14.7	8.8	5.8	19.2
5	SdBv	-125	2.5	1.12	1.76	2.65	33.6	33.2	30.1	17.9	6.8	20.7	27.9	8.8	9.3	5.9	20.6
6	SdC ₁	-145	2.1	1.03	1.54	2.70	43.0	42.9	39.8	25.9	6.0	16.3	23.1	12.3	12.1	8.6	21.6
7	SdC ₂	-200	3.6	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	7.5	18.0	27.1	12.3	11.0	7.8	16.3

Nr.	pH	Kalk	Cor	NI	C/N	Feo	Fed	Feo/ Fed	Mno	Al _o	austauschb. Kat. mmol _c /kg					ΣKAK		BS
		CaCl ₂	%	%	%	%	%	%	mg/kg	%	Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	5.5	0	1.68	1.60	11	3.47	6.24	0.56	n.b.	n.b.	62	16.9	2.5	3.4	1.9	121	87	70
2	6.1	0	0.74	0.53	14	2.90	6.22	0.47	n.b.	n.b.	60	13.5	1.4	1.7	0	96	76	79
3	6.2	0	0.21	0.18	12	1.35	6.42	0.21	n.b.	n.b.	18	3.6	1.6	0.7	0	32	24	75
4	6.2	0	0.18	0.23	8	0.94	8.73	0.11	n.b.	n.b.	106	9.4	1.6	1.5	1.9	127	121	93
5	6.5	0	0.13	0.13	10	0.84	6.78	0.12	n.b.	n.b.	117	9.1	1.9	1.6	0	135	129	95
6	6.8	0	0.16	0.18	9	3.41	21.8	0.16	n.b.	n.b.	136	10.9	2.4	1.7	0	155	151	97
7	7.6	5.8	0.12	0.11	11	1.75	9.13	0.19	n.b.	n.b.	120	6.9	2.3	1.4	0	131	131	100

Die Weiterfahrt auf der B 201 bis zur BAB-Auffahrt Schleswig-Schuby führt über den morphographisch deutlich ausgeprägten Außenrand des Frankfurter Stadions in den Bereich des evtl. mit dem Brandenburger Stadium zu parallelisierenden Maximalvorstoßes der Weichselvereisung. Die Fazies der glazigenen und glazifluvialen Ablagerungen ist dementsprechend auf engem Raum sehr wechselhaft (vgl. WÜNNEMANN 1989).

In der südlich der B 201 gelegenen Grube Sievers liegen an der Basis der Ostwand zunächst feinkörnige, nach oben dann gröbere, gut sortierte Schmelzwassersedimente, die vom Eis des Maximalvorstoßes gestaucht und teilweise gefaltet wurden. Darüber liegt fleckenweise brauner sandig-lehmiger Till unterschiedlicher Genese; eingeschuppt ist ein basaler blaugrauer tonreicher Till. Profil C 2 zeigt die Bodenentwicklung auf den hangenden Schmelzwasserablagerungen, die typologisch zu den Geestböden überleitet.

Profil C 2 Schuby (UTM: 32 UNF 324 422)

Klima: 896 mm Niederschlag, 7,9° C

Gestein: Geschiebesand

Relief: Kuppe, schwach geneigt

Vegetation/Nutzung: Grünland Humusform: Mull

Klassifikation: Braunerde- Parabraunerde (FAO: Haplic Luvisol)

Beschreibung des Profils

Ap	0-25 cm	sehr dunkel graubraun (10YR3/2), mSfs, x2, mittel humos, krümelig, stark durchwurzelt, scharfer Übergang
BvAl	- 52 cm	gelbbraun (10YR5/6), Su2, x2, subpolyedrisch, schwach durchwurzelt, schwach welliger Übergang
Bvt	- 95 cm	gelbbraun (10YR5/4), schwach rostfleckig (7,5YR5/6), Su3, x2, subpolyedrisch, sehr schwach durchwurzelt, schwach welliger Übergang
CBv	-150 cm	hell gelbbraun (10YR6/4), Sl2, x3, subpolyedrisch, unscharfer Übergang
BvC	-200 cm	hell olivbraun (2,5Y5/4), Sl2, x3, subpolyedrisch

Profil C 2

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB g/cm ³	dF g/cm ³	Vol.% Wasser b. pF				Körnig in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens						
							0.0	1.8	2.5	4.2	gS	mS	IS	gU	mU	lU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Ap	0-25	5.6	340	1.47	2.60	43.5	24.9	14.0	5.2	8.2	52.3	27.1	5.3	1.1	1.7	4.3
2	BvAl	-52	11.2	56	1.79	2.63	31.9	21.6	13.2	7.7	13.4	37.6	20.5	14.8	8.0	2.0	3.7
3	Bvt	-95	8.7	14	1.75	2.67	34.5	24.7	16.6	8.9	8.9	27.8	22.9	23.2	7.9	2.5	6.8
4	CBv	-150	7.4	12	1.71	2.67	35.9	25.0	15.8	5.6	10.5	35.2	30.1	11.4	5.4	1.3	6.1
5	BvC	-200	7.9	12	1.71	2.67	35.9	25.0	15.8	5.6	9.1	30.4	31.8	13.6	6.4	2.5	6.2

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	Car g	NI %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/ Fed	Mno mg/kg	Alo %	austauschb. Kat. mmol _c /kg				ΣKAK		BS	
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot		eff
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	5.3	0	1.38	0.89	16	1.4	3.00	0.46	n.b.	n.b.	33	4.9	2.6	1.6	0	78	42	54
2	6.0	0	0.15	0.11	14	1.1	4.41	0.25	n.b.	n.b.	64	7.5	0.9	1.5	0	86	74	86
3	5.5	0	0.11	0.09	12	1.36	5.81	0.23	n.b.	n.b.	23	8.3	3.5	1.1	0	51	36	71
4	4.5	0	0.06	0.07	9	1.08	5.33	0.20	n.b.	n.b.	17	6.1	1.4	1.0	6.5	54	32	48
5	4.5	0	0.06	0.08	8	1.12	5.31	0.21	n.b.	n.b.	17	5.8	1.7	1.1	5.5	55	31	46

Von der Autobahnauffahrt Schleswig-Schuby bietet sich ein guter Blick auf den Sander und Rand des morphographisch hervortretenden Weichsel 2-Vorstößes. Die BAB 7 verläuft westlich dieser meist bewaldeten Hauptstillstandslinie auf dem Saumsander (Schleswiger, Oeversee-Fröruper und Flensburger Sander) mit fleckenhaft ausgebildeter Deckmoräne des W1-Vorstößes und vereinzelt Durchragungen abgeflachter Altmoränen (vgl. Kapitel 1 und 4). Podsole und Podsol-Rostbraunerden sind die Charakterböden dieser Niederen Geest.

Von der BAB-Ausfahrt Flensburg-Harrislee (Altmoräne) folgt die Exkursion der Grenzstraße über den Flensburger Sander nach Böxlund zur Grube Hansen, die in den 51,8 m Höhe über NN erreichenden Stolzberg, einen von E bis NE gestauchten warthestadialen Moränenrücken, eingeschnitten ist.

Profil C 3: Grube Hansen, Böxlund (UTM: 32 UNF 111 768)
Fossile Podsole in saaleeiszeitlichen Ablagerungen

Im mittleren Abschnitt des westlichen Grubenrandes ist eine mit geschichteten schluffigen, sandigen und kiesigen Sedimenten aufgefüllte Mulde mit zwei fossilen Bodenkomplexen aufgeschlossen.

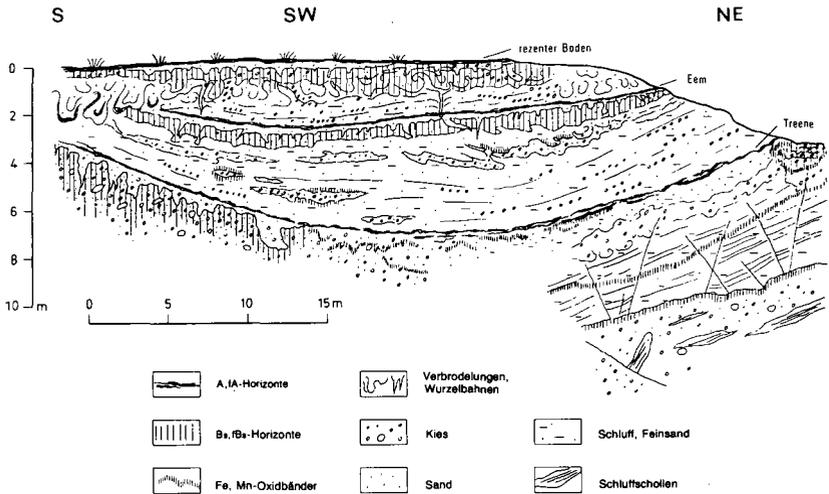


Abb. 2: Interglaziale Bodenbildungen, mittlere westliche Grubenwand, Kiesgrube Hansen, Böxlund (UTM: 32UNF111768)

Exkursion C

Es mag genügen, zur Charakterisierung des Podsolierungsgrades der autochthonen Bodenbildungen in der Muldenfüllung die in Tabelle 3 zusammengefaßten Werte zu betrachten.

Tabelle 3: Dithionit- und oxalatlösliches Eisen, Aluminium und Silicium (%) in den Podsolen des Profils C 3 (STREMME et al. 1982)

Boden	Horizont	Fe _d	Fe _o	Al _o	Si _o	Fe _d /Fe _o	Mn _d /Mn _o
Böxlund 1 (Eem)	Ae	0.39	0.05	0.22	0.12	0.13	0.26
	Bs ₁	7.96	2.14	6.94	2.13	0.27	0.47
	Bs ₂	1.51	0.77	2.36	0.89	0.51	0.23
	Bs	1.05	0.52	2.45	0.72	0.49	0.47
	Bs	1.56	0.57	0.82	0.26	0.36	0.41
Böxlund 2 (Eem)	Bs ₁	4.57	2.33	8.58	0.67	0.51	0.27
	Bs ₂	1.42	0.65	1.88	0.72	0.46	0.76
	Bs	1.83	0.76	1.27	0.42	0.42	0.67
Böxlund 1 (Treene)	Ae	0.77	0.30	0.76	0.25	0.39	0.70
	Bs ₁	7.51	4.43	5.58	1.29	0.59	0.77
	Bs ₂	2.42	1.15	3.59	1.18	0.48	0.90
	Bs	2.38	0.93	2.81	1.00	0.39	1.00
	Bs	1.79	0.60	2.30	0.71	0.34	1.00
	BC	1.26	0.29	1.22	0.43	0.23	1.00
Böxlund 2 (Treene)	Ae	0.48	0.19	0.84	0.31	0.39	0.53
	Bs ₁	11.12	7.61	2.82	0.49	0.68	0.71
	Bs ₂	2.19	1.08	1.00	0.31	0.49	0.98

Auffallend ist die starke Fe-, Al- und Si-Anreicherung im Bs1-Horizont, die beim Treeneboden noch ausgeprägter als beim Eemboden ist. Die unterschiedliche Tiefenfunktion des Mn-Aktivitätskoeffizienten zeigt zusammen mit den übrigen pedochemischen Daten (STREMME et al. 1982) für den Treeneboden eine redoxgesteuerte Trennung des pedogenen Mn vom mobilisierten Fe an, die auf ein im Vergleich zum interglazialen Hangendboden feuchteres und kühleres Pedoklima verweist.

Die in Abbildung 2 gegebene stratigraphische Einstufung beruht auf Geschiebezählungen. Im Lichte der glazialtektonischen Befunde im Grubenbereich und der im Kapitel 1 gegebenen Gliederung der Saaleeiszeit in zwei warthestadiale Vorstöße nach dem drenthezeitlichen Maximalstand ist das intra-saaleeiszeitliche Alter des unteren fossilen Bodens eindeutig; seine genauere Zeitstellung erscheint jedoch diskussionsfähig.

Die Weiterfahrt über Stadum auf der B 199 führt bis Leck am Heide-Berg entlang, der eine der höchsten Auftragungen der äolisch überformten Warthe-Moränen bildet und 1878 als erstes Heidegebiet Schleswig-Holsteins mit Koniferen aufgeforstet wurde ("Emeis-Plantagen").

Der Dünenaufschluß südöstlich Enge-Sande zeigt die holozäne Überformung einer Parabeldüne (Kapitel 1); über einem mächtigen (oberen) Podsol, der die spätglaziale Dünenoberfläche markiert, ist in historischer Zeit mehrfach Flugsand abgelagert worden. An der Basis der Düne befindet sich der geringermächtige allerödzeitliche Podsol.

Notizen:

Profil C 4 Enge-Sande (UTM 32 UMF 992 635)

Klima: 834 mm Niederschlag, 7,7° C

Gestein: Dünen sand

Relief: Kuppe

Vegetation/Nutzung: Heide

Humusform: Moder

Klassifikation: Eisenhumuspodsol (FAO: Haplic Podzol)

Beschreibung des Profils

LOf	8-0 cm	Streuauflage, vorwiegend bestehend aus Pflanzenresten von Heidepflanzen (<i>Calluna vulgaris</i>) und Gräsern
Aeh	0- 4cm	schwarz (2,5Y3/0), mSfs, mit gebleichten Sandkörnern, x0-1, mittel humos, singulär, mittel durchwurzelt, gleitender Übergang
Ahe	-9 cm	grauschwarz (2,5Y4/0), mSfs, hoher Anteil gebleichter Sandkörner, x0-1, schwach humos, singulär, schwach durchwurzelt, scharfer Übergang
Bsh₁	-18cm	braun (10YR4/3), stellenweise dunkelbraun (10YR3,5/3), mSfs, x0-1, schwach humos, singulär, schwach durchwurzelt, schwach welliger Übergang
Bsh₂	-37 cm	dunkel gelbbraun (10 YR4/4), stellenweise hell gelbbraun (10YR6/4), mSfs, x0-1, sehr schwach humos, singulär, schwach durchwurzelt, deutlicher Übergang
fAhe	-58 cm	dunkel graubraun (10YR3/1), mSfs, mittlerer Anteil gebleichter Sandkörner, x0-1, mittel humos, singulär, schwach durchwurzelt, schwach welliger Übergang
A(h)e	-63 cm	dunkel graubraun (10YR3/2), mSfs, hoher Anteil gebleichter Sandkörner, x0-1, schwach humos, singulär, sehr schwach durchwurzelt
Bsh₁	-87'cm	schwarz (10YR2/1); stellenweise dunkelbraun (7,5YR4/4) und kräftig braun (7,5YR5/6), mSfs, x0-1, mittel humos, hüllig
Bsh₂	-110 cm	sehr dunkelbraun (10YR2/2), stellenweise dunkel gelbbraun (10YR4/4) und kräftig braun (7,5YR4/5), mSfs, x0-1, schwach humos, hüllig, teilweise singulär
Bhs	-140 cm	gelbbraun (10YR5/4), stellenweise hell gelbbraun (10YR6/4), mSfs, geschichtet, x0-1, stellenweise schwach humos, singulär
Bhs-C	-170 cm	gelbbraun (10YR5/4), stellenweise hell gelbbraun (10YR6,5/4), mSfs, x0-1, stellenweise schwach humos, singulär
C	-200 cm	sehr schwach braun (10YR7/3), fSms, x0-1, singulär

Profil C4

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB g/cm ³	dF g/cm ³	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens						
							0.0	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Aeh	0-4	0	199	1.35	2.50	46.0	28.6	14.2	3.7	1.8	48.4	45.8	4.0	0	0	0
2	Ahe	-9	0	199	1.35	2.50	46.0	28.6	14.2	3.7	1.6	53.5	44.4	0.5	0	0	0
3	Bsh ₁	-18	0	660	1.64	2.61	37.2	11.5	4.2	1.3	0	57.8	40.6	1.6	0	0	0
4	Bsh ₂	-37	0	333	1.58	2.59	39.0	16.7	6.9	2.6	1.8	52.6	44.7	0.9	0	0	0
5	IAhe	-58	0	394	1.61	2.57	37.4	18.6	8.8	3.7	1.6	51.3	43.4	3.7	0	0	0
6	A(h)s	-63	0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0.8	56.8	38.5	3.9	0	0	0
7	Bsh ₁	-87	0	760	1.55	2.58	39.9	15.3	4.8	1.2	0.6	54.0	39.6	5.8	0	0	0
8	Bsh ₂	-110	0	760	1.55	2.58	39.9	15.3	4.8	1.2	1.6	57.1	41.3	0	0	0	0
9	Bhs	-140	0	678	1.58	2.60	39.2	10.2	2.4	1.3	3.6	50.7	45.7	0	0	0	0
10	Bhs-C	-170	0	678	1.58	2.60	39.2	10.2	2.4	1.3	3.9	53.6	42.3	0.2	0	0	0
11	C	-200	0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	33.9	63.9	2.2	0	0	0

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	Cor g	Ni %	C/N %	Feo %	Fed %	Feo/ Fed	Mno mg/kg	Alo %	austauschb. Kat. mmol _c /kg							ΣKAK	BS
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
1	3.5	0	2.19	1.56	14	0.52	0.98	0.53	n.b.	n.b.	3.8	1.8	0.8	2.8	0.90	82	10	11	
2	3.6	0	0.86	0.61	14	0.28	0.72	0.39	n.b.	n.b.	1.4	0.6	0.4	0.8	9.75	43	13	7	
3	3.8	0	0.68	0.25	27	0.41	0.99	0.41	n.b.	n.b.	1.3	0.4	0.3	0.7	4.05	46	7	6	
4	4.2	0	0.36	0.23	16	0.36	0.81	0.44	n.b.	n.b.	0.8	0.3	0.2	0.6	3.98	39	6	5	
5	4.1	0	0.88	0.27	33	1.03	1.32	0.78	n.b.	n.b.	1.7	0.4	0.2	0.9	12.6	47	16	7	
6	4.1	0	0.42	0.15	28	0.76	0.93	0.78	n.b.	n.b.	1.3	0.4	0.2	1.3	5.55	35	9	9	
7	4.5	0	0.36	0.15	24	0.35	0.69	0.51	n.b.	n.b.	0.9	0.2	0.2	0.7	0	35	2	6	
8	4.6	0	0.19	0.05	38	0.22	0.53	0.42	n.b.	n.b.	0.7	0.2	0.1	0.8	8.7	30	11	6	
9	4.7	0	0.11	0.03	36	0.18	0.53	0.34	n.b.	n.b.	0.7	0.2	0.1	0.8	8.4	19	10	10	
10	4.9	0	0.11	0.04	28	0.17	0.58	0.29	n.b.	n.b.	0.8	0.2	0.1	0.7	2	13	4	14	
11	4.8	0	0.05	0.02	25	0.15	0.52	0.29	n.b.	n.b.	0.6	0.2	0.1	0.7	2	13	2	13	

Auf der Weiterfahrt von Schardebüll nach Sohlumbrück beachte man die klassisch entwickelte übersandete periglaziäre Spülfäche am Südrand des o.e. Warthemoränenkomplexes.

Der Ockholmer Koog, der hinter Bargum erreicht wird, ist aus einer alten Hallig hervorgegangen, die in der ersten Hälfte des 16. Jh. eingedeicht wurde (FRÄNZLE 1985, ZÖLITZ 1989); anders als in den jüngeren Kögen stehen die Gehöfte hier noch auf Warften. Der Koog ist ein typisches Beispiel für die alte Marsch und kontrastiert daher in vielen Merkmalen stark mit dem südlich anschließenden, erst 1924-26 bedeckten Sönken-Nissen-Koog. Entwässerungsgräben und Straßen haben zum Teil einen unregelmäßigen Verlauf, da sie stellenweise an alten Prielen orientiert sind. Im SW des Kooges finden sich unmittelbar hinter dem Deich drei Wehlen, die als wassergefüllte Auskolkungen an Deichbruchstellen Zeugen für die häufigen Sturmflutschäden des 17. Jhs. darstellen.

Die alte Marsch Ockholms wird, wie auch die übrigen alten Köge Nordfrieslands, v.a. als Grünland genutzt, da der Boden kaum ackerfähig ist, wie das folgende Knickmarsch-Profil am Fuß der Peterswerft zeigt.

Profil C 5 Peterswarft (UTM 32 UMF 895 574)

Klima: 728 mm Niederschlag, 8,1° C

Gestein: Marine Sedimente

Relief: eben, nicht geneigt

Vegetation/Nutzung: Weide

Humusform: Mull

Klassifikation: Typische Knickmarsch (FAO: Umbric Gleysol)

Grundwasserstand: 7 - 9 dm u. GOF

Beschreibung des Profils

SwAh	0- 2cm	sehr dunkelbraun (10YR2/2), schwach rostfleckig (7,5YR5/4), Lt3, x0, stark humos, krümelig, vereinzelt prismatisch, sehr stark durchwurzelt (verfilzt), gleitender Übergang
SdAh	- 6 cm	dunkelgrau (10YR3/1), schwach rostfleckig (7,5YR5/4), Lt3, x0, mittel humos, subpolyedrisch, stellenweise prismatisch, schwach durchwurzelt, schwacher Übergang
Sd	-26 cm	dunkelgrau (10YR4/1), mittel rostfleckig (7,5YR5/4), Lt3, x0, sehr schwach humos, prismatisch, stellenweise subpolyedrisch, diffuser Übergang
Sq₁	-45 cm	dunkelgrau (10YR4/1), schwach rostfleckig (7,5YR4/4), vorwiegend im Aggregatinneren, Lt3, x0, sehr schwach humos, prismatisch
Sq₂	-64 cm	grau (2,5Y4/0), partiell im Aggregatinneren schwach rostfleckig (7,5YR4/4), Tl, x0, prismatisch
Gor	-100 cm	olivgrau (2,5Y5/2), schwach- mittel rostfleckig (7,5YR4/4), Tl, x0, prismatisch

Profil C 5

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB g/cm ³	dF g/cm ³	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens							
							0.0	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	SwAh	0-2	0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	2,4	3,5	11,7	18,7	15,9	10,7	37,1	
2	SdAh	-6	0	3,5	1,1	2,33	56,8	53,7	46,8	26,7	2,4	3,5	11,7	18,7	15,9	10,7	37,1	
3	Sd	-26	0	7,1	1,33	2,48	47,8	46,3	41,2	30,2	0,0	0,0	12,2	20,4	17,1	10,7	39,6	
4	Sq ₁	-45	0	1,2	1,37	2,56	49,2	46,5	43,6	32,5	0,0	0,0	11,6	16,1	16,5	9,4	46,4	
5	Sq ₂	-64	0	0,6	1,25	2,56	56,9	51,2	50,9	39,6	0,0	0,0	3,8	16,1	16,5	9,7	53,9	
6	Gor	-100	0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,0	0,0	0,4	12,6	18,5	9,7	58,8	

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	Cor g	Ni %	C/N	Feo %	Fed %	Feo/ Fed	Mno mg/kg	Alo %	austauschb. Ket. mmol _c /kg						ΣKAK			BS
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	%		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
1	4,8	0	6,41	5,72	11	6,9	8,96	0,77	n.b.	n.b.	136	44,7	7,4	7,9	2,2	304	198	64		
2	4,9	0	3,74	3,69	10	6,9	8,96	0,77	n.b.	n.b.	136	44,7	7,4	7,9	2,2	304	198	64		
3	5,0	0	2,71	2,65	10	11,5	11,63	0,99	n.b.	n.b.	115	54,4	1,8	9,1	0	237	181	76		
4	5,9	0	1,37	1,42	9	8,7	12,85	0,68	n.b.	n.b.	140	75,7	2,4	18,3	0	268	237	88		
5	6,6	0	1,01	1,00	10	6,2	11,25	0,55	n.b.	n.b.	146	87,5	3,8	31,2	0	282	269	95		
6	6,8	0	1,07	1,23	9	5,4	9,63	0,56	n.b.	n.b.	138	82,7	6,1	35,1	0	272	263	96		

Als Ergebnis der unterschiedlichen Sedimentationsbedingungen und der zur Knickmarsch führenden Pedogenese liegt die Oberfläche des Ockholmer Kooges mit 0,2 m ü. NN knapp zwei Meter unter der des aus Kalkmarsch aufgebauten Sönke-Nissen- Kooges. Die beste Vergleichsmöglichkeit bietet der Haltepunkt 6 auf dem Deich zwischen den Kögen.

Profil C 6 Raseneisenerz bei Büttjebüllund

Auf der Rückfahrt durch die alten Köge zur Hohen (Bredstedter) Geest ist bei Büttjebüllund eines der mächtigsten bis heute in Norddeutschland bekannt gewordenen Raseneisenerz-Vorkommen aufgeschlossen. Es handelt sich um einen auf mehr als 1000 m² durchgehenden, maximal 80-120 cm mächtigen Panzèr unter (heute weitgehend abgebauten) Dünenstränden in einer flachen Mulde am NW-Hang des Stollberges.

Das Raseneisenerz ist das Ergebnis einer vermutlich bereits letztinterglazialen Podsol-Gley-Dynamik, bei der die Fe- und Al-Komplexe mit dem Hangzugwasser lateral über größere Entfernungen in den Grundwasserbereich der im Muldentiefsten entwickelten Gleye transportiert und hier als G_v-Horizont ausgeschieden wurde. Solche Bedingungen waren auf der Schleswiger Geest mit ihrem Wechsel von oft geschiebendecksandüberlagerten Altmoränen (Podsole) und niedrig gelegenen Talsandgebieten (Gleye) häufig gegeben. Die ergiebigeren Raseneisenerzvorkommen - mit maximalen Eisengehalten von 50% - wurden in dieser Region über mehr als zwei Jahrtausende bis in die Zeit nach dem letzten Weltkrieg abgebaut und zur Verhüttung von Schafflund aus nach Lübeck und ins Ruhrgebiet geliefert.

Die Bredstedter Geest erreicht im Stollberg (UTM: 32 UMF 960 553) mit 44 m ü. NN ihre größte Höhe. Im Untergrund ist sie wesentlich durch drenthezeitliche Stauchung und tiefreichende Verschuppung geprägt. Darüber folgen als Deckschichten Vorschüttssander und Saale II-Till, der oft nur als Steinsohle oder in Form von Geschiebendecksand das Substrat der Bodenbildung (vielfach Podsole) darstellt (FRÄNZLE 1985).

Vom Westabhang des Stollbergs bietet sich ein guter Überblick über die Bredstedter Marsch und das Wattenmeer mit Inseln und Halligen.

Profil C 7 Hoxtrup (UTM: 32 UNF 074 460)

Auf der Rückfahrt nach Kiel über Bredstedt, Wallsbüll und Ahrenshöft bietet die Kiesgrube Hoxtrup eine hervorragende Gelegenheit, die für das westschleswigsche Altmoränengebiet typischen Periglazialerscheinungen zu beobachten (vgl. Kapitel 1). Die Deckmoräne über einem saaleeiszeitlichen Sander ist weitflächig kryoturbat zerstört und mit stellenweise auflagerndem Flugsand zu Geschiebendecksand vermischt. Darunter setzen sandgefüllte Eiskeilpseudomorphosen (Frostspalten) an, die als sichere Leitformen für Permafrost wichtig sind. Nach aktualistischen Befunden sind derartige Spalten; die sich zu polygonalen Netzen zusammenschließen, typisch für kalthumide Klimate, deren Jahresmitteltemperatur unter -4° C und deren mittlere Temperatur des kältesten Monats unter -20° C liegen. Die initiierten Kontraktionsrisse entstehen bei plötzlichen Temperaturfällen um 20° C oder

einem Sturz auf unter -20°C bei geringer Schnee- und Vegetationsbedeckung. Die Füllung der Spalten mit Segregationseis oder gefrierendem Schmelzwasser setzt eine ausreichende Luft- und Bodenfeuchtigkeit voraus, die für die Entstehung von Sandkeilen allerdings nicht gegeben zu sein braucht. Nach einer von LACHENBRUCH (1968) angeführten und durch zahlreiche aktualistische Befunde gut begründeten Faustformel läßt sich aus diesen Temperaturwerten eine Mindestmächtigkeit des weichseleiszeitlichen Permafrostes von etwa 250 m ableiten. Die sommerliche Auftautiefe entspricht der Mächtigkeit des hangenden Kryoturbationshorizontes und erreichte Maximalbeträge von 1,70 m, was auf eine erhebliche thermische Kontinentalität des Gebietes zum Höhepunkt der Weichseleiszeit verweist (FRÄNZLE 1985).

Fossile Eiskeilspaltenetze lassen sich häufig auf Luftbildern gut nachweisen, z.B. bei Hoxtrup (HASSENPLUG 1988) oder bei Oster-Ohrstedt auf den periglaziär stark abgeflachten Altmoränen, die auf der Weiterfahrt zur BAB-Auffahrt Schleswig-Schuby ein letztes Mal gequert werden.

Literatur

- FRÄNZLE, O. (1985): Erläuterungen zur Geomorphologischen Karte 1:100 000 der Bundesrepublik Deutschland. GMK 100 Blatt 7 C 1518 Husum. Berlin
- HASSENPLUG, W (1988): Polygonmuster auf der Schleswiger Geest. Standörtlich-periglaziale Ausdeutung zweier Luftbilder. Geogr. Rundschau 40 (5): 27-32 Braunschweig
- LACHENBRUCH, A.H. (1968): Permafrost. In: FAIRBRIDGE, R.W. (ed.): The Encyclopedia of Geomorphology, pp 833-839. New York Amsterdam London
- STREMMER, H.E., FELIX-HENNINGSEN, P., WEINHOLD, H., CHRISTENSEN, S. (1982): Paläoböden in Schleswig-Holstein. Geol. Jb. F 14: 311-361. Hannover
- WALTHER, M. (1990): Untersuchungsergebnisse zur jungpleistozänen Landschaftsentwicklung Schwansens (Schleswig-Holstein). Berl. Geogr. Abh. 52. Berlin
- WÜNNEMANN, B. (1989): Die weichseleiszeitliche Entwicklung der Langseerinne (Angeln, Schleswig-Holstein) und ihr westliches Vorland. Diss. FU Berlin
- ZÖLITZ, R. (1989): Landschaftsgeschichtliche Exkursionsziele in Schleswig-Holstein. Wachholtz

Exkursionsführer zur Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 1993 in Kiel

Exkursion D

Landschaften und Böden Nordfrieslands

von

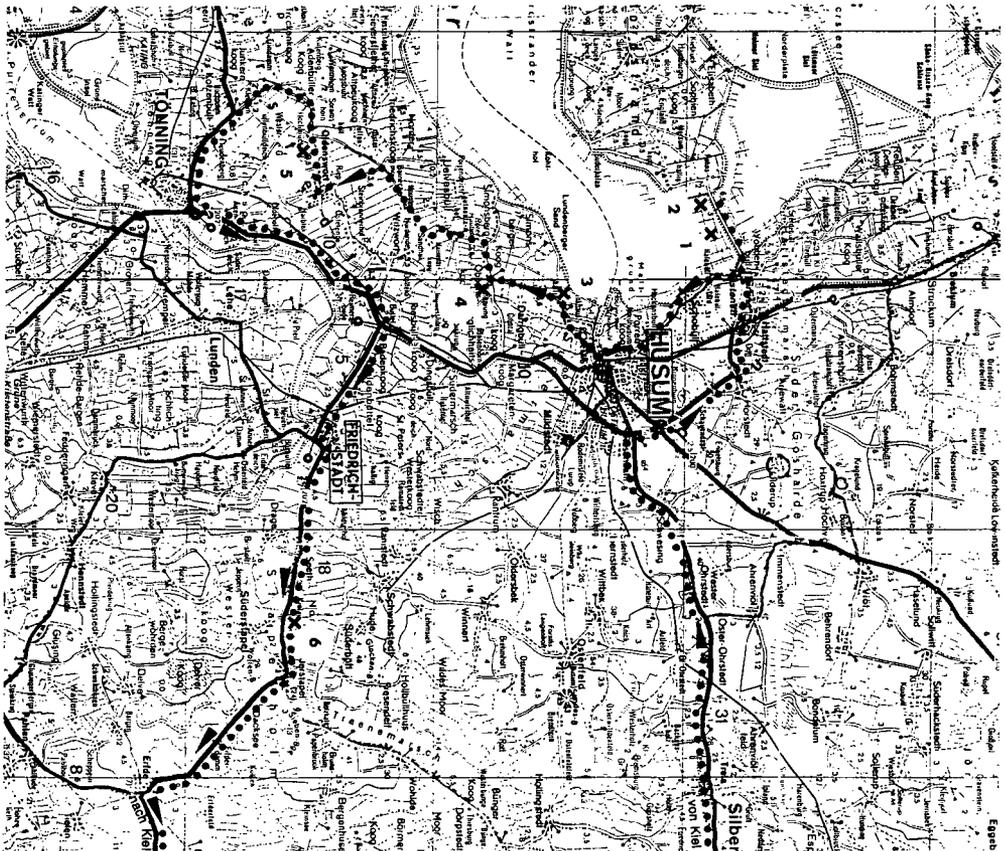
Elwert, D. und H. Finnern *)

1. Exkursionsroute

Die Exkursion beginnt in Kiel und führt südlich des Nord-Ostsee-Kanales (1887 - 1895) durch Jungmoränengebiet über die A 210 nach Rendsburg. Gegründet 1199 als befestigte Stadt am Kreuzungspunkt von N-S bzw. W-E verlaufenden Handelswegen (Holz, Getreide, Vieh). Im späten Mittelalter Endpunkt der Eiderschiffahrt. Weiterfahrt auf der A 7 entlang weichselzeitlicher Eisrandlagen (Hüttener Berge) nach Schleswig, das im 11. Jh. die Nachfolge von Haitabu, einem wikingerzeitlichen Fernhandelsplatz zwischen Ost- und Nordsee angetreten hatte. Von Schleswig führt die Exkursion nach Westen durch das Gebiet weichselzeitlicher Sanderbildungen und die saalezeitliche Husum/Ostenfelder Geestinsel nach Husum. Gegründet 1252 als Geestrandsiedlung an dem von Jütland nach Wedel führenden Handelsweg (Ochsenweg). Nach der ersten Mandränke (1362) Verbindung über die vordringende Norderhever zur Nordsee. Im 15. Jh. Transitverkehr von den Ostseeländern nach Holland. Nach kurzer Fahrt in nordwestlicher Richtung wird die Ortschaft Schobüll erreicht, die einzige Stelle in Schleswig-Holstein, an der Moränen des Festlandes ohne Bedeichung unmittelbar an die Nordsee angrenzen. Über den Verbindungsdamm nach Nordstrand (1935) wird der Exkursionspunkt 1 erreicht, danach die Haltepunkte 2 bis 5 (Finkhaushalligkoog, Obbenskoog, Eiderstedter Marsch) und Weiterfahrt nach Friedrichstadt. Stadtgründung von 1621 durch Friedrich III von Holstein/Gottorf als aristokratische Republik wie Amsterdam für holländische Siedler am Zusammenfluß von Treene und Eider. Friedrichstadt war als Handelsstadt gedacht, die Hamburg den Rang abnehmen sollte. Von Friedrichstadt Weiterfahrt zum Stapelholm (Exkursionspunkt 6), einem markanten warthezeitlichen Moränenzug, der für das Niederungsgebiet von Eider und Sorge mit Niedermooren, Hochmooren, verlandeten Seen und Marschablagerungen entlang der Flußläufe namensgebend war.

Die Eider-/Sorgeniederung bot vor dem 15. Jh. keine Siedlungsmöglichkeiten. Im 16. und 17. Jh. erste Bedeichungsmaßnahmen (Erfer- und Bünger Damm). Später Umleitung der Sorge auf kürzerem Weg zur Eider, Trockenlegung von Börmer- und Meggersee. Erst 1936 durch die Eiderabdämmung bei Nordfeld sind die Niederungsgebiete frei von Überschwemmungen. Rückfahrt nach Kiel über Rendsburg (A 210) durch das Jungmoränengebiet südlich des Nordostseekanals.

*) Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstr. 7, 2300 Kiel 1



▲●●●●●●●●●● Exkursionsroute D

2. Geologie, Landschaftsentwicklung, Besiedlung und Bedeichung

Westlich an die hohe Geest (saalezeitliche Moränen, Altmoränen) schließen sich als mehr oder weniger breiter Küstensaum die Marsch- und Wattgebiete Schleswig-Holsteins an, deren Entwicklung eng mit dem Anstieg des Meeresspiegels während des Holozäns zusammenhängt. Bedingt durch das Abschmelzen des Eises der Weichselvereisung erfolgte ein zunächst rascher (bis ca. 5 000 v. Chr.) Anstieg des Meeresspiegels, der sich danach verlangsamte und vor 2700 Jahren nahezu zum Stillstand kam (Abb. 1). Regionale Unterschiede der Marschentwicklung ergaben sich aus der unterschiedlichen Lage des pleistozänen Untergrundes, der in Dithmarschen und dem südlichen Eiderstedt bis auf mehr als - 20 m NN abfällt, während in Nordfriesland lediglich Werte um - 10 m NN erreicht werden.

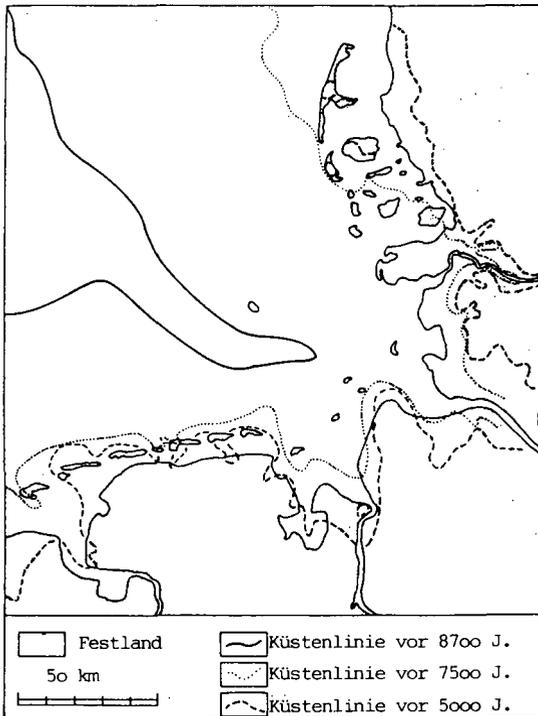


Abb. 1: Küstenlinienveränderungen im Bereich der Nordsee während der Neolithzeit (nach Oele u. a. 1979).

Um Chr. Geb. ließ der Sturmfluteinfluß in den Marschen soweit nach, daß die Besiedlung höherliegender Marschen in Dithmarschen und dem südlichen Eiderstedt möglich war, z.T. auf ebener Marschfläche und ab ca. 100 n. Chr. auf Warften. Die nördliche Grenze der Besiedlung während der römischen Kaiserzeit (Chr. Geb. - 400 n. Chr.) war eine quer durch Eiderstedt in West-Ostrichtung verlaufende Nehrung. Im 5. Jh., zur Völkerwanderungszeit (4. - 7. Jh. n. Chr.) brach diese erste Siedlungsphase an der schleswig-holstei-

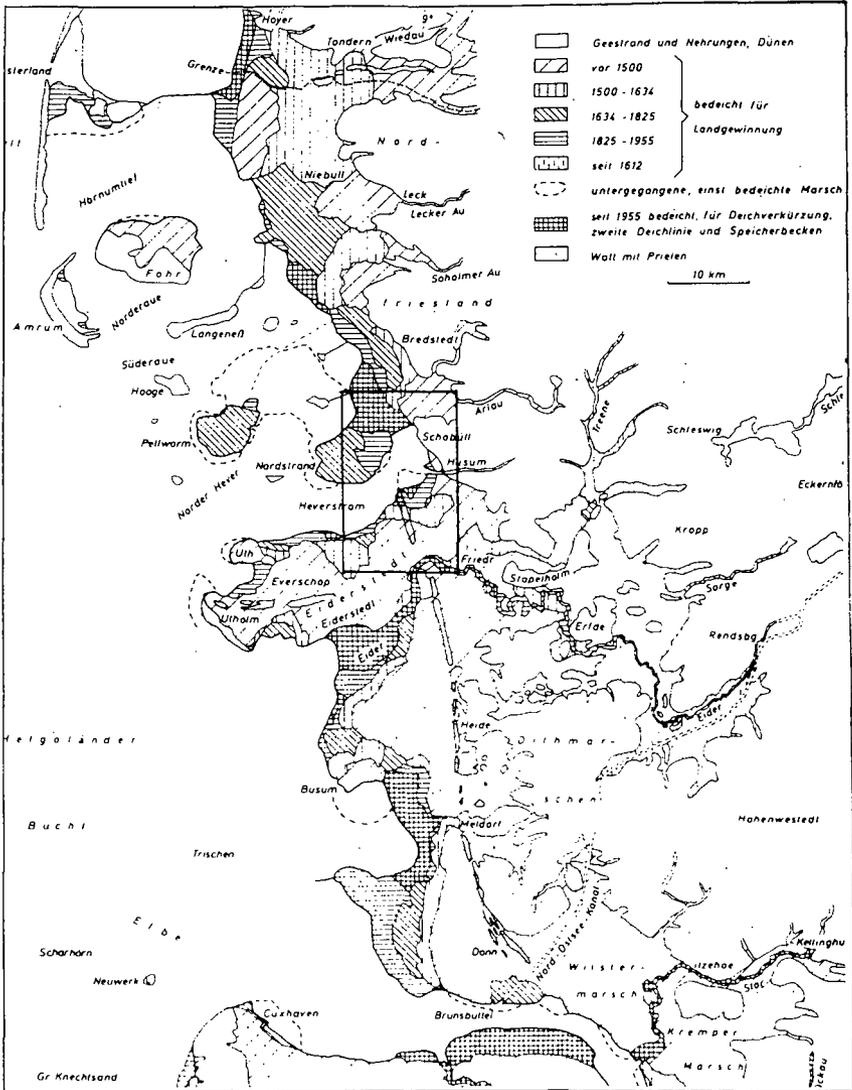


Abb. 2: Übersicht über die Marschen an der Westküste Schleswig-Holsteins. Der zeitliche Ablauf der Bedeckungen. (Prange, 1986)

nischen Westküste ab. Die erneute Besiedlung setzte in der Wikingerzeit (ab 7. Jh.) ein. Sie umfaßte sowohl die Kaiserzeitlich besiedelten Gebiete Dithmarschens und des südlichen Eiderstedts als auch bisher nicht besiedelte Gebiete im nördlichen Teil Eiderstedts und südlichen Nordfriesland, wo sich Siedlungsmöglichkeiten zunächst nur auf hochliegenden Kleigebieten im Bereich der heutigen Marschinseln und den Halligen boten, die vom Festland durch tiefliegende Randmoore getrennt waren. Seit dem 11./12. Jh. sind weitere Marschgebiete, vor allem im nördlichen Eiderstedt besiedelt worden. Die Siedlungsstellen wurden bevorzugt in der Nähe von Prielen auf hochgelegten Warften (Halligwarften) errichtet.

Mit dem Beginn des Deichbaues im 11. Jh. und der damit verbundenen verstärkten Entwässerung und Sackungen vor allem im Bereich humoser toniger Marschböden, dem Torfabbau (Salzgewinnung), griff der Mensch schwerwiegend in die natürliche Landschaftsentwicklung ein. Bei gleichzeitigem Wiederanstieg des Meeresspiegels gestaltete sich der Schutz der Wohnstellen und Wirtschaftsflächen zunehmend schwieriger.



Abb. 3: Nordfriesland um 1240 (vor der Sturmflut 1362)
Ausschnitte von Nordfrieslandkarten des Humuser Kartographen Johannes Meyer, 1649

Durch die großen Sturmfluten, vor allem des 14. und 17. Jh. (Mandränken von 1362 und 1634) wurde die Landschaft Nordfrieslands weiträumig umgestaltet (Untergang von Rungholt und Alt-Nordstrand; vgl. dazu Abb. 2-4). Große Gebiete wurden sofort zu Watt umgewandelt, gegen höhergelegene Marschbereiche drangen Priele vor, die Nutzungsmöglichkeiten beschränkten sich auf diejenigen von Halligland. Die Wiederbedeichungen des Restgebietes nach geringmächtiger Aufschlickung war bis 1500 abgeschlossen worden. 1470 wurde Eiderstedt durch Eindeichung der Husumer Südermarsch an das Festland angeschlossen (vgl. Abb. 4 und 5). Neue Köge wurden als schmaler Bereich zu Beginn des 16. Jh. vor der Bredstedter Geest zugewonnen. Die letzte Eindeichung in diesem Gebiet ist 1987 vorgenommen worden (Vordeichung der Nordstrander Bucht als Beltringharder Koog).

3. Nordstrander Bucht

Die letzte große Eindeichungsmaßnahme an der schleswig-holsteinischen Westküste war die Küstenschutzmaßnahme "Nordstrander Bucht".

Die Landschaftsentwicklung im nordfriesischen Wattenmeer ist dadurch gekennzeichnet, daß der Wattsockel einem fortwährenden Rückgang unterliegt. Um etwa 3 000 v. Chr. lag die Küstenlinie in Höhe der Amrumbank, von 10 000 ha Halligfläche sind heute nur noch 10 Halligen mit 2 000 ha erhalten. Besonders rasch vollzog sich der Entwicklungsverlauf der Norderhever (zwischen Pellworm und Hallig Südfall) zu einem großen Wattstrom, der sich seit 1634 entscheidend vertiefte und verbreiterte, bedingt auch dadurch, daß die Fließrichtung mit der Tidewelle übereinstimmt. Diese Vertiefungstendenzen reichen weiter über den Bereich Holmer Fährre zwischen Nordstrandischmoor und Nordstrand.

Während an der Westküste neben dem Landesschutzdeich eine zweite Deichlinie Schutz vor Überflutungen gibt, liegt im Bereich der Hattstedter Marsch nur eine einzige Deichlinie. Dieser Landesschutzdeich steht zudem auf weichem Untergrund (teilweise humose Tone und Niedermoortorfe), so daß die Eindeichung mit der neuen Deichlinie von Nordstrand zum Sönke-Nissen-Koog keine Landgewinnungsmaßnahme im eigentlichen Sinne, sondern eine Deichschutzmaßnahme darstellt.

Das Geologische Landesamt wurde als Gutachter vom MELF eingesetzt, um die einzudeichenden Wattflächen bodenkundlich zu untersuchen, aufzunehmen, einzustufen, zu bewerten sowie die Voraussetzungen für die Schaffung von Ersatzflächen für die einzudeichenden ökologisch wertvollen Flächen außerhalb des bedachten Gebietes zu untersuchen.

1978 begannen die Vorarbeiten zur Nordstrander Bucht. 1987 erfolgte der Deichschluß. Seither haben sich die Watt- und Vorlandflächen mit geänderter Vegetation weiter entwickelt.

aktuellen Merkmalen ergibt sich nachstehende Gliederung aufgrund von Bodenmerkmalen.

Salzmarsch: Boden mit zGoAh-(zGor-)zGr-Profil aus salzhaltigen und carbonathaltigen Sedimenten mit häufiger Überflutung (Salzweide vor dem Landesschutzdeich)

Kalkmarsch: Boden mit Ah-Go-(z)Gr-Profil mit carbonathaltigem Oberboden (Carbonatbeginn oberhalb 3 bis 4 dm u. GOF)

Kleimarsch: Boden mit Ah-Go-Gr-Profil mit carbonatfreiem Oberboden (oberhalb 3 bis 4 dm u. GOF carbonatfrei)

Dwogmarsch: Boden mit Ah-GoSw-GoSd-Go-Gr-Profil, carbonatfrei oberhalb 7 dm u. GOF; Zweischichtprofil, häufig mit Humus- oder Eisendwog (fossiler Ah- oder Go-Horizont) oder mit geringer allgemeiner Verdichtung

Knickmarsch: Boden mit Ah-Sw-Sq-Go-Gr-Profil, carbonatfrei oberhalb 7 dm u. GOF, mit starker Verdichtung (Knick) oberhalb und unterhalb 4 dm u. GOF

Humusmarsch: Böden mit GoAh-Ghor-(H)-G(h)r-Profil, carbonatfrei, stark sauer, mit stärker humosen Tönen, häufig Zwischenlagen von Torfen und Mudden; verbreitet Maibolt; Kleimächtigkeit > 7 dm, meist naß

Darüberhinaus werden

Moozmarsch: Marschboden mit Mächtigkeiten von 2 - 4 dm über Mooren und Mudden und **Geestmarsch:** Marschboden mit Mächtigkeiten von 2 - 4 dm über Bodenbildungen der Geest ausgegliedert.

4.2 Ablagerung und Zusammensetzung der Sedimente

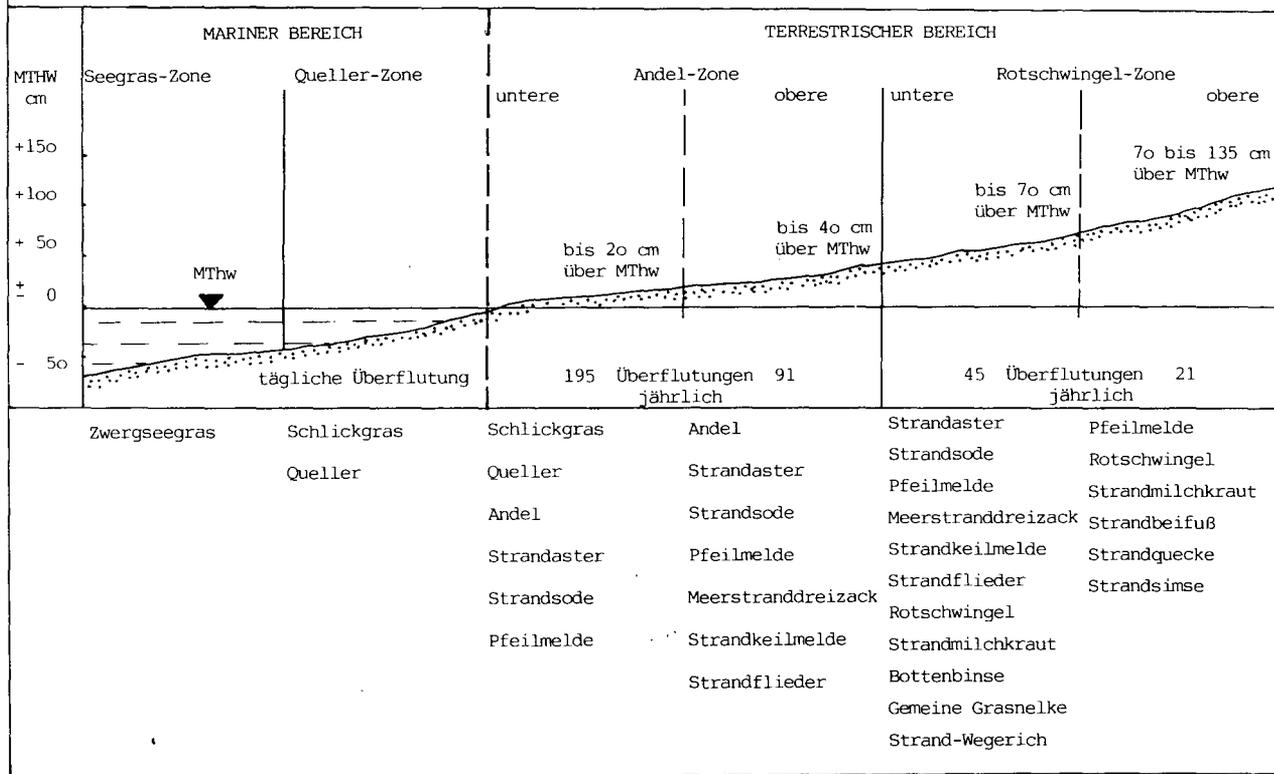
Die nordfriesischen Festlandmarschen, deren Holozänbasis, abgesehen von tieferliegenden Flußtäälern i.allg. über - 10 m NN liegt, sind zu einer Zeit entstanden, als der nacheiszeitliche Meeresspiegelanstieg sich bereits deutlich verlangsamt hatte. Das erklärt den hohen Anteil von tonigen Sedimenten in der Schichtenfolge des Küstenholozäns über den basalen Torfen.

In Abhängigkeit von Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsverhältnissen werden im Küstenbereich Sedimente unterschiedlicher Korngrößenverteilung abgesetzt, die vom Feinsand bis zum feinsandigen schluffigen Ton reichen. In tiefer gelegenen, küstenferneren Bereichen mit höherer Strömungsgeschwindigkeit entsteht das **Sandwatt**, das bei Seegang und Strömungen häufig umgelagert wird und meist in großer flächenhafter Verbreitung vorkommt. Es überwiegen Feinsande mit einem Schluff- bzw. Tonanteil von jeweils 0 - 5 %.

4.3 Schlickwatt

Auf höherliegenden, nur noch kurzzeitig von kaum mehr bewegtem Wasser erreichten Flächen überwiegen tonreiche Sedimente mit einem für das **Schlickwatt** (Profil 1) kennzeichnenden Anteil von über 50 % Schluff und Ton. Schlick sammelt sich nahe der MThw-Linie, ist sehr lagebeständig und enthält hohe Anteile feinverteilter pflanzlicher und tierischer Reste (0,5 bis 10 %). Eine Mittelstellung der Korngrößenverteilung zeigt das **Mischwatt** mit 5 - 50 % Schluff und Tongehalt in einem Mengenverhältnis von etwa 2 : 1. Begrenzt werden die Wattflächen seeseits durch die Mitteltideniedrig-, landseits durch die Mitteltidehochwasserlinie (MTnw bzw. MThw). Bedingt durch den hohen Anteil von Fein- und Mittelporen findet

Abb. 5: Pflanzengesellschaften der Salzwiesen und Verlandungszone in Abhängigkeit von der Höhenlage des Bodens und der Hydrographie



Profil 1

Lage: Nordfriesland, südl.

TK 25: 1419 Wobbenbüll

Klima: ozeanisch

Niederschlag: 718 mm (Nordstr.)

Mitteltemperatur: 8,5 ° C (St. Peter)

Gestein: marine Sedimente

Relief: eben

Neigung: -

Exposition: -

Höhenlage: 0,25 m NN

Vegetation/Nutzung: vereinzelt
Halophyten

Humusform:

Klassifikation: Marines Schlickwatt

Beschreibung des Profils:

zAiGro	- 2 cm	olivgrauer (5 Y 4/2) stark schluffiger Ton, weich
zGor	- 4 cm	dunkelgrünlichgrauer (5 GY 4/1) stark schluffiger Ton, weich
zGr	ab 4 cm	dunkelblaugrauer (5 B 4/1) stark schluffiger Ton, weich

nur ein geringer Gas- und Lösungsaustausch mit der Luft und dem Meerwasser statt, so daß nach einer nur wenige Millimeter mächtigen Oberflächenschicht reduzierende Bedingungen vorherrschen, verdeutlicht durch blaue- bis schwarzblaue, durch Fe-Sulfide und H₂S bestimmte Farben. Die Gehalte an organischer Substanz, an CaCO₃ und den meisten Elementen (N, P, S, K, Mg, Fe, Mn) steigen mit zunehmenden Ton- und Schluffgehalten der Schlicke an, ebenfalls nehmen die Wassergehalte zu und entsprechend die Volumengewichte ab. Für die Entkalkung der Schlicke und die Bodenentwicklung im Vorland (Salzmarsch, Salzwiese) ist der Schwefelmetabolismus von besonderer Bedeutung. Eine intensive Schwefelakkumulation durch den Abbau primärer organischer Substanz führt zu einer verstärkten Entkalkung.

Profil 1

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	ds g/cm ³	dr	Vol.% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							-∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1.1	zA1Gro	- 2	-	0,6	0,40	-	83,3	57,4	51,9	15,4	0	0	0,1	16,0	39,7	16,6	27,6	
1.2	zGor	- 4	-	0,2	0,63	-	75,2	68,4	66,1	44,9	0	0	0,2	17,3	38,2	15,9	28,4	
1.3	zGr	ab 4	-	0,5	0,94	-	62,7	59,7	57,2	38,6	0	0	0,1	21,3	28,4	22,4	27,8	

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	C _{org} %	N _t ‰	C/N	Fe _o mg/g	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o Al _o mg/g	austausch. u. H ₂ O-lösl. Kationen mmol _c /kg				Σ KAK pot	BS eff %			
										Ca	Mg	K	Na H+Al					
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1.1	7,3	7,2	3,5	3,4	10,3	11,9	12,5	0,95	-	0,6	20,0	25,0	5,3	86,9	0	349	-	100
1.2	7,4	6,0	3,1	3,1	10,0	12,0	13,1	0,92	-	0,6	17,5	17,7	4,5	72,0	0	289	-	100
1.3	7,5	4,7	3,3	3,2	10,2	11,4	12,0	0,95	-	0,5	13,7	9,1	2,6	34,5	0	296	-	100

Nr.												pH H ₂ O	EC mS	NaCl g/l	E _p mV	FeII S ²⁻ % mg/kg						
	1	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46						47					
1.1	1.2	1.3												48	49	50	51	52	53			
1.1																	7,3	-	52,0	-120	100	2380
1.2																	7,4	85,5	42,0	+200	20	-
1.3																	7,5	41,7	24,7	+300	7	-

4.4 Salzmarsch, Salzwiese (Profil 2)

Bereits ab ca. 40 bis 50 cm unter der MThw-Linie beginnt die Verlandungszone der Watten mit der für diesen Bereich typischen Pionierpflanze des Quellens (*Salicornia herbacea*) und dem Reisgras (*Spartina townsendii*), einem um 1870 an der englischen Südküste gezüchteten und sich um 1927 an den deutschen Küsten ausbreitenden Bastard. Oberhalb der MThw-Linie beginnt der Bereich der Salzwiese, das typische Verbreitungsgebiet der Halophyten, untergliedert in die Andelzone (bis ca. 35 - 40 cm über MThw) und die Rotschwingelzone, die den höheren Bereich der Salzwiese zwischen ca. 40 - 120 cm über MThw einnimmt (vgl. Abb. 5). Die Andelzone wird noch relativ häufig überflutet, die Rotschwingelzone nur noch bei Sturmfluten. Sedimentiert wird im Salzwiesenbereich damit bei höher auflaufendem Wasser mit erhöhter Strömungs- und Wellenenergie, was einen Wechsel sandiger und schluffiger dünner Sedimentbändchen bewirkt, der als Sturmflutschichtung bezeichnet wird.

Für die Gliederung der Pflanzengesellschaften (vgl. Abb. 5) ist unter natürlichen Verhältnissen nur die Höhenlage, bezogen auf MThw ausschlaggebend. Seit dem 18. Jahrhundert werden Sedimentation und Landbildung durch das Eingreifen des Menschen bestimmt,

Profil 2

Lage: Nordstrander Bucht,
Nordfriesland

TK 25: 1419 Wobbenbüll

Klima: ozeanisch

Niederschlag: 718 mm (Nordstrand)
Mitteltemperatur: 8,5 ° C (St. Peter)

Gestein: marin

Relief: ebene Fläche

Neigung: nicht geneigt
Exposition: -
Höhenlage: 1,4m NN

Vegetation/Nutzung: Salzmarsch-
Vegetation, Schafweide

Humusform: Feuchtmull

Klassifikation: Typische Salzmarsch

Beschreibung des Profils:

zAh1	- 5 cm	sehr dunkel graubrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 3/2), einzelne dünne Sturmflutlagen, krümelig bis subpolyedrisch, stark durchwurzelt
zAh2	- 28 cm	dunkel graubrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 4/2), dünne Sturmflutlagen, krümelig bis subpolyedrisch, rostfleckig, einzelne Konkretionen, schwach durchwurzelt
zAGo	- 50 cm	dunkelgraubrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 4/2), einzelne Sturmflutlagen, krümelig bis subpolyedrisch, rostfleckig, einzelne Konkretionen
zGol	- 63 cm	grauer bis hell braungrauer mittel toniger Schluff (2,5 Y 5/0-6/2), mittlerer bis hoher Anteil an Rostflecken und Konkretionen, dunkel braun bis rötlichgelb (7,5 YR 6/8), subpolyedrisch bis polyedrisch
zGo2	- 75 cm	grauer stark toniger Schluff (2,5 Y 5/10), subpolyedrisch bis polyedrisch, stark rostfleckig mit Konkretionen, stark dunkelbraune Mn-Konkretionen (10 YR 2/2)
zGro	- 90 cm	grauer stark toniger Schluff (N 5), Akkumulation von Eisenoxyd, rötlich gelb (7,5 YR 6/8) bis gelblich rot (5 YR 4/6)
zGr1	- 110 cm	dunkel grünlichgrauer mittel schluffiger Ton (5 Gy 4/1), vereinzelt Schwefelflecken
zGr2	- 130 cm	schwarzer stark schluffiger Ton (2,5 Y/2,0), reichlich Schwefelflecken

dadurch, daß im Watt zur Beschleunigung der Aufschlickung Lahnungen angelegt werden bzw. das genügend aufgehöhte Land durch das Anlegen von Gräben, Gruppen und Beeten entwässert wird. Durch die Entwässerung und eine geschlossene, wenn auch ökologisch unterschiedlich zu bewertende geschlossene Pflanzendecke erhöht sich die Belüftung und Oxidation immer tieferer Profilbereiche. Fe-Sulfide werden dadurch zu Fe(III)-Oxiden und H_2SO_4 umgeformt, entsprechende Mengen an Carbonaten verbraucht.

