

2.7. Bodengeographie

Nicht alle Verwitterungsprodukte werden erodiert und sofort durch Flüsse oder andere Transportmittel weggeführt. Auf mäßig steilen und sanften Hängen, Ebenen und Tiefebenen verbleibt eine Schicht von lockerem, sehr heterogenem, verwittertem Material, das das anstehende Gestein überdeckt. Es kann Bruchstücke von verwittertem und unverwittertem Ausgangsgestein, Tonmineralien, Eisen- und andere Metalloxide sowie weitere Produkte der Verwitterung enthalten. Ingenieure und Bauarbeiter bezeichnen diese gesamte Schicht als „Boden“. Geologen bevorzugen jedoch für dieses Material den Ausdruck Deckschichten oder Verwitterungsmaterial und verstehen unter einem „Boden“ lediglich die obersten Schichten, die organisches Material enthalten und ein Pflanzenwachstum ermöglichen. Das organische Material im Boden, der Humus, stammt von den Rückständen und Abbauprodukten der zahlreichen Pflanzen, Tiere und

den Mikroorganismen, die im oder auf dem Boden leben.

Die Böden unterscheiden sich in ihrer Farbe von leuchtenden Rot- und Brauntönen eisenreicher Bodensubstrate bis zum Schwarz der Böden, die reich an organischem Material sind. Böden unterscheiden sich darüber hinaus auch in ihren Bodenarten. Einige enthalten große Mengen Gerölle und Sand, andere bestehen ausschließlich aus Ton. Da Böden leicht erodiert werden, bilden sie sich nicht auf sehr steilen Hängen oder dort, wo eine große Höhenlage oder ein kaltes Klima den Pflanzenwuchs verhindert.

Böden sind ein so wesentlicher Teil unserer Umwelt und Wirtschaft, daß sich im 20. Jahrhundert ein eigener Wissenschaftszweig, die Bodenkunde, entwickelt hat. Bodenkundler, Agronomen, Geologen und Agraringenieure untersuchen die Zusammensetzung und Ent-

stehung der Böden sowie ihre Eignung für die landwirtschaftliche Nutzung und als Baugrund, aber auch ihre Bedeutung als Indikator für die Klimaregulation und ihre Bedeutung als Indikator für die Klimaregulation und schließlich unter zahlreichen weiteren Aspekten (vgl. Exkurs 6.2).

Bodenprofile

In einem Straßen- oder Grabeneinschnitt zeigt ein Boden einen deutlich vertikalen Aufbau, das Bodenprofil (Abbildung 6.14). Die oberste Schicht, gewöhnlich nicht mehr als einen oder zwei Dezimeter mächtig, ist die dunkelste, da sie den höchsten Gehalt an organischer Substanz aufweist. Diese Schicht wird als A-Horizont bezeichnet (ein bestimmtes Niveau in einer Schichtenfolge wird gewöhnlich als „Horizont“ be-

