

Brandenburgische Geowiss. Beitr.	Kleinmachnow	7 (2000), 1/2	S. 73–81	7 Abb., 24 Lit.
----------------------------------	--------------	---------------	----------	-----------------

Bodenentwicklung auf quartären Substraten – mit Beiträgen zu Bodenkartierung und Bodenschutz in Schleswig-Holstein

P. JANETZKO & B. BURBAUM

1. Einleitung

Im Unterschied zur Nachbardisziplin Geologie, in der Fragen der Stratigraphie und Genese von Gesteinen im Vordergrund stehen, beschäftigt sich die Bodenkunde/ bodenkundliche Kartierung, im wesentlichen mit der Frage, welcher Boden sich seit der Ablagerung eines Gesteins im Grenzraum zur Atmosphäre im Zusammenwirken unterschiedlicher Faktoren aus dem Gestein entwickelt hat.

Die Böden werden heute von den Geologischen Diensten der Länder nach einer verbindlichen Anleitung (KA 4) im Gelände aufgenommen und klassifiziert. Das Ergebnis der Aufnahmen im Gelände wird in Bodenkarten veröffentlicht. Im Zentrum der Kartierung stehen Bodentypen, die aufgrund bestimmter Horizontfolgen klassifiziert werden. Die Horizonte ihrerseits sind das Produkt unterschiedlicher Verwitterungs-, Verarmungs-, Anreicherungs- und Umwandlungsprozesse im Bodenprofil. Böden erfüllen im Landschaftshaushalt unterschiedliche Funktionen vom Lebensraum für Tiere und Pflanzen über Speicherfunktionen (Wasser, Nährstoffe) bis hin zu den Funktionen als Filter, Puffer oder Transformator (Regelungsfunktionen).

2. Historischer Abriss der Bodenkartierung in Schleswig-Holstein

Die Anfänge der systematischen, auf Flächendeckung abzielenden Bodenkartierung in Schleswig-Holstein liegen schon etwa 90 Jahre zurück. Damals haben Geologen wie C. GAGEL und J. SCHLUNK im Rahmen der geologischen Landesaufnahme in Preußen und benachbarten Gebieten im Maßstab 1 : 25 000 etliche Geologische Karten mit Erläuterungsheften veröffentlicht. Die Karten enthalten neben Darstellung der geologischen Bildungen auch sogenannte agronomische Einschreibungen. Diese beziehen sich im wesentlichen auf die Bodenartenschichtung.

Die Erläuterungen zu diesen Karten gliedern sich in die Geologie des tieferen und des oberflächennahen Untergrundes und behandeln auch die Bodenverhältnisse mit klimatischen, bodenphysikalischen/-chemischen Kennwerten und Angaben zur land- und forstwirtschaftlichen Nutzung in einer "agronomischen" Beschreibung.

Reine Bodenkarten im Rahmen der Landesaufnahme sind erst nach dem 2. Weltkrieg herausgekommen. Dabei finden sich in den älteren Bodenkarten in Anlehnung an die klassische

Bodensystematik (DOKUTSCHAJEW 1879) klimaphytomorphe Bezeichnungen für Böden. Im norddeutschen Raum wird daher z.B. zwischen Wald- und Heideböden unterschieden, wobei die Verheidung seit der Bronzezeit durch Rodung des Waldes in dem ursprünglich zu > 90 % bewaldeten Land ausgelöst wurde und im Mittelalter ihren Höhepunkt erreichte. Eine weitere Unterteilung der Böden erfolgte durch die Kennzeichnung der Wasserverhältnisse (trocken – nass) oder durch den Grad der Podsolierung (braune und rostfarbene Waldböden bzw. Heideböden).

In den sechziger Jahren wurden schließlich die ersten Bodenkarten (Naturpark Aukrug) mit der von Kubiens (KUBIENS 1953) eingeführten, von Mückenhausen (MÜCKENHAUSEN 1959) weiterentwickelten und von den Staatlichen Geologischen Diensten aufgegriffenen Bodensystematik veröffentlicht.

Die weitere Entwicklung der Bodenkartierung in Schleswig-Holstein ist eng an das Programm Nord geknüpft, durch welches die Chancen der Landwirtschaft vor allem im Bereich der Eider-Treene-Sorge-Niederung und der Westküste verbessert werden sollten. Schließlich sind über die Jahre hinweg ca. 40 % der Landesfläche im Maßstab 1 : 25 000 kartiert worden. Allerdings besteht ein deutliches Ungleichgewicht in bezug auf die räumliche Verteilung der kartierten Gebiete. So sind die Festlandmarschen fast vollständig, die Geest etwa zur Hälfte, die Jungmoräne jedoch nur zu etwa 10 – 20 kartiert. Die bestehenden Defizite in der Kenntnis der räumlichen Verbreitung der Böden im Lande und in der Bundesrepublik insgesamt sollte u.a. durch die Erarbeitung einer bundeseinheitlichen Bodenübersicht im Maßstab 1 : 200 000 ausgeglichen werden.

Die neuesten Karten (etwa ab 1995) geben neben der Typologie und der Bodenart (Sand, Lehm etc.) auch die Genese des Substrates (glazifluviatil, glazigen, glazilimnisch, fluviatil, periglaziär etc.) also die Bodenformen an.

3. Ausgewählte pedogene Faktoren

3.1 Das Substrat

Das Ausgangsmaterial der Bodenbildung besteht im Norddeutschen Flachland fast ausschließlich aus quartären Lokergesteinen. Ausnahmen in Schleswig-Holstein sind der Rotliegendton ("Rotenlehm") bei Elmshorn am Rand einer Subrosionssenke auf dem Liether Salzstock, die permische Salzstruktur des Segeberger Kalkberges (Zechstein-Anhy-

drit), die Lägerdorfer Kreide sowie der Buntsandstein von Helgoland. Tertiäre Lockergesteine wie der eozäne Tarraston befinden sich häufig als Schollen in eiszeitlichen Ablagerungen.

