

Der Boden in der Entwicklung der Ökosysteme

Siegfried Stephan

The evolution of soils and biocoenosis are well linked, but working in a quite different manner. There are some examples of the connection between vegetation and soil evolution. The oxidation of continental surface materials is caused by plant photosynthesis. Leaving the wet environment, life has got to overcome with the new, strong conditions of aerated soils. The nutritional cycle of forests may loose more and more its pedological part, getting reduced to the biocoenosis in the rain forest. Finally, we must point to the good connection between any continuous vegetation and soil cover.

Biocoenosis, evolution, soil, soil microscopy.

1. Bodenveränderungen im Zusammenhang mit der Entwicklung der Lebensgemeinschaften

Über die Entwicklung der Lebensgemeinschaften auf der Erde sind zunehmend Einzelheiten bekannt geworden, die sich zu einem zwar lückenhaften, aber in seinen Grundzügen gesicherten Gesamtbild zusammenfügen lassen. Über die Naturgeschichte der Böden gibt es dagegen nur bruchstückhafte Informationen.

Allerdings ist die Verknüpfung von Lebensgemeinschaften und Böden gut untersucht. Wir wissen, daß die Lebensgemeinschaften auf bestimmte Böden angewiesen sind. So ändert sich die Pflanzendecke, wenn wir von den Sauren Braunerden und Rankern des Schiefergebirges zur Rendzina eines Kalkhanges wandern. Andererseits prägen die Pflanzengemeinschaften ihre Böden. Saure Braunerden können sich zu Podsolen wandeln, wenn der Laubwald einer Heidevegetation Platz machen muß.

Vor der Besiedlung des Festlandes kann es noch keine entwickelten Böden gegeben haben, denn die Lebewelt ist ein richtunggebender Faktor der Bodenentwicklung. Die Böden müssen von den erdgeschichtlichen Wandlungen des Lebens betroffen sein, aber gleichzeitig ist eine Bodenentwicklung Voraussetzung für die Ausbildung höherer Lebensgemeinschaften des Festlandes. Es gibt daher sicher eine bis zu einem gewissen Grade gemeinsame Entwicklung der terrestrischen Lebensgemeinschaften und ihrer Böden.

2. Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Entwicklung von Lebensgemeinschaften und Böden

Die Entwicklung der Lebensgemeinschaften vollzieht sich durch Umwandlung und gegenseitige Ablösung von Pflanzen-, Tier- und Mikrobenarten, wobei Arten mit verbesserter Anpassungsstrategie erscheinen. Mit diesem Fortschritt bei den Arten werden die Lebensgemeinschaften komplizierter, erwerben auch selbst wirksamere Regelmechanismen und besiedeln immer unwirtlichere Standorte. Auch der Boden ist von der Evolution der Organismen betroffen, unter deren Einwirkung er Humusstoffe, Tonminerale und Ton-Humus-Komplexe bilden und ein stabiles Gefüge erwerben kann; dennoch spielt seine Höherentwicklung eine vergleichsweise bescheidene Rolle, und es kommt regelmäßig zur Degradation, wenn die optimale Entwicklungsstufe überschritten ist.

Der Vergleich der Entwicklungsdauer zeigt, daß sich die Böden viel langsamer umbilden als die Lebensgemeinschaften, so daß sie uns als ausgesprochen konservativ erscheinen. Schon lange mußten die Wälder der westdeutschen Lössböden dem Ackerbau weichen, doch ihre Parabraunerden haben sich noch kaum verändert. Sogar die schweren Graulehm-Böden der tropischen und subtropischen Wälder des Tertiärs haben bis heute als staunasse, untätige, ungünstige Böden das Erbe ihrer Entstehungszeit bewahrt. Man findet sie noch in erosionsgeschützten Lagen der Eifel, während die tertiären Wälder in den Eiszeiten untergegangen sind.

Außerdem sind die Böden ortsfest und können nicht wandern, während die biologische Evolution zu einem großen Teil im Rahmen ausgedehnter oder kleinerer Wanderzüge der Lebewesen stattfindet. Diese sind durch Beweglichkeit oder besondere Verbreitungsstadien hierfür ausgerüstet.