4.5 Kalkmarsch (Profil 3)

Finkhaushalligkoog, eingedeicht 1935/36

Mit der Bedeichung werden die Böden der Salzmarsch dem Meerwasser einfluß entzogen. Die im Boden enthaltenen löslichen Salze werden durch Niederschläge in wenigen Jahren ausgewaschen. Die bereits in der Salzmarsch einsetzende Entwässerung und tiefergehende Belüftung sowie Oxidation setzt sich fort, ebenso der Abbau im Sediment verteilter organischer Substanzen. Damit nimmt auch der

Profil 2

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	ds g/cm ³	dr	Vol.-% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2.1	zAh1	- 5	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	12,6	40,0	16,7	10,5	20,2	
2.2	zAh2	- 28	-	0,4	1,14	-	57,3	49,0	46,0	38,1	0	0	11,7	37,8	18,1	11,9	20,6	
2.3	zAhGo	- 50	-	0,4	1,00	-	61,1	53,5	50,3	38,6	0	0	2,9	32,3	27,7	13,9	23,2	
2.4	zGo1	- 63	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	21,3	38,7	15,2	8,1	16,7	
2.5	zGo2	- 75	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	18,2	33,8	19,6	10,4	18,0	
2.6	zGro	- 90	-	0,4	0,92	-	65,4	59,8	57,1	45,7	0	0	3,4	24,1	32,7	15,5	24,3	
2.7	zGr1	- 110	-	-	0,80	-	71,1	64,8	63,6	32,8	0	0	3,7	24,1	22,8	14,5	34,9	
2.8	zGr2	- 130	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	9,0	28,5	24,8	12,5	25,2	

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	N _t ‰	C/N	Fe _o mg/g	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o Al _o mg/g	austausch. u. H ₂ O-lösl.				Σ KAK		BS	
											Kationen mmol _c /kg				pot			eff %
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2.1	7,5	4,3	2,7	2,9	9,3	7,2	10,7	0,67	- 0,5	9,9	6,7	1,4	14,2	0	195	-	100	
2.2	7,6	3,1	2,2	2,2	10,0	7,2	11,4	0,63	- 0,5	10,1	7,1	1,4	15,6	0	194	-	100	
2.3	7,4	2,9	2,1	2,2	9,5	8,7	13,4	0,65	- 0,6	10,8	9,0	2,0	24,3	0	243	-	100	
2.4	7,6	3,4	0,9	1,2	7,5	5,6	9,7	0,58	- 0,4	6,4	4,3	1,1	14,0	0	-	-	100	
2.5	7,7	3,6	0,9	1,2	7,5	6,4	10,6	0,60	- 0,4	8,8	5,2	1,5	17,2	0	159	-	100	
2.6	7,6	3,5	2,1	1,9	11,1	27,6	33,0	0,84	- 0,5	9,7	8,2	2,8	32,1	0	214	-	100	
2.7	7,6	5,1	1,9	1,6	11,9	3,0	6,8	0,44	- 0,5	16,3	11,1	3,2	46,6	0	336	-	100	
2.8	7,6	6,9	2,4	2,0	12,0	6,7	9,6	0,70	- 0,5	11,1	5,5	2,3	19,2	0	192	-	100	

Nr.							pH H ₂ O	EC mS	NaCl g/l	E _p mV	FeII %	S ²⁻ mg/kg					
	37	38	39	40	41	42											
1	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
2.1											7,7	25,2	7,5	+370	5	-	
2.2											7,7	28,1	8,4	+410	4	-	
2.3											7,6	37,5	11,0	+410	4	-	
2.4											7,7	31,2	7,8	+415	4	-	
2.5											7,8	35,9	10,3	+370	3	-	
2.6											7,7	46,2	18,9	+125	53	-	
2.7											7,6	53,3	21,5	+10	99	182	
2.8											7,6	68,4	27,0	-130	100	2280	

Gesamtschwefelgehalt im Boden ab. Nach der Gefügeentwicklung und Ca-Sättigung des Austauschkomplexes sind die Bodenbildungsprozesse abgeschlossen. Die Kalkmarschböden gehören zu den fruchtbarsten Böden Schleswig-Holsteins.

4.6 Kleimarsch (Profil 4)

Obbenskoog, eingedeicht 1563/65

Die bereits in der Salzmarsch und Kalkmarsch einsetzende Entkalkung hat im Obbenskoog zu einer Entkalkungstiefe von 50 cm geführt. Die obersten Bodenhorizonte unterliegen so einer zunehmenden Versauerung und beginnender Silikatverwitterung und damit verbundener Gefügeverschlechterung. Die Nutzungsmöglichkeiten sind wegen der tiefen Lage von nur ca. + 0,9 m NN und Entwässerungsschwierigkeiten eingeschränkt (Dauergrünland).

Profil 3

Lage: Finkhaushalligkoog (1935/36)
Nordfriesland

TK 25: 152o Husum

Klima: ozeanisch

Niederschlag: 718 mm (Nordstr.)

Mitteltemperatur: 8,5 ° (St. Peter)

Gestein: marin

Relief: ebene Fläche

Neigung: nicht geneigt

Exposition: -

Höhenlage: 1,3 m NN

Vegetation/Nutzung: Grünland
(Schafweide)

Humusform: Mull

Klassifikation: Typische Kalkmarsch

Beschreibung des Profils:

Ah	- 5 cm	dunkel graubrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 4/2), krümelig, stark durchwurzelt
Ap	- 2o cm	graubrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 4-5/2), krümelig bis feinsubpolyedrisch, schwach rostfleckig, einzelne Fe-Konkretionen, durchwurzelt
GoAh	- 31 cm	graubrauner mittel toniger Schluff (2,5 Y 4-5/2), krümelig bis feinpolyedrisch, rostfleckig, einzelne Fe-Konkretionen, durchwurzelt
(Ah)Gol	- 46 cm	stark toniger Schluff aus hell bräunlichgrauen dünnen Sandlagen (2,5 Y 6/2) und graubraunen Schlufflagen (2,5 Y 4-5/2), Stummflutschichtung, mittel bis stark rostfleckig, Fe-Konkretionen (7,5 YR 4/4 - 5/8), subpolyedrisch
Go2	- 71 cm	graubrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 4-5/2) mit Stummflutschichtung aus dünnen Sand- (2,5 Y 6/2) und schluffigen Tonlagen (2,5 Y 5/2), stark rostfleckig, Fe-Konkretionen (7,5 YR 4/4-5/8), feinpolyedrisch
Go3	- 73 cm	hell olivgraue Feinsand- und Schlufflage (5 Y 6/2), Einzelkorngefüge
Go4	- 91 cm	graubrauner stark toniger Schluff aus dünnen Feinsand- (5 Y 6/2) und schluffigen Tonlagen (5 Y 5/1), teilweise stark rostfleckig, Fe-Konkretionen, Subpolyeder- bis Einzelkorngefüge
Go5	- 95 cm	grauer bis rötlichgrauer stark toniger Schluff (5 Y 5/1-2), schwach rostfleckig, Fe-Konkretionen, Plattengefüge
Go6	- 1o2 cm	grauer bis hellgrauer schwach toniger Schluff (5 Y 6/1), schwach rostfleckig, Fe-Konkretionen, Einzelkorngefüge
Go7	- 119 cm	graubrauner sandiger Schluff (2,5 Y 5/2), Einzelkorn- bis Subpolyedergefüge, mittel rostfleckig, Fe-Konkretionen (7,5 YR 5/-5/8), diffuse Eisenoxidanreicherungen, Bleichzonen um Wurzelbahnen
Gro	- 14o cm	olivgrauer schwach toniger Schluff (5 Y 5/-5/3), Einzelkorn- bis Subpolyedergefüge, mittel rostfleckig, Konkretionen (7,5 YR 4/4-5/6), Schwefelausfällungen entlang von Wurzelbahnen
Gor	- 155 cm	grauer schwach toniger Schluff (2,5 YR 5/0), einzelne Schwefelausfällungen, Anhäufung von Eisenoxiden, kohärent, starke Wandbeläge auf Klüften, Rostflecken
Grl	- 21o cm	dunkel grauer schwach toniger Schluff (7,5 YR 4,o), einzelne Schwefelausfällungen
nH	- 22o cm	dunkel brauner Niedermoortorf, stark zersetzt, Z 3 (Bohrung)
Gr2	- 24o cm	bläulich grauer toniger Schluff, humose Beimengungen, naß (Bohrung)

P r o f i l 3

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	db g/cm ³	df	Vol.% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %						
							-∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3. 1	Ah	- 5	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	13,9	55,5	11,0	6,9	12,7
3. 2	Ap	- 20	-	13	1,45	-	46,2	37,3	33,7	21,5	0	0	10,3	54,2	9,5	4,6	21,4
3. 3	GoAh	- 31	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	13,0	53,2	11,7	7,0	15,1
3. 4	(Ah)Go	- 46	-	24	1,44	-	47,4	36,7	32,9	18,5	0	0	10,9	51,5	11,6	4,2	21,8
3. 5	Go2	- 71	-	46	1,34	-	52,1	39,3	35,5	26,6	0	0	9,0	54,3	10,3	5,5	20,9
3. 6	Go3	- 73	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	37,6	50,2	2,7	2,1	7,4
3. 7	Go4	- 91	-	34	1,40	-	48,5	39,2	35,5	13,8	0	0	19,7	47,0	12,9	2,3	18,1
3. 8	Go5	- 95	-	26	1,33	-	52,2	46,3	43,1	16,7	0	0	12,3	50,5	9,3	4,4	23,5
3. 9	Go6	- 102	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	32,4	52,0	3,7	2,6	9,3
3.10	Go7	- 119	-	-	1,56	-	44,7	40,2	36,7	6,6	0	0	22,8	63,3	3,7	3,7	6,5
3.11	Gro	- 140	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	34,2	47,1	5,1	2,8	10,8
3.12	G(o)r	- 155	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	28,8	51,0	6,5	2,6	11,1
3.13	Gr1	- 210	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	31,3	49,9	5,5	3,2	10,1

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	N _t ‰	C/N	Fe _o mg/g	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o Al _o mg/g	austausch. u. H ₂ O-lösl.					Σ KAK pot	BS eff %		
										Ca	Mg	K	Na	H+Al				
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
3. 1	6,7	1,8	3,0	2,6	11,5	3,0	5,0	0,60	- 0,2	13,3	1,8	1,3	0,2	3,5	201	-	83	
3. 2	6,8	2,2	1,7	1,7	10,0	3,0	4,8	0,63	- 0,2	15,3	1,4	1,0	0,1	1,3	191	-	93	
3. 3	6,8	2,4	1,5	1,4	10,7	3,3	4,7	0,70	- 0,2	12,0	1,5	0,9	0,2	1,1	157	-	93	
3. 4	7,2	3,1	0,9	0,9	10,0	3,5	5,1	0,69	- 0,2	8,8	1,3	0,9	0,1	0	111	-	100	
3. 5	7,4	4,1	0,7	0,7	10,0	4,7	6,5	0,72	- 0,2	9,0	1,8	1,0	0,3	0	121	-	100	
3. 6	7,6	3,3	0,4	0,3	-	1,6	2,7	0,59	- 0,1	2,5	1,1	0,4	0,5	0	45	-	100	
3. 7	7,5	4,5	0,6	0,6	-	3,8	5,3	0,72	- 0,1	6,1	2,1	1,0	0,6	0	98	-	100	
3. 8	7,5	4,5	0,7	0,8	-	1,2	3,2	0,38	- 0,2	4,7	1,9	0,8	1,7	0	91	-	100	
3. 9	7,7	4,6	0,5	0,4	-	0,7	1,8	0,39	- 0,1	2,0	1,1	0,6	1,0	0	47	-	100	
3.10	7,8	4,2	0,5	0,3	-	1,5	2,2	0,68	- 0,1	1,0	0,7	0,4	1,1	0	32	-	100	
3.11	7,8	4,0	0,6	0,5	-	2,2	3,2	0,69	- 0,1	2,3	1,0	0,6	2,4	0	63	-	100	
3.12	7,8	4,7	0,6	0,6	-	2,3	3,0	0,77	- 0,1	1,1	0,9	0,8	2,7	0	55	-	100	
3.13	7,7	4,8	1,0	0,5	-	1,1	1,7	0,65	- 0,1	7,0	1,5	1,1	5,0	0	70	-	100	

Nr.	pH						EC mS	NaCl g/l	E _n mV	FeII %	S ²⁻ mg/kg
	37	38	39	40	41	42						43	44	45	46
1	47	48	49	50	51	52	53				
3. 1	6,8	1,33	0,43	+410	14	-	-				
3. 2	6,9	3,05	1,74	+470	18	-	-				
3. 3	7,0	2,49	1,34	+440	11	-	-				
3. 4	7,3	1,26	0,61	+470	12	-	-				
3. 5	7,8	1,63	0,73	+450	11	-	-				
3. 6	8,0	1,71	0,72	+400	13	-	-				
3. 7	8,0	2,61	1,33	+450	11	-	-				
3. 8	8,0	4,07	2,00	+430	19	-	-				
3. 9	8,1	3,7	1,80	+385	26	-	-				
3.10	8,1	5,19	2,83	+490	18	-	-				
3.11	7,8	8,63	5,34	+295	39	-	-				
3.12	7,9	11,54	7,26	+153	94	4	-				
3.13	7,9	10,44	6,10	+ 54	99	105	-				

Profil 4

Lage: Obbenskoog
eingedeicht (1563/65)

TK 25: 1519 Simonsberg

Klima: ozeanisch

Niederschlag: 718 mm (Nordstrand)
Mitteltemperatur: 8,5° C (St. Peter)

Gestein: marin

Relief: ebene Fläche

Neigung: nicht geneigt
Exposition: -
Höhenlage: + 0,9 m NN

Vegetation/Nutzung: Grünland

Humusform: Feuchtmull

Klassifikation: Typische Kleinmarsch

Beschreibung des Profils:

Ah	- 7 cm	dunkel brauner bis dunkel graubrauner stark toniger Schluff (10 YR 3/3-4/2), krümelig bis feinpolyedrisch, stark durchwurzelt
GoAh1	- 12 cm	dunkel graubrauner stark toniger Schluff (10 YR 4/2), krümelig bis subpolyedrisch, rostfleckig, Konkretionen, stark durchwurzelt
GoAh2	- 25 cm	graubrauner bis brauner stark toniger Schluff (10 YR 4/2 - 4/3), subpolyedrisch bis feinpolyedrisch, schwach rostfleckig, Konkretionen, stark durchwurzelt
(Ah)Go	- 40 cm	graubrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 4/2 - 5/2), krümelig bis polyedrisch, schwach rostfleckig, Konkretionen, durchwurzelt
Go1	- 54 cm	graubrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 5/2), krümelig bis polyedrisch, schwach rostfleckig, Konkretionen, durchwurzelt
Go2	- 67 cm	hell olivbrauner stark toniger Schluff (2,5 Y 5/4), einzelne Bleichflecken (5 Y 5/2), subpolyedrisch bis polyedrisch, schwach rostfleckig, Konkretionen, schwach durchwurzelt
Go3	- 82 cm	olivgrauer mittel schluffiger Sand (5 Y 5/2 - 6/2), subpolyedrisch, stark rostfleckig, Konkretionen (7,5 YR 4/6), carbonathaltig, Muschellagen
Go4	- 101 cm	olivgrauer mittel toniger Schluff (5 Y 5/2 - 6/2), subpolyedrisch, stark rostfleckig, Konkretionen, carbonathaltig
fAhGro	- 120 cm	dunkel brauner schwach schluffiger, stark humoser Ton, (5 Y 4/1), stellenweise Fe-Oxid-Anhäufungen (7,5 YR 3/4)

4.7 Knickmarsch (Profil 5)

westl. von Oldenswort/Eiderstedt, eingedeicht bis 1200
Die bodenbildenden Faktoren der Knickmarsch werden durch den hohen, überwiegend sedimentationsbedingten Tonanteil bestimmt, der durch Tonverlagerungsprozesse bei niedrigen pH-Werten (5 - 6,5) verstärkt worden ist. Der als Staukörper wirkende Knickhorizont ist Ursache einer starken Vernässung, die sich bei zusätzlich tiefer Lage (ca. + 0,9 m NN) einschränkend auf die Nutzungsmöglichkeiten auswirkt (Dauergrünland).

Profil 4

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	ds g/cm ³	Vol.% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
						-∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4.1	Ah	- 7	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	24,3	41,1	9,5	4,2	20,9
4.2	GoAh1	- 12	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	30,2	37,5	9,3	3,3	19,7
4.3	GoAh2	- 25	-	0,3	1,57	-	41,9	36,8	33,4	18,7	0	0	27,6	38,1	9,7	6,4	18,2
4.4	(Ah)Go	- 40	-	0,4	1,62	-	40,8	35,4	32,1	17,2	0	0	20,6	43,2	10,0	5,7	20,5
4.5	Go1	- 54	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	23,0	41,6	11,2	4,3	19,9
4.6	Go2	- 67	-	0,5	1,58	-	42,7	34,6	31,0	14,4	0	0	33,1	37,3	9,0	2,5	18,1
4.7	Go3	- 82	-	-	1,56	-	44,6	36,4	31,2	7,5	0	0	59,8	25,1	4,8	1,7	8,6
4.8	Go4	- 101	-	0,3	1,49	-	46,4	41,7	37,7	14,4	0	0	29,2	43,5	8,2	3,9	15,2
4.9	fAhGro	- 120	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0,9	12,4	6,6	22,8	57,3

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	N _t ‰	C/N	Fe _o mg/g	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o Al _o mg/g	austausch. u. H ₂ O-lösl.					Σ KAK		BS %	
										Kationen		mmol _c /kg			pot			eff
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4.1	5,0	-	3,9	3,6	10,8	3,6	4,6	0,78	-	0,3	10,2	2,8	0,7	0,3	7,2	212	-	66
4.2	5,0	-	3,3	2,4	13,7	4,1	5,0	0,82	-	0,2	8,7	2,5	0,5	0,2	5,1	170	-	70
4.3	5,3	-	1,2	1,5	8,1	2,7	4,6	0,59	-	0,3	8,9	2,6	0,3	0,3	1,9	140	-	86
4.4	5,7	-	0,8	1,2	-	2,4	4,6	0,52	-	0,3	8,5	2,7	0,4	0,2	1,0	128	-	92
4.5	6,6	3,3	0,6	0,9	-	2,3	4,6	0,50	-	0,3	8,8	3,2	0,4	0,2	0	126	-	100
4.6	7,5	2,2	0,5	0,5	-	2,5	4,1	0,61	-	0,2	8,3	2,0	0,4	0,1	0	108	-	100
4.7	7,6	2,2	0,4	0,4	-	2,1	3,4	0,62	-	0,1	5,0	1,1	0,2	0,1	0	64	-	100
4.8	7,6	-	0,3	0,4	-	2,8	4,5	0,62	-	0,1	6,0	2,1	0,5	0,5	0	91	-	100
4.9	6,7	-	3,3	4,6	7,2	8,7	16,2	0,54	-	0,2	18,3	16,3	16,0	17,1	0	524	-	-

Nr.							pH H ₂ O	EC mS	NaCl g/l	E _p mV	FeII %	S ²⁻ mg/kg				
	37	38	39	40	41	42							43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
4.1							5,1	1,03	0,35	+600	7	-				
4.2							5,2	0,83	0,35	+600	7	-				
4.3							5,5	0,54	0,28	+630	8	-				
4.4							6,0	-	0,35	+610	6	-				
4.5							6,9	0,72	0,23	+545	5	-				
4.6							7,7	0,87	0,31	+550	5	-				
4.7							7,9	0,83	0,30	+530	5	-				
4.8							8,0	1,52	0,65	+485	7	-				
4.9							7,0	20,42	11,03	+345	20	-				

Profil 5

Lage: Marsch westl. Oldenswort
eingedeicht bis 1200

TK 25: 1619 Tönning

Klima: ozeanisch

Niederschlag: 718 (Nordstrand)
Mitteltemperatur: 8,5° C

Gestein: marin

Relief: ebene Fläche

Neigung: -
Exposition: -
Höhenlage: ca. 0,9 m NN

Vegetation/Nutzung: Grünland

Humusform: Feuchtmull

Klassifikation: Typische Knickmarsch

Beschreibung des Profils:

Ah	- 20 cm	gräubrauner schwach schluffiger Ton, krümelig
GoSq	- 45 cm	grauer schwach schluffiger Ton, grobpolyedrisch bis prismatisch, dicht, schwach rostfleckig
Go1	- 60 cm	bräunlichgrauer schwach schluffiger Ton, grobpolyedrisch, dicht, rostfleckig, carbonathaltig
Go2	- 100 cm	dunkel grauer schwach schluffiger Ton, polyedrisch, dicht, rostfleckig, carbonathaltig
Gor1	- 120 cm	bläulichgrauer schwach schluffiger Ton, rostfleckig, carbonathaltig
Gor2	- 135 cm	bläulichgrauer schluffiger Ton, rostfleckig, Fe-Konkretionen, carbonathaltig
Go3	- 170 cm	grauer bis bläulichgrauer Feinsand, schluffig-tonig, rostfleckig, carbonathaltig
Gr	- 250 cm	graublauer Feinsand, schluffig-tonig, carbonathaltig

5. Bodennutzung

Die verschiedenen Marschböden weisen unterschiedliche Bodeneigenschaften auf und diese beeinflussen die Bodennutzung. Auf den Kalkmarschen findet sich fast ausschließlich als Nutzungsart Ackerland, während auf Kleimarschen und Dwogmarschen sowohl Acker als auch Grünlandnutzung betrieben wird. Knick-, Humus-, Moor- und Geestmarsch sind überwiegend unter Grünlandnutzung. Salzmarsch ausschließlich (Beweidung mit Deutschem weißköpfigem Fleischschaf) Grünland.

Nach den umfangreichen Landentwicklungsmaßnahmen durch das "Programm Nord" - beginnend in den 50er Jahren - u.a. mit den wasserwirtschaftlichen und Meliorationsmaßnahmen wurde die Ackernutzung auch auf Dauergrünlandflächen der Marschen ausgedehnt. Diese Entwicklung wird in den letzten Jahren z.T. wieder rückgängig gemacht und ehemals absolutes Grünland in Grünlandnutzung überführt. Auch auf ton- und besonders schluffreichen Kleimarschen und Dwogmarschen unter Ackernutzung zeigten sich - besonders in den letzten Jahren - starke Gefügeschäden, hervorgerufen durch Bearbeitung im nicht genügend abgetrockneten Zustand. Diese Gefügeprobleme beeinflussen in starkem Maße den Ertrag. Auch hier wird die Bodennutzung Acker in vielen Fällen zu einer Grünlandnutzung übergehen.

Profil 5

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	db g/cm ³	df	Vol.% Wasser b. pF				Kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							-∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
4.1	Ah	5 - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	5,8	18,7	16,5	9,6	49,4	
4.2	GoSq1	20 - 25	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	3,5	18,3	16,4	8,7	53,1	
4.3	GoSq2	35 - 40	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0,9	10,0	14,1	11,6	63,4	
4.4	Go1	55 - 60	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0,9	21,9	18,5	9,1	49,6	
4.5	Go2	60 - 70	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0,8	14,2	18,6	10,3	56,1	

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	C _{org} %	N _t ‰	C/N	Fe _o mg/g	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o Al _o mg/g	austausch. u. H ₂ O-lösl. Kationen mmol _c /kg					Σ KAK pot	BS eff %		
										Ca	Mg	K	Na	H+Al				
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4.1	-	-	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.2	-	-	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.3	-	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.4	-	2,8	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.5	-	4,7	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nr.							pH 0,1nKCL		K ₂ O mg/100g		P ₂ O ₅ mg/100g						
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
4.1								4,6		31		20					
4.2								4,7		26		4					
4.3								6,2		36		15					
4.4								6,6		28		19					
4.5								6,8		32		22					

Anders als bei den Böden der Geest und des östlichen Hügellandes fehlt eine Waldnutzung völlig.

So sind die Marschböden unter Grünlandnutzung als Weiden (Fettgräseerei, Bullenmast und Milchviehhaltung mit Rindern der "Schwarzbunten Schleswig-Holsteiner" und "Rotbunte Schleswig-Holsteiner") und Mähweiden und unter ungünstigeren Bodenwasserverhältnissen oder bei nur geringer Marschbodenbedeckung und hohen Grundwasserverhältnissen (Durchtrittigkeit) als Wiesen genutzt. Auf Ackerstandorten, die zu den ertragsreichsten Böden Deutschlands zählen und in den ersten Jahren der Nutzung mit den Hauptnährstoffen N, P, K gut versorgt sind, erfolgen der Anbau von Getreide (vorherrschend Winterweizen), Mais, Hackfrüchten, Futterpflanzen und Feldgemüse (besonders Kohlanbau in Dithmarschen).

In Schleswig-Holstein hat sich die Ackerfläche 1992 gegenüber 1991 weiter verringert und ist um etwa 1 % vermindert. Angebaut wurden darauf rund 310 000 ha Getreide, 105 000 ha Ölfrüchte, 25 000 ha Hackfrüchte, 1 300 ha Hülsenfrüchte, 7 000 ha Gemüse und 91 000 ha Ackerfutterpflanzen. Zugenommen hat insbesondere der Anbau von Winterweizen und Wintergerste, rückläufig waren der Anbau von Raps und Hülsenfrüchten.

Profil 6

Lage: Süderstapel-Seeth,
bei Seeklint

TK 25: 1621 Süderstapel

Klima: ozeanisch

Niederschlag: 799 mm (Wohlde)
Mitteltemperatur: 7,5° C

Gestein: Flugsand über warthezeit-
lichem Schmelzwassersand

Relief: Kuppe/Abbruchkante

Neigung:
Exposition: S
Höhenlage: + 10 m NN

Vegetation/Nutzung: Heide

Humusform: Moder

Klassifikation: Graubrauner Plaggensch

Beschreibung des Profils:

Ohf	7 - 0 cm	mittel zersetzte Streuauflage, bestehend aus Heideresten, Blättern
EAh	- 11 cm	sehr dunkel graubrauner (10 YR 3/2) feinsandiger Mittelsand, schwach steinig, Krümel- bis Einzelkorngefüge, mittel durchwurzelt, humos, mäßig locker
Eh1	- 28 cm	sehr dunkel graubrauner (10 YR 3/2) feinsandiger Mittelsand, schwach steinig, Feinkoagulat- bis Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt, humos, mäßig locker
Eh2	- 42 cm	sehr dunkel grauer (10 YR 3/1) feinsandiger Mittelsand, schwach steinig, Feinkoagulat- bis Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt, humos, mäßig locker
Eh3	- 66 cm	sehr dunkel graubrauner (10 YR 3/2) feinsandiger Mittelsand, schwach steinig, Feinkoagulat-Einzelkorngefüge, schwach durchwurzelt, humos, mäßig locker
fAeh	- 75 cm	sehr dunkel grauer (N3/0), z.T. schwarzer (N2/0) feinsandiger Mittelsand, schwach steinig, Einzelkorn-, z.T. Feinkoagulatgefüge, humos, mäßig dicht
Ae	- 105 cm	hell graubrauner (2,5 Y 6/2-5/2) mittelsandiger Feinsand, sehr schwach steinig, Einzelkorngefüge, mäßig dicht
Bsh	- 130 cm	dunkel rotbrauner (5 YR 2,5/2) Mittelsand, schwach steinig, Kittgefüge, dicht, z.T. Orterdeverdichtung
Bhs	- 150 cm	dunkel brauner (7,5 YR 3/4) Mittelsand, schwach steinig, Kittgefüge, dicht

6. Plaggensch (Profil 6)

Der Bodentyp des Plaggensch ist entstanden durch eine langandauernde Plaggenwirtschaft, d.h. Plaggen von Heide und/oder Grasland wurden kompostiert oder vermischt mit Stalldung auf den Acker gebracht. Ziel war es, den Nährstoff- und Wasserhaushalt zu verbessern.

Unterschieden wird zwischen dem Grauen Plaggensch mit einem EAp bzw. EAh-E-Horizont aus sandigen Heideplaggen, dem Braunen Plaggensch vorwiegend aus mehr oder weniger bindigen Plaggen und dem Graubraunen Plaggensch aus sandigen bis lehmigen Heide- und Grasplaggen. Weitere Übergänge zu Stau- und Grundwasserböden können auftreten. In der Bodensystematik stehen die Plaggensch in der Bodenklasse der Kultsole.

Profil 6

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	ds g/cm ³	df	Vol.% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							-∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
6.1	Ohf	7 - 0	0	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6.2	EAh	- 11	0	662	1,2	2,57	42,4	13,0	9,3	4,4	2,0	48,0	44,1	2,7	0,8	0,4	1,6	
6.3	Eh1	- 28	0	207	1,58	2,59	35,1	20,6	9,0	3,9	2,9	54,6	36,7	3,1	0,4	0,7	1,6	
6.4	Eh2	- 42	0	772	1,58	2,60	39,2	27,9	10,6	4,5	2,6	52,5	39,4	1,9	1,0	0,9	1,7	
6.5	Eh3	- 66	0	-	1,58	-	-	-	-	-	2,5	56,9	34,1	3,6	0,7	0,8	1,4	
6.6	fAeh	- 75	0	233	1,48	2,74	42,3	26,9	15,0	8,0	0,8	58,1	35,4	4,0	0,3	0,3	1,1	
6.7	Ae	- 105	0	711	-	2,62	43,4	6,9	3,4	0,5	0,2	61,3	36,3	1,2	0,4	0,4	0,2	
6.8	Bsh	- 130	0	-	-	-	-	-	-	-	2,0	62,1	30,8	2,5	1,2	0,6	0,8	
6.9	Bhs	- 150	0	-	-	-	-	-	-	-	2,3	51,2	28,6	5,3	0,5	0,4	1,6	

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	C _{org} %	N _t ‰	C/N	Fe _o mg/g	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o Al _o mg/g	austausch. u. H ₂ O-lösl. Kationen mmol _e /kg					Σ KAK pot eff %			
										Ca	Mg	K	Na	H+Al	34	35	36	
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
6.1	3,6	0	-	-	-	-	-	-	-	-	6,8	5,4	7,0	0,3	235	255	-	7,7
6.2	3,7	0	1,3	0,82	17	0,7	1,2	0,58	-	-	0,9	0,5	0,2	0,6	70	72	-	3,1
6.3	3,9	0	0,86	0,61	14	0,8	1,3	0,62	-	-	0,5	0,2	0,1	0,3	48	49	-	2,2
6.4	3,9	0	0,75	0,65	12	0,8	1,2	0,67	-	-	0,5	0,2	0,1	0,3	46	47	-	2,3
6.5	3,9	0	0,72	0,68	10	0,7	1,2	0,58	-	-	0,5	0,1	0,1	0,3	49	50	-	2,0
6.6	3,7	0	2,84	0,84	34	0,7	0,8	0,88	-	-	1,6	0,3	0,2	0,4	165	168	-	1,5
6.7	4,1	0	0,15	0,35	38	0,08	0,1	0,73	-	-	0,4	0,2	0,1	0,2	7	8	-	11
6.8	4,0	0	1,50	0,54	28	1,2	1,6	0,88	-	-	1,2	0,2	0,1	0,4	152	154	-	1,2
6.9	4,2	0	1,15	0,50	23	2,8	3,7	0,78	-	-	0,1	0,1	0	0,2	126	126	-	0,3

Esch ist die Bezeichnung für mittelalterliche, meist ortsnahe und gemeinschaftlich genutzte Ackerfluren im nordwestdeutschen Raum.

In Schleswig-Holstein finden sich diese durch Bewirtschaftungsmaßnahmen entstandenen Böden u.a. auf dem Stapelholm, einer flachkuppigen Geestinsel der Altmoränenlandschaft mit Höhen bis + 40 m NN in der Niederung von Eider, Treene und Sorge.

Die hier verbreitet auftretenden Böden mit z.T. größeren Mächtigkeiten des E-Horizontes lassen sich in flächenhafter Ausdehnung heute jedoch nicht sehr weit verfolgen.

Das hier vorgestellte Profil am Nordrand einer Kiesgrube enthält im oberen Profilbereich auch Holzkohle, Ziegelbrocken und Scherbenfunde der Plagenwirtschaft über dem Podsol-Profil.

7. Literatur

- BANTELMA, A. (1971):
Die Landschaftsentwicklung an der schleswig-holsteinischen Westküste. - Offa-Bücher, 21, Neumünster
- BLUME, H.P., BRÜMMER, G. (1983):
Landwirtschaft, Landschaft und Böden Schleswig-Holsteins. - Exkursionsf. z. 95. VDLUFA-Kongress (manuscr.). Kiel
- BRÜMMER, G. (1968):
Untersuchungen zur Genese der Marschen. - Diss. Agrar. Fak. Univ. Kiel, 350 S. Kiel
- BRÜMMER, G.W. u. FINNERN, H. (1986):
Die Marschböden Nordfrieslands. - Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., 51, S. 43 - 62, Göttingen
- DEPPENBROOK, M. (1969):
Untersuchungen an anthropomorphen Böden des Stapelholm. Dipl. Arb., Inst. f. Pflanzenern. u. Bodenkdl., 65 S., Kiel
- FINNERN, H. (1975):
Die Böden der Marsch. - Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., 22, S. 575 - 580, Göttingen
- FINNERN, H. (1992):
Technik der Bodeninventur. - In Blume, H.-P.: Handbuch des Bodenschutzes, 2. Aufl., 508 - 513, Ecomed, Landsberg/Lech
- FINNERN, H. u. G. BRÜMMER (1987):
Einflussfaktoren auf die Entkalkung schleswig-holsteinischer Marschböden. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 55/II, S. 745 - 750, Göttingen
- FINNERN, H. u. LIPPERT, G. (1981):
Bodenkundliches Gutachten zur Vordeichung der Nordstrander Bucht. - Schriftenr. der Landesreg. S.-H., 12, S. 133 - 154, Kiel
- HIGELKE, B., HOFFMANN, D. u. MÜLLER-WILLE, M. (1976):
Zur Landschaftsentwicklung und Siedlungsgeschichte der nordfriesischen Marscheninseln und Watten. - Probl. Küstenforsch. im südl. Nordseegeb., 11, S. 163 - 184, Hildesheim
- HOFFMANN, D. (1991):
Die erdgeschichtliche Entwicklung des Küstengebietes. Küstenarchäologie in Dithmarschen und Steinburg. In: Frühe Siedler der Westküste, S. 24 - 37, 6 Abb., Heide
- KEMPF, N., LAMP, J. u. PROKOSCH, P. (1987):
Salzwiesen: Geformt von Küstenschutz, Landwirtschaft oder Natur. - Tagungsber. 1. Umweltstiftung WWF Deutschl. Husum
- MENKE, B. (1967):
Beiträge zur frühpostglazialen erd- und vegetationsgeschichtlichen Entwicklung im Eidergebiet, insbesondere zur Flußgeschichte und zur Genese des sogenannten Basistorfes. - Meyniana, 17, S. 29 - 44, Kiel
- MENKE, B. (1969):
Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen und Radiocarbon-Datierungen zur holozänen Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste. - Eiszeitalter u. Gegenw., 20, S. 35 - 45, Öhringen/Württ.
- MENKE, B. (1976):
Befunde und Überlegungen zum nacheiszeitlichen Meeresspiegelanstieg (Dithmarschen und Eiderstedt Schleswig-Holstein). Probl. Küstenforsch. im südl. Nordseegeb., 11, S. 154 - 161, Hildesheim
- MÜLLER-WILLE, M. u. HOFFMANN, D. (Herausg.) (1992):
Der Vergangenheit auf der Spur. Archäologie Siedlungsforschung in Schleswig-Holstein, Neumünster

- PRANGE, W. (1967):
Geologie des Holozäns in den Marschen des nordfriesischen Festlandes. - Meyniana, 17, S. 45 - 94, Kiel
- PRANGE, W. (1971):
Geologisch-archäologische Untersuchungen zu den Entstehungsbedingungen der Marschen in Nordfriesland. - Z. Pflanzenernähr. u. Bodenk., 130, S. 151 - 160, Weinheim/ Bergstraße
- PRANGE, W. (1986):
Die Bedeichungsgeschichte der Marschen in Schleswig-Holstein. - Probleme der Küstenforschung im südl. Nordseegeb., 16, 53 S., 6 Abb., Hildesheim
- REINECK, H.-E. (Herausg.) (1978):
Das Watt, Ablagerungs- und Lebensraum, Frankfurt/M.
- STREIF, H. (1990):
Das ostfriesische Küstengebiet, Nordsee, Watten und Marschen. Sammlung geolog. Führer, 57, 2. Aufl. Berlin/Stuttgart
- STATISTISCHE BERICHTe des Statistischen Landesamtes Schleswig-Holstein (1992):
Die Bodennutzung Schleswig-Holsteins im Jahre 1992, Kiel
- STREMME, H.E. u. FINNERN, H. (1967):
Die Böden der Eiderniederung in der Mannigfaltigkeit ihrer Eigenschaften und Verbreitung. Das Unternehmen Landentwicklung, Programm Nord, Eiderraum. Materialsammlung der Agrarsoz. Ges. e.V., Nr. 62, S. 289 - 295 - Kiel
- Bodenkarten Herausg. v. GLA S.-H.
- DÜMLER, H. (1976):
Bodenkarte von Schleswig-Holstein 1:25 000 Friedrichstadt (1620)
- DÜMLER, H., ELWERT, D., LANGE, W. u.a. (1970):
Böden der Eiderniederung, 1:100 000
- ELWERT, D. (1976):
Bodenkarte von Schleswig-Holstein 1:25 000 Meggerdorf (1622)
- LIPPERT, G. (1977):
Bodenkarte von Schleswig-Holstein 1:25 000 Tönning (1619)
- LIPPERT, G. (1980):
Bodenkarte von Schleswig-Holstein 1:25 000 Simonsberg (1519)
- LIPPERT, G. u. SIEM, H.-K. (1980):
Bodenkarte von Schleswig-Holstein 1:25 000 Wobbenbüll (1419)
- STREMME, H.-E. (1981):
Bodenkarte von Schleswig-Holstein 1:500 000

Notizen:

Exkursion E

Landschaften und Böden Norderdithmarschens

R. Horn¹, K. Mueller², D. Meier² und H.P. Blume¹

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, CAU Kiel

² Forschungs- und Technologiezentrum FTZ Westküste der CAU Kiel

Themen: Eigenschaften, Entwicklung und Ökologie typischer Böden der Watten und Marschen; Böden als kulturgeschichtliche Urkunden

Gliederung

Routenbeschreibung (m. topographischer Karte Kiel-Büsum und Lage der Profile)

Naturraum Dithmarschen und seine geologische Entstehung

Bödenentwicklung in Watt und Marsch

FTZ Westküste der CAU zu Kiel

Profil E1: Mischwatt

Profil E2: schluffige Salzmarsch,

Profil E3: typische Kalkmarsch unter Hochstauden,

Profil E4: typische Kalkmarsch unter Acker,

Profil E5: haftnasse Kleimarsch,

Profil E6: typische Knickmarsch,

Profil E7: Depo-Braunerde-Gley über Depo-Pseudogley über fossiler Kalkmarsch

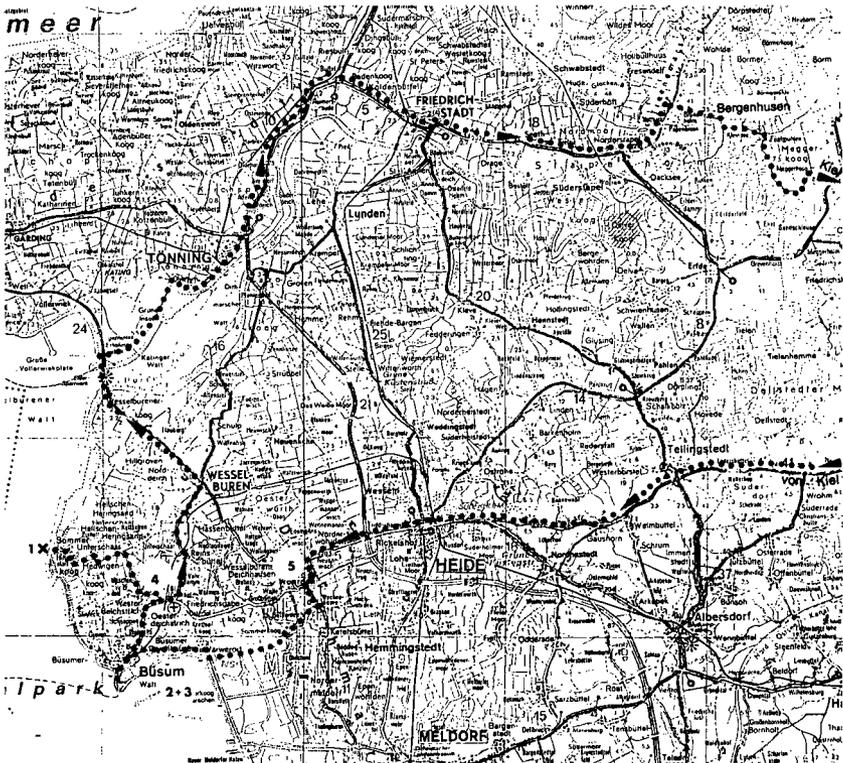
Fahrtroute:

Kiel-Rendsburg-Heide-Wöhrden-Hedwigenkoog-Büsum (FTZ und Speicherkoog)

Eidersperwerk-Tönning-Friedrichstadt-Bergenhusen-Rendsburg-Kiel

Die Exkursionsroute führt durch die drei Hauptlandschaften Schleswig-Holsteins: Jungmoränen-, Geest-, Marschlandschaft, wobei jedoch lediglich Bodenprofile in der Marsch vorgestellt werden.

Von Kiel aus bis Rendsburg auf der neu ausgebauten A 210 vorbei an Achterwehr/Flemhude (Hude = Lande- und Stapelplatz u.a. der färischen Kaufleute ab dem 13.Jh.)



●●●●● Exkursroute E

Rendsburg: Hochbrücke über den Nord/Ostsee-Kanal (erbaut nach der Kanalerweiterung 1908/14; Spannweite des Mittelstücks der Brücke 140 m bei einer lichten Höhe von 42m), Rendsburg (hergeleitet aus Reinholdsburg): 1199 als Inselbesitz des Holstengrafen erstmals erwähnt, 1253 als civitas=Stadt genannt; im späten Mittelalter war Rendsburg Endpunkt der Eiderschiffahrt, Umschlags- und Brückenplatz; aus dieser Blütezeit stammt das in der Mitte des 16.Jh. erbaute alte Rathaus = heutiges Heimatmuseum. Durch Kanalbau 1887/1895 wurde der Wasserspiegel der Obereider um 2,9 m abgesenkt; damit verlor die Altstadt ihre Inselnatur.

Heute zusätzliche industrielle Ansiedlungen: u.a. auch Wert Nobiskrug an der Obereider. Alljährlich findet hier die NORLA = Leistungsschau der Landwirtschaft in SH statt. Sitz der Fachhochschule für Landwirtschaft. Zahl der Einwohner incl. der Randgebiete 1992: 32000.

Heide: Der Stadtgrund ist eine Ebene, einst mit Heide bewachsene Geestfläche (=Teil der Dithmarscher Geest), die bei Heide unmittelbar an die Marsch heranreicht und im Nordosten und Südosten von 2 Niedermoorgebieten begrenzt wird. Heide ist neben Husum die einzige städtische Neubildung des Spätmittelalters in Schleswig Holstein. Entstehung und Gestalt erklären sich im Zusammenhang mit der Verfassungsgeschichte des freien Bauernstaates Dithmarschen: 1447 wurde die Dithmarscher Landgemeinde durch eine Verfassungsreform zu einer festen staatlichen Ordnung gefügt. Bildung einer richterlichen Berufungsinstanz aus 48 Regenten als Oberorgan der Landesversammlung. Wichtigster Marktplatz dank der guten Verbindungen zur Lübschen Trade seit 1467 (erstmal erwähnt).

Nach Eingliederung Schleswig Holsteins in Preußen 1867 wurde Heide 1869/95 zur Stadt erhoben. Intensivierung des Wirtschaftslebens in der Gründerzeit führte zu steigenden Einwohnerzahlen: Ende des 18.Jh. 3000; 1871: 6817; 1939: 12676; 1946: 22094; 1992: 20600 EW.

Heute ist Heide als Kreisstadt und Einkaufszentrum für ein weites Einzugsgebiet der Mittelpunkt Dithmarschens.

Seit 1992 Ausbau einer neuen Fachhochschule, die im Herbst 1993 mit den Fächern Elektrotechnik und Maschinenbau sowie Betriebswirtschaft ihre Arbeit aufnehmen soll.

Büsum: Modernes Heiz- und Seebad; im Mittelalter als Folge mehrerer Sturmfluten Marscheninsel; seit 1609 durch Deichbaumaßnahmen mit dem Festland verbunden. Bis zu 100 Fischereiboote (bes. Krabben) fuhren von hier aus auf die Nordsee, heute ca. 40 Fischer, früher war in Büsum eine große Werft; seit 1988 Forschungs- und Technologiezentrum als Außenstelle der Universität Kiel.

Nationalpark Schleswig Holsteinisches Wattenmeer: Gegründet 1985, um die Eigenschaften und Funktionen des Wattenmeeres weitestgehend zu erhalten.

Der Nationalpark Wattenmeer erstreckt sich zwischen der dänisch-deutschen Grenze im Norden und der Elbe im Süden vor den Küsten von Dithmarschen und Nordfriesland. Mit ca. 285000 ha werden im Nationalpark gleichzeitig 1/5 des Wattenmeeres in der Deutschen Bucht zusammengefaßt, wobei hinsichtlich der Schutz- und der Nutzungsfunktion des Raumes Kompromisse dergestalt eingegangen werden mußten, daß z.B. der Fischfang auch in der Schutzzone I weiter erlaubt ist. Dagegen ist das Betreten dieser Zone untersagt.

Im Nationalpark selbst sind dabei sowohl die Unterwasserbereiche als auch das Watt, die Salzwiesen und die Sände unter besonderen Schutz gestellt, um somit auch möglichst naturnahe Gesamtsysteme zu erhalten.

Friedrichstadt: Am Unterlauf der Eider im östlichen Teil der Eiderstedter Marsch gelegen, ist die Stadt heute ländlicher Zentralort mit einer schwachen wirtschaftlichen Basis. Der Name weist auf Herzog Friedrich III von Schleswig-Holstein-Gottorf hin, der 1620/21 durch den Holländer R. Reimers den Stadtplan entwerfen ließ mit einem Grachtensystem, Sielzügen und Schleusen sowie charakteristischen Staffeligelbehäusern. Kapitalkräftige holländische Remonstranten, die nach der Synode von Dordrecht 1618 das Land verlassen mußten, siedelten sich in Friedrichstadt an (Amtsprache: holländisch). 1850 wurde die von Dänen besetzte Stadt durch schleswig-holsteinische Truppen weitgehend zerstört, jedoch später nach alten Vorbildern wieder aufgebaut. Heute wohnen 2500 Einwohner in der vorrangig vom Fremdenverkehr abhängigen Stadt.

DER NATURRAUM DITHMARSCHEN - SEINE GEOLOGISCHE UND ANTHROPOGENE ENTWICKLUNG

Auf dem Höhepunkt des Weichselglazials vor ca. 20.000 Jahren lag der Meeresspiegel der Nordsee um mehr als 100 m unter dem derzeitigen Niveau. Die Landschaft war zu dieser Zeit aus fluvioglazialen Sanden aufgebaut.

Weite Gebiete der heute überfluteten Flächen waren mithin nicht nur frei von Salzwassereinfluß, sondern wurden auch von Menschen aufgesucht, wie archäologische Funde von der Doggerbank zeigen (Wieland 1991).

Im Zuge des Abschmelzens der Eismassen erreichte das Meer vor etwa 8000 Jahren bei ca. 30 m unter heutigem NN das Elbmündungsgebiet. Die Uferlinie verlief vor Süd-Dithmarschen etwas außerhalb der heutigen Küste (Menke 1988) und zog sich in nordwestlicher Richtung in die Deutsche Bucht. Nach einer nur kurzen Stillstandsphase stieg der Meeresspiegel erneut sehr rasch an (ca. 2 m/100 a) und erreichte in Dithmarschen vor 7000 Jahren mit 10 m unter NN den heutigen Geestrand (Hoffmann 1991).

Die pleistozäne Landoberfläche Dithmarschens lag zu dieser Zeit durchschnittlich 20m unter der Meeresoberfläche. Sie wurde bei nur noch langsamen Meeresspiegelanstieg allmählich mit mächtigen Schichten sand- und schluffreicher mariner Sedimente überdeckt. Dadurch bildete sich ein Gezeitenmeer und beginnend vor etwa 2500 Jahren die Marschenlandschaft bis zu ihrer heutigen Ausdehnung. Während dieser Phase hat das anbrandende Meer das Kliff (=mit Wald und Busch, Ginster und Heidekraut bewachsener Steilhang) besonders modelliert. Geestvorsprünge u.a. bei Heide wurden abgetragen. Weitere Küstenströmungen bauten die großen Nehrungshaken und damit eine Ausgleichsküste auf (Abb. 1). Auf den Nehrungshaken sind teilweise bis zu 5m hohe Dünen aufgeweht - daher die Bezeichnung Donn. Da die Nehrungen außerdem die weitere Aufschlickung der Strandseen und Niederungen verlangsamte, bildeten sich z.T. Niedermoore und brackige Sedimente (aus: Degn und Muuß 1966).

Der Mensch besiedelte die Marsch etwa um die Zeitenwende dauerhaft. Die Landnahme begann auf westlich an die Geest angrenzenden, hoch aufgelandeten alten Marschen und Inversionsrücken mit Flachsiedlungen, aber auch künstlich aufgeschütteten Wohnhügeln, den Warften bzw. Wurten (Meier 1991).

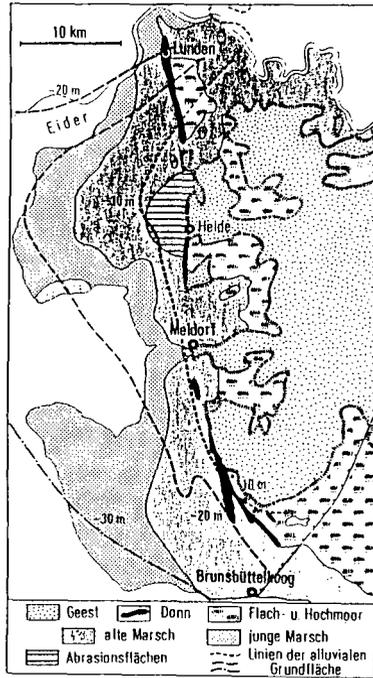


Abb.1

Besiedelt wurden vorzugsweise Gebiete mit fruchtbaren Kalk- und Kleimarschen. Die Errichtung von Deichen zum Schutz vor Überflutungen ist erst seit dem 10. Jhd. bekannt. Jahrhunderte lang diente der Deichbau zugleich auch der Landgewinnung. Heute hat der letztgenannte Aspekt jedoch keine Bedeutung mehr, während der Küstenschutz nach wie vor Priorität besitzt (Fiedler 1992). Ein Beispiel für diese Entwicklung ist der Speicherkoog bei Meldorf, der im Rahmen der Exkursion aufgesucht wird.

Der "Speicherkoog Dithmarschen" wurde in den Jahren 1969 bis 1978 durch Eindeichen von etwa 4800 ha der inneren Meldorfer Bucht gewonnen. Er hat eine doppelte Bedeutung: Zum einen gewährleistet er einen besseren Küstenschutz als der alte Seedeich, zum anderen kann er als Speicherbecken bei lang anhaltenden Sturmfluten und damit fehlender Entwässerung für die Niederungen bei Meldorf genutzt werden (Meier 1987). Das 4800 ha große Areal des Speicherkoogs umfasst nicht nur 1200 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche und 1200 ha Schafhaltung, sondern auch ein Süßwasserschutzgebiet (NSG Wöhrdener Loch - 253 ha), ein Salzwasserbiotop (NSG Kronenloch - 532 ha) und eine Vogelbrutinsel im Kernspeicherbecken (35 ha). Dadurch besitzt der Speicherkoog auch große ökologische Bedeutung als Rückzugsgebiet für die natürliche Fauna und Flora der Marschenlandschaft.

Literatur

- Degn, C. und U. Muuß 1966: Topographischer Atlas Schleswig Holstein. Wachholtz Verlag Neumünster.
- Fiedler, W. (1992): Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer, Verlag Boyens & Co, Heide, 208 S.
- Hoffmann, D. (1991): Die erdgeschichtliche Entwicklung des Küstengebietes, In: Frühe Siedler an der Küste, Boyens, Heide. Meier, D. (1991): Küstenarchäologie in Dithmarschen, Boyens, Heide.
- Meier, G. (1987): Der Speicherkoog Dithmarschen, Verlag Boyens & Co., Heide, 48 S.
- Menke, B. (1988): Die holozäne Nordseetransgression im Küstenbereich der südöstliche Deutschen Bucht; In: Müller-Wille u.a. (1988), Norderhever Projekt 1, Landschaftsentwicklung und Siedlungsgeschichte im Einzugsgebiet der Norderhever (Nordfriesland), Offa Bücher 66, S. 117 - 137
- Wieland, P. (1990): Küstenfibel, Verlag Boyens & Co., Heide, 152 S.

BODENENTWICKLUNG IN WATT UND MARSCH

Der Begriff "Marsch" trägt eine doppelte Bedeutung: Zum einen beschreibt er eine Landschaftseinheit an der deutschen Nordseeküste, zum anderen definiert er aus bodenkundlicher Sicht Bodentypen, die durch einen charakteristischen Entwicklungsverlauf vom marinen Watt bis zu Knick- und Dwogmarschen gekennzeichnet sind. Brümmer (1968) beschrieb umfassend die Entwicklung und die Eigenschaften der Marschböden.

Die Entstehung der Marschböden ist durch eine Vielzahl parallel oder nacheinander ablaufender, oft miteinander verknüpfter Teilprozesse gekennzeichnet. Die genetische Entwicklung dieser Böden beginnt mit einer geogenen Phase, die successiv in eine pedogene übergeht.

Die Geogenese kann vor allem durch die bei der Sedimentation im Wattenmeer ablaufenden Prozesse des Materialtransports und der Materialablagerung sowie -abrasion beschrieben werden. Die Wattsedimente zeichnen sich allgemein aus, durch hohe Gehalte an:

- leicht abbaubarem organischem Material (in Abhängigkeit vom Gehalt an Schluff und Ton in marinen Schlickern 0,5-10%),
- Carbonat (im Bereich der Nordfriesischen Inseln zwischen 3-8%, insbesondere aus Muschelschalen), und
- Schwefelverbindungen (in der Regel Sulfide)

Das Körnungsspektrum reicht vom nahezu tonfreien Feinsand bis zum feinsandigen schluffigen Ton. Mineralische Partikel 200 μ m fehlen nahezu völlig.

Die Pedogenese beginnt parallel zu den geogenen Prozessen bereits im vegetationsfreien Watt mit den ersten chemischen Veränderungen in den Sedimenten, in denen sich bereits kurz nach der Ablagerung durch mikrobielle Umsetzungen streng reduzierende Bedingungen (Sauerstoffarmut oder -freiheit) einstellen. In Abhängigkeit vom Gehalt an organischer Substanz findet dadurch eine mikrobielle Reduktion der vorhandenen Eisen-

und Manganoxide statt, die in Reaktion mit ebenfalls vorhandenen, der Reduktion unterliegenden Sulfaten zu Fe- und Mn-Sulfiden umgewandelt werden. Auch ein Teil der organischen Substanz wird unter überwiegend anaeroben Bedingungen abgebaut, wobei ebenfalls Sulfide, Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) entstehen. Die ablaufenden Reduktionsprozesse verursachen unter anderem die bekannte Schwarzfärbung der Wattedimente (FeS-Bildung) und deren typischen Schwefelgeruch.

Mit dem Herauswachsen des Watts aus dem ständigen Überflutungsbereich und dem Ansiedeln einer halophilen Vegetation (Abb.2) prägen Setzungs-, Oxidations- und Entsalzungsprozesse die weitere Entwicklung.

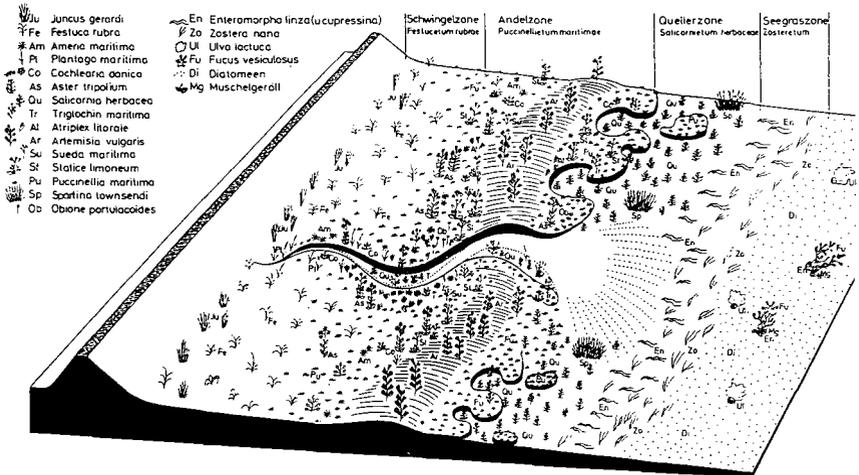


Abb.2: Pflanzengesellschaften der Salzwiesen und Verlandungszonen in Abhängigkeit von der Höhenlage des Bodens und der Hydrographie (aus Reineck 1982)

Es erfolgt nämlich eine fortlaufende Gefügeausbildung (Bildung von Bodenaggregaten) als Folge von Ent- und Bewässerungs- sowie Sackungsvorgängen, eine zunehmende Belüftung des Profils mit einhergehender Oxidation reduzierter Eisen-, Mangan- und Schwefelverbindungen, eine fortschreitende Entsalzung und Entkalkung der Böden sowie zunehmende Ab- und Umbauvorgänge des organischen Materials. Sedimentationsprozesse finden nur noch selten bei höheren Sturmfluten statt. Dann aber wird infolge hoher Fließgeschwindigkeiten des Wassers in der Regel feinsandreiches Material abgelagert (Sturmflutschichtungen).

Zugleich erfolgt bei hohen Fluten eine erneute Zufuhr an Salzen und Sulfat, sodaß nicht eingedeichte Marschen durch eine charakteristische Salz- und Schwefeldynamik gekennzeichnet sind. Der Prozeß der Entkalkung verläuft dagegen kontinuierlich weiter.

Die beschriebenen Vorgänge prägten die Entwicklung in der Marsch, bevor der Mensch mit Landgewinnungsmaßnahmen und Eindeichungen in das Geschehen eingriff.

Mit der Eindeichung werden die Böden dem Einfluß des Meerwassers entzogen. Die für nicht geschützte Marschen typischen Vorgänge der diskontinuierlichen Sedimentation sowie der Salz- und Sulfatzufuhr sind dadurch unterbunden. Die jetzt ausschließlich pedogen weiter verlaufende Entwicklung der Marschen ist gekennzeichnet durch eine sehr rasche Entsalzung der Böden in wenigen Jahren, eine zunehmende Belüftung und Oxidation tieferer Bodenlagen, eine zunehmende Aggregation bis hin zur Ausbildung ungünstiger Gefügeformen (z.B. Bildung plattiger, verdichteter und wasserstauer Bodenaggregate durch Dispergierungsvorgänge und durch landwirtschaftliche Maschinen), eine biogene und anthropogene Homogenisierung vor allem im oberen Teil des Profils und eine beginnende Verbraunung sowie zunehmende Verwitterung. Der Kalkgehalt der Böden nimmt durch Auswaschung und Reaktion des Kalks mit freigesetzten Schwefelverbindungen weiter ab. Bei weitgehendem oder völligem Kalkverbrauch führt das, insbesondere in alten Marschböden, zu einem deutlichen bis drastischen Absinken der pH-Werte.

