

Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit (BMU)

Ohne Boden



bodenlos

– eine Denkschrift zum Boden-Bewusstsein –

Gefördert durch die



Berlin, Dezember 2002

Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz
beim Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

Ohne Boden

- eine Denkschrift zum Boden-Bewusstsein -

bodenlos

**Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz
beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit (BMU)**

Stand Dezember 2002

Prof. Dr. Peter Grathwohl, Geologe
Institut für Geowissenschaften
der Universität Tübingen

Prof. Dr. Dietrich Henschler, Toxikologe
Institut für Pharmakologie und Toxikologie
der Universität Würzburg

Prof. Dr. Werner Klein, Umweltchemiker und Ökotoxikologe
Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie
Schmallenberg und Aachen

Prof. Dr. Günter Miehlich, Bodenkundler (Vorsitzender)
Institut für Bodenkunde
der Universität Hamburg

Prof. Dr. Heidrun Mühle, Agronomin
UFZ - Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Leipzig, Halle

Prof. Dr. Hans Willi Thoenes, Technologie (Stellvertretender Vorsitzender)
Wuppertal

Prof. Dr. Wolfgang Walther, Wasserwirtschaftler
Institut für Grundwasserwirtschaft
der Technischen Universität Dresden

Prof. Dr. Dr. Berndt-Michael Wilke, Bodenkundler und Ökotoxikologe
Institut für Ökologie, FG Abfallbelastung der Landschaft
der Technischen Universität Berlin



Geleitwort

Böden bilden die Lebensgrundlage für den Menschen: auf ihnen bauen wir unsere Nahrungs- und Futterpflanzen an, auf ihnen gedeihen nachwachsende Rohstoffe, sie reinigen das Wasser, sie dienen als Baugrund und aus ihnen können Rohstoffe gewonnen werden. Böden sind gleichzeitig ein unverzichtbarer Bestandteil der Ökosysteme. Sie bieten Lebensraum für einen kaum überschaubaren Kosmos von Tieren und Pflanzen und sind damit eine wesentliche Grundlage für die Biodiversität; sie sind eine wichtige Steuereinheit für lokale und globale Stoff- und Wasserkreisläufe.

Der Mensch hat Böden seit Jahrtausenden genutzt, teilweise sogar übernutzt. Schon im römischen Reich wurde die Bodenerosion durch unangepasste Bodennutzung beklagt. Heute stellen Boden-degradation und Erosion weltweit das gravierendste Problem für die Ernährung der Menschheit dar. Zudem werden Böden mit Schadstoffen belastet oder durch Verdichtung in ihren Funktionen beeinträchtigt.

Die Bundesregierung hat 1999 mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz und der Bodenschutzverordnung die rechtlichen Grundlagen für einen sorgsamen Umgang mit Böden geschaffen. Seither gilt es, das Bodenschutzrecht in der täglichen Praxis anzuwenden. Im Bodenschutzbericht der Bundesregierung vom Juni diesen Jahres wird der erreichte Stand in diesem wichtigen Feld der Umweltvorsorge beschrieben. Während der kurzen Zeit seit Inkrafttreten des Gesetzes wurden erhebliche Fortschritte im Bodenschutz erzielt.

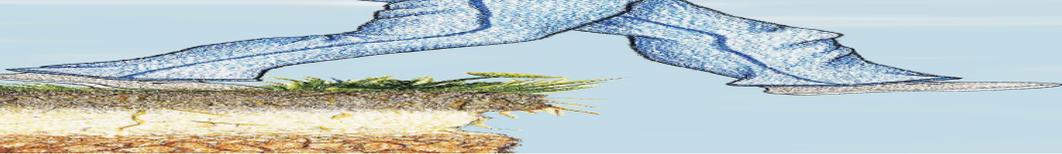
Es bleibt aber noch viel zu tun, um flächendeckend einen nachhaltigen Umgang mit Böden zu erreichen und die derzeitige Flächeninanspruchnahme für Siedlung, Gewerbe und Verkehr deutlich zurück zu führen. Die Bundesregierung wird deshalb eine Strategie zur Reduzierung des Flächenverbrauchs entwickeln.

Der Einsatz von Düngemitteln bei der Produktion von Nahrungsmitteln darf nicht zu einer schleichenden Anreicherung von Schadstoffen in den landwirtschaftlichen Böden führen. Deshalb werden geeignete Grenzwerte eingeführt, um die Erzeugung von gesunden Nahrungsmitteln auf sauberen Böden auf Dauer zu gewährleisten. Darüber hinaus wird die Bundesregierung zum Schutz des Bodens ein Konzept vorlegen, das insbesondere darauf abzielt, Bodenerosion und weitere Bodenverdichtungen zu vermeiden.

Umfassender Bodenschutz kann nur gelingen, wenn die Bedeutung der Böden, deren Gefährdung und die daraus resultierenden Folgen allen Bevölkerungskreisen bewusst werden. Ich begrüße es daher, dass der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz, der mein Ministerium in Fragen des Bodenschutzes berät, sich des Themas angenommen hat und diese Denkschrift veröffentlicht. Sie wendet sich an Alle und zeigt, wie wir zu einem sorgsamen Umgang mit Böden beitragen können. Ich wünsche, dass diese Schrift zum Ausgangspunkt vieler Initiativen wird.



Jürgen Trittin
Bundesminister für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit



Inhalt

	Seite
1 Vorwort	6
2 Böden und ihre Wahrnehmung	8
3 Böden sind wertvoll	10
3.1 ... weil sie für Nahrung sorgen	10
3.2 ... weil in ihnen unzählige Tiere und Pflanzen zu Hause sind	11
3.3 ... weil sie Gewässer schützen	13
3.4 ... weil sie Schadstoffe speichern und abbauen	15
3.5 ... weil sie für ein angenehmes Klima sorgen	16
3.6 ... weil sie Geschichten erzählen	17
3.7 ... weil sie Schätze enthalten	18
4 Böden sind bedroht	21
4.1 ... durch Schadstoffe	21
4.2 ... durch Arzneimittel	23
4.3 ... durch Gentechnik	25
4.4 ... durch Klimaänderungen	27
4.5 ... durch Überbauung	28
4.6 ... durch Bodenerosion	30
5 Bodenschutz braucht viele Helfer	33
5.1 ... im Kindergarten	33
5.2 ... in der Schule	34
5.3 ... an Universitäten und Fachhochschulen	35
5.4 ... in den Medien	37
5.5 ... im Museum	37
5.6 ... und Grundbesitz	38
5.7 ... in Landwirtschaft und Forstwirtschaft	39
5.8 ... im Garten- und Landschaftsbau	41
5.9 ... im Naturschutz	42
5.10... und Sanierung	44
6 Boden und Kunst	46
Glossar	50
Bildnachweis	57
Impressum	

1 Vorwort

Kaum zu glauben, aber wahr: In Deutschland wird derzeit jeden Tag eine Freifläche so groß wie etwa 170 Fußballfelder mit Siedlungen, Straßen und Gewerbegebieten überbaut; das entspricht in sechs Jahren der Größe des Saarlandes. Mehr als die Hälfte dieser Frei-

Es gibt in der ganzen Natur keinen wichtigeren, keinen der Betrachtung würdigeren Gegenstand als den BODEN.

Frédéric Albert Fallou, 1862

fläche geht durch die Bauwerke vollständig verloren, der größte Teil der übrigen Fläche wird durch die Bautätigkeit so stark gestört, dass die Böden ihre ursprünglichen Funktionen teilweise verlieren. Aber Überbauung ist nicht die einzige Form, durch die Böden verloren gehen. Weltweit ist etwa ein Drittel der landwirtschaftlich genutzten Fläche so geschädigt, dass es zu Ertragseinbußen kommt, und jedes Jahr werden ca. 120.000 Quadratkilometer Ackerland, das sind ca. 0,1 Prozent der nutzbaren Fläche dieser Erde, aufgegeben, weil sich der Anbau nicht mehr lohnt. Böden mit ihren natürlichen Funktionen zu erhalten, ist daher eine vordringliche Aufgabe des Umweltschutzes.

Durch die Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes und der Bundes-Bodenschutzverordnung (i1-1) hat der Gesetzgeber dem Bodenschutz einen angemessenen Platz innerhalb des Umweltschutzes eingeräumt. Es gilt nun, die Inhalte der gesetzlichen Regelungen in die Praxis umzusetzen. Ein Hemmnis dafür liegt jedoch darin, dass die komplexen Zusammenhänge zwischen den Funktionen, die Böden haben, und den Auswirkungen der Eingriffe des Menschen weder allen Bodennutzern noch der Öffentlichkeit bewusst sind. Der vom Bundesministerium für Umweltschutz, Reaktorsicherheit und Naturschutz ins Leben gerufene Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz (WBB, i1-2), der in seinem ersten Gutachten Wege für eine erweiterte Vorsorge im Bodenschutz aufgezeigt hat (i1-3), will mit dieser

Denkschrift dazu beitragen, Defizite im Boden-Bewusstsein abzubauen. Die Schrift wendet sich vor allem an jene Akteure, die das Boden-Bewusstsein verbreiten helfen, also vor allem an:

- Pädagogen für alle Altersstufen
- Medien
- Museen
- Künstler
- Verbände, insbesondere die Umwelt- und Naturschutzverbände, die im Bereich Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Kleingärten und Gartenbau tätigen Verbände und den Grundstückseigentümerverband, sowie
- Boden-, Umwelt- und Naturschutzämter.

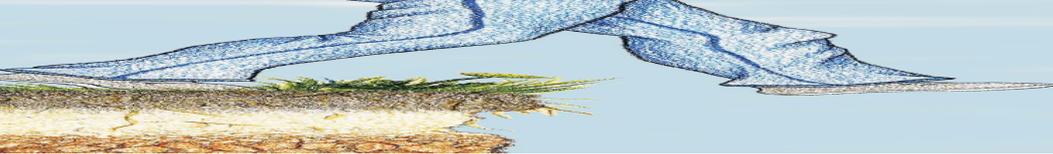
Der WBB möchte die Akteure anregen, das Thema verstärkt aufzugreifen und sich mit ihren spezifischen Mitteln für den Bodenschutz zu engagieren.

Die Broschüre geht zunächst darauf ein, wie Böden und ihr Schutz derzeit in der Öffentlichkeit wahrgenommen werden. In den folgenden Abschnitten beschreibt das Heft, welche Bedeutung Böden für den Menschen und seine Umwelt haben, und macht an ausgewählten Beispielen deutlich, welche Prozesse Böden und ihre Funktionen bedrohen. Im letzten Abschnitt gibt der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz Empfehlungen, wie die unterschiedlichen Akteure helfen können, das Thema Böden und Bodenschutz "gesellschaftsfähig" zu machen. Jedes Kapitel enthält Quellenangaben und Hinweise für weitere Informationen. Ein Glossar erläutert Fachausdrücke und Abkürzungen. Nähere Angaben zu den Bildern, den Bildautoren und zum Bild-Copyright finden Sie im Bildverzeichnis. Weiterführende Informationen zu Böden und zur Bodenkunde finden Sie unter i1-4.



Bild 1: *fossiler Podsol in saalezeitlichen Sanden*

Die Mitglieder des Beirats sind gerne bereit, Aktivitäten mit weiteren Anregungen zu unterstützen. Anfragen richten Sie bitte an die Geschäftsstelle des Wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz, z.Hd. Frau K. Seidler, Umweltbundesamt, Postfach 330022, 14191 Berlin.



Der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz dankt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, für die Unterstützung bei der Herausgabe dieser Schrift, der Geschäftsstelle des Beirats (Frau Kerstin Seidler, Herrn Dr. Volker Franzius und Herrn Prof. Dr. Friedrich Rück) für die inhaltliche und redaktionelle Unterstützung, Herrn Dr. Günther Bachmann für die Abfassung der Kapitel 4.5 und 6, Herrn Tim Bartels für die kritische Durchsicht des Manuskripts und die Erstellung des Kapitels 2 sowie Herrn Dr. Klaus Berger für die Schlussredaktion und die Erstellung des Glossars.