Zwar sind die Verbreitungsstadien der Lebewesen, da sie sich am neuen Ort zu Faktoren der Bodenbildung entwickeln, indirekt auch Verbreitungsmittel der Böden. Viele Bodeneigenschaften sind jedoch substratbedingt und daher ortsgebunden. Relativ einfach kann die Ausbreitung des zugehörigen Bodens im Schutze der Lebensgemeinschaft selbst, im direkten Kontakt geschehen. Dafür bietet die Ausbreitung eines Laubwaldes an seiner Nordseite ein Beispiel, wo Schatten, Laubstreu und eindringende Tiere den Boden bereiten. Ohne diesen Kontakt können anspruchsvolle Biozönosen jedoch ihren Boden nicht selbst bilden. Sie sind vielmehr auf die Bodenentwicklung unter anspruchsloseren Biozönosen angewiesen: Zur Bodenbereitung bedarf es einer Sukzession von Lebensgemeinschaften.

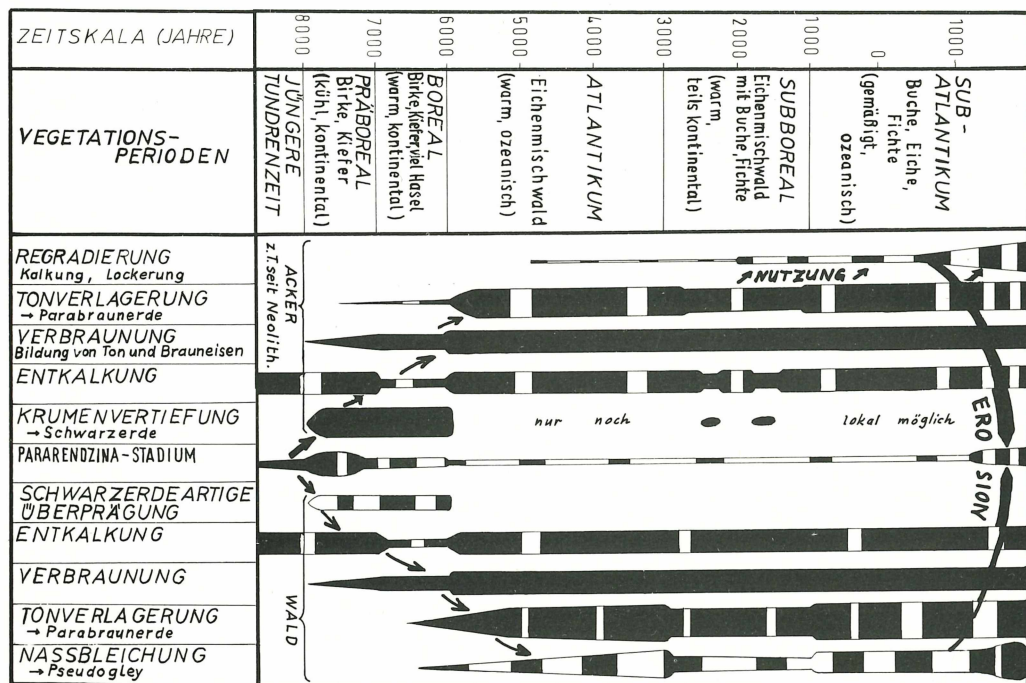


Abb. 1: Sukzession bodenbildender Prozesse nach der Eiszeit in westdeutschen Lößböden und Altauen.
 Dicke: Ausprägung, Unterbrechung: Anteil nicht betroffener Böden.
 Skizze nach Angaben von ZAKOSEK (1962), MÜLLER E.H. (mdl.), ROHDENBURG (1971) u.a.
 Einzelheiten sind noch umstritten, so besonders der Ablauf von Entkalkung und Tonverlagerung.

Während sich die Organismen weitgehend wandernd weiterentwickeln, ist der Boden hierzu also nicht in der Lage. Indem aber ein Boden, wie er sich nördlich unserer Waldgebirge aus dem Löß der letzten Eiszeit gebildet hat, an Ort und Stelle allen bisherigen Stadien der spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsentwicklung als Substrat gedient hat, also nacheinander die Einwanderungswellen der arktischen und kontinentalen Steppen, der kontinentalen und der maritimen Wälder über sich ergehen ließ, war er der entsprechenden Entwicklung bis hin zur Parabraunerde unterworfen (Abb. 1). Damit haben sich unter den Wellen der Biozönosen Wellen von Entwicklungsstadien der Böden ausgebreitet, die zwar die geographischen Muster der Substrate und Geländelagen nur überprägen konnten, aber doch beachtliche Bodenmerkmale hervorgebracht haben. Was da wandert, könnte man als "Bodenphase" bezeichnen. Die Bodenphase steht unter starker Führung der zugehörigen Besiedlungswelle, die ihrerseits das Erreichen der vorhergehenden Bodenphase voraussetzt. Am festen Ort aber entspricht dem eine Sukzession von Lebensgemeinschaften und damit eine Sukzession der bodenbildenden Prozesse (Abb. 2).