Das Substrat der Böden ist gekennzeichnet durch die Gesamtbodenart (Fein- und Grobboden), durch die Geogenese, durch Zusammensetzung und Herkunft der Bodenausgangsgesteine und seine stratigraphische Zuordnung. Die Geogenese kann z.B. das Korngrößenspektrum bzw. den Sortierungsgrad von Substraten oder den Rundungsgrad von Einzelkörnern bestimmen. Zusammensetzung und Herkunft können den Mineralbestand widerspiegeln und somit die pedogene Entwicklung vorzeichnen. Der Feinboden wird in der bodenkundlichen Kartierung anhand des Bodenartendreiecks der bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 4) beschrieben. Dieses ist ein rechtwinkliges Dreieck (2-Komponenten-Diagramm) mit den Reinformen der Hauptbodenarten Sand, Schluff und Ton an den Eckpunkten. An seinen Schenkeln finden sich daher Zweikornmischungen und zur Mitte Dreikornmischung mit einer starken Mischung der Hauptkomponenten in Form der Hauptbodenart Lehm als sandiger, toniger oder schluffiger Lehm (Abb. 1a, b).

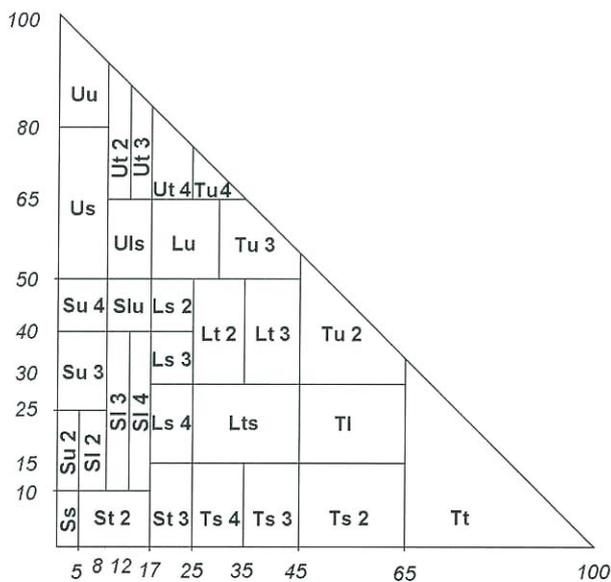


Abb. 1a Bodenartenuntergruppen

Diese entsprechen z.T. dem Geschiebelehm/-mergel mit einem breiten Kornspektrum (mit Grobbodenanteilen), geringem Sortierungsgrad des Korngemenges und einem schlechten Rundungsgrad der Einzelkörner.

Etwas homogener ist schon der Geschiebesand der Satzendoränen, der noch größere Blöcke (Geschiebe) enthalten kann. Ein weiteres Ausschmelzprodukt findet sich dann im Sander, in dem keine größeren Blöcke mehr auftreten, die Kornsortierung und der Rundungsgrad jedoch zunehmen.

Eine (sehr) gute Sortierung zeigen dagegen Beckensedimente und Marschen als Zweikornmischungen. Erstere können eine sehr feine Schichtung besitzen, die den jahreszeitlichen Rhythmus ihrer Ablagerung widerspiegeln.

Auch die periglaziären Sedimente weisen je nach Transportmedium und -form unterschiedliche Sortierungs- und Rundungsgrade auf. Es ist in etwa folgende Reihe von schlechter bis guter Sortierung festzustellen: Fließerden – Schwemmfächer – Geschiebedecksand – niveofluviatiler Sand in Tälern – Flugsand. Die zuletzt genannten Flugsande weisen neben der guten Korngrößensortierung auch eine Mineralsortierung in Form einer Quarzanreicherung auf. Alle periglaziären Sedimente sind zudem meist entkalkt, da sie in der Regel während der Umlagerung ihren Carbonatanteil verloren bzw. vermindert haben. Organische Beimengungen sind in periglaziären Sedimenten keine Seltenheit.

Die holozänen Sedimente, z.B. Dünen- oder Auensande sind oft durch höhere Humusgehalte gekennzeichnet. Der Anstieg des Meeresspiegels bewirkte schließlich die Bildung der Marschen (mit gut sortierten Sedimenten) einerseits und durch die Erhöhung des Grundwasserspiegels führte er andererseits zur großräumigen Vermoorung in flachen Geestgebieten. Zu Beginn des Holozäns kam es in trockenen Klimaabschnitten ähnlich wie im Spätglazial zu größeren Flugsandaufwehungen und Dünenbildungen.

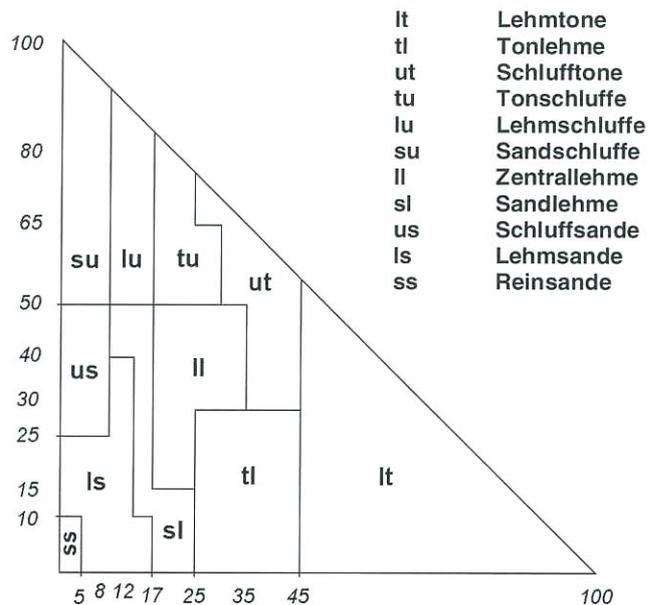


Abb. 1b Bodenartengruppen

3.2 Das Klima

Das Klima in Schleswig-Holstein ist thermisch und hygrisch als recht ozeanisch einzustufen (FRÄNZLE 1993). In der Normalperiode 1961 – 90 lag die Jahresmitteltemperatur bei 8,2° C und der Jahresmittelwert der Niederschläge bei 779 mm. Einige regionale Unterschiede sind jedoch aus bodenkundlicher Sicht bemerkenswert. So liegen die Niederschläge auf den vorgelagerten Inseln in der Nordsee sowie der Marsch deutlich (100 – 150 mm/a) niedriger als in den hochaufragenden Alt- und Jungmoränen und nehmen zur Ostsee hin wieder ab, wo sie mit 550 mm/a auf Fehmarn ihr Minimum erreichen. Aufgrund der mäßigen Sommertemperaturen und der dabei reichlichen Niederschläge ist die jährliche klimatische Was-

serbilanz mit + 200 bis 400 mm als mittel bis hoch einzustufen und liegt nur im äußersten Osten des Landes (z.B. Fehmarn) geringfügig darunter. Es kann allerdings davon ausgegangen werden, dass sie in trockenen Abschnitten in der nach-eiszeitlichen Klimaentwicklung darunter gelegen hat, so dass sogar steppenähnliche Bedingungen angenommen werden. Insgesamt ist festzuhalten, dass das Klima in Schleswig-Holstein als Bodenbildungsfaktor in Bezug auf die Ausprägung der Bodentypen eher einen angleichenden als einen dividierenden Charakter hat.