In entkalkten Marschböden kann Tonverlagerung zu Tonanreicherung und damit zur Bildung eines Knickhorizontes führen. Häufiger ist dieser aber durch die Sedimentation einer tonreicheren Schicht entstanden. An der Nordseeküste sind nicht selten Marschen mit fossilen humusreichen Bodenhorizonten (Dwog) oder überschlickten Torflagen zu finden, die sich in Stillstandsphasen oder bei kürzeren Regressionen während des in den letzten Jahrtausenden allgemein ablaufenden Meeresspiegelanstiegs bildeten.

Entsprechend den genannten bodentypologischen Merkmalen können nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Bodenkunde 1982) weitere Subtypen und Übergangsformen ausgegrenzt werden. Im Rahmen der Exkursion werden aufbauend auf einer allgemeinen Charakterisierung der verschiedenen Marschenprofile vor allem ökologische Fragestellungen im Bereich der Salz-, Kalk-, Klei- und Knickmarsch diskutiert.

Literatur

- Brümmer, G. (1968): Untersuchungen zur Genese der Marschen, Diss.Inst. f. Pflanzenern. u. Bodenk. CAU Kiel, 350S.
- Reineck, H.-E. (1982): Das Watt, Ablagerungs- und Lebensraum, 3.Aufl. W.Kramer, Frankfurt.
- Scheffer/Schachtschabel (1992): Lehrbuch der Bodenkunde, Enke Stuttgart, 13.Aufl.

STAND DER SIEDLUNGSGESCHICHTLICHEN FORSCHUNGEN IN DITHMARSCHEN

Am FTZ - Westküste untersucht die Arbeitsgruppe Küstenarchäologie in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Bodenökologie die Landschaftsentwicklung und Siedlungsgeschichte der schleswig-holsteinischen Marschen. Neben einem seit 1989 laufenden Forschungsprogramm zum mittelalterlichen Landesausbau und zur frühen Bedeichung im nördlichen Eiderstedt (Meier u.a. 1989) hat sich seit 1991 mit

Ausgrabungen auf Siedlungsplätzen der römischen Kaiserzeit in der Dithmarscher Nordermarsch ein zweiter Schwerpunkt gebildet (Meier 1992; Mueller u. Meier 1993).

Archäologische Untersuchungen beschränkten sich bisher vorwiegend auf Nordfriesland. Eine detaillierte Darstellung der Siedlungsgeschichte der Dithmarscher Marschen erfolgte bislang nicht. Bekannt ist, daß in der Nordermarsch Dithmarschens drei Reihen von Siedlungsplätzen parallel in nordsüdlicher Richtung von der Eider bis zur Meldorfer Bucht verlaufen (Abb.3), deren Entstehung nach Keramikaufsammlungen auf überpflügten Wurten (Bokelmann 1988) und einer 1947 durchgeführten Sondierung bei Wennemannswisch in der östlichsten der drei Reihen in die römische Kaiserzeit datiert wurde.

Westlich schließt sich eine Zone großer, bislang aber undatierter Dorfwurten an, die frühmittelalterlichen Ursprungs sein könnten. Die bisherigen Untersuchungen in der Dithmarscher Nordermarsch ließen auf eine Landnahme in der älteren römischen Kaiserzeit schließen, in deren Verlauf die an die Geest anschließenden Marschen erschlossen wurden. Spätestens seit der jüngeren römischen Kaiserzeit drangen die Siedler nach Westen in neu aufgelandete Marschflächen vor, da eine sich ausdehnende Vermoorung im Hinterland der Siedlungen vermutlich zu einer Einengung der Wirtschaftsflächen führte.

Die Annahme einer nach Westen fortschreitenden kaiserzeitlichen Landnahme ließ an eine sich langsam ausdehnende Marsch und an zeitlich aufeinanderfolgenden Küstenlinien denken. Diese, nach dem Verteilungsmuster der Siedlungsplätze gezogene Schlußfolgerung wird auch durch die in Abb.3 dargestellte, stark vereinfachte Bodenkarte (M. 1 : 25.000) gestützt.

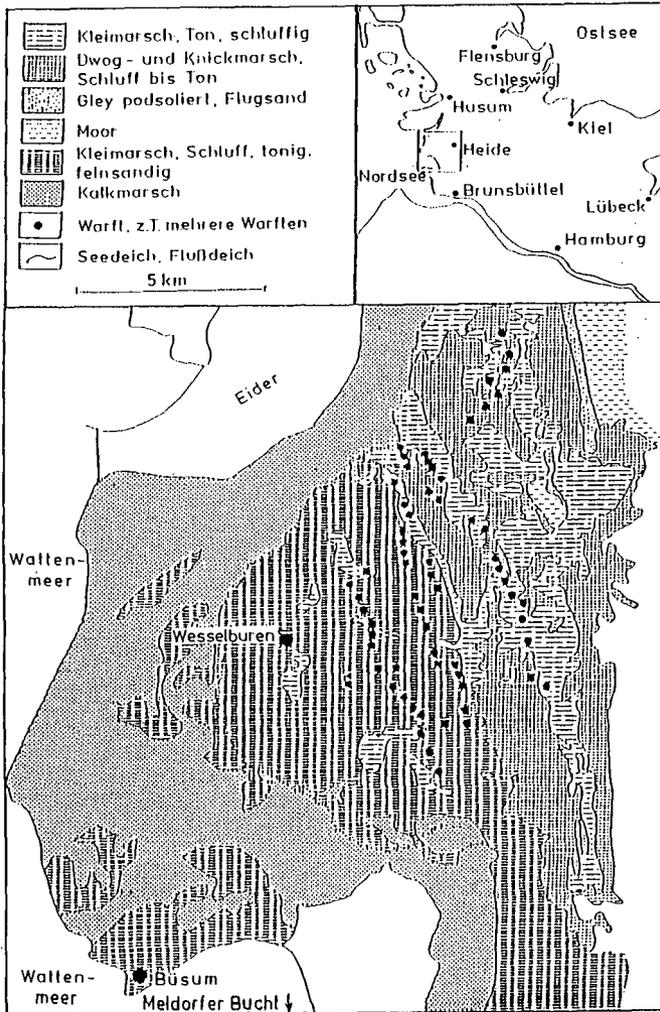


Abb.3: Vereinfachte Bodenkarte von Norderdithmarschen (nach Bodenkarte von Schleswig Holstein M. 1:25000, Blätter:1619,1620,1719,1820, herausgegeben vom Geologischen Landesamt Schleswig Holstein)

Danach liegen unmittelbar vor dem Geestrand Dwog- und Knickmarschen mit stark verdichteten bzw. wasserstauenden Bodenhorizonten im Untergrund, an die sich die östlichste Wurtenreihe anschließt. Auffallend ist, daß sich die einzelnen Werten vor allem auf einem nord-südlich verlaufenden schmalen Streifen aus Kleimarsch mit schluffigem Ton ohne Knick- und Dwoghorizonte im Untergrund konzentrieren. Demnach könnte die östlichste, in der älteren römischen Kaiserzeit entstandene Siedlungsreihe auf einem möglichst wenig staunassen Untergrund angelegt worden sein. Nach Westen schließt sich eine aus schluffigem Sediment bestehende Kleimarsch an, auf der die westlicheren Siedlungsreihen liegen. Dieser Siedlungsverlauf konnte bisher weder genauer beschrieben noch zeitlich festgelegt werden. Entsprechende Untersuchungen sind daher von großem aktuellen Interesse und dienen dem Verständnis archäologisch erschlossener Siedelbewegungen seit der römischen Kaiserzeit. Die bisherigen Arbeiten umfassen die teilweise Freilegung einer auf hoher Marsch angelegten älterkaiserzeitlichen Flachsiedlung bei Tiebensee in der östlichsten der drei Siedlungsreihen und (1992/93) Grabungsschnitte auf einer, auf niedriger Marsch errichteten Wurt der jüngeren römischen Kaiserzeit bei Haferwisch, in der mittleren Reihe. Die Grabungen wurden von Beginn an durch intensive bodenkundliche Untersuchungen zu beiderseitigem Nutzen begleitet (Spielmanns 1991; Mueller u. Meier 1993).

Im Rahmen der Ganztagesexkursion wird ein archäologischer Warftschnitt bei Haferwisch mit einem Auftragsboden (Depoboden) und einem darunterliegenden fossilen Marschboden vorgestellt. Die Ausgrabungen hierzu werden im Frühjahr 1993 nach Auswahl eines besiedlungsgeschichtlich interessanten Standortes beginnen, so daß entsprechende bodenkundliche Untersuchungs- und abgeleitete Kennwerte erst während der Exkursion mitgeteilt werden können.

Literatur

- Bokelmann, K. (1988): Werten und Flachsiedlungen der römischen Kaiserzeit, In: Müller-Wille, M u.a. : Norderhever Projekt. 1. Landschaftsentwicklung und Siedlungsgeschichte im Einzugsgebiet der Norderhever (Nordfriesland), Studien zur Küstenarchäologie Schleswig-Holsteins, Ser.C, Offa Bücher 66 Neumünster
- Meier, D. (1992): Untersuchungen an Warften und Deichen in Norderdithmarschen und Eiderstedt. In: Müller-Wille, M; Hoffmann, D. (Hrsg.): Der Vergangenheit auf der Spur. Archäolog. Siedlungsforsch. Schleswig-Holstein Neumünster, 63 - 82
- Mueller, K.; Meier, D. (1993): Ein Beitrag zur Altersbestimmung rezenter und fossiler Marschböden bei archäologischen Untersuchungen im Bereich der deutschen Nordseeküste, Offa 50 (im Druck)
- Spielmanns, S. (1991): Zusammenarbeit zwischen bodenkundlicher und archäologischer Forschung unter besonderer Berücksichtigung der Landschaftsgeschichte und Siedlungsgeschichte Schleswig-Holsteins, Diplomarbeit, Inst. Pflanzenern. u. Bodenk. d. CAU Kiel, 130 S.

DAS FORSCHUNGS- UND TECHNOLOGIEZENTRUM WESTKÜSTE (FTZ) DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL

Das Forschungs- und Technologiezentrum Westküste in Büsum ist eine interdisziplinär ausgerichtete zentrale Einrichtung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel mit Arbeitsschwerpunkten in der regionalen Meeres-, Küsten- und Ökosystemforschung. Neben der Grundlagenforschung werden anwendungsbezogene Projekte und technologische Entwicklungen durchgeführt. Das FTZ führt die seit bis zu 30 Jahren bestehenden wissenschaftlichen Aktivitäten der im Wattenmeer und in dessen Umfeld forschenden Arbeitsgruppen zusammen und ermöglicht eine kontinuierliche Arbeit direkt vor Ort.

Eine Zielsetzung des FTZ ist die fächerübergreifende Forschung mit gemeinsamer effektiver Ausnutzung von Laboratorien, Feldmeßstationen und technischen Einrichtungen. Diese Art der integrierten Verbundforschung wird durch eine enge Zusammenarbeit mit unterschiedlichen Forschungseinrichtungen, der regionalen Wirtschaft und öffentlichen Institutionen unterstützt. Die wissenschaftliche Forschung soll dabei - soweit möglich - auch neue Ansätze für die politische Umsetzung liefern.

Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten beschäftigt sich mit dem einzigartigen Ökosystem des nordeuropäischen Wattenmeeres und seinen angrenzenden Landschaftseinheiten.

Folgende Arbeitsgruppen sind am FTZ vertreten:

- Küstenökologie/Umweltforschung/Umwelttechnik
- Angewandte Physik/Meeresmeßtechnik
- Küstengeologie
- Küstengeographie
- Küstenarchäologie
- Ökologie der Vögel und Säugetiere
- Bodenökologie

Die Arbeitsgruppe Bodenökologie untersucht die Dynamik der Böden des Deichvorlandes und der Marsch. Im Mittelpunkt steht dabei die kontinuierliche Erfassung von Stoffeinträgen und -entzügen sowie von Umsetzungs-, Auswaschungs- und Gasaustauschprozessen. In einem zweiten Schwerpunkt wird der Einfluß biologischer Aktivitäten und chemischer Eigenschaften auf die Stabilität von Bodenaggregaten ermittelt. Ein weiteres Projekt hat im Rahmen umfangreicher Untersuchungen zur Ökologie von Salzwiesen die Auswirkungen unterschiedlicher Beweidungsintensitäten auf mechanische Bodeneigenschaften zum Inhalt. Andere Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Genese sowie der Kartierung von Böden im Watt und in der Marsch.

Profil E 2

Aufnahmedatum:

Lage: Salzwiesen vor Hedwigenkoog TK: 1818 Blauort

Klima: Niederschlag: 875 mm
Mitteltemperatur: 8,2 °C

Gestein: marines Sediment

Relief: eben Neigung: 0°
Exposition:
Höhenlage: 1.6m über NN

Vegetation/Nutzung: Salzwiesenveg., Rotschwengelzone
Schafbeweidung
Humusform: Feuchtmull

Klassifikation: Typische Salzmarsch (uMC-MZ)
FAO: Sulfi Thionic Fluvisol
Soil Taxonomy: Salorthid Sulfaquept

Bemerkung: periodisch überflutetes Gruppenbeet

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
Ah	0-15	d.braun (10YR 4/3), verockerte Röhren (2.5YR 3/4), Slu, fkruckoh., kalkhaltig, salzhaltig, sehr stark durchwurzelt, gleitender Übergang
GoAh	-29	braun-dunkelbraun (10 YR 4/3), Uls, pri-koh, 5% leuchtend braune (7,5 YR 4/6) Flecken (ø 2-3 cm), stark kalkhaltig, stark bis sehr stark durchwurzelt
Go	-48	dunkel graubraun (2,5 Y 4/2), Sl-Su, geschichtet, koh-pri, 20% dunkelgelbbraune (10 YR 4/6) Rostflecken (ø 10mm), kalkreich, mittel durchwurzelt
Gro	-72	dunkel graubraun (2,5 Y 4/2), Sl-Su geschichtet, koh, 10% dunkel gelb-braune (10 YR 4/6) Rostflecken (ø 20mm), kalkreich, schwach durchwurzelt
Gor	-84	dunkelgrau (5 Y 4/1), Su, koh, kalkreich, sehr schwach durchwurzelt
Gr	-100	schwarz (N 2/0), Su, koh, kalkreich

Profil E 2

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _B g/cm³	d _F	Vol.% Wasser b. pF				kalk-, u. humusfreier Feinboden %							
							1.8	2.5	4.2		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2.1	Ah	0-15	0	390	1.23	2.58	52.3	41.7	36.7	12.6	0.0	0.3	42.3	41.8	3.5	2.6	9.4	
2.2	GoAh	-29	0	680	1.25	2.59	51.7	42.5	38.2	12.5	0.0	0.2	25.4	47.7	7.9	3.8	15.0	
2.3	Go	-48	0	580	1.29	2.56	49.6	40.3	36.7	13.0	0.3	0.4	41.1	38.0	5.0	3.7	11.6	
2.4	Gro	-72	0	110	1.21	2.60	53.8	44.2	41.1	12.6	0.1	0.2	46.6	37.1	4.2	1.4	10.5	
2.5	Gor	-84	0	300	1.38	2.62	47.3	40.3	35.5	8.5	0.1	0.2	62.1	26.3	2.5	2.0	7.0	
2.6	Gr	-100	0		1.26						0.0	0.0	63.9	25.5	2.2	1.1	7.3	

Nr.	pH	CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	Nt %	C/N	Fe _o mg/kg	Fe _d mg/kg	Fe _o / Fe _d	Mn _o mg/kg	Al _o	aust.		Kat cmol _c /kg			E KAK		BS %
												Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
2.1	7.4	6.3	1.3	0.16	8	4870	6040	0.81	242		7.2	4.3	0.6	1.0	0.01	13	13	100	
2.2	7.5	2.8	1.7	0.10	17	4950	6020	0.82	570		5.5	4.5	0.7	2.2	0	12.9	13	100	
2.3	7.5	3.7	1.2	0.12	10	390	4580	0.07	314		5.3	3.8	0.6	0.8	0	10.5	11	100	
2.4	7.5	3.6	1.0	0.11	9	2310	3790	0.61	107		3.8	3.5	0.5	1.7	0	9.5	9.5	100	
2.5	7.5	4.1	0.7	0.12	6	1370	2570	0.53	36		2.8	2.3	0.4	0.4	0	5.9	5.9	100	
2.6	7.6	4.9	0.6	0.02	25	700	1390	0.50	40		2.3	1.6	0.3	0.3	0	4.5	4.5	100	

Nr.	nFK mm	KAK	S- Wert	Pv [kPa]	[φ °]	c [kPa]	EC _{FK} mS/cm	[MPa]	Ca	Mg	K	Na					
													H ₂ O-löslich	cmol _c /kg			
1	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
2.1	43.7	16.2	16.1	92	37.4	27.0	24.5	0.90	5.0	2.0	0.4	103					
2.2	42.0	16.1	16.1	60	31.1	17.5	29.4	1.06	8.0	6.0	2.0	100					
2.3	51.9	13.5	13.5	75	26.5	27.0	37.9	1.36	6.0	3.0	0.5	128					
2.4	75.8	11.5	11.5	45	21.5	17.5	37.6	1.35	10.0	11.0	3.0	130					
2.5	38.2	8.1	8.1	10	21.0	2.5	42.7	1.54	8.0	12.0	3.0	281					
2.6		5.7	5.7						11.0	20.0	3.0	139					
E ₉	300	71,1	71,0														

zu den Spalten 38 und 39: Angabe in mol_c/m³; Σ= angenommener effektiver Wurzelraum dm; 40: Vorbelastung; 41: Winkel der inneren Reibung, 42: Kohäsion; 43: Luftleitfähigkeit. 40-43 bei pF 1,8

Kurze Erläuterung der Profildaten:

Die Salzmarsch der Schwingelzone wird nicht mehr regelmäßig überflutet. Sie entstand aus einem marinen Schlickwatt durch Setzung (=Reifung), Sulfidoxidation und Humusabbau. Sie ist mitteltexturiert, locker gelagert und damit sehr durchlässig bei einer potentiell sehr hohen Luftkapazität und potentiell sehr hohen nutzbaren Wasservorräten. Bei alkalischer Reaktion weist der Boden ein enges C/N Verhältnis auf. Bei hoher potentieller und effektiver Kationenaustauschkapazität dominiert Ca am Austauscher. Der Boden zeigt eine klare Differenzierung der redoximorphen Merkmale. Die Salzgehalte schwanken im Oberboden im Jahresverlauf sehr stark, da Niederschläge, Auswaschung, Überflutung, Zufuhr und kapillarer Wasseranstieg in sommerlichen Trockenperioden starke Oberbodenanreicherungen bewirken.

Durch starken Schafverbiß wird die Vegetation kurzgehalten.

Die Vergesellschaftung der einzelnen Böden sowie einige ökologisch wichtige Eigenschaften im Deichvorland zeigt Abb. 5

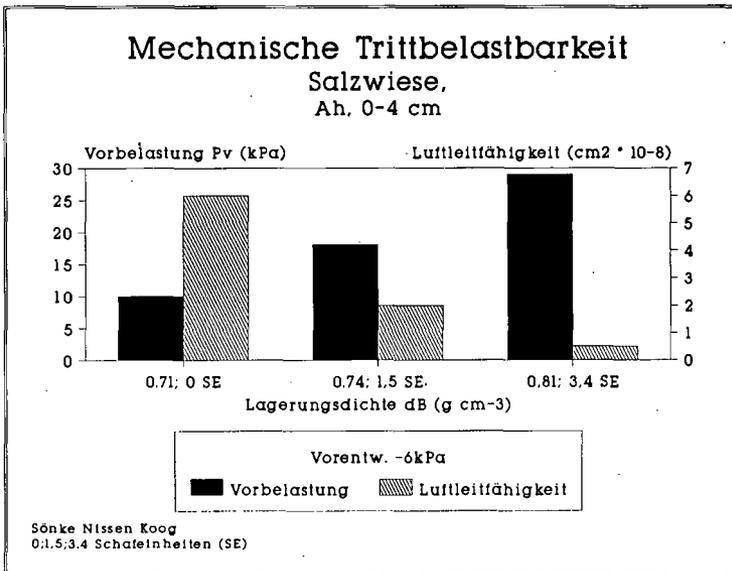


Abb. 4 : Einfluß der Beweidungsintensität auf den Wert der Vorbelastung und der Luftleitfähigkeit.

Profil E 3

Aufnahmedatum:

Lage: Speicherkoog/Dithmarschen
seit 1978 eingedeicht

TK: 1819 Büsum

Klima:

Niederschlag: 875 mm
Mitteltemperatur: 8,2 °C

Gestein: marines Sediment

Relief: Ebene

Neigung: 0°

Exposition:

Höhenlage: 1,7m über NN

nat. Vegetation der Marsch (Hochstauden)

Feuchtmull

Vegetation/Nutzung:

Humusform:

typische Kalkmarsch (MCn)

Klassifikation:

FAO: Fluvi Calcic Gleysol

Soil Taxonomy: Fluvaquoll

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
Ah	0-3	schwarzer (10 YR 3/2) Lsu, kru, sehr locker, carbonatarm, sehr stark humos, neutral, stark durchwurzelt
GoAh	-13	dunkelgraubrauner (10 YR 4/2) Lu, kru-pol, sehr locker, 10% gelbrote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, stark humos, neutral, sehr stark drchwurzelt, Sturmflutschichtungen
AhGo	-24	sehr dunkelgraubrauner (10 YR 3,5/2), Lu, pri-pol, locker, 10-30% gelbrote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, humos, schwach alkalisch, stark durchwurzelt.
Go	-42	grauer-dunkelgrauer (10 YR 4,5/1) Us, pri-pol, mäßig dicht, 30-50% gelbrote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, schwach humos, schwach alkalisch, stark durchwurzelt
Gro	-73	hellbraungrauer (10 YR 6/2) Su, pla-pol, mäßig dicht, 10% gelbrote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, sehr schwach humos, schwach alkalisch, schwach durchwurzelt
Gor	-105	grauer (10 YR 6/1) Su, ein-koh, mäßig dicht, 30% gelb-rote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, sehr schwach humos, schwach alkalisch, sehr schwach durchwurzelt, sehr schwacher H ₂ S-Geruch, lappiger Übergang
Gr	> 105	blauschwarzer (5 BG 2/1) Su, ein, mäßig dicht, mäßig carbonathaltig, sehr schwach humos, schwach alkalisch, H ₂ S-Geruch

Profil E 4

Aufnahmedatum:

Lage: Speicherkoog/Dithmarschen
seit 1978 eingedeicht

TK: 1819 Büsum

Klima:

Niederschlag: 875 mm
Mitteltemperatur: 8,2 °C

Gestein: marines Sediment

Relief: Ebene

Neigung: 0°
Exposition:
Höhenlage: 1,7m über NN

Grundwasser: 1,5m u GOF

Nutzung: intensive Ackernutzung

Humusform: Mull, Grabenentwässerung
Fruchtfolge: Raps-Winterweizen-
Wintergerste
Düngung(1992): 240 kg N/ha; 90 kg P₂O₅;
180 kg K₂O/ha
Erträge: 98 dt/ha (Weizen)

Klassifikation:

DBG: typische Kalkmarsch (MCn)
FAO: Fluvi Calcic Gleysol
Soil Taxonomy: Fluvaquoll

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
Ap1	0- 24	dunkelbrauner (10 YR 3/3) Us, kru, mäßig dicht, 1-2% gelbrote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, humos, schwach alkalisch
Ap2	- 32	dunkelbrauner (10 YR 3/3) Us, kru-pol, mäßig dicht, 5% gelbrote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, humos, schwach alkalisch
Go	- 87	leicht graubrauner (10 YR 5/2) Su, pol-pri, mäßig dicht, 10% gelbrote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, sehr schwach humos, schwach alkalisch
Gro	-120	grauer (10 YR 5/1) Su, pri-pol, mäßig dicht, 30% gelbrote (5 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, sehr schwach humos, schwach alkalisch
Gor	-126	leicht blauschwarzer (5 BG 2/1), Su, ein, mäßig dicht, 1-2% gelbrote (10 YR 4/6) Rostflecken, mäßig carbonathaltig, sehr schwach humos, schwach alkalisch, H ₂ S-Geruch
Gr	> 126	blauschwarzer (5 BG 2/1) Su, ein, mäßig dicht, mäßig carbonathaltig, schwach humos, schwach alkalisch, H ₂ S-Geruch

Profil E 4

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _b g/cm ³	d _f g/cm ³	Vol.% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							--	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
4.1	Ap1	0-24	0	>600	1.34	2.50	46.4	37.6	24.9	11.2	0.3	0.4	43.0	39.5	7.1	5.4	4.3	
4.2	Ap2	- 32	0	5.0	1.48	2.49	40.6	40.1	26.1	12.1	0.2	0.6	40.7	38.9	8.2	4.3	7.1	
4.3	Go	- 87	0	19.4	1.39	2.50	44.4	41.3	33.7	15.0	0.1	0.3	73.3	12.6	7.8	1.1	4.8	
4.4	Gro	-120	0	24.6	1.52	2.63	42.2	41.3	28.4	5.0	0.1	0.1	74.6	19.1	1.6	0.5	4.0	
4.5	Gor	-126	0	12.0	1.54	2.63	41.4	40.8	27.0	5.9	0.1	0.1	75.6	19.5	1.5	0.1	3.1	
4.6	Gr	>126	0	16.0	1.55	2.62	40.8	40.2	27.1	5.2	0.1	0.5	73.8	22.7	0.9	0.5	1.5	

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	Nt %	C/N	Fe _o mg/kg	Fe _d mg/kg	Fe _o / Fe _d	Mn _o mg/kg	Al _o mg/kg	austausch. Kat			cmolc/kg		Σ KAK		BS %
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4.1	7.1	2.44	1.34	0.090	15	4110	6390	0.64			7.8	2.3	0.9	0.2	0	11	11	100
4.2	7.1	2.44	1.32	0.036	37	4370	6900	0.63			7.7	3.0	1.0	0.2	0	12	12	100
4.3	7.1	3.27	0.43	0.027	16	370	1380	0.27			2.7	0.7	0.5	0.3	0	4.2	4.2	100
4.4	7.1	3.22	0.25	0.013	19	240	1570	0.15			2.2	0.6	0.4	0.4	0	3.6	3.6	100
4.5	7.2	3.25	0.27	0.008	34	250	800	0.31			2.3	0.8	0.5	0.2	0	3.8	3.8	100
4.6	7.3	3.67	0.70	0.011	64						2.6	1.0	0.7	0.3	0	4.6	4.6	100

Nr.	nFK mm	KAK	S- Wert	Pv [kPa]	(φ°)	c [kPa]									
							8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
4.1	69.4	15.0	15.0	13	35	9.0									
4.2	22.4	17.6	17.6	200	42	17.5									
4.3	144.7	5.8	5.8	80	32	18.0									
4.4	156.1	5.5	5.5	72	31	17.0									
4.5	20.9	5.8	5.8	35	26	25.0									
4.6	84.0	7.1	7.1	11	24	10.0									
E ₁₀	283	56,8	56,8												

zu den Spalten 38 und 39: Angabe in molc/m³; Σ= angenommener effektiver Wurzelraum dm; 40: Vorbelastung; 41: Winkel der inneren Reibung, 42: Kohäsion; 43: Luftleitfähigkeit. 40-43 bei pF 1,8

Profil E 5

Aufnahmedatum:

Lage: südöstl. Flugplatz, Būsum TK: 1819 Būsum
seit 1452 n. Chr. eingedeicht

Klima: Niederschlag: 875 mm
Mitteltemperatur: 8,2°C

Gestein: marines Sediment

Relief: Ebene Neigung: 0°
Exposition:
Höhenlage: 1,2 m üNN

Vegetation/Nutzung: Acker Fruchtfolge: Raps-Winterweizen-
Wintergerste
Düngung (1992): 150 kg N/ha
50 kg P₂O₅/ha
50 kg K₂O/ha
Ertrag (1992): 76 dt/ha

Klassifikation: Hafltnasse Kleimarsch
FAO: Fluvi Mollic Gleysol
Soil Taxonomy: Fluviaquoll

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
Ap	0-40	graubraun (10YR5/2), fSu3, kru, sehr stark humos, carbonatfrei, feucht, stark durchwurzelt
SgGo	-65	hellgrau (2,5Y6/2) bis grünlichgraubraun (5B 6/1), fSu3, fpol, carbonathaltig, stark rostfleckig, feucht, mittel durchwurzelt, dichte Pflugschle im oberen Bereich
Go	-100	hellgrau (10YR7/1), rostfleckig, fSu3, ein, carbonathaltig, feucht, mäßig durchwurzelt
Gor	-180	hellgrau (2,5Y7/2) bis blaugrau (5B 6.5/1), rostfleckig, fSu2, ein, carbonathaltig, naß
Gr	-200	blaugrau (5 B4/1), fSu4, ein, carbonathaltig, naß

Profil E 6

Lage: Wöhrden/Heide
ab 1400 n.Chr. eingedeicht

TK: 1819 Büsum

Klima:

Niederschlag: 875 mm
Mitteltemperatur: 8,2 °C

Gestein:

marines Sediment

Relief: Ebene

Neigung: 0
Exposition:
Höhenlage: 1,1 m üNN

Vegetation/Nutzung: Acker

Fruchtfolge: Raps-Winterweizen-
Wintergerste
Düngung (1992): 160 kg N/ha; 40 kg
P₂O₅/ha; 50 kg K₂O/ha
Ertrag (1992): 72 dt/ha Winterweizen

Klassifikation:

Typische Knickmarsch
FAO: Fluvi Dystric Gleysol
Soil Taxonomy: Fluvaqualf

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
SwAp	0-30	graubraun (10YR5/2), Ut4, fpol, mittel humos, carbonatfrei, feucht, gut durchwurzelt
SqGo	-50	hellgrau (10YR7/2), Tu2, koh, carbonatfrei, rostfleckig, feucht mäßig durchwurzelt, Pflugsohle mit schwacher Plattenausbildung
Gro	-85	hellgrau (10YR7/1), Tu4-Ut2, gpol, carbonatfrei, rostfleckig (5-10% Rostfl.), feucht, mäßig durchwurzelt.
Gor	-100	hellolivgrau (5Y6/2) bis grüngrau (5G 5/1), Ut2, koh, carbonathaltig, schwach rostfleckig, naß

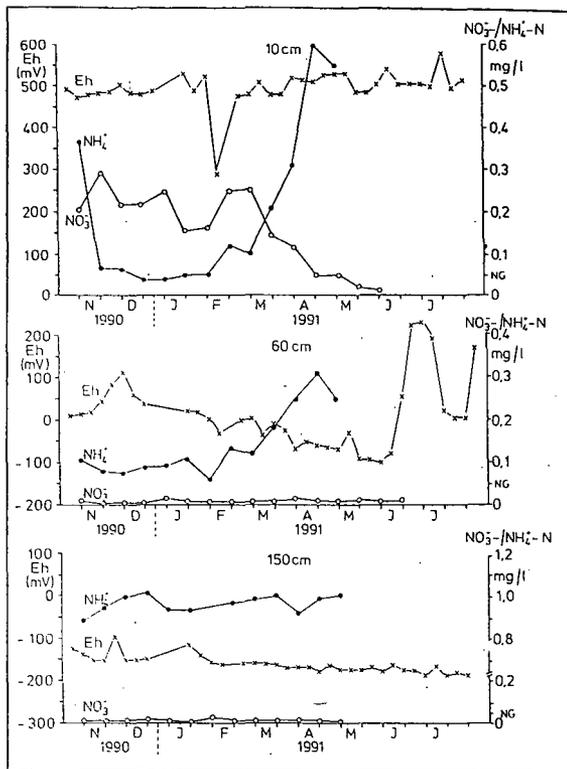


Abb. : Mittlere Bodenredoxpotentiale ($n = 5$) und Konzentrationen an NO_3^- - und NH_4^+ -N in der Bodenlösung ($n = 3$) einer Kalkmarsch unter natürlicher Vegetation, Speicherkoog/Dithm., NG = Nachweisgrenze

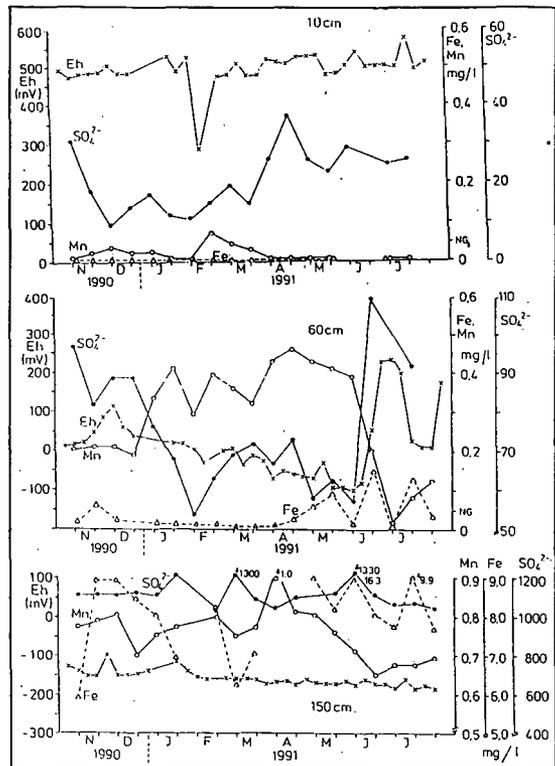


Abb. : Mittlere Bodenredoxpotentiale ($n = 5$) und Konzentrationen an Mn, Fe und SO_4^{2-} in der Bodenlösung ($n = 3$) einer Kalkmarsch unter natürlicher Vegetation, Speicherkoog/Dithm., NG = Nachweisgrenze

Kurze Erläuterung der Profildaten:

Kalkmarschen

Die Kalkmarschen sind durch rasche Aussüßung nach der Eindeichung entstanden. Ackerbaunutzung ist dabei stets nur in Verbindung mit einer gleichzeitigen Dränung möglich, die meist in einer Tiefe von 1-1,2 m bei einem Abstand von 8-16 m erfolgt. Die beiden Kalkmarsch - Profile unterscheiden sich bedingt durch die unterschiedliche Nutzung (intensiver Ackerbau- ca. 50 jährige Brache) vor allem in den physikalischen Eigenschaften. Der Naturstandort ist trotz höherem Schluffanteil sehr locker gelagert und verfügt über eine höhere Luftkapazität im Vergleich zum Ackerstandort. Die mechanische Eigenfestigkeit (=Vorbelastung) ist mit Ausnahme der am Ackerstandort durch Pflugbearbeitung induzierten bereits tiefreichenden Bodenverdichtung am Naturstandort ebenfalls größer. Beide Standorte weisen bei alkalischer Bodenreaktion eine Ca Dominanz am Austauscher bei einer insgesamt sehr hohen potentiellen Kationenaustauschkapazität auf. Als Beispiel für die enge Wechselwirkung zwischen Wasser- und Gashaushalt sowie von Redoxreaktionen abhängigen Änderungen der Ionenmobilität zeigen die in den Abb.6 und 7 dargestellten jahreszeitlichen Dynamiken von Eh, NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Mn und Fe einer Kalkmarsch unter natürlicher Vegetation (aus: Mansfeld et al. 1991).

Profil E 7

Aufnahmedatum:

Lage: Haferwisch

TK: 1719

Klima:

Niederschlag: 872 mm
Mitteltemperatur: 8.2 °C

Gestein: Auftragslagen über marinem Sediment

Relief: Kuppenmitte Warft

Neigung: 0°
Exposition:
Höhenlage: 2 m ü NN

Vegetation/Nutzung: Weidelgras
Weißkleeweide

Klassifikation:

Depo-Braunerde-Gley über Depo-
Pseudogley über fossiler Kalkmarsch

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
jYAp	0-8	2.5 Y 3/2 (7.5 YR 3/4, 2mm 2%) Ls2, sub
jYAp	-28	2.5 Y 3/2 (7.5YR 3/4, 2.5 YR 5/8 zi ? < 5mm, 2%) Ls2, pol
jYBvGo28	-36	2.5 Y4/3 (7.5 YR 3/4, 7.5 YR 5/6, 2-5 mm, fl4,) Ls2, pris, Holzkohle <2mm, 1%
yYGo	-42	7.5 YR 4/4, 10 YR 3/1, Ls2, pri, Holzkohle 2 -5 mm, fl 5, doppelte gebrannte Keramik
fAhGo	50	2.5 Y 4/2 (7.5YR 3/4, 2-5mm, 7% YR 8/2 sf, fl4,) Ls2, pri, Holzkohle 1%
fBvGo	-59	2.5 Y5/3 (7.5 YR 5/6, 7.5 YR 3/4, 2-5mm, fl4) Ls2, pri
jYfAhGo	-64	2.5 Y 3/2(7.5 YR3/4, < 2mm, 7.5 YR 8/2, sf, fl2) Ls2, pri, Holzkohle
jYGo	-78	2.5 Y4/2, (/ .5 3/4 ad, k, 7.5 YR5/6 ad, k, 5YR 3/4, 7,5 YR 3/2 20- 50 mm, fl4) fSlu, ein, große senkrechte Röhren mit Oxid- und Tonüberzügen, Sodenpackung

jYSgGo	-155	5Y5/2, 2.5Y6/3 (2.5Y5/6, 7.5 YR4/6, >50mm, fl4) fSlu, c1, ein, vermehrt senkrechte Röhren mit Oxid- und Tonüberzügen, Sodenpackung
jYSgGo	-180	5Y5/2, 2.5Y6/3 (7.5YR 4/6 ad, k, >50 mm, fl5) fSlu, c1-c2, ein, vermehrt senkrechte Röhren mit Oxid- und Tonüberzügen, Sodenpackung
fAhGo	-190	5Y5/2 (7.5 YR 8/2, sf, an, Ok, 7.5YR 4/6, fl6, 20-50mm) Ls2, c3, pol, horizontale Röhren
fAhGo	-196	2.5 Y5/3 (7.5 YR 3/3, 5 YR 3/4, 2-5mm, fl3), fSlu, c3, pol
Gro	-220	5Y5/4, 2.5Y5/2 (7.5YR6/8, 10YR2/2, 2-5mm, 10YR4/6, 5-20mm, fl4) fSu, c4, ein, wenige dünne Tonlagen
Gro	-265	5Y5/4, 2.5Y5/2 (7.5YR6/8, 5-20mm, 2.5Y5/4, 20-50mm, fl3) fSu, c4, ein,
Gro	-307	2.5Y4/3, 2.5Y5/4 (7.5YR 5/8, 2-5mm, fl3, 5YR2/1, sf, an, Uk) Tu in fSu, c5, ein-pol, Schilf, Tonlagen bis 5 cm mächtig (265-270 cm) 290-300 cm auch vermehrt Tu
Grso	-320	2.5Y5/4, 2.5Y4/4 (7.5YR6/8, 2-5mm, 7.5YR4/6, 20-50 mm, fl5) fSu, c5, ein, wenige dünne Tonlagen, Schilf
Gro	-330	2.5Y4/2 (7.5YR5/6, 2-5mm, fl3) fSlu, c5, ein
Gro	-398	2.5Y4/3 (7.5YR4/4, 2-5mm, fl3) fSu, c5, ein
Gro	-515	5Y5/2 (10YR5/8, 10YR2/2, 2-5mm, fl2) fSu, c5, ein
Gr	>515	N 5/0, fSu, c5, ein

Während der Exkursion werden weiterhin Untersuchungsergebnisse von laufenden Denitrifikationsmessungen an beiden Standorten, Möglichkeiten der zusätzlichen Bodenstabilisierung durch Mikroorganismen einschließlich weiterer physikochemischer und bodenmechanischer Methoden dargestellt. Außerdem werden Meßverfahren zur Quantifizierung der N₂O Freisetzung aus Böden demonstriert. Darüberhinaus werden momentan laufende Warftausgrabungen am Standort unter küstenarchäologischen und bodenkundlichen Gesichtspunkten erläutert.

Notizen:

Exkursion F

**Böden des Lübecker Beckens
und der Hansestadt Lübeck**

von

H.-P. Blume¹, W. Aey², J. Fortmann¹, O. Fränzle³

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der CAU zu Kiel

² Institut für Ökologie der TU Berlin

³ Institut für Physische Geographie der CAU zu Kiel

Inhalt

Routenbeschreibung

Böden des Kannenbruchs im Lübecker Becken

Profil 1: Vergleyter Eisenhumuspodsol

Profil 2: Gley – Pseudogley

Profil 3: Stagnogley – Gley

Böden der Hansestadt Lübeck

Profil 4: Depo – Pararendzina – Hortisol

Stadtgeschichte und Geographie Lübecks

Routenbeschreibung

Kiel: B404, kuppige Moränenlandschaft mit lehmigen Parabraunerden und sandigen Braunerden unter landwirtschaftlicher oder forstlicher Nutzung

Truppenkamp: Vertriebenensiedlung der Nachkriegszeit mit Glashütte; holsteinische Vorgeest mit sandigen Podsol-Gleyen und Mooren; Grünlandnutzung und Kiefernforsten

Bad Oldesloe: Kreisstadt mit ca. 20000 Einwohnern an der Trave; Salzgewinnung und Solbad wegen schwacher Sole aufgegeben; heute "Schlafstadt" Hamburgs; kuppige Jungmoränenlandschaft

Kannenbruch: Stadtforst der Hansestadt Lübeck mit den Profilen 1–3

Hansestadt Lübeck: mit Profil 4 und Stadtrundgang

Bad Schwartau: Jodsol- und Moorheilbad; Konfitürenherstellung

Bad Segeberg: Kreisstadt mit ca. 15000 Einwohnern; Gipsberg (aus Zechsteinsalzen) mit Tropfsteinhöhle, früher Burg dann Steinbruch, heute Freilichttheater (Karl-May-Festspiele); Solbad

Kiel

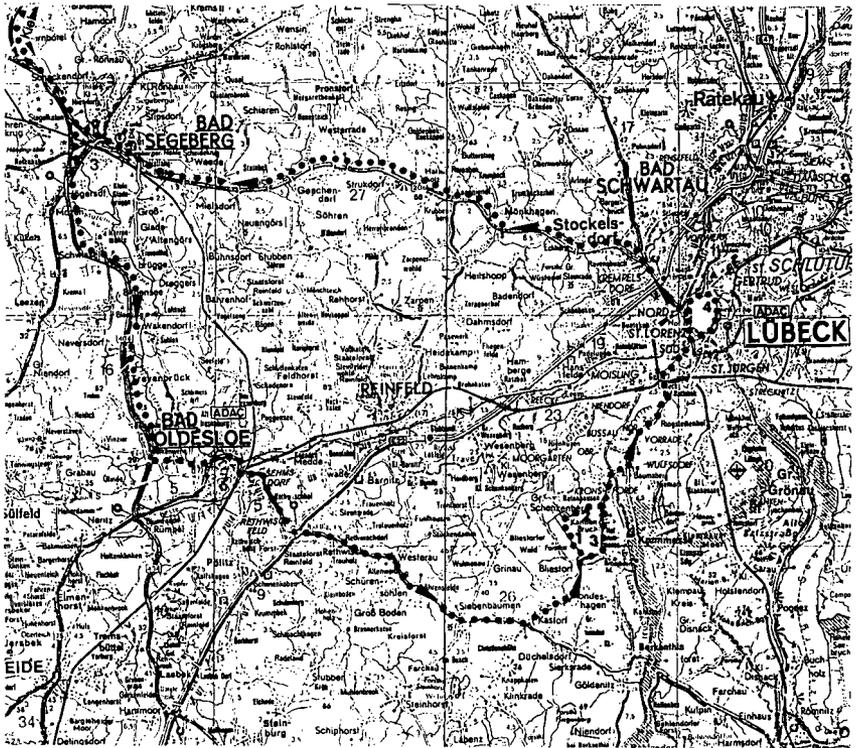


Abb. 1: Exkursionsroute

◀●●●●● Exkursionsroute F

Böden des Kannenbruchs im Lünecker Becken

Der Kannenbruch ist Teil des Lünecker Stadtförstes und damit heute ein bedeutsames Naherholungsgebiet der Hansestadt. Es handelt sich um eine fast ebene, überwiegend feuchte bis nasse Landschaft im Südtteil des Lünecker Beckens.

Geologie und Geomorphologie

Das Lünecker Becken entstand während des pommerhen Stadiums des Weichsel - Hochglazial vor ca. 16000 Jahren als Eisstausee und Verlängerung der Lünecker Bucht in einem durch subglaziale Exaration tief ausgeschürftem Zungenbecken hinter mehreren Endmoränenstapfen (Abb. 2). Die Sedimentation carbonathaltiger Beckentone, -schluffe und -sande im ca. 20 m tiefen Eisstausee erfolgte sowohl über Toteisflächen als auch auf Grundmoräne der niedergetauten Gletscherzunge (Stephan 1981). Die Beckensedimente zeigen vielfach eine fein gebänderte

Wechsellagerung sommerlicher Feinsand - und winterlicher Ton- bis Schluffabsätze. Schmelzen von liegendem Toteis führte im Spätglazial z.T. zu Verwerfungen und Schrägstellungen; Cryoturbation unter Permafrostbedingungen zur Zerstörung der Schichtung. Einzelne Steine werden als Ergebnis einer Eisdrikt erklärt.

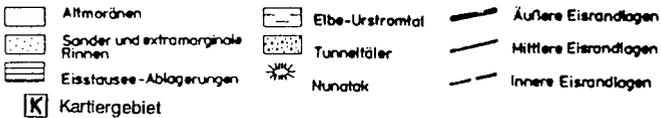
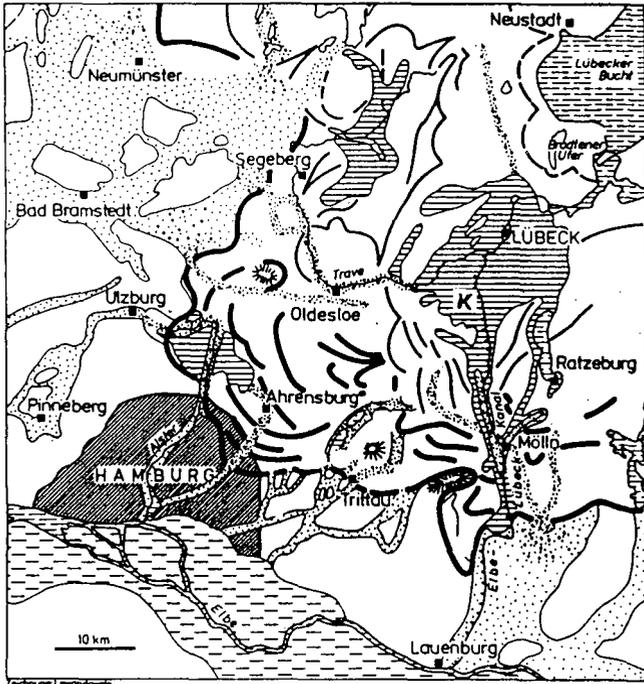


Abb. 2: Geologie Südholsteins mit der Lage des Kannenbruchs (K) (aus: Degens et al 1984)

Nach dem Trockenfallen des Stausees durch Entwässerung im subglazial entstandenen Tummeltal der Stecknitz und Delvenau (heute mit dem Elbe-Trave-Kanal) nach Süden erfolgten Windumlagerungen der Beckensedimente und die Bildung von Dünen. Windumlagerungen lebten in historischer Zeit nach Waldrodungen wieder auf. Heute entwässert das Becken nach Norden zur

Lübecker Bucht. Toteisssenken blieben im Holozän wassererfüllt und vermoort. Die Beckentone dienen seit dem Mittelalter zur Erstellung von Terra cotta und Ziegeln.

Klima (Abb. 3) und potentiell natürliche Vegetation

Das Lübecker Becken mit Jahresniederschlägen von 700 mm im Westen und 630 mm im Osten sowie Jahresmitteltemperaturen von 8,2 bis 8,8 °C weist innerhalb des gemäßigten ozeanischen Klimas Schleswig - Holsteins eine schwache Kontinentalität auf. Im Windschatten der randlichen Moränenzüge sind die Niederschläge deutlich niedriger als im Mittel des Landes. In vielen Sommern herrscht daher ein Wasserbilanzdefizit (Abb.3). Als potentiell natürliche Vegetation werden für wechselfeuchte Standorte des Beckens Stieleichen- Hainbuchen- Wälder (*Quercus - Carpinetum*) angenommen, für feuchtere Standorte Erlen - Eschen - Wälder (*Alnus - Fraxinetum*) und für nasse, vermoorte Standorte Erlenbruch - Wälder (*Carici elongatae - Alnetum glutinosae*). Für trockene Dünenrücken gelten Birken - Eichen - Wälder (*Betula - Quercetum*) als natürliche Vegetation (AK Standortkartierung 1985).

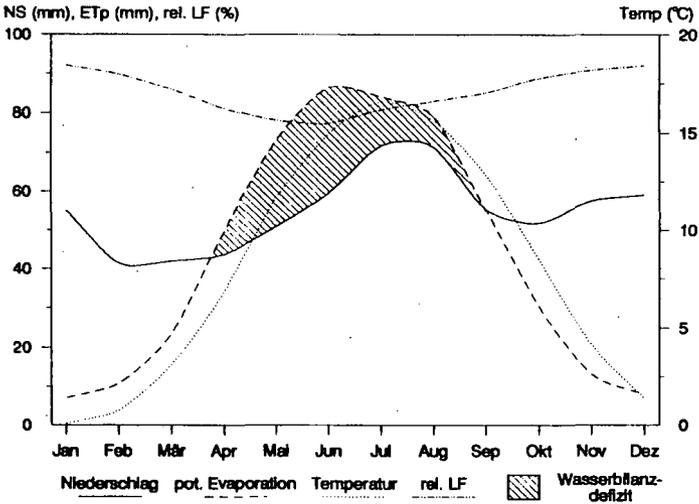


Abb. 3: Klimadiagramm für Lübeck (nach Daten des Deutschen Wetterdienstes)

Böden (Abb.4)

Der bodenkundlich kartierte Südteil des Kannenbruchs (Abb. 4) ist nahezu eben (16,0 - 16,8 mNN). Lediglich im Westen reicht ein Dünenrücken etwas über 18 m. Die feinsandig-schluffigen bis tonigen Beckensedimente reichen bis etwa 16,0 mNN und damit im zentralen Teil des Kartiergebietes bis an

die Oberfläche. Im Ostteil sind hingegen bis zu 40 cm und im Westteil bis über 2 m mit quarzreichen Flugsanden bedeckt. Liegende Beckentone bewirken einen durchgehenden Grundwasserspiegel, der im Jahreslauf zwischen ca. 15,3 und 15,8 mNN schwanken dürfte. Höher gelegene schluff- bis tonreiche Schichten bewirken verbreitet im Winter und Frühjahr zusätzlich oberflächennahen Wasserstau. Daher kommen vergleyte Pseudogleye, Gley - Pseudogleye und am Heidteich auch Pseudogley-Gleye verbreitet nebeneinander vor (Abb.4).

Im relativ tief gelegenen zentralen Teil liegen die Entkalkungstiefen unter 1,5 m und es dominieren mittelbasische bis basenreiche Böden (Oberboden-pH 5-7, Humusformen Feuchtmull bis mullartiger Moder neben Anmoor). Teilweise fehlen den Pseudogleyen ausgeprägte Sw-Horizonte und ein Absonderungsgefüge, so daß sie als Haftnässepseudogleye angesprochen werden könnten (AG Bodenkunde 1982).

Im Ostteil herrschen demgegenüber basenarme Gley-Pseudogleye (Oberboden-pH 3-4, Entkalkungstiefe > 1,5 m, Humusform Feuchtmoder bis -rohhumus) vor, die teilweise einen ausgeprägten Bleichhorizont aufweisen. In manchen Fällen folgt diesem ein Bsh- Horizont, so daß podsolierte Pseudogleye bis Pseudogley-Podsolen vorliegen. In anderen fehlt hingegen ein Bsh- Horizont völlig, so daß offenbleibt, ob Sauer- oder Naßbleichung vorherrscht, womit diese Böden dann als Podsol-Pseudogleye oder Stagnogleye zu klassifizieren wären.

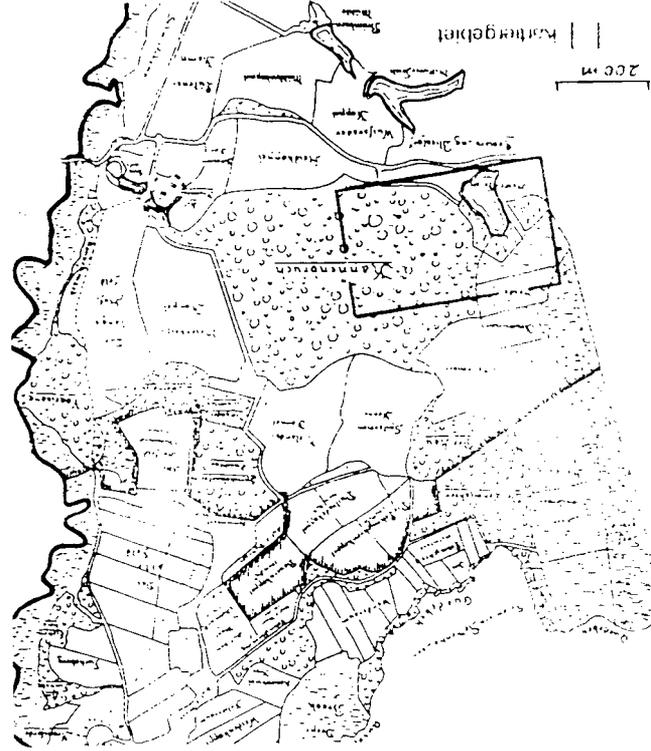
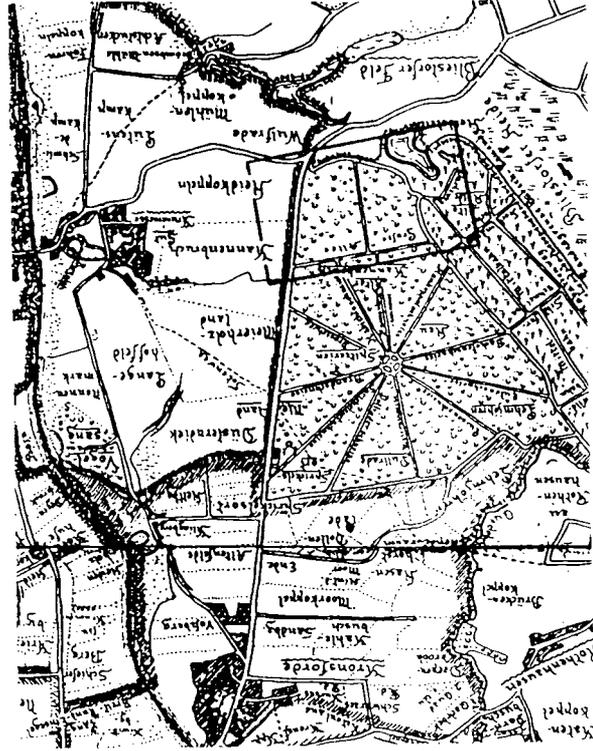
Der Dünenrücken im Westteil wird von sehr sauren (pH < 3,5; Rohhumus) Podsolen bis Podsol - Gleyen eingenommen. Bereiche unter 16,0 mNN sind vermoort, wobei am Nordostufer des Heidteiches auf schluffig - tonigen Sedimenten basenreiche Böden auftreten, am Westufer auf Sanden hingegen basenarme Niedermoore bis Übergangsmoore.

Nutzungsgeschichte und aktuelle Waldgesellschaften

Spätestens seit dem Mittelalter wurde der Wald durch Holzentnahme, Rodung, und intensive Waldweide aufgelichtet und sandige Böden devastierten durch Streunutzung. Im 17. Jhdt. ordnete die Hansestadt Verkoppelungen zum Schutz des Waldes an, was Mitte des 18. Jhdt. im Kannenbruch zu einer klaren Gliederung in Ackerflächen im Norden und Forsten im Süden führte (Wehrmann 1894, Abb.5 links). Wallhecken (bzw. Knicks) dienten als Grenzen. Der äußerste Westen diente bis ins 19. Jhdt. als Teil der Krummesser Heide der Schafweide und wurde erst 1838 mit Kiefer und Rotfichte aufgeforstet.

Der sehr flache Heidteich wurde wahrscheinlich bereits im Mittelalter als Fischteich angelegt. Er wird in jedem Herbst abgelassen und erreicht dann innerhalb von 2 Wochen wieder den alten Wasserspiegel. 1830 wurde auch der Nordteil des Kannenbruchs aufgeforstet und dabei ein sternförmiges Rondell angelegt (Abb.5 rechts).

Abb. 5: Kannenbruch und Umgebung 1782 (links) und 1927 (rechts) (nach Anonym 1927) mit Lage der Bodenkarte.



Heute stocken im Westteil des Kartiergebietes auf vergleyten bis Gley - Podsolen Rotbuchen, auf Podsolen Waldkiefer und Rotfichte. Stellenweise spiegeln Restbestände mit Blauem Pfeifengras (*Molinia caerulea*), Heidekraut (*Calluna vulgaris*) und Glockenheide die frühere feuchte Sandheide (*Genisto-callunetum molinietosum*) wider. Im zentralen Teil entsprechen Eschen- Eichen- Hainbuchenbestände auf Gley-Pseudogleyen der potentiell natürlichen Vegetation. Das gilt auch für die Schwarzerlen - Bruchwälder der basenreichen Gleye und Niedermoore des nordöstlichen Heidteichufers, die allerdings von eingebürgerten Traubenkirschen durchsetzt sind. Große Teile der östlich gelegenen Pseudogley - Podsole und basenarmen Gley - Pseudogleye wurden mit standortfremden Nadelholzarten wie Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) Rot- und Sitkafichte (*Picea abies*, *P. sitchensis*) sowie Europäischer und Japanlärche (*Larix europaea*, *L. leptolepis*) aufgeforstet. Die ökonomisch begründete Betonung der Nadelhölzer erwies sich jedoch forstökologisch als Nachteil, weil dadurch die Tendenz zur Rohhumusbildung und zum Windwurf verstärkt wurde.

