

Erkennung und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Locker- und Festgesteinen*)

von Dieter ORTLAM, Bremen **)

Mit 8 Abbildungen

Zusammenfassung

Im Vergleich mit rezenten Böden lassen sich für fossile Böden eine Vielzahl von Erkennungsmerkmalen feststellen, die im Aufschluß und in Bohrungen beobachtet werden können. Diese Erkennungsmerkmale geben Hinweise für die Autochthonie und die Genese eines fossilen Bodens. Die meisten Erkennungsmerkmale lassen sich in allen diagenetischen Zuständen vom Lockergestein bis zum geschieferten Festgestein (Unter-Devon) beobachten. Der bisher älteste fossile Boden wurde an der Grenze Unter-/Mittel-Devon (Hobräcker Schichten des Ebbesattels, Rheinisches Schiefergebirge) nachgewiesen. Die Bedeutung der fossilen Böden als Zeitmarken, Faziesanzeiger, zur Herstellung von Strukturkarten und für die Exploration von Rohstoffen (Grundwasser, Erze und Kohlenwasserstoffen) wird aufgezeigt.

Abstract

In comparison with recent soils many typical traits of recognition for paleosols can be observed in outcrops and in boreholes. These typical traits of recognition are indicative of the autochthony and the genesis of a paleosol. Most of these traits of recognition can be observed in all diagenetic situations from unconsolidated rock to foliated consolidated rock (Lower Devonian). The hitherto oldest paleosol has been found at the boundary Lower/Middle Devonian (Hobräcker layers of the Ebbe uplift in the Rhenish Foliated Mountains). The significance of the fossil layers as period markers, indicators of the facies, for the construction of structure maps and for the exploration for natural resources (groundwater, ores, and hydrocarbons) is discussed.

Résumé

Dans les affleurements et sondages, de nombreux traits spécifiques permettent de reconnaître des paléosols par comparaison avec des sols récents. Ces traits spécifiques donnent des indications sur l'autochthonie et la genèse d'un paléosol. La plupart d'entre eux se laissent observer dans toutes les formes et la diagenèse, depuis les roches friables jusqu'aux roches consolidées et schisteuses. Le paléosol le plus ancien observé jusqu'aujourd'hui a été trouvé à la limite du Dévonien inférieur/moyen (Schistes de Hobräck de l'anticlinal d'Ebbe, dans le Massif schisteux rhénan). L'importance des paléosols est montrée, comme indicateur du temps et du facies pour la construction des cartes structurales et pour l'exploration des ressources naturelles (eau souterraine, minerais et hydrocarbonés).

Краткое содержание

Фоссильные почвы обладают по сравнению с современными почвами большим числом характерных черт, которые отмечают, как в обнажениях, так и при бурении скважин. По этим особенностям можно установить, что эти почвы

*) Fassung eines am 24. 2. 1979 auf der 69. Tagung der Geologischen Vereinigung in Heidelberg gehaltenen Vortrages.

**) Anschrift des Verfassers: Dr. D. ORTLAM, Außenstelle Bremen des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung, D 2800 Bremen 1, Werderstr. 101.

автохтонного происхождения. Большую часть этих характерных черт удастся установить при всех степенях диагенетических преобразований от разрыхления пород до расщепления твердых пород (нижний девон). Наиболее древняя до сих пор фоссильная почва установлена на границе нижнего/среднего девона (Hobräcker Schichten des Ebbesattels Рейнские сланцевые горы). Подчеркивается значение таких фоссильных почв, как „путевых столбов“ и характеристик фация, при составлении карты структур и при разведке на полезные ископаемые (грунтовые воды, руды и углеводороды).

Bei der Untersuchung und Korrelierung von Gesteinskomplexen ist das Augenmerk des Geowissenschaftlers überwiegend auf litho- und biofazielle Inhalte ausgerichtet. Solange die Gesteinsserien im aquatischen Bereich zur Ablagerung gelangten, genügt im großen und ganzen diese Betrachtungsweise, um stratigraphische, tektonische, paläogeographische und -klimatische Erkenntnisse daraus ableiten zu können.

Bei kontinentalen Gesteinsserien fehlt oft der Fossilinhalt, so daß zwangsläufig lithostratigraphische Methoden eingesetzt werden müssen, um eine Korrelierung der Einheiten herbeizuführen. Erschwerend wirkt sich dabei aus, daß die Reichweite der verschiedenen Gesteinseinheiten sehr unterschiedlich ist. Die Zahl markanter und gut erkennbarer Schichteinheiten nimmt mit zunehmender Reichweite stetig ab. Reichweiten über 500 km bilden daher die Ausnahme, wobei es oft schwierig ist, die Zeitgleichheit einer Sedimenteinheit nachzuweisen. Fossile Bodenkomplexe erleichtern — als Ergänzung zu lithostratigraphischen Überlegungen — eine Korrelierung verschiedener lithologischer Einheiten. Das größte Problem ist jedoch das Erkennen von fossilen Bodenkomplexen im Aufschluß, in der Bohrung und bei der Kartierung im Gelände. Grundsätzlich ist damit zu rechnen, daß ab Unter-Devon mit der Bildung von fossilen Böden zu rechnen ist, da zu diesem Zeitpunkt eine bedeutende Flora zum ersten Mal das Land besiedelte.