4. Pedogene Prozesse

Nach Abschluß eines Sedimentationsprozesses (-zyklus), der das Ausgangsmaterial liefert, setzt die Bodenbildung ein. Dabei werden häufig in einer bestimmten Reihenfolge, z.T. aber auch parallel zueinander unterschiedliche Prozesse wirksam.

An der Oberfläche der glazialen Sedimente kam es im Tundrenklima des Spätglazials zu Umlagerungsprozessen (Solifluktion, Abluation ...) und zu kryogenen Prozessen (Gefügeveränderungen, Solimixtion). Diese stellen die Grenze zwischen geologischen und pedologischen Prozessen dar.

Humusstoffen in sandigen Substraten (Podsolierung) und Tonpartikeln in lehmigen Substraten (Lessivierung) von oben nach unten ein, so dass es zu einer Sesquioxid- und Humusakkumulation (Bh- und Bs- Horizonte der Podsole) und zu einer Tonanreicherung (Bt-Horizonte der Parabraunerden) im Unterboden kommt. Die Oberböden zeigen dagegen eine Bleichung (Ae- bzw. Al-Horizonte). Wichtige pedogene Prozesse und Eigenschaften in Abhängigkeit von pH-Wert sind der Abbildung 2 zu entnehmen.

Bei geringerem oder fehlendem Oberflächenabfluß und schwer durchlässigem Untergrund kommt es zu Stauwasserbildung (Pseudovergleyung). Die damit verbundenen Redoxwirkungen äußern sich u.a. in Form von Rostflecken im Wasserschwankungsbereich. Das Stauwasser selbst tritt nur jahreszeitlich auf, und besitzt eine größere Amplitude als das Grundwasser in Grundwasserböden (Gleye). Die Profile gliedern sich in einen Stauwasserleiter (Sw) und eine Stauwasserohle (Sd). Darunter befindet sich der stauwasserfreie C-Horizont.

Böden im Grundwasserschwankungsbereich (Gleye) zeigen dagegen einen rostfleckigen Oxidationshorizont (Go) und einen grauen bis blaugrauen Reduktionsbereich (Gr) unter

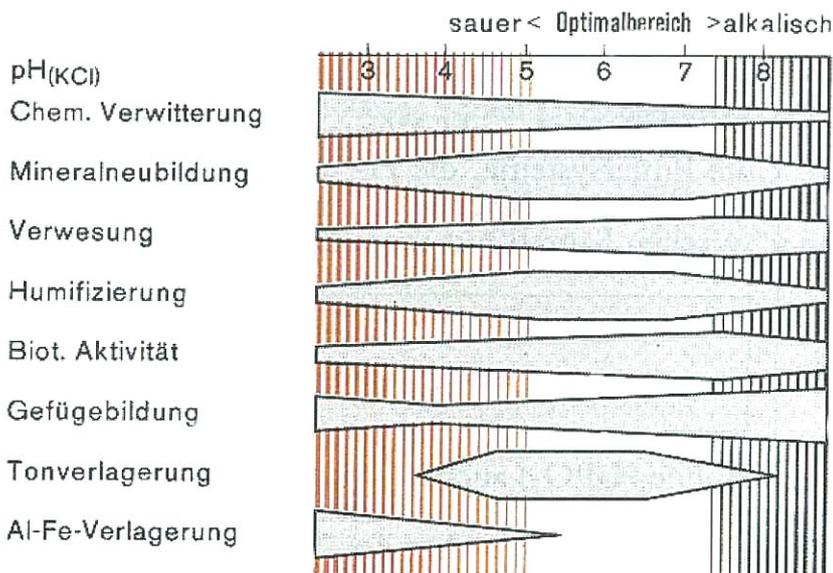


Abb. 2 Beziehungen zwischen pH und pedogenetischen Faktoren (verändert nach D. SCHRÖDER 1972)

Besonders wärmere Phasen (Interstadiale, Interglaziale) waren bzw. sind auch von bodenbiologischen Aktivitäten geprägt. Durch Humusakkumulation im Oberboden entstehen zunächst Böden einer geringen Entwicklungsstufe (A-C-Böden, z.B. Pararendzina). Mit fortschreitender Entkalkung setzt mit der chemischen Verwitterung der Gesteine und Minerale auch deren Oxidation durch den Luftsauerstoff ein, so dass ein brauner Unterboden (Bv-Horizont) zwischen dem A- und dem C-Horizont entsteht (Braunerde). Sinken die pH-Werte im Bodenprofil durch zunehmende Versauerung in Folge des Auftretens der beim Abbau organischer Substanz freiwerdenden Huminsäuren weiter ab, können bei abwärts gerichtetem Bodenwasserstrom andere Prozesse wirksam werden. So setzt eine Wanderung von Sesquioxiden (Fe, Al) sowie

ständigem Grundwassereinfluss. Der ständig grundwassererfüllte Gr-Horizont sollte in reinen Gleyen definitionsgemäß bei max. 8 – 13 dm unter Geländeoberfläche (GOF) beginnen.

5. Regionalspezifische Bedingungen der Pedogenese in Schleswig-Holstein

Entsprechend seinem geologischen Aufbau ist das Land mit seinen Bodengesellschaften auf der höchsten Hierarchieebene – den Bodenregionen (BR) – in die pleistozäne Alt- und Jungmoränenlandschaft sowie das Küstenholozän und die Flusslandschaft an der Elbe außerhalb des unmittelbaren Tideeinflusses gegliedert (Abb. 3).

