

# Über erste postglaziale Bodenbildung, nach einem Vergleich der Bodenbildung in Skandinavien und im deutschen Raum

VON EBERHARD OSTENDORFF, Stuttgart

Mit 6 Abbildungen im Text

**Zusammenfassung.** Die wichtigsten Züge der Bodenbildung in Skandinavien werden beschrieben und mit den entsprechenden im deutschen Raum verglichen. Die Dauer der Bodenbildung reicht in Skandinavien von der Gegenwart (am Svartisen) bis zu ca. 9 - 10 000 Jahre zurück. Man kann hier heute noch alle Stadien, einerseits von primärem Naßboden (Moor und Bruch) oder andererseits, auf trockenen Substraten, von Skelettböden zu Waldböden verfolgen. Auffällig ist in Skandinavien eine besondere mullartige Braunerde. Eine ganz ähnliche kommt auch in Deutschland vor, aber nur auf spätglazialen Sedimenten der jüngeren Tundrazzeit. Beide sind also altersähnlich. Auch ihr Substrat ist ähnlich (sand- und schluffreich, karbonatarm oder -frei). Diesen Typ kann man deshalb auch für den deutschen Raum als erste Waldbodenbildung viel weiter verbreitet ansehen, besonders auf leichteren Substraten, wie in der Lüneburger Heide usw., der hier aber, infolge der viel längeren Dauer, in Podsol übergegangen ist.

**Summary.** The most important soils of Scandinavia are compared with those of Germany. In Scandinavia the formation of soil can be traced back from the presence (at the Svartisen) until some 10 000 years ago, and this may be based as well on wet as on dry soils. A special feature in Scandinavia is a very soft Brown Earth. Very much the same soil can be found in Germany, but only on lateglacial sediments of the late Drvas-age. Both are of almost the same age. They are alike in their character of sediment and content of carbonate. Therefore this type may probably be considered as the first important formation of soils under wood on sandy grounds in Germany.

## 1. Einführung und Problemstellung

Die letzte Eiszeit hat sowohl in glazialen wie in periglazialen Gebieten die letztinterglazialen Böden weitgehend vernichtet. Nur hier und da sind Reste davon erhalten geblieben. In Tiefländern und Senken durch schonende Zusedimentierung und in Gebirgen und Hochländern in Spalten und Klüften (E. OSTENDORFF 1954, 1964; da ausführliches Schrifttum). Aber alle diese Reste sind zumeist weit vorgeschrittene Stadien der Bodenbildung wie degradierte Schwarzerden, sekundäre Braunerden usw.

Die Böden, die sich in Mitteleuropa im Postglazial entwickelt haben, entsprechen den fossilen Relikten aus der letzten Warmzeit weitgehend. Die Schwarzerden sind vorwiegend degradiert oder schon in Braunerden übergeführt (H. STREMMER 1930, 1936). Die primären Braunerden sind im allgemeinen zu Podsolen geworden. Diesen Übergang kann man noch häufig im ostelbischen jungpleistozänen Moränengebiet in den „zweiphasigen Böden“ beobachten. Ein unterer Braunerderest geht (meist über fleckige Bleichzone) nach oben in einen rostfarbenen B-Horizont über. Häufig ist dieser gelblich-fahl. Er entspricht den von EHWALD und KUNDLER (1961, 1962) beschriebenen Fahlerden (wobei natürlich auch der untere Braunerderest gänzlich verschwunden sein kann). Von diesen zweiphasigen Böden oder den Fahlerden kann man dann, im vorgeschrittenen Stadium alle Übergänge zu echten Podsolen beobachten.

Wie aber die erste Bodenbildung am Ende der letzten Eiszeit im mitteleuropäischen Raum ausgesehen hat, ist da nirgendwo konserviert geblieben. Dafür kann man nur Anhalte in Gebieten bekommen, die erst in jüngerer Zeit eisfrei geworden sind. Hochgebirge, wie die Alpen eignen sich da weniger dafür, denn da haben wir es immer mit den typischen Eigenschaften von Gebirgsböden zu tun. Der flache skandinavische Schild und besonders seine Moränengebiete bieten günstigere Möglichkeiten. Auf zwei Reisen, 1937 durch Finnland und 1962 durch Norwegen und Schweden, bis über den Polarkreis, wurde ich

direkt auf dieses Problem gestoßen. Der ersten Bodenbildung sind auf einem eisfrei gewordenen Material 3 Wege offen:

- a. Auf undurchlässigem Material (wozu auch exarierter Fels gehören kann), setzt gleich Naßboden, gewöhnlich Moorbildung ein.
- b. Auf genug dränierendem Material muß (wenn auch nur für kürzere Zeit) ein A C-Profil entstehen (Skelettboden oder Ranker; rendzina- oder schwarzerdeartige Böden).
- c. Auf halbdurchlässigem Material können zunächst alle Bodenbildungen einsetzen, werden aber sehr bald in „staunasse“ Typen (Bruchböden, Pseudogleie usw.) übergehen und dann in sekundäre Moorböden.

