

5. Die Erfassung, Beschreibung und Kennzeichnung der Bodendecke

5.1 Steuerungsfaktoren für die Bodenbildung

Die bekannteste Darstellung des Zusammenhangs der Einflussfaktoren, welche die Entstehung der Bodendecke steuern, ist die 'Funktionsgleichung' von JENNY (1941), erweitert durch GANSSSEN (1972).

Sie lautet:

$$B = f(A, K, O, R, T, Wi, Z)$$

Die Faktoren der Pedogenese sind:

Jenny (1941)

A - Geologisches Ausgangsmaterial

K - Klima

O - Biologische Aktivität

R - Relief

T - Zeit

+ *Ganssen (1972)*

Wi - Wirtschaftliche Tätigkeit des Menschen

Z - Zusatzwasser

Diese Formel gilt bis heute als wichtigste Erkenntnis, die eine Zuordnung der Böden zu ihren Einflussgrößen ermöglicht. Die einzige, überall in Mitteleuropa geltende Regel ist die extrem hohe räumliche Variabilität der Böden (STAHR 2001).

In Worten kann man die "Funktionsgleichung" so fassen: Ein Boden ist die Funktion seiner Entwicklungsdauer und der bodenbildenden Faktoren Klima, Gestein, Relief, Flora, Fauna und Mensch. Diese Faktoren sind alle an der Pedogenese in unterschiedlicher Intensität und räumlicher Wirksamkeit (Tab. 3) beteiligt.

Das lässt sich durch die allgemeinen Entwicklungssätze von KUBIĚNA (1986) verdeutlichen:

1. Aus gleichem Ausgangsmaterial bildet sich in gleichen Landschaftsräumen mehr als nur eine Bodenform.
2. Die einzelnen Glieder der genetischen Reihen sind von unterschiedlicher Organisationshöhe.
3. Unter sonst gleichen Bedingungen vermag ein Faktor die Entwicklung entscheidend zu variieren. In gleichwertigen Landschaften variiert vor allem das Muttergestein den Entwicklungsverlauf.
4. Die Entwicklung des Bodens geht mit einer Entwicklung des Lebens parallel. Hoch entwickelte Biozönosen mit großer Vielfalt zeigen sich auf hoch entwickelten Böden, primitive Biozönosen aber auf Böden von geringem Entwicklungsgrad.
5. Der Gesamtverlauf einer Entwicklung ist nicht immer nur progressiv, auch regressive Phasen können auftreten. Solche zeigen sich fast immer am Ende hochentwickelter genetischer Reihen.

6. Die Entwicklung bestimmter Bodenmerkmale, insbesondere gegen Ende langer genetischer Reihen prägt nicht allein den Boden, sondern auch das gesamte Leben eines Standorts.

| Geografische Dimension | Bodenbildende Faktoren |
|---|--|
| Regionische Integrationsfaktoren (übergeordnet, zonal) | I. Makroklima II. Vegetationsformation III. Morphotektonisch-paläogeografische Struktur IV. Zeit* |
| Chorische Differenzierungsfaktoren (untergeordnet, landschaftsbezogen) | I. Ausgangssubstrat II. Relief III. Zuschusswasser IV. Standortvegetation und Edaphon V. Lokalklima VI. Menschliche Tätigkeit |

*Zeit ist kein Bildungsfaktor im engeren Sinne, sondern formale Voraussetzung für Nacheinander, Andauer und Geschwindigkeit von Entwicklungsprozessen (KUBIĚNA 1986).

Tab. 3: Raumbezug bodenbildender Faktoren (SCHMIDT 1997: 4)