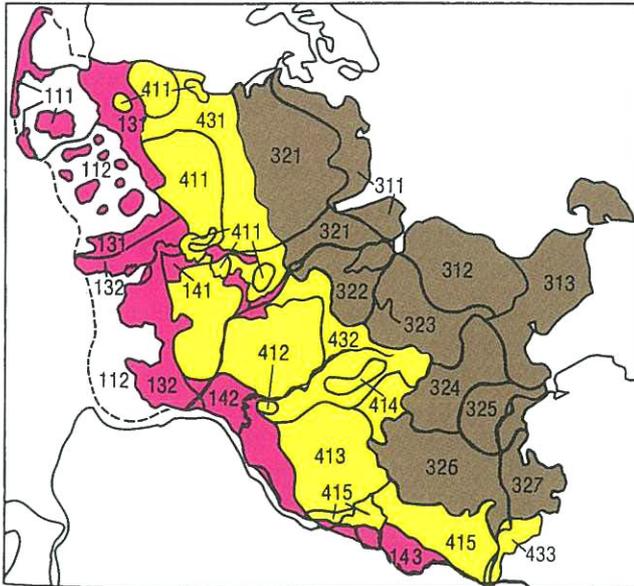


Abb. 3: Bodenlandschaften Schleswig-Holsteins

BR	1 Küstenholozän
BGL	11 Nordfriesisches Wattenmeer mit Halligen und Inseln
	111 Nördlicher Bereich der Inseln mit Geestkernen
	112 Südlicher Bereich der Inseln, Halligen und Marschen
BGL	12 Watt an der Nordseeküste
BGL	13 Marschen und Moore im Tideeinflussbereich
	131 Nordfriesische Marsch und nördliches Eiderstedt
	132 Dithmarschen und südliches Eiderstedt
BGL	14 Ästuargebiete
	141 Eider-Treene-Ästuar
	142 Elbe-Ästuar
	143 Hamburger Stromteilungsgebiet
BR	3 Jungmoränenlandschaften
BGL	31 Sandig-lehmige Moränenlandschaften im Bereich jüngerer Eisvorstöße
	311 Ostschleswiger-Mittelholsteiner-Fördenlandschaft
	312 Holsteiner Seenplatte
	313 Wagrische Halbinsel/Lübecker Bucht
BGL	32 Sandig-lehmige Moränenlandschaften im Bereich älterer Eisvorstöße
	321 Ostschleswiger Hügelland
	322 Mittelholsteiner Hügelland
	323 Ostholsteiner Hügelland
	324 Obertrave-Gebiet
	325 Lübecker Becken
	326 Stormarner Moränengebiet
	327 Ratzeburger Seenplatte
BR	4 Altmoränenlandschaften
BGL	41 Sandig-lehmige Hohe Geest
	411 Schleswiger Geest
	412 Mittelholsteiner Geest
	413 Pinneberger-Barmstedter Geest
	414 Bramstedter Geest und Kisdorfer Wohld
	415 Hamburger Raum, Glinder- und Schwarzenbeker Geest
BGL	43 Sandige Vorgeest mit Weichselsandern, Talsandgebiete und flachen Saalesandern
	431 Schleswiger-Vorgeest
	432 Holsteiner Vorgeest
	433 Büchener Sander

BR = Bodenregion, BGL = Bodengroßlandschaft,
Sonstige = Bodenlandschaften (vgl. KA 4)

Das Küstenholozän (Watten und Marschen an der Nordseeküste bzw. in den Ästuargebieten) verfügt über einen primären geogenen Salzgehalt, der mit der Entwässerung der Marschen bei ihrer Kultivierung verlorengeht. Daher ist die erste Stufe der Pedogenese der Marschen die Salz-/Rohmarsch.

Ferner sind die Marschen meist carbonathaltig abgelagert worden und verlieren ihren Carbonatgehalt im zeitlichen Verlauf der Pedogenese im Oxidationsbereich fortschreitend nach unten (Mittelwert ca. 10 cm/100 a). Auf die Salzmarsch folgt daher die Kalkmarsch und wenn eine Entkalkungstiefe von 4 dm überschritten wird, definitionsgemäß die Kleimarsch. Bei hohen sedimentären Ton- oder Humusgehalten bzw. bei Tonverlagerung werden weiter Knick- und Organomarschen unterschieden und bei Profilabfolgen mit fossilen A- oder Go-Horizonten (Humus-/Eisendwog) Dwogmarschen.

Von West nach Ost folgt die Geest. Dieser Begriff kommt aus dem Plattdeutschen und bezeichnet eine Landschaft mit ertragsschwachen Böden. Die Geest umfasst daher Altmoränenkomplexe, saalezeitliche Sander traditionell aber auch die weichselzeitliche Vorgeest vor dem Jungmoränenrand.

Im Gegensatz zu den Böden der beiden anderen Bodenregionen herrscht eine große Entkalkungstiefe von mehreren Metern vor und nur dort, wo die Erosion stärker angreifen konnte, tritt der Geschiebemergel nah an die Oberfläche.

Diese tiefe Entkalkung dürfte schon auf pedogene Prozesse während der Eem-Warmzeit zurückzuführen sein. Nach dem partiellen Abtrag des Eem-Bodens in der Weichselzeit (an Einzelprofilen zu verfolgen) wurden spätestens seit dem Weichsel-Spätglazial periglaziale Deckschichten als Fließerden und Decksand abgelagert. Damit ist die heutige Carbonatobergrenze das Ergebnis aus Entkalkung und Mächtigkeit periglazialer Überprägung und Überdeckung.

Die Jungmoräne wurde früher in bezug auf ihre Periglazial- und Bodenentwicklung in einem deutlichen Kontrast zur Altmoräne gesehen. Da die Periglazialentwicklung auf der Altmoräne in das Weichsel-Glazial gestellt wurde, blieb für die gleiche Entwicklung auf der Jungmoräne nur das Spätglazial. Nun sind neben den sandigen und lehmigen Deckschichten, die sich auf der Weichselmoräne befinden, auch typische Periglazialerscheinungen wie Brodelböden, Polygonmuster und Frostkeile nachgewiesen worden (LIEDTKE 1981). Sogar eine Bodenbildung in den interstadialen Abschnitten (Meindorf, Bölling, Alleröd) während des Weichsel-Spätglazials (Tundrenzeit) wird derzeit diskutiert (vgl. Kap. 6).

Da das Inlandeis jeweils mit mehreren Vorstößen in den norddeutschen Raum vordrang und sich auch etappenhaft wieder zurückzog, verblieb für die Gebiete mit früherem Eisrückzug ein längerer eisfreier Zeitraum (ca. 5 000 a), in dem es zu periglazialen Prozessen und unter klimatisch günstigsten Bedingungen im Spätglazial auch zur Pedogenese kommen konnte. Trotzdem ist das Ausgangsmaterial der Bodenbildung im Jungmoränengebiet, in der Regel von SW nach NO zunehmend, stärker als im Altmoränengebiet von hochglazialen Sedimenten geprägt.