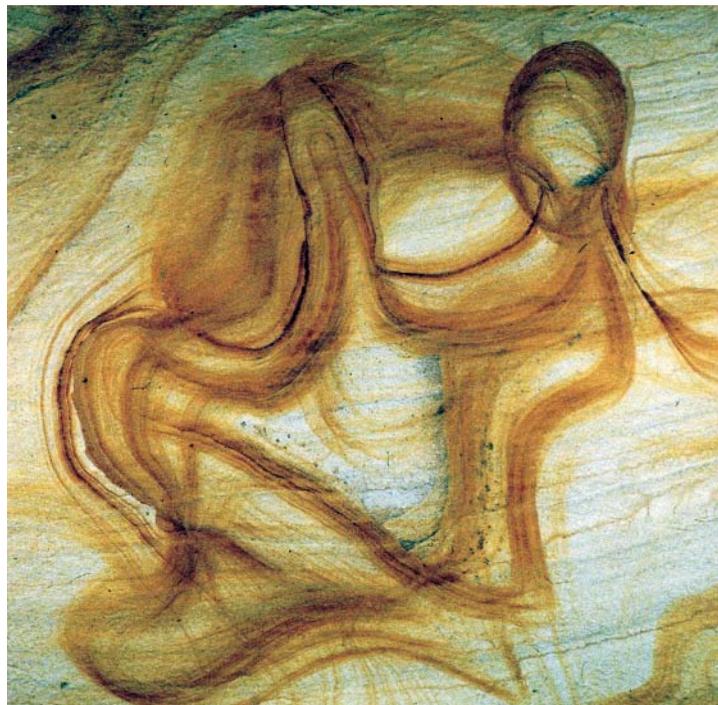


Bild 2: Eisenausfällungen in eiszeitlichen Sanden

i

i1-1: Holzwarth, F., Radtke, H., Hilger, B. u. Bachmann, G.: Bundes-Bodenschutzgesetz / Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenschutz & Altlasten 5, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2000.

i1-2: Weitere Informationen zum Wissenschaftlichen Beirat Bodenschutz:
www.Wissenschaftlicher-Beirat-Bodenschutz.de.

i1-3: Bachmann, G. u. Thoenes, H. W. (Hrsg.): Wege zum vorsorgenden Bodenschutz. Bodenschutz & Altlasten 8, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2000.

i1-4: Weiterführende Informationen zu Böden und Bodenkunde: Scheffer / Schachtschabel: Lehrbuch

der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 2002; • Kuntze, H., Roeschmann, G. u. Schwerdtfeger, G.: Bodenkunde. Eugen Ulmer, Stuttgart, 1994; • Blume, H.-P., Felix-Henningsen, P., Fischer, W. R., Frede, H. G., Horn, R. u. Stahr, K. (Hrsg.): Handbuch der Bodenkunde. Loseblatt-Ausgabe, ecomed, Landsberg / Lech, ab 1996;

• Sumner, M. E. (Hrsg.): Handbook of Soil Science. CRC Press, Boca Raton u. a., 2000.

i1-5: Weiterführende Informationen zum Bodenschutz: Rosenkranz, D., Bachmann, G., Eisele, G. u. Harres H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz; ergänzb. Handbuch, Erich Schmidt Verlag, Berlin, ab 1988. • Blume, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. ecomed, Landsberg/ Lech, 1992.

2 Böden und ihre Wahrnehmung

Der Boden unter unseren Füßen ist uns so selbstverständlich, sein Nutzen so naheliegend, dass er uns oft schon gar nicht mehr bewusst wird. Nur für einen kleinen Teil der Bevölkerung, beispielsweise für Landwirte, Gärtner und Bergleute, ist der Boden täglich präsent. Die meisten Menschen unserer Gesellschaft aber sind typische "Bodenignoranten": Sie assoziieren mit Boden Dreck und Matsch. Gummistiefel beim ersten Spatenstich dokumentieren diese Einstellung.

Das Umweltbewusstsein macht sich derzeit an getrennter Müllsammlung, am 3-Liter-Auto und dem Schutz der Wale fest. Eine Marketingfirma hat im Auftrag des Landkreises Osnabrück im Rahmen der Expo 2000 ermittelt, was Otto Normalverbraucher zum Wort "Boden" einfällt. Aus dieser Befragung hier einige Antworten:

- Boden ist Oberfläche, ein Platz zum Leben;
- das, was einem Halt und Sicherheit gibt;
- das, worauf wir uns bewegen;
- Boden ist zwar essentiell, aber langweilig, weil starr und zweidimensional;
- Boden ist leblos, der Blick darauf unspannend.

Die Umfrage zeigt: Die Ökologie des Bodens, die Art und Weise der Boden-

nutzung scheinen nicht wichtig zu sein. Als eine unverzichtbare Lebensgrundlage werden Böden heute nicht mehr wahrgenommen. Dabei klingt auch im alltäglichen Sprachgebrauch, in zahlreichen Metaphern nach, wie selbstverständlich, aber auch elementar der Boden für den Men-

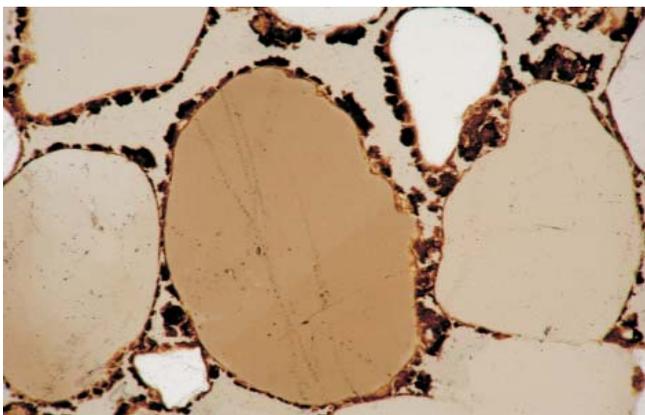


Bild 3: Mit Humus verkittete Sandkörner eines Podsols

schen ist: z. B. in Redewendungen wie "den Boden unter den Füßen verlieren", "bodenständig sein", "aus dem Boden gestampft" oder "Boden gutmachen".



Bild 4: Boden kann man nicht essen - aber ohne Böden hat man nichts zu essen

Doch seine Bedeutung als nahrungsspendendes Medium ist in den Industrieländern weitgehend in Vergessenheit geraten. Die Gründe dafür sind mannigfaltig. Nach dem Zweiten Weltkrieg war die Versorgung mit Lebensmitteln das wichtigste Ziel. Die Europäische Gemeinschaft verankerte 1960 im Vertrag von Rom das Ziel, die Produktivität zu steigern, um einen angemessenen Lebensstandard der Bevölkerung zu gewährleisten. Allein, diese Anstrengungen sind heute über das Ziel hinausgeschossen:

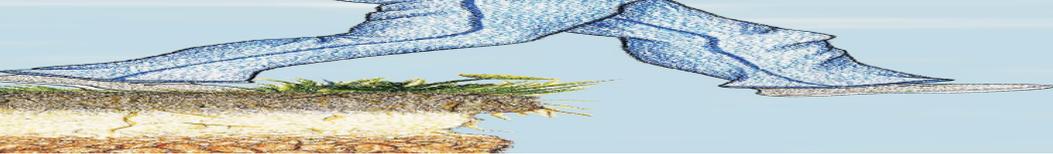
Die Ernährung hat sich weitgehend von der Produktion entkoppelt. Ein großer Teil der Lebensmittel wird heute importiert. Und das führt zu "Bodenvergessenheit" bzw. zu einem allzu sorglosen Umgang mit dem Boden, da lebensbedrohlicher Nahrungsmangel kaum zu befürchten ist.

Boden gehört zur Alltäglichkeit. Man hat nicht das Gefühl, dass der Boden - anders als Luft und Wasser - zum Überleben unbedingt notwendig ist. Deshalb nehmen die Menschen die mit der Nutzung verbundenen potentiellen Risiken nicht wahr.

Böden heute, das ist Geschäft, Immobilie, Wertermittlung, Risiko, ein Handlungsfeld für Banken, Versicherungen, Ingenieurbüros, Rechtsanwälte und Städtebauer. Der Wert des Bodens wird nur noch durch Grundstückspreise deutlich. Die kulturelle und ökologische Bedeutung einer nachhaltigen Bodennutzung war einst

Eine Nation, die ihren Boden zerstört, zerstört sich selbst.

Frédéric Albert Fallou, 1862



bekannt; sie ist in der heutigen Kultur jedoch verschüttet. Allenfalls für Landwirte und Kleingärtner ist der Bezug zur Bodenfruchtbarkeit noch vorhanden.

In unserer Mediengesellschaft ist die Aufmerksamkeit der Bürger eine knappe Ressource geworden. So hat es der Boden unheimlich schwer, seine notwendige Wertschätzung in unserer Gesellschaft zu wecken, obwohl Quali-

Da praktisch jede menschliche Tätigkeit Boden beansprucht, ist jeder Mensch in irgendeiner Weise „Bodenakteur“.

WBGU-Jahresgutachten 1994 (i3.1-1)

tät und Fruchtbarkeit des Bodens über die Jahrtausende bis heute einen entscheidenden Einfluss auf die Ernährung der Menschen hatten und noch haben. Mit der Entfernung, die Stadtbewohner in eine Landschaft mit Bodenkultur zurückzulegen haben, wächst auch die psychologische Distanz zum Boden bis hin zum absoluten Desinteresse.



Bild 5: Eisenminerale in einem Moor

Noch vor fünfzig Jahren verbrachten die meisten Kinder und Jugendlichen ihre Freizeit im Freien, in der Natur, im Wald und auf Wiesen rund um ihren Wohnort. Dabei nahmen sie die Böden mit all ihren Sinnen wahr. Sie sahen im Herbst die unterschiedlichen Farben der Äcker und kannten den Geruch von Acker-, Wald- und Moorböden; mitunter schmeckten die Sprösslinge den Boden unter ihren Füßen sogar, wenn sie hinfielen, darin wühlten oder sich damit bedarfen. Heute dagegen kommen nur noch wenige Heranwachsende mit Erde in Berührung. Für



Bild 6: Was hat ein Schokoriegel mit Boden zu tun ?

die wenigsten ist eine unbebaute Umgebung schnell erreichbar, und der Sand der Spielplätze ist nur ein sehr unvollkommener Ersatz. Spaziergänge "ins Grüne" finden in Parkanlagen auf gepflasterten Wegen statt, und in den meisten Hausgärten müssen sich Kinder schon anstrengen, um in der Erde buddeln zu können.

Entgegen der weit verbreiteten Wahrnehmung beansprucht jede menschliche Tätigkeit Boden und insofern ist jeder Mensch in irgendeiner Weise auch ein "Bodenakteur". Die folgenden Kapitel wollen daher die Wahrnehmung des Bodens und das Bewusstsein über seine Bedeutung und die Notwendigkeit seines Schutzes verbreitern und vertiefen helfen.

i **i2-1:** Allgemeine Informationen zum Thema: Thoenes, H. W.: Bodenreflexionen in unserer Gesellschaft und der Beitrag des Flächenrecyclings. *altlasten spektrum* 4/2001, S. 165-171. • Dosso, M.: Bodenbewusstsein in Öffentlichkeit und Erziehung. Dokumentation der internationalen Tagung der Evangelischen Akademie, Tutzing, November 1999. *Süddeutsche Zeitung GmbH, München, 1999, S. 81.*

3 Böden sind wertvoll

Böden sind eine wesentliche Lebensgrundlage des Menschen. Er produziert auf ihnen mehr als 90 Prozent aller Nahrungsmittel, des Tierfutters und der Faserstoffe. Der Mensch nutzt Böden als Rohstofflager und gründet auf ihnen seine Gebäude. Böden haben aber auch für die Umwelt wichtige Funktionen. Sie bieten einer großen Zahl von Tieren und Pflanzen Lebensraum, haben wichtige Funktionen in lokalen und globalen Stoffkreisläufen und sorgen für ein angenehmes Klima.