5.2 Techniken der Bodenkartierung

Den Methoden der Beschreibung und Kennzeichnung der Bodendecke nähert man sich als erstes über die Kartierungstechniken. Die prinzipielle Vorbereitung der Kartierung unterscheidet sich nicht von der in anderen geowissenschaftlichen Disziplinen (Sichtung von Altunterlagen, Konzeptkarte, Übersichtsbegehung usw.). In Abhängigkeit von Fragestellung und Zielsetzung, Geländeform, Zeitbegrenzung, Kenntnisstand u.s.w. werden jedoch vier wesentliche Kartierverfahren unterschieden (KRAHMER & SCHRAPS 1997). Das sind Raster-, Grenzlinien-, Catena- und luftbildunterstützte Punktkartierung. Bei der Rasterkartierung werden Bohrpunkte in regelmäßigem Abstand über das Kartiergebiet gelegt. Das ermöglicht, bei geringer Kenntnis über das Gebiet, gute Informationen über das Verteilungsmuster der Böden zu erhalten, führt jedoch häufig zu unzumutbar vielen Bohrungen. Die Grenzlinienkartierung wird auf beiden Seiten eines vermuteten Grenzverlaufs ausgeführt und eignet sich zur Abgrenzung homogener Bodenareale. Die Catenakartierung eignet sich zur Kartierung von Vergesellschaftungen, wobei repräsentative Bohrpunkttransekte durch das Kartiergebiet gelegt werden. Die Kombination von klassischer Geländearbeit mit Überfliegung und Aufnahme des Kartiergebiets mittels verschiedener Aufnahmetechniken führt zu einer Punktkartierung, welche die so vorläufig abgegrenzten Flächen inhaltlich kennzeichnet.

Zusammen mit den jeweils gegenwärtigen Modellvorstellungen und aktuellen Konventionen der Systematik werden Flächen abgegrenzt. Strukturelle Gliederungen der Flächendimension werden inhaltlich gekennzeichnet. Dabei wird häufig ein Normungsprozess angestoßen. Polypedons (Areale mit Bodenformen ähnlicher systematischer Stellung) werden häufig mit den Namen der Typen oder der Bodenformen bezeichnet, denen sie zuzuordnen sind. Somit entsteht eine Assoziation aus abstraktem Begriff des Klassifikationssystems und bodengeografischer Einheit. Im Sinne einer bodenkundlichen Kartierung auf dem Niveau der Grundlagenkartierung, sind Kartiereinheiten immer Polypedons

(REHFUESS 1990). Auf dem Niveau der mittelmaßstäbigen Kartierung bilden Leitbodengesellschaften die Kartiereinheiten (Arbeitsgruppe Boden 1994; SCHMIDT 1997).

Der Prozess der Ausgrenzung von Bodeneinheiten lässt sich in einem abstrahierten Modell der Informationsverarbeitung darstellen (Abb. 8). Die Information ist eine allgemeine Eigenschaft der objektiven Welt. Wie sie verwendet wird hängt vom Anliegen ab. In der Informationstheorie wird sie als selektive Information bezeichnet. Diese Information kann mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erwartet werden, auf die aber die Kriterien wahr oder falsch nicht anwendbar sind (LEM 1983). Die Information als Eigenschaft eines Objektes ist bestimmt durch den Aufwand, der notwendig ist, um dieses aus einer Vielzahl anderer zu determinieren. Der Prozess der Ausgrenzung von Bodeneinheiten ist jedoch nicht asemantisch. Er beruht auf Induktion, somit wird strukturelle Information verarbeitet, die den Kriterien von wahr oder falsch unterliegt. Dabei hängt Komplexität mit der Vielzahl der in einem System vorhandenen Teilsysteme und deren Verknüpfungen zusammen. Die Verknüpfungen der Faktoren der Bodenentstehung (Teilsysteme) sind vielfältig.

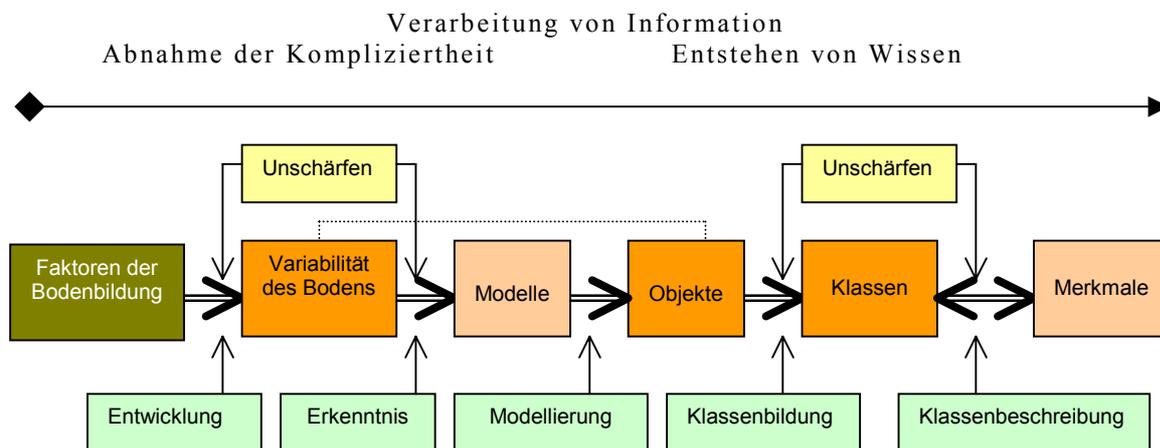


Abb. 8: Zusammenhang von Abnahme der Kompliziertheit und Verarbeitung von Information bei Entstehung bodenkundlichen Wissens in einem abstrahierten Modell, nach der Skizze 'Vom Zusammenhang von Komplexität und Information' (VÖLZ 1990: 106)