Spuren aller Bodenphasen können für einen oft ausgedehnten Zeitraum im Boden erhalten bleiben, der folglich Merkmale aus verschiedenen Entwicklungsstufen in sich vereint. So zeigt sich der geschichtliche Ablauf weniger an den Bodentypen

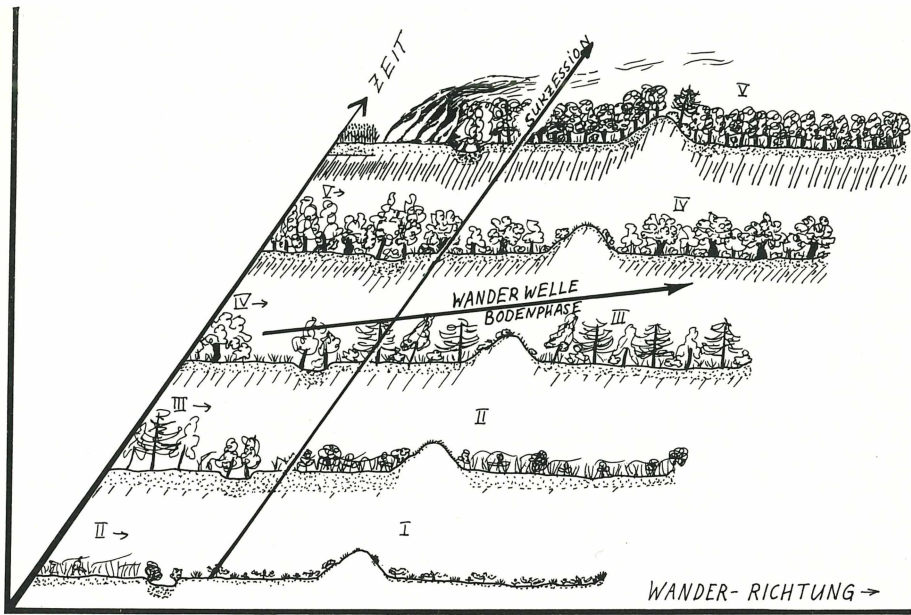


Abb. 2: Sukzession und Ausbreitung von Lebensgemeinschaften und Böden.

selbst, als an den Spuren bodenbildender Prozesse, wie man sie insbesondere mikroskopisch feststellen kann (KUBIENA 1938, 1970; Methodik bei ALTEMÜLLER 1974). Leider können nur wenige Aussagen auch mit Schwarz-Weiß-Bildern belegt werden, da diese Untersuchungen weitgehend auf der farblichen Differenzierung beruhen.

3. Beispiele für Entwicklungszusammenhänge von Biozönosen und Böden

Die gemeinsame Evolution von Biozönosen und Böden läßt keine feststehende Rollenverteilung erkennen, sondern verläuft sehr unterschiedlich.

3.3 Die Oxidation als vorauslaufende Wirkung der Pflanzen

Eines der kräftigsten Bilder, die Evolutionsforscher uns ausgemalt haben, zeigt, wie sich die primitivsten Landpflanzen-Gemeinschaften zusammen mit ihrer Tierwelt aus den Küstensümpfen herausgeschoben haben; wie sich unter ihren Vorposten der zusagende Boden gebildet hat, geschützt von der Vegetation, gedüngt von ihrer Streu und durch stickstoffsammelnde Bakterien ihrer Begleitung, aufbereitet von Tieren und Mikroben, die gemeinsam die Probleme von Aussüßung, Überbelüftung und Austrocknung zu meistern hatten.