Nur wenigen Menschen ist der Zusammenhang zwischen Ernährung und Böden wirklich bewusst, ganz zu schweigen von den vielen anderen Funktionen, die Böden für Menschen und

ihre Umwelt erfüllen. Ohne die Einsicht, dass Böden wertvoll sind, kann Bodenschutz nicht gelingen. Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben daher die wichtigsten Funktionen der Böden und ihre Bedeutung für Mensch und Umwelt.



Bild 7: Gerste

3.1 Böden sind wertvoll, weil sie für Nahrung sorgen

Außerhalb der Gewässer hängt alles Leben vom Boden ab, denn Böden bieten Pflanzen Verankerung und versorgen sie mit Wasser und Nährstoffen. Sie schaffen damit gemeinsam mit dem Klima die Voraussetzungen, dass Pflanzen mit Hilfe des Sonnenlichts das Kohlendioxid der Luft in Biomasse umwandeln können und so nicht nur selbst wachsen, sondern auch die Ernährungsgrundlage für Menschen und Tiere bilden.

Seit Jahrtausenden produzieren Menschen auf Böden gezielt Nahrungsmittel. Doch nicht auf allen Böden gedeihen Pflanzen gleich gut. Böden unterscheiden sich zum Beispiel in der Fähigkeit, Wasser so zu speichern, dass die Pflanzen in Trockenzeiten davon zehren können. Sehr günstig sind in dieser Hinsicht Böden aus tiefgründigen Lehmen und Schluffen, wie z. B. Böden aus Löss, ungünstig sind sandige oder

flachgründige Böden. Von Vorteil ist außerdem ein relativ hoch stehendes Grundwasser, das die Pflanzen unabhängig von den Niederschlägen mit Wasser versorgt. Dies ist ein wesentlicher Grund für die Fruchtbarkeit von Auen und Marschen. Neben Wasser brauchen die Kulturpflanzen auch Sauerstoff im Boden, so dass immer ein Teil der Poren mit Luft gefüllt sein muss.

Vom Wert der Natur, d.h. auch des Bodens, kann nur derjenige wissen, der mit ihr „gewirtschaftet“ hat.

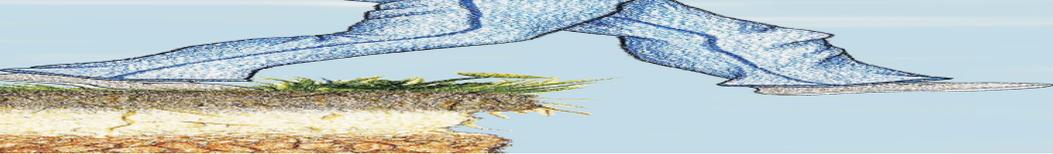
Günther Altner 1991 in „Naturvergessenheit“

Damit Pflanzen wachsen können, brauchen sie eine große Zahl von Nährelementen, die sie in gelöster Form dem Boden entnehmen müssen. Die Nachlieferung der Nährelemente in die Bodenlösung erfolgt durch die Zersetzung der organischen Substanz (Kap. 3.2), durch die Verwitterung der Minerale des Bodens und durch den Austausch von Nährstoffen, die an Humus und Tonminerale gebunden sind. Eine hohe natürliche Nährstoffversorgung haben wiederum Böden aus tiefgründigen Lehmen und Schluffen wie Lössböden und viele Böden in Auen und Marschen, während Sandböden nicht nur trocken, sondern auch nährstoffarm sind. In landwirtschaftlich genutzten Böden muss der Entzug von Nährstoffen mit der Ernte durch Düngung ausgeglichen werden.

Die Bedeutung des Bodens als Ernährungsgrundlage ist in den Industrieländern weitgehend in Vergessenheit geraten. Heute kann man sich kaum mehr vorstellen, dass in vergangenen Jahrhunderten auch in Europa häufig Hungersnöte herrschten. Gründe dafür waren z. B. Nähr-



Bild 8: gepflügter toniger Boden



stoffmangel oder Krankheitserreger im Boden, die milde Winter überdauerten und Missernten verursachten. Erinnert sei an die Braunfäule, ein Pilz, der zwischen 1845 und 1849 in Irland die Knollen der Kartoffel befiel. An dem Ernteausfall und seinen Folgen starben mehr als eine Million Menschen und mehr als zwei Millionen Iren wanderten nach Amerika aus. Nach dem Zweiten Weltkrieg war die Versorgung mit Lebensmitteln das wichtigste Ziel. Die Europäische Gemeinschaft reagierte darauf und verankerte 1960 im Vertrag von Rom das Ziel, die Produktivität zu steigern, um einen angemessenen Lebensstandard der Bevölkerung zu gewährleisten. Allerdings sind die daraufhin ergriffenen Maßnahmen über das Ziel hinausgeschossen. Die moderne Landwirtschaft hat in den Industrieländern außerdem dazu geführt, dass sich die Ernährung von der Produktion der Feldfrüchte entkoppelt hat. Wer denkt beim Verzehr eines Schokoriegels an die Kette Schokolade - Milch - Kuh - Gras - Boden? Ein großer Teil der Lebensmittel wird zudem importiert, so dass alle Nahrungsmittel jederzeit verfügbar sind. Dies führt zu "Bodenvergessenheit" bzw. zu einem allzu sorglosen Umgang mit dem Boden, da lebensbedrohlicher Nahrungsmangel kaum zu befürchten ist.

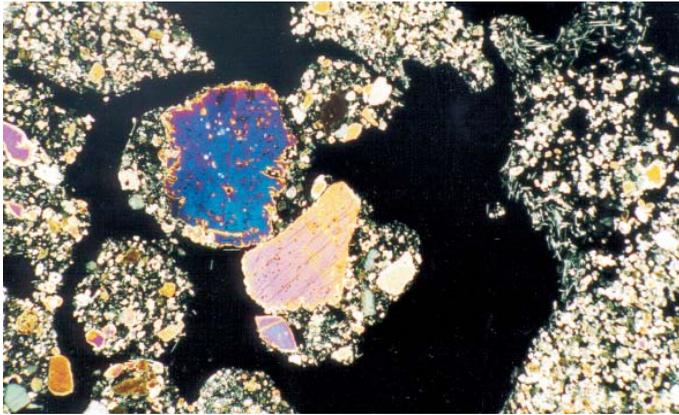


Bild 9: Carbonate in einem Mediterranboden

In den Entwicklungsländern ist das ganz anders. Dort spielt der Boden oft eine entscheidende Rolle für das Überleben der Bewohner. Beispielsweise lebt in der Sahelzone, am südlichen Rand der Sahara, fast 90 Prozent der Bevölkerung im ländlichen Raum und ist nahezu vollständig auf die Erträge der meist wenig fruchtbaren Böden angewiesen. Bei steigender Bevölkerungszahl werden die Böden vor allem durch Überweidung geschädigt und teilweise völlig zerstört. Insbesondere in Dürreperioden führt dies zu verheerenden Hungersnöten, bei denen viele Menschen sterben. Grund genug, die Böden zu erhalten und ihren Schutz der

jeweiligen Region anzupassen. Um die Ursachen der Schädigung zu erkennen und Maßnahmen dagegen ergreifen zu können, müssen Böden immer im Zusammenspiel mit anderen natürlichen Ressourcen (Wasser, Atmosphäre, Vielfalt der Lebewesen) sowie mit ökonomischen und sozialen Faktoren betrachtet werden. Die Kenntnis dieser Zusammenhänge ist ein wichtiger Schritt zu einem Sinneswandel sowohl bei den Landnutzern als auch bei den Verbrauchern. Denn in den Industrieländern muss die Wertschätzung des Bodens wieder zunehmen!

i

i3.1-1: Allgemeine Informationen zum Thema: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahrgutachten 1994, Economica Verlag, Bonn, 1994. • FAO: www.fao.org. • Hurni, H.: A Multi-Level Stakeholder Approach to Sustainable Land Management. In: *Advances in GeoEcology* 31, 1998, S. 827-836.

3.2 Böden sind wertvoll, weil in ihnen unzählige Tiere und Pflanzen zu Hause sind

Ein Gramm Boden enthält Milliarden von Mikroorganismen, also Bakterien, Pilze, Algen und Einzeller, und unter einem Quadratmeter Boden leben Hunderttausende bis Millionen von Bodentieren, wie Fadenwürmer, Regenwürmer, Milben, Asseln, Springschwänze und Insektenlarven. Hochgerechnet auf einen Hektar ergibt das ca. 15 Tonnen Lebendgewicht (i3.2-1), was etwa 20 Kühen entspricht. Es leben also wesentlich mehr Organismen in als auf dem Boden! Diese Organismen sind an die in Böden herrschenden Bedingungen angepasst. Bodenleben ist nur in Hohlräumen möglich, die mit Wasser

Und Gott sprach: Die Erde bringe hervor lebendiges Getier, ein jedes nach seiner Art: Vieh, Gewürm und Tiere des Feldes, ein jedes nach seiner Art. Und es geschah so.

1Mo 1.24

oder Luft gefüllt sind. Kleine Organismen sind auf bestehende Poren angewiesen, größere graben sich ihre eigenen Bauten. Die Bodenorganismen bilden untereinander eng verflochtene Lebensgemeinschaften, deren Zusammensetzung von den Bodeneigenschaften und der Nutzung abhängt. Beispielsweise überwiegen in sauren Böden Pilze, während in neutralen Böden Bakterien dominieren, und Böden unter Gründlandnutzung enthalten mehr Lebewesen als Ackerböden.

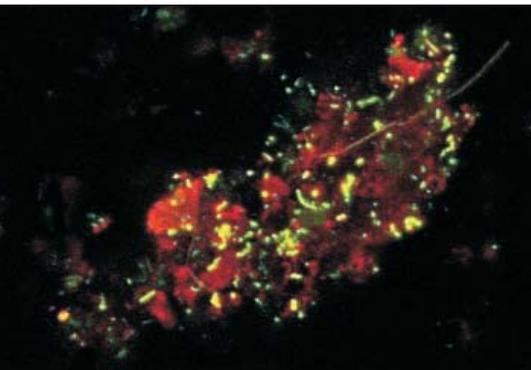


Bild 10: Bakterien (grün) auf Bodenpartikeln (rot)

In einer komplizierten Nahrungskette zersetzen Bakterien, Pilze und Bodentiere organische Stoffe und bilden neue Substanzen. Würmer, Asseln, Milben, Springschwänze und Insektenlarven zerkleinern die Streu - zum Beispiel Laub oder Stroh - und vermischen das Material mit dem Boden. Dabei lockern sie den Boden auf, bilden stabile Bodenkrümel, fördern die Durchlüftung und erhöhen die Fähigkeit, Wasser zu halten. Regenwürmer beispielsweise verlagern auf einem Quadratmeter Boden bis zu zwölf Kilogramm Erde jährlich. Die eigentliche Zersetzung der Streu bewerkstelligen die Bakterien und Pilze des Bodens. Der größte Teil der organischen Stoffe wird veratmet, d.h. unter Energiegewinn in Kohlendioxid und Wasser umgesetzt. Aus dem Rest entstehen die Huminstoffe. Diese dunkel gefärbten Stoffe verbessern das Wasserhaltevermögen des Bodens und erhöhen seine Fähigkeit, Nähr- und Schadstoffe zu speichern. Sie stabilisieren die Bodenaggregate und fördern die Erwärmung des Bodens. Bei der Zersetzung der Streu werden auch die im Pflanzenmaterial gebundenen Nährstoffe in einfache anorganische Verbindungen umgewandelt, die von Wurzeln wieder aufgenommen werden können. Die Streuzersetzung ist somit eine der wichtigsten Leistungen der Bodenorganismen.