Die definierten Einheiten in der strukturellen, hierarchischen Gliederung der Bodendecke (Tab. 5) werden in Form von idealisierten Blockdarstellungen wiedergegeben. (Abb. 9-11, Einheiten der topischen und chorischen Dimension). Der Dimensionsbegriff beinhaltet Eigenständigkeit und Spezifität der Inhalte der Kartiereinheiten, die maßstabsbezogen Geltung erhalten.

In den "Grundsätzen der Bodenvergesellschaftung" (SCHMIDT 1997) werden für die dimensionsbezogenen bodengeografischen Inhalte die Merkmale als Leitkriterien dargelegt, wobei die Begriffe Homogenität und Heterogenität (Tab. 4) für die Bodendecke geklärt werden.

| Komplexitätsbegriff | bodengeografische Dimension | Charakteristika, Merkmale |
|--|-----------------------------|--|
| Homogenität der Bodendecke | topische Dimension | Der Ausdruck der Homogenität bezieht sich hierbei auf eine bodensystematische Kategorie als auch auf einzelne Merkmalsausprägungen, wie der Bodenart |
| Die regelhafte räumliche Struktur mehrerer Bodeneinheiten wird als Heterogenität bezeichnet. | chorische Dimension | Heterogenität bezieht sich auf landschaftstypische Differenzierungsfaktoren, wie Relief und Grundwasser |
| Haupttendenzen der Bodenbildung | regionische Dimension | Das Abgrenzungskriterium entsteht hier durch großräumige charakteristische Norm-Bodenbildungen |

Tab. 4: Charakteristika dimensionsbezogener bodengeografischer Inhalte (zusammengestellt nach Schmidt 1997)