Aber schon lange bevor sich die ersten Pflanzen vom freien Wasser lösen konnten, begannen sie bereits mit der Umgestaltung des Festlandes, und zwar im ganz großen Stil. Nachdem nämlich der von den Cyanobakterien und ihren Abkömmlingen in großen Mengen aus dem Wasser entbundene Sauerstoff die Aufnahmefähigkeit des Wassers und der in ihm vorhandenen oxidierbaren Stoffe erschöpft hatte, trat seit gut zwei Jahrmilliarden zunehmend freier Sauerstoff in der Atmosphäre auf und kam in Kontakt mit den Gesteins- und Schuttmassen der Kontinente. Die bisher vorwiegend grauen bis olivfarbenen Flächen des Festlandes färbten sich unter der Einwirkung von Luft und Regen gelb, braun und rot durch oxidiertes Eisen, das noch heute - neben dem Humus, der damals noch nicht existierte - den Böden Farbe gibt (Abb. 3). Es ist zwar nicht bekannt, ob damals schon Eisenbakterien als Vermittler und als Nutznießer des Energiegefälles eine Rolle gespielt haben; daß die oxidative Verwitterung aber so früh begonnen hat, zeigen das Verschwinden stark reduzierter Verbindungen, das Auftreten oxidiertes, roter terrestrischer Sedimente und die Beobachtung, daß fortan nur noch wenig zweiwertiges und damit transportfähiges Eisen ins Meer gespült wurde (SCHIDLowski 1981). Die bei der Wasserspaltung eingesetzte Sonnenenergie findet sich zum großen Teil im geochemischen Potential, im Redoxgefälle zwischen Atmosphäre und Erdrinde wieder, dem Motor der chemischen Verwitterung der Gesteine.

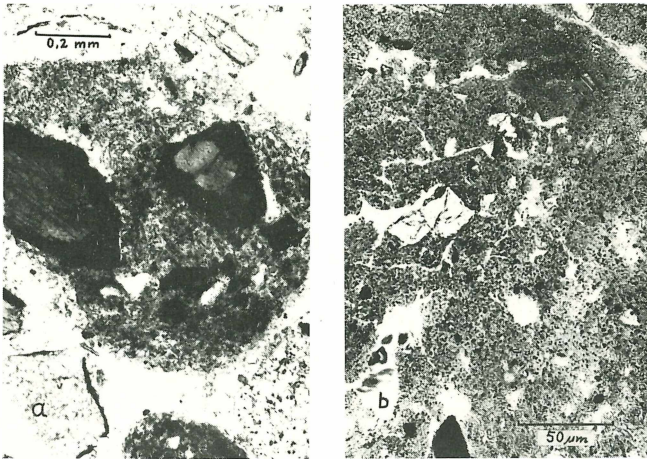


Abb. 3a: Bei der Verwitterung eisenhaltiger Minerale wird das Eisen als Oxid freigegeben und ist im Bodendünnschliff als dunkle Substanz sichtbar. Boden aus Vulkanasche, Quito.

3b: Im subtropischen Klima von Misiones (Argentinien) ist Basalt zu einer Roterde (Ultisol) verwittert.

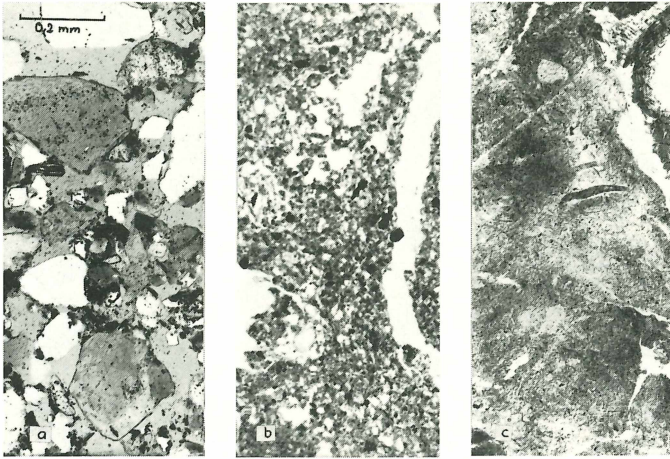
Das färbende, oxidierte Eisen durchsetzt die Feinsubstanz in Form roter Hämatitkörnchen, die im Bild als zahllose kleine Körnchen erscheinen.

3.2 Die Bedeutung des Bodens bei der Eroberung des Festlandes

Im Meer ist die Nährstoffversorgung durch die Zusammensetzung des Meerwassers gegeben. Sie wird durch Austauschvorgänge gewährleistet und begrenzt. Auf dem Lande ist sogar das Wasser selbst oft ein Mangelfaktor. Eine wichtige Funktion des Bodens besteht also in der Wasser-Speicherung. Diese Fähigkeit wechselt stark, je nach Bodentiefe, Gestaltung des Porensystems, Körnung und Wirkung der Bodenkolloide.