Die Geschwindigkeit des Streuabbaus hängt vom Klima, der Art der Vegetation und den Eigenschaften der Böden ab. In mitteleuropäischen Wäldern fallen

jährlich pro Hektar ca. 5 - 7 Tonnen Streu an. Unter günstigen Bedingungen bauen die Bodenorganismen diese Menge nahezu vollständig ab. Sind die Bedingungen dagegen ungünstig, wie z. B. bei nährstoffarmen Böden unter Nadelwald, geht der Abbau des organischen Materials nur langsam voran. Die Folge: Es bilden sich bis zu mehrere Dezimeter mächtige Streuauflagen. Außer der Streu können die Mikroorganismen des Bodens auch organische Schadstoffe wie zum Beispiel Mineralöle und Pflanzenschutzmittel abbauen. Diese Fähigkeit wird auch als Selbstreinigungsvermögen der Böden bezeichnet (Kap. 3.4) und für deren Sanierung genutzt.



Bild 12: Der Hamster, ein Bodenbewohner.

Darüber hinaus haben manche Mikroorganismen die Fähigkeit, Luftstickstoff in organische Stickstoff-Verbindungen umzuwandeln. Beispielsweise binden Knöllchenbakterien der Gattung *Rhizobium*, die in Symbiose mit Schmetterlingsblütlern wie Klee, Bohne oder Luzerne leben, mehr als 300 Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr. Zum Vergleich: Weizen entzieht dem Boden pro Hektar und Jahr zirka 150 Kilogramm Stickstoff. Der ökologische Landbau kann auf diese Weise durch gezielten Anbau von Schmetterlingsblütlern vollständig auf den Einsatz von Stickstoff-Mineraldüngern verzichten.

Besonders enge Beziehungen bestehen auch zwischen Bodenpilzen und höheren Pflanzen, was zum Teil schon in den Pilznamen (z. B. Birkenröhrling) zum Ausdruck kommt. Diese Symbiose wird als Mykorrhiza bezeichnet. Die Pilze bilden dabei an den Wurzeln der Pflanzen ein weiteres Geflecht aus und vergrößern dadurch die Kontaktfläche mit dem Boden. Aufgrund ihres geringeren Durchmessers dringen sie in noch feinere Bodenporen ein und versorgen die Pflanzen so mit Wasser und Nährstoffen (insbesondere mit Phosphor).

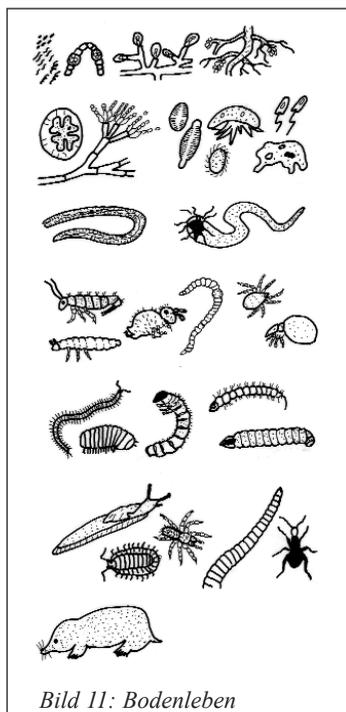
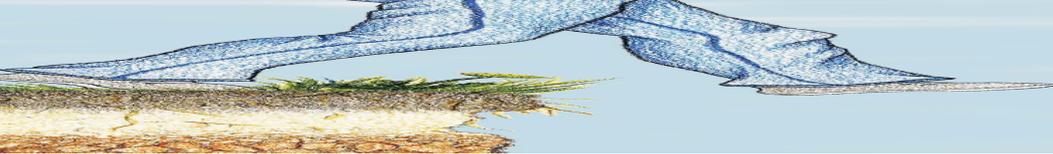


Bild 11: Bodenleben



i

i3.2-1: Jörgensen, R. G.: Die quantitative Bestimmung der mikrobiellen Biomasse in Böden mit der Chloroform-Fumigations-Extraktionsmethode. Göttinger Bodenkundliche Berichte 194, 1995.

i3.2-2: Allgemeine Literatur zur Bodenbiologie: Brucker, G. u. Kalusche, D.: Boden und Umwelt - Bodenökologisches Praktikum -. Biologische Arbeitsbücher, Quelle & Meyer, 1990; • Xyländer, W. (Hrsg.): Leben im Boden. Eigenverlag des Staatlichen Museums für Naturkunde, 1995.

3.3 Böden sind wertvoll, weil sie Gewässer schützen

Fast die gesamte Regenmenge, die auf den Boden fällt, sickert in ihn ein. Ein Teil des Wassers wird gespeichert, der Rest versickert. Der über den Boden zum Grundwasser hin abfließende Teil des Niederschlages wird als Grundwasserneubildung bezeichnet. Sie liegt in Deutschland meist zwischen 100 und 600 Liter pro Quadratmeter und Jahr, im Mittel bei 200 Liter pro Quadratmeter und Jahr. Die jährliche Höhe der Grundwasserneubildung hängt vor allem vom Klima (Menge des Niederschlages, Sonneneinstrahlung, Luftfeuchte und Windverhältnisse), aber auch von der Pflanzenbedeckung und den Bodeneigenschaften ab. Wesentliche Bodeneigenschaften sind die Speicherfähigkeit und die Durchlässigkeit für Wasser. Eine Verdichtung des Bodens vermindert die Speicherfähigkeit



Bild 13: Hochwasser an der Elbe, 2000

und die Durchlässigkeit und verringert dadurch die Grundwasserneubildung. Ein größerer Anteil des Niederschlages fließt dann oberirdisch ab und entsprechend weniger kommt dem Grundwasser zugute.

Erhalt der Bodeneigenschaften bedeutet demnach Erhalt der Menge der Grundwasserneubildung. Dies ist besonders unter dem Gesichtspunkt der Trinkwassergewinnung von Bedeutung, denn 65 % des Trinkwassers werden in Deutschland aus dem Grundwasser gewonnen. Eine Frage und ein kleines Zahlenbeispiel mögen dies verdeutlichen: Wie viel unbelastete Bodenfläche benötigt ein Einwohner, um über die Grundwasserneubildung trinkbares Wasser zu bekommen? In Deutschland liegt der private Wasserverbrauch, also

ohne Berücksichtigung von Gewerbe und Industrie, zur Zeit im Mittel bei 140 Liter pro Einwohner und Tag; im Jahr sind dies 51.100 Liter pro Einwohner.

Nimmt man eine mittlere Grundwasserneubildung von 200 Liter pro Quadratmeter und Jahr an, dann werden 256 Quadratmeter pro Einwohner unbelastete Bodenfläche benötigt.

Dies entspricht einer Bodenfläche von 16 mal 16 Meter. Oder anders beschrieben: Ein Fußballfeld möge die Abmessungen von 50 mal 100 Meter gleich 5000 Quadratmeter haben. Über solch eine, sonst unbelastete Bodenfläche könnten dann ca. 20 Einwohner mit Trinkwasser versorgt werden.



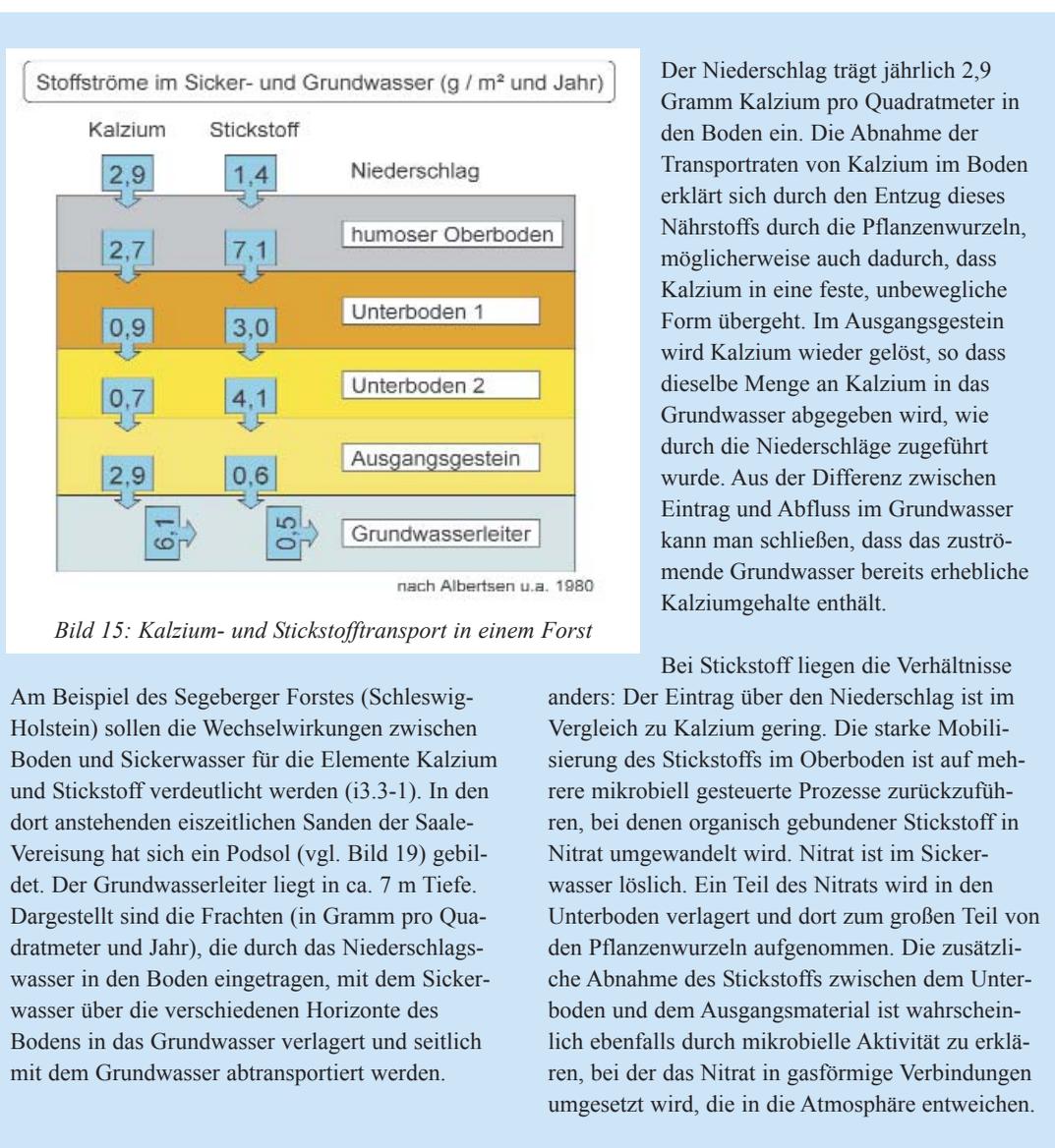
Bild 14: Versiegelung fördert den Oberflächenabfluss

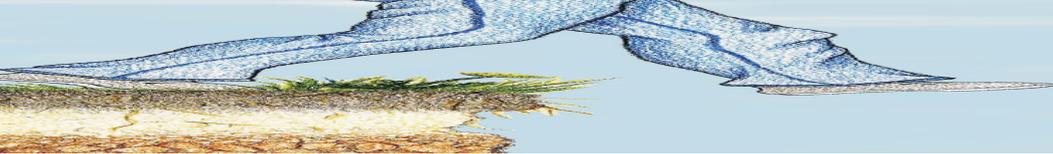
Die Bedeutung des Bodenschutzes, schon im Hinblick auf die Sicherung der Trinkwassergewinnung, wird sehr deutlich, wenn man sich die dichte Besiedlung in Deutschland vor Augen hält. Aber auch für die Oberflächengewässer sind die Böden von großer Bedeutung, denn in Deutschland strömt einem Fluss im Mittel 60 bis 70 % der Wassermenge über das Grundwasser zu. Der Boden beeinflusst jedoch nicht nur die Menge, sondern auch die Qualität des Grundwassers und der Oberflächengewässer. Ein Regentropfen, der auf den Boden auftrifft und darin versickert, verändert unter natürlichen Bedingungen

mehrfach seine Eigenschaften (vgl. Bild 15). Das liegt an den besonderen Fähigkeiten des Bodens, das Wasser biologisch, chemisch und mechanisch zu verändern. Stoffe, die im Sickerwasser enthalten sind, können im Boden von Pflanzen aufgenommen werden oder mit anderen Stoffen reagieren und unlösbar werden. In dieser Form verbleiben sie im Boden und werden dort gespeichert. Andererseits kann das Sickerwasser aber auch Stoffe aus Bodenmineralien herauslösen und in die Tiefe transportieren. An der Veränderung des Sickerwassers sind im besonderen Maße Mikroorganismen beteiligt, deren Einfluss im humosen Oberboden am stärksten ist. Indem der Boden Stoffe zurückhält und abbaut, wirkt er also wie ein Filter oder Puffer. Werden allerdings z. B. durch Düngung mehr Nährstoffe aufgebracht, als die Böden speichern bzw. die Pflanzen entnehmen können, bleibt der Überschuss im Sickerwasser und beeinflusst die Beschaffen-

heit des Grundwassers, aber auch der Oberflächengewässer.