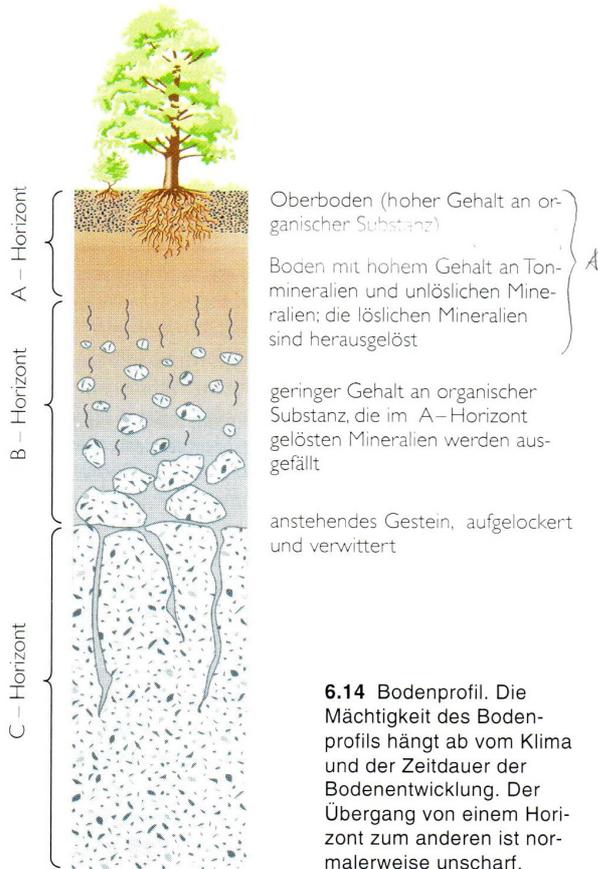
zeichnet). In einem mächtigen Boden, der sich im Laufe eines langen Zeitraumes gebildet hat, bestehen die anorganischen Bestandteile dieser obersten Schicht überwiegend aus Tonmineralien und unlöslichen Mineralien wie Quarz. Lösliche Mineralien wurden ausgewaschen. Unter diesem obersten Horizont folgt der B-Horizont, in dem organisches Material selten ist. In dieser Schicht reicherten sich die löslichen Mineralien und Eisenhydroxide in Form dünner Schmitzen, Linsen und Überzüge an. Die unterste Schicht, der C-Horizont, ist das zwar aufgelockerte und angewitterte, aber sonst nur geringfügig veränderte Ausgangsgestein, vermischt mit Tonsubstanz aus der chemischen Verwitterung.

Die meisten Böden sind Rückstandsbildungen, das heißt, sie entwickeln sich an Ort und Stelle vom anstehenden Gestein zur Verwitterungsdecke und schließ-

lich zu einem Boden mit deutlich ausgebildeten Bodenhorizonten. Böden bilden sich um so rascher und werden um so mächtiger, je intensiver die Verwitterung ist. Doch selbst bei starker Verwitterung kann es Tausende von Jahren dauern, bis der A-Horizont so weit entwickelt ist, daß er Ernteerträge liefern kann. Böden entstehen deshalb so langsam, weil die chemische Verwitterung nur während der kurzen Zeit, in der Regenwasser versickert, besonders wirksam ist. Während der trockenen Perioden laufen die Verwitterungsreaktionen zwar weiter ab, aber nur sehr langsam und auch nur dann, wenn eine gewisse Restfeuchtigkeit im Boden zurückbleibt. Wo Boden zwischen den Regenfällen völlig austrocknet, hört die chemische Verwitterung fast vollständig auf.

Böden können aber auch dadurch entstehen, daß von den umgebenden Hängen Bodensubstrat erodiert, hang-

Der durchschnittliche Boden



abwärts transportiert und in tieferen Gebieten abgelagert wird. Die zunehmende Umlagerung von Bodenmaterial ist eine Folge der Bodennutzung. So führt vor allem der Ackerbau auf großen Flächen zu erheblicher Abspülung. Solche kolluvialen oder umgelagerten Böden (sogenannte Kolluvien) verdanken ihre Mächtigkeit daher vor allem der Ablagerung, weniger der Verwitterung an Ort und Stelle. Kolluviale Böden sind im beackerten Hügelland, vor allem am Fuß von Hängen, in Senken oder in Tälern sehr häufig, wo sie wertvolle Ackerflächen darstellen. Sie sollten nicht mit normalen Sedimenten verwechselt werden, die von Flüssen, Wind und Eis abgelagert wurden.