## 2. Beobachtungen über junge Bodenbildungen in Skandinavien

### a) Moorbildung

Den ersten Weg (mit primärer Moorbildung) beobachtete ich am Svartisen (Norwegens größten rezenten Gletscher, am Polarkreis). Der zurückgehende Gletscher gibt nackten Fels frei. In flachen, feuchten Dellen wächst direkt auf dem Fels bereits hier und da Wollgras (*Eriophorum vaginatum*) und hat z. T. auch schon eine dünne Lage modrigen Torf geblidet (Abb. 1). Mäßige Meereshöhe mit verhältnismäßig hohen Sommerniederschlägen (naher Golfstrom), häufige Nebel und hohe Luftfeuchtigkeit, sowie geringe Verdunstung (mäßige mittlere Jahrestemperatur) begünstigen das Moornwachstum auf nacktem Fels. So findet man denn auch im nördlichen Skandinavien weit verbreitet Moore, die unmittelbar auf Fels basieren. Ja sogar im südlichen Norwegen fand ich solchen „Felsorf“ in weniger als 250 m NN am Mjösa. Der Torf ist oft nur 20 bis 30 cm mächtig, erreicht aber auch zuweilen über 100 cm. Diese Moore haben mit unseren keinerlei Ähnlichkeit. Zwar suchen auch sie das Gelände auszunivellieren, doch ist ihnen das nur selten gelungen. Meist ziehen sie sich noch „über Berg und Tal“ dahin. Auch ihre Vegetation hat einen anderen Charakter. Wo das Moor noch flachgründig ist, herrscht ein mehr waldartiges Bild. Wo es mächtiger wird, lichtet sich der Wald, verschwindet aber selten ganz (die Baumwurzeln finden in den nahen Felsspalten genug Nährstoffe und auch noch wohl



Abb. 1. Wollgras als Moorpioniervegetation auf gerade vom Eis verlassenem Fels; am Svartisen.

zirkulierendes sauerstoffbeladenes Wasser). Den Wald bilden vornehmlich Birken und Kiefern, z. T. auch Fichten. Sphagnum- und Vacciniumarten stellen die Hauptbodendecke. An lichterem Stellen gesellen sich dazu Wollgras, Zwergbirke (*Betula nana*), arktische Brombeere (*Rubus arcticus*), Zwergwacholder und verschiedene Gräser. Die Moore haben also gleich vom Beginn an mehr den Charakter unserer Übergangs- oder Waldmoore (wenn auch unter anderer Vegetation) und behalten den auch bei. Der Torf ist voluminös, faserig und stark durchwurzelt. Solche „Übermoorungen“ sind aber nicht auf Fels beschränkt.



Abb. 2. Bewaldete Torfdecke überzieht trockenen, oxydierten Moränenbuckel; bei Lillehammer.

Abb. 2 zeigt eine 20 cm starke Decke zersetzten Torfes auf einem Moränenbuckel, mit allseitig bestem Gefälle, bei Lillehammer (180 m NN, ca. 61° Breite). Es ist regelrechter Torf, kein Rohhumus. Teilweise ist unter ihm eine schwache Bleichzone von 1—2 cm entwickelt. Sonst folgt gleich die oben stark eisenschüssige Moräne. Die Hauptvegetation stellt heute ein dichter Birkenwald, dessen Wurzeln im Torf und unmittelbar darunter vorwiegend waagrecht verlaufen. Diese Moorbildung stammt wohl aus der Zeit, als der Seespiegel noch die Kuppe umspülte. Nach Senkung kam es zur Austrocknung und Zersetzung. Die nordischen Moorbildungen dürfen wir sicher nicht auf unsere postglazialen Verhältnisse übertragen. Bei uns setzte die Moorbildung im allgemeinen ja nicht unmittelbar nach dem Eisrückzug ein, sondern nahm erst später ihren Ausgang von verlandenden Depressionen (von Mudden über Flachmoor zum Hochmoor), wobei sie mit dem „Aufwachsen“ auch über sandige Geest hinweggriff. Es fehlte bei uns wohl die genügend große Luftfeuchtigkeit und genügend tiefe mittlere Jahrestemperatur, um auch auf Moränen usw. Moor aufwachsen zu lassen. Natürlich kommen auch in verlandenden Depressionen Skandinaviens ähnliche Moore wie bei uns vor. Sie sind aber gegenüber den typischen „waldmoorähnlichen“ viel seltener. Das ist mit darauf zurückzuführen, daß Verlandungen in unserem Sinn da seltener sind. Infolge der steten Landhebung werden die Depressionen fortwährend erosiv angezapft, so daß Randgebiete (meist mit Geröll, Kies und Sand) trocken fallen.

#### b) Bruchbildungen

Ein anderer Naßboden ist der Bruchwaldboden oder staunasser Waldboden, Stagno- und Pseudogley nach KUBIĚNA (1953) und MÜCKENHAUSEN (1959). Er gehört

sicher zu den primären postglazialen Bodenbildungen auf staunassen Substraten. Bei uns ist er infolge längerer Zeitdauer meist stärker verändert (gebleicht, oft versandet und ausgetrocknet, oder vermoort). In Skandinavien findet man ihn meistens wenig verändert, mosaikartig andere Böden durchsetzend. O. TAMM (1931) beschreibt ihn als „graublauen Sumpfboden“. Unter einem stark humosen (oft rohhumusartigen bis torfigen) A-Horizont von 10 bis 20 cm folgt, scharf abgesetzt, ein graublauer (oft tintig aussehender) gleyartiger G-Horizont. Der ist gewöhnlich nur 5 bis 15 cm mächtig. Ihm folgt gleich der unveränderte Untergrund. An der Oberfläche vom G-Horizont ist fast stets eine Steinsohle entwickelt. Die finden wir aber auch bei uns oft. Sie ist sicher durch Aufrieren in dem staunassen Bodenmaterial, unmittelbar nach dem Eisrückzug (im periglazialen Bereich) entstanden. Ganz anderer Entstehung sind Steinsohlen und -pflaster, die sich noch heute, besonders in schwedisch Lappland (so am Lule-älven) bilden. Bei der stetigen Einschnidung und seitlichen Verlagerung der Flüsse bleiben infolge eluvialer Erosion Steinpflaster liegen. Man findet sie unmittelbar neben dem Fluß, wo sie noch vom Wasser durchströmt und des Feineren beraubt werden, und auch in höheren Niveaus daneben, wo sie längst trocken gefallen sind. Bei durchlässigem Untergrund entstehen dann Podsole daraus. Bei mehr stauendem Untergrund wird die Steinsohle bald von Moder überdeckt und kann sogar vermooren.