Um nun einen fossilen Boden als solchen erkennen zu können, sucht man den direkten aktuellen Vergleich mit rezenten Böden und deren Aufbau (Abb. 1). Die rezenten Böden können wir in Anlehnung an KUBIĚNA (1953) nach ihrem Profil-aufbau klassifizieren:

1. Der A - H o r i z o n t ist ein Humushorizont, der sich durch dichteste Organismenbesiedelung und stärkste Anreicherung von organischen Substanzen auszeichnet.
2. Der B - H o r i z o n t ist ein Anreicherungs-Horizont (z. B. von Eisen-Mangan, Karbonaten, Sulfaten und Silikaten).
3. Der G - H o r i z o n t ist ein Gley-Horizont, der überwiegend in Unterwasser- und Grundwasserböden auftritt und typisch graue, graublau, blaue, grau-grüne und olivgrüne Farbabstufungen aufweist.
4. Der C - H o r i z o n t ist das unverwitterte oder wenig veränderte Ausgangsgestein, auf dem sich die Böden unter verschiedenen klimatischen, chemisch-physikalischen und biologischen Bedingungen ausbilden können.

Die Obergrenze des A-Horizontes gegen die Atmosphäre ist bei rezenten Böden im flachen Gelände eben ausgebildet. Im Gegensatz dazu ist die Begrenzung zwischen A- und C-Horizont bzw. B- und C-Horizont sehr undeutlich und sägezahnförmig ausgestaltet.

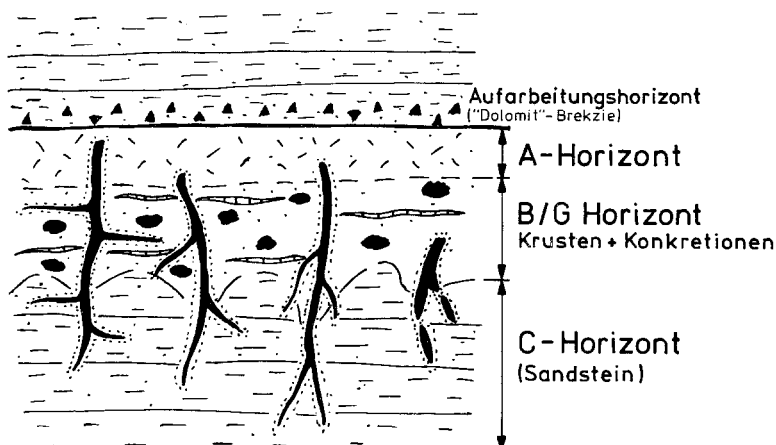


Abb. 1. Aufbau eines rezenten (ohne Überdeckung!) und eines fossilen Bodens mit A-B/G-C-Profil.

Durch das Eindringen von Wurzeln in den C-Horizont wird die Hubweite dieser sägezahnartigen Grenze immer ausgeprägter. Die A-, B- und G-Horizonte rezenter Böden besitzen im allgemeinen ein anderes Farbenspektrum als dasjenige des Ausgangsgesteins im C-Horizont.

Diese Gegebenheiten lassen sich ohne weiteres auf fossile Böden übertragen, um ihre Genese und Autochthone erkennen und nachweisen zu können. Dabei wären folgende Schritte im einzelnen zu unternehmen bzw. Tatbestände zu beobachten (Abb. 1):

1. Beobachtung einer relativ geringmächtigen Schichteinheit mit großer horizontaler Erstreckung.

2. Beobachtung, daß sich die Farben dieser Schicht deutlich von denjenigen im liegenden und im hangenden Gestein unterscheiden und marmoriertes Aussehen zeigen.

3. Beobachtung, ob die Farbintensität innerhalb dieser Schicht von unten nach oben (vom älteren zum jüngeren) zunimmt.

4. Beobachtung, ob diese Schicht eine scharf gezogene Obergrenze und eine undeutlich und sägezahnartig ausgebildete Untergrenze besitzt. Letzteres wäre in ausgeprägter Form als Nachweis der Autochthone eines fossilen Bodens anzuführen.

5. Beobachtung, ob die Gefügelosigkeit innerhalb der Schicht von unten nach oben zunimmt. Marmoriertes Aussehen ist dabei ein typisches Erscheinungsbild.

6. Beobachtung, ob im unteren Teil der Schicht ein Anreicherungshorizont (B-Horizont) ausgebildet ist. Folgende Anreicherungen lassen sich u. a. nachweisen:

Krusten und Konkretionen von Karbonaten, Sulfaten und Silikaten; Kondensation von Metallen (Fe, Mn, Ti, Cu, Cr, Zr, Ni, U etc.). Wurden die Krusten und Konkretionen im sedimentären Verband ausgeschieden, so lassen sie sich als Nachweis für die Autochthone eines fossilen Bodens benutzen.