Ein weiteres Beispiel für den Einfluss des Bodens auf Gewässer sind die immer wieder auftretenden Hochwässer: Wird das Versickern des Niederschlagswassers u. a. durch Versiegelung und Verdichtung behindert, läuft es rasch oberirdisch zum nächsten Fließgewässer hinab und kann dann Überschwemmungen verursachen - mit den bekannten Folgen für Hab und Gut der Menschen. Böden sollten auch aus diesem Grund so wenig wie möglich versiegelt oder verdichtet werden. Denn lockere, von Vegetation bedeckte Böden können auch große Mengen an Regenwasser aufnehmen und über einen längeren Zeitraum zwischenspeichern. Es gelangt dann erst nach Tagen oder auch Wochen über das Grundwasser in die Fließgewässer, wenn die durch die Niederschläge erhöhten Wasserstände wieder nahezu den Normalzustand erreicht haben.





i

i3.3-1: Albertsen, M., Mattheß, G., Pekdeker, A. u. Schulz, H. D.: Quantifizierung von Verwitterungsvorgängen. Geologische Rundschau, 69, 1980, S. 532-545.

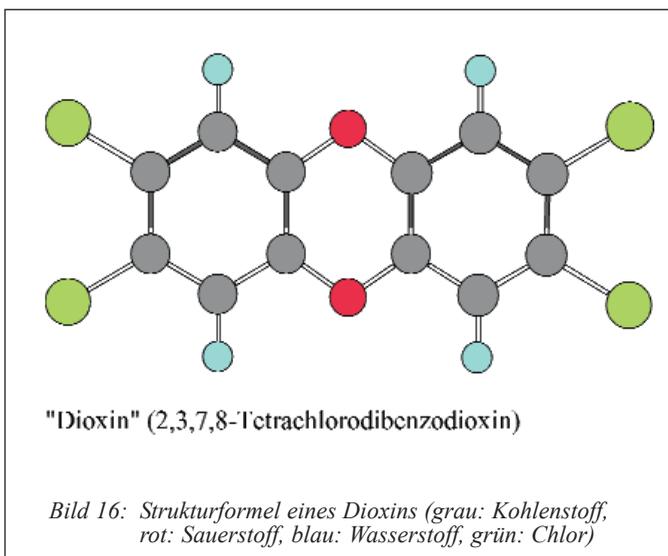
i3.3-2: allgemeine Literatur zum Thema: Mattheß, G.: Die Beschaffenheit des Grundwassers. Lehrbuch der Hydrogeologie Band 2. Gebrüder Bornträger, Berlin, Stuttgart, 1990. • Walther, W.: Diffuser Stoffeintrag in Böden und Gewässer. Teubner, Stuttgart, 1999. • Wohlrab, B., Ernstberger, H., Meuser, A. u. Sokollek, V.: Landschaftswasserhaushalt. Paul Parey, Hamburg u. a., 1992.

3.4 Böden sind wertvoll, weil sie Schadstoffe speichern und abbauen

Vor allem seit Beginn der Industrialisierung sind viele Schadstoffe in die Umwelt gelangt. Sie werden beispielsweise in die Atmosphäre ausge-

gessen. Im Gegensatz zu der dadurch erzielten Ertragssteigerung ist es jedoch unerwünscht, dass sich diese Stoffe im Boden anreichern oder in das Grundwasser gelangen. Aber nicht nur die Aktivität des Menschen verursacht eine Schadstoffanreicherung in Böden. Auch natürliche Prozesse wie Waldbrände oder Vulkanausbrüche können Schadstoffe (z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe oder Dioxine) freisetzen, die letztlich im Boden landen. Bild 16 zeigt einige Beispiele aus den für Böden und Grundwasser wichtigsten Schadstoffgruppen. Doch Böden können auch Schadstoffe zurückhalten oder abbauen und damit verhindern, dass diese mit dem Sickerwasser in den Untergrund und in das Grundwasser gewaschen werden. Zurückgehalten werden Schadstoffe, wenn sie mit der organischen Substanz, den Tonmineralen oder den Eisenoxiden der Böden stabile Verbindungen eingehen. Darüber hinaus können die Mikroorganismen der Böden viele organische Schadstoffe abbauen und so aus dem Stoffkreislauf entfernen. Damit lässt sich eine Gefährdung des Grundwassers verringern, aus dem wir immerhin zu 65 Prozent unser Trinkwasser beziehen.

Doch leider baut der Boden nicht alle Stoffe ab, die der Mensch in Umlauf bringt, wie z. B. Schwermetallverbindungen und schwer abbaubare (persistente) organische Schadstoffe, so genannte POP's (persistent organic pollutants). Treffen solche Verbindungen kontinuierlich auf den Boden, reichern sie sich nur so lange im Boden an, bis die so genannte Rückhaltekapazität erschöpft ist. Beispiele dafür sind polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, die aus der Verbrennung fossiler Rohstoffe und dem Verkehr stammen, sowie Schwermetalle, die Landwirte mit dem Dünger oder mit Klärschlamm regelmäßig auf ihre Äcker aufbringen. Zwar können Böden die Auswaschung dieser nicht abbaubaren Stoffe ins Grundwasser verzögern, jedoch nicht auf Dauer verhindern. Denn die Wirkung des Bodens als Filter und Puffer ist begrenzt und darf deshalb nicht überstrapaziert werden.



stoßen, verbreiten sich und gelangen schließlich in den Boden. Auch kam es durch Unkenntnis der Gefahren für Böden, Grund- und Oberflächenwasser, durch Unachtsamkeit oder Unfälle in der Vergangenheit häufig vor, dass Schadstoffe lokal in großen Mengen in die Böden und mit dem Sickerwasser in das Grundwasser gelangten (vgl. Kap 4.1). Außerdem bringt die Landwirtschaft Stoffe wie Pflanzenschutzmittel und Dünger flächig auf den Boden auf. Im Ge-

i

i3.4-1: Schadstoffe im Boden: Blume, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes, ecomed, Landsberg/Lech, 1992. • Hulpke, H., Koch, H. A. u. Nießner, R. (Hrsg.): Römpf Lexikon Umwelt, 2. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2000.

3.5 Böden sind wertvoll, weil sie für ein angenehmes Klima sorgen

Ein angenehmes Klima herrscht nach Auffassung der Meteorologen, wenn die "gefühlte" Temperatur zwischen 5 und 17 Grad Celsius liegt, genügend Sonnenlicht das Wohlbefinden anregt, ein sanfter Wind die Schwüle verhindert und die Luft sauber und nicht zu trocken ist (i3.5-1). Was aber haben Böden damit zu tun? Um die Wirkung des Bodens auf das Klima deutlich zu machen, stellen wir uns zunächst vor, es gäbe keine Böden (und damit auch keine Vegetation), und die Erdoberfläche bestünde aus festem Gestein. Die Folge wäre eine beträchtliche Veränderung der Temperaturen: An wolkenlosen Sommertagen würde die Temperatur so stark ansteigen, dass der Mensch unter der Hitze zu leiden hätte. Jeder, der sich schon einmal in einer Wüste oder in einer Felslandschaft aufgehalten hat, kennt dieses Phänomen. Da Gestein die Wärme rasch wieder abgibt, würde die Temperatur sowohl in der Nacht als auch im Winter stark absinken.

Feuchte Böden und Vegetation sorgen in unseren Breiten dafür, dass die Temperaturen ausgewogen sind. Da sich Wasser wesentlich langsamer erwärmt als Gestein, steigt die Temperatur feuchter Böden im Frühjahr nur langsam an und sinkt im Herbst verzögert ab. Besonders wichtig ist dabei, dass ein Teil des im Boden gespeicherten Wassers über die Vegetation und die Bodenoberfläche verdunsten kann. Die dabei entstehende Verdunstungskälte wirkt im Sommer kühlend; gleichzeitig wird eine zu geringe Luftfeuchtigkeit verhindert. Böden und die von ihnen abhängige Vegetation sorgen also in unseren Breiten maßgeblich dafür, dass die Temperaturen und

die Luftfeuchtigkeit meist "im angenehmen Bereich" bleiben.

Jeder kann die Wirkung von Böden und Vegetation auf das Klima unmittelbar fühlen. Städte, in denen durch Gebäude und Straßen ein großer Teil des Bodens versiegelt ist, sind dafür ein gutes Beispiel. An sonnigen Sommertagen steigt im Inneren der Städte die Temperatur wesentlich höher an als in der ländlichen Umgebung, so dass nach Sonnenuntergang Temperaturunterschiede von zehn Grad Celsius und mehr auftreten. Nachts kühlen Städte weniger ab, so dass bei anhaltend schönem Wetter die Aufheizung zunimmt. Städte bilden gegenüber ihrer Umgebung Wärmeinseln, in denen die Anzahl heißer Tage oft mehr als doppelt so hoch wie in der Umgebung ist (Bild 17, i3.5-1, i3.5-2).

- i** **i3.5-1:** Helbig, A., Baumüller, J., Kerschgens, M. J. (Hrsg.): Stadtklima und Luftreinhaltung. Springer, Heidelberg u. a., 1999.
i3.5-2: Stadtklima: www.stadtklima.de.
i3.5-3: Allgemeine Informationen zu Klima und Boden: Geiger, R., Aron, R. H. u. Todhunter, P.: The Climate Near the Ground. Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 5. Aufl., 1995.