TAMM unterscheidet 3 Subtypen dieses „Sumpfbodens“, die auch ich überall gefunden habe. Außer dem eben beschriebenen primären Typ führt er einen anderen an, der 45 bis 100 cm mächtigen Torf entwickelt hat und darin einen eigenen Grundwasserhorizont besitzt. Darunter folgt ein feuchter, aber grundwasserfreier G-Horizont von 30—40 cm mit starken (lebhaft oxydierten) Eisenausscheidungen. Dies ist natürlich schon ein Moorboden, wenn auch eigentümlicher Art, bei dem die Staunässe oder das Grundwasser aus dem G verschwunden ist (ähnlich wie oben beschrieben, bei Lillehammer) und nun sich in dem mächtigen Torf das Wasser staut. Der dritte Subtyp ist auch ein Moorboden, bei dem aber das Grundwasser noch durch den Mineralboden hindurch bis in den A-Horizont reicht. Die Undurchlässigkeit des Torfes, bzw. seines unteren Moders bedingt sogar öfter artesischen Druck. Es ist offenbar, daß die beiden letzten Subtypen sich aus dem primären Typ zu Moorböden entwickelt haben, wie man es auch in Norddeutschland beobachtet. Man findet aber auch in Skandinavien Übergänge vom „graublauen Sumpfboden“ über „Humuspodsol“ zu trockenen Podsolen, wenn auch nicht so häufig wie bei uns.

### c) Steppenbodenartige Bildungen

Die zweite Möglichkeit, daß sich zunächst erst ein AC-Profil bildet, ist auch in Skandinavien häufig zu beobachten. Während bei uns, besonders auf den besseren Substraten, sich zunächst an vielen Orten Steppenböden entwickelten (OSTENDORFF, 1954), sind solche aus Skandinavien bisher nicht bekannt geworden. Um so erstaunter war ich, als ich an einer Stelle in Norwegen, südlich Hamar, bei Verla (über dem Mjösa) einen schwarzerdeartigen Boden fand. Schon äußerlich fiel hier eine ausgedehnte, mehrere qkm umfassende Ackerebene mit üppigen, anspruchsvollen Früchten auf. Dies ist nun auch eine ganz besondere Stelle, ca. 160—200 m NN, im Regenschatten der höchsten norwegischen Gebirge von Jotunheimen und Rondane, bei weniger als 300 mm Niederschlag und bei meist wolkenlosem sonnigen Himmel. Auf der Internationalen Bodenkarte von Europa (H. STREMMER, 1937) ist hier angegeben: „Brauner Waldboden, meist schwach gebleicht, z. T. nicht gebleicht — auf blockreicher Moräne, mit Kalksteinfels in kleinen Flecken und mit Salzbodenflecken“. Mit „Kalksteinflecken“ (Sammelbezeichnung) ist hier wohl gelegentliche Kalkbrockenbeimischung in der Moräne gemeint. Sie stammt aus den silurischen Kalken des Gebirges. Von „Salzbodenflecken“ konnte ich nichts feststellen (treten vielleicht anderwärts punktweise auf). Auch ist nichts darüber gesagt,

um was für Salzboden es sich handelt. Da hier aber auch in der Moräne kambrischer Alaun-schiefer mit verfrachtet sein soll, kann es sich bei der Verwitterung von Auhäufungen solchen Materials wohl um Alaunböden handeln. Zumindest besagen die „Salzflecke“ auch, daß wir es hier mit semiariden Bedingungen zu tun haben (sonst wären sie längst ausgelaugt). — Wenn auch die norwegischen Mitarbeiter (an der Europakarte) sich wohl gescheut haben, hier von Schwarzerde zu sprechen, so war ihnen doch bekannt, daß es sich um einen besonderen Boden handelt. K. O. BJÖRLYKKE (1913) schreibt, daß dieser Boden den volkstümlichen Namen „Svartjord“ (wörtlich: Schwarzerde) hat und daß er als der fruchtbarste Boden Norwegens gilt.



Abb. 3. Aufgegrabener „Svartjord“, ca. 50 cm tief.

Der A-Horizont (Abb. 3) war bei 50 cm noch nicht durchgraben (starke Geschiebeführung in dieser Tiefe und das überall stehende Getreide ließen ein tieferes Graben nicht zu). Der aufgegrabene Teil war geschiebearm (wahrscheinlich durch wiederholtes Absammeln; BJÖRLYKKE spricht denn auch von einem „außerordentlich gepflegten Kulturboden“). Seine Farbe schien im frischen Zustand tiefschwarz zu sein. Nach leichter Antrocknung nahm der Boden einen sehr dunklen, leicht bräunlichen, warmen Schimmer an. Im ganzen machte er den Eindruck einer mächtigen, vorzüglich garen mullartigen Rendzina. Doch waren weder Kalkgeschiebe, noch feinverteilter Kalk festzustellen. Dagegen lag der  $P_H$ -Wert bei 7. Der Wassergehalt betrug nach 5 Wochen (in nicht ganz luftdicht verschlossener Büchse aufbewahrt) noch 20,95%. Der Glühverlust (der absolut trockenen Probe) betrug 8,35%. Den Humusgehalt hätte man höher geschätzt. Tatsächlich wird er auch höher sein, denn die Probe wurde beim Glühen rot wie Rosterde.