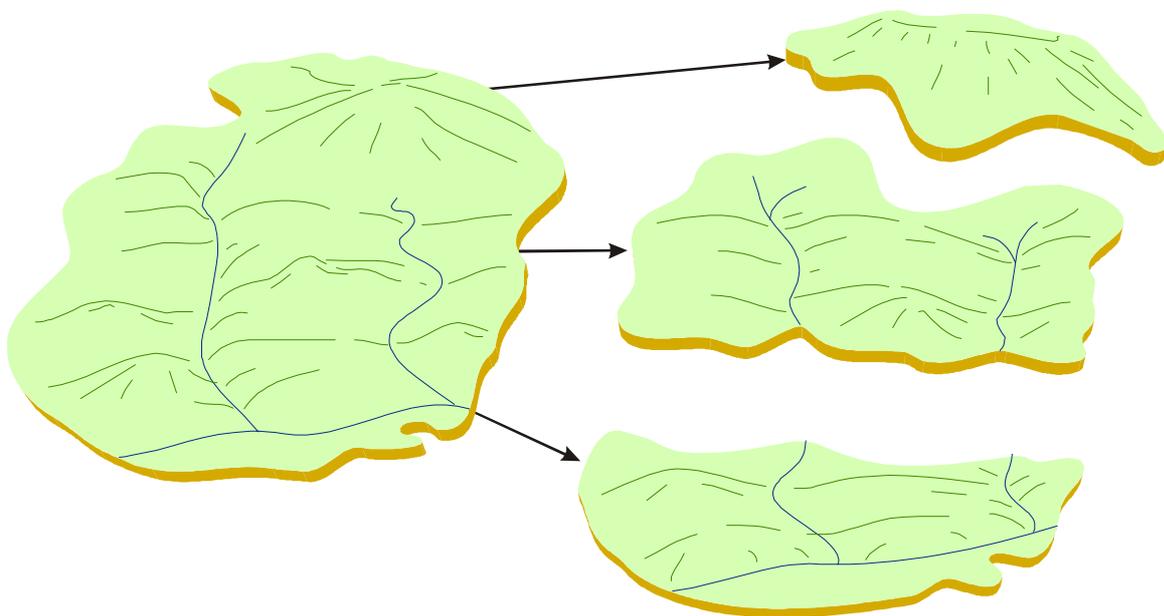


Abb. 11: Die Boden(land)schaft

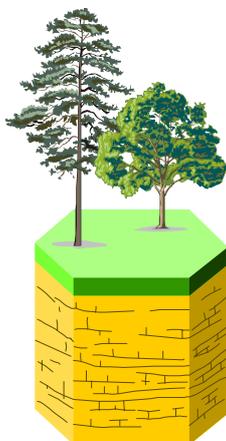


Abb. 9: Das Pedon

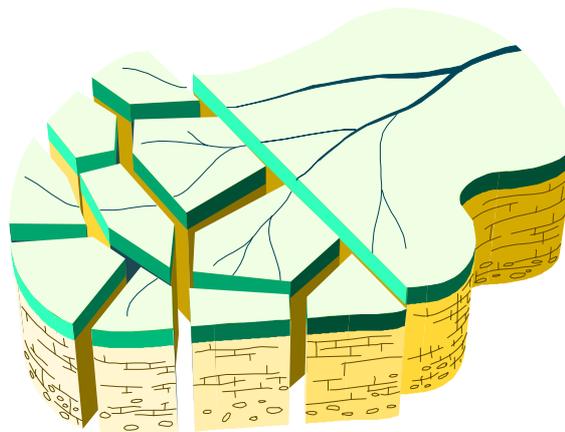


Abb. 10: Das Polypedon

Abb. 9 - 11: Bodengeografische Einheiten der topischen und chorischen Dimension (umgezeichnet, Arbeitsgruppe 1997)

5.3 Standardisierung der Bodenkartierung: Kartieranleitung (KA 4) und Bodensystematik

Die inhaltliche Kennzeichnung in den bodengeografischen Dimensionen erfolgt durch Bodeneinheiten. Für die Kartierpraxis werden durch die KA 4 (AG Boden 1994) sieben Bodeneinheiten vorgeschlagen, hierdurch wird eine einheitliche pedoregionale Gliederung mit vergleichbaren Abgrenzungskriterien angestrebt. Der Begriff Aggregation, auf den im nachfolgenden Kapitel eingegangen wird, gewinnt Bedeutung. Sehr allgemein kann dieser Begriff aus der KA 4 als die Zusammenführung von kleineren zu größeren Flächeneinheiten aufgefasst werden.

Bodeneinheiten zur inhaltlichen Kennzeichnung von Kartiereinheiten, mit ihren Abgrenzungskriterien und dem Abgrenzungsniveau sind (AG Boden 1994):

- Bodenform - einheitliche Bodenbildungsbedingungen, geringste Variabilität im Substrat, in der Schichtmächtigkeit, dem Grundwasserstand und dem Relief (Varietäten-Niveau)
- Bodenformengesellschaft - gleiche bodenbestimmende Faktoren, andere Faktoren mit geringer Variation (Subtypen-Niveau)
- Leitbodengesellschaft - Hervorhebung flächendominanter Bodenformen, die regelhaft mit Begleitbodenformen vergesellschaftet sind (Typen-Niveau)
- Leitbodenassoziation - Vereinigung von Leitbodengesellschaften im Verbreitungsgebiet das durch dominante bodenbildende Faktoren gekennzeichnet ist (Klassen- und Typen-Niveau)
- Bodenlandschaft - Verknüpfung von Leitbodentypen mit Landschaftscharakter (Benennung der Bodenlandschaft)
- Bodengroßlandschaft - Verknüpfung von Bodenlandschaften durch dominante Landschaftsgenese und geologische Einheit (Benennung der Bodengroßlandschaft)
- Bodenregion - Verknüpfung von Bodengroßlandschaften durch die regionalgeologische Einheit (Benennung der Bodenregion)

Zur Ansprache des Pedons und zur Beschreibung der jeweiligen bodengeografischen Einheiten existieren ausgefeilte Systematiken, wie die Systematik der bodenbildenden Substrate (ALTERMANN & KÜHN 1993, 1996, 1997; AK Bodensystematik 1998). Entsprechend einem festgelegten Niveau der Ansprache - Substratklasse, Substrattyp, Substratsubtyp - differenziert sich die Merkmalsansprache und die Unterteilung der Tiefenbereiche. Beispiele für Substratansprachen auf Typenniveau im Zweischichtmodell sind (ALTERMANN & KÜHN 1997):