Wesentlich für den Ablauf vieler pedogener Prozesse ist die Entkalkung, die mit der chemischen Verwitterung erreicht wird. Die hochglazialen Sedimente wurden aber in der Regel mit einem gewissen Carbonatgehalt (bis 30 % und mehr) abgelagert, aber schon durch die periglaziale Umlagerung ging ein

Teil bzw. das gesamte Carbonat verloren, so dass Stoffverlagerungen (Tonverlagerung) schon bald nach der Entstehung der periglazialen Geländeoberfläche einsetzen konnten.

6. Pedogenese in ihrem zeitlichen Verlauf
(Chrono-, Klima- und Lithosequenzen)

Die Geschwindigkeit der Pedogenese ist von mehreren Faktoren abhängig. Das Klima mit Niederschlagshöhe und -intensität sowie das Substrat mit seiner unterschiedlichen Durchlässigkeit tragen beispielsweise ganz entscheidend zum Ablauf der Perkolatation und damit der vertikalen Stoffverlagerung im Bodenprofil bei.

Zum Faktor Zeit ist ferner prinzipiell zu sagen, dass die Pedogenese bei sonst gleichen Bedingungen nach unterschiedlicher Dauer ganz unterschiedliche Böden bedingen kann.

Natürliche Bodenentwicklungen im zeitlichen Verlauf bei konstanten Bedingungen werden auch als Chronosequenz bezeichnet. Eine solche findet man z.B. in einer Dünenabfolge mit Weiß-, Grau- und Braundünen auf Sylt. Dabei zeigen die jüngsten Dünen die geringste Pedogenese (Weißdüne: Lokkersyrosem) und ältere eine mittlere (Graudüne: Regosol) bzw. stärkere Bodenentwicklung (Braundüne : Podsol-Regosol, Podsol-Braunerde).

Generell können normale oder harmonische sowie inverse oder disharmonische Horizontfolgen unterschieden werden (REUTER 1962). Dabei zeigt sich die Chronosequenz eines Bodenprofils

in seiner Horizontabfolge, sie dokumentiert sich in normalen Horizontfolgen (Abb. 4). Während z.B. der Bv-Horizont unter dem Bs-Horizont eines Braunerde-Podsols als harmonische Horizontfolge (Chronosequenz) gedeutet wird, dokumentieren die Verzahnungs-/Übergangshorizonte einer Parabraunerde-Schwarzerde einen Klimawechsel (Klimasequenz). Schwarzerden unter rezenten steppenartigen (semihumiden bis semiariden) Bedingungen zeigen keine Veränderung des primären A-C-Profiles, da auch die Entkalkung wegen der geringeren Perkolatation nur bis zur Untergrenze des A-Horizontes reicht und daher z.B. eine Tonverlagerung gar nicht zulässt (Abb. 4).

Eine weitere Ursache einer inversen Horizontfolge ist im Sedimentwechsel aufgrund eines neuen Sedimentationszyklus und einer (sub)fossilen Bodenbildung am Ende des ersten Zyklus zu sehen. Der (sub)fossile Boden ist durch ein jüngeres Sediment zugedeckt worden, auf dem sich dann der rezente Boden entwickelt hat (Lithosequenz Abb. 4).

Im Gegensatz zu den Boden-Übergangstypen einer Chrono-/Klimasequenz erzeugt eine Lithosequenz einen Überlagerungstyp. Ein häufiges Beispiel für eine Lithosequenz stellt der Überlagerungstyp einer rezenten Braunerde aus Geschiebedecksand in einer Hauptlage über einer Parabraunerde aus Geschiebelehm (evtl. Basislage) dar.

So sind z.B. auf Altmoränen bis zu 3 Böden beobachtet worden: Braunerde aus Geschiebedecksand in der Hauptlage, Braunerde-Parabraunerde aus Decklehm in der Mittellage (bei-

harmonische Horizontfolge (Chronosequenz)			
Ah		Ah	
Al	Lessivé	Ae	Podsol
Bt		Bhs	
Bv	mit Braunerde-	Bsv	mit Braunerde-
t	und	Bv	und
eC	Pararendzina-Stadium	Cv	Regosol-Stadium

disharmonische Horizontfolge (Klimasequenz)		
Boreal	Atlantikum	heute
Humusakkumulation	Lessivierung	Tschernosem-Lessivé
Axh Ach + eC eC	Ah Al Bt (Bv) eC	Ap Axh-Al Axh-Bt eC

disharmonische Horizontfolge (Lithosequenz)				
Braunerde über Parabraunerde				
Zeitraum	Substrat	Böden	Horizonte	Sediment-zyklus
Holozän Weichsel (qw) Spätglazial (qw)	periglaziäre Hauptlage sandig	Braunerde	Ah Bv	2
Interstadial Spätglazial (qw) Hochglazial (qw)	Basislage lehmig Geschiebelehm/ -mergel	Parabraunerde	II f Bt Cv	1

Abb. 4 Bodensequenzen

de Lagen weichselzeitlich) über Podsol-Braunerde ("Rosterde") aus saalezeitlichem Geschiebesand in der Basislage. Dabei sind jedoch von den fossilen Horizonten nur jeweils die durch Eisen-Humus-Verkittung oder Tonanreicherung verfestigten Horizonte erhalten geblieben.

Klimaschwankungen während des Holozäns haben Auswirkungen auf den Meeresspiegel sowie auf die Grundwasserstände auf dem Festland gehabt und so zu einem mehrfachen Richtungswechsel der Pedogenese geführt (REUTER 1962). An der Küste sind auf diese Art "Küstenüberflutungsmoore" entstanden, und auf dem Festland wurden trockene Podsole zu Gley-Podsolen; ehemalige Oxidationshorizonte (Go) grundwasserbeeinflusster Böden gerieten in den Reduktionsbereich (Gr), was z.T. an türkisfarbenen Gr-Horizonten mit reliktschen Eisenkonkretionen sichtbar wird.

Umgekehrt haben sich Meeresregressionen oder auch anthropogene Grundwasserabsenkungen in der Entstehung von Dwögen in der Marsch bzw. im Fortschreiten des Zeretzungsgrades von Torfen bis hin zu ihrer völligen Mineralisation bemerkbar gemacht.