Der Boden hat also ziemlichen Eisengehalt. Sicher ist davon ein Teil in Form von Fe-Ionen am Humuskomplex gebunden gewesen, die beim Glühen Sauerstoff aufgenommen haben. Aber jedenfalls ist der Humusgehalt so hoch, wie ihn beste Schwarzerde aufweist — und wesentlich geringer als ihn Moorerden haben. Es kann sich also auf keinen Fall um durch Kultur veränderten moorigen Boden handeln, auch schon der neutralen Reaktion wegen nicht. Dazu ist gerade hier in der Umgebung nirgends Moor zu finden. Auch mit Braunerde (wie sie etwas weiter nördlich vorkommt) hat der Boden nichts zu tun. Es muß sich also bei diesem „Svartjord“ tatsächlich um eine steppenbodenartige Bildung handeln (bei der der ursprüngliche Kalkgehalt von Humus gebunden worden ist). Allenfalls könnte es sich noch um eine vollkommen steppenartig veränderte Braunerde handeln, was ich aber wegen Fehlens von B-Horizontrelikten für unwahrscheinlich halte.

#### d) Skelettböden

In hohen Lagen, über der Baumgrenze, findet man in den Trockengebieten primäre A-C-Skelettböden auf steinig-kiesigen Moränenmaterial. Der Boden ist mit Flechten überzogen, besonders mit der Rentierflechte. Zwergwacholder und Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) sind eingesprengt, seltener Gräser und Seggen. Das nackte Geröll lugt überall durch. Der A-Horizont besteht meist nur aus einer 1—3 cm tiefen, leicht humifizierten Zone, worunter gleich unverwittertes oder oben leicht durch Rost verfärbtes, sonst unverändertes Material folgt. Morphologisch entspricht er weitgehend der Flechtentundra (wenn hier auch der Dauerfrostboden fehlt). Man findet ihn häufig auf den Fjellen, die in den Hochgebirgen etwas eingesenkt liegen und die sich hier durch etwas geringere Niederschläge auszeichnen. Diese Bodenbildung ist im Postglazial sicher viel weiter verbreitet gewesen, auch in tieferen Lagen, sicherlich auch bei uns, wenn heute auch nur noch in Relikten angedeutet. Solche Andeutungen gibt es noch am Isterberg bei Bentheim, in den Dörenther Klippen bei Ibbenbüren. Dann deuten die Steinsohlen des Hümmlings, der Lüneburger Heide usw. das an.

In den gleichen trockenen Fjellen kann man aber auch, unmittelbar neben den „trockenen Flechtenböden“, moorig-sumpfige Flechtenböden (analog der „Moostundra“ der Polargebiete) finden, da wo es sich um undurchlässigen Untergrund handelt. Unter dieser Bedingung genügt die geringe Verdunstung in der Höhenlage, um auch bei geringen Niederschlägen Moor zu bilden. Es wird allerdings auch nur wenige, selten bis 20 oder mehr cm mächtig. Blockwerk ragt überall noch durch. Neben Flechten wird die Vegetation hauptsächlich durch Sphagnaceen gebildet. Eingesprengt sind Zwergbirke (*Betula nana*), Vaccinium- und Weidenarten und spärlich einige Seggen.

#### c) Die skandinavischen Braunerden

In den heutigen Waldgebieten (bis zur Baumgrenze) ist diesen Skelettböden sicher bald Waldboden gefolgt, wohl weniger gleich als Podsol, sondern als die hier schon lange bekannte, besondere „skandinavische Braunerde“ (K. LUNDBLAD 1924; - B. AARNIO 1925; - H. STREMMER 1930a; - V. T. AALTONEN 1948). Sie kommt auf allen Substraten vor, wenn sie sich auch auf lehmiger Moräne am längsten gehalten hat und deshalb da heute am meisten zu finden ist. Sie tritt unter Buchenwald auf (nur in Südschweden), unter Eichen- und Haselmischwäldern (in Mittelschweden und Südfinnland), aber auch unter grasreichen Kiefern-Birkenwäldern. In Schweden und Norwegen reicht sie bis zum 64. Breitengrad und da noch bis 300 m NN, bis nördlich von Östersund und Strömsund — weit nördlicher als Eiche vorkommt. Die Braunerde hat keinen Rohhumus, sondern gewöhnlich einen gut zersetzten Mull von 1 bis wenigen cm. Darunter folgt der vorzüglich gekrümelte, mullartige, gut humose A (gewöhnlich 10—12, selten bis 20 cm) mit oft 6—8% Humus (!). Er ist reich durchwurzelt und belebt. Man geht darüber wie auf einem dicken federnden Teppich. Ganz allmählich, ohne