- | | |
|-----------------------------|---|
| p-ö(Lo)/n- [^] car | - Löss über Carbonatgesteinen |
| p-(w)s(Sp)/f-sw(Ggf) | - geröllführender Sand (aus Geschiebedecksand) über Fluvisandgeröll (aus Schmelzwasserschotter) |
| p-ö(Lol)//g-(k)t(Mg) | - Löss über tiefem kiesführenden Moränenton (kiesig-schluffige Moräne) |

Das zweite Element zur umfassenden Kennzeichnung ist der Bodentyp. Bodentypen unterscheiden sich nach charakteristischen Horizonten und Horizontabfolgen (Widerspiegelung pedogener Prozesse in Ober- und Unterbodenhorizonten) und werden in Abteilungen, Klassen, Bodentypen, Bodensubtypen und Bodenvarietäten unterschieden. Beispiele für die bodensystematische Kennzeichnung auf dem Niveau der Bodenvarietäten sind (AG Boden 1994; AK Bodensystematik 1998):

- pBB - podsolige Braunerde
- IBB - lessivierte Braunerde
- PP-GG-BB - Podsol-Gley-Braunerde

Die Bodenform ist die Einheit zur umfassenden Kennzeichnung des realen Bodenkörpers und seiner Standort- und Umwelteigenschaften. Sie liefert die Möglichkeit des systematischen Vergleichs von Böden über verschiedene Landschaften hinweg (ALTERMANN & KÜHN 1997). Bodenformen sind die Kombinationen substrat- und bodentypologischer Einheiten (Abb. 12).

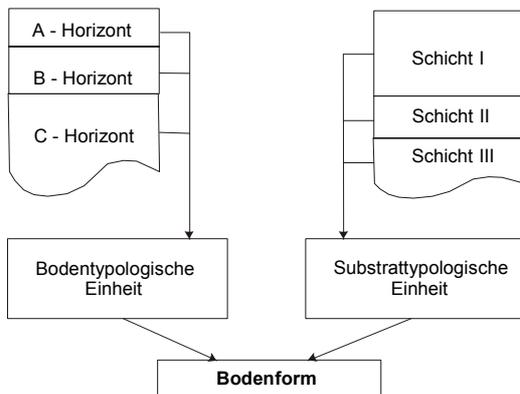


Abb. 12: Schematische Darstellung zur Ableitung der Bodenform aus Horizonten und Schichten (DREXLER et al. 2000: 368).

Die Bodenform kennzeichnet das Substrat und dessen pedogenetischen Entwicklungszustand und charakterisiert damit die wesentlichen Standortseigenschaften.

Die Bodenform kann systematische Einheiten unterschiedlichen Niveaus beinhalten (Abb. 13). Eine Kombination zur Beschreibung und Kennzeichnung von Bodeneinheiten in der topischen und chori-schen Dimension ist die Verknüpfung von Bodensubtyp und Substrattyp.

| Bodensystematische Einheit | | + Substratsystematische Einheit | | |
|----------------------------|---|---------------------------------|---|----------------|
| Kategorie der Bodenform | | | | |
| Bodenklasse | → | Bodenhauptform | ← | Substratklasse |
| Bodentyp | → | | ← | |
| Bodentyp | → | Bodenform | ← | Substrattyp |
| Bodensubtyp | → | | ← | |
| Bodenvarietät | → | | ← | Substratsubtyp |

Abb. 13: Regeln zur Bildung von Bodenformen (ALTERMANN & KÜHN 1997: 5)

Beispiele für Bodenformen im Niveau Subtyp und Varietät sind:

| | |
|--|--|
| SS-BB: p-(k)s(Sp)//p-(k)(Lg) - | Pseudogley-Braunerde (ausgebildet) in kiesführendem Sand (aus Geschiebedecksand) über tiefem kiesführenden Lehm (aus Geschiebelehm) |
| ISS-BB: pky-(k2)ss(Sp)//pfl-(k2)sl(Lg) - | lessivierte Pseudogley-Braunerde (ausgebildet) in schwach kiesführendem Reinsand (aus Geschiebedecksand) über tiefem, schwach kiesführenden Sandlehm (aus Geschiebelehm) |

Die Kartiereinheiten der Bodenkarten entstehen skalenabhängig als Ausdruck der Kombination(en) substrat- und bodensystematischer Einheiten. Die aufgenommenen, gemessenen oder abgeleiteten Merkmale, welche die pedogenen und lithogenen Faktoren repräsentieren sollen und die jeweilige Kartiereinheit charakterisieren, variieren skalen- und gebietsspezifisch in ihrer Wertigkeit.