Literatur

- Aey, W. (1990): Historisch - ökologische Untersuchungen an Städtökotopen Lübecks. Mitteilgn. Arbeitsgem. Geobotanik in Schleswig-Holstein und Hamburg 41, Kiel
- Aey, W., Blume, H.-P. (1991): Genese und Ökologie alter und junger Stadtböden unter Garten-nutzung. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkdl. Gesellsch. 66, 759-762
- AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Auflage. E. Schweizerbart, Stuttgart
- AK Standortkartierung in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung (1985): Forstliche Wuchsgebiete und -bezirke in der BRD, Landwirtschaftsfr. Münster - Hilstrup
- Anonym (1927): Die Krummesser Landstraße. Lübecker Heimathefte 5/6, Lübeck
- Blume, H.-P. (1993): 7. Böden; in H. Sukopp und R. Wittig (Hrsg.). Städtökologie. G. Fischer, Stuttgart, im Druck
- Brix, M., Meissner, J. (1975): Lübeck als Kulturdenkmal. In: Brix, M. (Hrsg.): Lübeck - Die Altstadt als Denkmal, 7-24, München
- Busch, S. (1987): Die Lübecker Altstadt - Vom Werden und Wandel eines Stadtdenkmals. In: Bähr, J. und Kortum, G. (Hrsg.): Sammlung Geographischer Führer 15 - Schleswig-Holstein, 243-275, Stuttgart
- Busch, S. (1992): Stadtentwicklung und Stadtgründungen im Ostseeraum des Hochmittelalters. Geogr. Rundschau 44, 654-660
- Degens, E., Hillmer, G., Spaeth, C., Hrsg., (1984): Exkursionsführer zur Erdgeschichte des Nord- und Ostseeraumes. Geolog.-Paläontol. Inst. Univ. Hamburg
- Ellenberg, H. (1990): Bauernhaus und Landschaft, Stuttgart
- Ennen, E. (1987): Die europäische Stadt des Mittelalters, Göttingen
- Fehring, G.P. und Hammel, R. (1985): Die Topographie der Stadt Lübeck bis zum 14. Jahrhundert. In: Meckseper, C. (Hrsg.): Stadt im Wandel - Kunst und Kultur des Bürgertums in Norddeutschland 1150-1650, 3: 167-190, Stuttgart - Bad Cannstatt
- Fortmann, J. (1993): Eigenschaften, Verbreitung und Ökologie der Böden des Kannenbruchs im Lübecker Becken. Diplomarbeit Agrarw. Fak. Univ. Kiel
- Killisch, W.F. (1980): Die Hansestadt Lübeck - Denkmalschutz und Altstadtsanierung. In: Taubmann, W. (Hrsg.): Exkursionen in Nordwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. 17. Dt. Schulgeographentag Bremen 1980, 201-224, Kiel
- Scheffel, M. (1985): Modell des Bäckerganges in Lübeck / Gänge in Lübeck. Wohnanlagen für die ärmeren Bürger und Einwohner der Stadt. In: Meckseper, C. (Hrsg.): Stadt im Wandel - Kunst und Kultur des Bürgertums in Norddeutschland 1150-1650, 1: 291-293, Stuttgart - Bad Cannstatt
- Stephan, H.J. (1981): Erläuterungen zur Ingenieurgeologischen Planungskarte 1:5000, Lübeck-Roggenhorst, Kiel
- Wehrmann, C. (1894): Die Lübeckischen Landgüter. Z. d. Ver. f. Lüb. Gesch. 7, 211

Profil F 1

Aufnahmedatum: September 1992

Lage: Kannenbruch/Lübeck

TK:

Klima: Cfb (nach Köppen)

Niederschlag: 630 mm
Mitteltemperatur: 8,2°C

Gestein:

Dünensand

Relief:

flacher Rücken
Neigung: eben
Höhenlage: 18 m Ü.NN

Vegetation/Nutzung:

Fichten-Stangenholz, neben 80jährigen
Kiefern, Birke und mäßiger Krautvegetation, bis
1948 landw. Nutzung.
Humusform: rohhumusartiger Moder

Klassifikation:

Vergleyter Eisenhumuspodsol
FAO: Gleyi-haplic Podzol

Beschreibung des Profils:

Hor	Tiefe (cm)	
Ofh/C/Oh	10-0	dunkelrotbraun (5YR3/2) bis sehr dunkelbraun (7,5YR2/1), 1-2 cm Flugsandband, dicht, sehr stark durchwurzelt (W4), feu 3, gleitender Übergang.
Aeh(fAp)	0-12	schwarz (10YR 2/1.5), gelb. Sandkörner , feu 3, mSfs, gri, schwach durchwurzelt (W2), scharfer Übergang.
Ahe	-49	braun (10YR 4/2), feu3, mSfs, einzelne Humusbänder, ein, sehr schwach durchwurzelt (W1), lapp. Übergang
Bh	-59	schwarz (5YR 2.5/1), schwach braun (10YR5/3) gefleckt, feu3, mSfs, koh-kit, W1, lapp. Übergang
Bsh	-74	dunkelrotbraun (5YR 3/3), stark gelbbrot (6YR5/6), gepanther, feu, koh-kit, W1, lapp. Übergang
Bhs	-112	dunkelbraun (7.5YR 3/4), deutlich gelbbraun (10YR4/6), gepanther, feu3, mSfs, koh-kit, W2, gleit. Übergang
BsGo	-135	gelbbraun (10YR 4/6) 10-20 % Rostflecken, feu3, mSfs, ein, gleit. Übergang
Go	-150	braungelb (10YR 6/7), rotfleckig (7,5R 4/6), kl. schwarzbraun (7.5YR3/2), Konkretionen, feu4, mSfs, ein, gleit. Übergang
Gor	-180	fahl-gelb (5Y 7/3.5), schwach rostfleckig (7YR 4/6), sehr dunkel graubraue (10YR3/2) Wurzelröhren, feu4, feinschichtig, fS/Su/mSgs/Su, ein

Interpretation

Ausgangsgestein ist ein quarzreicher (> 90%) Flugsand über Schmelzwassersand. Der Boden ist tiefgründig entkalkt, stark versauert und entbast. Als Humusform entwickelt sich ein rohhumusartiger Moder. Podsolierung hat zu einer Humus- und Eisenanreicherung geführt. Die Pantherung des Bsh-Horizontes läßt erkennen, daß heute offensichtlich ein mikrobieller Abbau der verlagerten organischen Substanz erfolgt. Unterhalb 112 cm Tiefe wurde im Go-Horizont etwas Eisen akkumuliert (s. tonbezogenes Fea).

Es handelt sich um einen sehr tiefgründigen, oben gut, unten mäßig (z.T. Ortstein) durchwurzelnbaren, feuchten (auch Grundwassereinfluß) luftreichen Boden mit geringen Gehalten an verfügbaren Nährstoffen.

Profil F 1

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB g/cm ³	dF	Vol.% Wasser b. pF			kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.0	Ofh	10-0				← 0,3 ¹											
1.1	Aeh	0-12	0	140	1,21	2,43	58,9	31,8	24,7	9,6	0,6	47,5	43,5	4,1	1,7	1,1	1,1
1.2	Ahe	-49	0	180	1,46	2,60	43,8	17,1	7,6	2,3	0,7	45,2	48,1	1,8	3,5	0,3	0,4
1.3	Bsh	-74	0	920	1,39	2,56	46,1	20,1	9,0	5,5	1,0	56,6	34,7	3,7	1,3	0,8	1,9
1.4	Bhs	-112	0								2,0	72,1	24,4	0,6	0,2	0,3	0,4
1.5	BsGo	-135	0								1,2	67,6	30,2	0,4	0,3	0,1	0,2
1.6	Go	-150	0	1980	1,60	2,61	38,7	13,4	3,8	1,8	0,5	41,8	56,9	0,4	0,4	0,1	0,3
1.7	Gor	-180	0		1,59	2,63	39,5	39,4	33,0	2,7	1,0	39,9	57,5	2,0	0,4	0,1	0,2

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} ‰	N _t ‰	C/N	Fe _o mg/g	Fe _d mg/g	Fe _o / Fe _d	Fe _d /Ton x 100	austausch.		Kat K	cmolc/kg		E KAK		BS %
										Ca	Mg		Na	H+Al	pot	eff	
1	19	20	21	22	23	24	25	26		29	30	31	32	33	34	35	36
1.0	2,9	-	45,0	dl	12	-	-	-	-	8,4	2,1	0,5	0,07	8,0	227	19,1	4,8
1.1	2,8	0,0	3,99	1,3	30	0,4	0,8	51	7,5	1,1	0,2	0,05	0,04	2,6	60	4,1	2,3
1.2	3,2	0,0	0,48	0,2	27	0,1	0,9	11	23	0,25	0,08	0,02	0,02	0,7	5,3	1,1	7,0
1.3	3,6	0,0	0,92	0,4	26	3,3	3,6	91	19	0,25	0,06	0,02	0,01	2,7	19	3,1	1,8
1.4	4,3	0,0	0,56	0,2	24	1,2	2,7	45	67	0,19	0,05	0,02	0,01	0,8	7,3	1,1	3,7
1.5	4,4	0,0	0,27	0,1	23	0,9	1,4	65	70	0,15	0,04	0,03	0,01	0,4	5,1	0,59	3,5
1.6	4,4	0,0	0,14	0,1	18	0,8	1,5	55	50	0,13	0,04	0,01	0,01	0,3	3,3	0,53	5,5
1.7	4,4	0,0	0,16	0,1	23	1,1	1,5	70	75	0,14	0,04	0,01	0,01	0,3	3,2	0,55	6,3

Tiefe dm	nFK mm	KAK eff molc/m ²	S-Wert	Ca ²⁺ g/m ²	Mg ²⁺ g/m ²	K ⁺	N _t kg/m ²	org.S. kg/m ²
	37	38	39	40	41	42	43	44
11 ²	190	35	9	129	20	17	1,7	45

1: geschätzt, 2: incl. Humusaufgabe, 3: verfügbare Nährelemente, ab 3 dm nur zu 50% berücksichtigt

Profil F 2

Aufnahmedatum: Sept. 1992

Lage: Kannenbruch/Lübeck

Klima: Cfb (nach Köppen)

Niederschlag: 630 mm
Mitteltemperatur: 8,2°C

Gestein:

geschichteter Beckenschluff -ton

Relief:

Neigung: eben
Höhenlage: 16,5 m ü.NN

Vegetation/Nutzung:

Forst: Esche, Buche, Ahorn,
Birke und Krautvegetation
Humusform: Feuchtmull

Klassifikation:

Gley-Pseudogley
FAO: Eutri-stagnic Gleysol

Beschreibung des Profils

Hor	Tiefe (cm)	
L	2-0 cm	teilersetzte Streu
Ah	0-15 cm	sehr dunkelgraubraun (10YR 3/2), schwach rostfleckig, Lt2, feu 3, kru, W3, lapp. Übergang
SwAh	-32 cm	dunkel graubraun (10YR 4/2), rostfleckig (7.5YR5/6), Lt2, kru-koh, feu 3, w3, gleit. Übergang
Skw	-60 cm	hellgrau (2,5Y 7/2), mäßig (30%) rostfleckig (7,5YR 5,5/6), schwarzbraune Konkretionen (1 cm ø), feu3, w 3, gelit. Übergang
Sd	-80 cm	hellgrau (2,5Y 7/2), im Aggregatinneren 25% Rostflecken /7,5YR 5,5/6), Lu, pri-koh, w1, feu3, gleit. Übergang
SdGo	-100 cm	gelbrot (6YR5/7), hellgrau (2,5Y 7/2) gefleckt (25%), Tu4, geschichtet, koh, w1, feu3-4
Go	-125 cm	hellgrau (5Y6,5/1), gelbrot (6YR 5/7) gefleckt (25%), Lu, koh-schwach pri, W 0-1, feu4
Gro	-175 cm	grau (5Y 5,5/1), rotbraun (7YR5/6) gefleckt (10%) bevorzugt entlang Wurzelröhren, Uls, geschichtet, koh, w 0-1, feu4-5
Gr	-210 cm	grau (N4,5) bis blaugrau (5B4,5/1); nach unten dunkelgrau (5Y4/1), einzelne verrostete Röhren, Sl3, geschichtet, koh, feu 5-6

Interpretation

Ausgangsgestein ist ein deutlich geschichteter kalkhaltiger Beckenschluff bis -ton. Der Boden ist bis 1,25 m Tiefe entkalkt, aber nur mäßig versauert und entbast, womit die Humusform Mull und enge C/N Verhältnisse korrespondieren. Er ist im Oberboden stark durch Stauwasser (oben Naßb. ung und Konkretionsbildung, weiter unten Mamorierung) im Unterboden zudem durch Grundwasser geprägt und wurde daher als Gley-Pseudogley klassifiziert. Es sind mit dem SwAh und dem Go zwei Horizonte mit ausgeprägter Anreicherung an pedogenen Fe-Oxiden (auch tonbezogen), wobei der

Profil F 2

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB g/cm ³	dF	Vol.-% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							1.8	2.5	4.2	pF	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2.1	Ah	-15	0	500	0,83	2,35	64,7	55,3	49,7	12,2	1,2	7,4	25,4	22,7	10,1	6,5	22,8	
2.2	SwAh	-32	0	166	1,23	2,53	51,4	43,1	38,1	16,0	7,5	11,0	18,9	19,6	10,7	7,3	25,0	
2.3	Sw	-60	0	15	1,59	2,65	40,0	38,0	35,8	21,8	1,3	3,3	14,5	27,8	16,2	9,5	27,4	
2.4	Sd	-80	0	10	1,48	2,66	50,0	44,2	39,4	15,5	0,1	1,9	14,6	36,5	14,6	9,1	23,2	
2.5	Go	-100	0	5	1,57	2,69	44,4	37,6	35,8	20,9	0,2	1,4	12,9	29,0	12,3	10,3	33,2	
2.6	Gro	-125	0	29	1,42	2,64	46,2	45,5	37,5	14,9	0,2	0,7	13,4	50,0	12,0	4,2	19,1	
2.7	Gor	-175	0	100	-	-	-	-	-	1,6	0,0	0,2	21,8	43,0	10,9	5,0	18,5	
2.8	Gr	-210	0	143	1,83	2,63	30,2	28,1	7,1	1,6	1,4	3,4	55,6	17,9	5,4	4,2	12,4	

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	N _t %	C/N	Fe _o mg/g	Fe _a g	Fe _e / Fe _a	Mn _o mg/g	Fe _e /Ton x100	Ca	aust Mg	Kat K	cmol _c / kg H+Al	E pot	KAK eff	BS %	
																		20
2.1	5,8	0	5,12	9,81	11	7,1	14,6	0,49	0,94	6,8	24,2	2,25	,31	,10	0,01	33	28	85
2.2	6,4	0	2,34	2,28	10	7,6	37,3	0,20	7,33	15	10,0	1,34	,09	,27	0,03	27	24	88
2.3	7,0	0	0,37	0,45	8	3,6	20,7	0,27	2,72	7,5	13,7	1,27	,13	,28	0	21	22	98
2.4	6,9	0	0,24	0,35	7	3,3	10,6	0,32	0,61	4,6	10,5	1,23	,19	,28	0	20	19	98
2.5	7,0	0	0,39	0,36	11	6,9	40,0	0,17	0,08	12	9,5	1,40	,15	,31	0	22	22	98
2.6	7,2	0	0,17	0,19	9	2,8	8,7	0,34	0,03	4,2	12,8	0,84	,16	,22	0	13	13	99
2.7	7,5	7,7	0,25	0,20	10	1,9	4,9	0,34	0,03	2,9	10,2	0,73	,19	,19	0	12	12	100
2.8	7,5	6,0	0,20	0,12	17	1,2	2,7	0,45	0,02	2,3	15,3	0,40	,20	,47	0	8	8	100

Tiefe dm	nFK mm	KAK eff mol _c /m ²	S-Wert m ²	Ca ²⁺ g/m ²	Mg ²⁺ g/m ²	K ⁺	N _t	org.S. kg/m ²
	37	38	39	40	41	42	43	44
10 ²	227	293	187	3480	148	55	1,3	29 ²

1: geschätzt, 2: incl. Humusaufgabe, 3: verfügbare Nährelemente, ab 3 dm nur zu 50% berücksichtigt

oben zudem stark mit pedogenen Mn-Oxiden angereichert ist. Der obere Anreicherungs-horizont könnte entweder durch früher höher stehendes Grundwasser (ggfs. zur Zeit landwirtschaftlicher Nutzung) oder durch lateral (über dem Sd) ziehendes Wasser verursacht sein.

Es handelt sich um einen sehr tiefgründigen, oben gut, unten mäßig durchwurzelbaren, wechselfeuchten Standort mit nach unten abnehmender Belüftung. Die Gehalte an verfügbaren Nährstoffen sind hoch.

Profil F 3

Lage: Kannenbruch/Lübeck

Klima: Cfb (nach Köppen)

Niederschlag: 630 mm
Mitteltemperatur: 8,2°C

Gestein:

Beckensande bis -schluff.

Relief:

sehr flache Mulde einer Ebene
Neigung: eben
Höhenlage: 16 m ü. NN

Vegetation/Nutzung:

Forst: Esche, Buche, Ahorn,
Birke und Krautvegetation
Humusform: Moder

Klassifikation:

Stagnogley-Gley oder Podsol-Gley
FAO: Dystric Planosol oder
Gleyic-Podzol

Beschreibung des Profils:

Hor	Tiefe (cm)	
L/Of	+15-8	dunkel rotbr. (5YR3.5/2), schwach humifizierte Streureste (H2-3), W4
Oh	+8-0	dunkelrotbrau (5YR 2,5/2) schwach humifiziert, (H 8-9), schwach versandet, W5
SwAh	Aeh 0-12	sehr dunkelgrau (6YR 3/1), teilweise (5%) (6Y 3-4/1), gebleichte Sandkörner, Su3, ein-feinkru, w1
Srw	Ae -25	hellgrau (10YR 7/2) bis braun (10YR5/3), Su2, koh bis pri, W0-1
SdGo1	Go1 -45	hellgelbbraun (10YR6/3)/rotbraun (7YR5,5/8), gefleckt, koh bis pri
SdGo2	Go2 -74	10YR6/3 (50%), 7,5YR5,5/8 (50%), pri-koh, feu4
Go	-100	fahlbraun (10YR 6/3), deutlich (30%)rotgelb (6,5Y6/8) gefleckt, Su4, ein-koh, feu4
Gor	-150	hellgrau (10YR6,5/2), schwach (<5%) leuchtend brau (8YR5/8) gefleckt, Su2, ein, deut. geschichtet

Interpretation

Ausgangsgestein ist ein kalkhaltiger, deutlich geschichteter schluffiger Beckensand. Der Boden ist tiefreichend entkalkt und im Oberboden stark, im Unterboden mittel versauert und entbast. Der Oberboden ist stark gebleicht. Der Unterboden ist stark durch Grundwasser geprägt und zwar auch durch Eisenanreicherung im Go-Horizont. Der Unterboden ist stärker verdichtet (Kf 1-3 cm/d), wodurch zeitweilig Stauwasser auftritt. Der Bleichhorizont könnte durch Sauerbleichung und damit Podsolierung verursacht sein: es fehlt allerdings ein Bhs-Horizont. Eisen scheint vielmehr lateral ausgetragen worden zu sein, die Naßbleichung mithin gegenüber einer Sauerbleichung zu dominieren. Ggfs. wurde lateral ausgetragenes Eisen (und Mangan) in Böden angereichert, die Profil 2 vergleichbar sind.

Der Boden ist wechselfeucht bis -naß, oben zeitweilig und unten längerfristig luftarm und daher physiologisch mittel- bis flachgründig. Bei vermutlich mäßigen Nährstoffreserven sind die Gehalte an verfügbaren Nährstoffen mäßig bis mittel.

Profil F 3

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB g/cm ³	dF	Vol. % Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier				Feinboden %			
							1.8	2.5	4.2		gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
3.3	Aeh	-12	0	298	0,92	-	64	52,0	36,0	15,0	1,3	12,7	49,8	27,2	4,8	1,8	2,4	
3.4	Srw	-25	0	587	1,45	-	44	37,0	18,5	13,0	3,0	15,2	59,8	14,5	3,7	1,9	2,0	
3.5	SdGo1	-45	0	69	1,55	-	41	26,8	17,3	8,7	2,5	13,9	45,4	22,7	3,8	2,0	9,8	
3.6	SdGo2	-74	0	1	1,76	-	33	33,1	25,0	12,5	2,4	11,2	43,1	26,4	4,4	7,3	5,3	
3.7	Go	-100	0	3	1,66	-	37	36,6	24,3	6,2	0,1	0,4	51,7	40,1	1,4	0,6	5,1	
3.8	Gor	-150	0	2	1,56	-	42	40,7	10,7	3,2	0,0	0,2	86,5	12,8	0,8	1,3	3,7	

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	Nt ‰	C/N	Fe _o /mg/kg			Mn _o mg/kg	Al _o mg/kg	austausch.			cmolc/kg		Σ KAK		BS %
						24	25	26			Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
3.1	3,1	-	4,4	3,7	12	-	-	-	-	-	210	38,7	5,3	0,6	21,3	2135		11,9
3.2	2,9	-	3,4	2,7	12	-	-	-	-	-	107	25,0	3,3	0,6	38,8	1909		7,1
3.3	3,1	0,0	0,3	0,9	37	0,4	0,7	0,6			85	2,1	0,4	0,2	34,2	270		32,4
3.4	3,6	0,0	0,1	0,3	26	0,4	0,7	0,6			2	0,6	0,2	0,5	22,7	65		5,4
3.5	4,1	0,0	0,02	0,1	15	1,4	4,0	0,4			32	5,6	0,7	0,8	19,2	90		43,8
3.6	5,0	0,0	0,02	0,1	13	1,0	4,7	0,2			72	12,2	0,8	1,0	2,6	112		76,8
3.7	5,4	0,0	0,01	0,1	1	0,5	1,8	0,3			38	6,4	0,6	0,8	0,9	49		93,7
3.8	5,3	0,0	0,01	0,1	1	0,1	0,7	0,1			36	6,2	0,5	0,7	0,8	44		92,0

Tiefe dm	nFK mm	KAK eff molc/m ²	S-Wert molc/m ²	Ca ³ g/m ²	Mg ³ g/m ²	K ³	Nt kg/m ²	org.S. kg/m ²
	37	38	39	40	41	42	43	44
11,5 ²	210	93	43	703	77	26	1,8	53

1: geschätzt, 2: incl. Humusaufgabe, 3: verfügbare Nährelemente, ab 3 dm nur zu 50% berücksichtigt

Böden der Hansestadt Lübeck

In Städten und damit auch in Lübeck treten versiegelte (bzw. überbaute) Böden sowie Böden technogener Substrate (Bauschutt, Müll, Asche, Schlacke, Klärschlamm) und stadtspezifisch veränderte Böden natürlicher Entwicklung nebeneinander auf. Vor allem in der dicht bebauten Innenstadt ist der Anteil an versiegelten Böden mit über 80% hoch. Hoch ist auch der Anteil von Böden aus Bauschutt, da die Stadt im letzten Krieg stark zerstört wurde. In der Altstadt gilt das vor allem für den südlichen Teil. Auch Böden natürlicher Entwicklung wurden durch Bauschuttbeimengungen alkalisiert und mit Steinen angereichert. Viele Böden sind umgelagert, viele verdichtet; lediglich die Böden der Gärten, der Friedhöfe und der Parkgehölze sind in der Regel locker und oft tiefgründig humos. Die Mehrzahl der Böden sind durch Abfälle stark eutrophiert aber gleichzeitig meist auch stärker mit Schwermetallen angereichert. Auch Böden städtischer Verdichtungsräume unterliegen einer Entwicklung. Das äußert sich vor allem in einem Anstieg der akkumulierten Humusmenge. So sind Gartenböden der Altstadt sehr tiefgründig stark mit Humus angereichert; das gilt abgeschwächt auch für entsprechende Böden der Vorstädte des 19. Jahrhunderts, während Gartenböden von Neubauvierteln der Nachkriegszeit nur mäßige Mengen aufweisen (Aey und Blume 1991).

Die Lübecker Altstadt befindet sich auf einem zwischen Trave und Wakenitz gelegenen Rücken pleistozäner Lehme und Sande. Der obere Rücken war bereits im 12. Jahrhundert besiedelt (Abb. 5.1). Im ersten Drittel des 13. Jahrhunderts wurde z.B. die vermoorte Talau der Trave mit Bodenaushub und Abfällen überdeckt und mit Holzhäusern bebaut (5.2). Ende des 13. Jahrhunderts wurden backsteinerne Häuser errichtet (5.3), deren Auflast weitere Torfsackung bewirkte; die Keller mußten verfüllt werden und die Erdgeschosse wurden zu Kellern. Bis in das 20. Jahrhundert hinein wurden Häuser teilweise ersetzt und der Baugrund dann erneut erhöht (5.4); auch das Straßenniveau wurde angehoben. Demzufolge bestehen manche Böden der Altstadt aus mehreren Metern mächtigen Aufträgen natürlicher und technogener Substrate sowie Mischungen derselben (Friedrich 1910, Erdmann 1982, Aey 1990).

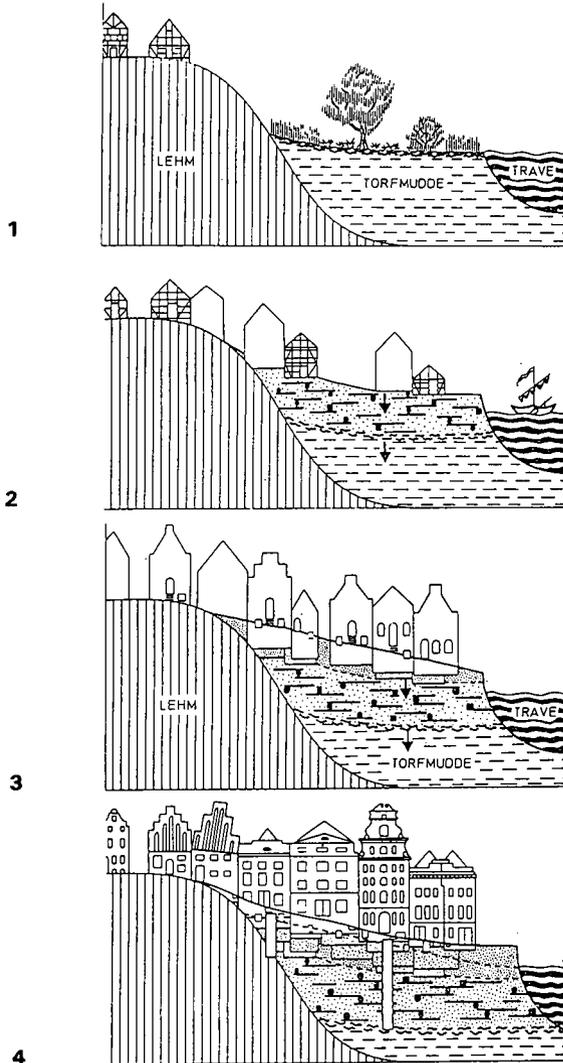


Abb. 5: Hansestadt Lübeck, Große Petersgrube. Siedlungs- und Baugeschichte westlich des Petrihügels vom 12. (1), Anfang (2) und Ende des 13. (3) bis in das 20. Jahrhundert. Rekonstruierende Ideenskizze, ohne Maßstab (aus Erdmann 1982)

Profil F 4

Lage: Lübeck, Burgkloster (Bau 1229 begonnen)

Klima: Cfb (nach Köppen)

Niederschlag: 630 mm
Mitteltemperatur: 8,2°C

Gestein:

umgelagerte Talsande mit
Siedlungsresten

Relief:

Neigung: eben, künstl.
Aufschüttung
10 ü. NN, Grundwasserabstand:
> 2,5 m

Vegetation/Nutzung:

Vegetation: Rasen, Nutzung:
Wohngarten

Klassifikation:

(Depo)Pararendzina-Hortisol
FAO: Cumuli-urbic Anthrosol

Beschreibung des Profils:

Hor	Tiefe (cm)	
RAh1	-16 cm	schwarz (N2)-bis sehr dunkelbraun (10YR 2-3/2), Si2 g2 (Ziegel, Mörtel, Glas), kru-sub, c2, sehr stark durchwurzelt.
RAh2	-40 cm	sehr dunkelbraun (10YR 3/2), Si2 g2, (Ziegel, Mörtel, Holzkohle), kru, c2, schwach durchwurzelt
YAh3	-60 cm	dunkelbraun (10YR 3/3), Si2 g2, (Ziegel, Mörtel, Holzkohle), kru, humose Wurgänge, c2, sehr schwach durchwurzelt
jYC	-150 cm	dunkelbraun (10YR 3/3), Si2 g2, (Ziegel, Mörtel, Holzkohle, Metall), ein bis gri, c2
jY2	-200 cm	dunkelbraun (10YR 4/3) Si3 g2, (Ziegel, Mörtel, Metall) ein

Interpretation

Die heute als Wohngarten genutzte Fläche, auf der sich das Profil F 4 befindet, gehört zu dem Gelände des Burgklosters, mit dessen Bau 1229 begonnen wurde.

Der Aufschluß zeigt einen für die Lübecker Altstadt bezeichnenden Gartenboden. Als Ausgangsmaterial der Bodenbildung wurden mit anthropogenen Beimengungen durchsetzte, jungpleistozäne Talsande in einer Mächtigkeit von mindestens 3.5 Metern aufgeschüttet.

Bodenverbessernde Maßnahmen (Kompostieren, Umgraben, Bewässerung etc.) haben die Eigenschaften des langjährig als Klostergarten genutzten Standortes entscheidend geprägt.

Durch intensive Gartenkultur kam es zur Akkumulation von Humus, die bis in den Unterboden reicht. Positiv wirkt sich der tiefgründige Humusgehalt auf die nutzbare Feldkapazität des Gartenbodens aus, der auch ohne künstliche Bewässerung als frischer, im Tiefwurzelbereich als feuchter Standort bewertet wird. Der Eintrag von Kompost und organischen Abfällen führte neben der Erhöhung der Sorptionskapazität des sandigen Bodens auch zu einer erheblichen Anreicherung mit Phosphaten. Durch das Umgraben wurde der Hortisol gelockert und das Porenvolumen erhöht.

Profil F 4

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB		Vol.% Wasser b. pF			kalk- u. humusfreier Feinboden %							
					g/cm³	g/cm³	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4.1	RAh1	0-16	5,4		2,29	0,77	49,6	33,1	25,8	8,4	5,7	30,9	39,0	13,1	3,7	2,4	5,2
4.2	RAh2	-40	4,7		1,33	0,87					4,9	27,5	48,5	8,6	3,1	1,9	5,4
4.3	jYAh3	-60	3,0		2,11	0,82	49,8	24,6	17,6	7,1	3,8	26,1	52,1	8,4	2,3	2,2	5,1
4.4	jYCl	-150	6,9		2,74	0,77	48,2	25,7	19,7	8,0	3,0	29,4	43,8	8,7	4,2	3,5	7,4
4.5	jYC2	-200	9,4		1,37	0,48					3,6	25,1	41,3	11,5	5,0	4,2	9,4

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	Co _{rg} %	-Nt %	C/N	Fe _o		Fe _o / Fe _a	Mn _o mg/kg	Al _o mg/kg	austausch.		cmolc/kg		E KAK		BS %	
						mg/kg	mg/kg				Ca	Mg	K	Na	H	pot		
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4.1	6,7	2,4	6,2	2,1	15						15,9	1,0	0,4	0,1	2,0	190		90
4.2	6,7	3,0	4,4	1,5	15						13,9	1,1	0,3	0,1	1,6	17		91
4.3	6,8	3,2	3,0	1,0	16						10,7	0,7	0,1	0,1	1,1	12		92
4.4	7,0	3,6	2,4	0,9	12						9,2	0,5	0,2	0,1	0,6	11		93
4.5	7,0	4,6	1,2	0,4	17						8,7	0,4	0,3	0,1	0,6	10		94

	Cd* mg/kg	Cu* mg/kg	Pb* mg/kg	Zn mg/kg	P _v		Ca _v mg/g	Mg _v mg/g	K _v mg/g	Tiefe cm	nFk l/m²	Nt	Ca _a	K _a	Mg _a	P _a	orgS
					mg/g	mg/g											
1	37	38	39	40	41	42	43	44	45		46	47	48	49	50	51	52
4.1	0,22	20,6	43,0	41,5	1,28	0,77	14,9	1,04	0,87	-30	70	0,6	1,1	0,04	0,46	0,29	19
4.2	0,13	25,0	52,5	23,5	1,25	0,87	18,1	0,99	0,81	-150	286	2,0	3,9	1,17	1,54	1,44	58
4.3	0,07	25,2	45,9	12,3	1,10	0,82	19,8	0,93	0,69								
4.4	0,03	35,6	32,7	4,5	1,13	0,77	21,4	1,02	0,89								
4.5	0,02	43,4	16,3	2,7	0,93	0,48	23,5	1,34	1,19								

* DTPA-extrahierbar, v: HCl-extrahierbar, a: austauschbar

Typisch für langjährig genutzte Gartenböden sind ferner die durch Kalkung und Einarbeitung von Bauschutt erhöhten Calciummengen und die um den Neutralpunkt liegenden pH-Werte.

Der Gartenstandort weist außerdem erhöhte Blei- und Zinkmengen auf, die vor allem auf eingearbeitete Rückstände des Hausbrandes (Asche, Kohle) zurückzuführen sind. Aufgrund der neutralen pH-Werte und der hohen Humusgehalte ist die Mobilität der Schwermetalle gering, so daß derzeit kein Sanierungsbedarf besteht.

Stadtgeschichte und -geographie Lübecks

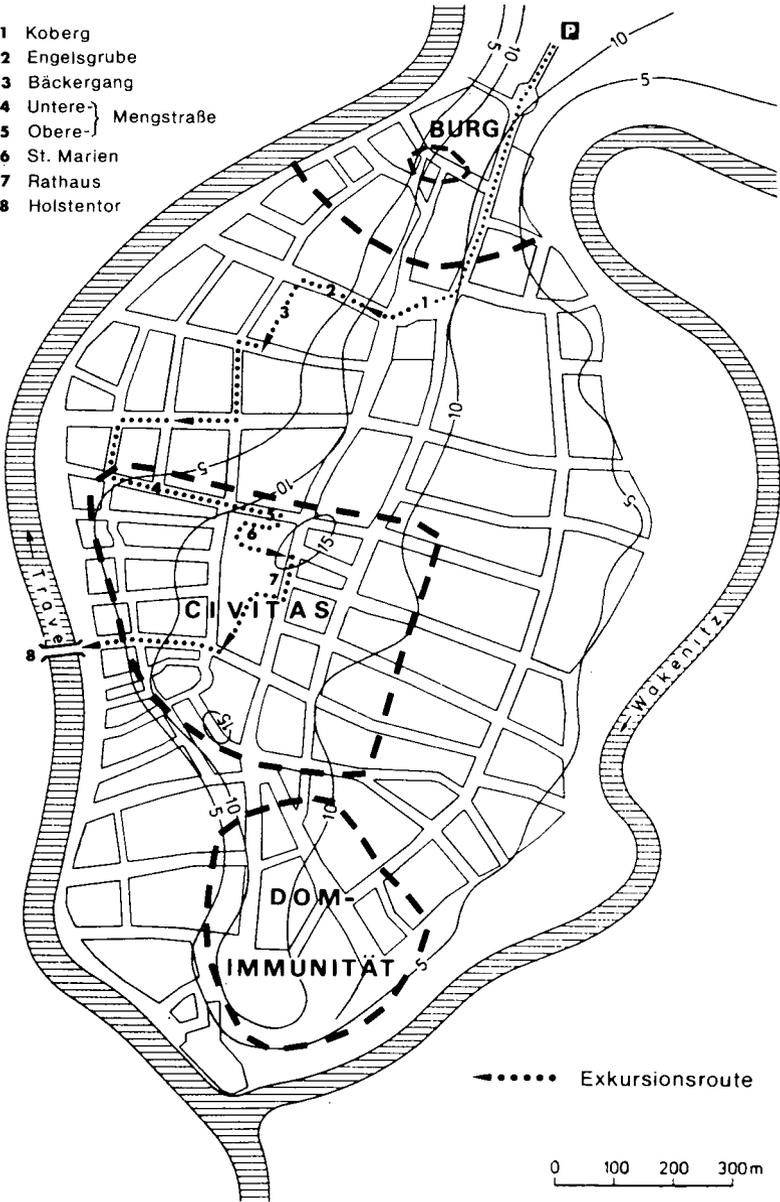
O. Fränze

Eingebettet in die in Wagrien einsetzende deutsche Ostsiedlung, ist die Entstehung Lübecks einem doppelten Gründungsakt zu verdanken. Anknüpfend an den 1139 untergegangenen altslawischen Herren- und Händlersitz "Liubice" gründete der holsteinische Graf Adolf II. von Schauenburg 1143 Lübeck auf dem Moränenrücken zwischen Trave und Wakenitz. Nach dem erzwungenen Verzicht des Grafen auf seine durch einen Brand weitgehend zerstörte Gründung verfügte Herzog Heinrich der Löwe, Adolfs Lehnherr, die Wiederbegründung der Stadt 1158/59. Nach Herzog Heinrichs Ächtung im Jahre 1180 erhielt Lübeck von Friedrich Barbarossa 1188 eine Bestätigung seiner Privilegien; 1226 verbriefte Kaiser Friedrich II. der Stadt ihre bereits von Barbarossa gewährte Reichsfreiheit. Diese Anerkennung als freie Reichsstadt - eine Würde, die keiner anderen Stadt im Zuge der deutschen Ostkolonisation mehr zuteil wurde - verhalf Lübeck zu einem Ansehen, das ihm in Verbindung mit seiner wirtschaftlichen Macht auch politisch eine führende Rolle im hansisch geprägten Ostseeraum verschaffen sollte (vgl. hierzu BUSCH 1992).

Die Bedeutung Lübecks als alte Fernhandelsmetropole an der Ostsee spiegelt sich höchst eindrucksvoll in der wiederhergestellten Altstadt wider, die seit der Schilderung eines spätmittelalterlichen Chronisten "lubeke aller steden schone, van riken ehren dregestu de krone" (BRIX & MEISSNER 1975) als Gipfelleistung europäischer Stadtbaukunst genannt wird, vergleichbar als Ensemble Bamberg, Brügge, Gent oder Prag. Ein Gutteil dieser zeitenüberdauernden Wertschätzung Lübecks geht auf die dominierende Stellung der gotischen Monumentalbauten zurück, die wirkungsvoll im Stadtraum verteilt sind. Dieser wird im Grundriß geprägt durch ein nach Art des mittelalterlichen "Leitertyps" (BUSCH 1987) gitterförmig angelegtes, weitläufiges Gerüst von Parallel- und Querstraßen, das sich am nordsüdlich gerichteten Hauptstraßenzug Breite Straße/Königsstraße orientiert.

Wie viele andere mittelalterliche deutsche Städte (vgl. ENNEN 1987) ist auch die Lübecker Altstadt aus mehreren Siedlungskernen zusammengewachsen (FEHRING

- 1 Koberg
- 2 Engelsgrube
- 3 Bäcker gang
- 4 Untere } Mengstraße
- 5 Obere }
- 6 St. Marien
- 7 Rathaus
- 8 Holstentor



& HAMMEL 1985). Den Anfang bildeten die hafenorientierte Kaufleutesiedlung an der Trave (sog. Gründungsviertel oder Civitas), der landesherrliche Burgbezirk im N und die bischöfliche Domimmunität im S (vgl. Abb. 1). Im Spätmittelalter schlug sich dann die Sozialstruktur der Bewohner nieder in der Bildung relativ homogener, berufständisch bestimmter "Quartiere", deren räumliche Verteilung noch heute - trotz der Verluste an historischer Bausubstanz - an Größe und Gestalt der Wohnbauten abgelesen werden kann. Es ist nicht zuletzt, diese steingewordene räumliche Projektion einer in Jahrhunderten herausgebildeten städtischen Gesellschaftsordnung, welche die Lübecker Altstadt zum Denkmal macht und die zur Aufnahme Lübecks in das Weltkulturerbe der UNESCO geführt hat.

Mit diesen spezifischen Formqualitäten der Altstadt sind zugleich die thematischen Schwerpunkte eines (sehr abgekürzten) kulturhistorisch-stadtgeographischen Rundgangs genährt:

1. Koberg und Heilig-Geist-Hospital

Der **Koberg** wird im S von der gotischen Seeschifferkirche **St. Jakobi** mit den vorgelagerten Pastorenhäusern des 17. Jh., im E von der Breitfront des **Heilig-Geist-Hospitals** beherrscht. Hinter der symmetrisch gegliederten dreigiebeligen gotischen Backsteinfassade liegen die Räume eines der besterhaltenen bürgerlichen Hospitäler des Hochmittelalters: im Vordergrund die dreischiffige Kirche; dahinter der 88 m lange Backsteinsaal des sog. Langen Hauses, in dessen zu vier Reihen angeordneten Holzkojen (von 1820) die Hospitalisten bis 1972 untergebracht waren (vgl. KILLISCH 1980).

2. Bäcker gang (Engelsgrube 43)

Die **Engelsgrube** führt in eines der spätmittelalterlich im Anschluß an das Kaufmannsviertel (Civitas in Abb.1) erschlossenen Quartiere. Hier hatten wachsende Bevölkerungszahl und daraus resultierende Bodenverknappung seit dem frühen 14. Jh. zu einer weitgehenden Überbauung der Blockinnenbereiche geführt. Es ent-

standen die für Lübecks Stadtbild kennzeichnenden **Wohngänge**, in denen sich die sog. Buden aneinanderreihen: kleine kellerlose Traufseithäuser, die sich von den Vorderhäusern in die Tiefe der durch wiederholte Teilung handtuchartig schmalen Grundstücken erstrecken. Sie dienten der lohnabhängigen Bevölkerung Lübecks als Unterkunft (soweit sie nicht in den Häusern der Arbeitgeber wohnten) und (später) den Soldaten des Lübecker Stadtmilitärs (SCHEFTEL 1985). Als Bauherren traten sowohl reiche Kaufleute - im Falle des **Bäckergangs** vermutlich der Bürgermeister Nikolaus Bardewich - als auch wohlhabende Handwerker und Gewerbetreibende auf.

3. Mengstraße

Ansehen und steingewordener Kunstsinn des einstigen Kaufleutequartiers spiegelt die **Mengstraße** wider. Im travenahen Unterteil der Straße ist eine eindrucksvolle Zahl besonders formschöner und stilvoller Ausprägungen des altlübischen Giebelhauses, das im nordwestdeutschen Dielenhaus wurzelt (ELLENBERG 1990), erhalten geblieben. Gotische Staffel- oder barocke Schweifgiebel, großflächige Sprossenfenster und blindenumschlossene Speicherluken, üppige Renaissanceportale sowie zierliche Rokokotüren "fügen sich zu einem Straßenraum von außerordentlicher Lebendigkeit und hohem ästhetischen Reiz" (BUSCH 1987).

In der oberen Mengstraße, die bis zur Zerstörung 1942 vorzugsweise durch barocke Fassaden gekennzeichnet war, sei auf die renovierte palaisartige Putzfassade des 1758 erbauten "Buddenbrookhauses" verwiesen, das einst Thomas Manns Großvater besaß.

4. Marienkirche und Rathaus

Die Lübecker **Marienkirche**, Höhepunkt der norddeutschen Backsteingotik und Vorbild für die meisten Hauptkirchen der Hansestädte des Ostseeraums, hat eine bewegte Baugeschichte. Auf die 1163 erstmals erwähnte "forensis ecclesia" folgte um 1200 eine romanische Backsteinbasilika. Um 1250 erfolgte der Umbau

zunächst in Anlehnung an die damals moderne Raumform westfälischer Hallenkirchen (Herford, Paderborn), wenig später wurde das hochgotische System der stilbildenden westfranzösischen Kathedralen (Quimper, Soissons) übernommen. So entstand bis 1280 der um einen Kapellenkranz ergänzte Umgangschor; ihm schloß sich etwa von 1315 - 1330 die Errichtung des basilikalischen Langhauses und - als Ausdruck lübischen Bürgerstolzes - der Ausbau der bisherigen (für Gläubigenkirchen im Unterschied zu Kathedralen charakteristischen) Einturm- zur Doppelturmfront an (1304 - 1351).

Das **Rathaus** spiegelt wie die Marienkirche in besonderer Weise Lübecks Bedeutung als Freie Reichsstadt und Vorort der Hanse. Einem schlichten spätromanischen Kernbau, in dem nach umfangreichen Umbauten im 14. Jh. die Mehrzahl der Hansetage abgehalten wurde, schließen sich im S das arkadengestützte gotische Lange Haus (1298 - 1308) und der grünschwarzglasierte "Kriegsstubenbau" mit Blenden, Halbsäulen und Türmchen an (1440 - 1442). Vor die ebenfalls blendenverzierte, turmbekrönte Schauwand am Markt aus der zweiten Hälfte des 13 Jh. mit den 1435 angefügten polygonalen Lanzentürmen und kreisrunden Windlöchern setzte die Renaissance (1570/71) einen reichgegliederten Sandsteinvorbau.

5. Holstentor

In städtebaulich hervorragender Lage wurde das Holstentor 1466 - 1478 als Brückenkopfbollwerk zum Schutz des Traveübergangs vor der westlichen Schauseite der Altstadt errichtet. Zusammen mit den spitzgiebeligen Salzspeichern an der Obertrave (16.-18. Jh.) und den Turmfronten der Marien- und Petrikerkirche vereinigt es sich zu jenem eindrucksvollen Architekturbild, von dem einleitend die Rede war. Nach Art flandrischer Brückentore umfassen zwei mächtige Rundtürme den schmalen Mitteltrakt mit der rundbogigen Tordurchfahrt. Das ganze Bauwerk wird durch zwei umlaufende Terracottafriese gegürtet und zugleich horizontal gegliedert.

Die bereits 1216 urkundlich belegte Holstenbrücke schied die Untertrave als Seeschiffhafen von der Obertrave als Binnenschiffhafen, wo die zunftmäßig

organisierten Stecknitzfahrer das im Mittelalter vielbegehrte Lüneburger Salz umschlugen.

6. Literatur

BRIX, M. & MEISSNER, J. (1975): Lübeck als Kulturdenkmal. In: BRIX, M. (Hg.): Lübeck - Die Altstadt als Denkmal, 7-24. München

BUSCH, S. (1987): Die Lübecker Altstadt - Vom Werden und Wandel eines Stadt-denkmals. In: BÄHR, J. & KORTUM, G. (Hg.): Sammlung Geographischer Führer 15 - Schleswig-Holstein, 243-275. Stuttgart

BUSCH, S. (1992): Stadtentwicklung und Stadtgründungen im Ostseeraum des Hochmittelalters. Geogr. Rundschau 44: 654-660

ELLENBERG, H. (1990): Bauernhaus und Landschaft. Stuttgart

ENNEN, E. (1987): Die europäische Stadt des Mittelalters. Göttingen

FEHRING, G.P. & HAMMEL, R. (1985): Die Topographie der Stadt Lübeck bis zum 14. Jahrhundert. In: MECKSEPER, C. (Hg.): Stadt im Wandel - Kunst und Kultur des Bürgertums in Norddeutschland 1150 - 1650, 3: 167-190. Stuttgart-Bad Cannstatt

KILLISCH, W.F. (1980): Die Hansestadt Lübeck - Denkmalschutz und Altstadt-sanierung. In: TAUBMANN, W. (Hg.): Exkursionen in Nordwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. 17. Dt. Schulgeographentag Bremen 1980, 201-224. Kiel

SCHEFTEL, M. (1985): Modell des Bäckerganges in Lübeck / Gänge in Lübeck. Wohnanlagen für die ärmeren Bürger und Einwohner der Stadt. In: MECKSEPER, C. (Hg.): Stadt im Wandel - Kunst und Kultur des Bürgertums in Norddeutschland 1150 - 1650, 1: 291-293. Stuttgart-Bad Cannstatt

Notizen:

Exkursion G

Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette

U. Schleuß¹⁾, C.-G. Schimming¹⁾, L. Beyer²⁾, H.-P. Blume²⁾,
U. Irmier³⁾, J.-A. Piotrowski⁴⁾, J. Schratzter¹⁾ und C. Wachendorf¹⁾

I. Einleitung

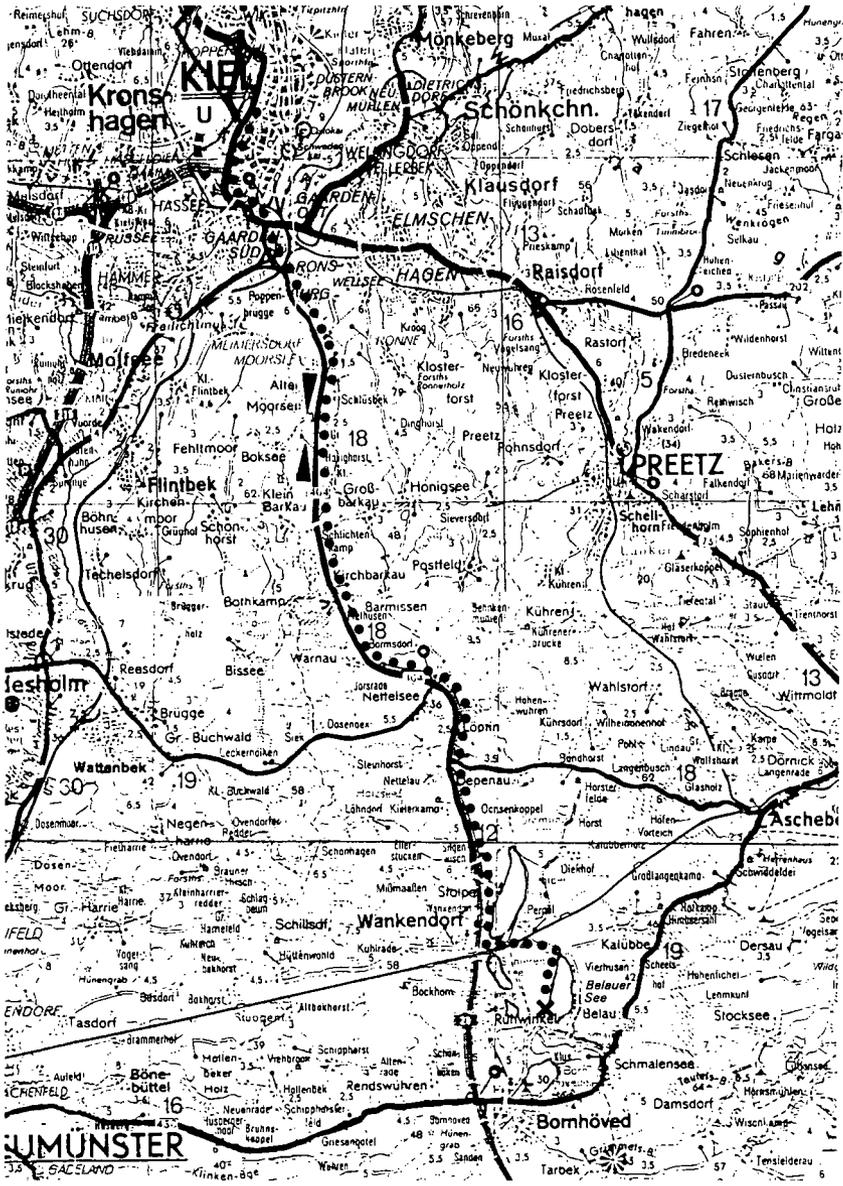
Seit 1988 untersuchen 13 Institute der Universitäten Kiel und Hamburg, des MPI Limnologie Plön, der FAL Braunschweig, der Gewerbeaufsicht Itzehoe, des Deutschen Wetterdienstes Quickborn und des Fraunhofer- Instituts Berchtesgaden im BMFT- Vorhaben **Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette** repräsentative Ökosysteme des norddeutschen Raumes (MÜLLER & FRÄNZLE 1991). Das Konzept des Bornhöved-Projektes beruht auf einer ganzheitlichen Betrachtungsweise von Ökosystemen und beinhaltet die Erfassung und Interpretation ihrer Struktur und Dynamik, der Analyse von Beziehungen zwischen Diversität, Produktivität und Stabilität. Diese Ansätze entsprechen den von ELLENBERG et al. (1978) formulierten allgemeinen Zielen einer modernen Ökosystemforschung. Aus den Ergebnissen soll ein Ökologisches Informations- und Bewertungssystem entwickelt werden (WINDHORST 1991). Das Untersuchungsgebiet ist ein typischer Ausschnitt einer stark kuppigten holsteinischen Jungmoränenlandschaft mit Binnenseen, der nach multivariater regionalstatistischer Prüfung (FRÄNZLE et al. 1987) ausgewählt wurde und eine charakteristische Land- und Gewässerökotope des norddeutschen Raumes repräsentiert. Das ca. 52 km² große Gebiet liegt circa 30 km südlich der Landeshauptstadt Kiel (s. Abb. 1):

Die Exkursion führt von Kiel aus nach Südwesten. Dabei wird der Hornheimer Riegel überquert, der als vom Gletscher aufgeschüttete Moräne das Ende der Kieler Förde markiert. Weiter geht es durch die kuppige Grundmoränenlandschaft Ostholsteins, wo das Landschaftsbild durch einen starken Wechsel von Wäldern, Äckern, Wiesen und Weiden, eine Vielzahl von Seen und die für den norddeutschen Raum typischen Knicks (Wallhecken) geprägt wird. Das Gebiet 'Bornhöveder Seenkette' liegt im Randbereich der Weichselvereisung. Untersucht wurden und werden die Eigenschaften der bodennahen Luftschicht, der Böden mit ihren liegenden Sedimenten, die Gewässer, die Pflanzendecke, die Organismen des Kronen- und Bodenraumes sowie der Seen und vor allem die Energie-, Wasser- und Stoffflüsse der Ökotope und Ökotone (LEITUNGSGREMIUM 1992).

II. Geologie der Bornhöveder Seenkette

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb der Grenze der maximalen Ausdehnung der Weichselvereisung und besitzt einen für die letzte Eiszeit typischen, gut erhaltenen Formenschatz mit einer generell mäßigen Reliefenergie. Einen zentralen Platz nimmt die N-S verlaufende, langgestreckte Seenkette ein, derer von zwei Terrassenniveaus umrahmten Seen um ca 20 m tiefer als die umgebende Hochebene liegen. Die Entstehung der Seenkette ist hauptsächlich auf erosive Wirkung subglazialer Schmelzwasserströme und Glazialtektonik der zwei ersten weichselhochglazialen Eisvorstöße zurückzuführen (PIOTROWSKI 1991). Auch in den tiefer liegenden Ablagerungen sind Spuren glazialer Erosion erkennbar: Die gesamte quartäre Sedimentfolge ist als Füllung einer

¹⁾ Projektzentrum Ökosystemforschung, CAU Kiel, ²⁾ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, CAU Kiel, ³⁾ Forschungsstelle für Ökosystemforschung und Ökotechnik, CAU Kiel, ⁴⁾ Geologisch- Paläontologisches Institut und Museum, CAU Kiel



▲ ● ● ● ● Exkursionsroute G

Abb. 1: Lage des Gebietes Bornhöveder Seenkette mit Angabe der Fahrtroute

langgestreckten, N-S verlaufenden und bis mindestens 222 m tief in den Untergund eingeschnittenen Rinne (Tunneltal) anzusehen, die aus wechsellagernden Schmelzwassersedimenten und Tillis der Elster-, der Mittleren (?) und der Jüngerer Saalevereisung besteht.

Stellenweise kommen auch interglaziale Sedimente vor. Zu den oberflächennahen Ablagerungen zählen verschiedene Tillfazies, Schmelzwassersande, -kiese und Eisstauseensedimente mit feinkörnigen Sanden, Schluffen und Tonen, sowie Kolluvien, Torfe und antropogene Aufträge (PIOTROWSKI 1991).

III. Böden im Bereich der Bornhöveder Seenkette

Als terrestrische **Bodenformen** wurden nach SCHLEUSS (1992) im Untersuchungsgebiet *Regosole* und *Pararendzinen* aus Schmelzwassersand, *Braunerden* aus Geschiebesand über Schmelzwassersand bzw. aus Schmelzwassersand, sandig-lehmige *Parabraunerden* aus Geschiebesand über Schmelzwassersand und lehmig-tonige *Parabraunerden* und *Pseudogleye* aus Geschiebemergel, *Kolluvien* aus sandigen und lehmigen Kolluvien sowie als Terrestrische Anthropogene Böden *Depo-Regosole* aus sandigen und lehmigen Aufträgen, *Depo-Pararendzinen* aus technogenen Substraten sowie *Braunerde-Hortisole* aus Schmelzwassersand nachgewiesen.

Als semiterrestrische Böden sind *Gleye*, *Naßgleye* und *Humusgleye* aus Schmelzwassersand und Geschiebemergel sowie *Anmoor-* und *Moorgleye* aus (vererdeten) Niedermoortorfen über Schmelzwassersand bzw. Geschiebemergel vorhanden. Als Subhydrische Böden haben sich *Protopenen* aus fluviatilen Sanden, in den Uferandbereichen *Gyttjen* aus limnischen Sedimenten sowie an einigen, anthropogen beeinflussten Stellen *Sapropelle* aus limnischen Sedimenten entwickelt. Als *Moore* wurden im Projektraum mittel bis stark zersetzte *Niedermoore* aus Schilf- bzw. Bruchwaldtorf und schwach bis mittel zersetzte *Übergangsmoore* aus Braunmoostorfen über Bruchwaldtorfen aufgenommen.

Im Schwerpunktraum am Westufer des Belauer Sees (Bodenformenkarte s. Abb. 2, Lage der Profile s. Abb. 3 und 4) sind die Böden auf dem Moränenrücken sowie am Ober- und Mittelhang vorwiegend aus lehmigen bis sandigen Geschiebesanden über Schmelzwassersanden, im Unterhang- bis Senkenbereich aus Kolluvien bzw. Uferwandsanden über Schmelzwassersanden sowie aus Bruchwald- bzw. Braunmoostorfen entwickelt. Es haben sich im Bereich von Moränenrücken bis Mittelhang *Typische Braunerden* unterschiedlicher Basizität in Vergesellschaftung mit *Rostbraunerden*, *Parabraunerde-Braunerden* und *Typischen Parabraunerden* gebildet. Diese Pedotope sind unter Waldnutzung basenarm bis mittel-basisch und unter Acker im allgemeinen basenreich. Sie weisen ein mittleres Wasserangebot im effektiven Wurzelraum und eine sehr hohe Luftkapazität auf. Im Oberhangbereich sind diese Böden häufig erodiert. Im Wald treten in Mittelhangmulden und am Unterhang *Kolluvium-Braunerden* und *Typische Kolluvien* auf, die während früherer landwirtschaftlicher Nutzung entstanden. Am Hangfuß sind die Kolluvien teilweise Grundwasserbeeinflußt und weisen mithin ein durch Kapillaraufstieg bedingtes höheres nutzbares Wasserangebot für die Pflanzen auf. In den Senken sind unter Erlenwald *Niedermoore* aus mittel bis stark zersetzten Bruchwaldtorfen in Vergesellschaftung mit *Typischem Gley*, *Naß-*, *Anmoor-* und *Moorgley* vorzufinden. Unter Grünland sind am Südwestufer des Belauer Sees *Typische Übergangsmoore* aus Braunmoostorfen entwickelt. Die *Moore* sind naß, luftarm und weisen mittlere bis sehr hohe S-Werte auf.

Im Schilfbereich und im Uferandbereich treten *Ganzjährig Wasserbedeckte Nieder- und Übergangsmoore* in Vergesellschaftung mit *Gyttjen* auf, an einigen Stellen mit stärkerer Wellenbewegung konnten *Protopenen* nachgewiesen werden.

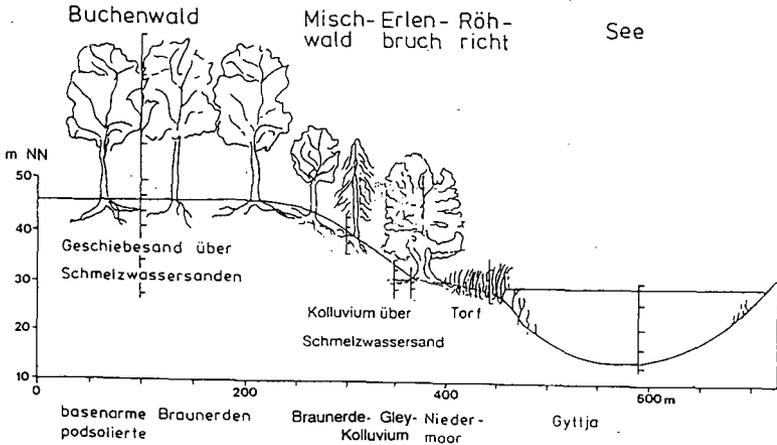


Abb. 3: Bodencatena am Westufer des Belauer Sees unter Wald (Schnitt A -- B)

Legende der Bodenformenkarte

Einheit	Bodenform	Einheit	Bodenform
1	Typische Braunerde aus gf	22	Rostbraunerde- Kolluvium aus K/gf
2	Typische Braunerde aus Sg	23	Gley- Kolluvium aus K/gf
3	Rostbraunerde aus gf	24	Humusregosol aus Y
4	Rostbraunerde aus Sg	25	Gley- Regosol aus Y
5	Typische Braunerde mit Tonbändern aus gf	26	Typischer Gley aus gf
6	Typische Braunerde mit Tonbändern aus Sg	27	Typischer Gley aus Mg/gf
7	Rostbraunerde mit Tonbändern aus gf	28	Parabraunerde- Gley aus Mg/gf
8	Rostbraunerde mit Tonbändern aus Sg	29	Kolluvium- Gley aus K/gf
9	Parabraunerde- Braunerde aus gf	30	Naßgley aus gf
10	Parabraunerde- Braunerde aus Sg	31	Anmoorgley aus gf
11	Podsol- Braunerde aus gf	32	Moorgley aus gf
12	Gley- Braunerde aus gf	33	Protopedon aus Sf
13	Kolluvium- Braunerde aus K/gf	34	Gyttja aus J
14	Kolluvium- Braunerde aus K/Sg	35	Gyttja aus J
15	Kolluvium- Rostbraunerde aus K/gf	36	Ganzjährig Wasserbedecktes Niedermoor
16	Typische Parabraunerde aus Sg/gf	37	Ganzjährig Wasserbedecktes Übergangsmoor
17	Typische Parabraunerde aus Mg/gf	38	Typisches Niedermoor
18	Kolluvium- Parabraunerde aus K/Mg	39	Sanddurchsetztes Niedermoor
19	Gley- Parabraunerde aus Mg/gf	40	Niedermoor mit geringm. mineral. Deckschicht
20	Typisches Kolluvium aus K	41	Kolluvium- Gley- Niedermoor
21	Braunerde- Kolluvium aus K/gf	42	Typisches Übergangsmoor

Mg Geschiebemergel, Sg Geschiebesand, gf Schmelzwassersand, K Kolluvium, Sf fluviatiler Sand, Y sandiger Auftrag, J limnische Sedimente

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

Abb. 2: Bodenformenkarte des Schwerpunktraumes Belauer See mit Lage der Catenen (A--B Waldcatena, C--D Agrarcatena) und der Profile

IV. Quantifizierung der Stoffhaushaltsgrößen

Böden sind ein bedeutendes Element der Struktur und Funktion von Ökosystemen. Sie erfüllen wichtige Standortfunktionen für die Biozönose, indem sie mit ihrem verwitterbaren Mineralbestand die einzige originäre Nährstoffquelle innerhalb von Ökosystemen darstellen.