7. Beobachtungen zur Neubildung von Brookit, Anatas und Doppelkopfquarzen und anderen authigenen Mineralen im A-/B-Horizont.

8. Beobachtung von verzweigten Wurzelröhren, die vom A-Horizont über den B-Horizont bis tief in den C-Horizont hinabreichen. Typisch für das Erkennen von Wurzelröhren sind folgende Merkmale (Abb. 2):

Dichotome oder rechtwinklige Verzweigung, kontinuierliche Abnahme des Wurzelquerschnitts von oben nach unten, Erkennen eines zentralen Wurzelkanals im Profil und in der Aufsicht, Ummantelung des zentralen Wurzelkanals durch eine Reduktionszone, deren Farben (graublau, blau, grün, violett) sich deutlich von den Farben des umgebenden Gesteins abheben, Ummantelung des zentralen Wurzelkanals durch Osteokolle.

Pflanzliche Substanz läßt sich u. U. im zentralen Wurzelkanal, an der Oberfläche des fossilen Bodens in Form von pflanzlichen Fossilien (Baumstämme, Äste, Zweige, Blätter, Nadeln) und im A-Horizont durch Opalphytolithen — bei Be-

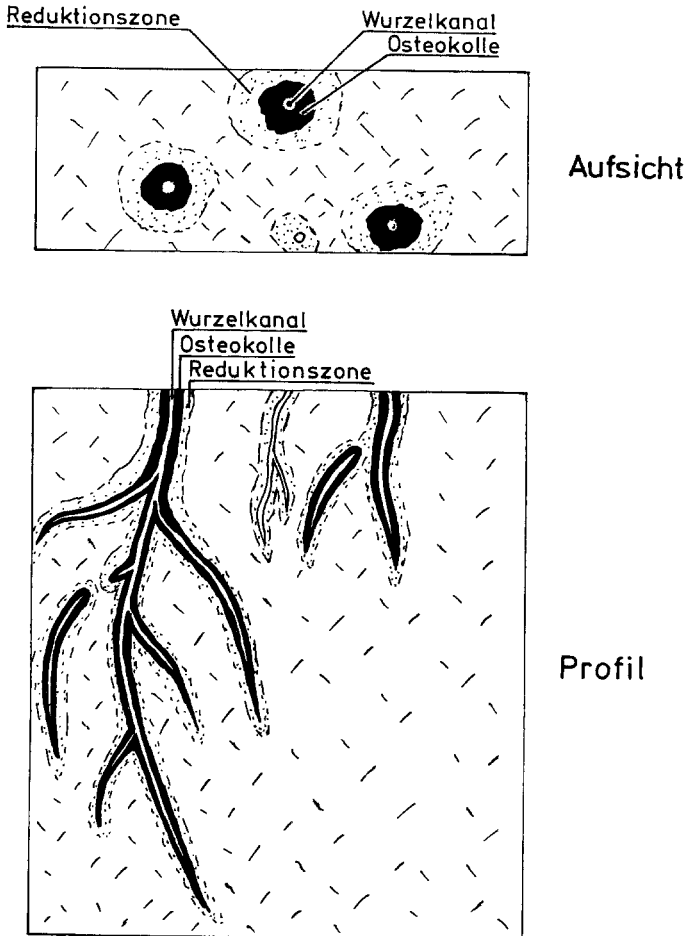


Abb. 2. Details von rezenten und fossilen Wurzelröhren im Profil und in der Aufsicht.

wuchs mit Equisetiten — sowie Pollen und Sporen nachweisen. Der Nachweis von Wurzelröhren dient als weiterer Beweis für die Autochthonie eines fossilen Bodens.

9. Beobachtung von bodenkundlichen A-B-C-, A-(B)-C-, A-G-C- und A-C-Profilen, die ebenfalls als Nachweis für eine Autochthonie gelten können.

10. Beobachtung, ob sich die Mineralzusammensetzung vom C-Horizont zum G-/B-/A-Horizont entscheidend ändert: u. a. Verwitterung der Feldspäte, der Quarze und der Schwerminerale, verstärkte Tonmineralbildung und verstärkte Neubildung von Mineralen im A-/B-/G-Horizont.

11. Beobachtung von stark korrodierten Mineraloberflächen im A-/B-/G-Horizont, hervorgerufen durch mehr oder weniger intensive Verwitterung während der Bodenbildung, im Gegensatz zu den nicht korrodierten Mineraloberflächen aus dem C-Horizont.

12. Bodenchemische und -physikalische Hinweise zur genetischen Deutung, wobei diagenetische Prozesse im Laufe der Erdgeschichte eine Deutung u. U. empfindlich stören können.