Dieses Wasser tritt in Form äußerst nährstoffarmer Niederschläge ins System ein, wo es zwischen Anbietern, Speichern und Verbrauchern von Nährstoffen vermitteln muß. Das Nährstoffangebot kommt aus der Verwitterung und kann im Grundwasser ein großes und stetiges Reservoir bilden. Ist kein Grundwasser erreichbar, so ist das Angebot lokal, und da die Verwitterung ein langsamer Vorgang ist, wird die Speicherung sehr wichtig. Speicher aber sind die anorganischen und organischen Kolloide, die mit der Bodenentwicklung - neben anderen Prozessen - entstehen und vergehen können (Abb. 4). Dabei wird die Konzentration eines jeden Nährstoffes in der Bodenlösung, und damit seine Verfügbarkeit, durch die Löslichkeit seiner jeweils labilsten Verbindung begrenzt (LINDSAY 1979) und ist somit von der Anwesenheit möglicher Verbindungspartner abhängig. Nur bei guter Speicherung und Abgabe kann der Boden eine aktive Fauna beherbergen, die für seine Umarbeitung, Vertiefung und die Ausbildung stabiler Hohlräume sorgt, sowie eine reiche Mikroflora, die eine schnelle Remineralisation bewirkt. Das Landleben erfordert zudem eine Sauerstoffversorgung der Wurzeln. Diese kann mitunter mit Hilfe des Sprosses gesichert sein, doch die meisten Landpflanzen sind auf eine gute Durchlüftung des Bodens angewiesen.

Der voll entwickelte Landboden mit allen erwähnten günstigen Eigenschaften, den eine anspruchsvolle Land-Lebensgemeinschaft braucht und besitzt, ist also nicht einfach ein weiterer Schritt nach der Besiedlung und Verlandung der Sümpfe. Der terrestrische Boden hat von Anfang an eine eigene Vorentwicklung. Man muß annehmen, daß der Schritt der Besiedlung auf solche Böden hinauf nicht von ganzen Lebensgemeinschaften gegangen wurde, daß er vielmehr zunächst nur einzelnen Arten gelang, die sich während langer Zeiträume zu Land-Biozöosen organisieren konnten. Hier wurde die biologische Entwicklung von den Zwängen des neuen Substrates bestimmt, vom belüfteten Boden.



- Abb. 4a: Dieser ausgelaugte Sand hat keinen Speicherraum in Form von Kolloiden und Feinporen (Bleichhorizont eines Podsols). Mit Polarisationsoptik erscheinen die Sandkörner gegenüber den einheitlich grauen, sehr großen Hohlräumen heller oder dunkler.
- 4b: Tonkolloide und Feinporen besitzt dieser Lehm, der verbraunte Unterboden einer Auenbraunerde der Rheinaue bei Bonn. Helle Minerale und Poren sind hier nur nach der Form unterscheidbar.
- 4c: Schwerer Tonboden (Kalksteinbraunlehm vom Westerwald) bindet das Wasser so stark in Feinporen, daß die Pflanze nur wenig entnehmen kann. Seine Reserven erschließen sich kaum. Im Bild oben rechts eine Wurzel.

3.3 Der Nährstoffkreislauf unserer Wälder und seine Störungen

Unsere heimatische Vegetation wird im jetzigen Stadium der nacheiszeitlichen Sukzession von Wäldern mit Buchendominanz beherrscht. Unter diesen Wäldern beschränkt sich die Humusfärbung auf die oberen beiden Dezimeter, aber die Verwitterungsfront wandert nach unten durch und läßt einen braunen Unterboden entstehen. Solche Braunerden kennzeichnen den gesamten Laubwaldgürtel.

Auf kalkhaltigen Lockergesteinen schließt sich eine Wanderung von Feinton in den Leitbahnen an, die eine ungünstigere Verteilung der Bodenkolloide bewirkt (Abb. 5). Im Oberboden sinkt das Speichervermögen, während im Unterboden die Poren abgedichtet werden und der Speicherraum schlecht zugänglich wird. Diese Tonverlagerung scheint an die Waldgürtel gebunden zu sein, wofür man auch gute Gründe anführt, ohne eine völlige Klärung erreicht zu haben. Die krumenvertiefende Arbeit der Fauna ist im Wald eingeschränkt, da die Nahrung vor allem an der Oberfläche anfällt und das ausgeglichene Bestandsklima keine Vertikalwanderungen provoziert. Große Bedeutung kommt dem Wechsel der Ionenbelegung der Bodenkolloide zu (Lit. bei MÜCKENHAUSEN 1975 und STEPHAN et al. 1977). Hinzu kommt, daß nach vernichtenden Waldbränden, besonders aber nach Rodungsbränden genügend große Mengen Pottasche anfallen. Pottasche aber führt nach SLAGER & VAN DE WETERING (1977) zur raschen Tonverlagerung. Mit Waldbränden könnte man auch die Tonbänder im Untergrund von Sandböden erklären. Die Verknüpfung dieser Vorgänge mit einer bereits im Material vorliegenden Schichtung kann hier nicht diskutiert werden. Die Lebenstätigkeit wird durch die Tonverlagerung mehr und mehr auf den oberen Bodenteil beschränkt, und der Unterboden mit seinen Reserven kann nur unzureichend genutzt werden. Damit erfährt der Nährstoffkreislauf eine Einschränkung, die von der Biozönose und ihren Produkten verursacht wird.