Die Sorptivität des Stoffbestandes auf denen die Pufferkapazität der Böden beruht, ist ein bedeutender Faktor der Bioverfügbarkeit von Nähr- und Schadstoffen und damit von entscheidender Bedeutung in den Wechselwirkungen zwischen Stoffhaushalt, biozönotischer Struktur und ihren Sukzessionen.

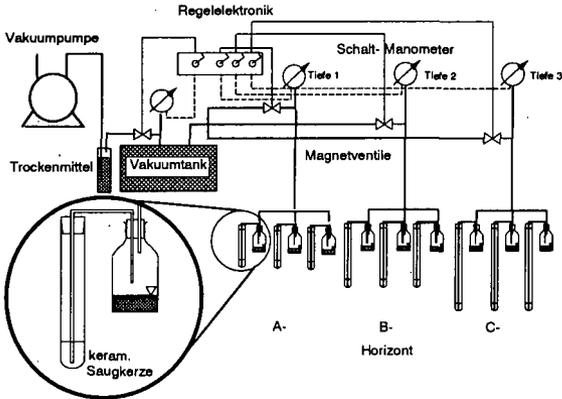


Abb. 5: Schema der Saugkerzenanlage

Schwerpunkt bodenkundlicher Untersuchungen im Rahmen des Projektes waren bisher Stoffflußuntersuchungen, da für Veränderungen im Stoffhaushalt vor allem die Verlagerung von Nähr- und Schadstoffen in der Pedosphäre entscheidend ist und auch die extern atmosphärisch und durch Düngung eingebrachten Stoffmengen maßgeblich über die Böden wirksam werden. Die Aufgabe der Bodenkunde im Rahmen von Ökosystemforschung besteht neben der Inventur von Bodeneinheiten in der Quantifizierung von Stoffflüssen. Schwerpunkt des bodenkundlichen Basismessprogrammes ist die Beschreibung der räumlichen und zeitlichen Dynamik in der Zusammensetzung der Bodenlösung, die in gelöster Form direkt pflanzenverfügbare und verlagerbare Stofffraktionen der einzelnen Elemente charakterisiert.

Die Bodenlösung wird an den einzelnen Standorten in verschiedenen Tiefen kontinuierlich beprobt und in vierzehntägigem Intervall auf ihre Zusammensetzung untersucht. Die demonstrierte Saugkerzenanlage (Abb. 5) besteht in dieser Form erst kurze Zeit und zeichnet sich durch eine tensiometrische Steuerung des effektiven Vakuums aus. Dadurch werden geringere chemische Störungen des Bodens in der Umgebung der keramischen Saugkerzen erwartet. Verminderte Schlauchdurchmesser verringern das Totvolumen der Anlagen, da künftig ereignisbezogene Beprobungen mit höherer zeitlicher Auflösung durchgeführt werden, die die geplanten prozessorientierten Untersuchungen ergänzen. Die Zielsetzung dieses einerseits reduktionistischen Konzeptes sieht vor, die Konzentrationsdynamik wichtiger Elemente in der Bodenlösung mit thermodynamischen Gleichgewichtsmodellen beschreiben zu können sowie andererseits Eingangsparameter für die interdisziplinäre Entwicklung von flächenhaften Stoffflußmodellen zu liefern. Das bisher durchgeführte Basismessprogramm zur Quantifizierung von Stoffhaushaltsgrößen hat in starkem Maße dazu beigetragen, Wechselwirkungen im Stoffhaushalt der untersuchten forstlich und agrarisch genutzten Ökosysteme zu erkennen. Ökosystemare Stoffkreisläufe sind eng

verknüpft mit den Stickstoffeinträgen. Atmosphärisch werden 35 kg zu zwei Dritteln in Form von Ammonium in das untersuchte Buchenwaldökosystem eingetragen (Abb. 6). Austräge in gleicher Höhe kennzeichnen den azyklischen Charakter des Stickstoffkreislaufes und deuten auf Ungleichgewichte im Stoffhaushalt hin. Die Stickstoffübersversorgung äußert sich in entsprechenden Nährstoffungleichgewichten in untersuchten Buchenblättern (s.a. SPRANGER 1992).

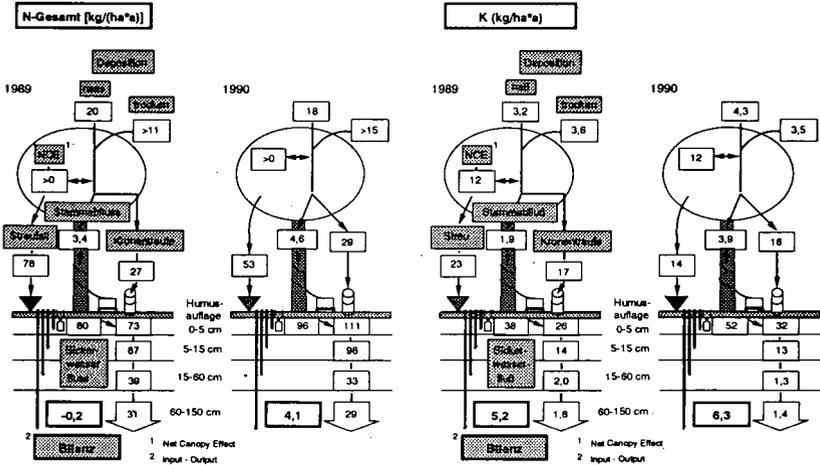


Abb. 6: Wichtige Kalium- und Stickstoffflüsse im untersuchten Buchenwaldökosystem (nach LEITUNGSGREMIUM 1992)

Der Kaliumkreislauf gewinnt im Gegensatz zum Stickstoff durch hohe Umsatzraten infolge der schwachen Kaliumversorgung über die stark versauerte und basenarme Braunerde stark zyklischen Charakter. Hohen Flußraten mit den Kronentraufen, Stammabfluß und Streufall sowie durch die Humusaufflage stehen außerordentlich geringe Austräge aus dem Wurzelraum gegenüber. Im Rahmen von prozessorientierten Untersuchungen bodenkundlicher Fragestellung wird derzeit die mögliche Bindung von Kalium im Unterboden diskutiert, die auf der Fällung von definierten Verbindungen beruht. Sie ist über die Löslichkeit von Aluminium in starkem Maße pH-abhängig und würde mit verstärkter Versauerung, wobei die Nitrifizierung der atmosphärischen Ammoniummengen eine entscheidende Rolle spielt, noch an Bedeutung gewinnen. Im Rahmen der Typisierung von Kreisläufen weiterer Elemente im Stoffhaushalt von Ökosystemen wird derzeit mit laborexperimentellen Modellversuchen zur Beschreibung des Bindungsvermögens der Böden begonnen, nicht zuletzt um die Entwicklung von ökosystemaren Stoffflußmodellen vorzubereiten. Sie werden benötigt, um Szenarien bei unterschiedlicher Belastung der Ökosysteme und ihres Verbundes durchzuspielen. Ganz entscheidend ist es daher, die bodenkundlichen Stoffflußuntersuchungen auch auf den agrarisch genutzten Flächen durchzuführen. Wichtig dafür ist die Information über die Bestandesentwicklung und der damit verbundenen Dynamik und dem Verbleib der gedüngten, dem Boden entzogenen und möglicherweise durch Mineralisation und Verwitterung freigesetzten Elementmengen. Das Bindungsvermögen der Böden, und damit die Pufferkapazität ist wesentlicher Faktor der Belastbarkeit von Ökosystemen.

V. Böden der Wald- und Agrarcatena im Bereich des Belauer Sees

Im folgenden werden die catenar angeordneten Profile der Wald- und Ackercatena näher beschrieben, eine Auswahl dieser Böden wird während der Exkursion gezeigt.

Profil G 1

Lage: Ruhwinkel- Ost (R: 3581.310 H: 5997.160), 760 mm Niederschlag, 8,3° C

Gestein: Geschiebesand/ Schmelzwassersand

Relief: Moränenrücken, eben bis sehr schwach geneigt, 49 m ü. NN, SEE- exponiert

Vegetation/Nutzung: Asperulo - Fagetum, Buchenwald

Humusform: feinhumusreicher Moder

Klassifikation: Typische Braunerde (FAO: Cambic Arenosol)

Beschreibung des Profils

L	3.5-2.5 cm	Laubstreu, vorwiegend aus Blättern und kleinen Aststücken von <i>Fagus sylvatica</i> bestehend, schwach zersetzt und skelletiert, schütter, scharfer Übergang
Of	- 0 cm	Laubstreu, vorwiegend bestehend aus stark zersetzten und skelletierten Blattresten von <i>Fagus sylvatica</i> , locker, stark durchwurzelt, gerader Übergang
Aeh	0- 7 cm	sehr dunkelbraun (10YR2/2), Si2, sehr geringer Anteil gebleichter Sandkörner, x2, stark humos, locker, krümelig, stark durchwurzelt, gerader Übergang
Ah	- 38 cm	dunkelbraun (10YR3/3), Si3, x2, schwach humos, mäßig dicht, subpolyedrisch, stark durchwurzelt, schwach welliger Übergang
Bv₁	- 68 cm	dunkel gelbbraun (10YR4/6), Su2, x4, mäßig dicht, Feinkoagulate, grießig, mittel durchwurzelt, zungenförmiger Übergang
Bv₂	- 91 cm	dunkel gelbbraun (10YR4.5/6), Su2, x3, mäßig dicht, Feinkoagulate, grießig, sehr schwach durchwurzelt, welliger Übergang
rGBv	- 112 cm	kräftig braun (7,5YR4/6), mSgs, x3-4, mäßig dicht, singulär, schwach hüßlig, sehr schwach durchwurzelt, gerader Übergang
Bv₃	- 125 cm	gelbbraun (10YR5/4), mSgs, x4, mäßig dicht, singulär, gerader Übergang
BbsC	- 148 cm	gelbbraun (10YR5/6), mS, mit Fe- Bändern (7,5YR5/6), x2, mäßig dicht, singulär, schwach welliger Übergang
BvC	- 200 cm	schwach braun (10YR6/3), mS, x2, mäßig dicht, singulär

Genese und Ökologie: Nach Humusakkumulation, Entkalkung (gegenwärtig bei 35 dm u. GOF), Entbasung, Verbraunung und Verlehmung ist inzwischen eine beginnende Podsolierung festzustellen. Die mächtige Ah- Horizont ist Folge einer früheren ackerbaulichen Nutzung. Die Rostfärbigkeit im rGBv ist vermutlich reliktsch, u.U. bereits im Spätglazial über gefrorenem Untergrund entstanden. Der Standort ist durch Podsolierung geprägt, was am Anstieg der Fulvosäurefraktion im mineralischen Horizont zu erkennen ist.

Es liegt ein mittel- bis tiefgründiger, trockener und stark durchlüfteter Standort mit geringen bis mäßigen Nährstoffreserven und geringem Anteil an verfügbaren Nährstoffen vor.

Profil G 1

Nr.	Hor.	Tiefe	X	kl	dB	GPV	Vol. % Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens						
		cm	%	cm/d	g/cm ³	%	0,6	1,8	2,5	4,2	gS	mS	IS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Aeh	0-7	10	n.b	1.1	57	55.4	30.3	15.2	6.7	10.5	35.5	32.5	8.5	5.1	1.4	6.5
2	Ah	-38	14	n.b	1.4	47	44.2	20.0	8.8	3.5	13.0	39.5	20.2	11.0	6.8	0.4	9.1
3	Bv1	-68	58	n.b	1.5	43	36.5	13.4	5.3	2.6	27.5	39.0	17.5	8.2	4.5	0.2	3.1
4	Bv2	-91	30	n.b	1.5	43	36.8	24.8	10.5	4.6	25.5	37.5	17.8	9.7	5.3	2.3	1.9
5	rGBv	-112	45	n.b	1.5	44	37.9	21.9	15.5	3.3	27.4	51.4	13.5	2.4	2.0	0.2	3.1
6	Bv3	-125	48	n.b	1.5	44	37.9	21.9	15.5	3.3	32.5	53.0	7.4	1.5	0.0	1.0	4.6
7	BbeC	-148	8	n.b	1.4	47	34.6	10.3	5.6	0.6	31.0	58.0	6.5	0.4	0.9	0.3	2.9
8	BvC	-200	2	n.b	1.4	47	34.6	10.3	5.6	0.6	7.0	79.5	9.8	0.0	0.0	1.0	2.7

Nr.	pH	Kalk	Corg	Nl	C/N	Fec	Fed	Fec/Fed	Mno	Alo	austauschb. Kationen mmol _c /kg						ΣKAK		BS
		CaCl ₂ %	%	%	%	%	%	mg/kg	%	Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	%		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
1	3.0	0	3.4	2.0	17	1.5	6.3	0.24	37.2	0.9	11.4	2.4	0.9	1.4	196.5	213	98	8	
2	4.0	0	0.9	1.0	9	1.4	5.3	0.26	19.2	1.5	12.7	0.8	1.0	0.8	92.7	108	48	14	
3	4.4	0	0.4	0.4	10	1.2	5.1	0.24	33.1	1.7	16.1	0.2	0.6	0.4	57.2	75	35	23	
4	4.5	0	0.4	0.2	20	0.9	3.7	0.24	32.6	1.9	10.6	0.2	0.7	0.4	37.6	50	24	24	
5	4.5	0	0.1	0.1	10	0.7	5.2	0.13	11.9	0.8	9.1	0.2	0.1	0.4	29.1	39	27	25	
6	4.4	0	<0.1	<0.1	13	0.5	2.4	0.21	5.9	0.7	11.8	0.7	0.5	0.1	34.8	48	34	27	
7	4.6	0	<0.1	<0.1	8	0.6	5.3	0.11	27.5	0.6	17.8	0.9	0.5	0.3	38.5	58	38	34	
8	4.4	0	<0.1	<0.1	7	0.4	2.0	0.20	8.5	0.3	10.2	0.4	0.3	0.1	26.8	38	29	29	

Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz

Hor	Tiefe	Corg	Fett	Eiw	PS	LIG	FS	HS	Hu
	cm	%	mg/gCorg						
	38	40	41	42	43	44	45	46	47
L	3.5-2.5	49.7	164	25	81	421	51	169	92
Of1	2.5-1.5	48.3	54	30	104	472	29	130	179
Of2	1.5-0.5	42.8	50	28	87	414	24	149	247
Ohf	0.5-0	35.6	48	43	74	396	25	206	207
Aeh	0-7	5.6	61	51	94	228	48	330	190
Ah	-38	1.6	50	55	235	145	102	273	128

Abk.: Fett: alkohol-benzoll. Phase, Eiw: Proteine, LIG= Lignin, FS: Fulvosäuren, HS: Huminsäuren, Hu: Humine, PS: ΣZucker+Stärke+Hemicellulose+ Zellulose, LIG= Lignin, FS: Fulvosäuren, HS: Huminsäuren, Hu: Humine

Methodik der Streu- und Huminstoffanalytik

Die bei den einzelnen Profilen angegebenen Ergebnisse der vereinfachten Streu- und Huminstoffanalyse erfolgten nach SCHLICHTING & BLUME (1966). Für die Bestimmung der Streustoffe wurden zunächst Fette und Wachse durch Extraktion mit einem Alkohol/Benzol-Gemisch abgetrennt. Anschließend wurden Zucker/Stärke, Hemicellulose und Cellulose mittels verschieden starker Säuren extrahiert und in den Extrakten der Gehalt an reduzierenden Zuckern bestimmt. Die Quantifizierung von Eiweiß erfolgte mittels Alpha-Amino -N, des Lignins mittels Methoxylgruppenbestimmung. In der klassischen Humusanalyse wurden mobile Fulvosäuren, Fulvo- und Huminsäuren, sowie Humine durch Säure-Laugen-Fällung bestimmt. Die Ergebnisse beider Analysen werden bei den einzelnen Profilen kombiniert dargestellt. Abb. 7 verdeutlicht den langsameren Abbau der angelieferten Streu im Vergleich zu einer lehmigen Braunerde unter vergleichbarem Forstbestand (s.a. BEYER et al. 1993). Die Verengung des C/N- Verhältnisses im Verlauf des Abbaus ist durch die im Verlauf der Humifizierung relative N- Anreicherung zu erklären (s.a. Abb. 8).

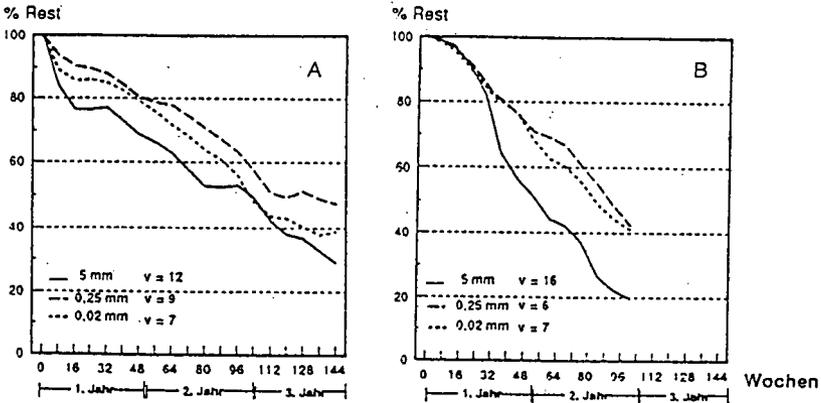


Abb. 7: Restmenge an Laubstreu in Netzbeuteln unterschiedlicher Maschenweite im Vergleich zweier Braunerden (A= Typische Braunerde aus Geschiebesand, B= Typische Parabraunerde aus Geschiebemergel) (Quelle: BEYER et al. 1993)

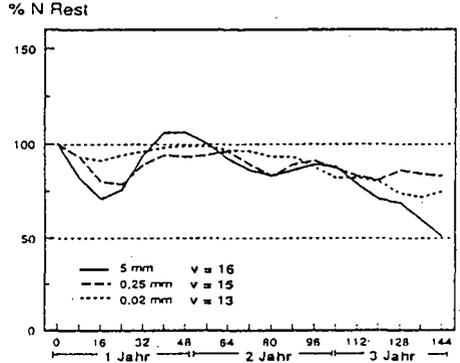
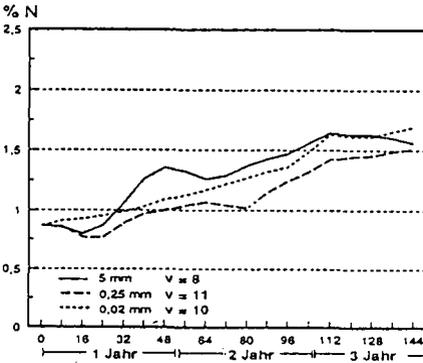
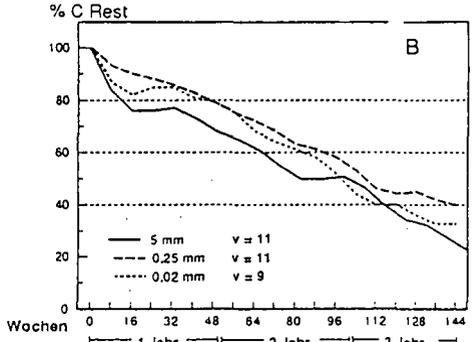
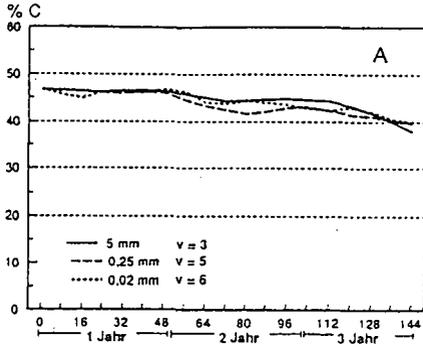


Abb. 8: Verlauf der C- und N- Konzentrationen und verbleibende C- und N- Mengen während des Abbauprozesses bei unterschiedlicher Maschenweite (Quelle: BEYER et al. 1993)

Profil G 2

Lage: Ruhwinkel- Ost (R: 3581.50 H: 5997.155), 760 mm Niederschlag, 8,3° C

Gestein: Kolluvium/ Schmelzwassersand

Relief: Mittelhang, stark geneigt, 37 m ü. NN, E- exponiert

Nutzung: Mischwald

Humusform: feinhumusreicher Moder

Klassifikation: Rostbraunerde (FAO: Podzoli- Cambic Arenosol)

Beschreibung des Profils

L	4-3 cm	Blattstreu, vorwiegend bestehend aus Blättern und kleinen Aststücken von Quercus robur sowie Nadeln von Picea abies, schwach zersetzt und skelettiert, schütter, scharfer Übergang
Of	3-0.5 cm	Streureste, stark zersetzt und skelettiert, sehr locker, unscharfer Übergang
Oh	0.5-0 cm	Streureste, sehr stark zersetzt und skelettiert, sehr locker, Oh-Lage nicht flächendeckend vorhanden, unscharfer Übergang
MAeh	0- 6 cm	sehr dunkelbraun (10YR2/2) mSgs, mittlerer Anteil gebleichter Sandkörner, x2, sehr stark humos, sehr locker, Feinkoagulate, stark durchwurzelt, schwach welliger Übergang
MBsv	- 14 cm	dunkelbraun (7,5YR3/4), mSgs, x2, mittel humos, mäßig dicht, Feinkoagulate, stark durchwurzelt, gerader Übergang
MBv₁	- 38 cm	dunkel gelbbraun (10YR4/4), mSgs, x2, schwach humos, mäßig dicht, Feinkoagulate, stark durchwurzelt, schwach welliger Übergang
MBv₂	- 70 cm	dunkel gelbbraun (10YR4/4), mSgs, x2, sehr schwach humos, mäßig dicht, Feinkoagulate, stark durchwurzelt, schwach welliger Übergang
Bv₁	- 99 cm	gelbbraun (10YR5/4), stellenweise braun (10YR4/3), mSgs, x3, mäßig dicht, singulär, sehr schwach durchwurzelt, gerader Übergang
Bv₂	-160 cm	gelbbraun (10YR5/8), mSgs, x3, mäßig dicht, singulär

Genese und Ökologie: Nach Humusakkumulation, Entkalkung (gegenwärtig bei > 40 dm u. GOF), Entbasung, Verbraunung und Verlehmung entwickelte sich eine sandige Braunerde. Durch Sedimentation von humosem Oberbodenmaterial von benachbarten Oberhangböden während der Phase ackerbaulicher Nutzung wurde diese Braunerde von einem Kolluvium überlagert. Inzwischen hat sich aus diesem Kolluvium eine Rostbraunerde entwickelt. Kennzeichnend für diesen Standort ist der Prozeß der Podsolierung. Die Existenz eines Oh- Horizontes rechtfertigt die Klassifikation der Humusform in feinhumusreicher Moder. Die Zunahme der Aliphaten steht im Einklang mit der Huminstoffverlagerung.

Es liegt ein tiefgründiger, trockener und luftreicher Standort vor. Die Gehalte an verfügbaren Nährstoffen sind sehr gering, die Nährstoffreserven gering.

Profil G 2

Nr.	Hor.	Tiefe	X	kf	dB	GPV	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens							
		cm					%	cm ³ d	g/cm ³	%	0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	MAeh	0-6	6.9	n.b.	0.8	65.6	60.9	29.9	23.0	7.2	17.5	58.8	13.3	3.7	2.0	1.2	3.5	
2	MBsv	-14	13.1	n.b.	1.4	44.4	37.5	11.7	7.3	3.3	15.8	57.7	15.5	5.0	2.6	1.4	2.0	
3	MBv ₁	-38	10.9	n.b.	1.3	46.6	39.1	8.1	5.8	3.4	16.0	54.8	17.1	5.6	2.3	0.7	3.5	
4	MBv ₂	-70	8.7	n.b.	1.3	47.7	40.1	8.3	5.7	3.5	16.1	60.8	14.4	3.9	1.4	0.7	2.7	
5	Bv ₁	-99	5.3	n.b.	1.4	48.1	40.2	7.7	4.7	2.4	20.8	62.9	10.0	2.2	1.4	0.9	1.8	
6	Bv ₂	-160	31.4	n.b.	1.4	34.2	23.5	3.6	2.5	1.8	26.5	61.2	10.0	0.2	0.2	0.5	1.6	

Nr.	pH	Kalk	Corg	Ni	C/N	Feo	Fed	Feo/ Fed	Mno	Alo	austauschb. Kationen mmol _c /kg					ΣKAK		BS
		CaCl ₂									%	%	%	%	%	mg/kg	%		Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	%
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	3.1	0	5.8	2.8	20	1.9	4.4	0.43	47	0.7	20.8	4.9	1.4	0.8	225	253	80	11
2	3.6	0	1.1	0.6	19	2.0	3.8	0.52	61	1.0	2.8	0.7	0.4	0.3	98.7	103	40	4
3	3.9	0	0.9	0.4	21	1.8	3.8	0.47	83	1.1	1.8	0.3	0.3	0.3	68.2	71	47	4
4	4.4	0	0.4	0.3	15	1.3	2.9	0.45	180	1.9	1.3	0.2	0.3	0.3	44.0	46	43	4
5	4.5	0	0.2	<0.1	21	0.8	2.5	0.32	115	1.0	2.3	0.3	0.2	0.3	30.9	34	31	9
6	5.1	0	<0.1	<0.1	11	0.5	2.1	0.24	30	0.5	2.0	0.3	0.2	0.3	17.2	20	18	14

Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz

Hor	Tiefe	Corg	Fett	Eiw	PS	LIG	FS	HS	Hu
	cm	%	mg/gCorg						
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
L	4.0-3.0	48.1	96	19	148	382	60	130	173
Of1	-2.5	47.2	87	17	100	316	34	158	317
Of2	-1.5	34.1	59	28	119	325	14	118	343
Of3	-0.5	26.7	48	21	131	372	20	170	262
Oh	-0.0	18.8	53	20	115	329	18	255	213
MAeh	0.0-6	7.2	80	26	177	332	28	217	138
MBsv	-14	1.8	62	50	116	68	122	479	105

Interpretation der Humusdaten Profil G 1 und G 2

Die Gehalte an Huminstoffen und mobilen Fulvosäuren nehmen von der Streu bis zu den obersten mineralischen Horizonten relativ stark zu. Entsprechend nehmen die relativen Ligningehalte mit zunehmender Tiefe ab. Die relativ hohen (absolut geringen) Eiweiß- und Polysaccharidgehalte der obersten mineralischen Horizonte dürften vor allem auf eine starke mikrobielle Aktivität zurückzuführen sein.

Profil G 3

Lage: Ruhwinkel- Ost (R: 3581.525 H: 5997.14), 760 mm Niederschlag, 8,3° C

Gestein: Kolluvium/ Schmelzwassersand

Relief: Hangfuß, mittel geneigt, 32 m ü. NN, E- exponiert

Nutzung: Mischwald

Humusform: feinhumusreicher Moder

Klassifikation: Gley- Kolluvium (FAO: Gleyi- Cumuli Aric Anthrosol)

Grundwasserstand: 16 - 20 dm u. GOF

Beschreibung des Profils

L	5 - 3 cm	Streu, vorwiegend bestehend aus Blättern, Ast- und Rindenstücken von <i>Coryllus avellana</i> und Nadeln von <i>Picea abies</i> , schwach zersetzt und skelettiert, schütter, sehr schwach durchwurzelt
Ofh	3 - 0 cm	Streureste, stark zersetzt und zerkleinert, sehr locker, schwach erkennbare schwarze Oh- Lage, unscharfer Übergang
MAh	0- 14 cm	schwarz (10YR2/1) bis sehr dunkelbraun (10YR2/2), mSgs, sehr geringer Anteil gebleichter Sandkörner, x2, sehr stark humos, sehr locker, Feinkoagulate, stark durchwurzelt, gerader Übergang
M	- 44 cm	dunkelbraun (10YR3/3) mSgs, x2, mittel humos, mäßig dicht, Feinkoagulate, stark durchwurzelt, gerader Übergang
rGoM	- 68 cm	dunkel gelbbraun (10YR3/4), mittel rostfleckig (7,5YR5/6), mSgs, x2, schwach humos, mäßig dicht, Feinkoagulate, mittel durchwurzelt, gleitender Übergang
MrGo	- 99 cm	dunkel gelbbraun (10YR3/4), stark rostfleckig (7,5YR5/6), mSgs, x2, schwach humos, kohärent, dicht, mittel durchwurzelt, gerader Übergang
fAhGo	-112 cm	sehr dunkelgrau (10YR3/1), stark rostfleckig (7,5YR5/6), mSgs, x2, stark humos, mäßig dicht, kohärent, mittel durchwurzelt
Go₁	-138 cm	hell gelbbraun (10YR6/4), sehr stark rostfleckig (7,5YR5/6), mSgs, x2, mäßig dicht, kohärent, mittel durchwurzelt
Go₂	-151 cm	gelbbraun (10YR5/6), stark rostfleckig (7,5YR5/6), mS, x2, kohärent, mäßig dicht
Gro	-180 cm	hell gelbbraun (10YR6/4), mittel rostfleckig (7,5YR5/6), mS, x1, kohärent, mäßig dicht
Gr	-220 cm	graubraun (2,5Y4,5/2), mS, x2, mäßig dicht

Genese und Ökologie: Ursprünglich hatte sich ein Typischer Gley entwickelt, der als Folge ackerbaulicher Nutzung kolluvial überlagert wurde. Die oberen, früher noch vom Grundwasser rezent beeinflussten Horizonte weisen diese Redoximorphiemerkmale infolge einer 1934-1936 um 6-8 dm vorgenommenen Grundwasserabsenkung nur noch relikttisch auf.

Es liegt ein tiefgründig gut durchwurzelbarer Standort mit geringem Angebot an verfügbarem Wasser für Flachwurzler, hingegen hohem Wasserangebot für Tiefwurzler vor. Das Luftangebot der oberen 8 dm ist hoch. Die Nährstoffreserven sind mäßig bei sehr geringem Angebot an verfügbaren Nährstoffen.

Profil G 3

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X				dB				GPV				Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens							
			%	cm/d	g/cm ³	%	g/cm ³	%	0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	IS	gU	mU	IU	T							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18									
1	MAh	0-14	3.4	n.b	1.0	59.7	57.6	39.5	31.4	5.7	17.3	56.7	14.0	4.0	2.8	1.3	3.9									
2	M	-44	10.9	n.b	1.5	44.7	42.2	17.1	11.9	4.3	18.1	56.7	13.4	4.5	3.6	0.2	3.5									
3	rGoM	-68	3.2	n.b	1.5	43.1	41.2	14.0	10.3	3.7	15.4	60.4	12.8	4.4	2.0	1.3	3.7									
4	MrGo	-99	2.7	n.b	1.6	39.6	36.8	17.4	15.5	4.0	24.4	57.1	9.7	3.1	1.8	0.6	3.3									
5	IAhGo	-112	10.1	n.b	1.4	47.5	44.6	27.1	23.9	5.8	16.1	62.7	12.4	3.1	1.6	1.6	2.5									
6	Go ₁	-138	7.2	n.b	1.5	42.2	34.6	15.3	10.7	2.2	15.6	65.3	12.0	2.6	1.0	1.3	2.2									
7	Go ₂	-151	2.7	n.b	1.5	42.2	34.6	15.3	10.7	2.2	13.2	65.1	14.3	3.3	0.5	0.6	3.0									
8	GrD	-180	0.4	n.b	1.5	42.2	34.6	15.3	10.7	2.2	11.5	77.0	9.4	0.8	0.3	0.1	0.9									

Nr.	pH	Kalk CaCO ₂ %	Corg %	Nt ‰	C/N	Feo ‰	Fed ‰	Feo/ Fed	Mno mg/kg	Alo ‰	austauschb. Kationen mmol _c /kg						ΣKAK		BS %
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
1	3.0	0	4.3	2.4	18	1.9	4.3	0.44	25	0.7	9.2	2.4	1.2	0.6	225	238	90	6	
2	3.4	0	1.2	0.8	16	1.8	4.5	0.40	59	0.7	3.7	1.0	0.6	0.4	107	113	49	5	
3	3.9	0	0.6	0.4	14	1.4	3.8	0.37	99	0.7	14.7	0.5	0.5	0.3	54	64	52	16	
4	4.9	0	0.7	0.4	17	1.4	2.8	0.50	8	0.5	15.2	2.2	0.4	0.3	36	54	43	34	
5	4.6	0	2.1	1.3	17	1.5	2.1	0.71	6	0.7	27.2	3.1	0.3	0.4	78	109	86	28	
6	4.7	0	0.6	0.3	20	0.2	2.3	0.09	5	1.0	10.7	0.9	0.2	0.3	40	52	38	23	
7	5.1	0	0.2	<0.2	13	0.2	1.7	0.12	5	0.7	10.6	1.0	0.2	0.4	21	33	24	37	
8	5.0	0	<0.1	<0.1	9	0.1	1.5	0.07	5	0.2	6.1	0.6	0.2	0.5	12	19	11	39	

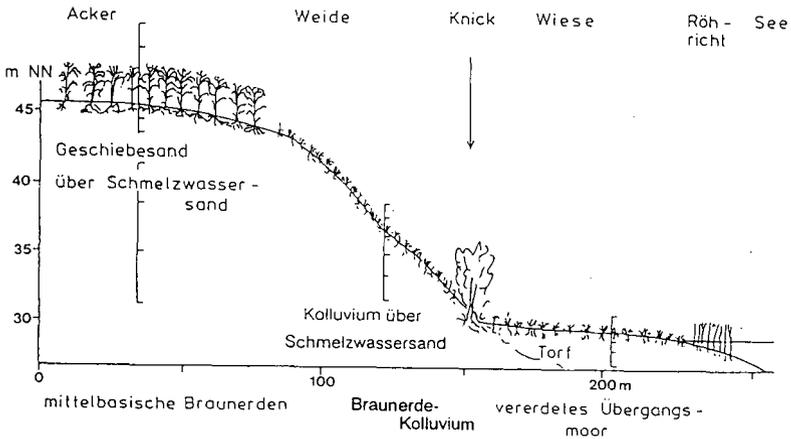


Abb. 4: Bodencatena am Westufer des Belauer Sees unter Agrarnutzung (Schnitt C -- D)

Profil G 4

Lage: Ruhwinkel- Ost (R: 3581.535 H: 5997.125), 760 mm Niederschlag, 8,3° C

Gestein: Torfe/ Flußsand

Relief: Senke, nicht geneigt, 29 m ü. NN, E- exponiert

Vegetation/Nutzung: Alnus glutinosa / Laubwald

Humusform: Feuchtmoder über Torf

Klassifikation: Typisches Niedermoor (FAO: Fibric Histosol)

Grundwasserstand: 4 - 6 dm u. GOF

Beschreibung des Profils

L	4.5-3.5 cm	Streu, vorwiegend bestehend aus Blättern, Ast- und Fruchtstücken von Alnus glutinosa, schwach zersetzt und skelettiert, schütter, schwach durchwurzelt
Of	3.5-0 cm	Streureste, stark zersetzt und zerkleinert, schwach humifiziert, sehr locker, stark durchwurzelt, gleitender Übergang
nH₁	0- 5 cm	dunkel rotbraun (5YR2,5/2), H5-6, sehr locker, krümelig, stark durchwurzelt, gleitender Übergang
nH₂	- 39 cm	sehr dunkelbraun (10YR2/2), H 4, sehr locker, kohärent, mittel durchwurzelt, gleitender Übergang
nH₃	- 64 cm	sehr dunkelbraun (10YR2/2), H 4, sehr locker, kohärent,
nH₄	-115 cm	dunkel rotbraun (5YR2,5/2), H 3, sehr locker
nH₅	-125 cm	sehr dunkelbraun (10YR2/2), H 4, sehr locker, kohärent,
Gor	-180 cm	fahl gelbbraun (10YR6/4), schwach rostfleckig (7,5YR5/6), mS, x1, kohärent, mäßig dicht
Gr	-220 cm	graubraun (2,5Y4,5/2), mS, x2, mäßig dicht

Genese und Ökologie: Ehemals hohe Grundwasserstände ließen ein mittelbasisches Niedermoor entstehen, das z.T. von Strandwalleand durchsetzt ist. Grundwasserabsenkung führte zu einer Vererdung im Oberboden. Im Moor geht die Auflage direkt in den Moorkörper über. Der Abbau der Streu wird in diesem Boden durch zeitweiligen Wasserüberschuß gehemmt. Lignin wird dort abgebaut, wo -zumindest zeitweilig- Sauerstoff auftritt, während es im Wasserbereich akkumuliert und eine Umwandlung in Huminstoffe gebremst wird.

Es handelt sich um einen flachgründigen, luftarmen und nassen Standort. Die Nährstoffreserven sind gering bis mäßig bei mittleren Gehalten an verfügbaren Nährstoffen.

Profil G 4

Nr.	Hor.	Tiefe	X	Kf	dB	GPV	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens							
		cm	%	cm/d	g/cm ³	%	0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	nH ₁	0-5	0.2	n.b	0.2	85.1	85.1	61.6	54.4	10.6								
2	nH ₂	-39	0	n.b	0.1	91.5	91.5	65.5	55.2	7.3								
3	nH ₃	-64	0	n.b	0.1	91.5	91.5	65.5	55.2	7.3								

Nr.	pH	Kalk	Corg	Ni	C/N	Feo	Fed	Feo/Fed	Mno	Alo	austauschb. Kationen mmol _c /kg					ΣKAK	BS	
		CaCl ₂	%	%	%	%	%	%	mg/kg	%	Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	%
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	2.9	0	42.2	2.44	17	1.4	2.4	0.58	39	0.7	330	35	2.4	4.7	1400	1770	550	21
2	3.5	0	35.2	2.14	16	4.4	5.1	0.86	5	2.1	340	14	1.5	6.8	1010	1370	520	26
3	5.2	0	47.3	2.77	17	3.5	3.6	0.97	23	0.4	925	29	7.6	9.1	860	1830	1150	53

Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz

Hor	Tiefe	Fett	Ew	PS	LIG	FS	HS	Hu
	cm	mg/gCorg						
38		39	40	41	42	43	44	45
L		4.5-3.5	126	13	175	409	32	99
Of1		-2.5	73	13	156	490	17	102
Of2		-0	68	23	144	300	16	102
nH1		0-5	59	23	112	222	12	200
nH2		-39	82	24	167	379	13	148

Interpretation der Humusdaten Profil G 4

Der morphologisch beobachtete zunehmende Humifizierungsgrad von L-Horizont bis zum ersten Niedermoorhorizont entspricht der relativen Zunahme der Humine. Die Fett-, Polysaccharid- und Ligningehalte nehmen dementsprechend mit zunehmender Tiefe relativ ab. Der zweite Niedermoorhorizont stellt demgegenüber sowohl morphologisch als auch chemisch weniger humifizierter Torf da.

Profil G 5

Lage: Ruhwinkel- Ost (R: 3581.255 H: 5996.565), 760 mm Niederschlag, 8,3° C

Gestein: Geschiebesand/ Schmelzwassersand

Relief: Kuppe, sehr schwach geneigt, 45 m ü. NN, E- exponiert

Vegetation/Nutzung: Digitarietum ischaemi / Acker (Mais)

Humusform: Mull

Klassifikation: Typische Braunerde (FAO: Cambic Arenosol)

Beschreibung des Profils

Ap	0-32 cm	sehr dunkel graubraun (10YR3/2), Su2, x3, mittel humos, locker, subpolyedrisch, stellenweise krümelig, stark durchwurzelt, gerader Übergang
AhBv	- 44 cm	dunkel gelbbraun (10YR4/4), Su2, x3, schwach humos, locker, subpolyedrisch, mittel durchwurzelt, gerader Übergang
Bv₁	- 80 cm	gelbbraun (10YR5/6), Su2, x2, mäßig dicht, Feinkoagulate, griebig, schwach durchwurzelt, gerader Übergang
Bv₂	- 90 cm	gelbbraun (10YR5/4), Sl2, x2, mäßig dicht, subpolyedrisch, sehr schwach durchwurzelt, gerader Übergang
(Al)Bv	-117 cm	gelbbraun (10YR5/4), mSfs, x2, mäßig dicht, singulär, schwach welliger Übergang
BbtC	-135 cm	hellbraun (10YR6/3) mSgs, mit schwach ausgeprägten Tonbändern, x3, mäßig dicht, singulär, gleitender Übergang
rGBv	-150 cm	kräftig braun (7,5YR4/6), mSgs, x3, mäßig dicht, singulär, schwach hüllig, gerader Übergang
BbsC	-200 cm	hellbraun (10YR6/3), mSgs, mit Eisenbändern, x2, mäßig dicht, singulär

Genese und Ökologie: Nach Humusakkumulation, Entkalkung (gegenwärtig bei ca. 30 dm u. GOF), Entbasung, Verbraunung und Verlehmung ist es zur Ausbildung einer Braunerde gekommen, die im Untergrund durch reliktsche Redoximorphiemerkmale gekennzeichnet ist. Weiterhin wurden im Untergrund sehr schwach ausgeprägte Tonbänder nachgewiesen. Im Vergleich zur Braunerde unter Wald ist unter Acker der Eiweißgehalt höher, ebenso die mikrobielle Aktivität.

Es liegt ein tiefgründiger, grundwasserferner, trockener und stark durchlüfteter Standort mit mäßigen Nährstoffreserven und mäßigen bis mittleren Gehalten an verfügbaren Nährstoffen vor.

Profil G 5

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	dB g/cm ³	GPV %	Vol. % Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens							
							0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Ap	0-32	27	n.b	1.2	53	44.5	26.8	14.4	6.1	18.3	40.0	25.3	7.5	3.0	2.2	3.7	
2	AhBv	-44	26	n.b	1.2	53	39.4	23.8	12.5	4.3	10.5	35.0	33.3	8.9	4.7	3.5	4.1	
3	Bv ₁	-80	11	n.b	1.4	47	36.4	24.7	13.1	4.6	7.6	28.5	50.8	7.8	2.8	0.7	1.8	
4	Bv ₂	-90	15	n.b	1.5	44	36.8	24.2	20.2	8.5	8.5	36.0	31.1	8.2	6.5	1.8	7.9	
5	(A)Bv	-117	10	n.b	1.5	44	35.3	27.5	8.8	2.9	4.0	55.5	34.4	1.9	0.2	0.8	3.2	
6	BbiC	-135	34	n.b	1.5	44	35.3	27.5	8.8	2.9	35.5	57.5	2.6	0.2	0.2	1.6	2.4	
7	rGBv	-150	15	n.b	1.5	45	36.2	29.0	7.9	1.5	20.5	60.0	11.9	2.5	2.7	0.2	2.2	
8	BbsC	-200	11	n.b	1.5	45	36.2	29.0	7.9	1.5	21.5	70.5	4.6	0.1	0.3	1.2	1.8	

Nr.	pH	Kalk %	Corg %	Nl ‰	C/N	Feo ‰	Fed ‰	Feo/ Fed	Mno mg/kg	Ab ‰	austauschb. Kationen mmol _c /kg				ΣKAK		BS	
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot		eff
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	5.4	0	1.8	1.5	12	1.6	5.3	0.30	29.6	1.3	45.1	4.0	4.0	1.3	51.8	106	88	51
2	5.7	0	0.6	0.4	15	0.9	4.3	0.21	20.8	2.3	38.3	1.4	1.6	0.7	26.3	68	57	62
3	5.4	0	0.3	0.3	10	0.6	2.2	0.27	8.6	1.4	14.8	0.4	0.7	0.3	14.0	30	25	54
4	4.2	0	0.1	<0.2	8	0.7	4.2	0.17	7.2	1.1	16.2	1.2	1.2	0.6	45.8	65	41	30
5	4.4	0	0.1	0.1	10	0.4	1.9	0.21	11.3	0.5	6.1	0.8	0.8	0.4	26.1	34	22	24
6	4.4	0	<0.1	<0.1	10	0.4	2.2	0.18	8.4	0.3	8.5	0.2	0.3	0.2	24.4	34	24	27
7	4.3	0	<0.1	<0.1	12	0.6	7.2	0.08	7.9	0.2	5.5	0.9	0.7	0.5	17.5	25	17	30
8	4.5	0	0.0	0.0		0.4	1.6	0.25	6.1	0.4	6.0	0.2	0.2	0.3	13.0	20	11	34

Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz

Hor	Tiefe	Fett	Eiw	PS	LIG	FS	HS	Hu
	cm	mg/gCorg						
Ap	0 - 32	63	69	214	132	53	407	63

Interpretation der Humusdaten Profil G 5

Der Ap-Horizont der Acker-Braunerde weist im Vergleich zum Ah-Horizont der Braunerde unter Wald (G1) besonders hohe Gehalte an Huminsäuren auf. Beachtliche relative Eiweißgehalte dürften auch hier durch hohe biologische Aktivität verursacht sein.

Profil G 6

Lage: Ruhwinkel- Ost (R: 3581.335 H: 5995.850), 760 mm Niederschlag, 8,3° C

Gestein: Kolluvium/ Schmelzwassersand

Relief: Mittelhangmulde, mittel- schwach geneigt, 37 m ü. NN, E- exponiert

Vegetation/Nutzung: Lolio-Cynosuretum / Grünland

Humusform: Mull

Klassifikation: Braunerde- Kolluvium (FAO: Cumuli Aric Anthrosol)

Beschreibung des Profils

MAh	0-14 cm	sehr dunkel graubraun (10YR3/2), Su2, x3, schwach humos, locker, krümelig, stellenweise singulär, stark durchwurzelt, diffuser Übergang
M₁	-35 cm	dunkelbraun (10YR3,5/3), Su2, x2, schwach humos, mäßig dicht, krümelig, teilweise singulär, mittel durchwurzelt, gerader Übergang
M₂	-52 cm	dunkel gelbbraun (10YR4/4), Si2, x2, schwach humos, mäßig dicht, singulär, schwach durchwurzelt, gerader Übergang
fAh	-71 cm	dunkelbraun (10YR3,5/3), mS, x2, schwach humos, mäßig dicht, singulär, schwach durchwurzelt, gerader Übergang
Bv₁	-107 cm	dunkel gelbbraun (10YR4/6), mSgs, x2, mäßig dicht, singulär, gerader Übergang
rGBv	-125 cm	kräftig braun (7,5YR4/6), mSgs, x3, mäßig dicht, singulär, stellenweise leicht hüllig
Bv₂	-151 cm	gelbbraun (10YR5/6), mSfs, x2, mäßig dicht, singulär, gerader Übergang
BbsC	-200 cm	hell gelbbraun (10YR6/4), mSgs, Fe- Bänder (7,5YR4/6), x2, mäßig dicht, singulär

Genese und Ökologie: Nach Humusakkumulation, Entkalkung, Entbasung, Verbraunung und Verlehmung ist es zur Ausbildung einer Braunerde gekommen, die später von einem Kolluvium überdeckt wurde. Neben einem höheren Eiweißgehalt ist auch hier im Vergleich zu den Waldböden eine höhere mikrobielle Aktivität festzustellen, die zu einem Abbau der OBS geführt hat.

Der Standort ist als sehr tiefgründig, trocken und luftreich einzuschätzen. Die Gehalte an verfügbaren Nährstoffen sind mittel, die Nährstoffreserven ebenfalls.

Profil G 6

Nr.	Hor.	Tiefe	X	kf	dB	GPV	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens							
		cm	%	cm/d	g/cm ³	%	0,6	1,8	2,5	4,2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	MAh	0-14	17,0	n.b	1,3	50,3	44,2	21,8	16,6	2,8	12,4	43,7	24,7	7,7	4,9	2,8	4,0	
2	M ₁	-35	13,2	n.b	1,3	49,2	42,0	18,5	11,0	2,4	12,1	47,8	25,6	5,4	4,5	1,5	3,1	
3	M ₂	-52	11,0	n.b	1,3	49,6	42,1	18,9	2,9	2,9	13,0	51,0	18,9	6,9	1,8	1,8	6,6	
4	fAh	-71	12,0	n.b	1,4	46,3	39,7	10,4	7,1	2,5	13,5	58,0	16,0	5,9	0,3	3,2	3,1	
5	Bv ₁	-107	8,4	n.b	1,5	44,9	34,6	9,5	5,4	1,6	16,0	57,0	18,2	4,2	3,2	0,1	1,3	
6	rGBv	-125	19,5	n.b	1,5	43,8	31,6	8,2	5,0	2,2	18,0	62,5	11,6	1,9	0,8	0,5	4,7	
7	Bv ₂	-151	4,8	n.b	1,4	46,0	40,8	9,5	5,6	2,0	10,0	68,0	19,5	1,0	0,2	0,3	1,0	
8	BbsC	-200	5,8	n.b	1,4	46,0	40,8	9,5	5,6	2,0	15,5	63,5	19,8	0,2	0,3	0,1	0,6	

Nr.	pH	Kalk	Corg	Nt	C/N	Feo	Fed	Feo/Fed	Mno	Alo	austauschb. Kationen mmol _c /kg								ΣKAK	BS
		CaCl ₂	%	%	% _c	% _c	% _c		mg/kg	% _c	Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	%		
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
1	5,2	0	0,9	0,9	10	1,2	4,4	0,27	31	1,4	45,6	2,6	3,5	0,6	49	101	76	52		
2	5,8	0	0,8	0,7	11	1,1	4,1	0,27	22	1,2	51,9	2,6	3,1	0,7	26	84	74	69		
3	5,6	0	0,8	0,6	12	0,8	3,7	0,22	21	1,3	39,3	1,6	1,7	0,5	22	65	58	66		
4	5,1	0	0,8	1,0	8	1,2	2,5	0,48	33	1,5	43,1	1,5	2,1	0,5	35	82	67	57		
5	4,6	0	0,3	0,2	15	0,8	2,6	0,31	14	1,1	11,0	<0,1	0,6	0,5	22	34	19	37		
6	4,6	0	0,1	0,1	10	1,1	5,4	0,20	4	0,6	9,1	0,2	0,3	0,3	17	27	15	37		
7	4,6	0	0,1	<0,1	13	0,3	1,1	0,27	4	0,4	6,3	0,4	0,2	0,3	12	19	12	38		
8	4,7	0	<0,1	<0,1	16	0,2	0,9	0,22	3	0,5	7,1	0,2	0,1	0,2	13	20	12	37		

Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz

Hor	Tiefe	Fett	Etw	PS	LIG	FS	HS	Hu	
	cm	mg/gCorg							
38		39	40	41	42	43	44	45	46
MAh		0-14	52	58	218	221	30	289	130
M ₁		-35	46	56	161	159	26	327	220

Interpretation der Humusdaten Profil G 6 und G 7

In beiden Kolluvien ist bis in große Tiefe organische Substanz akkumuliert, sie zeichnen sich mithin durch eine große Humusmenge aus. Im Vergleich zur Rostbraunerde aus Kolluvium unter Wald (Profil G 2) ist eine wesentlich höhere mikrobielle Aktivität vorhanden (BEYER et al. 1992).

Profil G 7

Lage: Ruhwinkel- Ost (R: 3581.36 H: 5995.58), 760 mm Niederschlag, 8,3° C

Gestein: Kolluvium/ Schmelzwassersand

Relief: Hangfuß, mittel geneigt, 32 m ü. NN, E- exponiert

Vegetation/Nutzung: Lolium-Cynosuretum / Grünland

Humusform: Mull

Klassifikation: Typisches Kolluvium (FAO: Cumuli Aric Anthrosole)

Beschreibung des Profils

MAh	0-14 cm	sehr dunkel graubraun (10YR3/2), mSfs, x2, schwach humos, locker, krümelig, stark durchwurzelt, gerader Übergang
M₁	- 39 cm	dunkelbraun (10YR3,5/3), mSfs, x3, schwach humos, mäßig dicht, Feinkoagulate, mittel durchwurzelt, diffuser Übergang
M₂	- 80 cm	dunkelbraun (10YR4/3), mSfs, x2, schwach humos, mäßig dicht, Feinkoagulate, schwach durchwurzelt, diffuser Übergang
M₃	-124 cm	dunkel gelbbraun (10YR4/4) Si2, x2, mittel humos, mäßig dicht, schwach durchwurzelt, scharfer Übergang
fAh	-141 cm	sehr dunkel graubraun (10YR3/2), Si2, x2, mittel humos, mäßig dicht, Feinkoagulate, mittel durchwurzelt, gerader Übergang
Bv₁	-176 cm	dunkel gelbbraun (10YR4/6), mSfs, x2, mäßig dicht, singulär
Bv₂	-200 cm	gelbbraun (10YR5/4), Su2, x3, mäßig dicht, singulär

Genese und Ökologie: Nach Humusakkumulation, Entkalkung, Entbasung, Verbraunung und Verlehmung ist es zur Ausbildung einer Braunerde gekommen. Durch Kolluvierung infolge landwirtschaftlicher Nutzung ist diese Braunerde tiefgründig vergraben worden.

Der Standort ist als sehr tiefgründig, trocken und luftreich einzuschätzen. Die Gehalte an verfügbaren Nährstoffen sind mäßig, die Nährstoffreserven mittel.

Profil G 7

Nr.	Hor.	Tiefe	X	kl	dB	GPV	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens						
		cm	%	cm/d	g/cm ³	%	0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	MAh	0-14	12.8	n.b	1.3	51	39.7	29.2	7.7	3.5	9.8	57.4	23.2	6.7	0.5	0.4	2.0
2	M ₁	-39	18.8	n.b	1.4	46	37.4	19.5	4.8	2.5	12.0	56.0	24.1	2.3	2.2	1.7	1.7
3	M ₂	-80	10.4	n.b	1.4	46	38.2	22.3	7.0	3.2	13.1	54.8	19.2	4.6	2.9	1.2	4.2
4	M ₂	-124	7.6	n.b	1.4	47	39.2	21.0	7.5	3.2	6.5	52.0	25.0	7.3	0.0	3.4	5.8
5	fAh	-141	7.3	n.b	1.4	47	42.3	27.4	11.1	4.8	11.5	56.0	19.5	4.8	0.4	2.5	5.3
6	Bv ₁	-176	8.2	n.b	1.4	46	39.9	17.3	4.4	2.6	12.5	59.5	20.2	4.1	1.0	1.5	1.2
7	Bv ₂	-200	27.3	n.b	1.4	46	39.9	17.3	4.4	2.6	20.5	47.5	19.9	5.6	2.5	2.0	2.0

Nr.	pH	Kalk	Corg	NI	C/N	Feo	Fed	Feo/ Fed	Mno	Al _o	austauschb. Kationen mmol _c /kg						ΣKAK			BS
		%	%	% _e	mg/kg	% _e	Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	%						
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37		
1	5.4	0	0.9	0.8	12	0.7	2.7	0.26	16	0.9	24.9	2.4	1.3	1.2	25	55	47	54		
2	5.3	0	0.8	0.6	15	1.0	2.9	0.34	33	0.9	41.5	1.3	1.1	0.6	36	80	68	56		
3	5.3	0	0.6	0.4	14	0.8	2.8	0.29	6	1.2	31.2	1.3	1.2	0.5	26	60	50	57		
4	5.5	0	0.5	0.4	12	1.0	3.0	0.33	5	1.4	28.9	1.3	1.9	0.6	30	63	56	52		
5	5.1	0	1.6	1.3	12	1.4	2.8	0.5	24	1.5	34.4	2.2	1.6	0.5	35	74	58	53		
6	5.3	0	0.3	0.3	13	1.2	3.5	0.34	3	2.1	14.2	0.3	0.7	0.3	14	29	23	53		
7	5.5	0	0.2	0.1	12	0.5	3.0	0.17	4	1.2	10.9	0.4	0.4	0.8	7	20	17	64		

Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz

Hor	Tiefe	Fett	Elw	PS	LIG	FS	HS	Hu
	cm	mg/gCorg						
3B		39	40	41	42	43	44	46
MAh	0-14	43	102	199	194	32	341	90
M ₁	-39	41	55	240	136	81	314	105

Profil G 8

Lage: Ruhwinkel- Ost (R: 3581.40 H: 5996.585), 760 mm Niederschlag, 8,3° C

Gestein: Torfe/ Mudden/ pleist. Sande

Relief: Senke, fast nicht geneigt, 29 m ü. NN, E- exponiert

Vegetation/Nutzung: Ranunculo-Alopecuretum geniculati / Feuchtgrünland

Humusform: Feuchtmull

Klassifikation: Typisches Übergangsmoor (FAO: Fibric Histosol)

Grundwasserstand: 3 - 4 dm u. GOF

Beschreibung des Profils

Aa	0-25 cm	sehr dunkelbraun (10YR2/2), H7, stellenweise Sandeinmischung, sehr locker, krümelig, sehr stark durchwurzelt, gerader Übergang
uH₁	- 48 cm	dunkel rotbraun (5YR3/3), H3, sehr locker, kohärent, mittel durchwurzelt
uH₂	- 80 cm	rotbraun (5YR4/3), H3-4, sehr locker, kohärent
nH₁	-139 cm	schwarz (10YR2/1), H5, locker, kohärent
nH₂	-243 cm	dunkel rotbraun (5YR2,5/2), H9, kohärent
nH₃	-300 cm	schwarz (5YR2,5/1), H9, kohärent

Genese und Ökologie: Die Basis dieses Moores wird von teilweise stark reliefierten pleistozänen Sanden gebildet. Mit Beginn der limnischen Sedimentation wurden minerogene, spätglaziale Mudden abgelagert, darüber folgen postglaziale Kalkmudden, die wiederum von Niedermoor torfen überlagert werden (BAUMANN et al. 1989). Eine 8- 10 dm mächtige Braunmoorstorflage überlagert das Niedermoor, das unter dem Einfluß landwirtschaftlicher Nutzung oben stark humifiziert ist. Das Übergangsmoor ist durch Vererdung und evtl. am Rande des Moores geringe kolluviale Überdeckung geprägt. Im Aa- Horizont ist gegenüber dem Niedermoor ein deutlich höherer Huminsäuregehalt nachweisbar.

Der Standort ist flachgründig, naß und luftarm. Die Gehalte an verfügbaren Nährstoffen sind bedingt durch die Düngung hoch, die Nährstoffreserven gering- mäßig.