Es ist verständlich, daß zum Nachweis eines fossilen Bodens nicht alle 12 Punkte erfüllt sein müssen. Aber man sollte sich nicht auf zu wenige Punkte beschränken, um den exakten Nachweis für die Genese und Autochthonie eines fossilen Bodens zu führen. Unabdingbar ist meines Erachtens der Nachweis von Wurzelröhren, von Gefügelosigkeit (Marmorierung), von einer scharfen Ober- und einer undeutlichen Untergrenze sowie von anderen Farbabstufungen als das umgebende Gestein.

Bisher lassen sich in folgenden Formationen von Mitteleuropa auf diese Weise fossile Böden nachweisen:

Quartär

Fossile Böden im Löß (Oberrheingraben, BRONGER 1970, Niederrheinische Bucht, BRUNNACKER 1967) und in interglazialen und -stadialen Ablagerungen von Norddeutschland (DÜCKER 1967, ROESCHMANN 1975). Diese fossilen Böden sind jedoch bei makroskopischer Betrachtung weniger ausgeprägt als die Böden in älteren Erdformationen. Dies mag vor allem am kühleren Klima und den häufigeren Umlagerungserscheinungen gelegen haben. Einen Überblick zur Untersuchungsmethodik fossiler Sandböden des Pleistozäns gibt ROESCHMANN (1975).

Tertiär

Fossile Böden sind vor allem im Bereich der Hessischen Senke anzutreffen. Zahlreiche fossile Böden, die überwiegend violette und graublauere Farben aufweisen, sind in der Wetterau (Münzenberger Blättersandstein) und in Nordhessen (Schwabensrod: RITZKOWSKI 1973, Remsfeld: HIEKE 1966 und Borken: RITZKOWSKI 1977) im höheren Eozän und tieferen Oligozän enthalten. Sie wurden unter subtropischem Klima gebildet.

Keuper

In Oberfranken (ORTLAM 1974 a) und im Morvan (Frankreich) lassen sich zahlreiche fossile Böden ebenfalls mit violetten bis graublauen Farben nachweisen. Die Durchwurzelung der Böden — mit einem zentralen Wurzelkanal und einer

hellen Reduktionszone — ist besonders ausgeprägt. Die klimatischen Bedingungen schwanken zwischen subtropisch bis semiarid.

Buntsandstein

Die zahlreichen fossilen Böden (VH 1 bis VH 6) des Buntsandsteins (Abb. 7) sind in mehreren Publikationen beschrieben und abgebildet worden (ORTLAM 1967, 1974 a). Sie erreichen große horizontale Erstreckungen (z. T. über 1000 km). Die klimatischen Verhältnisse variieren zwischen subtropisch bis semiarid. Auch hier überwiegen violette und graublau Farben, deren Primärentstehung durch folgende Beobachtung nachgewiesen werden kann:

Über den graublauen fossilen Böden läßt sich aufgearbeitetes Bodenmaterial in Form von eckigen, graublauen Geröllen (intraformationale Gerölle) feststellen (Aufarbeitungshorizont in Abb. 1).

Perm

An der Oberfläche des Oberrotliegenden befindet sich ein fossiler Boden (ORTLAM 1974 a), der Violette Horizont 0 (VH 0), der sich ebenfalls durch violette und graublau Farben sowie durch große horizontale Erstreckung auszeichnet. Die klimatischen Bedingungen lassen sich als semiarid einstufen.

Karbon

Die fossilen Wurzelböden unter den Kohleflözen des Oberkarbons sind hinreichend bekannt. Ihr genereller Aufbau geht aus Abb. 3 hervor. Es liegt nahe, das abschließende Kohleflöz als A-Horizont des fossilen Wurzelbodens aufzufassen, wobei der ganze Komplex unter subhydrischen Bedingungen in subtropisch bis tropischem Klima gebildet wurde.

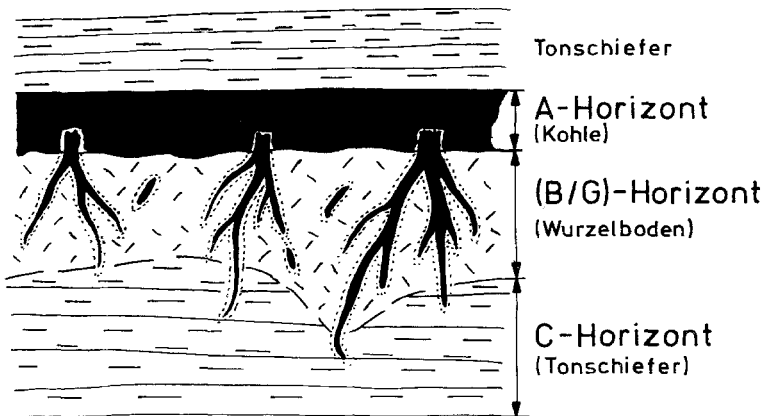


Abb. 3. Schematischer Aufbau eines Wurzelbodens im Karbon.