6. Bodengesellschaften und ihre Abgrenzung bei der Kartierung

Mit der fortschreitenden Bodenkartierung im Jungmoränengebiet ist deutlich geworden, dass sich die Struktur der Bodendecke nicht mehr als Bodenformenkarte im Maßstab 1 : 25 000 darstellen lässt. Vielmehr bedingt der engräumige Wechsel von Kuppen, Hanglagen und Senken die Darstellung in Form von Bodengesellschaften mit dominierenden

Leitböden und untergeordneten Begleitböden. Die Bodengesellschaften sind hierarchisch aufgebaut und reichen von der oft nur punktuellen Bodenform über Bodenformengesellschaften zu Leitbodengesellschaften und -assoziationen.

Auf der höheren Ebene der Landschaftsmodule werden Bodenlandschaften (BL), Bodengroßlandschaften (BGL) und Bodenregionen (BR) (vgl. KA 4) beschrieben (AG BODEN 1994) (Abb. 3).

Bei einer ersten pedologischen Beurteilung eines Gebietes wird von der oberen Hierarchieebene ausgegangen. Diese ist durch geographische Faktoren mit unterschiedlichen Prioritäten nach Gebiet und Hierarchiestufe definiert. Zu diesen Faktoren gehören Geologie, Orographie, Hydrographie und Klima.

Bei den BL können als Zuordnungskriterien Stratigraphie und Relief maßgeblich sein, wie z.B. die flache drenthezeitliche Altmoränenlandschaft der Pinneberger Geest bzw. das wellige warthezeitliche Altmoränengebiet der Bramstedter Geest und des Kisdorfer Wohldes oder auch klimatische Faktoren, z.B. die feuchtere Holsteinische Seenplatte im Westen und die trockenere Wagriscche Halbinsel mit Fehmarn im Osten. Mit einem für den Bodenschutz verwertbarem Inventar von Bodengesellschaften ist die untere Hierarchieebene ausgestattet. Grundlage der kleinmaßstäbigen BÜK 200 (Blatt CC 2318 Neumünster, 1999) sind hydrogeomorph definierte Einheiten. Diese beinhalten z.B. sandige Randlagen, sandig-lehmige Moränen, lehmige Grundmoräne, Sander, Schmelzwasserrinnen usw. mit Leitbodenassoziationen und Leitbodengesellschaften (Abb. 5). Eine Parallelität zwischen der Gesellschaftshierarchie und einer Hierarchie bei den Parametern ist häufig erkennbar.

Aggregierungstufe	Reliefstufen	Begrenzende Faktoren	Beispiel	Maßstabsbereich
Landschaftsmodell				
7 BR 6 BGL		Faktorenkomplex: Geologie, Klima Hydro-/Orographie	Altmoränenlandschaft (4) lehmige Moränenplatte (4.1) Pinneberger Geest (SW-Holst.) (4.13)	BÜK 800 BÜK 500
5 BL		Hydrogeomorphie	Grundmoränenlandschaft	
Teillandschaft				
Parametermodul -B. Vergesellschaftung (Leit-/Begleitböden)		Relief + Substrat + Wasserverhältnisse		
4 Leitbodenassoziation		Makrorelief	weichselztl. "Urstromtal"	BÜK 200
3 Leitbodengesellschaft	Komplexer Relief- formtyp (E, O, G, V)	Mesorelief	spätglaziale Talaue	BK 25
2 Bodenformengesellschaft	einfacher Reliefformtyp (K, H, T)		holozänes Flußbett	
Bodenform	Untersetzung d. einf. Reliefformtyps (z.B. TS, TH, TX)	Mikrorelief Nanorelief		BK 5

Abb. 5 Zusammenhänge zwischen den Hierarchiestufen (Aggregierungsstufen) der Bodengesellschaften und dem Relief (unter bestimmten Voraussetzungen ist eine Verschiebung zwischen den Spalten erforderlich)

Bei mittelmaßstäbigen Bodenkarten (1 : 50 000 und größer) ist der Verlauf der Bodengrenzen (Grenzen der Kartiereinheiten) häufig eng an den Verlauf der Isohypsen angelehnt. Die Teillandschaft der Endmoräne löst sich z.B. in einzelne Wälle bzw. kulissenartig gestaffelte Erhebungen auf, die etwa parallel zueinander verlaufen mit dazwischenliegenden offenen Hohlformen. Die Bodengrenzen sind demnach durch die Umrisse komplexer Reliefformen vorgegeben (z.B. Hierarchiestufe der Leitbodengesellschaft).

Bei großmaßstäbigen Karten (z.B. BK 5) lässt der Verlauf der Isohypsen eine weitere Differenzierung der komplexen Reliefformtypen in einfache Reliefformtypen wie Kulminations-, Hang- und Tiefenbereiche erkennen und das Bodenmosaik noch vielfältiger erscheinen (z.B. in der Hierarchieebene der Bodenformengesellschaft). Der einzelne Punkt (oft auch die Bodenform) ist in seinem Reliefbezug z.B. nach Kulminations-Scheitellage/-Hanglage/-Sattelpbereich lokalisiert (Abb. 5).

7. Die Nutzung der Böden unter besonderer Berücksichtigung des Ertragspotentials

Die Einschätzung des Ertragspotentials kann auf der Basis der Acker- und Grünlandzahlen der Reichsbodenschätzung (RBS) vorgenommen werden. Dabei ergeben sich nach der bodenregionalen Gliederung des Landes drei Ertragsgruppen.

1. Böden mit hohem bis sehr hohem Ertragspotential in den Marschen (um 70 Punkte der Bodenschätzung). Die Böden der Kalk- und Kleimarschen mit höheren Schluffgehalten stellen beste Ackerböden dar (Dithmarscher Kohl, Weizen), solche mit höheren Tongehalten in Dwog- und Knickmarsch sind besser als Grünland zu nutzen.
2. Arme Sandböden der Geest und Vorgeest mit geringerem Ertragspotential (15 – 30 Punkte) dienen heute dem Mais- und traditionell dem Roggen- und Kartoffelanbau (Podsole und Braunerden). Stau- und grundnasse Böden, z.T. mit etwas höheren Bodenzahlen, werden dagegen überwiegend als Grünland genutzt. Böden der Vorgeest mit Flugsanddecken sind in hohem Maße erosionsgefährdet. Sie liegen an der Untergrenze der wirtschaftlichen Ertragsfähigkeit und werden daher als "Grenzertragsböden" bezeichnet. In Grundwassernähe ist Grünlandnutzung auch wegen der dann geringeren Erosionsgefährdung vorzuziehen.
3. Die Böden des östlichen Hügellandes nehmen in ihrem Ertragspotential eine Mittelstellung zwischen den Marschen und der Geest ein. Ähnlich gut wie die Kalkmarschen werden die Böden der Wagrigen Halbinsel mit Fehmarn bewertet (Fehmaraner Schwarzerde). Auch Böden aus Geschiebe-/Decklehm mit hohem Schluffgehalt, die häufig als Braunerde-Parabraunerde klassifiziert werden können, dürften aufgrund ihrer guten Nährstoff- und Wasserversorgung hohe Punktzahlen erreichen, während die sandigen Böden der Endmoränen und Sander schlechter bewertet werden. Letztere werden häufig auch forstlich genutzt.