Profil G 8

Nr.	Hor.	Tiefe	X	kf	dB	GPV	Vol.% Wasser b. pF				Körnung in % des kalk- u. humusfreien Feinbodens							
							0.6	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
		cm	%	cm/d	g/cm ³	%	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	Aa	0-25	1.5	n.b	0.6	58.6	58.4	56.7	49.2	8.2								
2	uH ₁	-48	1.0	n.b	0.3	81.4	81.4	58.7	51.3	9.1								
3	uH ₂	-80	0.7	n.b	0.2	81.4	81.4	58.7	51.3	9.1								

Nr.	pH	Kalk g	Cor g	Nt %	C/N %	Feo %	Fed %	Feo/ Fed	Mno mg/kg	Ak %	austauschb. Kationen mmol _c /kg					ΣKAK			BS
											Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	%	
19	2.0	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	
1	5.7	0	11.3	1.0	12	1.9	3.4	0.56	40	1.5	183	24	2.1	2.2	222	434	354	49	
2	5.7	0	41.2	1.8	23	3.6	4.6	0.78	23	0.9	691	12	2.3	3.1	586	1294	958	55	
3	6.0	0	44.7	1.9	24	2.5	2.9	0.86	6	0.3	734	13	1.5	6.9	522	1277	1041	54	

Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz

Hor	Tiefe	Fett	Eiw	PS	LIG	FS	HS	Hu
	cm	mg/gCorg						
38		39	40	41	42	43	44	45
Aa	0 - 25		32	42	124	166	28	371
uH ₁		48	26	22	91	270	10	142

Interpretation der Humusdaten Profil G 8

Die Entwässerung des Übergangsmoors führte zu einer Intensivierung der Zersetzung und Humifizierung. Der Aa-Horizont weist daher deutlich mehr Huminstoffe und weniger Streustoffe als der darunterliegende Torf auf.

VI. Literatur

Baumann, A., Plate, C. & H. Usinger (1989): Paläoökologische Untersuchungen an Sedimenten der Verlandungszone des Belauer Sees, Poster zum Symposium 'Konzepte zur Ökosystemforschung, Kiel

Beyer, L., H.-P. Blume, H.-R. Schulten (1991): Zur Charakterisierung des Humuskörpers von Kolluviosolen zweier benachbarter Catenen unter Wald und Acker mittels Naßchemie, CPMAS-13C-NMR und Py-FIMS. Mitt. Dtsch. Bodenk. Ges. 66, 771-774

Beyer, L., Blume, H.-P., Schleuß, U., Fründ, R. & H.-R. Schulten (1992): Die Veränderung des Humuskörpers eines Kolluviosols nach Aufforstung im Vergleich zu benachbarten landwirtschaftlich genutzten Kolluviosolen, Forstw. Cbl. 111, 307-319

Beyer, L., Imler, U., Schleuß, U. & C. Wachendorf (1993): Humuschemischer Vergleich einer Braunerde unter Wald und Acker im Gebiet der Bornhöveder Seenkette, Proceedings III. Huminstoffsymposium, Kiel (im Druck)

Ellenberg, H., Fränze, O. & P. Müller (1978): Ökosystemforschung im Hinblick auf Umweltpolitik und Entwicklungsplanung, Bundesministerium des Innern, Forschung im Bereich Umweltangelegenheiten, 144 S.

Fränze, O., Kuhnt, D., Kuhnt, G. & R. Zöllitz (1987): Auswahl der Hauptforschungsräume für das Ökosystemforschungsprogramm der Bundesrepublik Deutschland, Umweltschutzplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Forschungsbericht 10104043/02, Kiel

Leitungsgremium (Hrsg.) (1992): Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette - Arbeitsbericht 1988-1991, EcoSys 1, 1- 338, Kiel

Müller, F. & O. Fränze (1991): Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette - Konzept und Stand der Arbeiten, Verh. Ges. Ökol., 20, 95- 106

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

Schleuß, U. (1992): Böden und Bodenschichten einer Norddeutschen Moränenlandschaft, EcoSys Suppl. Bd. 2, 185 S., Kiel

Schlichting, E. & H.-P. Blume (1966): Bodenkundliches Praktikum, P. Parey Verlag, Berlin & Hamburg, 209 S.

Spranger, T. (1992): Erfassung und ökosystemare Bewertung der atmosphärischen Deposition und weiterer oberirdischer Stoffflüsse im Bereich der Bornhöveder Seenkette, EcoSys Suppl. Bd. 4, 153 S., Kiel

Windhorst, W. (1991): Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette - Datenverarbeitung und Modellbildungsstrategie, Verh. Ges. Ökol., 20, 107-117

Danksagung

Das FE- Vorhaben 'Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette' wird vom BMFT und dem Land Schleswig- Holstein dankenswerterweise gefördert. Allen MitarbeiterInnen des Projektes, insb. C. Aue, A. Branding, K. Schalk, T. Spranger (UBA Berlin), H. Wetzel und G. Venebrügge danken wir für die Überlassung von Daten und Korrekturen am Manuskript.

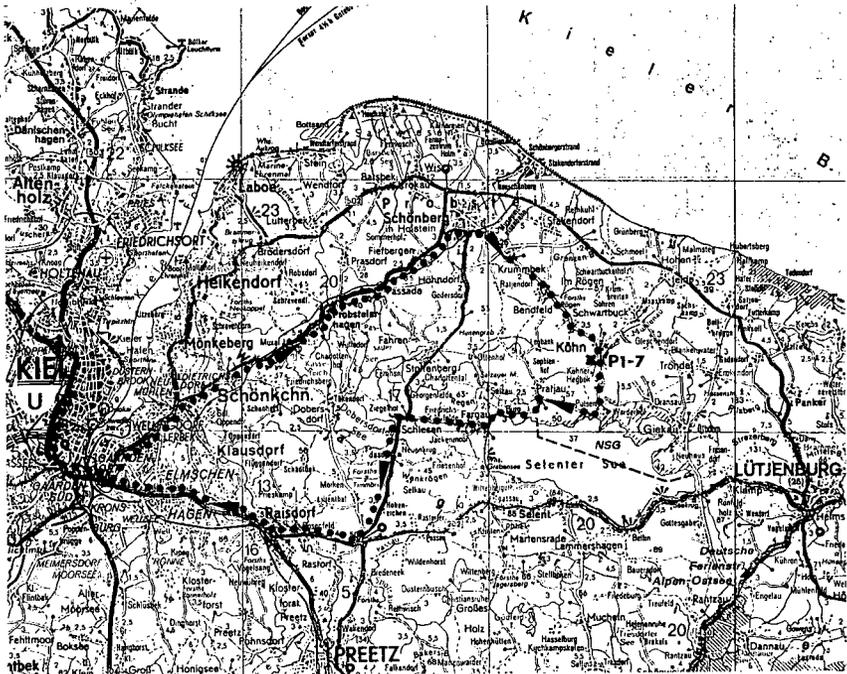
Notizen:

Exkursion H

Bodengesellschaften der Probstei / Ostholstein

Leitung: R. Lichtfuss

Umweltbehörde - Amt für Umweltschutz, Gazellenkamp 38, 2000 Hamburg



◄----- Exkursionsroute H

Bodengesellschaft der Probstel/Ostholstein
Horizont-, Profil- und Landschaftsbilanzen von Spurenelementen
von
Rudolf Lichtfuss *

1 Einleitung

Die Landschaften des nordischen Jungpleistozäns sind gekennzeichnet durch eine kleinräumige Vergesellschaftung verschiedener Varietäten von Braunerden, Parabraunerden, Pseudogleyen, Gleyen und Niedermooren [1,2]. Diese vorwiegend durch das Relief bedingte Variabilität der Böden spiegelt sich in einer Vielzahl von Merkmalen wider, unter anderem auch in den Gehalten verschiedener Spurenelemente (Schwermetalle).

Die kleinräumige Variabilität der Spurenelementgehalte in den Böden aus jungpleistozänem Geschiebemergel ist zum Teil auf lithogene Unterschiede in der Korngrößenverteilung zurückzuführen. Andererseits haben während der Bodenentwicklung stattgefundenen Tonverlagerung, Erosion und andere physikalische Translokationsprozesse sowie vertikale und laterale Verlagerungen der Spurenelemente in gelöster Form zu An- und Abreicherungen dieser Elemente in verschiedenen Teilen der Bodenlandschaft geführt. Diese geo- und pedogen bedingten Variabilitäten sind möglicherweise durch anthropogenen und atmogenen Eintrag dieser Elemente überlagert.

Zur Darstellung der räumlichen Variabilität von Bodenmerkmalen wurde eine größere Anzahl von Bodenprofilen aus zwei benachbarten Kleinlandschaften unter Acker- und Waldnutzung auf verschiedene Parameter untersucht; die naturnahen Kleinlandschaften sind Teil der kuppigen jungpleistozänen Grundmoräne nördlich des Selenter Sees, nahe der Ortschaft Köhn, (s. Abb. 1; "Wald Köhn" 35 Profile, "Acker Köhn" 31 Profile; insgesamt 384 Horizonte).

Im Rahmen der Exkursion werden 7 der insgesamt 9 Leitprofile der Wald-Leitcatena (P1 - P7; ursprüngliche Bezeichnung W1 - W9, s. Abb. 1) vorgeführt; die Analysendaten der Profile sind in Tab. 1.1-1.7 zusammen mit den Profilbeschreibungen und -interpretationen dargestellt. Neben der allgemeinen Profilcharakterisierung wird ein Schwerpunkt in der Darstellung der räumlichen Variabilität und Bilanzierung der Gehalte und Mengen von Spurenelementen liegen.

2 Horizont-, Profil- und Landschaftsbilanzen von Spurenelementen

In jungpleistozänen Böden ergeben sich aus der Differenz zwischen den sogenannten *mineralischen Gehalten* (Def.s.u.) und den *Gesamtgehalten* an Spurenelementen *Gewinne* bzw. *Verluste* dieser Elemente, die auf bestimmte pedogenetische Prozesse zurückzuführen sind. Zu diesen Prozessen gehört vor allem die räumliche Differenzierung infolge der Verlagerung dieser Elemente in löslicher Form, aber auch der Verlagerung durch die Vegetation oder mit organischen Substanzen. Diese natürlichen Differenzierungsvorgänge werden möglicherweise durch den anthropogenen Eintrag dieser Elemente überlagert.

* Umweltbehörde - Amt für Umweltschutz, Gazellenkamp 38, 2000 Hamburg 54

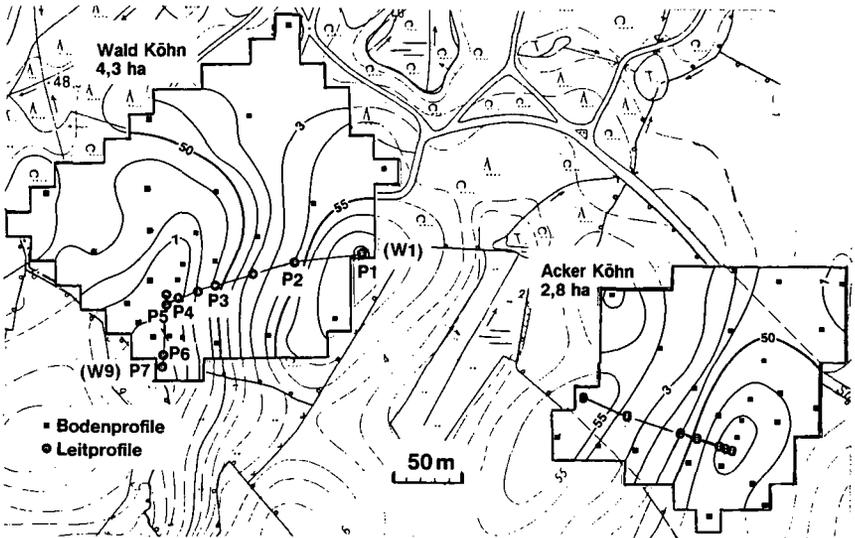


Abb. 1. Lage und Topographie des Untersuchungsgebietes Köhn (Exkursion H), Abgrenzung der Kleinlandschaften "Acker Köhn" und "Wald Köhn", Lage der Bodenprofile P1 - P7 der Wald-Leitcatena (aus Meßtischblatt 1:5000 Pratjau 3592 Rechts 6022 Hoch; [P1 = 93,491R 23,463H])

2.1 Definitionen von Schwermetallgehalten in Böden

Der lithogene Gehalt ist der Schwermetall(SM)-Gehalt des Ausgangsgesteins, d.h. des Gesteins zu Beginn der Bodenbildung.

Pedogenetische Prozesse führen zur Umwandlung des Gesteins und zu Verlagerungen von Stoffen in Böden und Landschaften. Der geogene, natürliche SM-Gehalt ergibt sich damit aus dem lithogenen Gehalt \pm Änderung durch natürliche pedogenetische Prozesse (eine andere, mehr pedogenetisch orientierte Definition s. [3]).

Für Böden aus pleistozänen Lockersedimenten lassen sich die pedogenetischen Prozesse prinzipiell in zwei Gruppen unterteilen, womit eine differenzierte Definition des geogenen Gehaltes möglich ist: Der minerogene SM-Gehalt ergibt sich aus dem lithogenen Gehalt + relative Anreicherung infolge Entkalkung oder/und \pm Änderung durch pedogenetische Verlagerung von SM in fester mineralischer Form (z. B. Tonverlagerung). Da in den relativ jungen Böden des Jungpleistozäns Prozesse der Tonbildung oder -zerstörung bisher kaum stattgefunden haben [1], können die minerogenen SM-Gehalte einzelner Solumphorizonte aus den SM-Gehalten in den Korngrößenfraktionen des Geschiebemergels und der Korngrößenverteilung der jeweiligen Horizonte errechnet werden [4].

Die erweiterte Definition des geogenen SM-Gehaltes ist dann der minerogene Gehalt \pm Änderung durch pedogenetische Verlagerung in gelöster und/oder organisch gebundener fester Form.

Der anthropogene SM-Gehalt ergibt sich aus dem gemessenen Gesamtgehalt abzüglich des geogenen Gehaltes.

2.2 Definition und Abgrenzung von Bodenkompartmenten

Oberboden = Summe der obersten Bodenhorizonte bis zu einer Tiefe, in der eine silicatische Feinerde-Masse von 450 kg/m^2 erreicht wird;
z. B. enthält das Kompartiment Oberboden des Ackers im Mittel eine Feinerdemasse von 463 kg/m^2 mit 13 kg/m^2 org. Subst. und Carbonate (s. Tab. 2)

Unterboden = Summe der Horizonte zwischen Oberboden und Geschiebemergel
[Wenn Geschiebemergel-Oberkante $< 130 \text{ cm}$:
Untergrenze des Unterbodens = mind. Durchwurzelungstiefe, max. 130 cm]

Solum = Summe aller Bodenhorizonte

2.3 Zur Bilanzierung von Schwermetallen

In naturnahen hügeligen Landschaften ist die Quantifizierung des anthropogenen Eintrages an SM anhand der Gesamtgehalte oder der Bilanzen einzelner Profile prinzipiell nicht möglich, da nicht zwischen lateraler Zufuhr/Wegfuhr und anthropogenem Input unterschieden werden kann. Auch die flächenhafte Betrachtung und Bilanzierung des Oberbodens läßt eine solche Abschätzung nur bedingt zu, da eventuelle Gewinne im Oberboden durch Verluste im Unterboden kompensiert werden können. Erst die Bilanzierung des gesamten Solums (= Summe aller Horizonte) der gesamten Kleinlandschaft ermöglicht eine Schätzung von Gehalt oder Menge der SM anthropogener Herkunft.

Ein nennenswerter Austrag an SM mit festen Stoffen sowie der meisten SM (z. B. Pb, Zn, Cd) in gelöster Form aus der Landschaft ist nicht wahrscheinlich. D.h., daß im Solum im Flächenmittel die pedogenen Verluste und Gewinne ausgeglichen sind und damit das Flächenmittel des geogenen Gehaltes dem des minerogenen Gehaltes entspricht; dieses wiederum bedeutet, daß im Flächenmittel aus der Differenz des Gesamtgehaltes und des minerogenen Gehaltes der mittlere anthropogene SM-Gehalt des Solums der gesamten Landschaft resultiert.

Für Eisen und vor allem für Mangan ist eine solche Betrachtungsweise stark eingeschränkt, da diese Elemente wegen ihrer hohen Mobilität bei niedrigen Redoxpotentialen relativ leicht lateral aus der Landschaft in die Vorfluter transportiert werden (s.unten).

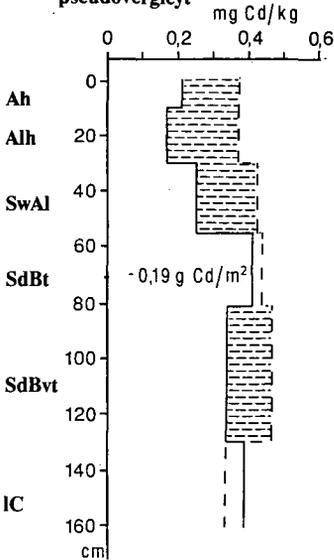
2.4 Darstellung der Ergebnisse der Bilanzierung

Exemplarisch sind für **Mangan, Cadmium** und **Blei** bei den jeweiligen Profilbeschreibungen neben den Gesamt- und minerogenen Gehalten die *Horizont- und Profilbilanzen* tabellarisch dargestellt (Tab. 1.1-1.7). Abb. 2 zeigt beispielhaft die Tiefenfunktionen für Cd_t und Cd_{min} der Profile P1 und P6.

Für die Kompartimente Oberboden und Unterboden der beiden benachbarten Kleinlandschaften unter Acker und Wald werden die Variabilitäten der Gesamt- und minerogenen Gehalte sowie der Profil-Bilanzen von Mn als *Isolinien-Karten* und *Flächen-Häufigkeiten* dargestellt (Abb. 6 u. 7); Abb. 4 u. 5 zeigen außerdem die Isolinienkarten der pH-Werte und der Cd-Gehalte der Oberböden.

In Abb. 3 wird das für die Kartenherstellung verwendete *Interpolationsverfahren* beschrieben. Für den Vergleich der Acker- und Waldnutzung wurden aus den interpolierten Rasterwerten *Landschafts-Mittelwerte* bzw. *-Bilanzen* für Mn, Cd und Pb errechnet (Tab. 2).

P1 Braunerde-Parabraunerde pseudovergleyt



P6 Humusgley

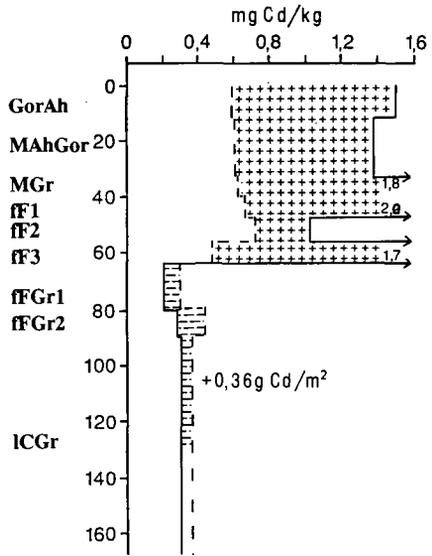


Abb. 2. Gesamt- (—) und minerogene (-----) Cd-Gehalte in der pseudovergleyten Braunerde-Parabraunerde P1 (Kuppe) und dem Humusgley P6 (Senke) der jungpleistozänen Kleinlandschaft "Wald Köhn"

Algorithmus:

$$f_a = \frac{\overline{RF}}{\overline{AF}} \quad f_b = \frac{\overline{RD}}{\overline{BD}} \quad f_c = \frac{\overline{RE}}{\overline{CE}}$$

$$f_a + f_b + f_c = 1$$

$$X_r = X_a \cdot f_a + X_b \cdot f_b + X_c \cdot f_c$$

$$M_r = \frac{(M_a \cdot X_a \cdot f_a + M_b \cdot X_b \cdot f_b + M_c \cdot X_c \cdot f_c)}{X_r}$$

A B C = Meßpunkte (Index a b c) R = Rasterpunkt (Index r)

D E F = Schnittpunkte der Geraden \overline{AR} \overline{BR} \overline{CR} mit den gegenüberliegenden Dreiecksseiten

f = Gewichtungsfaktor für die Meßpunkte A B C
X = Masse/Flächeneinheit des betrachteten Bodenkompartimentes
M = Merkmalswert (numerisch, z. B. Gehalt in mg/kg)
z. B. M_a = Merkmalswert am Meßpunkt A
 M_r = interpolierter Merkmalswert am Rasterpunkt R

Abb. 3. Interpolation zur Schätzung von Rasterwerten
Schematische Darstellung der Rechenoperationen des für die Schätzung der Rasterwerte verwendeten Triangulations-Algorithmus

Bodencatena Profile 1-7

(Leitprofile W1, W2, W4, W6, W7, W8, W9, s. Abb. 1)

Lage: Biesterfelder Wald TK: Pratjau ³⁵92 R ⁶⁰22 H
Nördlich des Selenter Sees (Ostholstein)
in der Nähe der Ortschaft Köhn

Klima: mäßig-humid Niederschlag: 690 mm Mitteltemperatur: 7,9 °C

Geologie: Jungpleistozän/(Holozän)

Profil 1

(Leitprofil W1)

Relief: Kuppe Neigung: -- Exposition: -- Höhe: 58 m ü. NN
Gestein: Geschiebemergel
Vegetation/Nutzung: Laubwald Humusform: mullartiger Moder
Klassifikation: Braunerde-Parabraunerde, pseudovergleyt
FAO: Haplic Alisol

Beschreibung des Profil 1:

Ah	-10 cm	sehr dunkelgrau-braun (10YR3/2), S13,x3, kru, stark durchwurzelt, deutliche Grenze
Alh	-30 cm	dunkelgrau-braun (10YR4/3), S13,x3, kru-sub, durchwurzelt
SwAl	-55 cm	graubraun (10YR4/2), schwach rostfleckig, S14,x3, feinpul, schwach durchwurzelt
SdBt	-80 cm	gelbbraun (10YR5/6), schwach rostfleckig, Ls4,x3, fein-grobpul
SdBvt	-130 cm	gelbbraun (10YR5/5), schwach rostfleckig, Ls4,x3, grobpul
IC	-160 cm	fahlgelb-braun (2,5Y5/6), S14,x3, koh, kalkhaltig

Interpretation

Ausgangsmaterial dieser pseudovergleyten Parabraunerde ist jungpleistozäner Geschiebemergel der Bodenart stark lehmiger Sand mit ca. 17 % Kalk im IC-Horizont. Die ursprüngliche Korngrößenverteilung des Solums war offensichtlich nicht homogen, da die gS/mS-Quotienten sowie die Steingehalte der einzelnen Horizonte zu unterschiedlich sind; eine nennenswerte Verwitterung der Stein- und Grobsandfraktion ist aufgrund des relativ geringen Alters des Bodens nicht anzunehmen (s. auch [2]). Die Anreicherung von Ton im Unterboden ist somit wahrscheinlich nur zum Teil auf eine Lessivierung zurückzuführen.

Die Entkalkungstiefe liegt bei 130 cm; der pH-Wert von 4,8 im Horizont direkt über dem Geschiebemergel zeigt, daß die Entkalkung und die anschließende Versauerung in einer relativ schmalen Front verlaufen. Im Oberboden ist der pH-Wert auf 3,4 gesunken, die Basensättigung beträgt nur noch 8 %.

Eine beginnende Podsolierung ist daran erkennbar, daß Fe und vor allem Mn (s. Tab.) in löslicher Form von den oberen in die unteren Horizonte verlagert worden sind (Def. "minerogen" s. Text); eine entsprechende Verlagerung von organischen Substanzen hat bisher jedoch nicht stattgefunden.

Profil 1 Tab. 1.1

(Leitprofil W1, s. Abb. 1)

Nr	Hor	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _B kg/l	GPV %	Vol.% bei pF			silicatischer Feinboden (%)						
							1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Ton
1	Ah	10	19	245	1.27	50	35	27	10	11	24	29	13	6	5	12
2	Alh	30	18	334	1.34	49	31	23	9	15	23	27	13	7	5	10
3	SwAl	55	18	1600	1.55	43	30	24	10	15	22	27	11	5	5	14
4	SdBt	80	22	1019	1.61	39	30	22	12	17	22	24	10	6	4	17
5	SdBvt	130	42		1.74	.	.	.	.	12	21	28	10	5	5	19
6	IC	160	16		1.75	.	.	.	.	19	24	28	4	6	6	13

Nr	pH	Kalk CaCl ₂	C _{org} %	austausch. Kat cmol _c /kg						BS %	Eisen (g/kg)			Fe ₀ Fe _d mg/kg	Fe _{dt}
				Ca	Mg	K	Na	H,Al	KAK _p		t	d	o		
1	3.4	0.0	3.3	.9	.2	.2	.0	14.5	15.8	8	13.3	5.1	2.6	.5	498
2	3.7	0.0	1.3	.3	.1	.1	.0	8.0	8.5	6	16.3	5.9	2.1	.4	220
3	3.9	0.0	.2	.6	.2	.2	.0	7.8	8.7	11	17.5	5.9	2.5	.4	110
4	4.5	0.0	.2	3.3	1.6	.2	.0	6.0	11.1	46	21.4	7.0	2.3	.3	101
5	4.8	0.0	.2	6.1	2.6	.2	.1	4.0	13.0	69	22.3	7.8	1.7	.2	65
6	7.6	17.3	.1	10.8	.4	.1	.1	0.0	11.4	100	17.5	6.5	1.1	.2	24

Nr	Mangan (mg/kg)				Zink (mg/kg)				Cadmium (mg/kg)				Blei (mg/kg)			
	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt
1	207	379	-171	4	39	35	4	2.6	.22	.37	-.15	.03	36	18	18	18
2	376	393	-18	26	37	34	3	1.7	.17	.37	-.20	.02	22	18	4	4
3	394	423	-29	35	45	41	3	1.2	.25	.42	-.16	.05	16	19	-3	-3
4	569	435	134	30	53	46	7	.8	.41	.43	-.03	.13	19	20	-1	-1
5	508	450	58	22	58	51	8	.5	.34	.46	-.13	.06	20	21	-0	-0
6	378	345	33	7	42	33	8	.8	.39	.34	.06	.05	18	16	2	2

Abk.: t = gesamt; d = dithionit; o = oxalat; dt = DTPA; min = mineralien (s. Text); +- = t-min

Für das relativ leicht lösliche Cd sind ebenfalls vor allem in den Oberbodenhorizonten Verluste zu verzeichnen, allerdings ohne entsprechende Gewinne im Unterboden, so daß Cd offenbar mit oberhalb und in den Bt-Horizonten seitlich abfließendem Sickerwasser aus dem Solum ausgetragen worden ist.

Die Horizontbilanzen (t - min) sind für Zn relativ ausgeglichen, während Pb im Ah-Horizont deutlich angereichert ist (---> Vegetationspumpe; anthropogener Eintrag ?).

Anm.: siehe bei Profil 2

Profilbilanzen - Gehalte und Mengen in Kompartimenten

	t min +- ----- (mg/kg) -----			+- (g/m ²)
	Mangan			
Oberbod.	349	399	-50	-23
Unterbod.	504	440	64	68
Solum	457	427	30	45
Cadmium				
Oberbod.	.20	.39	-.19	-0.08
Unterbod.	.34	.44	-.10	-.11
Solum	.30	.43	-.13	-.19
Blei				
Oberbod.	23	18	4.6	2.1
Unterbod.	19	20	-.9	-1.0
Solum	20	20	.7	1.1

Profil 2

(Leitprofil W2)

Relief: Absatz am Mittelhang Neigung: 3 % Exposition: Nordwest Höhe: 54 m ü. NN

Gestein: Geschiebemergel

Vegetation/Nutzung: Laubwald Humusform: mullartiger Moder

Klassifikation: pseudovergleytes Parabraunerde-Kolluvium
FAO: Stagni-haplic Alisol

Beschreibung des Profil 2:

Ofh	2- 0 cm	ein bis drei Jahre alte z.T. stark zerkleinerte Blätter
MAh	- 8 cm	dunkelgrau-braun (7,5YR3/2), Sl3,x2, kru, stark durchwurzelt
M	-50 cm	dunkelbraungrau (10YR3/3), Sl3,x2, kru, mäßig durchwurzelt
SwAl	-65 cm	braun (10YR4/4), gefleckt, Sl2,x3, feinpol, kaum durchwurzelt,
AlSw	-75 cm	ockerbraun (10YR5/4), gelbgrau (2,5Y5/3) gefleckt, Sl2,x3, pol, kaum durchwurzelt
SBt	-190 cm	hellgraubraun (10YR6/4), punktuell marmoriert, Ls4,x3, pol
IC	-220 cm	gelbgrau (2,5Y5/3) Sl4,x3, koh, kalkhaltig

Interpretation

Das Ausgangsmaterial von Profil 2 ist hinsichtlich der Korngrößenverteilung und des Carbonatgehaltes dem des Kuppenprofils vergleichbar.

Die Besonderheit dieses am Mittelhang gelegenen Bodens ist ein etwa 30-60 cm mächtiges Kolluvium, das sich wahrscheinlich bereits vor längerer Zeit, als der Standort als Waldwiese genutzt wurde, gebildet hat; in dem Kolluvium ist ein deutlicher Ah-Horizont ausgebildet.

Im Vergleich zum Kuppenboden sind in diesem Profil die Stauwassermerkmale - insbesondere infolge des hangabwärts zugeführten Hangzugwassers - stärker ausgeprägt. Der Einfluß des Hangzugwassers spiegelt sich auch in der Verteilung von Fe und insbesondere von Mn wider; so ist z. B. der AlSw- Horizont durch Naßbleichung an Mn verarmt, während in den beiden darüber liegenden Horizonten Mn stark angereichert ist. Insgesamt ergibt sich für das Solum infolge der lateralen Umlagerung in gelöster (und/oder organisch gebundener fester) Form eine positive Mn-Bilanz von 256 g/m².

Die Cd-Profilbilanz ist wie im Kuppenboden negativ (-0,25 g/m²), während Pb geringfügig akkumuliert worden ist.

Profilbilanzen - Gehalte und Mengen in Kompartimenten

	t min		+-	+-
	----- (mg/kg) -----		-----	(g/m ²)
Mangan				
Oberbod.	477	373	104	48
Unterbod.	513	410	103	208
Solum	506	403	103	256
Cadmium				
Oberbod.	.22	.35	-.13	-.06
Unterbod.	.31	.41	-.10	-.19
Solum	.30	.40	-.10	-.25
Blei				
Oberbod.	22	18	4.3	2.0
Unterbod.	19	19	-.5	-1.1
Solum	20	19	1.0	0.9

Profil 2 Tab. 1.2

(Leitprofil W2)

Nr	Hor	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _B kg/l	GPV				silicatischer Feinboden (%)						
						%	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Ton
0	Offh	2-0	0	.	.15	.	.	.	.	0	0	16	21	19	14	30
1	MAh	8	12	391	1.28	50	41	31	10	9	24	34	14	6	4	9
2	M	30	12	607	1.23	53	38	23	8	9	23	34	14	6	4	9
3		50	19	.	1.35	.	.	.	.	15	24	29	14	7	4	8
4	SwAl	65	27	.	1.73	.	.	.	.	14	25	29	13	7	4	6
5	AlSw	75	27	.	1.74	.	.	.	.	9	23	31	16	8	5	7
6	SBt	115	26	2450	1.76	34	30	24	14	14	20	28	10	6	4	18
7		190	17	.	1.73	.	.	.	.	16	24	28	9	4	3	16
8	IC	220	20	.	1.75	.	.	.	.	15	22	30	8	7	6	12

Nr	pH	Kalk CaCl ₂	C _{org} %	austausch. Kat cmol _c /kg						BS %	Eisen (g/kg)			Fe _o Fe _d mg/kg	Fe _{dt} mg/kg	
				Ca	Mg	K	Na	H,Al	KAK _p		t	d	o			
0	3.5	0.0	35.9	4.1
1	3.5	0.0	2.3	.4	.1	.1	.0	17.5	18.1	3	11.7	5.4	2.8	.5	408	
2	3.5	0.0	1.3	.1	.0	.1	.0	9.8	10.0	2	11.7	5.0	2.8	.6	164	
3	4.0	0.0	.6	.1	.0	.0	.0	7.5	7.7	2	14.0	5.7	2.4	.4	56	
4	4.1	0.0	.1	.2	.0	.0	.0	3.0	3.2	7	14.5	5.8	1.8	.3	32	
5	4.6	0.0	.1	1.6	.5	.1	.0	1.0	3.2	69	13.3	4.5	1.7	.4	38	
6	4.3	0.0	.1	3.8	1.6	.3	.0	5.3	10.9	52	22.4	7.8	1.8	.2	58	
7	4.8	0.0	.2	5.3	2.3	.3	.0	3.3	11.2	71	23.7	8.4	2.1	.2	79	
8	7.6	11.5	.1	11.6	.4	.2	.1	0.0	12.2	100	16.9	5.0	.9	.2	23	

Nr	Mangan (mg/kg)				Zink (mg/kg)				Cadmium (mg/kg)				Blei (mg/kg)		
	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-
0	743	191	552	.	56	24	32	.	.44	.20	.24	.	132	7	125
1	317	366	-49	32	32	31	2	1.7	.28	.35	-.07	.02	32	17	14
2	430	374	56	23	34	30	4	1.1	.17	.36	-.18	.02	19	18	1
3	701	381	320	13	45	30	14	.8	.29	.36	-.06	.04	18	18	0
4	645	375	270	15	33	28	5	.6	.22	.35	-.13	.02	17	18	-1
5	239	393	-154	8	34	31	3	.7	.21	.37	-.16	.04	13	18	-5
6	453	436	18	34	56	47	9	1.4	.33	.44	-.12	.11	19	20	-1
7	532	409	124	25	64	43	21	.8	.34	.41	-.08	.07	20	20	0
8	443	375	68	9	38	35	3	.5	.37	.37	.01	.05	15	17	-2

Abk.: t=gesamt; d=dithionit; o=oxalat; dt=DTPA; min=minerogen (s.Text); +- =t-min

Anm.: Die d_B-Werte in den Tab. 1.1-1.7 weichen z.T. geringfügig von den bei der Bilanzierung verwendeten d_B-Werten ab.

Profil 3

(Leitprofil W4)

Relief: Mittel-/ Unterhang Neigung: 8 % Exposition: West Höhe: 49 m ü. NN

Gestein: Geschiebemergel

Vegetation/Nutzung: Laubwald Humusform: moderartiger Mull

Klassifikation: Parabraunerde-Pseudogley
FAO: Stagnic Gleysol (Luvisol)

Beschreibung des Profil 3:

Ah	-10 cm	dunkelgraubraun (10YR2/3), Ls4,x2, kru, stark durchwurzelt
BvAh	-30 cm	braungrau (10YR4/3), Ls3,x2, feinpol, mäßig durchwurzelt
AlSw	-43 cm	braungrau (10YR4/3), Ls3,x2, pol, schwach durchwurzelt
BtSd	-60 cm	grau-ocker (7,5YR6/4), hellbraungrau (10YR6/2) gefleckt, Lts,x2, pol-pri, Konkretionen, schwach durchwurzelt,
Sd1	-160 cm	hellbraungrau (2,5Y6/2), grau-ocker (10YR7/4) gefleckt, Ls3,x2, pol-pri, Konkretionen
Sd2	-180 cm	graubraun (10YR6/4), Ls3,x2, pri-koh
lC	-230 cm	graubraun (10YR6/4), Ls3,x2, koh, kalkhaltig

Interpretation

Das Substrat dieses Unterhangbodens ist sowohl im Solum als auch im C-Horizont wesentlich feinkörniger (21 % Ton im C-, 33 % im BtSd-Horizont) als das der höher gelegenen Böden, was zusammen mit zunehmendem Hangzugwasser zu einer ausgeprägten Pseudovergleyung im gesamten Solum geführt hat.

Die Versauerung ist weniger weit fortgeschritten als in den Böden der Kuppe und des Ober/Mittelhanges; bei einem pH-Wert von 4,6 beträgt die Basensättigung im Ah-Horizont 50 %. Innerhalb des Profils nimmt die Basizität kontinuierlich, und nicht wie bei P1 und P2 abrupt, zu. Die Ursache für die geringere Versauerung ist einerseits die höhere Kapazität und eventuell höhere Geschwindigkeit (weniger Ungleichgewicht) der Protonenpufferung, andererseits die laterale Zufuhr von Alkali- und Erdalkali-Hydrogencarbonaten.

Profilbilanzen - Gehalte und Mengen in Kompartimenten

	t min		+-	+-
	----- (mg/kg) -----		-----	(g/m ²)
Mangan				
Oberbod.	430	460	-30	-14
Unterbod.	457	480	-23	-57
Solum	453	477	-24	-70
Cadmium				
Oberbod.	.30	.47	-17	-08
Unterbod.	.44	.50	-06	-13
Solum	.42	.49	-07	-21
Blei				
Oberbod.	24	21	3	1.7
Unterbod.	19	21	-3	-6.4
Solum	20	21	-2	-4.7

Profil 3 Tab. 13

(Leitprofil W4)

Nr	Hor	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _B kg/l	GPV %	Vol.% bei pF			silicatischer Feinboden (%)						
							1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Ton
1	Ah	10	5	167	1.33	49	47	37	21	5	17	32	16	9	5	17
2	BvAh	30	5	.	1.56	.	.	.	.	7	14	29	16	9	5	20
3	AlSw	43	5	2390	1.52	42	30	25	7	5	14	30	15	9	5	22
4	BtSd	60	4	448	1.65	37	30	28	17	5	13	21	10	9	9	33
5	Sd1	92	4	.	1.76	.	.	.	.	4	15	31	15	9	5	21
6		130	4	.	1.73	.	.	.	.	4	15	33	16	8	5	18
7		160	14	.	1.76	.	.	.	.	4	15	33	15	8	6	18
8	Sd2	180	12	.	1.75	.	.	.	.	5	16	31	16	9	5	20
9	IC	230	10	.	1.79	.	.	.	.	7	15	30	7	11	10	21

Nr	pH	Kalk CaCl ₂	C _{org} %	austausch. Kat cmol _c /kg							BS %	Eisen (g/kg)			Fe _o Fe _d mg/kg	Fe _{dt}
				Ca	Mg	K	Na	H,Al	KAK _p	t		d	o			
1	4.6	0.0	2.7	7.7	1.2	.2	.1	9.0	18.1	50	16.1	6.3	3.4	.5	275	
2	5.2	0.0	.6	10.0	1.1	.2	.1	5.5	16.9	67	22.1	8.0	2.6	.3	63	
3	5.6	0.0	.3	11.1	1.0	.2	.1	4.0	16.4	76	23.2	8.2	2.0	.2	34	
4	6.1	0.0	.2	15.0	1.1	.2	.2	4.5	21.0	79	32.2	9.8	2.0	.2	29	
5	6.2	0.0	.1	11.4	.7	.2	.2	4.0	16.4	76	21.9	7.4	1.4	.2	21	
6	7.2	.2	.1	10.4	.5	.2	.2	1.0	12.1	92	20.6	6.7	1.2	.2	18	
7	6.9	.2	.1	10.4	.5	.2	.1	1.0	12.2	92	19.4	5.9	1.2	.2	20	
8	7.2	.2	.1	10.5	.4	.2	.2	1.0	12.3	92	20.0	5.9	1.2	.2	21	
9	7.7	19.6	.0	13.6	.4	.2	.2	0.0	14.3	100	18.6	5.2	.9	.2	16	

Nr	Mangan (mg/kg)				Zink (mg/kg)				Cadmium (mg/kg)				Blei (mg/kg)		
	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-
1	508	424	84	88	54	45	10	4.1	.45	.43	.02	.22	33	19	14
2	399	471	-71	25	48	53	-5	.6	.24	.48	-.24	.07	21	21	0
3	454	485	-31	22	47	56	-9	.4	.35	.50	-.16	.06	23	22	1
4	614	584	30	28	65	80	-15	.3	.35	.64	-.29	.05	23	24	-2
5	437	476	-39	26	46	55	-9	.3	.36	.49	-.14	.06	18	21	-4
6	419	458	-40	15	45	49	-4	.4	.57	.47	.10	.06	18	21	-2
7	418	462	-44	13	44	50	-6	.4	.47	.47	-.00	.05	17	21	-4
8	485	464	21	14	45	52	-7	.6	.44	.48	-.04	.07	17	21	-4
9	413	416	-3	7	43	48	-4	.6	.39	.43	-.05	.04	13	17	-5

Abk.: t=gesamt; d=dithionit; o=oxalat; dt=DTPA; min=minerogen (s.Text); +- =t-min

Die längeren Phasen stärkerer Vernässung haben zur Folge, daß Mn - im Gegensatz zu den Mittel/Oberhangböden - in den meisten Horizonten und somit im gesamten Solum eine negative Bilanz aufweist.

Die Solum-Bilanz ist außer für Mn, Zn und Cd ebenfalls für Pb - insbesondere aufgrund von Verlusten im Unterboden - negativ.

Profil 4

(Leitprofil W6)

Relief: Hangfuß, Neigung: 1% Exposition: West Höhe: 47 m ü. NN
verfülltes Toteisloch

Gestein: Kolluvium über fossilen anmoorigen und aquatischen Sedimenten (Mudden) über Geschiebemergel

Vegetation/Nutzung: Laubwald Humusform: Mull

Klassifikation: Braunerde-Gley aus Kolluvium
FAO: Anthric-mollic Gleysol

Beschreibung des Profil 4:

Ah	- 3 cm	dunkelgraubraun (10YR3/3), Sl3,x2, kru-sub, stark durchwurzelt
MAh	-30 cm	dunkelbraungrau (10YR4/2), Sl3,x2, kru-pol, stark durchwurzelt
MGo1	-50 cm	braungrau (10YR5/3), Sl3,x2, pol, mäßig durchwurzelt
MGo2	-80 cm	dunkelbraungrau (10YR3/2), rötlichbraun (5YR5/6) gefleckt, Sl4,x2, kaum durchwurzelt
MGr1	-95 cm	grau, (10YR4/1), Sl4,x2, sub-koh
MGr2	-116 cm	grau (10YR4/1), Sl4,x2, sub-koh
ff1	-150 cm	grau (10YR4/1), Ls3,x1, koh
ff2	-158 cm	grau (2,5Y4/1), Ltu,x1, koh
ff3	-160 cm	sehr dunkelbraungrau (7,5YR2/2), Ltu,x1, anmoorig, koh
ffGr	-180 cm	dunkelgrau (10YR3/2), Lu,x1, koh
ff4	-200 cm	sehr dunkelbraungrau (7,5YR2/2), Lu,x1, anmoorig, koh
ff5	-214 cm	dunkelgrau (10YR3/2), Ls3,x1, koh
lC	-340 cm	grünlichgrau (5Y4/2), Ls3,x2, koh, kalkhaltig

Interpretation

Geomorphologisch handelt es sich bei Profil 4 um ein verfülltes ehemaliges Toteisloch, an dessen Basis der typische jungpleistozäne Geschiebemergel heute in ca. 2 m Tiefe unter GOK ansteht. Auf dem Geschiebemergel liegt ein ca. 1 m mächtiges Paket feinkörniger subaquatischer Sedimente mit Humusgehalten zwischen 3 und 15 % . Dieser ehemalige Unterwasserboden ist heute überdeckt von einem 1,2 m mächtigen Kolluvium.

Der GW-Spiegel schwankt in manchen Jahren innerhalb einer Vegetationsperiode sehr stark mit Extremen von 0,5 und 2 m; in den Kolluvium-Horizonten ist zeitweise eine deutliche Gleydynamik erkennbar.

(Fortsetzung des Textes bei Profil 9)

Profilbilanzen - Gehalte und Mengen im Kompartiment Solum

	t min		+-	+-
	----- (mg/kg) -----			(g/m ²)
Mangan	232	449	-217	-619
Cadmium	.54	.45	.09	.26
Blei	19	20	-1	-2.4

Abk.: t = gesamt; d = dithionit; o = oxalat; dt = DTPA; min = minerogen (s.Text); +- = t-min

Profil 4 Tab. 1.4

(Leitprofil W6)

Nr	Hor	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _B kg/l	GPV				silicatischer Feinboden (%)						
						Vol.% bei pF %	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fs	gU	mU	fU	Ton
1	Ah	3	11	69	1.06	57	45	36	14	7	20	32	18	9	4	10
2	MAh	30	11	428	1.12	57	44	32	14	6	19	33	18	9	5	11
3	MGo1	50	11	.	1.70	.	.	.	.	8	20	32	16	8	4	11
4	MGo2	80	4	.	1.70	.	.	.	.	6	19	31	15	8	5	16
5	MGr1	95	4	14	1.74	34	31	26	14	5	18	31	17	9	5	15
6	MGr2	116	12	.	1.80	.	.	.	.	6	18	31	18	9	4	14
7	fF1	130	2	.	1.08	.	.	.	.	1	9	34	22	9	5	20
8	.	140	2	.	1.34	.	.	.	.	2	6	38	27	8	4	15
9	.	150	2	.	1.12	.	.	.	.	1	4	22	29	13	8	23
10	fF2	158	2	.	1.24	.	.	.	.	0	2	13	24	15	8	37
11	fF3	160	1	.	.76	.	.	.	.	2	6	15	14	14	10	38
12	fFGr	180	1	.	1.39	.	.	.	.	1	4	26	26	13	7	22
13	fF4	200	1	.	.77	.	.	.	.	2	5	19	26	15	8	25
14	fF5	214	1	.	1.46	.	.	.	.	6	14	29	14	14	5	19
15	IC	340	4	.	1.73	.	.	.	.	5	15	26	15	12	5	22

Nr	pH	Kalk CaCl ₂	C _{org} %	austausch. Kat cmol _c /kg						BS %	Eisen (g/kg)			Fe _o mg/kg	Fe _{dt} mg/kg
				Ca	Mg	K	Na	H ₂ Al	KAK _p		t	d	o		
1	4.4	0.0	3.6	4.4	.8	.2	.1	13.5	19.0	29	12.9	4.9	3.0	.6	435
2	4.0	0.0	2.3	1.6	.3	.1	.1	12.5	14.6	14	13.0	5.3	3.2	.6	315
3	5.3	0.0	.5	5.3	.8	.1	.1	3.0	9.3	68	15.6	6.7	3.6	.5	69
4	5.9	0.0	.4	10.0	1.3	.1	.2	3.0	14.6	79	18.6	7.5	4.9	.6	59
5	6.3	0.0	.5	12.2	1.2	.1	.2	3.0	16.7	82	11.0	1.3	.8	.6	42
6	6.4	0.0	.5	10.8	.9	.1	.2	1.3	13.2	91	10.9	1.4	.7	.5	44
7	6.4	0.0	3.4	28.0	1.3	.1	.3	6.0	35.8	83	10.9	1.1	.7	.6	91
8	6.5	.0	2.1	20.7	.6	.1	.3	2.8	24.4	89	9.8	.8	.4	.6	51
9	6.5	0.0	3.3	31.0	1.2	.1	.3	5.8	38.5	85	14.1	1.3	.8	.6	85
10	6.6	.1	2.9	31.8	1.5	.2	.4	7.5	41.5	82	18.3	2.0	1.3	.7	104
11	6.6	.1	7.7	38.5	1.6	.1	.5	10.5	51.3	80	16.8	2.7	2.0	.7	134
12	6.6	.1	2.0	15.1	.8	.2	.2	2.5	18.7	87	16.8	1.4	1.0	.7	69
13	.	.6	7.6	34.9	1.2	.2	.4	4.0	40.7	90	14.9	1.8	1.3	.7	111
14	7.6	7.9	1.6	15.2	.5	.2	.2	0.0	16.0	100	13.9	1.4	1.0	.7	52
15	7.7	23.1	.3	11.1	.4	.3	.1	0.0	11.9	100	16.4	3.8	2.6	.7	20

Nr	Mangan (mg/kg)				Zink (mg/kg)				Cadmium (mg/kg)				Blei (mg/kg)		
	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-
1	224	380	-156	43	49	33	16	5.4	.38	.37	.01	.17	28	18	10
2	207	395	-188	16	44	35	10	4.5	.32	.38	-.07	.13	27	18	8
3	403	410	-6	21	41	37	4	1.0	.54	.40	.14	.09	18	19	-1
4	471	440	31	17	55	46	10	.8	.44	.44	-.01	.09	16	20	-4
5	121	436	-315	5	54	44	11	.6	.28	.44	-.15	.11	18	20	-2
6	116	427	-311	3	55	42	14	.8	.29	.42	-.13	.10	20	20	0
7	117	448	-331	6	77	49	27	2.4	.75	.46	.29	.50	19	20	-1
8	125	433	-308	3	71	42	29	1.9	.55	.43	.12	.30	20	20	0
9	144	522	-379	5	122	59	62	4.0	.93	.53	.39	.54	23	22	1
10	152	619	-468	6	205	84	121	6.6	1.00	.67	.33	.53	18	25	-7
11	135	557	-422	5	257	77	180	9.4	1.73	.61	1.12	.99	20	22	-2
12	145	524	-379	1	136	59	78	3.0	.36	.54	-.18	.19	17	22	-5
13	156	487	-331	1	107	57	50	1.1	1.80	.50	1.30	.11	22	20	2
14	183	431	-248	3	65	47	18	3.7	.56	.44	-.13	.31	15	19	-4
15	376	378	-1	11	41	44	-3	1.5	.38	.39	-.01	.05	15	17	-2

Profil 5

(Leitprofil W7)

Relief: Hangfuß/Senke Neigung: 1 % Exposition: West Höhe: 46,5 m ü. NN

Gestein: Geschiebemergel

Vegetation/Nutzung: Laubwald Humusform: Feuchtmull

Klassifikation: Gley mit stark schwankendem Grundwasser
FAO: Eutric Gleysol

Beschreibung des Profil 5:

Ah	-16 cm	sehr dunkelbraungrau (10YR3/2), Ls3,x1, kru, mäßig durchwurzelt
GoAh	-27 cm	(dunkel)braungrau (10YR4/1), rostige Wurzelröhren, Ls3,x1, kru-sub, mäßig durchwurzelt
AhGo	-50 cm	gelblich grau (2,5Y4/1), Rostflecken gelblichbraun (10YR5/6), Ls3,x2, pol
Go	-90 cm	gelblich grau (2,5Y5/1), Rostflecken gelblichbraun (10YR5/6), Ls3,x2, pol-pri
Gor	-105 cm	grau (2,5Y%/1), leicht rostfleckig (10YR5/6), Ls3,x2, pol-koh
Gr	-130 cm	grünlich-grau (5G5/1), Ls3,x2, pol-koh
ICGor	-177 cm	grau (2,5Y%/1), leicht rostfleckig (10YR5/6), Sl4,x2, pol-koh, kalkhaltig
ICGr	-277 cm	grünlich-grau (5G5/1), Ls3,x2, koh, kalkhaltig

Interpretation

Bei diesem unmittelbar neben dem ehemaligen Toteisloch (Profil 4) gelegenen Grundwasserboden aus Geschiebemergel bewirkt der zeitweise extrem hohe GW-Spiegel eine Gleydynamik bis in den Bereich der Ah-Horizonte.

Lediglich der Oberboden ist als schwach sauer (pH 5,4) zu bezeichnen, bereits ab 50 cm sind Carbonatpuren nachweisbar.

Infolge relativ langer Naßphasen auch im Oberboden hat sich keine für einen Gley typische Anreicherung von Sesquioxiden ausgebildet, im Gegenteil, nahezu alle Horizonte sind relativ stark an Mn verarmt; dieser "Gley mit stark schwankendem Grundwasser" stellt somit den Übergang zum Naßgley dar.

Profilbilanzen - Gehalte und Mengen in Kompartimenten

	t min		+-	+-
	----- (mg/kg) -----		-----	(g/m ²)
Mangan				
Oberbod.	218	447	-229	-107
Unterbod.	173	478	-305	-460
Solum	184	471	-287	-567
Cadmium				
Oberbod.	.58	.45	.13	.06
Unterbod.	.26	.49	-.23	-.35
Solum	.33	.48	-.15	-.29
Blei				
Oberbod.	29	20	8	3.9
Unterbod.	18	21	-3	-4.4
Solum	21	21	0	-.5

Profil 5 Tab. 1.5

(Leitprofil W7)

Nr	Hor	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _B kg/l	GPV %	Vol.% bei pF			silicatischer Feinboden (%)						
							1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Ton
1	Ah	16	1	.	1.18	.	.	.	.	4	17	31	19	7	5	17
2	GoAh	27	1	.	1.46	.	.	.	.	4	18	29	15	10	6	19
3	AhGo	50	7	.	1.55	.	.	.	.	5	18	27	15	10	6	19
4	Go	90	5	.	1.70	.	.	.	.	6	16	29	15	9	6	19
5	Gor	105	5	.	1.67	.	.	.	.	4	15	26	15	11	7	23
6	Gr	130	5	.	1.74	.	.	.	.	6	14	31	17	10	6	17
7	ICGor	177	5	.	1.74	.	.	.	.	7	15	30	16	9	8	16
8	ICGr	277	4	.	1.74	.	.	.	.	6	15	33	14	11	3	19

Nr	pH	Kalk CaCl ₂	C _{org} %	austausch. Kat emol _c /kg						BS %	Eisen (g/kg)			Fe _o Fe _d mg/kg	Fe _{dt}
				Ca	Mg	K	Na	H ₂ Al	KAK _p		t	d	o		
1	5.4	0.0	2.9	15.4	1.2	.1	.3	7.8	24.7	69	15.8	5.0	4.7	.9	411
2	5.9	0.0	1.6	15.6	1.1	.1	.2	3.5	20.5	83	15.9	4.6	4.2	.9	153
3	6.3	0.0	.8	14.2	.9	.1	.2	2.5	17.9	86	17.0	4.5	4.1	.9	87
4	6.6	.1	.2	12.2	.8	.2	.2	1.5	14.8	90	22.7	5.9	4.7	.8	84
5	6.9	.1	.2	12.4	.8	.3	.2	1.0	14.6	93	23.5	5.8	3.6	.6	52
6	7.3	.1	.2	9.4	.6	.3	.1	0.0	10.4	100	15.2	1.4	.5	.4	24
7	7.7	15.4	.2	11.4	.6	.2	.1	0.0	12.3	100	17.9	5.4	1.6	.3	20
8	7.7	20.6	.2	11.0	.6	.3	.1	0.0	11.9	100	13.8	2.8	.9	.3	15

Nr	Mangan (mg/kg)				Zink (mg/kg)				Cadmium (mg/kg)				Blei (mg/kg)		
	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-
1	244	424	-180	33	87	45	42	4.9	.72	.43	.29	.44	36	19	16
2	212	456	-245	13	92	50	42	1.8	.47	.47	.00	.34	28	20	7
3	188	470	-282	7	77	52	26	1.4	.50	.48	.02	.22	19	21	-2
4	199	478	-279	5	60	53	7	.9	.21	.49	-.28	.06	20	21	-2
5	182	513	-331	3	59	61	-2	.8	.26	.53	-.28	.07	19	22	-3
6	121	463	-342	2	47	48	-1	.9	.20	.47	-.26	.04	16	21	-5
7	242	402	-160	3	41	41	-0	2.7	.34	.40	-.06	.10	15	17	-2
8	310	359	-49	6	36	40	-4	2.0	.30	.37	-.06	.06	10	17	-7

Abk.: t=gesamt; d=dithionit; o=oxalat; dt=DTPA; min=minerogen (s.Text); +- =t-min

Profil 5a

Nr	Fe (g/kg)			Mn (mg/kg)		
	t	min	+-	t	min	+-
1	19	23	-4	313	464	-150
2	21	25	-4	326	496	-170
3	62	28	34	1099	562	537
4	49	33	17	403	567	-164
5	19	24	-5	153	487	-334

Die z.T. ausgeprägte räumliche Variabilität von Merkmalen der Böden dieser Kleinschicht zeigt die Fe- und Mn-Verteilung des ca. 1,5 m entfernten Profils 5a (s. Tab. rechts); im Vergleich zu P5 ist Fe und Mn im Go-Horizont dieses typischen Gleys stark akkumuliert.

Cd, Zn und Pb sind in den Unterbodenhorizonten abgereichert (Cd z.T. stärker), im Oberboden dagegen z.T. deutlich angereichert.

Profil 6

(Leitprofil W8)

Relief: Senke Neigung: 1% Exposition: Südwest Höhe: 46 m ü. NN

Gestein: Kolluvium über fossilen anmoorigen und aquatischen Sedimenten (Mudden) über Geschiebemergel

Vegetation/Nutzung: Brennessel Humusform: Feuchtmull

Klassifikation: Humusgley
FAO: Mollic Gleysol

Beschreibung des Profil 6:

GorAh	-10 cm	grauschwarz (10YR2/1), Lts,x1, kru, stark durchwurzelt
MAhGor	-32 cm	(dunkel)grau (10YR4/1), Lts,x1, kru-sub, stark durchwurzelt
MGr	-40 cm	dunkelgrau (10YR3/1), Lts,x1, feinpol, schwach durchwurzelt
fF1	-48 cm	dunkelgrau (10YR3/1), Tu3,x1, feinpol
fF2	-56 cm	dunkelgrau (10YR3/1), Tu3,x1, pol
fF3	-64 cm	dunkelgrau (10YR3/1), Ls3,x1, pol
fFGr1	-79 cm	grau (10YR4/1), Sl3,x1, singulär-koh, kalkhaltig
fFGr2	-90 cm	dunkelgrau (10YR3/1), Sl4,x2, singulär-koh, kalkhaltig
ICGr	-190 cm	grünlich-grau (5Y4/1) Sl4,x1, singulär-koh, kalkhaltig

Interpretation

Der in knapp 1 m Tiefe anstehende Geschiebemergel ist überdeckt von meist feinkörnigen humushaltigen aquatischen Sedimenten (Mudden), so daß hier ursprünglich ein flaches stehendes Gewässer gewesen sein muß. Der ehemalige Unterwasserboden wiederum ist von ca. 40 cm Kolluvium begraben; eine genaue Abgrenzung und Differenzierung zwischen M- und F-Horizonten ist wegen starker Bioturbation im Oberboden anhand der Profilsprache allein nicht möglich.

Obwohl der atmogene Säureeintrag bei diesem Senkenboden ähnlich hoch sein dürfte wie im Bereich der Kuppe, sind bis in den Oberboden bei pH-Werten im neutralen Bereich und einer Basensättigung von > 80 % Kalkspuren nachweisbar. Die laterale Zufuhr von Alkali- und vor allem Erdalkali-Hydrogencarbonaten und die anschließende biotische und chemische Fällung (stärkere Verdunstung und Erwärmung des Bodens) haben die Neutralisation der sauren Niederschläge bzw. die sekundäre Carbonatanreicherung bewirkt.