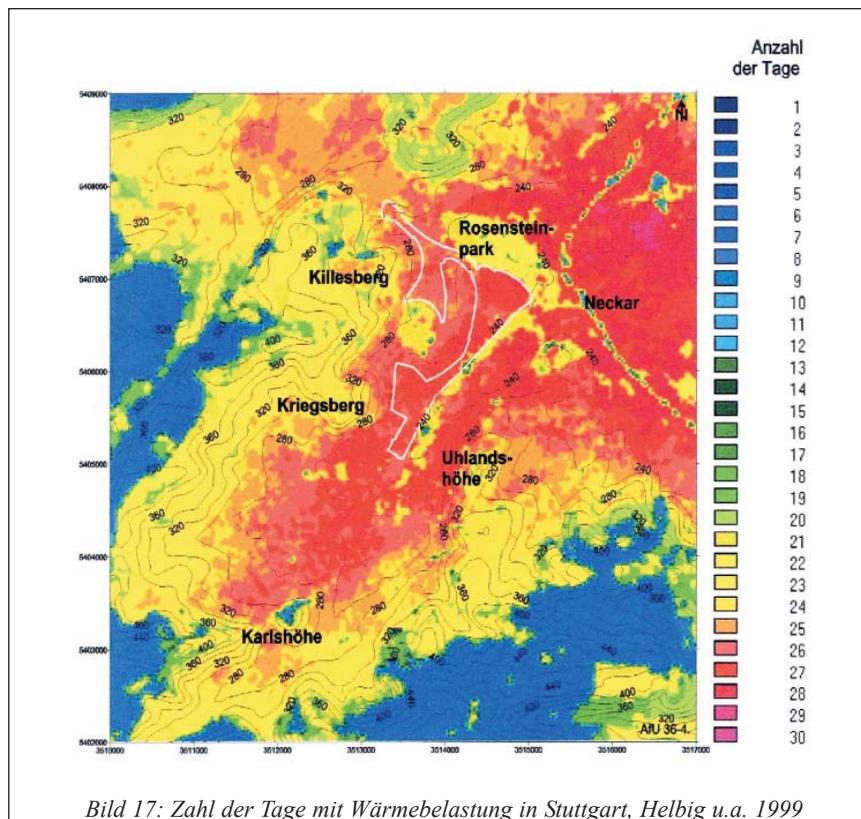
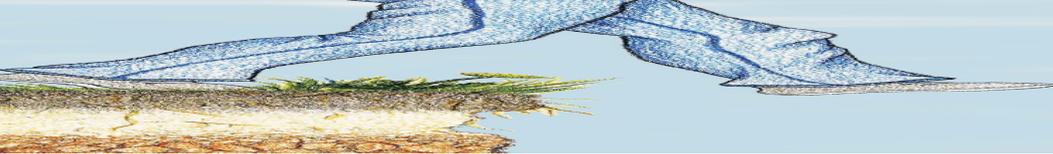


Bild 17: Zahl der Tage mit Wärmebelastung in Stuttgart, Helbig u.a. 1999



3.6 Böden sind wertvoll, weil sie Geschichten erzählen

Seit Beginn des vergangenen Jahrhunderts beschäftigen sich Bodenkundler mit den Gesetzmäßigkeiten der Bodenbildung. Sie haben herausgefunden, dass die heute vorhandenen Böden das Ergebnis einer meist seit Jahrhunderten bis Jahrtausenden anhaltenden Entwicklung sind, in deren Verlauf

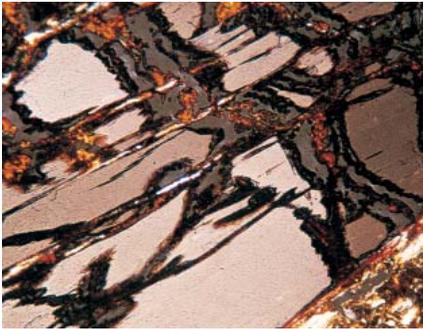


Bild 18: Eisenoxid-Säume in feinen Klüften eines Saprolits

sich das oberflächennahe Gestein u. a. durch Verwitterung, Mineralbildung, Humusanreicherung und Stoffverlagerung in Böden umgewandelt hat. Je nach Art des Gesteins, des Klimas und des Bewuchses entstanden unterschiedliche Böden, die man an einer charakteristischen Abfolge von Bodenhorizonten erkennen kann. Auch der Mensch hat darin viele Spuren hinterlassen.

Diese Kenntnisse lassen sich nutzen, um den Böden ihre Geschichte zu entlocken. Nicht umsonst spricht man im Bundes-Bodenschutzgesetz von "Archiven der Natur- und Kulturgeschichte", eine Funktion, die man so wenig wie möglich beeinträchtigen sollte. Als Archive der Naturgeschichte geben Böden Informationen über die Bildungsbedingungen im Verlauf der Bodenentwicklung. Von besonderer Bedeutung sind fossile Böden als Klimazeugen vergangener Erdperioden. Das Archiv der Kulturgeschichte umfasst die menschlichen "Fußabdrücke", die sich in Böden erhalten haben. In archäologischen oder historischen Fundstätten kann man auf die Bauweise der Gebäude oder die Lebensumstände schließen. Oft lassen sich aus Bodenveränderungen historische Formen der Landnutzung herauslesen.

Zwei Beispiele sollen die Archivfunktion der Böden erläutern. Mit einem Blick erkennt man, dass die beiden in Bild 19 und 20 wiedergegebenen Böden unterschiedliche Eigenschaften haben. Für den Humus-Podsol (Bild 19, i3.6-1) ist die Abfolge Ahe/Ae/Bh/Bsh der Horizonte typisch, die durch unter-

schiedliche Färbungen gut zu erkennen sind (die Böden und Horizontbezeichnungen sind in Lehrbüchern der Bodenkunde, siehe i1-4, erläutert). Über die Bildungsbedingungen lassen sich folgende Aussagen machen: Podsole entstehen nur dann, wenn das Gestein arm an nährstoffhaltigen Mineralien und gut durchlässig ist, die Vegetation eine nährstoffarme Streu liefert (z. B. Heidekraut, Nadelbäume) und das Klima kühl und feucht ist. Der Mensch hat die Bildung der Podsole häufig dadurch gefördert, dass er die Vegetation samt den obersten Bodenhorizonten abgeräumt und als Einstreu im Stall verwendet hat. Podsole, wie der hier abgebildete, sind mindestens 1000 Jahre alt. Ihr Oberboden ist sehr sauer, nährstoffarm und trocken. Während der Podsolierung wurden Huminstoffe aus dem Oberboden in den dunkelbraun gefärbten Bh-Horizont verlagert, der dadurch so fest geworden ist (Ortstein), dass die Durchwurzelung erschwert wird.

Schaut man das Bild genauer an, so erkennt man, dass der Podsol von einer als M-Horizont bezeichneten Schicht überlagert ist. Es handelt sich dabei um Bodenmaterial, das der Wind aus der näheren Umgebung dorthin verfrachtet hat. Zahlreiche Holzkohlestücke zwischen dem M- und dem IIAh-Horizont weisen darauf hin, dass Köhlerei die Ursache für die Bodenumlagerung ist, was durch die Bezeichnung "Köllerloge" für das angrenzende Flurstück bestätigt wird. An der Ausprägung des Unterbodens ist außerdem erkennbar, dass während der Podsolbildung das Grundwasser so hoch gestanden haben muss,

dass es zumindest zeitweilig den Bh-Horizont erreicht hat. Heute liegt der Grundwasserstand zirka einen Meter tiefer - ein Hinweis darauf, welche Auswirkungen die Begrädnung eines nahegelegenen kleinen Bachs hatte. Das Beispiel veranschaulicht, dass Böden gleichzeitig Archive der Natur- und Kulturgeschichte sein können.

Eine völlig andere Geschichte erzählt der Rigosol (Bild 20, i3.6-2). Er ist in der Hamburger Elb-

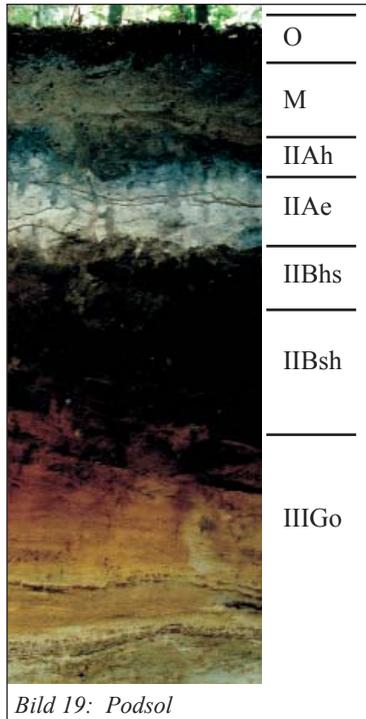


Bild 19: Podsol

marsch gelegen, aus der Hamburg seit Jahrhunderten Gemüse und Zierblumen bezieht, und wurde bis vor wenigen Jahren gartenbaulich genutzt. Farblich ist der Boden nur sehr wenig differenziert. Versucht man aber etwas feuchten Boden zu kneten, so fühlt man, dass der in 80 bis 110 Zentimeter Tiefe gelegene IIfAp-Horizont sehr klebrig und damit tonreich ist, während oberhalb von 80 Zentimeter Sand dominiert. Tierknochen- und Ziegelreste belegen, dass schon im tonreichen Unterboden Land-



Bild 20: Rigosol

R-Ap

R

IIfAp

wirtschaft betrieben wurde. Dieser Boden ist im ursprünglichen Zustand für den Gartenbau ungeeignet, weil er im feuchten Zustand sehr zäh ist und im trockenen Zustand harte Klumpen bildet. Erst durch den Auftrag und die Einmischung von Sand (R-Horizonte) taugte der Boden für Gartenbau. Die Datierung von Holzkohleresten aus dem untersten Bereich der Aufsandung ergab, dass schon vor ca. 450 Jahren mit dieser Technik der Bodenverbesserung begonnen wurde. Der heutige Oberboden ist krümelig und leicht zu

bearbeiten. Auch seine Fähigkeit, Wasser zu speichern und den Pflanzen zur Verfügung zu stellen, ist erheblich höher als im tonigen Unterboden. Zudem hat die Aufhöhung bewirkt, dass der kultivierte Boden weiter vom Grundwasser entfernt liegt, was den Anbau erleichtert, in Trockenzeiten jedoch eine Bewässerung erforderlich macht.

Das Auftragen von Sand auf den Boden war eine typische Winterarbeit. Junge Männer fuhrten mit ihren Kähnen bei ablaufendem Wasser über die Elbe-Altarme zum Hauptstrom, ließen sich an einer sandigen Stelle trockenfallen, füllten drei bis vier Kubikmeter Sand ein und fuhrten mit der Flut wieder stromaufwärts. Der Sand wurde mit einer Schubkarre über den Deich gezogen und auf die flussnahen Felder verteilt. Häufig sind Sandaufhöhungen von zirka 80 Zentimeter beobachtet worden, wozu pro Hektar 165.000 Schubkarren Sand nötig waren.

i

i3.6-1: www.bodenlehrpfad.de.

i3.6-2: Miehlisch, G.: Böden und Bodenkultur der Vier- und Marschlande - Segen und Last einer Flussmarschenlandschaft. Hamburger Geographische Studien, 48, Institut für Geographie der Universität Hamburg, 1999, S. 199-224.

3.7 Böden sind wertvoll, weil sie Schätze enthalten

Die Suche des Menschen nach Rohstoffen zielte immer schon auf den Boden ab. Die darin verborgenen Schätze haben zum Überleben beigetragen und die kulturelle Vielfalt mit ihren örtlichen und zeitlichen Besonderheiten geprägt. Zu den Schätzen zählen u. a. Bruchsteine, Ton, Lehm, Kies und Sand, Mineralien und Erze, Salze, aber auch Kohle, Erdgas und Erdöl. Seit Menschengedenken besteht ein Interesse und auch die Notwendigkeit, diese Rohstoffe zu gewinnen und nutzbar zu machen.

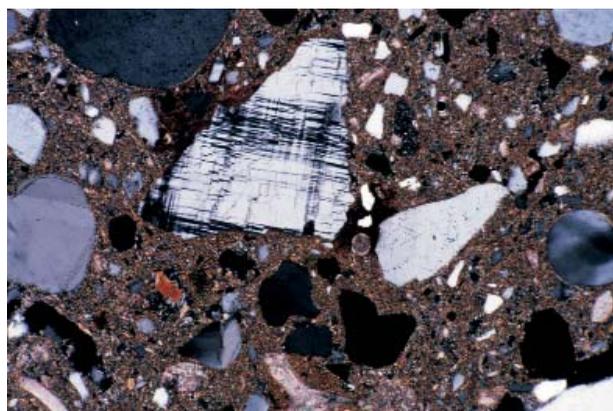
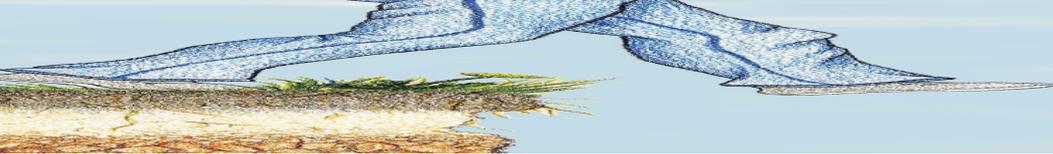


Bild 21: Minerale in einem Geschiebemergel

Einige Beispiele sollen den Wert der Bodenschätze deutlich machen:

Der Feuerstein, ein Gemenge aus amorpher und kristalliner Kieselsäure (Chalzedon), gilt als der älteste Rohstoff, der von den Menschen der Steinzeit zur Herstellung ihrer Geräte verwendet wurde. Eines der heute immer noch wertvollsten Gesteine ist der Kalkstein, der in Steinbrüchen gewonnen wird und weitgehend aus Kalziumkarbonat besteht. Der durch Erhitzen von Kalk gewonnene Branntkalk dient als Baustoff (z. B. Kalksandstein), aber auch als Zuschlagstoff z. B. in der Eisengewinnung oder im Straßenbau. Feld- und Bruchsteine finden vielfältige



Verwendung in Mauern, z. B. Feldsteine als Steinsockel beim Hausbau, Bruchsteine aus Grauwacke in Platten des Aachener Doms. Buntsandstein wie beim Freiburger Münster und



Bild 22: *altmexikanische Tonplastik*

mit ihren typischen Fahrspuren sind ein historischer Beweis. Die Pflastersteine aus Granit, Grauwacke, Porphyr oder Basalt dienen dichtgefügt als Befestigung der Gehwege und der Fahrbahnen.