8. Bodenschutz

Der Schutz der Böden gilt den vielfältigen Funktionen derselben. Dabei ist die Ertragsfunktion nur ein Aspekt seiner Schutzwürdigkeit. Als Bestandteil des Naturhaushalts mit

seinem Nährstoff- und Wasserkreislauf sowie als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen ist der Boden schutzwürdig.

Hinzu treten die Lebensraumfunktion für Menschen, Tiere und Pflanzen sowie die Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Ein besonderer Aspekt des Bodenschutzes ist der Pedotopschutz als Teil des Geotopschutzes. Häufig lässt sich zudem ein sinnvoller Zusammenhang mit dem Biotopschutz herstellen, da z.T. eine enge Verknüpfung besteht. So macht z.B. der Schutz eines Eisenhumuspodsoles als Boden besonderen Sinn, wenn er in Verbindung mit der Düne, auf der er entstanden ist und der zugehörigen charakteristischen Vegetation (Extremstandort mit großer Trockenheit und Nährstoffarmut) gesehen wird.

Die Abbildung 6 zeigt eine Auflistung von Böden, die für den Pedotopschutz in Schleswig-Holstein interessant sind. Dazu gehören neben Böden mit einer besonderen Archivfunktion für die Natur-, Klima- und Kulturgeschichte auch sogenannte seltene Böden, also Bodenformen, die eine für die Region seltene Bodenentwicklung zeigen (JANETZKO 1998).

Einige der dargestellten Beispiele für die Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte seien nachfolgend näher erläutert: Strandwälle verlagern sich mit Veränderungen der Küstenströmung. Ältere Strandwälle zeigen eine stärkere Pedogenese als jüngere. Ähnlich verhält es sich mit der Pedogenese auf verschiedenen alten Dünen (Beispiele 1 und 3).

Inversionsrücken in der Marsch zeichnen den Verlauf ehemaliger Priele in einem sonst stärker moorigen Gebiet nach. Durch die Moorsackung hat sich das Relief umgekehrt. Kleimarschen markieren den Prielverlauf (Beispiel 2).

Die geringe Vergleyung in den Niederungen der Holmer Sandberge belegt die junge Flugsandverschüttung derselben (Beispiel 4).

Vom Sediment her würde sich der unmittelbare Tideeinfluss vom Tiderückstaubereich kaum abgrenzen lassen. Die Grundwasserdynamik eines Vega-Gleys ist jedoch anders als die eines Marschbodens (Beispiel 5).

Die sogenannten "roten Podsole" mit ihrem roten Unterboden wurden mit alten Brandstellen in Verbindung gebracht. Wahrscheinlich ist jedoch, dass es sich um Böden aus glaziär bzw. periglaziär umgelagerten tertiären Kaolinsanden handelt, die im Kontakt mit dem Bodenwasser diese Färbung bekamen (Beispiel 6).

Böden als Klimazeugen wurden in Kapitel 5 besprochen, so dass hier noch Böden betrachtet werden, die für die Siedlungs- und Bedeichungsgeschichte an der Nordseeküste bzw. an der Elbe interessant sind:

Alte Warftenketten im Bereich der Dwogmarsch markieren eine mittelalterliche Landoberfläche. Sie wurde durch Deiche entlang der Warften vor neuzeitlichen Überflutungen geschützt (Beispiel 1 "Kulturgeschichte").

Auch unter Wattböden konnten im Bereich gering überschlickter Dwogmarschen alte Kultur Spuren wie Ackerflächen und Brunnen nachgewiesen werden. Im Gegensatz zu den Warften konnten sie jedoch nicht geschützt werden (Beispiel 2). Schließlich sei noch die Entkalkung der Marschen mit dem Übergang Kalk-/Kleimarsch erwähnt, wo z.B. das Deichalter von etwa 400 Jahren mit einer Entkalkungstiefe von 4 dm (1 dm/100 a) korreliert (Beispiel 3).

Seltenheit von Böden (Geotope)	Archiv der Klimageschichte	Archiv der Naturgeschichte	Archiv der Kulturgeschichte
Segeberger „Kalkberg“: Rendzina aus sulfatischem Festgestein	Borealzeit: Schwarzerde-Parabraunerde aus Geschiebelehm (Fehmarn)	Strandwallbildung: Regosol-/Lockersyrosem-Gley aus Strandwallsand (Michaelisdonn)	Bedeichung/ Besiedlung: Kleimarsch mit „schwarzer Schnur“ (Humusdwog, Warftenketten bei Wesselburen)
Tagebau Lieth b. Elms-horn (Pseudo-)Gley-Pelosol aus Rotliegendton	Atlantikum – heute: Nieder-/Hochmoor aus \pm zersetztem Nieder-/Hochmoortorf	Moorsackung – Inversionsrücken: Kleimarsch aus perimarinem Schluffsand (Wilstermarsch)	Besiedlung: Sandwatt über Dwogmarsch aus marinem Schluffsand über brackischem Ton (nordfries. Wattenmeer)
	Eemzeit: „Rosterde aus saalezeitlichem Geschiebesand“	Dünenentwicklung: Podsol-Regosol-Lockersyrosem aus Dünensand (Sylt)	Bedeichung: Kalkmarsch aus tidal-fluviatilem Sand bis Tonschluff (Glückstädter „Wildnisse“)
		Flußbettverlagerung: Gley-Regosol/ Auenregosol aus Flugsand (Holmer Sandberge)	
		Tidegrenz-/rückstau-bereich: Vega-Gley aus fluviatilem Schluffton (Elbaue oberhalb Geesthacht)	
		Abtragungsgebiete/ Kaolinsandvorkommen: Lockerbraunerde („roter Podsol“ aus periglaziärem Sand (Osterau)	

Abb. 6 Pedotopschutz in Schleswig-Holstein

Zusammenfassung

Anlässlich des Jubiläums 125jähriger Quartärforschung in Norddeutschland werden Böden, die sich auf quartären Substraten entwickelt haben, besprochen.