Bei Wäldern auf ärmeren Böden ist ein großer Anteil der Nährstoffe in den Bäumen gespeichert und davon einiges im Laub. So ist das Fallaub, das innerhalb kurzer Zeit den Boden bedeckt, eine wichtige und oft die vorherrschende Nährstoffquelle für die Bodenorganismen. Dem Laubfall geht eine Veränderung der Blätter voran, die den Baum vor Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und teils auch Magnesium-Verlusten schützt (FISCHER 1967). Das Fallaub ist also kein vollwertiges Futter,

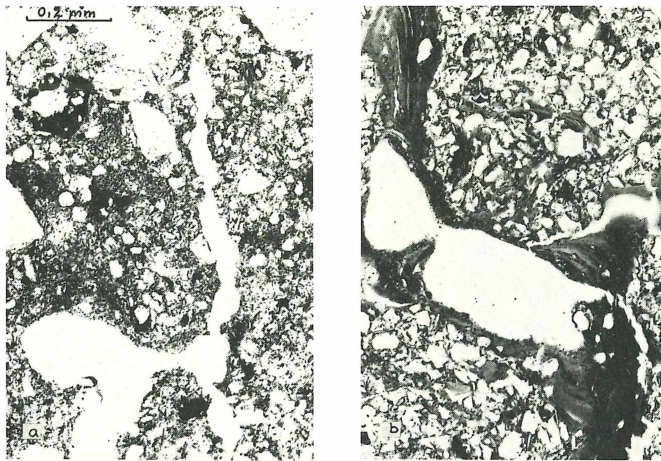


Abb. 5a: Dieser A₁-Horizont einer Parabraunerde (Lößboden der Kölner Bucht) hat einen Teil seiner feinsten Kolloide verloren.
Man sieht das im Vergleich mit Bild b.

5b: Der darunterliegende B_t-Horizont zeigt nämlich reichlich feinsten Ton (Im Bild dunkelgrau und kaum körnig), der vor allem die Porenwände bedeckt und dadurch auch abdichtet.

und die Bodenfauna braucht mindestens zusätzliche Stickstoffquellen. Am wirksamsten ist da eine Fermentation der Laubstreu innerhalb des Mineralbodens, und diese geschieht, wenn die Einarbeitung möglich und das Milieu dort günstig ist. Dabei wird ein Teil der Rotteprodukte für Mikroben unzugänglich und verbessert als Humus die Speicherkapazität und das Bodengefüge.

Ungünstige Streu, ungünstiges Substrat und ungünstiges Klima können diese Einarbeitung hemmen. Dann bilden sich statt des erwünschten Mulles der noch sehr günstige 'Mullartige Moder', der 'Typische Moder' und im ungünstigsten Fall 'Rohhumusartiger Moder' oder Rohhumus. Darauf reagiert nun wiederum die Waldflora empfindlich. Zusammen mit einigen Zeigerpflanzen sind diese Humusformen im folgenden Schema (nach ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1978) zusammengestellt, das ich für unser Praktikum im Kottenforst bei Bonn benutze (Abb. 6).

Bei den Mangelformen ernähren sich Pflanzen wie Tiere fast ausschließlich aus der organischen Auflage, und besonders anspruchsvolle Bäume gedeihen dort nicht mehr. So engt auch hier die Lebensgemeinschaft ihren Nährstoffkreislauf ein, in den der Boden immer weniger einbezogen wird.

Rohhumus bildet sich in unserem ozeanischen Klima besonders, wenn auf durchlässigem Material der Laubwald durch Heide oder Nadelwald abgelöst wird. Deren Streu gibt organische Stoffe an den Boden ab, die Bodenkolloide aus dem Oberboden lösen. Diese werden im Unterboden ausgefällt. Es entsteht der Podsol-Boden. Auch durch Naßbleichung entsteht ein kolloidärmer Horizont. Die Unterschiede beschreibt BRINKMANN (1979). In beiden Fällen wird der Nährstoffkreislauf zwischen organischer Auflage und Biozönose kurzgeschlossen, und durchsickernde Nährstoffe gehen verloren; allerdings ist es im Podsol der tiefwurzelnden Eiche möglich, den Unterboden wieder in den Kreislauf einzubeziehen.