Devon

In den Lenneschiefern (Ob. Mittel-Devon) der Bohrung Schwarzbachtal 1 (bei Düsseldorf) gelang in mehreren Niveaus der Nachweis von fossilen Böden (Abb. 4 u. 5). Dabei waren das Vorhandensein von verzweigten Wurzelröhren (zentraler Wurzelkanal), einer Reduktionszone, von oben nach unten abnehmendem Wurzelquerschnitt, von Gefügelosigkeit (Marmorierung), von scharfer Ober- und undeutlicher Untergrenze sowie von violetten bis grünen Farben von entscheidender Bedeutung. Die Lenneschieferfazies muß daher als Küstenfazies mit stark kontinentaler Überprägung angesehen werden.

Die ältesten bisher bekannten fossilen Böden stammen jedoch aus den Hobräcker Schichten (Grenze Unter-/Mittel-Devon) von Kernbohrungen im Bereich der Dhünntalsperre (Ebbe-Sattel, Rheinisches Schiefergebirge). Der geologische Aufbau und die Genese dieser Schichten wurden bereits von KAISER, PAPROTH & STADLER (1978) beschrieben. Auch hier fanden sich Anzeichen für einen fossilen autochthonen Boden (Abb. 6) in Form von Wurzelröhren, Gefügelosigkeit, scharfer Ober- und undeutlicher Untergrenze. Die Länge der Wurzeln bewegt sich im Unter-/Mittel-Devon zwischen 0 und 20 cm. Ihr Querschnitt und ihre Länge sind



Abb. 4. Fossiler Boden mit Gefügelosigkeit, verzweigter Wurzelröhre, zentralem Wurzelkanal, heller Reduktionszone und abnehmendem Wurzelquerschnitt. Lenne-Schiefer (Ob. Mittel-Devon), Bohrung Schwarzbachtal 1 bei Düsseldorf, Kern aus 510,2 m Tiefe.

Aufsätze



Abb. 5. Fossiler Boden mit Gefügelosigkeit (Marmorierung) und zahlreichen Wurzelröhren, Lenne-Schiefer (Ob. Mittel-Devon), Bohrung Schwarzbachtal 1 bei Düsseldorf, Kern aus 249,3—249,7 m Tiefe.

gering — im Gegensatz zu den z. T. meterlangen Wurzeln in fossilen Böden jüngerer Erdformationen.

Dies entspricht durchaus der Entwicklungsstufe der Landpflanzen im Unter-/Mittel-Devon, die kürzere Wurzeln erwarten lassen. Daraus folgt, daß die Mächtigkeit devonischer Böden deutlich geringer sein wird als jene in jüngeren Erdformationen. Ähnliche Untersuchungsergebnisse werden in jüngster Zeit von McPHERSON (1979) aus dem Ober-Devon von Süd-Viktoria-Land (Antarktis) beschrieben. Dort liegen bereits Wurzelröhren bis 1,5 m Länge vor.

Die Bedeutung fossiler Böden im Bereich der Geowissenschaften ist recht vielschichtig:

1. Die Oberflächen von fossilen Böden eignen sich vorzüglich als stratigraphische Leitmarken in kontinentalen Serien. Ihre flächenhafte Verbreitung ist groß und erstreckt sich in Einzelfällen (z. B. VH 2 an der Grenze Mittlerer/Oberer Buntsandstein) über eine Entfernung von mehr als 1000 km (ORTLAM 1974 a).

2. Der Inhalt fossiler Böden ergibt eine Vielzahl von Hinweisen auf paläoklimatische Daten. Die oft zu beobachtenden graublauen bis violetten Farben, die als primär anzusehen sind, deuten auf gleyartige Verhältnisse bei der Entstehung von fossilen Böden hin. Diese gleyartigen Bedingungen dürften durch relativ

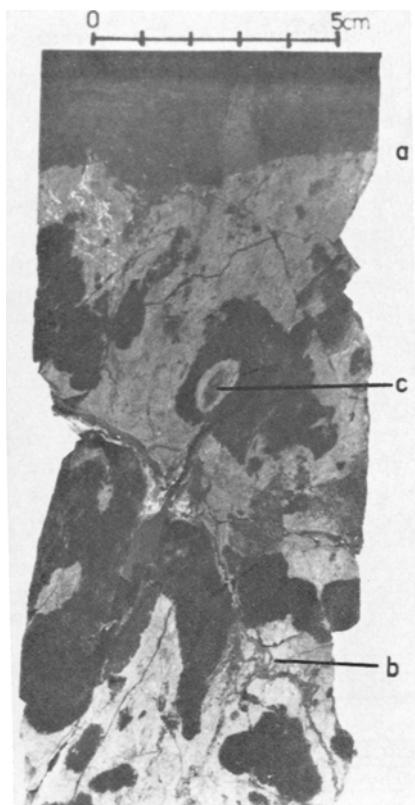


Abb. 6. Fossiler Boden mit scharfer Obergrenze (a), Gefügelosigkeit (Marmorierung), verzweigten Wurzelröhren (b), mit zentralem Wurzelkanal (c), heller Reduktionszone und abnehmendem Wurzelquerschnitt. Hobracker Schichten (Unter/Mittel-Devon), Ebbe-Sattel, Bohrung 3 Gr. Dhünntalsperre, Kern aus 97,6—97,8 m Tiefe.