Nach einem historischen Abriss und Darstellung des gegenwärtigen Standes der Bodenkartierung in Schleswig-Holstein wird insbesondere auf die verschiedenen Substrate mit ihren petrographischen Eigenschaften, auf die relevanten pedogenen Prozesse sowie speziell auf die unterschiedlichen Bodenregionen Schleswig-Holsteins eingegangen.

Hervorgehoben wird die Pedogenese in ihrem zeitlichen Verlauf, der durch Chrono-, Klima- und Lithosequenzen gekennzeichnet ist. Besondere Bedeutung kommt dabei den Lithosequenzen mit periglaziären Deckschichten zu, weil sie die höheren Solummächtigkeiten, die oft tiefe Mergelobergrenze und inverse Horizontfolgen erklären.

Auf die Zuordnung begrenzender Faktoren, insbesondere Reliefseinheiten für Bodengesellschaften unterschiedlicher Hierarchiestufen, mithin auf die Grundlagen der Bodenkartierung sowie auf die Nutzung der Böden in den verschiedenen Bodenregionen unter Berücksichtigung ihres Ertragspotenzials wird eingegangen.

Unter dem Aspekt des Pedotopschutzes werden Böden insbesondere in ihrer Archivfunktion für die Klima-, Natur- und Kulturgeschichte an Hand einiger Beispiele bewertet.

Summary

On the occasion of the 125 anniversary of Quaternary research in northwestern Germany the soils, developed on Quaternary substratum are discussed.

After a brief historic outline and the presentation of the present-day state of soil mapping in Schleswig-Holstein the theme is focused on the different substratum and their petrographic properties as well as on the important processes of pedogenesis specially in the different soil regions of Schleswig-Holstein.

Pedogenesis as a function of time is discussed and explained in soil sequences (chronological, climatical and lithological sequences). The lithological sequences with participation of periglacial sediments are relevant because of their intensive and deep soil genesis. These soils are often deeply free of lime and show an inverse sequence of soil horizons.

The influence of morphology on the definition of soil associations of different hierarchical levels as the basis of soil mapping is explained. The interest is set on the different soil regions and their agricultural productivity.

Some examples of soils as records of the climatic, natural or historic development are given being worth to be protected as archives and pedotopes.

Literaturauswahl

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl. (KA 4), 392 S., Hannover

- ALTERMANN, M. & D. KÜHN (1998): Systematik der bodenbildenden Substrate. – Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **86**, S. 135 – 174, Göttingen
- BLUME, H.-P. (1961): Die Tonverlagerung als profilprägender Prozess in Böden auf jungpleistozänem Geschiebemergel. – Diss. Univ. Kiel
- FINNERN, H. (1985): Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete und Naturparks in Schleswig-Holstein 1 : 25 000, Geol. Landesamt Schl.-Holst., Kiel
- FRÄNZLE, O. (1981): Erl. GMK 25, Bl. 8, 1826 Bordesholm. – S. 1 – 45, Berlin
- FRÄNZLE, O. (1993): Das Klima. – Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **70**, S.17
- JANETZKO, P. (1996): Verbreitung und Gliederung periglaziärer Deckschichten im Jungmoränengebiet von Schleswig-Holstein und ihre Bedeutung für die Pedogenese. – In: Festschrift zum 80. Geburtstag von Prof. H.E. STREMMER; Landesamt für Natur und Umwelt, Abt. Geologie/Boden
- JANETZKO, P. (1996): Norddeutsche Jungmoränenlandschaften – Böden als Teile von Landschaften. – In: Blume et al. (Hrsg.). Handbuch der Bodenkunde, (Ecomed)
- JANETZKO, P., FILIPINSKI, M. & E. CORDSEN (1998): Schutzwürdige seltene Böden. – Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. **87**, S. 3 – 6, Göttingen
- JANETZKO, P. (1999): Chrono-, Klima- und Lithosequenzen in der Boden- und Landschaftsentwicklung seit dem Spätglazial. – Z. angew. Geol. **45**,1, S. 32 – 36
- KOPP, D. (1965): Die periglaziären Decksande im norddeutschen Tiefland und ihre bodenkundliche Bedeutung. – Ber. Geol. Ges. DDR, **10** S., 739 – 771
- KUBIENA, W.L. (1953): Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. – Stuttgart (Enke)
- LIEDTKE, H. (1981): Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa – Erläuterungen zu einer farbigen Übersichtskarte im Maßstab 1 : 1 000. – Forsch. z. dtsh. Landkd. **204**, 307 S., 2. erw. Aufl., Trier
- MEYNEN, E., SCHMITTHÜSEN (Hrsg.) (1953 – 62): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands, 1 – 9, 1 – B 3, Bad Godesberg
- MÜCKENHAUSEN, E. (1959): Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland. – Frankfurt a.M. (Verl. Kommentator)
- RANGE, P. (1946): Geologische Reinkarte, Bl. 2127 Leezen. – Landesamt für Angewandte Geologie, Kiel (unveröff.)
- REUTER, G. (1962): Lessivé-Braunerde-Interferenzen auf Geschiebemergel. – Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung, Bodenk. **98**, 3, S. 240 – 246
- ROSS, P.-H. (1991): Geowiss. schützenswerte Objekte (GeoschOb) in Schleswig-Holstein 1 : 25 000; Geologisches Landesamt
- SCHRÖDER, D. (1972): Bodenkunde in Stichworten. – 2. Aufl. 144 S. (Hirt)
- STEWIG, R. (1978): Landeskunde von Schleswig-Holstein. – Geocolleg 5, 216 S. (Hirt)
- STREMMER, H. E. (1981): Erläuterung zu den Bodenkarten vom Naturpark Aukrug (Kartenbl. 1 : 25 000 Holtdorf/Bargstedt 1824, Hennstedt 1924), Kiel
- STREMMER, H.E. (1990): Böden als erd- und landschaftsgeschichtliche Urkunden. – In: BLUME, H. P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. – S. 106 – 108, (Ecomed)

Karten

- Bodenübersichtskarte 1 : 200 000 (BÜK 200), Blatt CC 2318 Neumünster, Hannover 1999
- Blatt CC 1518 Flensburg (im Druck).

Anschrift der Autoren:

Titel

Dr. P. Janetzko

Dipl.-Geogr. B. Burbaum

Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein, Abt. Geologie/Boden

Hamburger Chaussee 25

24220 Flintbek