Der Einfluß von Klima und Zeit auf die Bodenbildung

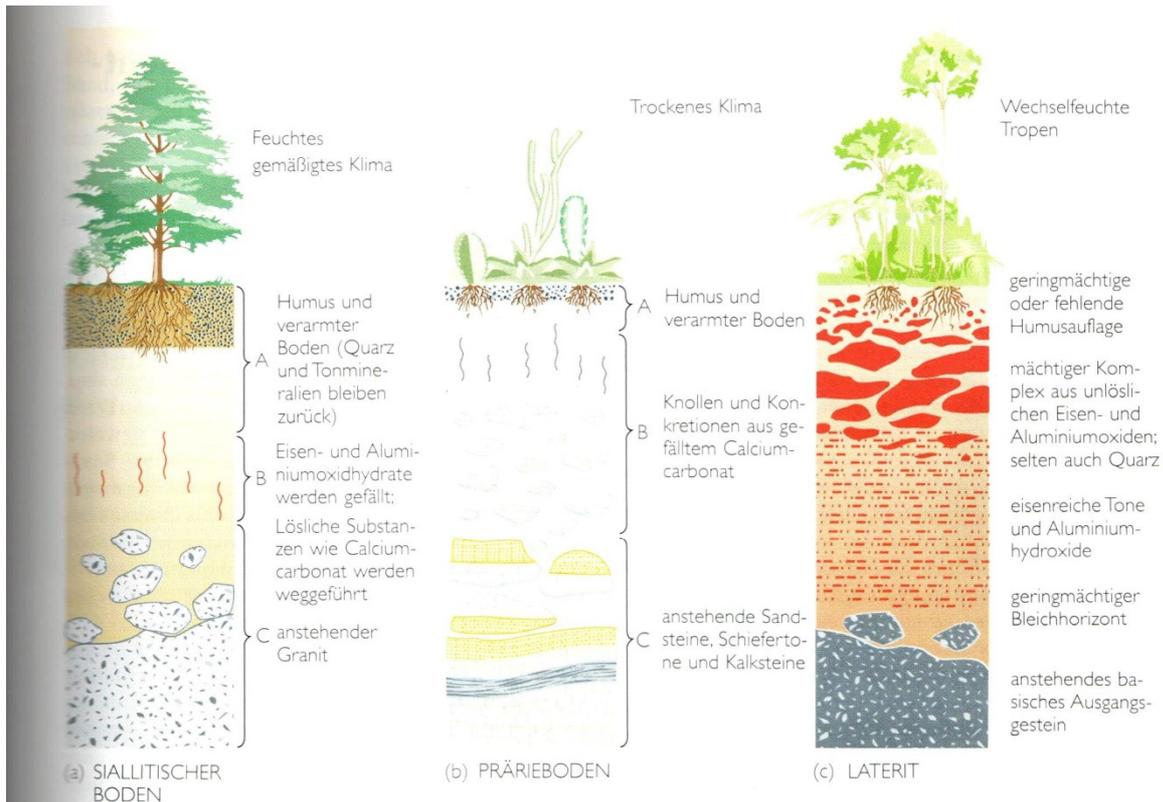
Weil Klima und Verwitterung sehr eng zusammenhängen, hat das Klima auch einen erheblichen Einfluß auf den Bodentyp, der auf irgendeinem vorgegebenen Ausgangsgestein entsteht. Im warmen humiden Klima ist

die Verwitterung rasch und intensiv, die Böden werden daher sehr mächtig. Je höher Temperatur und Feuchtigkeit sind, desto üppiger ist die Vegetation. Reichliche Vegetation, Feuchtigkeit und höhere Temperaturen beschleunigen die chemische Verwitterung so stark, daß aus der obersten Bodenschicht alle löslichen und leicht verwitterbaren Mineralien entfernt werden. Feldspäte, die anderen Silicate und selbst Quarz gehen in andere Mineralphasen über oder werden gelöst. Der Rückstand dieser extrem raschen Verwitterung ist ein Boden, der im wesentlichen aus Tonmineralien und rötlichen Eisenoxiden besteht.

Mangel an Wasser und das Fehlen von Vegetation verlangsamen die Verwitterung, daher sind die Böden in ariden Gebieten normalerweise geringmächtig. Ihre A-Horizonte enthalten noch große Mengen an unverwittertem Ausgangsgestein, entweder in Form von Mineralien oder Gesteinsbruchstücken. Wenn die Niederschläge zu gering sind, um bedeutende Mengen der löslichen Mineralien auszuwaschen, bleibt ein großer Teil davon im A-Horizont zurück.