hohe Grundwasserstände (ORTLAM 1968) verursacht worden sein, die im Zuge einer extrem flachen und ingressionsbereiten Küstenlandschaft entstanden sind. Geringste Senkungen dieser nur wenige Meter über dem Meeresspiegel herausragenden Landschaft genügen, um eine großflächige und relativ schnelle Ingression des Meeres herbeizuführen. Es ist daher nicht verwunderlich, daß gelegentlich über fossilen Böden geringmächtige Meeresablagerungen vorhanden sind, die aber alsbald von kontinentalen Schichten überlagert werden. Beispiele dieser Art sind die *Corophioides*-Bank über dem Violetten Horizont 4 (Oberer Buntsandstein, Süddeutschland, ORTLAM 1974 a) und die paralisch gebildeten Kohleflöze über den Wurzelböden des Oberkarbons (Ruhrgebiet, Abb. 3).

Die relativ schnellen In- und Regressionen über fossilen Böden in einer flachen Küstenlandschaft ergeben keine wesentlichen Zeitdifferenzen bei der stratigraphischen Korrelierung der Oberflächen fossiler Böden. Liegen die fossilen Böden dagegen auf einer stärker morphologisch geprägten Landschaft vor, so hinterlassen

In- und Regressionen in der Regel aufgearbeitete oder total umgelagerte Böden, die kaum mehr als solche zu erkennen sind. Diese Vorgänge lassen sich vor allem im Bereich von Schwellengebieten aufzeigen.

3. Aufgrund der geringen Mächtigkeit (in der Regel 1 m bis 3 m) und der z. T. guten Kartierbarkeit (Ausbildung eines Geländeknicks und von Vernässungszonen) ergeben sich ausgezeichnete Möglichkeiten, die Tektonik und die räumliche Anordnung einzelner Schichtserien (Streichkurvenkarte) bis ins Detail (Fehler unter 10 m) darzustellen (ORTLAM 1970). Dabei lassen sich Strukturen bis in den Bereich der Moho-Diskontinuität nachweisen (ORTLAM 1974 b).

4. Fossile Böden besitzen durch ihren genetischen Werdegang im allgemeinen erhöhte Gehalte an Ton-/Schluffbestandteilen. Die Kluftbildung setzt daher im Bereich der fossilen Böden (z. B. aus Perm-Trias) aus, so daß sie als Grundwasser-nichtleiter und als Grundwassersohle eines darüberliegenden Grundwasserleiters fungieren. Viele Schichtquellen mit z. T. erheblichen Quellschüttungen sind auf diesen Niveaus in Perm und Trias angesiedelt (Abb. 7). Grundwasserexploration läßt sich auch mit Hilfe einer Streichkurvenkarte betreiben, die auf der Kartierung eines großflächig verbreiteten fossilen Bodens basiert (ORTLAM 1971). Die fossilen Böden können aber nicht nur als Sperrschichten für flüssige Stoffe (u. a. Grundwasser und Erdöl) gelten, sondern auch für Gase ziemlich undurchlässig sein, wie

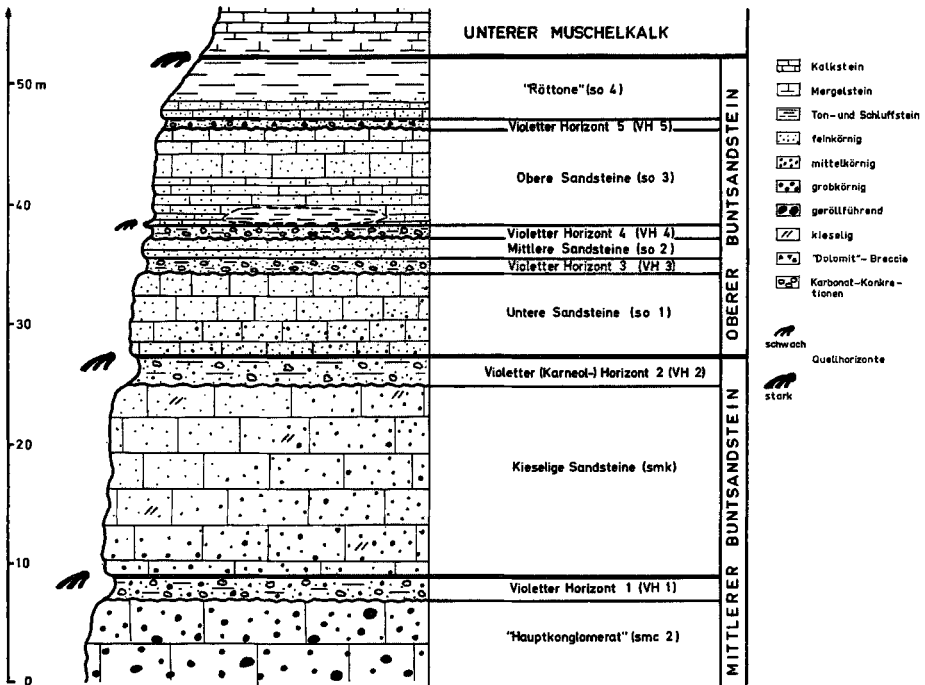


Abb. 7: Schichtquellhorizonte im höheren Buntsandstein Süddeutschlands (ORTLAM 1971).