Die Verarbeitung von Ton durch Formen, Trocknen und Brennen ist uralte. Das für die Porzellanherstellung erforderliche Kaolin verlieh dem Porzellan den Namen "Weißes Gold". Ton besteht hauptsächlich aus wasserhaltigen Aluminiumsilikaten; sie sind in Böden durch Verwitterung kristalliner Gesteine entstanden. Kaolinit ist das technisch wichtigste Tonmineral. Die vielerorts anzutreffenden Tongruben dienen bis heute als Rohstofflager für eine Vielzahl keramischer Erzeugnisse, z. B. von feinkeramischen Produkten wie Gebrauchsgeschirr oder Fliesen, aber auch für Produkte der Grobkeramik wie Abwasserrohre. Lehm ist ein durch Eisenverbindungen gelb bis braun gefärbtes Gemenge aus Ton, Schluff und Sand. Wegen seiner leichten Gewinnung und seiner guten Eigenschaften, z. B. hohes Wasserspeichervermögen und gute Verarbeitbarkeit, gehört er zu den wertvollsten Rohstoffen. Lehm wird wegen seiner guten

Sandsteinmauerwerk in Wohnhäusern mit verschiedenen natürlichen Farbtönen haben neben dem Backsteinbau viele Jahrhunderte den Baustil geprägt. Steine dienten seit jeher als Baustoff im Straßenbau. Die Straßen der Römer

Wärmeisolierung zum Bau der Unterkünfte verwendet, seitdem die Menschen die Höhlen verlassen haben. Neben ebenerdigen Lehmbauten, z. B. in Afrika, bei denen die Wände aus Lehmbrei hergestellt werden, finden getrocknete Lehmziegel für eine mehrgeschossige Bauweise, z. B. in Kaschmir, Verwendung. Lehm dient aber auch als Mörtel, um das Mauerwerk aus Steinquadern zu verbinden. Er findet sich im Rahmenfachwerk aus Holz, das durch Lehm und Stroh ausgefüllt wurde. Lehm gehört zur Begriffswelt der "gebrannten Erde" (i3.7-1), das heißt, er dient der Ziegelherstellung für Mauerwerk und Dächer.

Auch Sand und Kies zählen zu den wertvollen Rohstoffen unserer Böden. Sand ist eine lockere Anhäufung von feinen, abgerundeten oder eckigen Mineralkörnchen und wird aus Sandgruben gewonnen. Er dient als Rohstoff und als unverzichtbare Zutat für die Produktion von Mörtel, Zement, Beton und Glas, aber auch für die Herstellung von Sandformen in Metallgießereien. Kiese sind durch fließendes Wasser rundgeschliffene Steine. Besonders bekannt sind die Kies-Ablagerungen, die beim Abschmelzen der Eiszeitgletscher entstanden sind. Kies und sein gebrochenes Material wird als Schotter und Split besonders im Straßenbau eingesetzt.

Die zum Teil bis dicht an die Erdoberfläche reichenden Abbaumöglichkeiten für Kohle und metallische Erze waren Ausgangspunkt für die in der ganzen Welt anzutreffenden Stollenbetriebe und den Untertageabbau (i3.7-2). Bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde Brauneisenstein (Raseneisenerz) im Tagebau gefördert und verarbeitet. Beim Abbau des Brauneisensteins wurden sehr oft Braunkohlevorkommen entdeckt. Von großer Bedeutung ist nach wie vor der Braunkohlentagebau, auch im Hinblick auf die Reserven für künftige Generationen und die derzeit geschätzten Reichweiten für die übrigen fossilen Rohstoffe (i3.7-3). Besonders beeindruckend ist die Untersuchung der Braunkohle-Lagerstätten in China. Neuerdings wird dort ein Braunkohlefeld, das mit mehr als 200 Milliarden Tonnen sicherer Reserven eines der größten der Welt ist, durch Großtagebau und neue Infrastruktur erschlossen.



Bild 23: *humose Lagen in elsterzeitlichen Sanden*

In Böden werden sogar Schmucksteine wie Achat, Amethyst, Onyx und Topas gefunden, die bis heute die Schmuckindustrie bereichern. Auch heute noch werden an manchen Orten in der Welt aus Flusssanden durch Sieben und Waschen Gold und Diamanten gewonnen.



Bild 24: Rohdiamant und Quarzkörner

Ein ganz besonderer Schatz im Boden im Sinne einer umweltgerechten, nachhaltigen Entwicklung ist die Bodenwärme. Die Energiegewinnung aus der Erde, die so genannte Geothermie (i3.7-4), wird besonders in Gebieten mit hohen Temperaturen im Untergrund immer interessanter. Große geothermische Anlagen weisen installierte Leistungen zwischen 0,1 MW und 10 MW auf.

Die Nutzung der Rohstoffe ist häufig mit folgenschweren Eingriffen in die Böden verbunden. Besteht bei der Gewinnung von Bodenschätzen die Gefahr schwerwiegender und nachhaltiger Beeinträchtigungen der natürlichen Funktionen des Bodens, ist grundsätzlich den Schutzaspekten der Vorrang gegenüber den Nutzungsaspekten einzuräumen. Besteht bei dieser Abwägung dennoch die Notwendigkeit der Nutzung, so sind mit der Gewinnung und dem Abbau von Bodenschätzen immer Maßnahmen zur Schadensbegrenzung und zur Vorsorge im Bodenschutz vorzusehen. Nach dem Abbau ist eine kontrollierte Rekultivierung erforderlich, die auch die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege berücksichtigt.

i

i3.7-1: Banditt, W. O.: Gebrannte Erde. Steinbock Verlag, Hannover, 1965.

i3.7-2: Ernsting, B. (Hrsg.): Georgius Agricola: Bergwelten. Deutsches Bergbaumuseum Bochum, 55, 1994.

i3.7-3: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Vorräte an fossilen Rohstoffen. Hannover, 2000.

i3.7-4: Landesinitiative NRW: Geothermie - Energie aus der Erde. Düsseldorf, 2001.



Bild 25: Geothermie-Kraftwerk, Neuseeland

4 Böden sind bedroht

Der Mensch, das hat das vorherige Kapitel gezeigt, ist auf die Nutzung der Böden angewiesen. Dauerhaft ist dies nur möglich, wenn die Böden die nutzungsbedingten Eingriffe so ausgleichen können, dass es nicht zu einem Verlust an Bodenfunktionen kommt. Eine internationale Studie zum Zustand der Böden (i4-1) hat jedoch gezeigt, dass ein Drittel der genutzten Böden von Bodendegradation betroffen ist, unter der man vereinfacht den schwerwiegenden, teilweise irreversiblen Verlust an Böden oder ihren Funktionen versteht. Bodendegradationen treten

Schließlich werden wir nur das schützen, was wir lieben, aber wir werden nur das lieben, was wir verstehen, und wir werden nur das verstehen, was wir gelernt haben.

Baba Dinum, Senegal 1992
- Übersetzung

in unterschiedlichen Formen auf. Am weitesten verbreitet ist die Bodenerosion durch Wasser und Wind. Der Eintrag von Schadstoffen schädigt Böden ebenso wie Überdüngung oder eine mangelhafte Zufuhr von Nährstoffen. Überbauung, Verdichtung, Vernässung oder künstliche Austrocknung sind weitere Formen der Bodendegradation.

Da eine Wiederherstellung von Bodenfunktionen (z. B. durch Rekultivierung zerstörter Flächen oder Bodenreinigung) nur unvollkommen möglich und oft extrem aufwändig ist, muss Bodenschutz vor allem dafür Sorge tragen, dass schädliche Bodenveränderungen verhindert werden. Dies setzt voraus, dass allen Bodennutzern bewusst ist, welche Gefahren den Böden drohen.

i

i4-1: Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A. u. Sombroek, W. G.: Global Assessment of Soil Degradation - GLASOD. World map of the status of human-induced soil degradation. 2. Aufl., ISRIC, Wageningen und UNEP, Nairobi, 1991. • UNEP (United Nations Environment Programme): World Atlas of Desertification. Edward Arnold, London, New York, Melbourne, Auckland, 1992.

4.1 Böden sind bedroht durch Schadstoffe

Man kann sie manchmal riechen, im Boden zu sehen sind sie selten; trotzdem haben Schadstoffe immense Auswirkungen auf die Umwelt. Über Abfallablagerungen, Unfälle, undichte Rohrleitungen, Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie über die Luft gelangen die Schadstoffe bevorzugt auf Industrie- und Gewerbeflächen, aber auch in landwirtschaftlich genutzte Böden und in Böden entlang der Straßen. Schadstoffe versalzen, versauern oder vergiften (kontaminieren) den Boden und das Grundwasser. Verbleiben gesundheits- oder umweltgefährdende Substanzen auf stillgelegten Standorten von Betrieben oder auf ehemaligen Müllkippen, spricht man von Altlasten (i4.1-1).

Zwar können sich Böden bei langsamem Verlauf der Änderungen ohne Funktionseinbußen anpassen. Problematisch sind allerdings rasche und starke Schadstoffbelastungen, wie sie seit Jahrzehnten auftreten. Sie beeinträchtigen wichtige Funktionen der Böden, so etwa deren Vermögen, Stoffe aus den Niederschlägen und dem Bodensickerwasser auszufiltern, sowie die Fähigkeit, Schadstoffe zu puffern oder in unschädliche Stoffe umzuwandeln (Entgiftung). Neben der Beeinträchtigung der Böden können Schadstoffe die Gesundheit des Menschen und andere Schutzgüter, wie z. B. das Grund- und Oberflächenwasser, die Luft sowie die Tier- und Pflanzenwelt, belasten.

Die wichtigsten Formen der Schadstoffbelastung sind:

Versalzung: In wasserarmen Regionen bewirkt salzhaltiges Bewässerungswasser bei gleichzeitig unzureichender Drainage, dass der Oberboden versalzt. Außerdem kann sich unter ungünstigen Bedingungen Soda bilden, das den Boden alkalisieret. Die mit einer Versalzung verbundenen Ertragsminderungen sind von der Salzverträglichkeit der angebauten Kulturpflanzen abhängig. Bei zunehmender Versalzung muss man die Anbauflächen aufgeben - mit regional gravierenden Folgen wie zum Beispiel im Zweistromland (Irak) und in Pakistan. Die Versalzung wird auch durch Flussbaumaßnahmen, wie Regulierung der Zuflüsse, Eindämmungen und Staudammprojekte, gefördert.