jede scharfe Grenze geht der A in den schmutzig humusbraunen B über, der sich auch durch ein sehr lockeres, schwammiges bis krümelndes Gefüge auszeichnet. Sein Humusgehalt kann noch einige Prozent betragen. Die Gesamtmächtigkeit des Bodens (bis zum unverwitterten C) geht selten über 40—50 cm (nur im Süden gibt es mächtigere). Gegenüber den mitteleuropäischen Braunerden bemerkt man in den typisch skandinavischen (außer in den Übergangsbereichen zu den Podsolen) keinerlei Bleichhorizont, nicht einmal Bleichflecken oder -körner. Die Verwitterung der Silikate ist im A und B gleich wenig vorgeschritten. Eine Stoffverlagerung ist durch Analysen nur in geringem Umfang nachzuweisen (kaum größer als in Schwarzerden). Der Gehalt an Sesquioxydgenen ist im A und B ziemlich gleich groß und nimmt erst im C merklich ab. Seltener findet man im B leicht erhöhten Eisengehalt, aber kaum Tonverlagerung. Der A unterscheidet sich vom B nur dadurch, daß er schwärzlich ist, humusreicher, lockerer und belebter. Im B übertönt wohl das Eisengehalt die geringere Humusmenge schmutzigbraun. Alle vorliegenden Analysen (oben genannter Autoren) zeigen mit großer Übereinstimmung folgende Bodendynamik:

- a. Freier Kalk (soweit das Ausgangsmaterial überhaupt solchen besaß) ist ausgewaschen bzw. an Humus gebunden worden.
- b. An Silikaten gebundenes Ca, Mg, Na, K zeigen im A und B (gegenüber C) selten keine, meist geringe Abnahme (von 10-20%).
- c. Kieselsäure ist im Oberboden allgemein nur um 1% gegenüber C vermehrt.
- d. Tonerde (insgesamt) ist oft in allen Horizonten gleich. Selten hat A daran ein Defizit (bis 10 und 12%) gegen B oder C. In Gelform ist Tonerde im A und B doppelt und mehrfach angereichert als im C.
- e. Eisen (als  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ist im A (gegen C) gewöhnlich um 5-10%, selten bis 15% verarmt; im B ist es (gegen C) gleich oder leicht erhöht.

Nachfolgend beschreibe ich 3 Profile auf 3 typischen Substraten:

Bei Vitlycke, Schweden, ca. 58,5° Breite, unter Birken-Eichenmischwald mit reicher Gras- und Krautdecke

- A 17 cm grauschwarzer, humusreicher (6,4%), schwach bindender Sand mit Steinen, mullartig, stark durchwurzelt und belebt (pH 5,5)
- B 28 cm fast unmerklicher Übergang in schmutzig braunen, schwach bindigen steinigen Sand (mit noch 1,3% Humus), locker (pH 6); nach unten heller und rostfarbener werdend
- C graue, unverwitterte, geröll- und geschiebereiche sandige Moräne.

Dies Gebiet ist erst vor 8000 bis 8500 Jahren aus dem Meer aufgetaucht. Der Boden kann also nicht älter sein.

Viehweide zwischen Hamar und Ringsaker, Norwegen, bei fast 61° Breite

- A 16 cm schwarzer, stark humoser krümelnder sandiger Lehm, stark durchwurzelt, oben filzig, unten mullartig (pH 6)
- B 34 cm allmählicher Übergang in schmutzig braunen steinig sandigen Lehm, locker-krümelig; nach unten zu mehr lebhaft kräftig braun und polyedrisch werdenden
- C unveränderte graue Moräne (pH 7; Karbonat nicht feststellbar).

Das Alter dieses Bodens muß ähnlich wie das des ersteren sein, da dies Gebiet erst etwa zu gleicher Zeit eisfrei wurde.

Bei Traryd, Smaland, unter Kiefernwald mit Birke, Buche, Fichte, Preiselbeere (*Vaccinium vitis idaea*), Heide (*Calluna vulgaris*) und Gras (Abb. 4)

- A 4-7 cm schwarzer, gut humoser, schwach lehmiger Sand, mit viel Geschiebe, locker-krümelnd, stark durchwurzelt (pH 5)
- B 4-48 cm allmählicher Übergang; von oben nach unten erst schwarzbraun, dann schmutzig braun und unten gelbbraun werdend; locker-schwammartig, feinpolyedrisch, stark durchwurzelt (pH 6)
- C graue geröll- und geschiebereiche Moräne (in die noch Wurzeln gehen).

Sogar hier (unter lockerer Heidegewächsdecke) ist keine Bleichung zu bemerken, obwohl wir dazu gerade hier mit längerer Dauer, mit mindestens 10 000 Jahren rechnen müssen.

Aus allen Profilen (obige sind nur eine Auswahl aus vielen) geht mit Sicherheit hervor, daß es sich um primäre Braunerden, von besonderem Gepräge handelt, die



Abb. 4. Typische schwedische mullartige Braunerde, auf steinig-sandig-lehmiger Moräne; bei Traryd.