Die räumliche Variabilität bodensystematischer Einheiten in den Kartiereinheiten wird als Arealheterogenität bezeichnet. Zur Kennzeichnung der Heterogenität von Bodenarealen liegen aus den 70er Jahren mathematisch orientierte Beschreibungsverfahren der Bodengeographie vor (SCHMIDT 1978). Auf einfachen Indizes, wie dem Knoten-Kanten Verhältnis, aufbauend werden Kartiereinheiten analysiert und als Graphen dargestellt. Die Indizes zur inneren und räumlichen Heterogenität als auch die Grundtypen der Anordnung werden konsequent in der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (SCHMIDT & DIEMANN 1974) als Parameter aufgenommen.

Die Attribute, die zur Kennzeichnung der Heterogenität der Bodenareale für Karten geführt werden, erfuhren im letzten Jahrzehnt eine Erweiterung durch landschaftsanalytische Kenngrößen. Diese quantifizieren die Verteilungsmuster und Flächenanteile vergesellschafteter Böden im Areal. Solche Kenngrößen, gekoppelt an die Inhalte und verbalisiert, sind (KING 1996): Prozent Flächenanteil, Örtliche Beschränkung, Gestalt, Muster, Nachbarschaft, Grenzkontrast und Differenzierungsart.

Zusammengefasst heißt Abgrenzung von Kartiereinheiten, einen Prozess zu durchlaufen, der durch bodengeografische Dimension (topisch, chorisch ...), Bodeneinheit (Kennzeichnung durch: Bodenform, Bodenformengesellschaft ...), der inhaltlichen Kennzeichnung der Bodeneinheit (Varietäten, Subtypen ...) und deren Zusammenhang in den Flächeneinheiten (Flächenanteil, Verteilungsmuster ...) bestimmt ist.

| Hierarchie bodengeografischer Einheiten (Schmidt 1997) | | | | Strukturelle Gliederung der Pedosphäre (Rehfuess 1990) | |
|--|---|---|---|--|--|
| Dimension | Bodengeografisches Definitionsglied | Bezeichnung | Kriterien der Bodenvergesellschaftung | Bereich | Erläuterung |
| | | | | Mikrostrukturelle Einheiten | charakteristische Ordnung von Bodenpartikeln und Poren |
| | | | | Makrostrukturelle Einheiten | Bodenaggregate |
| | | | | Horizont | durch Bodenbildungsvorgänge geprägt, entstanden |
| topisch | Polypedon | Horizont, Schicht | Einzelparameter | Horizont | durch Bodenbildungsvorgänge geprägt, entstanden |
| | | Pedotop I | Lokalbodenform | Pedon | Boden-Elementar-Zelle |
| | | Pedotop II | Bodenform/ Bodensubtyp/ Bodenkomplex | Polypedon | charakteristische innere Struktur |
| chorisch | Regelhafte Anordnung von Pedotopen | Nanopedochore | Bodenformen in regelhafter Anordnung | Boden-(land)schaft | charakteristische Bodengesellschaft |
| | | Mirkopedochore (Bodenlandschaft nach KA 4) | Bodenformen/ Bodentypen in Beziehung zu Geologie, Relief, Hydrologie | | |
| | | Mesopedochore | Anordnungsmuster von Nano-/ Mirkopedochoren | | |
| regionisch | Vergesellschaftung von Normbodenbildungen | Bodenregion I (Bodengroßlandschaft nach KA 4) | Bodentypen-Gesellschaft | | |
| | | Bodenregion II (Bodenprovinz) | Bodentypen-Bodenklassen-Gesellschaft | | |
| zonal | Einheitlichkeit bioklimatischer und paläogeografischer Merkmale | Bodensubzone | Bodentypen-Bodenklassen-Verband | | |
| | | Bodenzone | | | |
| | | | | Pedosphäre | Kontinuum der gesamten Bodendecke |

Tab. 5: Gliederung der Pedosphäre (SCHMIDT 1997: 13, REHFUESS 1990)