3.4 Die Abkoppelung der biologischen Entwicklung von der Bodenentwicklung

Am Ende einer langen Entwicklung tritt im tropischen Regenwald der Fall ein, daß die Verwitterungsfront unerreichbar tief in den Boden gewandert ist und daß neben dem sehr schwachen Nährstoffangebot auch die Speicherung im Boden gering wird, die Auswaschung aber umso größer. Dann sind die Lebensgemeinschaften überwiegend auf ihre eigenen Möglichkeiten angewiesen. Tatsächlich sind hier Biozönosen entstanden, die für eine Speicherung in den Lebewesen selbst sorgen, so daß die Nährstoffe beim Absterben von Organismen sofort wieder in andere eingebaut werden (vgl. WEISCHET 1977). Hier ist die Evolution der Lebewesen von der Entwicklung der Böden weitgehend unabhängig geworden.

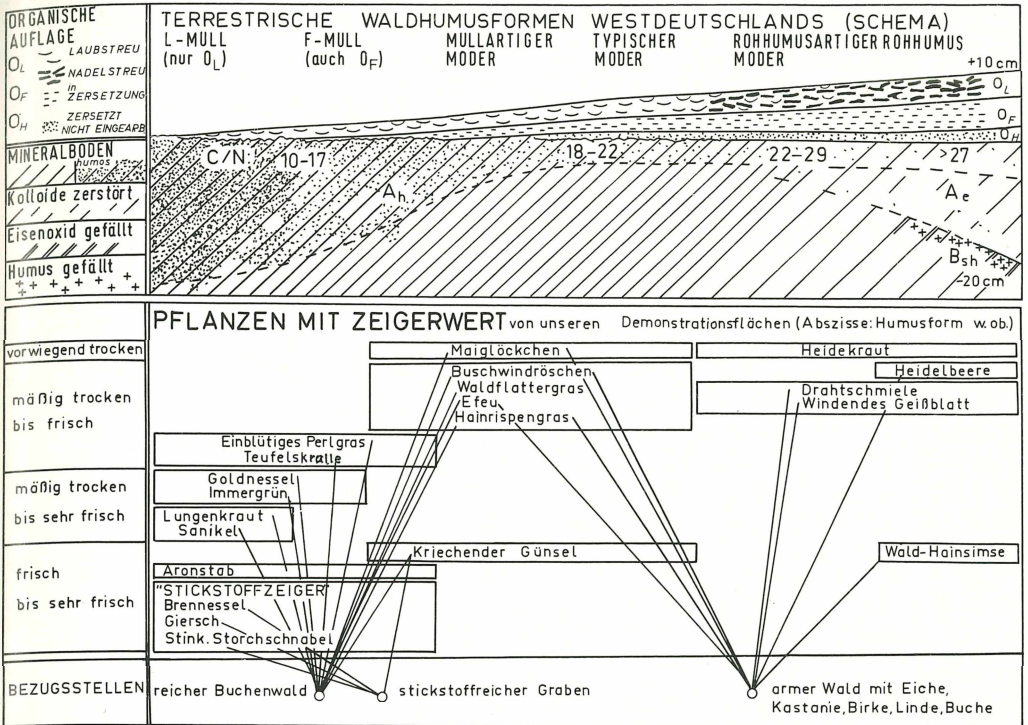


Abb. 6: Terrestrische Humusformen Westdeutschlands mit einigen im Bonner Kottenforst auftretenden Zeigerpflanzen, für Praktika zusammengestellt nach ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (1978, besonders Abb. 11, 12).

4. Das Vorkommen geschlossener Boden- und Pflanzendecken

Wie geomorphologische Betrachtungen zeigen (ROHDENBURG 1971), ist das Vorkommen geschlossener Boden- und Pflanzendecken eher ein Glücksfall. Beide gehören zusammen, und bei ihrer Ausbildung wirken Boden und Biozönose gemeinsam. Ist ein Partner von einer ernststen Störung betroffen, so mittelbar auch der andere.