dies im Kohlendioxid-Gewinnungsgebiet am oberen Neckar (Grenzbereich Mittlerer/Oberer Buntsandstein zwischen Tübingen und Horb) festgestellt werden kann. Somit ergeben sich für die Exploration von flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen in Speichergesteinen kontinentaler Genese und dem Vorliegen von fossilen Böden in Strukturanordnung interessante Aspekte.

5. Fossile Böden sind Faziesanzeiger für kontinentale Serien, in denen es zu einem längeren Sedimentationsstillstand gekommen ist. Relativ flache Gelände-verhältnisse waren die Voraussetzung, daß eine nachfolgende Erosion der fossilen Böden nicht stattfinden konnte. Bei Kohlenwasserstoffexplorationen ist eine Aussage über das Vorhandensein rein kontinentaler Serien von Bedeutung, da in diesen Bereichen mit Kohlenwasserstoff-Muttergesteinen kaum gerechnet werden kann. Gelangen die fossilen Böden jedoch durch Meerwasseringression in den parasilischen Bereich, so kann es zur Entstehung von Kohlelagerstätten kommen, die wiederum für die Erdgas-Exploration von Bedeutung sind.

6. Fossile Böden sind Kondensationshorizonte mit z. T. erheblichen Zeitinhalten. In den fossilen Böden kann es daher zu recht beträchtlichen Anreicherungen von Erzen unterschiedlicher Provenienz kommen. Anreicherungen von folgenden Elementen sind bereits beobachtet worden: Fe, Mn, Ti, Cu, Cr, Zr, Ni, U. Einige Lagerstättenbeispiele, die nur bei Überdeckung als fossile Böden zu bezeichnen sind und deren Bildungsbeginn z. T. ins Tertiär zurückreicht, seien hier erwähnt: Garnierit-Lagerstätten (Typ Neu-Kaledonien), Bauxit-Lagerstätten. Die Bildung der Mangan-Knollen-Felder der Tiefsee zeigt erstaunliche Parallelen mit pedologischen Prozessen in fossilen Böden. In beiden Fällen wurden und werden Man-

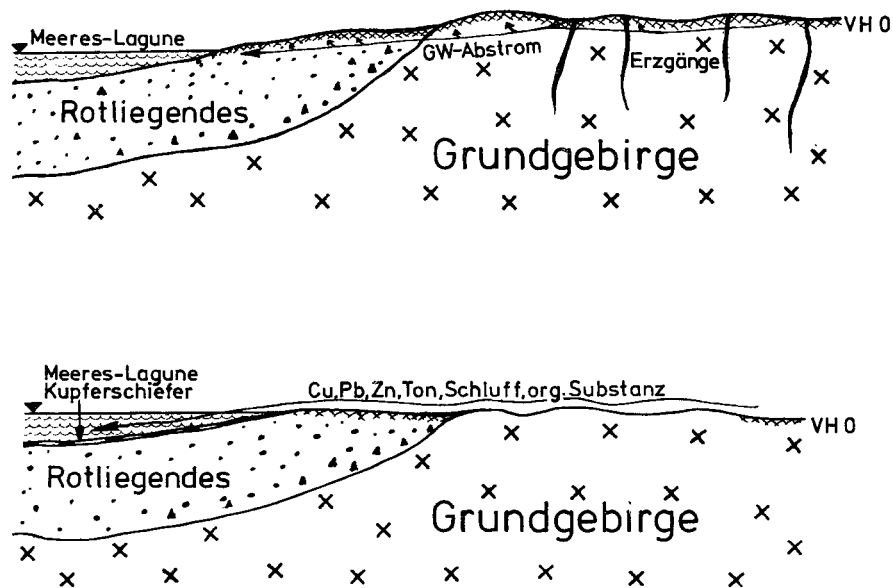


Abb. 8 oben: Situation bei der Bildung des Violetten Horizontes 0 (VH 0) am Top des Rotliegenden. — Unten: Situation bei der Bildung des Kupferschiefers an der Zechsteinbasis.

gan-Krusten und -Konkretionen durch descendente und ascendente Lösungsvorgänge ausgeschieden: Im ersten Fall unter Wasserbedeckung, im anderen Fall unter gleyartigen Bedingungen. Sicherlich lassen sich durch die Anwendung pedologischer Untersuchungsmethoden neue Denkanstöße für die Genese der Mangan-Knollen-Felder der Ozeane geben.