Die Eigenschaften der Böden in Gebieten mit mäßigen Niederschlägen und Temperaturen sind abhängig vom Klima, von der Art des Ausgangsgesteins und der Zeitdauer, in der sich der Boden entwickeln und mächtiger werden konnte. Je länger dieser Zeitraum ist, desto weniger wird der Boden noch den Einfluß seines Ausgangsgesteins widerspiegeln. Zum Beispiel wird sich ein Boden, der in einer relativ kurzen Zeit in einem Klima mit mäßigen Temperaturen und Niederschlägen auf einem Granit als Ausgangsgestein entstanden ist, erheblich von einem Boden unterscheiden, der sich unter denselben Bedingungen auf Kalkstein als Ausgangssubstrat gebildet hat. So kann der Boden auf Granit noch Reste primärer Silicatmineralien enthalten, wobei jedoch die Tonmineralien vorherrschen, die sich aus Feldspat als dem Hauptbestandteil des Ausgangsgesteins bilden. Der Boden auf dem Kalkstein kann ebenfalls noch geringe Reste von Calciumcarbonat aufweisen, aber die meisten der Kalksteinbruchstücke sind gelöst worden. Bei den in diesem Boden vorhandenen Tonmineralien handelt es sich überwiegend um jene Mineralien, die bereits vor der Verwitterung als Verunreinigungen im Kalkstein vorhanden waren. Doch nach einigen tausend Jahren dürften die Unterschiede zwischen den beiden Böden geringer werden oder sogar ganz verschwinden. In beiden Bodentypen können dieselben Tonmineralien entstehen, jeweils in Abhängigkeit vom Klima, und in beiden werden schließlich alle löslichen Mineralien aus den oberen Schichten verschwunden sein.

Intensive Verwitterung vermindert ebenfalls den Einfluß des Ausgangsgesteins. Entsprechend dominiert in kalten ariden Gebieten, wo die chemische Verwitterung nur sehr langsam abläuft, der Einfluß des Ausgangsgesteins, selbst dort, wo sich die Böden über lange Zeiträume hinweg entwickelten.



6.15 Einige wichtige Bodentypen: (a) Siallitisches Bodenprofil, entwickelt auf Granit in einem Gebiet hoher Niederschläge. Die einzigen mineralischen Bestandteile in den oberen Bereichen des Bodenprofils sind Eisen- und Aluminiumoxide neben Silicaten wie Quarz und Tonmineralien, die alle unlöslich sind. Calciumcarbonat ist nicht mehr vorhanden. (b) Bodenprofil eines Präriebodens, entwickelt auf Sedimentgesteinen in einem Gebiet mit geringen Niederschlagsmengen. Der A-Horizont ist ausgewaschen, der

B-Horizont ist mit Calciumcarbonat angereichert, das durch Verdunstung des Bodenwassers ausgefällt wurde. (c) Lateritisches Bodenprofil, entwickelt in tropischem Klima auf einem basischen Magmatit. In der oberen Zone bleiben nur unlösliche Eisen- und ähnliche Oxide zurück, vereinzelt auch Quarz. Alle löslichen Substanzen einschließlich der relativ unlöslichen Kieselsäure werden weggeführt, folglich kann das gesamte Bodenprofil als A-Horizont betrachtet werden, der dem C-Horizont aufliegt.