Profilbilanzen - Gehalte und Mengen in Kompartimenten

	t min		+-	+-
	----- (mg/kg) -----			(g/m ²)
Mangan				
Oberbod.	271	594	-323	-162
Unterbod.	187	371	-184	-216
Solum	212	438	-226	-378
Cadmium				
Oberbod.	1.47	.64	.83	.42
Unterbod.	.32	.37	-.05	-.06
Solum	.67	.45	.22	.36
Blei				
Oberbod.	28	24	4	2.0
Unterbod.	14	17	-3	-3.3
Solum	18	19	-1	-1.3

Profil 6 Tab. 1.6

(Leitprofil W8)

Nr	Hor	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _B kg/l	GPV %	Vol.% bei pF			silicatischer Feinboden (%)						
							1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Ton
1	GorAh	10	0	.	.65	.	.	.	.	2	9	17	14	13	10	34
2	MAhGor	32	0	.	1.03	.	.	.	.	2	9	17	15	12	9	35
3	MGr	40	0	.	.64	.	.	.	.	1	6	11	18	14	12	37
4	ff1	48	0	.	.76	.	.	.	.	1	5	9	11	16	14	43
5	ff2	56	0	.	1.09	.	.	.	.	0	1	7	18	18	15	40
6	ff3	64	0	.	.67	.	.	.	.	5	15	22	19	10	7	22
7	ffGr1	79	0	.	1.82	.	.	.	.	8	35	38	7	3	2	8
8	ffGr2	90	0	.	1.73	.	.	.	.	8	16	31	14	10	6	16
9	ICGr	150	4	.	1.74	.	.	.	.	10	19	32	9	9	7	15
10	-	190	4	.	1.75	.	.	.	.	9	20	30	7	9	9	16

Nr	pH	Kalk CaCl ₂	C _{org} %	austausch. Kat cmol _c /kg							BS %	Eisen (g/kg)			Fe _o mg/kg	Fe _{dt} mg/kg
				Ca	Mg	K	Na	H,Al	KAK _p	t		d	o			
1	6.7	.1	5.9	.	.	.	.	.	.	.	18.1	4.3	3.5	.8	198
2	6.8	.2	4.0	33.4	2.4	.1	.4	8.5	44.9	81	18.7	3.7	3.2	.9	128	
3	6.9	.1	6.0	43.6	2.8	.1	.5	8.3	55.3	85	18.2	2.9	2.2	.7	112	
4	6.9	.1	7.6	54.7	3.5	.1	.6	10.5	69.4	85	21.2	3.0	2.3	.8	105	
5	7.0	.1	3.8	28.7	2.1	.2	.4	3.3	34.8	91	24.5	2.9	2.2	.8	88	
6	6.9	.1	5.6	32.4	1.8	.1	.4	2.8	37.4	93	13.1	.9	.6	.6	80	
7	6.9	.1	.3	5.7	.4	.1	.1	0.0	6.3	100	7.5	.6	.4	.6	26	
8	7.6	5.7	.2	9.3	.5	.2	.2	0.0	10.2	100	13.3	1.0	.6	.6	37	
9	7.7	17.3	.2	8.6	.5	.2	.2	0.0	9.4	100	12.4	1.1	.6	.6	36	
10	7.8	19.5	.2	10.0	.5	.2	.2	0.0	10.8	100	14.3	3.0	1.8	.6	30	

Nr	Mangan (mg/kg)				Zink (mg/kg)				Cadmium (mg/kg)				Blei (mg/kg)			
	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt
1	361	552	-191	67	138	75	63	7.9	1.51	.60	.92	.89	33	22	11	
2	252	573	-321	34	141	78	63	2.9	1.39	.62	.77	.78	31	23	7	
3	253	596	-342	36	142	81	60	4.6	1.82	.64	1.18	1.06	23	23	-0	
4	265	616	-352	39	166	89	78	4.1	2.03	.68	1.35	1.25	25	24	1	
5	285	683	-399	17	145	93	51	2.8	1.03	.74	.29	.59	21	26	-5	
6	142	455	-313	9	85	52	33	4.1	1.74	.47	1.27	1.09	21	20	1	
7	93	315	-222	2	23	26	-3	.4	.20	.30	-.10	.08	13	17	-3	
8	196	428	-233	2	37	43	-6	.5	.28	.43	-.14	.10	14	19	-5	
9	226	373	-147	2	33	38	-5	.5	.29	.37	-.08	.07	14	16	-2	
10	448	377	70	8	38	40	-1	.9	.30	.38	-.08	.04	14	16	-2	

Abk.: t=gesamt; =dithionit; o=oxalat; dt=DTPA; min=minerogen (s.Text); +- =t-min

Extrem niedrige Redoxpotentiale bei regelmäßiger Bioturbation sind der Grund für eine starke Verarmung des gesamten Solums an Mn und in geringem Ausmaß auch an Fe.

Optimale Immobilisierungsbedingungen - hohe Ton- und Humusgehalte und vor allem pH-Werte um 7 - haben zu einer starken Akkumulation von Zn und Cd in diesem Humusgley geführt. Derartige Substrate an der untersten Reliefposition dieser Kleinlandschaft kurz vor der Entwässerung in ein Vorflutersystem stellen gewissermaßen eine Barriere des lateralen Austrages der weiter oberhalb mobilisierten Schwermetalle wie Zn und Cd dar.

Profil 7

(Leitprofil W9)

Relief: Senke/Tümpel, Neigung: 1% Exposition: Südwest Höhe: 45,5 m ü. NN
im Sommer trocken fallend

Gestein: Rezente Tümpelsedimente über jungpleistozänem Weichsel-Geschiebemergel

Vegetation/Nutzung: Schilf Humusform: Feuchtmull

Klassifikation: Sapropel, teilentwässert
FAO: Histic-calcaric Fluvisol

Beschreibung des Profil 7:

FGroAh	- 3 cm	sehr dunkelgrau (10YR3/1), Tu2,x1, koh, viele Blattreste, faulig riechend
Fr1	-13 cm	schwarz, (10YR1/1), Tu2,x1, koh, viele Blattreste, faulig riechend
Fr2	-43 cm	schwarz, (10YR1/1), Tu2,x1, koh, faulig riechend
Fr3	-58 cm	sehr dunkelgrau (10YR3/1), Tu3,x1, koh
IC	-69 cm	gelblichgrau (2,5Y4/2), Sl4,x1, singulär-koh, kalkhaltig

Interpretation

Das Profil 7 befindet sich nur wenige Meter von P6 entfernt am inneren Rand eines kleinen Tümpels, des Restes des ursprünglichen Flachgewässers (s. P6).

Die grundlegende Zusammensetzung des Substrates von P7 ist vergleichbar mit der von P6, allerdings sind die tragenden Merkmale stärker ausgeprägt; so ist das Substrat noch wesentlich feinkörniger und humushaltiger und die sekundären Carbonatgehalte deutlich höher als bei P6. Da der Tümpelrand im Spätsommer oft trockenfällt, kommt es in den oberen Zentimetern gelegentlich zur temporären Ausbildung von Schrumpfungsgefügen.

Die Anreicherung an Cd und Zn in den feinkörnigen oberen Horizonten dieses teilentwässerten Sapropels ist noch stärker ausgeprägt als in dem benachbarten Humusgley.

Mit Ausnahme der obersten 3 cm sind in diesem Boden ebenfalls starke Mn-Verluste festzustellen. Die Mn-Akkumulation in den während der Trockenphasen oxidierten oberen 3 cm konnte erfolgen, da im Gegensatz zu P6 keine nennenswerte Bioturbation stattgefunden.

Im Unterschied zu Mn ist Fe in allen feinkörnigen Horizonten deutlich angereichert; wahrscheinlich ist Fe²⁺ als Siderit (Fe₂CO₃) ausgefällt worden; auch die Akkumulation von Pb könnte auf die Bildung von PbCO₃ zurückzuführen sein.

Profilbilanzen - Gehalte und Mengen in Kompartimenten

	t min		+-	+-
	----- (mg/kg) -----		-----	(g/m ²)
Mangan				
Oberbod.	324	536	-212	-124
Unterbod.	212	380	-168	-2
Solum	323	536	-213	-124
Cadmium				
Oberbod.	1.42	.58	.84	.49
Unterbod.	.33	.38	-.05	0
Solum	1.42	.58	.84	.49
Blei				
Oberbod.	37	21	16	9.5
Unterbod.	14	17	-3	0
Solum	37	21	16	9.5

Profil 7 Tab. 1.7

(Leitprofil W9)

Nr	Hor	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _B kg/l	GPV %	Vol.% bei pF			silicatischer Feinboden (%)						
							1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	Ton
1	FGroAh	3	0	.	.75	.	.	.	.	0	0	1	3	22	24	50
2	Fr1	13	0	14	.44	83	74	66	29	0	0	1	6	19	14	61
3	Fr2	25	0	.	.52	.	.	.	.	0	0	0	3	19	20	58
4		43	0	41	.54	79	68	61	4	0	0	3	11	21	18	46
5	Fr3	58	0	.	.66	.	.	.	.	1	4	12	17	17	13	38
6	IC	69	0	.	1.66	.	.	.	.	6	15	31	17	10	6	16

Nr	pH	Kalk CaCl ₂	C _{org} %	austausch. Kat cmol _c /kg						BS %	Eisen (g/kg)			Fe _o Fe _d	Fe _{dt} mg/kg
				Ca	Mg	K	Na	H,Al	KAK _p		t	d	o		
1	7.0	3.6	10.3	.	.	.	.	.	.	.	69.2	43.6	.	.	299
2	5.4	.6	13.7	.	.	.	.	.	.	.	65.4	41.9	.	.	336
3	6.7	.5	13.7	.	.	.	.	.	.	.	73.6	49.5	.	.	329
4	5.7	1.9	9.4	.	.	.	.	.	.	.	78.4	28.2	.	.	339
5	5.9	.4	12.1	.	.	.	.	.	.	.	29.7	11.7	.	.	420
6	7.4	16.4	.5	.	.	.	.	.	.	.	13.2	3.3	.	.	75

Nr	Mangan (mg/kg)				Zink (mg/kg)				Cadmium (mg/kg)				Blei (mg/kg)		
	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-	dt	t	min	+-
1	879	669	210	54	173	97	76	16.2	1.34	.74	.60	.46	51	23	28
2	480	605	-124	12	193	98	94	5.2	1.72	.69	1.03	.28	56	23	33
3	366	631	-265	23	240	99	141	20.4	2.06	.72	1.35	.39	61	23	38
4	364	644	-280	16	201	93	108	7.9	1.45	.71	.75	.29	44	24	21
5	210	526	-316	26	181	72	109	11.3	2.68	.57	2.12	.56	35	21	15
6	212	380	-168	7	31	39	-7	1.0	.33	.38	-.05	.09	14	17	-3

Abk.: t=gesamt; d=dithionit; o=oxalat; dt=DTPA; min=minerogen (s.Text); +- =t-min

(Fortsetzung des Textes von Profil 4)

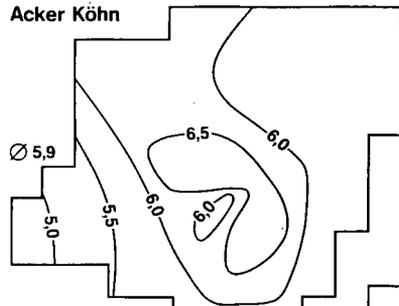
Eine nennenswerte Versauerung dieses Bodens beschränkt sich auf die oberen 30 cm (pH ca. 4), darunter beträgt die Basensättigung bereits 70 %; im unteren Teil der fF-Horizonte ist Kalk nachweisbar.

Mit Ausnahme des MGo2- weisen alle Horizonte, vor allem des Unterbodens, Verluste an Mn infolge Wegfuhr in löslicher Form auf, im Solum ergibt sich ein Gesamtverlust von 619 g Mn/m².

Die Solum-Bilanz von Cd und Zn ist dagegen positiv; insbesondere in den Mudden-Sedimenten des Unterbodens sind diese Elemente z.T. stark akkumuliert worden.

Das Verteilungsbild von Pb ist dem des Profil 3 ähnlich.

pH (CaCl₂)
Oberboden
Acker Köhn



Wald Köhn

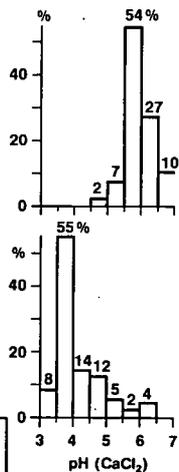
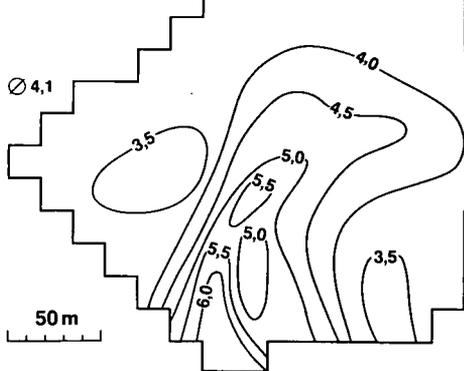
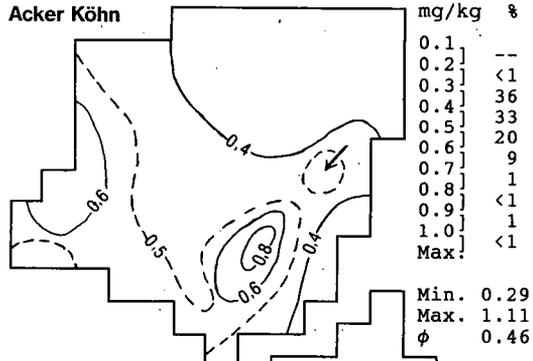
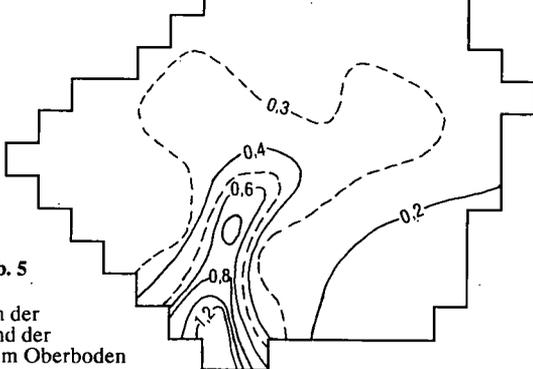


Abb. 4 Isolinienkarten und Flächenhäufigkeiten der pH-Werte (links) und der Cd-Gesamtgehalte im Oberboden

Cd_t (mg/kg) Flächenhäufigkeit
Oberboden
Acker Köhn Klasse Acker Wald



Wald Köhn



mg/kg	Acker %	Wald %
0.1	--	12
0.2	<1	59
0.3	36	18
0.4	33	3
0.5	20	1
0.6	9	2
0.7	1	1
0.8	<1	1
0.9	1	1
1.0	<1	1
Max.]	<1	2
Min.	0.29	0.10
Max.	1.11	1.47
φ	0.46	0.32

Abb. 5

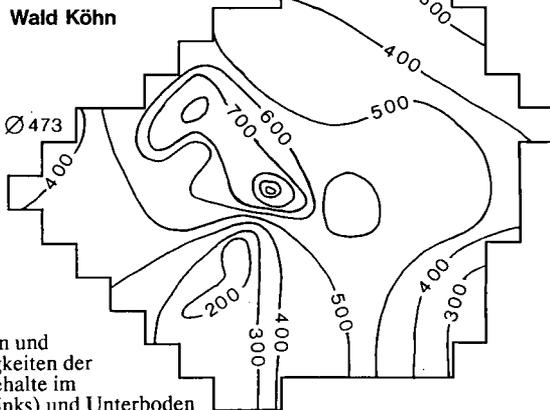
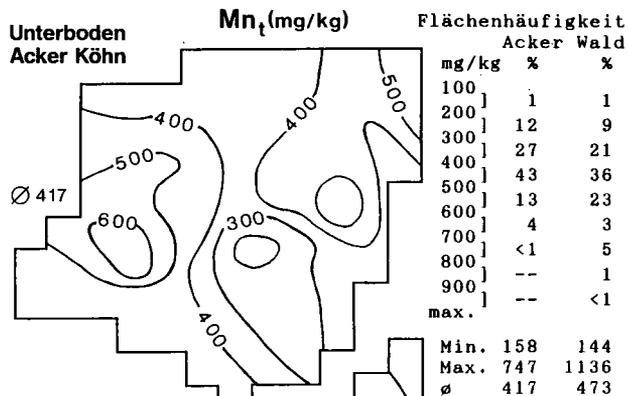
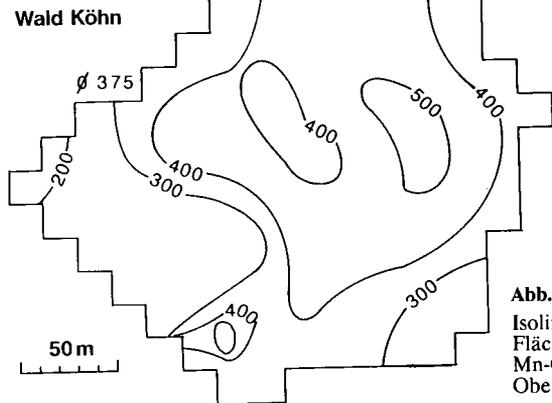
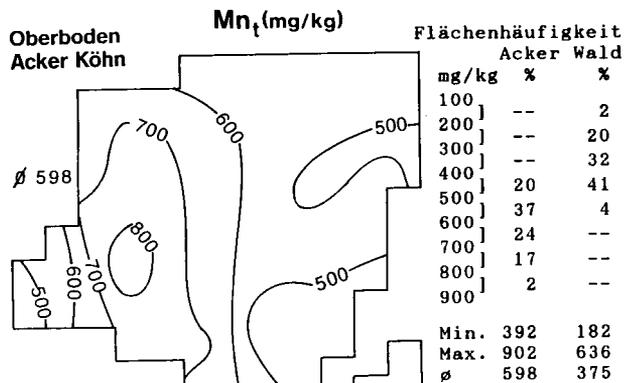


Abb. 6
Isolinienkarten und
Flächenhäufigkeiten der
Mn-Gesamtgehalte im
Oberboden (links) und Unterboden

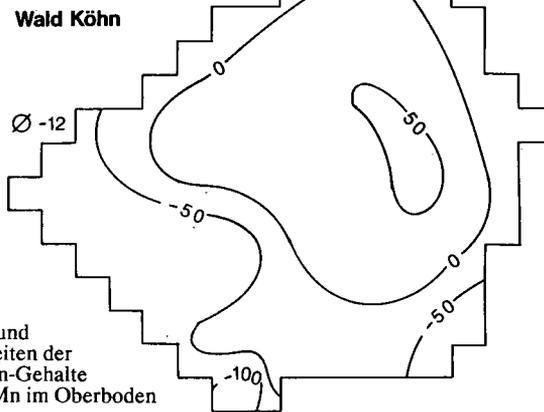
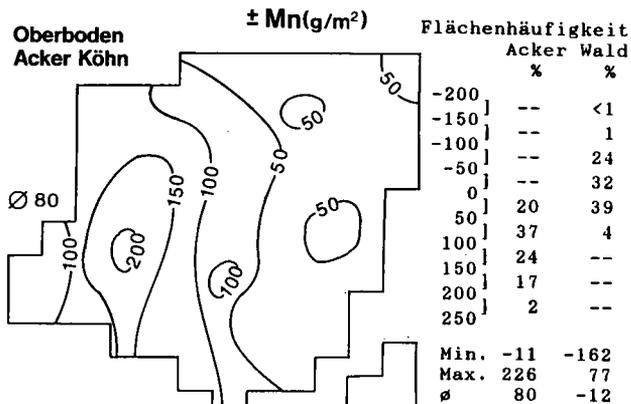
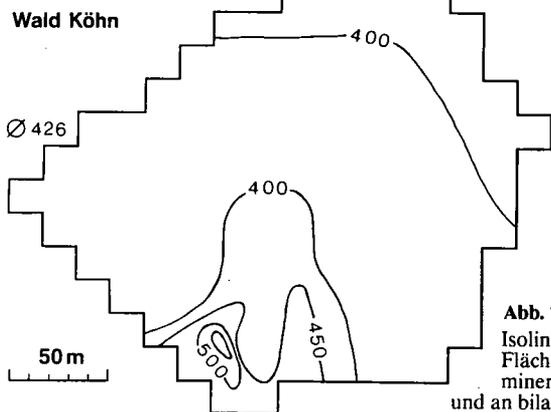
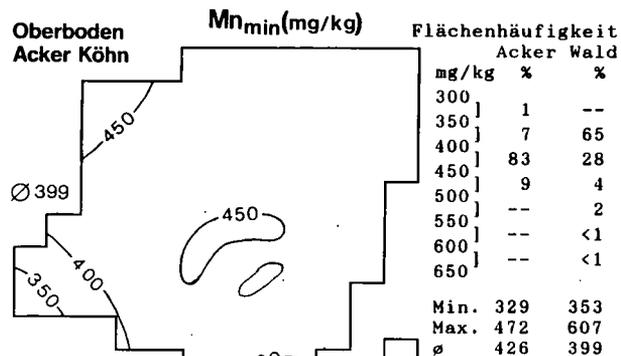


Abb. 7
 Isolinienkarten und
 Flächenhäufigkeiten der
 mineralogen Mn-Gehalte
 und an balanciertem Mn im Oberboden

2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Eisen und Mangan

Die laterale Variabilität von Gehalten und Bilanzen ist zum Teil - insbesondere beim Mn - beträchtlich. Die Ursache hierfür sind neben geogenen Faktoren vor allem durch Redoxprozesse ausgelöste Mobilisierungs- und Immobilisierungsvorgänge, wobei das Hangzugwasser eine wichtige Rolle spielt. Die landwirtschaftliche Nutzung hat zu einer deutlichen Anreicherung von Mn im Oberboden geführt.

In den Kuppen-, Ober- und Mittelhangböden haben eine starke Versauerung der oberen Horizonte und eine beginnende Podsolierung zu einer Verlagerung von Fe und Mn in die unteren Horizonte geführt. Die positive Gesamtbilanz in diesen Böden vor allem an Mn (s. Abb. 6 u. 7) kann einerseits eine relative Anreicherung infolge Erosion von verarmtem Oberbodenmaterial sein, andererseits ist ein Redoxpotential-abhängiger Aufstieg aus dem Geschiebemergel denkbar. Die besonders starke Akkumulation in einigen Hangböden (Mn-Max. im Kompartiment Unterboden : 1136 mg/kg) ist sicher auf eine laterale Verlagerung von Fe und Mn mit dem Hangzugwasser zurückzuführen; allerdings ist auch eine hangaufwärts gerichtete Wanderung dieser Elemente bis in den unteren Mittelhang entlang von Redoxgradienten in Zeiten hoher Bodenfeuchtigkeit aber geringer Hangzugwasserbewegung nicht ganz auszuschließen.

Der Anreicherung von Fe und Mn in den höher gelegenen Böden steht eine Verarmung der meisten Böden des unteren Unterhangs und der Senke gegenüber. In den Unterhangböden, die z.T. visuell typische Pseudogley-Merkmale aufweisen, sind offenbar auch Prozesse der Hangvergleyung abgelaufen. Abgesehen von einem geringen Flächenanteil der Senkenböden mit Fe- und Mn- Anreicherungen in den Go- Horizonten sind die Grundwasserböden z.T. bis zu 40% an Fe und 60% an Mn verarmt (s. Abb. 7). Relativ hohe Humusgehalte und lange Phasen mit hohem Grundwasserstand haben eine Akkumulation von Fe und Mn offenbar verhindert. Der Austrag erfolgte wahrscheinlich weniger vertikal als vielmehr lateral in die Oberflächengewässer. In den Sedimenten von Fließgewässern ist deshalb Mn vor allem im Einzugsbereich hydromorpher Landschaften angereichert [5].

Bemerkenswert ist, daß die Landschaftsbilanz des Solums für Mn nahezu ausgeglichen ist; so ergibt sich für das Solum der gesamten Kleinlandschaft unter Acker ein Gewinn von 4 mg/kg und unter Wald von 16 mg/kg, das entspricht lediglich 1-4 % des minerogenen Sollgehaltes (s. Tab. 2).

Cadmium

Die Isolinien-Karte und die Flächen-Häufigkeiten für Cd (Abb. 5) zeigen, daß z. B. 89 % der Oberböden der Waldlandschaft, insbesondere des Kuppen- und Hangbereiches, Verluste an Cd aufweisen, während 11 % der Fläche durch Cd-Gewinne geprägt ist; im Mittel ergibt sich für die Ackerfläche im Oberboden eine Bilanz zwischen Gesamt- und minerogenem Cd von $0,02 \text{ mg/m}^2$ und für die Waldfläche eine Bilanz von $-0,03 \text{ mg/m}^2$ (s. Tab. 2).

Betrachtet man das gesamte Solum so ergibt sich sowohl für die Acker- als auch für die Waldböden ein Flächenmittelwert des anthropogenen Cd-Gehaltes im Solum von lediglich ca. $-0,07 \text{ mg/kg}$; damit ist eine anthropogene Cd-Anreicherung im Solum nicht nachweisbar, eher werden durch die geringfügig negativen Bilanzen möglicherweise doch geringe pedogene Verluste infolge eines vertikalen Austrages angedeutet. In der Tendenz ist der Cd-Verlust im Solum der Ackerlandschaft geringfügig kleiner als in der Waldlandschaft; im Oberboden weist der Acker sogar eine positive Bilanz auf, was auf die landwirtschaftliche Nutzung zurückführbar sein könnte, jedoch vernachlässigbar klein wäre.

Tab. 2. Mangan-, Cadmium- und Blei-Bilanzen

Flächenmittelwerte der Feinerdmasse, der Gesamtgehalte, der mineralogen Sollgehalte und der bilanzierten (\pm) Gehalte an Mn, Cd und Pb sowie der bilanzierten Mn-, Cd- und Pb-Mengen in den Kompartimenten *Oberboden*, *Unterboden* und *Solum* der Kleinlandschaften *Acker* und *Wald* Köhn

Acker

	t min			+-
	---- (mg/kg) -----			(g/m ²)
Mangan				
Oberbod.	598	426	172	80
Unterbod.	417	456	-39	-71
Solum	454	450	4	9
Cadmium				
Oberbod.	.46	.42	.04	.02
Unterbod.	.38	.47	-.09	-.16
Solum	.40	.46	-.06	-.14
Blei				
Oberbod.	24	19	5.1	2.4
Unterbod.	18	20	-2.0	-3.6
Solum	19	20	-6	-1.3
Masse (kg/m²): Oberb.: 463				
Unterb.: 1814 Solum: 2277				

Wald

	t min			+-
	---- (mg/kg) -----			(g/m ²)
Mangan				
Oberbod.	375	399	-24	-12
Unterbod.	473	448	25	50
Solum	455	439	16	38
Cadmium				
Oberbod.	.32	.39	-.07	-.03
Unterbod.	.38	.46	-.08	-.16
Solum	.37	.44	-.08	-.19
Blei				
Oberbod.	24	19	5.6	2.6
Unterbod.	18	20	-2.5	-5.0
Solum	19	20	-1.0	-2.5
Masse (kg/m²): Oberb.: 469				
Unterb.: 2013 Solum: 2479				

Blei

Im Vergleich zu Cd ist die laterale Variabilität von Pb wegen der geringeren Mobilität nur schwach ausgeprägt. Größer sind dagegen die relativen Unterschiede der Pb-Gehalte von Ober- und Unterböden. Sowohl unter Acker als auch unter Wald sind im Oberboden im Flächenmittel ca. 2,5 g/m² Pb akkumuliert, dem jedoch relativ große Verluste im Unterboden gegenüberstehen, so daß die Flächenbilanz für das gesamte Solum -1,3 g/m² (Acker) bzw. -2,5 g/m² (Wald) ergibt. Somit ist auch für Pb eine anthropogen bedingte Akkumulation mit dieser Bilanzierung nicht nachweisbar; eine Abschätzung der Anteile der Pb-Anreicherung im Oberboden infolge anthropogenen/atmosphärischen Eintrages oder durch die Vegetationspumpe ist daher ebenfalls nicht möglich.

Literatur

- [1] Schlichting, E. und Blume, H.P., 1961. Z. Pflanz.ernähr.Bodenk.,95: 103-208.
- [2] Mutert, E., 1978. Dissertation Kiel.
- [3] Lichtfuss, R., 1989. In: Behrends, D. und Wiesner, J. (Ed). Beurteilung von Schwermetallkontaminationen in Böden. DECHEMA Frankfurt a.M.: 119-135.
- [4] Lichtfuss, R., 1985. Mitt. Dtsch. Bodenkl. Ges., 43: 409-414.
- [5] Lichtfuss, R. und Brümmer G., 1977. Naturwissenschaften 64: 122-125.

Exkursionsführer zur Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 1993 in Kiel

Exkursion I

Böden technogener und nichttechnogener, umgelagerter Substrate

Kiels

von

Cordsen, E. *)

1. Exkursionsroute

Die Exkursion beginnt an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (U in der Übersichtskarte). Die Fahrt führt durch dicht bebauten Gebiet fördewärts zum Stadtteil Düsternbrook, der von Villenbebauung, Gehölzen und Parkanlagen geprägt ist. Hier befindet sich der Exkursionspunkt 1 (Leitboden 21 in der BK 20 Stadt Kiel und Umland) in einem Gehölzstreifen. Weiter führt die Fahrt ein Stück entlang der Kieler Förde, vorbei am Geologischen Landesamt in Richtung Nord-Ostsee-Kanal zum Stadtteil Projensdorf. Hier befindet sich der Exkursionspunkt 2 (Leitboden 13 BK 20) auf einer Kanalkippe im Stadtforst. Anschließend führt der Weg zurück fördewärts, durch den Stadtteil Wik, über die Hochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal hinweg, nordwärts vorbei am Stadtteil Holtenau und der Gemeinde Altenholz zum Stadtteil Pries mit dem Exkursionspunkt 3 (Leitboden 20 BK 20) auf einer ehemaligen wilden Müllkippe. Schließlich wird der Exkursionspunkt 4 (Leitboden 14 BK 20) auf der zentralen Klärschlammdeponie Bülk in der Gemeinde Strande angefahren. Der Weg führt durch den Stadtteil Schilksee vorbei am Olympia Zentrum/Segelhafen 1972. Zurück geht es auf direktem Wege zur Universität.

2. Natürliche Gegebenheiten des Kieler Raumes

Der Kieler Raum liegt im schleswig-holsteinischen Östlichen Hügelland, einer weichselzeitlichen Grund- und Endmoränenlandschaft, die von vermoorten Tälern durchzogen und von Gletscherbecken mit darin entstandenen Seen geprägt ist.

2.1 Geologie und Landschaftsformen

Die Oberfläche des Untersuchungsgebietes Stadt Kiel und Umland ist durch jungpleistozäne und holozäne Vorgänge geprägt worden. Das weichselzeitliche Frühglazial hat Schleswig-Holstein und den Kieler Raum mit seinen Eismassen noch nicht erreicht. Für das ältere Hochglazial werden zunächst drei Hauptvorstöße angenommen, die dem Brandenburger und Frankfurter Stadium entsprechen und alle das gesamte Untersuchungsgebiet Kiel und Umland überfahren haben. Dem jüngeren Hochglazial mit dem vierten Hauptvorstoß, der seine Entsprechung im Pommerschen Stadium findet, sind die Stauchmoränenzüge zuzuordnen, die die Kieler Förde im Süden begrenzen und sie vom

*) Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstr. 7, 2300 Kiel 1

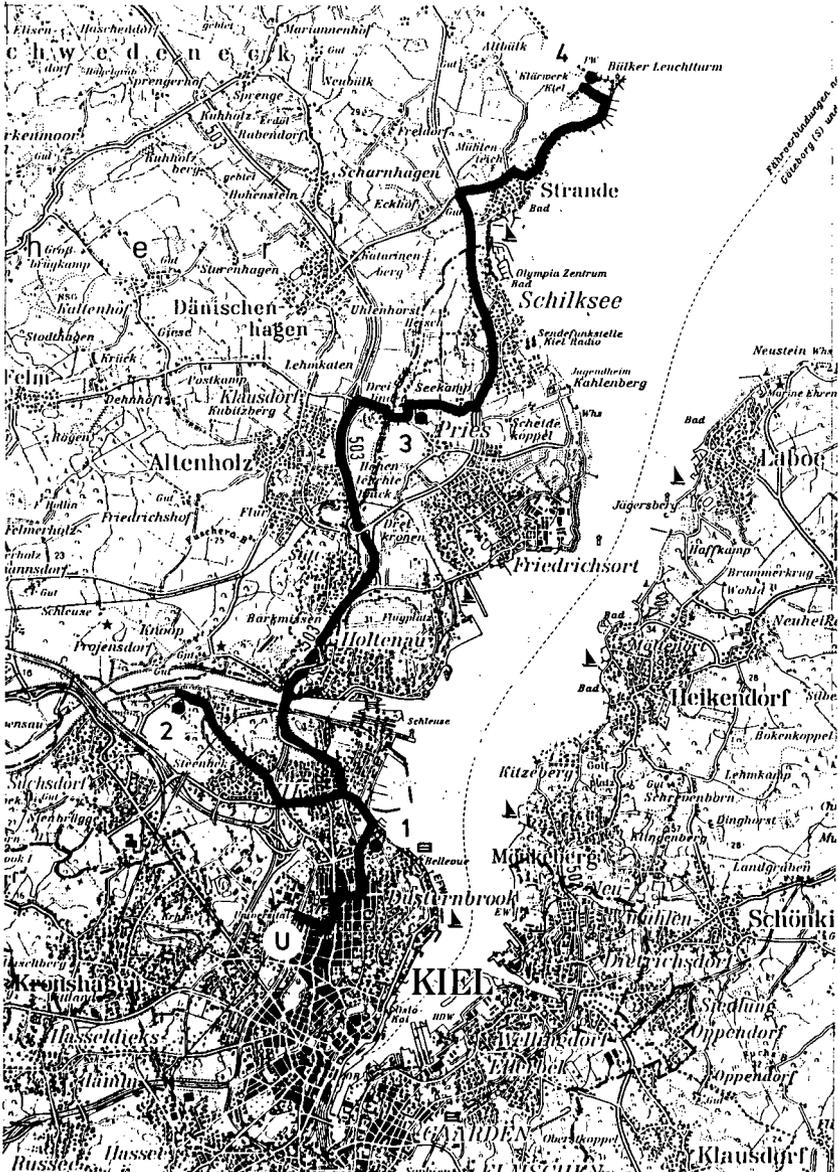


Abb. 1: Übersichtskarte Stadt Kiel (Exkursionsgebiet) mit Exkursionsroute und Exkursionspunkten 1 bis 4 (Abfahrt und Ankunft: U = Universität)

Eidertal trennen. Wie schon aus der Randlage dieses Hauptvorstoßes zu erkennen, hat er nicht mehr das gesamte Untersuchungsgebiet überfahren. Der fünfte, spätglaziale Eisvorstoß dürfte nur noch den nördlichen Teil des Kieler Raumes nördlich des Nord-Ostsee-Kanales erreicht und somit den größeren Teil periglazial beeinflusst haben. Die vorwiegend minerogene Sedimentation in Eisstauseen führte zu spätglazialen, häufig sehr feinkörnigen Ablagerungen.

Im Zusammenhang mit dem allgemeinen Anstieg des Wasserspiegels der Ostsee und damit der Kieler Förde ist ebenso ein allgemeiner Anstieg des Grundwasserspiegels im Hinterland zu verzeichnen gewesen, der für viele glaziale Hohlformen im Einzugsgebiet der Kieler Förde bestand. Damit war die Voraussetzung für Seenbildungen und nachfolgende Verlandungen derselben durch Vermoorungen gegeben. Die Bildung von Kolluvien infolge von Wassererosion kuppiger, jungpleistozäner Formen ist im Kieler Raum insbesondere seit der Aufnahme des Ackerbaues durch den Menschen und auch noch aktuell zu beobachten.

Beckenablagerungen, Geschiebemergel, Geschiebesand, Geschiebekies sowie glazifluviale Ablagerungen bzw. Sander-Sand sind die während des Jungpleistozäns gebildeten Sedimente im Raum Kiel und Umland. Die weitaus größte Bedeutung für den Kieler Raum hat der Geschiebemergel. Er bildet für einen sehr hohen Anteil des Untersuchungsgebietes das Ausgangsmaterial der rezenten natürlichen Böden und darüber hinaus häufig die Unterlage für Böden anthropogener Lithogenese. Durch Erosion pleistozäner Sedimente oder aus pleistozänen Sedimenten entstandener Böden sind während des Holozäns junge Ausgangsgesteine der Bodenbildung entstanden bzw. bilden sich rezent. In diese Gruppe gehören marine Sedimente, Kolluvien, Auensedimente sowie Mudden, die zu den Niedermoortorfen überleiten.

Das Östliche Hügelland ist durch einen raschen Wechsel von Voll- und Hohlformen, durch die typische kleinräumige Abfolge von Kuppen und Senken mit den dazwischenliegenden unterschiedlich ausgeprägten Hängen gekennzeichnet. Hinzu kommen ausgeprägte größere ebene Tiefenbereiche, langgezogene, häufig gewundene Talungen, schwach reliefierte Hochflächen und Rücken sowie natürliche Böschungen und Abbruchkanten.

Die beiden prägenden Hauptvorfluter des Kieler Raumes sind die Eider mit Fließrichtung Nordsee und die Schwentine mit Fließrichtung Ostsee in die Förde hinein. Vom Menschen angelegt verläuft im Kieler Norden ein dritter großer Hauptvorfluter, der Nord-Ostsee-Kanal.

Das prägende Gewässer des Kieler Raumes ist die Förde. Als festländische Talrinne jungpleistozäner Entstehung ist sie erst postglazial vom Meerwasser erfüllt worden.

2.2 Klima

Das aktuelle Klima des Kieler Raumes wird als ozeanisches Übergangsklima bezeichnet; es gehört nicht dem atlantischen Klima an. Durchschnittlich fallen jährlich in Kiel 693 mm (1851 bis 1950) bzw. 726 mm (1930 bis 1961) Niederschläge. Für den äußersten Nordbereich von Bülk/Strande werden 650 bis 675 mm Niederschlag im Jahr angegeben, für den Bereich Schilksee 675 bis 700 mm, für das westliche Fördeufer, Kiel-Ost und Kiel-Süd 700 bis 725 mm und für Kiel-West, den exponierten Freilandbereich, 725 bis 750 mm. Die mittlere Lufttemperatur beträgt im Mittel der Jahre 7,7 ° C (1851 bis 1950) bzw. 8,5 ° C (1931 bis 1960). Während der Vegetationsperiode von Mai bis Juli wird eine mittlere Lufttemperatur von 14 bis 15 ° C (1931 bis 1960) erreicht. Das Kieler Klima ist humid.

2.3 Vegetation

Die aktuelle Vegetation unversiegelter Böden im Untersuchungsgebiet Stadt Kiel und Umland ist aufgrund vielfältiger anthropogener Ein-

flüsse - ihre Pflanzenarten und -gesellschaften betreffend - nicht mehr so zusammengesetzt, wie es den ursprünglichen natürlichen Standortgegebenheiten entspräche. An die Stelle der nahezu flächen-deckend zu erwartenden und historisch vorhanden gewesenen Waldbestände sind Kulturpflanzenbestände getreten. In der Folge haben sich je nach Nutzung und Nutzungsintensität Rasen- und Kraut- (z.B. auf Wirtschaftsgrünland), Ackerkraut-, Ruderal- und Wegrand-, Zwergstrauch- und andere Pflanzengesellschaften ausgebildet. In den Stadtförsten wirkt die Erholungsnutzung stark modifizierend auf die Artenzusammensetzung der Kraut- und Strauchschicht. Eine ganz spezifische Ausbildung erfahren Pflanzengesellschaften, wenn sie auf Böden aus aufgeschütteten, insbesondere technogenen Ausgangsmaterialien wie Klärschlamm, Metall-Abprodukten, Müll oder Bauschutt stocken.

2.4 Böden und Bodengesellschaften

In Abhängigkeit vom Ausgangsgestein, den Wasserverhältnissen, der Reliefposition und der Nutzung haben sich im Kieler Raum Braunerden, Parabraunerden, Pseudogleye, Kolluvien, Gleye und Niedermoore bzw. deren Sub- und Übergangstypen entwickelt. Ausgeprägte Podsole sind nicht zu verzeichnen, jedoch kommen Podsol-Braunerden insbesondere unter forstlicher Nutzung (Nadelholz) auf Geschiebe- und Sander-Sanden vor, Braunerden haben sich größtenteils in den anstehenden sandigen Substraten gebildet (Endmoränen). Parabraunerden, Pseudogleye sowie deren Übergangstypen haben sich auf den lehmigen Standorten meist der weichselzeitlichen kuppigen Grundmoränen entwickelt. Sie sind meist ackerbaulich genutzt, soweit Einschränkungen durch das Relief oder zu starke Staunässe dem nicht entgegenstehen. Die Gleye und Niedermoore sind die Böden der großen glazialen Niederungen, die heute zum Teil von Fluß- oder Bachläufen, zum Teil von verlandenden/verlandeten Seen erfüllt sind, sowie der kleineren glaziären Hohlformen. Kolluvien haben sich über den gesamten Kieler Raum hinweg überall dort und seitdem entwickelt, wo ackerbauliche Nutzung in stärker reliefierten Gebieten betrieben wird und worden ist. Der Strandrohgleye ist ein Grundwasserboden der gezeitschwachen marinen Bereiche, der nicht der typischen Sedimentation der Marschen unterliegt, jedoch salzhaltig ist und aus diesem Grunde sowohl von den Marschen als auch von den limnischen Gleyen der Täler, Niederungen und Ebenen abgegrenzt werden muß. Er stellt die Initialphase einer Bodenbildung dar, die aber gleichzeitig aufgrund der ständigen küstenparallelen Sedimentumlagerungen im Strandbereich das Klimaxstadium darstellen kann. Die genannten Böden stehen je nach den oben genannten Faktoren der Pedogenese in engen Wirkungsgefügen miteinander, die kleinräumig eine hohe Variabilität aufweisen, ursächlich beeinflußt durch das glaziäre Relief.

3. Anthropogene Veränderungen

Menschliche Tätigkeit bedeutet Beeinflussung und Veränderung der Böden, ihrer Morphie, Entwicklung und Bildungsfaktoren. Alle menschlichen Aktivitäten haben Böden entweder im Rahmen ihrer ökologischen Funktionen oder aber als Grundfläche wie z.B. als Baugrund zur Grundlage.

3.1 Historische Entwicklung Kiels

Kiel ist zwischen 1233 und 1242 angelegt worden. Die Siedlung erhielt 1242 Stadtrecht. Im 15. Jahrhundert hatte Kiel 2500 Einwohner. Bis 1773, als Kiel dem dänischen Staat zufiel, blieb Kiel Regionalmarkt und Residenz. Gegen Ende dieser Entwicklungsphase hatte Kiel etwa 6 000 Einwohner. Danach gewann die Stadt zunehmend an Bedeutung, was sich in einer auf 17 500 gestiegenen und damit fast dreifachten Einwohnerzahl um 1860 deutlich ausdrückt. Diese Entwick-

lung wurde eingeleitet durch den Bau des Eiderkanales zwischen Rendsburg und der Mündung der Levensau (1777 - 1784). Ganz andere Faktoren steuerten die Stadtentwicklung, nachdem Kiel 1864 zu Preußen und damit später zum Deutschen Reich gekommen war. 1867 wurde Kiel Kriegshafen des Norddeutschen Bundes, 1871 Reichskriegshafen, was die Errichtung einer Werftindustrie in Kiel zur Folge hatte. Schon vor 1900 war die statistische Großstadtgrenze überschritten worden (1900: 107 000 Einwohner); zehn Jahre danach hatte sich die Einwohnerzahl verdoppelt (211 000 Einwohner). Nach 1933 wurde in Kiel mit der Neubegründung der Kriegsmarine der Kriegsschiffbau wieder aufgenommen, was zu einem starken Anwachsen der Stadtbevölkerung (1939: 275 000 Einwohner) führte (s. Abb. 2). Während des Krieges erhöhte sich noch die Einwohnerzahl und erreichte 1942 306 000. Im Jahre 1943 setzten die schweren Bombenangriffe auf Kiel ein, die besonders der Werftindustrie galten. Die Nachkriegszeit brachte zunächst die von reger Bautätigkeit geprägte Zeit des Wiederaufbaues sowie eine breitere wirtschaftliche Basis für die Stadt.

3.2 Nutzung

Die Außenbereiche des Kieler Raumes werden zum überwiegenden Teil landwirtschaftlich genutzt. Von besonderem Einfluß auf die Bodenentwicklung ist die Nutzung in den innerstädtischen Bereichen durch Baumaßnahmen. Im Erhebungsjahr 1985 verteilten sich die Nutzungsarten Kiels auf Gebäude- und Freiflächen (3326 ha = 30,2 %), Betriebsflächen (220 ha = 2,0 %), Erholungsflächen (155 ha = 1,4 %), Verkehrsflächen (2201 ha = 19,9 %), Landwirtschaftsflächen (4320 ha = 39,2 %), Waldflächen (302 ha = 2,7 %), Wasserflächen (358 ha = 3,2 %) sowie Flächen anderer Nutzung (159 ha = 1,4 %) bei einer Gesamtfläche von 11041 ha (Quelle: Statistisches Landesamt Schleswig-Holstein). Im Zuge der Massenbesiedlung sind seit 1869 zahlreiche Eingemeindungen in den Kieler Stadtverband vorgenommen worden, die neue Gewerbe- und Industrieansiedlungsflächen sowie Bauland für Wohnzwecke zur Verfügung stellen sollten, aber auch Zuwachs an landwirtschaftlich genutzten Flächen gebracht haben. Der hohe Anteil an vegetationsbedeckten Flächen auch schon vor den Eingemeindungen mit hohen Anteilen landwirtschaftlich genutzter Flächen ist auf zahlreiche Kleingartengebiete und Grünanlagen wie Parks und Sportplätze zurückzuführen, die sowohl die Stadt ringförmig umschließen als auch Grünzüge bis in die Innenstadt hinein bilden.

3.3 Stadtspezifisches Klima

Trotz der starken Luftbewegungen im Kieler Raum bildet sich nach ERIKSEN (1964) auch in Kiel ein durch den städtischen Verdichtungsraum modifiziertes Klima heraus, das sich auf eine Reihe städtebaulicher Ursachen zurückführen läßt. Kurz aufgeführt seien hier nur die Bildung von Dunsthauben, die schnellere Erwärmung und Wärmespeicherung von Gebäuden, die verminderte Verdunstung aufgrund höheren Abflusses, die besonderen Oberflächenformen, die Windschneisenbildung zwischen Hochbebauungen u.a.m.

3.4 Eingriffe in die Böden und Gesteine

Im Rahmen der Veränderungen und Belastungen von Böden sind Bodenüberformung und -versiegelung Vorgänge, die in der Hauptsache mit der Siedlungstätigkeit des Menschen zusammenhängen.

Auf- und Abträge lassen sich gliedern in

- Bodenauf- und -abträge im Zuge von Hoch- und Tiefbaumaßnahmen im Zusammenhang mit der Anlage von Gebäuden, Verkehrs- und Freizeiteinrichtungen,
- Bodenauf- und -abträge im Zuge der Gewinnung von Bodenschätzen und
- Bodenaufträge durch Deponierung von zur Zeit oder endgültig nicht

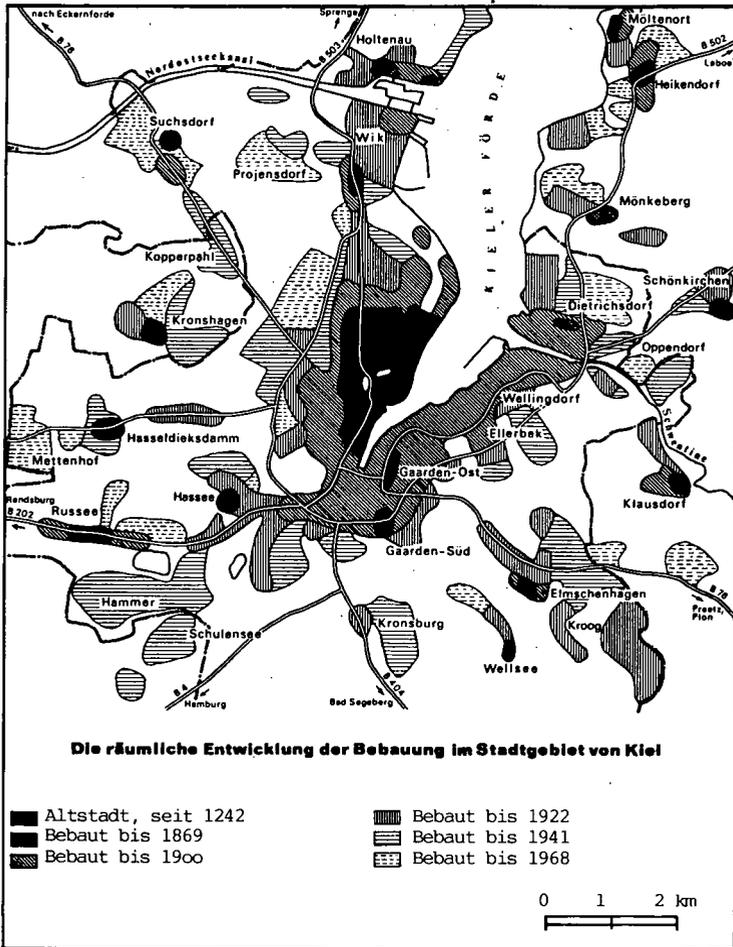


Abb. 2: Die räumliche Entwicklung der Bebauung (aus STEWIG 1971)

mehr genutzten Materialien.

Baumaßnahmen bedingen vielfach Baugruben, deren Aushub andernorts aufgetragen wird. Bauvorschriften sehen dabei die Wiederverwendung des belebten, humosen Oberbodens für einen Pflanzenwuchs vor. Aufschüttungen werden auch gemacht, um geeigneten Baugrund oder günstige Kultursubstrate für den Pflanzenbau herzustellen. Hoch- und Tiefbaumaßnahmen im Zusammenhang mit der Anlage von Gebäuden, Verkehrs- und Freizeiteinrichtungen erfolgen zumeist nacheinander bei der Einrichtung von Siedlungsgebieten. Die Nivellierung und Modellierung der zu erschließenden Flächen sind großflächige Maßnahmen, die neben dem Aushub von Baugruben, Schächten und Gräben für die Verlegung der notwendigen Ver- und Entsorgungsleitungen die ursprüngliche Bodengestalt zerstören. Dabei sind viele dieser Maßnahmen mit einem Bodenaustausch verbunden. Anstehende Böden werden dabei gegen Materialien definierter Zusammensetzung ausgetauscht. Auch der Kanalbau mit dem Aushub großer Mengen anstehenden Bodens und Gesteines zur Formung des Kanalbettes gehört dazu. Das anfallende Material wird möglichst ohne weite Transportwege entlang des neuen Kanalbauwerkes verkippt. Sogenannte Kanalkippen finden sich z.B. entlang des gesamten Nord-Ostsee-Kanals. Sowohl beim "Einbau" von Oberbodenmaterial nach Baumaßnahmen in Straßenrand- und -mittelfeldbereichen wie auch in Grünanlagen zwischen Hochbauten sowie beim "Einbau" von nichttechnogenen Abdeckmaterialien (lehmige Abdeckung, Oberbodenmaterial) auf Deponien gelten festgelegte Standards.

Der zunehmende Bau von Wohn-, Gewerbe- und Industrie- sowie sonstigen Gebäuden und die Ausweitung der Verkehrsflächen führt zu fortschreitender Versiegelung (s. Abb. 2). Vollständig versiegelte Böden verlieren ihre Funktion als Pflanzenstandort, Lebensraum von Organismen, Grundwasserspender und -filter. Bodenversiegelung wirkt sich auch auf das Klima und die Lebensqualität der Menschen aus. Für den Kieler Raum sind in Abhängigkeit von den Nutzungs- und Bauungstypen fünf Einheiten des Versiegelungsgrades abgeleitet worden: Versiegelung 0 - 15 % = gering, 10 - 50 % = mäßig, 45 - 75 % = mittel, 70 - 90 % = stark, 85 - 100 % = sehr stark.

3.5 Technogene und nichttechnogene, umgelagerte Substrate im Kieler Raum

Technogene Substrate lassen sich in Bauschutt, Aschen, Schlacken, Müll, Schlämme aus der kommunalen Abwasserreinigung und Industrieschlämme und weiter nach ihrer Herkunft unterteilen. Nichttechnogene, umgelagerte Substrate entsprechen zunächst häufig dem Spektrum der am Orte natürlicherweise anstehenden. Einerseits sind dies bereits verwitterte Substrate als Ergebnis von Bodenbildungen, mehr oder weniger humos, andererseits unverwitterte Ausgangsmaterialien, die aufgrund größerer technischer Eingriffe umgelagert worden sind. Bei Untersuchungen im Kieler Raum sind nicht alle der oben genannten technogenen Substrate registriert worden. In der Regel handelt es sich auch um Gemenge und Schichtungen technogener Substrate untereinander bzw. mit nichttechnogenen, umgelagerten Substraten. Technogene Substrate in "reiner Form", wie sie in der Literatur definiert worden sind, finden sich so gut wie nie. Technogene Substrate der oben genannten Aufzählung, die im Kieler Raum nicht als Hauptbestandteile auftreten, sind jedoch meist zumindest als Beimengungen zu verzeichnen. Dies betrifft insbesondere Aschen und Schlacken. Die Bodenkarte 1 : 20 000 Stadt Kiel und Umland weist als Substrate der Böden anthropogener Lithogenese (45 % der Böden) Bauschutt, Müll, Klärschlamm und als Besonderheit von Standorten mit metallverarbeitender Industrie Metall-Abprodukte als technogene Substrate auf. Als nichttechnogene, umgelagerte Substrate sind Geschiebesand und -mergel, Sand, Lehm, Torfe und Mudden, aber auch allgemein

Bodenaushub, natürliche anthropogene Aufschüttung, lehmige Abdeckung, humose Deckschicht und anthropogen umgelagerte Krume verzeichnet. Häufig kommen technogene und nichttechnogene, umgelagerte Substrate mit humoser Deckschicht bzw. anthropogen umgelagerter Krume überdeckt vor. Lehmige Abdeckungen sind häufig über Müll und Bauschutt aufgebracht. Die genannten Substrate sind als Ausgangsgesteine der Bodenbildung anzusehen.

3.6 Böden anthropogener Lithogenese

Böden anthropogener Lithogenese sind entsprechend denen natürlicher Lithogenese unter Annahme gleicher Prozesse der Pedogenese in das System eingeordnet worden. Ausgenommen von dieser Regel sind dabei solche Böden gewesen, in denen offensichtlich eine nicht einzuordnende Pedogenese abläuft, der Stoffbestand im Zusammenhang mit der Dynamik grundlegend abweicht und die Morphe mit den Möglichkeiten des vorhandenen Systemes nicht oder nur unzulänglich zu beschreiben ist. In diese Gruppe gehören folgende Böden:

Methanosole aus Müll und Bauschutt, häufig mit lehmiger Abdeckung, und Methanosole aus Klärschlamm weisen eine Gasdynamik auf, die unabhängig vom Grundwassereinfluß zu reduzierenden Bedingungen und einer dementsprechenden Morphe führt. Sie sind initiale Bodenbildungen, die je nach Methannachlieferung aus den Deponiekörpern nicht von Dauer sind. Roh-Gleye aus Metall-Abprodukten und Bauschutt und Roh-Gleye aus Bauschutt und Bodenaushub, häufig mit humoser Deckschicht, sind Böden in Grundwasserbereichen, die aufgrund ihrer kurzen Entwicklungsdauer nach anthropogener Ablagerung des Ausgangsmaterials zwar eine vom Wasser geprägte Morphe aufweisen, jedoch noch keinen ausgeprägten humosen Oberboden ausbilden konnten. Sie entsprechen damit in der Abteilung der semiterrestrischen Böden dem Lockersyrosem der Abteilung der terrestrischen Böden. Aufschüttungen aus anthropogen umgelagerten Torfen und Mudden lassen sich hinsichtlich des Standes ihrer Pedogenese aufgrund des hohen Humusgehaltes nur sehr schlecht beurteilen. Wegen des in diesem Falle fehlenden Grundwassereinflusses nach Umlagerung in terrestrische Bereiche hinein ist eine Einordnung in die Abteilung der Moore jedoch nicht mehr möglich.

Hinsichtlich der Böden anthropogener Lithogenese sind aufgrund der bisher meist erst verhältnismäßig kurzen Entwicklungsdauer nur schwach ausgebildete Bodenbildungen festzustellen: Lockersyroseme, Regosole und Pararendzinen natürlicher und technogener anthropogen umgelagerter Substrate haben sich gebildet. Unter dem Einfluß ständiger Durchmischung und Humuszufuhr sind Hortisole entstanden. Regional verteilen sich die grundlegend vom Menschen im Ausgangsgestein veränderten Flächen auf Innenstadt und Stadtrandzentren sowie auf Deponiestandorte, die stärker pedogen veränderten Böden auf den Kleingartengürtel und ältere Siedlungsbereiche um das alte Kieler Stadtgebiet herum und die landwirtschaftlich genutzten schwach überprägten Böden auf die Außenbezirke.

4. Exkursionspunkte

Auf der Exkursion werden vier Standorte besichtigt: ein Standort auf nichttechnogenem und drei Standorte auf technogenem Substrat, darunter einer unter Grundwassereinfluß.

4.1 Profil 1: Pararendzina aus Bauschutt (Trümmerschutt), Kiel-Düsternbrook/ Forstbaumschule (Leitprofil 21 BK 20)

Profil 1 liegt in einer alten Parkanlage aus dem 18. Jahrhundert, der Forstbaumschule, in einem Gehölzstreifen am Parkrand. Die Parkanlage liegt im ehemals völlig bewaldeten Fördeseitenhangbereich. Nach der allgemeinen mittelalterlichen Entwaldung dieses Raumes bis zur Anlage der Forstbaumschule lag der Standort in der dörflichen

Feldmark der Wik/Brunswiks. Das vorwiegend lehmige natürliche Ausgangsgestein ist teilweise - insbesondere in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg - durch Aufschüttungen aus Müll und vor allem Trümmerschutt der kriegszerstörten Gebäude Kiels überprägt worden. Der aktuelle Gehölzbestand stockt auf einer Trümmerschüttung, die im untersuchten Bereich mächtiger als drei Meter ist, und konnte sich seit der Nachkriegszeit entwickeln.

Aufgrund von Miterfassung humosen Materiales, z.B. aus den Gärten zerstörter Gebäude (Bodenaushub), ist die Pararendzina bis einen Meter Tiefe schwach bis mittel humos. Durch Humusakkumulation aus Bestandesabfall hat sich am Orte der Ah-Horizont ausgebildet (Ziegelbruch bis an die Oberfläche, vermutlich kein Auftrag nichttechnogener Oberbodenmaterials auf die Trümmerschüttung). Der Ah-Horizont ist bereits weitgehend entkalkt worden. Je nach Größe, verwendetem Material und Brenndauer weist der Ziegelbruch Verwitterungserscheinungen auf. Mikromorphologisch läßt sich im yYB(v)-Horizont bereits Eisenfreisetzung nachweisen.

Aufgrund des hohen Skelettanteiles (Trümmerschutt) ist die Pararendzina locker gelagert, gut durchlüftet und durchlässig. Grundwasseranschluß besteht nicht. Der Wasserhaushalt wird durch die mäßigen Tongehalte des Feinbodens und den im Oberboden hohen, nach unten hin abnehmenden, aber vorhandenen Humusanteil positiv beeinflusst. Einen schwer zu quantifizierenden Anteil hieran liefert ebenfalls der Ziegelanteil. Je nach Herkunft ihrer Grundmaterialien und Herstellungsart verfügen Ziegel über ein mehr oder weniger großes Porenvolumen. Die Nährstoffverhältnisse werden einerseits vom nährstoffreichen, carbonathaltigen Trümmerschutt (Mörtel wie auch langfristig durch Verwitterung Ziegel), andererseits vom Nährstoffbindungsvermögen (viel Humus, mäßige Tongehalte des Feinbodens, möglicher Beitrag durch innere Oberflächen der Ziegel) positiv beeinflusst. Letzteres gilt ebenfalls für das Schadstoffbindungsvermögen. Die Puffer- und Transformations-eigenschaften werden durch die hohen Kalkgehalte und daraus resultierenden hohen pH-Werte sowie durch die beträchtliche biologische Aktivität aufgrund des Humusanteiles positiv beeinflusst. Daraus folgt, daß erhöhte Schwermetallgehalte (Zink, Blei) zunächst nicht negativ wirksam werden.

Pararendzinen aus Bauschutt (Trümmerschutt) sind im Raum Kiel die Böden der kriegszerstörten innerstädtischen Bereiche und der in der Nachkriegszeit aufgeschütteten Trümmerhalden (z.B. Parkbereiche; insgesamt 6,8 % des untersuchten Raumes; Bodeneinheit 7 BK 2o).

4.2 Profil 2: Mullpararendzina aus anthropogen umgelagerten jungpleistozänen Absätzen (Geschiebesand, Geschiebemergel, Beckensedimente), Kiel-Projensdorf/Projensdorfer Gehölz (Leitprofil 13 BK 2o)

Profil 2 liegt im Kieler Stadtwald südlich des Nord-Ostsee-Kanales. Der heutige Baumbestand stockt auf einer Aufschüttung aus Aushub vom Bau des Nord-Ostsee-Kanales (1887/95). Vordem lag der Standort unbewaldet in der Feldmark des Gutes Projensdorf.

Die Mullpararendzina hat sich aus sandigen bis schluffig-lehmigen, anthropogen umgelagerten jungpleistozänen Absätzen entwickelt, die geschichtet waren bzw. geschichtet abgelagert worden sind. Durch Humusakkumulation aus Bestandesabfall der nach Kippende vor rund 100 Jahren begonnenen Aufforstung dieses Standortes hat sich ein mächtiger, extrem humoser Ah-Horizont entwickelt. Die Auflage besteht nur aus Streu des Vorjahres, so daß die Humusform als Mull angesprochen wird. Die Entkalkung hat den Bereich bis 25 cm Tiefe erfaßt.