unter gras- und krautreichen Wäldern aus dem AC-Skelett sich entwickelten. Dagegen sind die Braunerden in Deutschland meist sekundär aus Schwarzerden und Rendzinen entstanden (H. STREMMER 1930b; E. OSTENDORFF 1954) — oder, soweit sie primär sind, sind sie weitgehend verändert, zu Lessivés (P. KUNDLER 1961, 1962; E. SCHLICHTING 1962), zu Pseudogley usw. (W. KUBIENA 1953; E. MÜCKENHAUSEN 1959) oder gar zu Podsolen (E. OSTENDORFF 1943; G. REUTER 1962). Nur im südlichsten Schweden und auf den dänischen Inseln finden wir ähnliche veränderte alte Braunerden. Wir dürfen deshalb wohl annehmen, daß auch bei uns im Postglazial überall da, wo nicht Schwarzerden und dergleichen (in klimatisch bevorzugter Lage und auf günstigen Substraten) zunächst entstanden, die oben beschriebene mullartige Braunerde der erste Waldboden war. Wir wissen ja auch, daß unsere Heideböden, vornehmlich erst in geschichtlicher Zeit entstanden sind. So war die Lüneburger Heide bis ins Mittelalter mit grasreichen Eichen-Buchenmischwäldern u. ä. bestanden (K. BERTSCH 1952). Sicher herrschte damals schon ein mäßiger Podsol. Bei der Kartierung von Thansen fand ich neben bronze- und eisenzeitlichen Grabhügeln Ortstein, unter diesen aber nur einen leicht eisenschüttigen B-Horizont. Den kann man sich aus einer Braunerde entstanden, gut vorstellen, zumal man an manchen Stellen noch Andeutungen davon findet. Sichere Hinweise dafür findet man in der ostelbischen Jungmoränenlandschaft in den schon erwähnten „zweiphasigen Böden“ (Podsol über Braunerderest; E. OSTENDORFF 1943). Dafür sprechen ferner die neueren Beobachtungen von E. SCHÖNHALS (1957). Er fand in Hochlagen junge lößartige (aber kalkfreie) Bildungen aus der jüngeren Dryaszeit, auf denen ganz ähnliche lockere Braunerden entwickelt sind, wie sie die typischen skandinavischen darstellen. Sie besitzen ein ebensowenig differenziertes Profil wie die skandinavischen, sind ebenso locker und „federnd“ und wurden später auch als „Lockerbraunerden“ bezeichnet. Und diese Böden haben auch ein ganz ähnliches Alter wie die skandinavischen Braunerden.

#### f) Übergang zu Podsolen

Da, wo die Gräser aus den Wäldern mehr verschwinden und einer geschlossenen Decke von Heidegewächsen, Moosen u. ä. Platz machen (und wo auch gleichzeitig die Regenwürmer zurückerzittern), hört die Braunerde auf. Das ist besonders zu beobachten, je weiter





Abb. 5. Flachgründiger Podsol auf sandiger Moräne; Schweden, nahe Polarkreis.

man nach Norden kommt. Doch hat auch hier zunächst wohl überall Braunerde geherrscht, denn wir finden da Übergänge wie folgendes Profil:

Zwischen *Vilhelmina* und *Dorotea*, Schweden, 64° Breite, unter Kiefernwald mit Birke, Fichte, dichter Preiselbeer- und Moosdecke

A<sub>0</sub> 1- 3 cm Rohhumus

A<sub>1</sub> 1- 2 cm schwärzlicher humoser Sand (pH 4)

A<sub>2</sub> 2- 4 cm schwache hellgraufleckige Bleichzone

B<sub>1</sub> 5 cm dichter, aber noch lockerer rostiger Sand mit Geschieben

B<sub>2</sub> 5- 7 cm allmählich in bräunlicheren leicht lehmigen Sand übergehend, locker-polyedrisch

B<sub>3</sub> 5-15 cm schwach rostiger Sand mit Geschieben, geht allmählich in:

C graue schwach lehmig-sandige Moräne.

Offenbar hat, genau wie bei uns, die dichte Heidegewächsdecke (vornehmlich *Vaccinium*arten; weniger *Calluna vulgaris*, die bei uns so wichtig ist) die Podsolidierung forciert. Sie ist sicher sekundär. Aus der nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung wissen wir, daß zunächst lichter Birkenwald bzw. bald ein lichter Birken-Kiefernwald, mit vielen Kräutern und Gräsern herrschte (K. BERTSCH 1952).

#### g) Die Podsole

Von 64° Breite an, nach Norden verschwinden in Schweden auch die letzten gebleichten Braunerden und machen Podsolen Platz, wobei auch gleichzeitig die Profiltiefe abnimmt. Abb. 5 zeigt einen hier typischen Podsol, 24 km südlich *Jokkmo*, Schweden, nahe dem Polarkreis. Die gesamte Profiltiefe (bis C) beträgt nur 30—34 cm. Unter Kiefernwald mit Preiselbeerdecke und Flechten ist ein bis 3 cm starker Rohhumusfilz entstanden. Darunter findet sich eine bis 6 cm starke, deutliche Bleichzone, der ein gleichmäßig rostiger B folgt. Die Rostfärbung verliert sich allmählich gegen C. O. TAMM (1931) beschreibt eine ganze Reihe von Podsolprofilen aus dem nördlichen Schweden, die durchweg dem oben beschriebenen Typ ähnlich sind (nur die oben schon erwähnten feuchten Humuspodsole haben mächtige Rohhumusdecken). Ähnlich wie O. TAMM teilt auch B. FROSTERUS (1914) in Finnland die Waldböden ein. Die „trockenen Podsole“ haben im Mittel:

Rohhumusdecke: geringer als 10 cm (oft nur dünner Filz)

Bleichzone: 2,9-13 cm, grauweiß, unregelmäßig, aber scharf abgesetzt

B-Horizont: 10 -20 cm Rost- oder Orterde, zuweilen rostbraungelb.