Wichtige Bodentypen

Wegen der Bedeutung der Böden für die Landwirtschaft wurden die verschiedenen Bodentypen nahezu weltweit kartenmäßig erfaßt. Einige Bodentypen eignen sich ausgezeichnet für den Getreideanbau, andere dagegen weniger. Auf der Basis ihrer mineralogischen und chemischen Zusammensetzung können wir drei größere Bodenkategorien unterscheiden, die alle weitgehend mit dem in diesen Zonen herrschenden Klima korrelieren (Abbildung 6.15). **Böden der siallitischen Verwitterung**, in der amerikanischen Literatur als Pedalfers bezeichnet, sind Böden mit einem hohen **Gehalt an Aluminium- und Eisenoxiden beziehungsweise -hydroxiden**. Sie sind charakteristisch für einen Großteil der Gebiete mit mittleren bis hohen Niederschlagsmengen, wie den östlichen Vereinigten Staaten,

dem größten Teil Kanadas und großen Teilen Europas. Die **oberen und mittleren Horizonte dieser Böden enthalten überwiegend unlösliche Mineralien wie Quarz, Tomineralien und Umwandlungsprodukte eisenführender Mineralien**. Carbonate und andere leichter lösliche Mineralien fehlen. In Mitteleuropa würden von der Bodensystematik her beispielsweise die Braunerden, Parabraunerden und die Podsole in diese Reihe gehören. Diese Böden der siallitischen Verwitterung stellen, abgesehen von den Podsolen, für die Landwirtschaft überwiegend gute Böden dar.

Die Prärieböden (Pedocals), die vor allem in Nordamerika eine große Rolle spielen, in Mitteleuropa aber weitgehend fehlen, sind aufgrund des darin auftretenden Calciumcarbonats und der anderen löslichen Mineralien ausgesprochen calciumreiche Böden. Diese Böden sind charakteristisch für warme, trockene Ge-

biote wie die südwestlichen Vereinigten Staaten. In diesen Klimazonen steigt zwischen den Niederschlagsperioden ein Großteil des Bodenwassers kapillar bis nahe an die Oberfläche auf, verdunstet dort und hinterläßt vor allem in den mittleren Bodenschichten Knollen und kleinere Kügelchen aus Calciumcarbonat. Solche Prärieböden sind nicht so fruchtbar wie die Böden der siallitischen Verwitterung, weil die Kombination von mineralogischer Zusammensetzung und Trockenheit für eine stärkere Besiedlung durch Bodenorganismen hinderlich ist. Daher sind diese Böden normalerweise arm an organischer Substanz.

Laterite sind als anderer Extremfall intensiv rote Böden der feuchten Tropen, in denen **alle Silicatminerale, sogar der Quarz, vollständig verwittert und in Lösung gegangen sind**. Zurückgeblieben sind überwiegend **Aluminium- und Eisenoxide beziehungsweise -hydroxide**. Siliciumdioxid und auch Calciumcarbonat wurden aus den oberen Bodenbereichen ausgewaschen. In den äquatorialen Regenwäldern entwickelt sich auf den Lateriten zwar eine **üppige Vegetation**, aber sie sind für Feldfrüchte keine sehr ertragreichen Böden. Der größte Teil der organischen Substanz wird an der Oberfläche sehr rasch zersetzt und wieder von der Vegetation aufgenommen, so daß im Oberboden nur eine geringmächtige Humusaufgabe entwickelt ist. Das Roden des Waldes und die Bodenbearbeitung führen dazu, daß der im Oberboden vorhandene geringe Humusgehalt rasch oxidiert wird und damit verschwindet und lediglich die darunterliegende, unfruchtbare Schicht zurückbleibt. Aus diesem Grund können viele Laterite nach der Rodung nur wenige Jahre intensiv genutzt werden, ehe sie unfruchtbar werden und aufgegeben werden müssen. Große Gebiete in Indien sind heute in diesem Zustand. Da auch in Brasilien weite Bereiche des Amazonas-Regenwaldes gerodet werden, dürften auch hier in wenigen Jahren unfruchtbare Gebiete zurückbleiben. Unter natürlichen Bedingungen dauert es sehr lange Zeit, meist mehrere hundert bis tausend Jahre, bis ein Wald auf Lateritböden wieder nachwächst.

Quelle: Press, F. / Siever, R. (1995): *Allgemeine Geologie*. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.