Die Mullpararendzina weist geringe bis mittlere Lagerungsdichten auf und hat eine sehr hohe Luftkapazität. Aufgrund fehlenden Grundwasseranschlusses und geringer nutzbarer Feldkapazität der aufge-

Profil 1

Lage: Kiel-Düsternbrook
Forstbaumschule

TK 25: 1626 Kiel

Klima: ozeanisches Übergangsklima

Niederschlag: 725 mm
Mitteltemperatur: 8,5 °C

Gestein: Bauschutt (Trümmerschutt)

Relief: Oberhangverebnung

Neigung: N1
Exposition: NE
Höhenlage: 12,7 m NN

Vegetation/Nutzung: Buchen-Birken-
Mischwald; Park

Humusform: Mull

Klassifikation: Pararendzina

Beschreibung des Profils:

Ah	- 20 cm	sehr dunkel grülich braun (10YR 3/2), stark lehmiger Sand, krümelig, stark humos, carbonatarm, mäßig dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 6,9, Regenwürmer, Ziegelbruch, Mörtel
yB(v)	- 45 cm	gelblich braun (10YR 5/4), mittel lehmiger Sand, krümelig, mittel humos, stark carbonathaltig, dicht, mittel steinig, pH (CaCl ₂) 7,6, Regenwürmer, Ziegellage in 40 bis 45 cm Tiefe
yY1	- 80 cm	dunkel braun (10 YR 3/3), schwach lehmiger Sand, singularär, schwach humos, stark carbonathaltig, dicht, stark steinig (Ziegelbruch, Mörtel), pH (CaCl ₂) 7,6, Regenwürmer
yY2	- 100 cm	grülich braun (10YR 5/2), großsandiger Mittelsand, singularär, mittel humos, stark carbonathaltig, dicht, mittel steinig, pH (CaCl ₂) 7,6, Regenwürmer
yY3	- 140 cm	dunkel braun (10YR 3/3), schwach schluffiger Sand, singularär, nur stellenweise humos, stark carbonathaltig, dicht, stark steinig, pH (CaCl ₂) 7,8, Regenwürmer
yY4	- 195 cm	dunkel braun (10 YR 3/3), mittel lehmiger Sand, singularär, nur stellenweise humos, stark carbonathaltig, dicht, stark steinig

Aufnahme: H.-K. Siem

schütteten Sande ist das Wasserangebot des Bodens gering, wird aber durch die schluffig-lehmigen Schichten und Linsen und vor allem durch die hohen Humusgehalte im Oberboden verbessert. Auch das Nährstoffbindungsvermögen wird in der Hauptsache durch den Humus und die feineren Mineralbodenbestandteile bestimmt. Dies gilt auch für die Nährstoffreserve. Aufgrund seiner Schichtung verfügt der Boden sowohl über gute mechanische (durch die Sande) als auch physikochemische Filtereigenschaften (durch die Schluff- und Lehmenteile). Bedenkliche Schwermetallgehalte sind aufgrund der Herkunft des Substrates nicht zu verzeichnen.

Pararendzinen aus anthropogen umgelagerten pleistozänen Absätzen sind im Raum Kiel die Böden der Kanalkippen, großflächig nivellierter Verkehrsbereiche und jüngerer Neubaugebiete mit großen Bodenbewegungen (insgesamt 9,7 % des untersuchten Raumes; Bodeneinheit 6 BK 2o).

4.3 Profil 3: Gley-Methanosol aus lehmiger Abdeckung über Bauschutt und Hausmüll über Niedermoortorf, Kiel-Pries/ Brandsbrook (Leitprofil 2o BK 2o).

Profil 3 liegt auf einer ungeordneten Deponie in einem ehemaligen Niederungs- bzw. Niederungsrandbereich. In früherer Zeit bestand hier ein Bruchwald, dessen Reste sich heute noch östlich der Auf-

Profil 1

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	ds g/cm ³	df	Vol. % Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							-∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fs	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1.1	Ah	- 20	7	9	1,33	-	47,9	35,4	30,3	20,7	9,2	25,9	30,0	11,8	4,8	3,9	14,4	
1.2	yVB(v)	- 45	20	105	1,51	-	43,0	20,4	16,9	7,5	14,1	38,5	25,9	5,1	5,7	2,4	8,3	
1.3	yY1	- 80	25	50	1,63	-	38,5	18,0	15,1	5,1	14,3	42,4	25,1	4,0	4,6	2,4	7,2	
1.4	yY2	- 100	14	-	1,65	-	-	-	-	-	19,0	49,2	19,0	3,2	3,3	2,0	4,3	
1.5	yY3	- 140	15	62	1,65	-	38,5	16,4	13,4	4,0	19,5	47,9	18,7	3,2	7,3	1,6	1,8	

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	N _t %	C/N	Fe _o Fe _d Fe _o / mg/kg Fe _d			Mn _o Al _o mg/kg		austausch. Kat. cmol _c /kg					Σ KAK pot eff %		BS %
						Ca	Mg	K	Na	H+Al	34	35	36					
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1.1	6,9	0,62	3,20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	7,6	8,45	1,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.3	7,6	8,54	0,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.4	7,6	8,81	1,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.5	7,8	7,59	0,26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nr.					Fe Mn Zn Cu Cd Pb ppm im HNO ₃ -Auszug						Fe Mn Zn Cu Cd Pb ppm im DTPA-Auszug						53
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
1.1					5720	195	180	21	0,4	156	36,2	9,5	19,0	3,7	0,3	31,1	
1.2					3810	170	206	27	0,6	110	11,6	2,3	13,5	4,2	0,2	22,0	
1.3					5100	248	292	17	0,4	272	9,7	2,5	22,0	1,9	0,2	167,0	
1.4					4200	247	1298	22	1,4	301	9,6	2,4	121,5	3,5	0,2	42,5	
1.5					4880	224	836	15	0,7	550	10,1	2,4	60,9	1,5	0,2	251,8	

schüttung finden. Zeitweilig hat im höhergelegenen westlichen Bereich ein Barackenlager bestanden. Auf der heutigen lehmigen Abdeckung hat sich eine krautige Vegetation mit hohem Queckenanteil entwickelt.

Der Gley-Methanosol hat sich aus Bauschutt und Hausmüll mit organischen Komponenten entwickelt, der seit den dreißiger Jahren bis in die Nachkriegszeit hinein in einer vermoorten Niederung abgelagert worden ist. Späterhin ist diese ungeordnete Deponie mit carbonathaltigem, humosem, lehmigem Bodenaushub abgedeckt worden, der im unteren Bereich einen schwachen technogenen Anteil aufweist. In der Abdeckung haben seither eine Entkalkung und eine Humusakkumulation am Orte durch Bestandesabfall aus der Kraut- und Queckenvegetation des Standortes stattgefunden. Sie weist hydromorphen Einfluß durch zeitweilig hoch anstehendes Grund- bzw. Stauwasser auf. Der Bereich des Bodens, der aus technogenen Substraten besteht, unterliegt einer ausgeprägten Redoximorphose infolge Luftmangels aufgrund einerseits des Wassereinflusses, andererseits des Methangehaltes in den wasserfreien Hohlräumen aus dem Abbau der organischen Substanz des abgelagerten Materials. Letzterer ließe sich unter Umständen auch auf den mikrobiellen Abbau des unterlagernden Niedermoorwurfes zurückführen. Der Standort des Gley-Methanosols ist bezüglich seiner ökologischen

Profil 2

Lage: Kiel-Projensdorf
Projensdorfer Gehölz

TK 25: 1626 Kiel

Klima: ozeanisches Übergangsklima

Niederschlag: 725 mm
Mitteltemperatur: 8,5 ° C

Gestein: anthropogen umgelagerte jungpleistozäne Absätze
(Geschiebesand, Geschiebemergel, Beckensedimente)

Relief: Plateau

Neigung: N1
Exposition: N

Vegetation/Nutzung: Rotfichten-
Kastanien-Ulmen-Mischwald;
Erholungswald

Höhenlage: 19,7 m
Humusform: Mull

Klassifikation: Mullpararendzina

Beschreibung des Profils:

L	2 cm	Laub-Nadel-Streu, extrem locker
OfAh	- 2 cm	schwarz (10YR 2/1), mittel lehmiger Sand, krümelig, extrem humos und locker, carbonatarm, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,0
Ah	- 25 cm	schwarz (5YR 2,5/1), mittel lehmiger Sand, krümelig, extrem humos, schwach carbonathaltig, extrem locker, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,2
jYAh	- 30 cm	sehr dunkel gräulich braun (10YR 3/2), feinsandiger Mittelsand, singulär, stark humos, mittel carbonathaltig, sehr locker, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,3
jY1	- 55 cm	dunkel gräulich braun (10YR 4/2), humusfleckig (10YR 3/2), hellrostfarbene Flecken, grobsandiger Mittelsand, singulär, sehr schwach humos, mittel carbonathaltig, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,6, humose Wurzeltaschen von 4 cm Breite
jY2	- 70 cm	dunkel gräulich braun (10YR 4/2), feinsandiger Mittelsand, singulär, mittel carbonathaltig, mäßig dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,6
jY3	- 120 cm	blaß braun (10YR 6/3), feinsandiger Mittelsand, stark carbonathaltig, dicht, sehr schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,6
jY4	- 130 cm	braun (10YR 5/3), hellrostfarbene Flecken, mittel lehmiger Sand, singulär, nur stellenweise humos, carbonatreich, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,7
jY5	- 140 cm	blaß braun (10YR 6/3), feinsandiger Mittelsand, stark carbonathaltig, dicht, sehr schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,6
jY6	- 155 cm	braun (10YR 5/3), gelblich braune Flecken (10YR 5/4), hellrostfarbene Flecken, stark sandiger Lehm, singulär, nur stellenweise humos, carbonatreich, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,7
jY7	- 180 cm	blaß braun (10YR 6/3), feinsandiger Mittelsand, singulär, stark carbonathaltig, dicht, sehr schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,5
jY8	- 200 cm	braun (10YR 5/3), mittel lehmiger Sand, singulär, nur stellenweise humos, carbonatreich, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,6
jY9	- 400 cm	blaß braun (10YR 6/3), braune Flecken, Mittelsand/schluffiger Sand-Wechselagerung, singulär, carbonatreich, dicht, schwach steinig (Bohrung)

Aufnahme: H.-K. Siem

Profil 2

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	ds g/cm ³	df	Vol.% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
							-∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
2. 1	OfAh	- 2	6	-	0,70	-	-	-	-	-	5,6	41,1	29,8	7,8	4,7	3,6	7,4	
2. 2	Ah	- 25	4	2028	0,70	-	71,0	37,6	32,8	29,2	10,4	42,3	23,0	3,4	4,8	4,9	11,2	
2. 3	JyAh	- 30	6	-	1,00	-	-	-	-	-	11,5	53,4	25,3	1,5	2,2	1,6	4,5	
2. 4	Jy1	- 55	10	115	1,58	-	41,7	15,1	11,9	2,4	23,5	60,1	12,6	0,5	0,8	1,8	0,7	
2. 5	Jy2	- 70	7	1192	1,38	-	49,6	6,6	4,0	0,7	12,0	57,6	23,1	1,6	1,2	1,8	2,7	
2. 6	Jy3	- 120	1	10	1,64	-	39,7	17,4	14,2	3,5	4,5	59,1	33,3	2,8	0,1	0,1	0,1	
2. 7	Jy4	- 130	3	-	1,60	-	-	-	-	-	3,8	27,3	34,4	13,1	7,4	3,4	10,6	
2. 8	Jy5	- 140	1	-	1,60	-	-	-	-	-	2,8	49,9	41,8	1,1	0,1	0,2	4,1	
2. 9	Jy6	- 155	5	-	1,60	-	-	-	-	-	3,6	20,3	38,0	7,0	8,1	2,3	20,7	
2. 10	Jy7	- 180	1	-	1,60	-	-	-	-	-	4,6	67,9	26,6	0,6	0,1	0,1	0,1	
2. 11	Jy8	- 200	4	-	1,60	-	-	-	-	-	6,0	23,4	32,8	19,2	7,6	2,8	8,2	

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	C _{org} %	N _t %	C/N	Fe _o mg/kg	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o mg/kg	Al _o	austausch. Kat. cmol _c /kg					Σ KAK		BS
											Ca	Mg	K	Na	H+A1	pot	eff %	
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2. 1	7,0	1,87	9,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 2	7,2	3,49	10,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 3	7,3	6,50	2,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 4	7,6	5,27	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 5	7,6	6,85	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 6	7,6	9,34	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 7	7,7	15,28	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 8	7,6	8,62	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 9	7,7	14,31	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 10	7,5	7,82	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. 11	7,6	16,63	0,36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nr.					Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb	Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Pb
	37	38	39	40	ppm im HNO ₃ -Auszug						ppm im DTPA-Auszug					
1	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53			
2. 1	4640	170	67	11	0,9	33,0	108,3	25,2	20,0	1,7	0,3	7,9				
2. 2	5630	181	46	8	0,6	14,0	197,6	11,9	8,2	0,9	0,2	2,0				
2. 3	3350	138	27	5	0,6	4,0	93,6	2,8	2,2	0,4	0,1	0,5				
2. 4	2226	73	12	2	0,6	0,9	22,1	1,0	0,7	0,3	0,0	0,4				
2. 5	2269	99	14	2	0,5	1,9	15,0	1,5	0,9	0,6	0,0	0,5				
2. 6	1494	77	16	3	0,7	2,0	4,8	0,4	0,9	0,3	0,0	0,4				
2. 7	3820	148	32	7	0,4	6,0	26,0	1,9	1,5	1,2	0,0	0,5				
2. 8	1350	112	23	4	0,6	1,0	11,0	0,6	0,9	0,4	0,0	0,4				
2. 9	3490	148	30	6	0,6	11,0	20,8	2,0	1,2	1,1	0,0	0,5				
2. 10	1248	62	12	2	0,7	4,2	7,3	0,5	1,3	0,3	0,0	0,4				
2. 11	4170	162	36	7	0,7	4,3	27,3	2,9	2,0	1,4	0,0	0,6				

Eigenschaften durch den hohen Skelettanteil, das hoch anstehende Grundwasser und die Produktion von Methan im Deponiekörper bzw. im unterlagernden Niedermoor gekennzeichnet. Diese Faktoren begrenzen die Funktion als Pflanzenstandort, wenn auch das Wasserangebot und das Nährstoffbindungsvermögen (Humusgehalt, lehmige Feinbodenbe-

Profil 3

Lage: Kiel-Pries
Brandsbrook

TK 25: 1526 Dänischenhagen

Klima: ozeanisches Übergangsklima

Niederschlag: 700 mm
Mitteltemperatur: 8,5 ° C

Gestein: sandig-lehmige Abdeckung über Bauschutt und Hausmüll über Niedermoor-
torf

Relief: Plateau

Neigung: NO
Exposition: -
Höhenlage: 20,0 m NN

Vegetation/Nutzung: Quecke;
ehemalige ungeordnete Deponie

Humusform: Feuchtmull

Grundwasser: 70 cm u. GOF

Klassifikation: Gley-Methanosol

Beschreibung des Profils:

GoAh	- 20 cm	sehr dunkel gräulich braun (10YR 3/2), sehr stark hellrostfleckig, mittel lehmiger Sand, krümelig, mittel humos, sehr carbonatarm, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,3
jYGor	- 40 cm	oliv grau (5Y 4/2), mittel hellrostfleckig, mittel lehmiger Sand, subpolyedrisch, schwach humos, schwach carbonathaltig, sehr dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,8, 5 % Bauschutt
yYGr1	- 70 cm	schwarz (2,5Y 2/0), dunkel graue Flecken (5Y 4/1), mittel toniger Sand, geringe Menge an organischer Substanz, schwach carbonathaltig, mittel steinig, pH (CaCl ₂) 7,7, rote Ziegel- lage, Asphalt
yYGr2	- 80 cm	schwarz (2,5Y 2/0), schwefeleisenfarben, feinsandiger Mittelsand, singulär, geringe Menge an organischer Substanz, mittel carbonathaltig, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,3, Holz
yYGr3	- 100 cm	schwarz (2,5Y 2/0), schwefeleisenfarben, feinsandiger Mittelsand, geringe Menge an organischer Substanz, mittel carbonathaltig, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,2, faserige organische Substanz
Gr	- 200 cm	schwarz (2,5Y 2/0), schwefeleisenfarben, schwach lehmiger Sand, geringe Menge an organischer Substanz, carbonatreich, mäßig dicht, sehr schwach steinig (Bohrung) Aufnahme: H.-K. Siem

standteile) nicht so schlecht sind. Obwohl die Schwermetallgehalte nicht überhöht sind, so ist doch mit Schadstoffen innerhalb des Müllkörpers zu rechnen. Die Filtereigenschaften sind schon aufgrund der sehr begrenzten Filterstrecke als nicht sehr gut zu beurteilen. Die mäßigen Kalkgehalte und damit basischen Verhältnisse lassen auf eine zunächst geringe Verfügbarkeit von Schwermetallen schließen. Methanosole aus Müll (und Bauschutt) sind im Raum Kiel die Böden der jüngeren, nicht ausgegasteten Deponien, sowie der in unmittelbarer Nachbarschaft gelegenen durch sie beeinflussten Räume, häufig in den Stadtrandbereichen gelegen (insgesamt 0,6 % des untersuchten Raumes; Bodeneinheit 10 BK 20).

4.4 Profil 4: Methanosol aus konditioniertem, nicht ausgefaultem Klärschlamm, Strande-Bülk/Klärwerk Kiel (Leitprofil 14 BK 20)
Profil 4 liegt auf der Klärschlammdeponie des zentralen Klärwerkes Kiel in Strande-Bülk. Die Klärschlammdeponie liegt in einer ver-

Profil 3

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	da _s d _r g/cm ³		Vol.% Wasser b. pF ∞ 1.8 2.5 4.2				kalk- u. humusfreier Feinboden % gS mS fS gU mU fU T							
					6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
3.1	GoAh	- 20	7	67	1,66	-	36,6	34,0	30,7	11,1	6,3	22,5	30,4	18,4	7,2	4,2	11,0	
3.2	yGor	- 40	12	0	1,82	-	28,7	25,5	22,6	12,2	11,6	28,7	25,2	12,9	5,8	4,4	11,4	
3.3	yYGr1	- 70	34	-	1,60	-	-	-	-	-	11,6	30,1	27,1	5,0	5,5	3,1	17,6	
3.4	yYGr2	- 80	7	12	1,70	-	34,7	31,7	27,3	14,3	17,7	46,9	24,9	0,0	6,9	0,8	2,8	
3.5	yYGr3	- 100	7	12	1,70	-	34,7	31,7	27,3	14,3	17,9	48,2	25,8	0,1	1,5	1,3	5,2	

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	C _{org} %	N _t C/N %			Fe _o Fe _d Fe _o / mg/kg Fe _d			Mn _o Al _o mg/kg		austausch. Kat.cmol _c /kg Ca Mg K Na H+A ₁					Σ KAK BS pot eff %	
				21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
3.1	6,8	0,10	1,24	0,96	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2	7,4	2,48	0,78	0,53	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.3	7,3	2,36	0,99	0,60	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.4	7,3	4,33	0,90	0,76	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.5	7,2	4,08	0,70	0,88	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nr.					Fe Mn Zn Cu Cd Pb ppm im HNO ₃ -Auszug						Fe Mn Zn Cu Cd Pb ppm im DTPA-Auszug						53
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
3.1					4840	219	45	7	1,2	15,2	58,6	23,0	1,1	1,4	0,2	2,2	
3.2					4640	197	77	11	1,2	23,0	61,0	13,0	3,5	3,3	0,2	8,8	
3.3					4630	183	71	14	1,3	29,1	79,1	16,0	4,7	2,7	0,1	5,3	
3.4					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.5					3604	125	57	13	0,6	18,0	46,0	7,3	9,2	3,5	0,2	2,3	

moorten Niederung mit hohen Grundwasserständen. Sie wird seit Anfang der siebziger Jahre mit konditioniertem, nicht ausgefaultem Klärschlamm aus der Klärung der Abwässer der gesamten Stadt Kiel und von Teilen ihres Umlandes beschickt. Im untersuchten Bereich beträgt die Deponiemächtigkeit 6 m, die Beschickung erfolgte von 1972 bis 1981. Der Methanosol hat sich aus konditioniertem Klärschlamm entwickelt. Je m³ Schlamm ist er mit 16 bis 17 kg Kalkmilch und 8,6 kg Eisenchlorid versetzt worden und hat danach einen pH-Wert von 12 aufgewiesen. Der Glühverlust des frischen Schlammes hat 29 bis 31 %, die Trockensubstanz 38 bis 42 % betragen. Nach Ablagerung ist der Klärschlamm infolge mikrobiellen Abbaues der organischen Substanz durch Luftmangel aufgrund von Methanproduktion reduzierenden Bedingungen ausgesetzt gewesen, die zur Bildung von schwarz färbenden Eisensulfiden geführt haben und den unteren Bodenbereich rezent noch prägen. Eine Gleydynamik durch hoch anstehendes Grundwasser ist an diesem Standort nicht zu verzeichnen, da die Deponie weit über die alte Geländeoberfläche hinausragt. Unter zunehmenden oxidierenden Bedingungen hat sich im oberen Bodenbereich Ferrihydrit gebildet, der die Matrix orange färbt. Neben der Humusakkumulation durch den Bestandesabfall der sich inzwischen entwickelnden Kraut- und Gramineenvegetation hat im oberen Bodenbereich ein Abbau der bei

Profil 4

Lage: Strande-Bülk
Klärwerk Kiel

TK 25: 1527 Laboe

Klima: ozeanisches Übergangsklima

Niederschlag: 675 mm
Mitteltemperatur: 8,5 ° C

Gestein: konditionierter, nicht ausgefaulteter Klärschlamm

Relief: Berme

Neigung: NO
Exposition: SW
Höhenlage: 8,0 m NN

Vegetation/Nutzung: nitrophile Kraut-
und Gramineenvegetation;
Klärschlammdeponie

Humusform: Mull

Klassifikation: Methanosol

Beschreibung des Profils:

Aho	- 20 cm	dunkel braun (7,5Y: 3/4), äußerst viele hellrostfarbene Konkretionen vorwiegend in Wurzelbahnen, sandig-toniger Lehm, krümelig, hohe Menge an organischer Substanz, sehr carbonatreich, locker, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,7
yYro	- 38 cm	sehr dunkel grau (10YR 3/1), viele hellrostfarbene Überzüge (7,5YR 3/4), sandig-toniger Lehm, subpolyedrisch, faserig, hohe Menge an organischer Substanz, sehr carbonatreich, mäßig dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,7
yYr	- 55 cm	schwarz (2,5Y 2/0), wenige hellrostfarbene Überzüge auf vertikalen Flächen, mittel schluffiger Ton, kohärent, faserig, extrem hohe Menge an organischer Substanz, sehr carbonatreich, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 7,6, weiße Pilzbeläge, Pilzrasen auf den Aggregatoberflächen, Eisensulfid
yYor	- 65 cm	oliv grau (5Y 4/2), schwarze Flecken (2,5Y 2/0), schwach toniger Lehm, kohärent, faserig, extrem hohe Menge an organischer Substanz, sehr carbonatreich, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 10,0, teilweise aufoxidiert
yYrl	- 147 cm	dunkel grau (5Y 4/1), sehr viele schwefeleisenfarbene schwarze Flecken, schwach toniger Lehm, kohärent, faserig, extrem hohe Menge an organischer Substanz, sehr carbonatreich, dicht, schwach steinig, pH (CaCl ₂) 10,0, Eisensulfid
yYr2	- 160 cm	schwarz (5Y 2,5/1), schwach toniger Lehm, kohärent, faserig, extrem hohe Menge an organischer Substanz, sehr carbonatreich, dicht, schwach steinig (Bohrung)
yYr3	- 220 cm	dunkel oliv grau (5Y 3/2), schwach toniger Lehm, kohärent, faserig, extrem hohe Menge an organischer Substanz, sehr carbonatreich, sehr dicht, schwach steinig (Bohrung)

Aufnahme: H.-K. Siem

Ablagerung primären organischen Substanz begonnen, und der Boden ist entsalzt worden (sinkende pH-Werte).

Der Methanosol aus Klärschlamm weist hohe Gehalte an organischer Substanz und Ton und damit ein hohes Nährstoffbindungsvermögen sowie eine hohe Feldkapazität auf, die aufgrund eines hohen Gesamtporenvolumens trotz eines hohen Feinporenanteiles nutzbar ist. Die Luftkapazität ist zwar im oxidierten Bodenbereich aufgrund günstiger Aggregierung hoch, darunter jedoch gering bis sehr gering. Ebenso

Profil 4

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _b d _f g/cm ³	Vol.% Wasser b. pF				kalk- u. humusfreier Feinboden %							
						-∞	1.8	2.5	4.2	gS	mS	fS	gU	mU	fU	T	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4.1	Aho/ yYro	- 38	4	119	0,71	-	71,5	50,3	44,3	25,2	4,8	24,5	21,8	8,9	8,4	5,7	25,9
4.2	yYr	- 55	11	78	0,45	-	80,5	76,4	73,6	24,6	3,3	9,0	10,3	17,0	21,6	3,3	35,5
4.3	yYr	- 147	3	2	0,50	-	73,5	73,5	73,5	52,4	6,2	16,0	12,8	10,1	20,8	4,5	29,6

Nr.	pH	Kalk CaCl ₂ %	C _{org} %	N _t %	C/N	Fe _o	Fe _d	Fe _o / Fe _d	Mn _o	Al _o	austausch. Kat.cmol _c /kg					Σ KAK BS		
						mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	Ca	Mg	K	Na	H+Al	pot	eff	%
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4.1	7,6	31,7	6,5	7,3	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.2	7,9	34,6	13,5	12,4	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.3	9,6	29,3	13,9	13,8	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nr.	Fe Mn Zn Cu Cd Pb ppm im HNO ₃ -Auszug						Fe Mn Zn Cu Cd Pb ppm im DTPA-Auszug						53			
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48		49	50	51	52
4.1					28710	189	916	264	23,8	83	240	8,3	83	52,4	3,0	2
4.2					40090	198	1004	282	28,2	80	381	34,0	232	29,6	13,0	4
4.3					31400	197	886	225	23,4	80	3846	40,0	105	44,3	6,4	5

verhält es sich mit der Wasserdurchlässigkeit. Die Ungunst als Pflanzenstandort liegt in der Methanproduktion des Deponiekörpers und dem dadurch hoch anstehenden reduzierten Bereich sowie in hohen Schwermetallgehalten begründet, die jedoch zur Zeit aufgrund hoher bis sehr hoher Carbonatgehalte und pH-Werte nicht negativ wirksam werden. Die hohe Stickstoffmenge fördert das Wachstum der Pflanzen, denen der Wurzelraum im oxidierten Bereich des Bodens ausreicht. Hohe Ton- und Humusgehalte sowie pH-Werte bestimmen die physiko-chemischen Filtereigenschaften.

Methanosole aus Klärschlamm sind im Raum Kiel die Böden der Klärschlammdeponie des Klärwerkes Kiel (Bodeneinheit 11 BK 2o).

5. Exkursionsthemen

Themen der Exkursion "Böden technogener und nichttechnogener umgelagerter Substrate in Kiel", die gemeinschaftlich anhand der vorgestellten Standorte und Böden erörtert werden sollten, sind Probleme der Herkunft und Zusammensetzung der abgelagerten Substrate, der Merkmals-, Horizont- und Bodenbeschreibung, der Analysemethoden und der Analysendaten und ihrer Bewertung. Bodenentwicklungen, die in allen vorgestellten Substraten ablaufen, sind noch nicht in allen Fällen aufgeklärt. Diskutiert werden sollte die Bewertung der Standorte und Nutzungsmöglichkeiten sowie die Benennung der Horizonte/Schichten und Böden und ihrer systematischen Einordnung. Ein weiteres Problem stellt die Extrapolation der gefundenen Einzelergebnisse in den umliegenden Raum dar, um ihre Anwendbarkeit für Fragen der Planung, Vorsorge und möglicherweise Sanierung zu erreichen.

6. Literaturverzeichnis

- AG (ARBEITSGRUPPE) BODENKUNDE (BENZLER, J.-H., FINNERN, H., MÜLLER, W., ROESCHMANN, G., WILL, K.H. u. WITTMANN, O. (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung (3. Aufl.), Stuttgart: Schweizerbart.
- ARBEITSKREIS URBANE BÖDEN (Komm. V Dt. Bodenkdl. Ges.; BLUME, H.-P., BURGHARDT, W., CORDSEN, E., FINNERN, H., FRIED, G., GRENZIUS, R., KNEIB, W.D., KUES, J., PLUQUET, E., SCHRAPS, W.-G. u. SIEM, H.-K.) (1989): Kartierung von Stadtböden - Empfehlung des Arbeitskreises Stadtböden der Dt. Bodenkdl. Ges. für die bodenkdl. Kartieranleitung. UBA-Texte, 18/89
- BLUME, H.-P. (1975): Zur Gliederung anthropogener Böden. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 22, 597-602
- BLUME, H.-P. (Hrsg.) (1992): Handbuch des Bodenschutzes (2. Aufl.). Landsberg/Lech: ecomed.
- BLUME, H.-P. (1992): Probleme der Stadtböden. Natur in der Stadt 61, 90-95
- CORDSEN, E., SIEM, H.-K., FINNERN, H. u. BLUME, H.-P. (1987): Vorgehensweise bei der Erstellung der Bodenkarte 1 : 20 000 Stadt Kiel. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 55/II, 729-734
- CORDSEN, E., SIEM, H.-K., BLUME, H.-P. u. FINNERN, H. (1988): Bodenkarte 1 : 20 000 Stadt Kiel und Umland. Kiel: Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein
- CORDSEN, E., SIEM, H.-K., BLUME, H.-P. u. FINNERN, H. (1990): Die Böden der Stadt Kiel und ihres Umlandes. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 61, 77-80
- CORDSEN, E. (1990): Möglichkeiten des Einsatzes von Daten der Reichsbodenschätzung bei Stadtbodeninventuren. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 61, 73-76
- CORDSEN, E., FINNERN, H., PLUQUET, E., SCHNEIDER, J., SCHRAPS, W.-G., SUTTNER, T. (1992): Stadtbodenkartierung - Empfehlungen zur Ergänzung der bodenkundlichen Kartieranleitung, 1 - 28
- CORDSEN, E. (1993): Böden des Kieler Raumes - Untersuchungen der Böden natürlicher Lithogenese unter Verwendung EDV-gestützt ausgewerteter Daten der Bodenschätzung. Kiel: Diss. Univ.
- ERIKSEN, W. (1964): Beiträge zum Stadtklima von Kiel. Schr. Geogr. Inst. Univ. Kiel 22, 1-218
- FRÄNZLE, O. (1983): Die Reliefentwicklung des Kieler Raumes. Kieler Geogr. Schr. 58, 15-22
- GRENZIUS, R. (1987): Die Böden Berlins: Klassifizierung, Vergesellschaftung, ökologische Eigenschaften (Ein Erläuterungsband für die Karte zur Ökologie des Stadtgebietes von Berlin (West)). Berlin: Diss. TU
- HABETHA, E. (1948): Baugrundkarte der Stadt Kiel (1:5000). Kiel: Grünflächenamt, Geol. L.-Amt (Unikate)
- MOUIMOU, D. (1983): Genese, Dynamik und Ökologie der Böden auf und neben einer Mülldeponie. Berlin: Diss. TU
- RUNGE, M. (1975): Westberliner Böden anthropogener Litho- oder Pedogenese. Berlin: Diss. TU
- SIEM, H.-K., CORDSEN, E., FINNERN, H. u. LAMP, J. (1987): Die Bodennutzungserhebung der Reichsbodenschätzung als Information für eine aktuelle Inventur der Böden. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 53, 69-73
- SIEM, H.-K., CORDSEN, E., BLUME, H.-P. u. FINNERN, H. (1987): Klassifizierung von Böden anthropogener Lithogenese, vorgestellt am Beispiel von Böden im Stadtgebiet Kiel. Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges., 55/II, 831-836
- SIEM, H.-K. u. CORDSEN, E. (1988): Exkursionsführer zur Fachtagung Urbane Böden der Komm. V der Dt. Bodenkdl. Ges. am 6. und 7. Mai 1988 in Kiel (Unveröff.)
- STEWIG, R. (1971): Kiel: Einführung in die Stadtlandschaft. Kiel: Hirt

Exkursion K

Versuchsgut Hohenschulen - Bodenkundliche Untersuchungen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 192

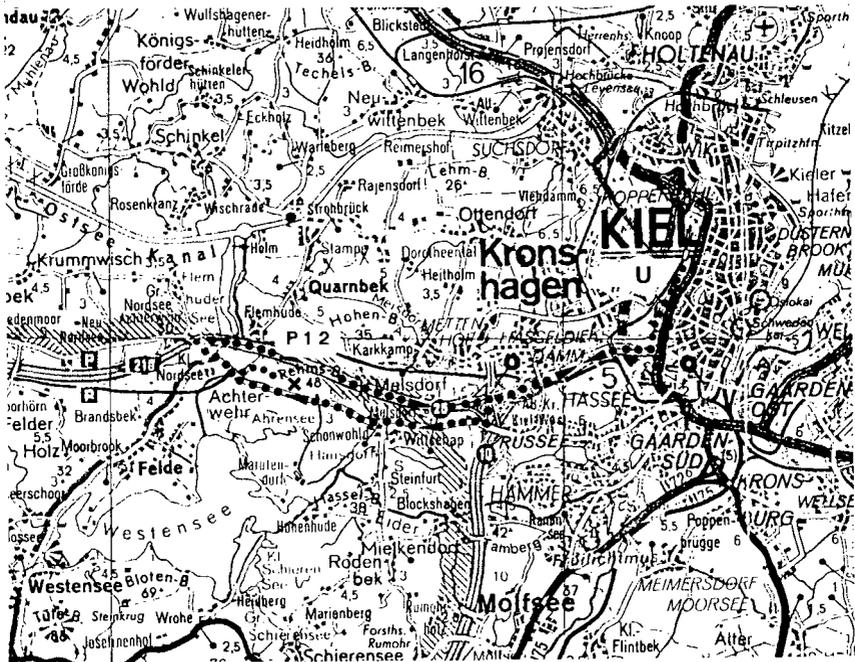
von

R. Horn¹, T. Baumgartl¹, H. Roweck² und C. Köbbemann¹

¹ Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der CAU Kiel,

² Institut für Wasserwirtschaft und Landschaftsökologie der CAU Kiel

Exkursionsroute: Kiel - Quarnbek - Flehmude - Hohenschulen - Achterwehr - Kiel



◆◆◆◆◆ Exkursionsroute K

LAGE: Rund 15 km westlich von Kiel liegen im Randbereich der Jungmoränenlandschaft das Versuchsgut Hohenschulen und das in Privatbesitz befindliche Gut Maruthendorf. Durchsetzt von Knicks, kleinen Wäldern und Seen erkennt man von dort im NO die Trabantenstadt Mettenhof; im Osten grenzen die Ackerflächen unmittelbar an die Abfalldeponiestandorte der Stadt Kiel an. Weiter nach Süden und Westen erstrecken sich die Wälder und Wiesen des Gutes Maruthendorf bis zur Obereider, dem Westen- und Ahrensee.

Der westliche Abschnitt des Westensees zeigt dabei die typische Form eines Zungenbeckens, das von Wällen und Endmoränen (Tüteberg 88.5 m) umgeben wird. Die Seefläche umfaßt 767 ha mit einer größten Tiefe von 20m. Die Eider (Quellgebiet bei Bordesholm = 20 km südlich von Kiel) mündet bei Hohenhude in den See (Aufbau eines Deltas). Nach ihrem Austritt aus dem Westensee hatte die Eider (mit 190 km Länge der längste Fluß SH.) ursprünglich nur noch ein geringes Gefälle von 6.4 m auf etwa 25 km bis in die Eiderniederung (bei Rendsburg), wobei sie durch weitere Seen z.B. Flemhuder See floß. Dieses bequeme Fahrwasser wurde seit der ersten Hälfte des 13.Jh. für den Transitverkehr zwischen Nord- und Ostsee genutzt. Flämische Kaufleute transportierten so ihre Waren bis nach Flemhude (Hude = Lande- und Stapelplatz) auf der Eider, von dort per Achse nach Kiel und ggfs. weiter über die Ostsee.

Durch insgesamt 6 starke Eingriffe in das natürliche Flußsystem seit 1570 im Zusammenhang mit dem Bau des Schleswig Holstein Kanals, des Nord-Ostsee-Kanals sowie der Küstensicherung ist der natürliche Flußlauf und damit die Entwässerungsfunktion der Eider deutlich verändert worden.

GELÄNDEFORMEN UND GEOLOGISCHE ENTSTEHUNG

In den meisten Teilen zeigen sich die für das Ostholsteinische Hügelland charakteristischen Reliefformen. Mit Höhenunterschieden zwischen 10 - 20 m, Hangneigungen von 5 - 15% und Hanglängen von 50 - 200 m ergeben sich Hangsequenzen von Plateau und Kuppe über Ober-, Mittel-, Unterhang und Hangfuß zu abflußlosen Senken bzw. offenen Tälern hin.

Diese Abfolge läßt sich auf die geologische Entstehung des Raumes vor ca. 15000 Jahren während der zu Ende gehenden Weichselvereisung zurückführen. Zwischen den Eisrandlagen des mittleren und letzten Hauptvorstoßes, deren Endmoränenwälle sich südlich des Westensees bzw. um die Kieler Förde herum erstrecken, liegt eine Seitenmoräne der einst im Westenseebecken gelegenen Gletscherzunge. Sie überfuhr partiell vorliegende Binnensander früherer Vorstöße (z.B. am Rehmsberg) und formte die Höhenlagen des Gutes Hohenschulen. Zur Eiderniederung des Gutes Maruthendorf gehen Moränenablagerungen in einen Sander eines Tunnelgrabens über. Abb.1 (aus Degn und Muuß 1966)

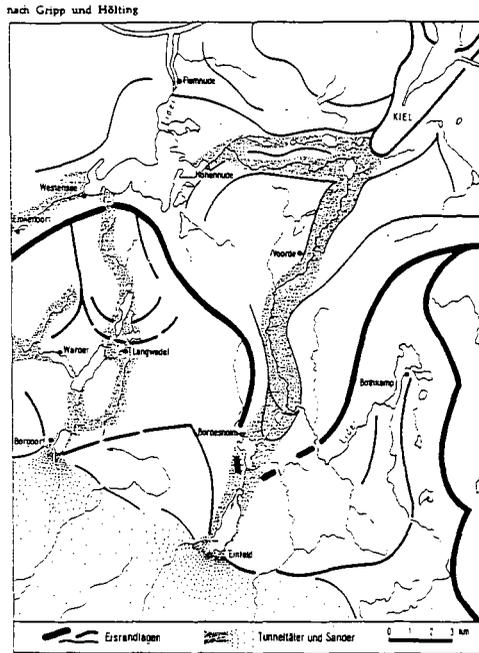


Abb. 1:

Im frühen Holozän hat die allmähliche Erwärmung zum Auftauen von im Untergrund der Moränen verbliebenen Toteislinen und -blöcken geführt, worauf ein Großteil der Hohlformen zurückzuführen ist. Die von wärmeren und kälteren Perioden unterbrochene Klima- und Vegetationsentwicklung führte über Tundren- und Borealwäldern zum heute nur in Restbeständen anzutreffenden Buchenwald.

BESIEDLUNG UND BODENNUTZUNG:

Die aus den tauenden Weichselgletschern im Vorfeld aufgeschütteten Sanderflächen (Gletschertore bei Emkendorf, Borgdorf und Einfeld) wurden wegen ihrer leicht zu bearbeitenden Böden zuerst besiedelt, während der "Isernhoe" des östlichen Hügellandes nur schwer zu roden war. Ab dem 13. Jh. wurde das Gebiet aber verstärkt besiedelt, von Emkendorf bis Maruthendorf und Hohenschulen entstanden um den Westensee viele Adelsgüter. Die heutige Wirtschaftsweise der vorwiegend konventionell arbeitenden Ackerbaubetriebe in dieser Region kann dem verkürzten Betriebsspiegel von Hohenschulen entnommen werden.

BETRIEBSSPIEGEL VON HOHENSCHULEN

Leitung: Prof.Dr.H.Hanus Inspektor: DIA A. Trautmann

Arbeitskräfte: 1 Betriebsleiter, 2 Schlepperfahrer, 2 Lehrlinge

Betriebsflächen:

Gesamt: 203 ha

Acker : 164 ha, davon 32 ha Versuchsfläche

Sonst.: 38 ha, (13 Weide, 10 BAB, 6 Wald,/Wasser/Ödland, 9 Hof, Wege)

Ackerzahl: 45 - 60 Bodenart: Ls - Lt

Bodentypen: sandige lessivierte Braunerden und pseudovergleyte Parabraunerden,
z.T. gekappt bzw. erodiert, am Unterhang und in Senken Kolluvien,
Nieder Moore

Niederschläge:

Jahresmittel: 716 mm

Okt. - März: 317 mm

April - Sept.: 399 mm

Temperaturen

Tagesmittel: 7.8 C

Minimum: 4.6 C

Maximum: 11.2 C

Tagestemperaturen über 5°C: 28.3.- 18.11. (223 Tage)

Sonnenscheindauer : 1400 h

Betriebswirtschaft: (1988/89)

Einheitswert: 1361 DM/ha (Ackerland 1908 DM/ha)

Gebäudekapital: 1980 DM/ha (Zeitwert)

Maschinenkapital: 2088 DM/ha

Maschinen-KW: 221 KW/100ha

Einige Bemerkungen zu dem seit 1991 von der DFG genehmigten Sonderforschungsbereich 192: "Optimierung pflanzenbaulicher Produktionssysteme im Hinblick auf Leistung und ökologische Effekte"

Im Rahmen des SFB sollen vorrangig die Rückwirkungen verschiedener Intensitätsfaktoren und -stufen auf produktionstechnische Zielgrößen, interne Regelungskreisläufe sowie ökologische Effekte betrachtet werden. Die Untersuchungen sollen sich dabei auf wichtige Intensivierungsfaktoren (Bodenbearbeitung, Bodenbelastung durch Fahrverkehr, organische und Mineraldüngung, Pflanzenschutz) konzentrieren, wobei im Mittelpunkt ein Ackerbausystem mit der für diese Region typischen Fruchtfolge: Raps, Weizen, Gerste steht.

Neben den Hauptwirkungen interessieren auch die Wechselwirkungen der Produktionsfaktoren und Intensitätsstufen untereinander und damit die komplexen Wirkungen unterschiedlicher Produktionssysteme in ihrer Gesamtheit.

Die Notwendigkeit eines systemanalytischen Forschungsansatzes ergibt sich aus der Tatsache, daß das Geschehen in einem Produktionssystem mit zusätzlich noch wechselnden bzw. abweichenden ökologischen Rahmenbedingungen stets komplexer Natur ist.

Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojektes wird daher eine Systembeschreibung, eine Analyse der Wechselwirkungen zwischen den Systemelementen sowie der Steuermechanismen und ein Vergleich auf mehreren Intensitätsstufen durchgeführt. Abb.2 zeigt die gegenwärtige Strukturskizze des SFB in den 4 Bereichen A-D.

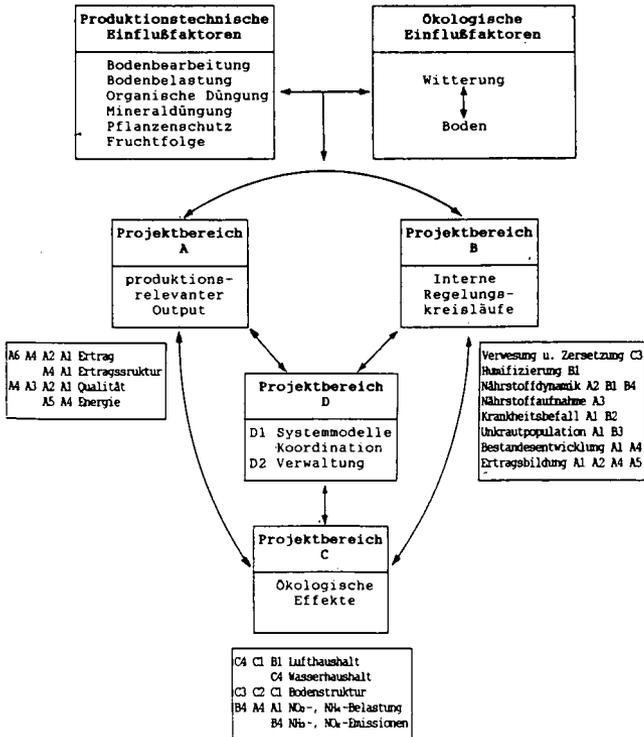


Abb.2: Strukturskizze des Sonderforschungsbereiches

Im folgenden werden zwei repräsentative Bodentypen des Untersuchungsgebietes beschrieben.

Profil K 1

Lage: Achterwehr/Hohenschulen

TK: 1625 Achterwehr

Klima:

Niederschlag: 716 mm
Mitteltemperatur: 7.8°C

Gestein: Geschiebemergel

Relief: Oberhang

Neigung: 2 %
Exposition:
Höhenlage: 34 m üNN

Vegetation/Nutzung: Acker

Klassifikation:

pseudovergleyte Parabraunerde
FAO: Stagno haplic Luvisol
Soil Taxonomy: Aquic Hapludalf

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
Ap	0-30	braun (10 YR 4/3), S14, x2, kru, sehr schwach durchwurzelt, mäßig dichte Lagerung, scharfer Überhang
Al	-47	gelbbraun (10 YR 5/4), leuchtend gelbbraun (10YR 5/8) gefleckt, Ls4 x2 sub, dichte Lagerung
SdBt	-80	gelbbraun (10 YR 5/4), gelbrot (5YR 5/8) gefleckt, Ls3 x2, einzelne schwarze Konkretionen, pol-pri
BtSd	-100	gelbbraun (10 YR 5/4), braun (10 YR 5/3) gefleckt, gelbrot (5 YR 5/8) und einzelne schwarze Konkretionen, pol-koh
CcSd	> 100	weißgrau (10 YR 6/2), gelbbraun (10 YR 5/6) gefleckt, S14 g2 x2, carbonathaltig, Kalkbrocken, dichte Lagerung, koh-schwach pla

Profil K 1

Nr.	Hor.	Tiefe cm	X %	kf cm/d	d _s g/cm ³	d _r	Vol.-% Wasser b. p F				kalk-, u. humusfreier Feinboden %						
							1.8	2.5	4.2	F	gS	ms	fs	gU	mU	fu	T
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1.1	Ap	0- 30	4	42	1.71	2.58	33.7	32.1	29.7	15.1	5.9	19.9	32.7	12.7	4.3	8.9	15.6
1.2	Al	30- 47	5	400	1.78	2.64	32.6	30.6	27.6	15.5	7.1	17.3	31.7	10.9	9.2	6.1	17.8
1.3	SdBt	47- 80	4	65	1.70	2.65	35.8	34.0	30.7	20.5	7.2	17.7	24.7	12.9	8.9	7.3	21.4
1.4	BtSd	80-100	3	24	1.78	2.64	32.6	31.5	27.9	15.8	6.1	17.5	28.9	16.3	10.6	4.6	15.9
1.5	CcSd		5	1	1.82	2.64	31.1	29.4	21.0	10.9	4.3	18.8	30.6	18.8	10.7	3.2	13.6

Nr.	pH CaCl ₂	Kalk %	C _{org} %	Nt %	C/N	Fe _s mg/kg		Fe _d mg/kg	Mn _s mg/kg	Al _s	aust. Kat cmolc/kg				E KAK		BS %	
						Ca	Mg				K	Na	H+Al	pot	eff			
1	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1.1	6.9	0.0	0.89	0.08	11.1	2210	6110	38			8	1.1	0.4	0.1	0.7	10.3	9.6	93
1.2	6.7	0.0	0.29	0.03	9.7	2100	6410	33			11	2.4	0.5	0.2	0.9	14.5	14	94
1.3	6.8	0.0	0.17	0.02	8.5	1860	6780	27			8.4	1.1	0.2	0.1	0.6	10.4	9.8	94
1.4	6.8	0.0	0.09	0.02	5.3	1310	6280	21			6.7	0.8	0.1	0.1	0.4	7.1	6.7	94
1.5	7.4	15.4	0.00	0.00	0.0	280	3390	8			7.8	0.7	0.7	0	0	9.2	9.2	100

Nr.	nFK mm	KAK	S- Wert	Pv kPa	c kPa	K _i cm ²										
							40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		
1.1	51.0	17.6	16.4	55	34.2	22.2	5x10 ⁻⁸									
1.2	25.7	25.8	24.2	85	28.9	16.4	1,5x10 ⁻⁷									
1.3	44.6	17.7	16.7	60	25.2	29.1	2x10 ⁻⁷									
1.4	31.4	12.6	11.9	65	22.8	29.8	8x10 ⁻⁸									
1.5		16.7	16.7	158	24.8	35.0	1x10 ⁻⁸									
E ₁₀	153	xx	xx													

zu den Spalten 38 und 39: Angabe in molc/m³; Σ= angenommener effektiver Wurzelraum dm; 40: Vorbelastung; 41: Winkel der inneren Reibung, 42: Kohäsion; 43: Luftleitfähigkeit. 40-43 bei pF 1,8

Einige Bemerkungen zu dem Bodenprofil:

Die geköpfte pseudovergleyte Parabraunerde aus Geschiebemergel unter Ackernutzung weist insgesamt eine hohe Lagerungsdichte, geringe Werte der Luftkapazität bei hoher nutzbarer Feldkapazität auf. Bei schwach saurer Bodenreaktion, sehr engem C/N Verhältnis, aber insgesamt sehr geringen C-Gehalten ist die Kationenaustauschkapazität bzw. Basensättigung hoch. Die Entkalkungstiefe liegt bei > 2m. Der Anteil an aktivem Eisen (Fe o/d) nimmt mit zunehmender Bodentiefe von 38% auf 7% ab. Die höheren Werte der Vorbelastung zeigen den Einfluß der anthropogenen Pflugsohlenverdichtung ebenso, wie des geogenen Prozesses.

Profil K 2

Lage: Achterwehr/Hohenschulen TK: 1625 Achterwehr

Klima: Niederschlag: 716 mm
Mitteltemperatur: 7,8 °C

Gestein: Kolluvium über Geschiebemergel

Relief: Unterhang Neigung: 0-1 %
Exposition:
Höhenlage: 28 m üNN

Vegetation/Nutzung: Ackerrand

Klassifikation: Pseudogley-Kolluvium
FAO: Stagni cumulic Anthrosol
Soil Taxonomy: Humaquept

Beschreibung des Profils:

Hor.	Tiefe (cm)	
Ap	0-30	stark dunkelgraubraun (10YR3/2), S14, x2, pol-fkoa, sehr schwach durchwurzelt, mäßig dichte Lagerung
SwM	-81	stark dunkelgraubraun (10YR3/2), x2, leuchtend braun (7,5YR5/6) gefleckt, (F14), S14 x2, sub
Sw	-108	hellbraungrau (2,5Y6/2), leuchtendbraun, (7,5YR5/6) gefleckt (30-50%), S13, x2, pol
Sd	-150	hellgelbbraun (2,5Y6/3), leuchtendbraun, (7,5YR/5/6) gefleckt (5-10%), schwarze (7,5R2/0) Konkretionen, S14, x2, dicht

Einige Bemerkungen zu dem Bodenprofil:

Der Pseudogley Kolluvium weist bei mittlerer Lagerungsdichte aufgrund der ausgeprägten Aggregatbildung bis in 80 cm Tiefe hohe Werte für die Luftkapazität und für die nutzbare Feldkapazität auf. Mit zunehmender Bodentiefe sinkt bei pedogen bedingt zunehmender Lagerungsdichte die Luftkapazität. Der schwach saure Standort weist bei entsprechend höheren C-Werten und engem C/N Verhältnis eine hohe potentielle Kationenaustauschkapazität bei Dominanz der Ca Sättigung an den Austauscherpätzen auf.

Mit zunehmender Bodentiefe steigt die Basensättigung. Die mit der Tiefe zunehmende Dichtlagerung führt zu entsprechend höheren Werten für die Vorbelastung und Kohäsion, während aufgrund der mit der Tiefe abnehmenden Aggregation die Werte für den Winkel der inneren Reibung kleiner werden. Die Porenkontinuität (abgeleitet aus dem Verhältnis Luftleitfähigkeit K_L und Luftkapazität LK) ist trotz lockerer Lagerung besonders im Oberboden geringer als in den tieferen Bodenschichten.

Einige Bemerkungen zur räumlichen Variabilität der Bodentypen in dem eng begrenzten Gebiet des Sonderforschungsbereiches.

Der Untersuchungsraum weist eine hohe Variabilität der Bodentypen und damit verbunden auch der ökologisch relevanten Eigenschaften auf.

Abb.3 zeigt die geogen und pedogen bedingte große Variabilität der repräsentative Bodentypen und deren entsprechenden Catenen auf der Versuchsfläche des SFB.

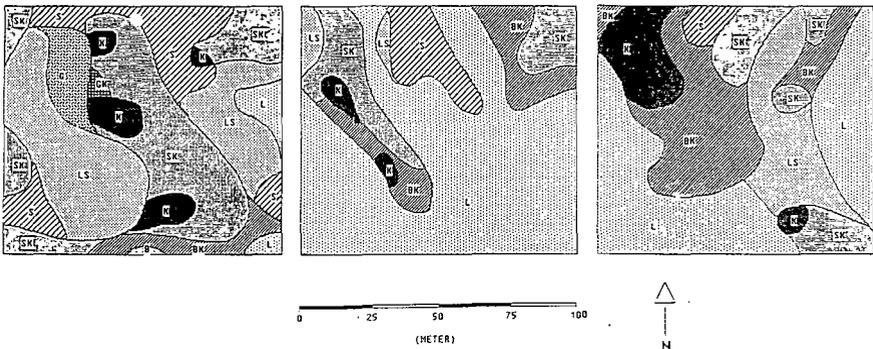


Abb.3: Verbreitung von repräsentativen Bodentypen auf der Versuchsfläche des SFB

Folglich variieren auch ökologisch relevante - aus Körnung, pH und Lagerungsdichte abgeleitete- Kennwerte wie z.B. Kationenaustauschkapazität, Basensättigung oder nutzbare Feldkapazität auf engstem Raum sehr stark. (Abb.4)

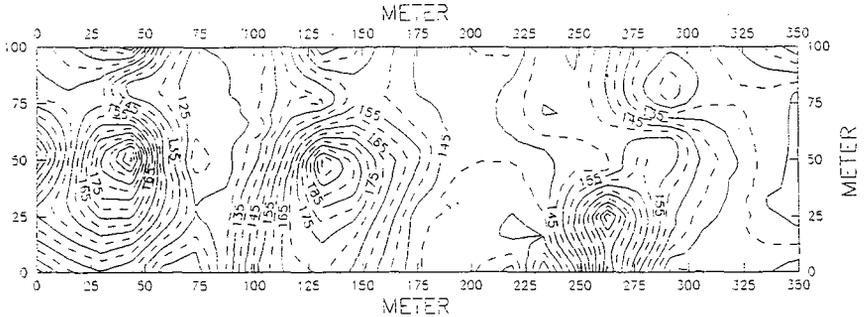


Abb.4: Linien gleicher nutzbarer Feldkapazität im effektiven Wurzelraum des Versuchsfeldes

Anlässlich der Exkursion werden an dem Untersuchungshang u.a. weitere Ausführungen zu Fragen des Einflusses von Düngungsmaßnahmen auf die N_{H_3} Freisetzung unter besonderer Berücksichtigung organischer Düngemittel in Abhängigkeit von der Ausbringungstechnik ebenso wie zu befahrung induzierten Schlupfprozessen gemacht. Fragen der Bodenerosion und Möglichkeiten der Reduzierung des Bodenverlustes werden anhand von Versuchsergebnissen diskutiert.

Außerdem werden während der Exkursion landschafts - sowie vegetationskundliche Aspekte des Exkursionsgebietes erläutert.

Literatur

- Degn, C. und U. Muuß 1966: Topographischer Atlas Schleswig-Holstein. Wachholtz Verlag Neumünster.
- Köbbemann, C.; Blume, H.-P.; Elsner, D.; Jacobsen, M. und Beyer, L. (1992) : Die Variabilität von Nährstoffvorräten nach langjährigem Ackerbau in Abhängigkeit vom Bodentyp. VDLUFA-Schriftenr. 35, 119 - 122

Anhang (H.-P. Blume und Beyer)

1. Profilbeschreibungen

Die Beschreibung der Bodenprofile erfolgte in Anlehnung an die Kartieranleitung der Geologischen Landesämter (AG Bodenkunde 1982).

Die Farbensprache erfolgte im feuchten bis nassen (Gr-Hrizonte) Bodenzustand.

Die Böden wurden nach der Systematik der BRD (AK Bodensystematik 1985), der FAO-Unesco (1990) und z.T der US-Soil Taxonomy klassifiziert.

Literatur

AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung Schweizerbart, Stuttgart

AK Bodensystematik (1985): Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Mitteilgn. Deutsch. Bodenkundl. Gesellsch. 44, 1-90

FAO-Unesco (1990): Soil map of the world revised legend. FAO, Rom

Soil Survey Staff (1992): Keys to Soil Taxonomy. 5th ed. Pocahontas Press, Blacksburg

2. Labormethoden

Angaben beziehen sich auf die Spalten der Tabellen; Methoden sind überwiegend Schlichting und Blume (1966) zu entnehmen.

X Kies- und Steingehalte (> 2mm) in % des Gesamtbodens

kf gesättigte Wasserleitfähigkeit in cm/d mit Haubenpermeameter.

dB Lagerungsdichte in g/cm³

dF Dichte in g/cm³

pF Gesamtporenvolumen (- θ) und Wassergehalte bei pF 1,8, 2,5 und 4,2 von 100 cm³ Stechzylindern mittels Unterdruck- und Hochdruckapparatur

Körnung in % des kalk- und humusfreien Feinbodens: gS 2-0,63mm, mS 0,63-0,2mm, fS 200-63 m, gU 63-20 m, mU 20-6.3 m, fU 6,3-2 m, T < 2 m; Siebung u. Pipettanalyse n. Köhn

Die folgenden Analysen erfolgten an Feinerdeproben

pH (CaCl₂) potentiometrisch

Kalk HCl-Behandlung und gasvolumetr. Bestimmung nach Scheibler

C_{org} Gesamt-C durch Erhitzen auf 1200^o C, coulometr. CO₂- Bestimmung mit Ströhleingerät; Carbonat - C substrahiert

Nt Gesamt-N durch Extraktion mit H₂SO₄ und kolorim. NH₄-Bestimmung

Fe_o/Mn_o/Al_o Oxalatrextraktion bei pH 3.8 im Dunkeln, Bestimmung mit AAS bzw. kolorimetrisch

Fe_d Dithionit-Citrat-Extraktion bei pH7, Bestimmung mit AAS bzw. kolorimetrisch

KAK Austauschbare Kationen durch viermaligen Austausch mit BaCl₂ und Bestimmung von Ca, Mg, K und Na mittels AAS, von H und Al mittels Laugetitration; Summe der Ionen in cmol_c/kg=effektive Kationenaustauschkapazität; Bestimmung des H-Wertes durch pH (Ca-Azetat) Messung n. Schachtschabel; Summe der bas. Kationen und H-Wert = KAK_{pot}; von salzhaltigen Proben (EC_{GBL} > 10 S/cm) wurden wasserlös. Salze zunächst viermalig mit H₂O extrahiert und dann deren Kationenkonzentration bestimmt.

Ca_a, Mg_a, K_a, P_a: austauschbare bzw. verfügbare Nährstoffe

mmol_c Ca, Mg, K, x 20; 12; 39 = mg Ca, Mg, K

ökologische Bewertung:

bezogen auf 1m ² und den effektiven Wurzelraum					
	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
l nFK	50	90	140	200	
g N _t	100	250	500	1000	
g K _a	12	24	48	200	
g Ca _a	40	80	200	800	
g Mg _a	5	10	20	80	
mol _c L-T	10	21	40	160	
Vol% S-Wert	5	20	50	200	
Vol% LK	3	7	12	18	

Literatur: Schlichting, E. und Blume, H.-P. (1966): Bodenkundliches Praktikum. Parey, Hamburg