Der Boden kann sich entwickeln, wenn seine Bildung schneller ist als der Abtrag. Beide Vorgänge sind sehr variabel und hängen von mehreren Faktoren ab, besonders aber von der Vegetationsbedeckung: Bietet die Vegetation keinen hinreichenden Schutz, so hält der Boden schon bei schwacher Neigung nicht mehr stand. Die Vegetation selbst reagiert vor allem auf das Klima. Wenn das Wasser nicht für einen Wald langt, kann Versteppung eintreten; wenn es nicht für eine geschlossene Pflanzendecke langt, muß sich diese lichten. Die Wirkung der Dürre kann bis zu einem gewissen Grad durch einen speicherfähigen Boden aufgehoben werden, während ein Boden, der wenig Wasser speichert, selbst in unserem heutigen Klima leicht zu Trockenschäden in der Vegetation führt. Werden die Verhältnisse arktisch oder alpin, dann verschwinden erst die Bäume, und schließlich geht der Vegetations-schluß auch hier verloren. Auf bewegtem Boden, wie er in Steillagen oder über Permafrost vorkommt, reißt das Pflanzenkleid auf.

Im Laufe der Klimageschichte haben sich die ariden Regionen und auch die Permafrost-Gebiete wiederholt ausgeweitet und wieder eingeeengt, so daß ganze Zeitalter durch besonders aktiven Bodenabtrag mit Rückgang der geschlossenen Pflanzendecke geprägt sind, während andere - und so das unsere - als Ruhezeiten erscheinen mit Bodenbildung und geschlossener Pflanzendecke in besonders ausgedehnten Regionen. Unsere eigene Epoche ist allerdings durch weltweiten Ackerbau sekundär zu einer Aktivitätszeit mit nur zeitweise bodendeckenden Kulturen und entsprechend starkem Bodenabtrag geworden, was sich bei uns an den Sedimenten der Flußbäuen zeigen läßt, in wärmeren Klimaten aber das Vordringen der Wüsten begünstigt.

Bei der Untersuchung der gemeinsamen Geschichte von Böden und Lebensgemeinschaften ist eine Unterteilung nach geschlossener und offener Vegetation sicher hilfreich.

Literatur

- ALTEMÜLLER H.-J., 1974: Mikroskopie der Böden mit Hilfe von Dünnschliffen. In: Handb. Mikroskopie in der Technik, Frankfurt (Umschau) 4/2: 309-367.
- Arbeitskreis Standortkartierung, 1978: Forstliche Standortaufnahme. 3. Aufl. Münster-Hiltrup (Landwirtschaftsverlag): 183 S.
- BRINKMANN R., 1979: Ferrollysis, a soil-forming process in hydromorphic conditions. Wageningen (pudoc): 105 p.
- FISCHER H., 1967: Der Mineralstofftransport. Handb. Pflanzenphys. 13: 200-268.
- KUBIENA W.L., 1938: Micropedology. Ames/Iowa (Collegiate Press): 243 p.
- KUBIENA W.L., 1970: Micropedological features of soil geography. New Brunswick (Rutgers Univ. Press): 254 p.
- LINDSAY W.L., 1979: Chemical equilibria in soils. New York/Chichester/Brisbane/Toronto (Wiley): 449 p.
- MÜCKENHAUSEN E., 1975: Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. Frankfurt (DLG-Verlag): 579 S.
- ROHDENBURG H., 1971: Einführung in die klimagenetische Geomorphologie. Gießen (Lenz): 352 S.
- ROHDENBURG H., 1978: Zur Problematik der spätglazialen und holozänen Bodenbildung in Mitteleuropa. Beitr. Quartär- u. Landschaftsforsch. (Festschr. J. Fink). Wien (Hirt): 467-471.
- SCHIDLÓWSKI M., 1981: Die Geschichte der Erdatmosphäre. Spektrum d. Wiss. 1981 (4): 17-27.
- SLAGER S., VAN DE WETERING H.T.W., 1977: Soil formation in archaeological pits and adjacent loess soils in Southern Germany. J. Archaeol. Sci. 4: 259-267.
- STEPHAN S., DE PETRE A.A., DE ORELIANA J.A., PRIANO L.J.J., 1977: Brunizem soils of the central part of the province of Santa Fe (Argentina). Pedologie (Ghent) 27: 255-283.
- WEISCHET W., 1977: Die ökologische Benachteiligung der Tropen. Stuttgart (Teubner): 127 S.
- ZAKOSEK H., 1962: Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintal. Abh. Hess. Landesamt Bodenforsch. Wiesbaden 37: 46 S.

Adresse

Dr. Siegfried Stephan
Institut für Bodenkunde Universität
Nußallee 13
D-5300 Bonn

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [10_1983](#)

Autor(en)/Author(s): Stephan Siegfried

Artikel/Article: [Der Boden in der Entwicklung der Ökosysteme 229-236](#)