Ein Beispiel für die Kondensation von Erzen in einem fossilen Boden ergibt sich für die Lagerstätten des Kupferschiefers an der Basis des Zechsteins. Es ist auffällig, daß sich der Kupferschiefer in einem etwas jüngeren stratigraphischen Niveau als der Violette Horizont 0 an der Oberfläche des Oberrotliegenden befindet. Außerdem setzt der Kupferschiefer nach Norden dort ein, wo die Primärbildung des Violetten Horizontes 0 aussetzt (ORTLAM 1974 a, Abb. 20). Der Violette Horizont 0 wurde damals im größten Teil der Böhmisches, Vindelizischen und Gallischen Masse gebildet (Abb. 8 oben). Durch die Denudation der Grundgebirgsgebiete (einschließlich der Erzgänge) im Rotliegenden bestand die Möglichkeit, daß sich Schwermetallerze (u. a. Cu, Zn, Pb) mit Hilfe des Grundwasserabstromes und der organischen Substanz im fossilen Boden (= Violetter Horizont 0) niederschlagen und anreichern konnten. Bei der darauffolgenden Aufarbeitung des Violetten Horizontes 0 wurde der feinverteilte Erzgehalt einschließlich der Ton-Schluffraktion und der organischen Bodensubstanz im damaligen Kupferschiefermeer erneut niedergeschlagen bzw. abgelagert (Abb. 8 unten).

Diese Beispiele zeigen die Bedeutung der fossilen Böden im Bereich der angewandten Geowissenschaften auf. Bei der zukünftigen Rohstoff- und Energie-Exploration dürfte die Erforschung und das Erkennen von fossilen Böden daher von erheblichem volkswirtschaftlichem Nutzen sein.

Literatur

- BRONGER, A.: Zur Mikromorphogenese und zum Tonmineralbestand quartärer Lößböden in Südbaden. — *Geoderma*, **34**, 281—320, 13 Abb., 2 Tab., Amsterdam 1970.
- BRUNNACKER, K.: Grundzüge einer Löß- und Bodenstratigraphie am Niederrhein. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **18**, 142—151, 2 Abb., Öhringen 1967.
- DÜCKER, A.: Interstadiale Bodenbildungen als stratigraphische Zeitmarken im Ablauf der Weichsel-Kaltzeit in Schleswig-Holstein. — Aus: *Frühe Menschheit und Umwelt*, Teil II: Naturwissenschaftliche Beiträge, 30—73, Köln 1967.
- KAISER, H., PAPROTH, E. & STADLER, G.: Neue Beobachtungen zur Entstehung des Rheinischen Schiefergebirges. — *Z. dt. geol. Ges.*, **129**, 181—199, 3 Abb., 3 Taf., Hannover 1978.
- KUBIĚNA, W. L.: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. — 392 S., Stuttgart (Enke) 1953.
- MCPHERSON, J. G.: Calcrete (Caliche) palaeosols in fluvial redbeds of the Aztec siltstone (Upper Devonian), Southern Victoria Land, Antarctica. — *Sed. Geology*, **22**, 267—285, 9 Fig., 1 Taf., Amsterdam 1979.
- ORTLAM, D.: Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. — *Geol. Jb.*, **84**, 485—590, 28 Abb., 4 Tab., 5 Taf., Hannover 1967.
- : Neue Ergebnisse aus dem höheren Buntsandstein des nördlichen Schwarzwaldes und des Kraichgaues. — *Geol. Jb.*, **86**, 693—750, 6 Abb., 1 Taf., Hannover 1968.

D. ORTLAM — Erkennung und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe

- : Eine Strukturkarte des südlichen Kraichgaues. — Geol. Jb., 88, 553—566, 2 Abb., 2 Taf., Hannover 1970.
- : Paläoböden und ihre Bedeutung in der stratigraphischen und angewandten Geologie. — Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 53, 171—181, 5 Abb., Stuttgart 1971.
- : Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. — Geol. Rundschau, 63, 3, 850—884, 29 Abb., 3 Tab., Stuttgart 1974 (a).
- : Die Tektonik des nördlichen Schwarzwaldes und ihre Beziehung zum Oberrheingraben. — In: Approaches to taphrogenesis, 160—166, 4 Abb., Stuttgart (Schweizerbart) 1974 (b).
- RITZKOWSKI, S.: Böden des Tertiärs im nördlichen Hessen. — Mitt. Deutsch. Bodenkdl. Ges., 17, 119—122, 2 Abb., Göttingen 1973.
- : Führer Geotagung 1977, II, 63—77, Göttingen 1977.
- ROESCHMANN, G.: Zur Untersuchungsmethodik, pedogenetischen Deutung und Datierung fossiler Sandböden des Pleistozäns in Norddeutschland. — Mitt. Deutsch. Bodenkdl. Ges., 22, 581—590, 1 Abb., Göttingen 1975.