Nach den in der Literatur mitgeteilten Profilen ähneln sich die Podsole im Norden von Skandinavien. Das konnte ich auch in vielen Aufgrabungen in allen 3 Ländern (Norwegen, Schweden, Finnland) bestätigt finden, ob auf Moräne oder Terrassensand. Nur auf lehmigerer Moräne sind Rohhumus und Bleichzone gelegentlich markanter. Die unregelmäßige Ausbildung der A/B-Grenze führt O. TAMM auf seitliche Wasserbewegung (bei gefrorenem Untergrund oder unregelmäßiger Stauschicht) zurück, wie es E. SCHLICHTING (1963) neuerdings in den Alpen annimmt. O. TAMM's Untersuchungen zeigen, daß die meisten Minerale (auch in der Bleichzone), selbst Feldspäte wenig zersetzt sind. Im Mittel sind 7,5% der Basen aus dem A fortgeführt. Damit nähern sich diese Podsole, wenigstens in chemischer Hinsicht dem „Kryptopodsol“ und morphologisch dem „Zwergpodsol“ — auch im Flachland, obwohl ihr Alter mit 8000 bis 5000 Jahren angesetzt wird.

Natürlich gibt es auch kräftigere Podsole hier im Norden. Sie sind aber Ausnahme. von O. TAMM (1931) wird in seiner umfangreichen Abhandlung nur ein einziges Profil stärkerer Bleichung erwähnt. Und ich habe auch nur ein einziges Profil eines starken Podsols im Norden zu sehen bekommen (Abb. 6):

Lönsdal/Norwegen, nördlich Polarkreis, ca. 500 m NN, unter lichten Kiefern

A<sub>0</sub> dünner Rohhumusfilz

A<sub>1</sub> 1-3 cm schwärzlich humoser Sand (pH 3,5)

A<sub>2</sub> 20 cm scharf abgesetzter, schneeweißer, ziemlich feiner Sand mit Geschieben, dicht, z. T. staubartig

B 17 cm kräftig rostrote Orterde, teils ortsteinartig; zieht sich taschenförmig, aber scharf abgesetzt in C hinein

C sehr grobes, graues Moränengeröll.

Ob der Podsol des hohen Nordens primär ist (sich unmittelbar aus dem Skelettboden entwickelt hat) oder sekundär, ist hier nicht zu entscheiden (weiter im Süden ist er sicher sekundär). Es ist möglich, daß es in diesen Breiten nie eine Vegetation gab, die Braunerde begünstigte (Graswälder) und wie es sie im Postglazial gleich bei uns gab und im südlichen Skandinavien z. T. noch gibt. Im Norden entstand wahrscheinlich gleich eine Decke aus Flechten, Moosen und Beersträuchern, die eine, wenn auch langsame und schwache, Podsolierung begünstigten, wie man es auch heute noch auf den Fjellen beobachten kann.

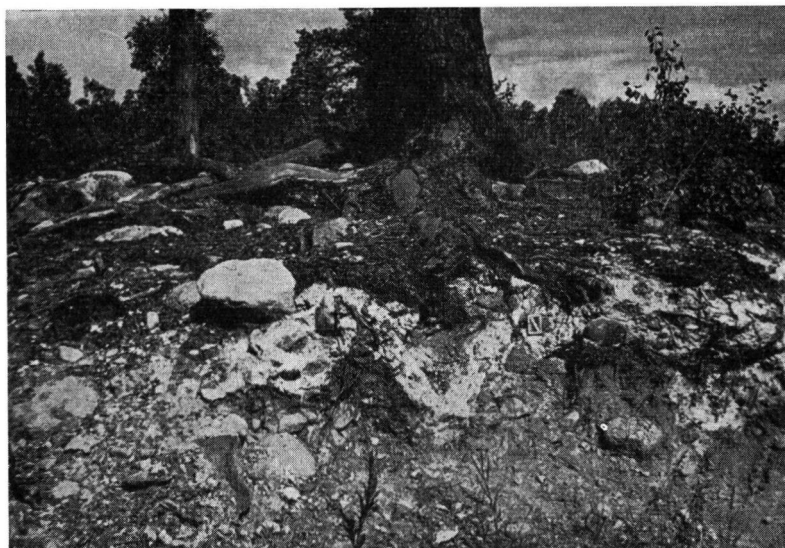


Abb. 6. Stark gebleichter Podsol (mit schneeweißem A<sub>2</sub> und mit geringem B) auf steiniger Moräne; nördlich des Polarkreises.

## h. Beziehungen der Pflanzen zum Boden in Skandinavien

Welchen Einfluß die Vegetation auf den Boden hat, ersieht man schon daraus, daß in allen skandinavischen Ländern (einschließlich Dänemark) die Waldböden auch nach ihren charakteristischen Pflanzen eingeteilt werden. Als Beispiel wähle ich die finnische (A. K. CAJANDER, 1921). Es werden 3 Gruppen von Waldtypen unterschieden:

- a. Hainwälder (6 Typen), vorherrschend Laubbäume, dann Fichte, Bodendecke: Gräser, Kräuter; vorherrschende Böden: Braunerde, degradierte Braunerde und Bruchwaldböden.
- b. Frische Wälder (4 Typen), vorherrschend Fichte (mit Birke und Kiefer), Bodendecke: Heidel- und Preiselbeere, viel Moos; herrschender Boden: Tiefgründiger Podsol (oft mit mäßiger Staunässe) und Humuspodsole.
- c. Heidewälder, trockene Kiefernwälder (mit Birke und Fichte; Böden: Flachgründige, trockene Podsole, mit geringem Rohhumus; mit folgenden Typen:
  1. Vacciniumtyp, *Vaccinium vitis idaea* herrschend (mit etwas Myrtillus; ist deshalb Übergang zum „Myrtillustyp“, des letzten Typs voriger Gruppe). Ich selbst fand in Finnland in diesem Typ, wenigstens im Untergrund stets eine stauende Schliere.
  2. Empetrum-Myrtillustyp, mit *Empetrum nigrum* und *Myrtillus nigra*; untergrundstrocken; kommt in höheren Breiten vor.
  3. Callunatyp, herrschend: *Calluna vulgaris* (mit Moosen und Flechten), sehr trockener Boden, besonders in mittleren Breiten auf Terrassenschottern u. ä.
  4. Myrtillus-Cladoniatyp, sehr flachgründige und trockene Standorte, besonders im Norden, zuweilen auch im Süden.
  5. Cladoniatyp, sehr lichte Kiefernwälder (z. T. mit Birke) mit dichter Flechtendecke (besonders Rentierflechte), sehr flachgründige und trockene, felsskelettreiche Standorte, aber auch auf reinen Sanden.

Mit der Gruppe der „Heidewälder“ sind wir in das Gebiet der primären Podsole des Nordens gekommen. Besonders mit den letzten beiden Typen kommen wir gewöhnlich an die Baumgrenze. Der Wald verschwindet, wofür Zwergwacholder und Krähenbeere einspringen, oder Flechten herrschen fast ausschließlich. Ein Bodenprofil ist zunächst noch schwach angedeutet, im Sinne eines Podsol, dann geht es meist unmerklich in die oben beschriebenen AC-Skelettböden, das erste postglaziale Stadium der höheren Breiten über. Man ersieht auch daraus, daß hier die Podsole sicher primär sind.

### Schrifttum

- AALTONEN, V. T.: Boden und Wald. - Berlin 1948.
- AARNIO, B.: Braunerde in Fennoskandia. - Mitt. internat. bodenkundl. Ges., N. F., 1, 1925.
- BERTSCH, K.: Geschichte der deutschen Wälder. - Jena 1952.
- BJÖRLYKKE, K. O.: Norges kvartærgeologi. - Norges Geologiske Undersøkelse, Nr. 65, Kristiania 1913.
- CAJANDER, A. K. & Y. ILVESSALO: Über Waldtypen. II. - Acta forest. fam., Helsingfors 1921.
- FROSTERUS, B.: Zur Frage nach der Einteilung der Böden des finnländischen Moränengebietes. - Helsingfors 1914.
- KUBIĚNA, W.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. - Stuttgart 1953.
- KUNDLER, P.: Lessivés (Parabraunerden, Fahlerden) aus Geschiebemergel der Würmeiszeit im norddeutschen Tiefland. - Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde, 95, 1961 zitiert: EHWALD). - - Berücksichtigung der Übergänge zwischen den Braunerden und Podsolen in der Bodensystematik. - Ebenda, 96, 1962 (zitiert: EHWALD).
- LUNDBLAD, K.: Ett bidrag till kännedomen om brunjords - eller mulljordstypens egenskaper och degeneration i södra Sverige. - Meddel. Stat. Skogsförsöksanstalt, häfte 21, Nr. 1, Stockholm 1924.
- MÜCKENHAUSEN, E.: Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland. - Frankfurt 1959.
- OSTENDORFF, E.: Sammlung von 24 Bodenbildern aus verschiedenen deutschen Gauen. - Schri. d. Landesk. Forschungsst. Danzig. Reihe III, 2, 1943. - - Fossile Schwarzerden und Waldböden in Südwestdeutschland und ihre Bedeutung für die Diluvialgeschichte. - Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde, 65, 1954. - - Die Böden der Schwäbischen Alb. - Beitr. f. Jahrbücher f. Statist. u. Landeskunde von Baden-Württemb., 1964.

- REUTER, G.: Lessivé-Braunerde-Interferenzen auf Geschiebemergel. - Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde, 98, Heft 3, 1962. (Abb. 2).
- SCHLICHTING, E. & P. BLUME: Art und Ausmaß der Veränderungen des Bestandes mobiler Oxyde in Böden auf jungpleistozänem Geschiebemergel und ihren Horizonten. - Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde, 96, 1962.
- SCHLICHTING, E.: Zur Deutung von „Ortstein“-Böden im subarktisch-alpinen Gebiet. - Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde, 100, 1963.
- SCHÖNHALS, E.: Spätglaziale äolische Ablagerungen in einigen Mittelgebirgen Hessens. - Z. Eiszeitalter u. Gegenwart, 8, 1957.
- STREMME, H.: Die Braunerden. - Hb. d. Bodenlehre, 3, Berlin 1930(a). - - Degradierete Böden. - Ebenda, 3, 1930(b). - - Die Böden Deutschlands. - Ebenda, 5, 1930(c). - - Bodenkarte des Deutschen Reiches. - Petermanns Geograph. Mitt., Ergä.heft 226, Gotha 1936. - - Internationale Bodenkarte von Europa. - Danzig-Berlin 1937.
- TAMM, O.: Studier över jordmaonstyper och deras förhaollande till markens hydrologi i nord-svenska skogsterränger. - Meddelanden fraon Statens Skogsförsöksanstalt, häfte 26, Nr. 2, Stockholm 1931 (dort weitere Literatur).
- WOLDSTEDT, P.: Das Eiszeitalter, Grundlinien einer Geologie des Quartärs, Stuttgart 1958.

Manusk. eingeg. 19. 11. 1963.

Anschrift des Verf.: Prof. Dr. E. Ostendorff, 7 Stuttgart, Böblinger Straße 72.