Bild 26: Bodenversalzung, Tunesien

Versauerung: Wie stark Böden versauern, hängt davon ab, wieviel Säure über die Luft eingetragen wird und welche Menge der Boden selbst bildet. Maßgebliche Emittenten über die Luft sind Verkehr, Haushalte, Industrie und die Landwirtschaft, die Stick- und Schwefeloxide sowie Ammoniak emittieren. Diese Stoffe werden in der Atmosphäre in Salpetersäure, Schwefelsäure und Ammonium-Ionen umgewandelt, die wiederum über die Niederschläge in den Boden eingetragen werden (saurer Regen). Im Boden selbst entstehen Säuren durch die Atmung der Wurzeln und Bodenorganismen, durch die Bildung von Huminsäuren und bei der Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen. Immer wenn der Boden diese Einträge nicht mehr abzapuffern vermag, sinkt sein pH-Wert. Bei Werten unter pH 5 kommt es verstärkt zur Freisetzung von Aluminium-Ionen, die für die meisten Kulturpflanzen giftig sind. EU-weites Umweltqualitätsziel ist es, die Säureinträge soweit abzusenken, dass auch empfindliche Ökosysteme nicht geschädigt werden (i4.1-2).

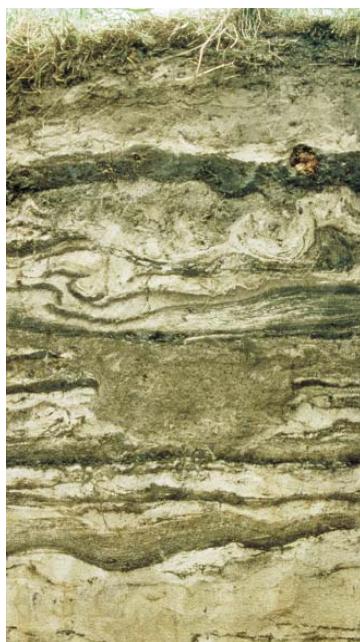


Bild 27: Auenboden der Elbe mit schadstoffbelasteten Schlammschichten

Kontaminationen:

Kontamination bezeichnet eine vom Menschen verursachte stoffliche Verunreinigung von Böden, die gegenüber dem natürlichen Zustand zu erhöhten Schadstoffgehalten führt. In Deutschland hat man bisher 360.000 kontaminations- bzw. altlastverdächtige Flächen registriert (i4.1-3). In vielen Fällen gefährden Schadstoffe aber nicht nur die Böden, sondern auch das Grundwasser. Zu den gefährlichsten Kontaminanten zählen Schwermetalle - vor allem Cadmium -, nicht oder nur schwer abbaubare (persistente) organische Stoffe und andere Chemikalien sowie deren Abbauprodukte, aber auch Arzneimittel (Kap. 4.2) und Stoffe aus militärischen Altlasten.

Die Problematik der Schadstoffanreicherung in Böden soll an einigen Beispielen verdeutlicht werden:

Cadmium, ein Schadstoff mit breiter

Herkunft: Cadmium findet sich in Böden der Altstandorte aus der Fabrikation von Batterien, Akkumulatoren, Handelsdüngern, Kunststoffen, Eisen und Stahl sowie insbesondere an Standorten mit Anlagen zur Gewinnung und Verar-

beitung von Nichteisenmetallen. Aber auch auf ehemaligen Standorten mit Anlagen zur Oberflächenveredlung und auf Schrottplätzen ist der Boden mit Cadmium belastet.

Produktionsrückstände mit chlorhaltigen

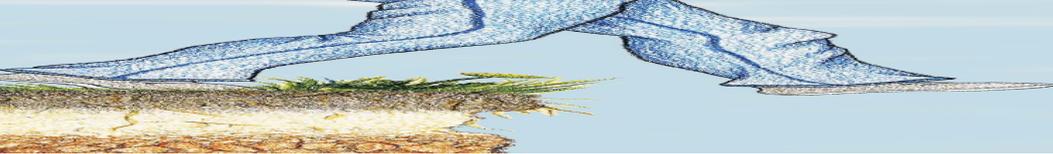
Chemikalien: In einer ehemaligen chemischen Fabrik hatte man bis zur Stilllegung 1985 Produktionsrückstände mit chlorhaltigen Chemikalien in einfachen, ungesicherten Bodenwannen vergraben sowie unkontrolliert Abwässer austreten lassen. Über mehrere Jahrzehnte wurde auf diese Art und Weise sowohl der Boden als auch das Grundwasser mit Chlorkohlenwasserstoffen, u. a. Dioxine und Furane, verunreinigt. Der Standort musste mit Millionenaufwand saniert werden. In einem anderen Fall hatte eine unsachgemäße Handhabung der chlorhaltigen Reinigungsmittel Tri und Per in einer chemischen Reinigungsanlage dazu geführt, dass der Boden unter dem Gebäude verunreinigt wurde. Die Reinigungsmittel versickerten rasch bis in das Grundwasser, das nun als Trinkwasser ohne aufwändige Sanierung nicht mehr genutzt werden kann. Auf dem Gelände eines Kindergartens fanden sich im Oberboden Reste von gesundheitsgefährdenden Kohlenwasserstoffen, die nicht abbaubar und als krebserregend bekannt sind. Erst nachdem man mühsam bis weit in die Vergangenheit zurück recherchierte, ließ sich ermitteln, dass sich vor mehr als 100 Jahren im Bereich des Kindergartens ein Teerlager befand. Notwendige Folge: ein Austausch des verunreinigten Oberbodens.

Altagerungen von Schädlingsbekämpfungsmitteln:

Nach Erhebungen der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO, i4.1-4) lagern weltweit mindestens eine halbe Million Tonnen überflüssiger Schädlingsbekämpfungsmittel (Pestizide) in der Nähe von Wohnhäusern, Feldern und Brunnen - insbesondere in Staaten des ehemaligen Ostblocks und in den Entwicklungsländern. Diese Altagerungen bedro-



Bild 28: Abfälle, die nicht in den Boden gehören



hen die Umwelt und Millionen von Menschen. Es handelt sich dabei um Stoffe, die in den meisten Ländern längst verboten sind oder deren Haltbarkeitsdatum schon seit langem abgelaufen ist. Bei ihrem Zerfall können Stoffe entstehen, die oft giftiger sind als die Produkte selbst und den Boden und das Grundwasser hochgradig verseuchen.

Depositionen: Wie schon erwähnt, gelangen Schadstoffe auch über die Luft in den Boden. Dabei werden "luftbürtige" Emissionen der Industrie und des Verkehrs vor allem mit dem Niederschlag auf den Boden deponiert. Während Depositionsmessungen für anorganische Schadstoffe - etwa Blei, Cadmium, Nitrat und Sulfat - schon seit Jahren zur Umweltüberwachung gehören, werden inzwischen auch organische Schadstoffe erfasst. Insbesondere muss dabei Dioxinen, Furanen, polycyclischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und polychlorierten Biphenylen (PCB), die inzwischen als weltweit verbreitete Belastungen teilweise bereits das Grundwasser erreicht haben, vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die verschiedenen Arten der Schadstoffbelastung verlangen unterschiedliche Maßnahmen, um schädliche Auswirkungen zu vermindern oder Gefahren für Mensch und Umwelt abzuwehren. Versalzung vermindert man, indem durch geeignete Techniken die Wasserzufuhr auf das unbedingt notwendige Maß eingeschränkt und durch Drainagen die Anreicherung von Salzen im Boden verhindert wird. Um die Versauerung einzuschränken, sind Maßnahmen an den Emissionsquellen notwendig. So müssen die luftgetragenen Schadstoffemissionen aus Industrie und Verkehr, aber auch die Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft eingeschränkt werden. Die bisher erreichten Kompromisse über vorläufig tolerierbare Emissionen und Schadstoffeinträge in den Boden müssen ständig überprüft und angepasst werden.



Bild 29: Teeröl aus einer Kokerei

Wenn der Boden oder gar das Grundwasser so kontaminiert sind, dass die menschliche Gesundheit gefährdet ist, sind Sanierungsmaßnahmen erforderlich, deren Umfang aus einer Gefährdungsanalyse und einem Sanierungsplan resultiert. Grundsätzlich aber sollte der Eintrag von schädlichen Stoffen in den Boden vermieden werden, damit teure Sanierungsmaßnahmen nicht notwendig werden.

- i** **i4.1-1:** Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU): Altlasten. Sondergutachten Dezember 1989. Metzler-Poeschel, Stuttgart, 1990. • SRU: Altlasten II. Sondergutachten Februar 1995. Metzler-Poeschel, Stuttgart, 1995. **i4.1-2:** SRU: Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung. Metzler-Poeschel, Stuttgart, 1994. **i4.1-3:** SRU: Umweltgutachten 2000. Schritte ins nächste Jahrtausend. Metzler-Poeschel, Stuttgart, 2000. **i4.1-4:** FAO: www.fao.org.

4.2 Böden sind bedroht durch Arzneimittel

Schon seit langem ist bekannt, dass Industriechemikalien, Abfälle aus der Energiegewinnung und Abgase aus dem Verkehr den Boden gefährden. Dagegen haben Arzneimittel erst in jüngster Zeit Beachtung im Bodenschutz gefunden. Dies verwundert, werden doch Arzneimittel seit vielen Jahrzehnten in ständig wachsenden Mengen hergestellt und verbraucht. Zudem handelt es sich überwiegend um Stoffe mit starken Effekten auf biologische Systeme.

Es gibt drei wesentliche Eintragsquellen von Arzneistoffen in Böden: Unverbrauchte Arzneimittel, die Ausscheidung von Arzneimitteln und deren Umwandlungsprodukten mit Harn und Kot und die Anwendung von Arzneimitteln in der Tiermast. Dabei sind direkte Einträge in den Boden von indirekten über Abwässer nicht zu trennen.

Unverbrauchte Arzneimittel spielen mengenmäßig eine bedeutende Rolle. Stichproben ergaben einen Anteil zwischen 20 und mehr als 50 Prozent der verkauften Gesamtmenge. In unserer Gesellschaft werden mit zunehmendem Wohl-

stand mehr Arzneimittel verkauft und weniger verbraucht. Unverbrauchtes wird oft, z. B. beim großen Hausputz, unachtsam weggeworfen oder an unbeobachteten Orten abgelegt. Dort bilden sich lokal begrenzt z. T. sehr hohe Konzentrationen im Boden aus, mit entsprechenden schädlichen Folgen für Pflanzen und tierische Organismen. Quantitativ bedeutsamer sind Arzneimittelbeseitigungen als Abfall. In ungesicherten Müllhalden konnten sich so beträchtliche Mengen anhäufen und von dort - wie andere Chemikalien auch - direkt oder über Oberflächengewässer in das Grundwasser gelangen. Diese Art von Abfallbeseitigung hat sich früher nicht selten im Großmaßstab abgespielt, wenn Arzneimittel herstellende Betriebe Produktionsabfälle in Abfallhalden gelagert hatten. Eine solche - heute gesetzlich unterbundene - Praxis hat in vielen Fällen zu Altlasten mit massiven Verunreinigungen von abführenden Gewässern bis in die großen Flüsse geführt. Diese Altlasten sind bisher nur zum Teil beseitigt. Die missbräuchliche Ausbringung unverbrauchter Arzneimittel im häuslichen Bereich sucht man heute durch die Verteilungswege zu verhindern: Apotheken nehmen Altarzneimittel zurück, Ärzte werden zu rationellerer Verschreibung angehalten, die Industrie stellt bedarfsangepasste Verpackungen zur Verfügung. Die Erfolge dieser Bemühungen sind bisher jedoch nicht ermutigend.

Auch sachgerecht verbrauchte Arzneimittel von Mensch und Tier gelangen großflächig in den Boden, und zwar als Ausscheidungsprodukte über Harn und Kot. Bei Humanarzneimitteln dominiert der zur Düngung ausgebrachte Klärschlamm, der quasi als Sammelmedium fungiert. An systematischen Bilanzen fehlt es noch. Hingegen hat man an Abwässern schon zahlreiche Untersuchungen über ausgeschiedene Arzneimittel durchgeführt. Bisher sind in Oberflächengewässern nahezu 100 Arzneistoffe oder ihre im menschlichen Organismus erzeugten Umwandlungsprodukte nachgewiesen worden, und ihre Zahl nimmt laufend zu. Die ersten aufgedeckten Stoffe betrafen die Clofibrinsäure, ein zur Behandlung von Bluthochdruck eingesetztes Blutfette senkendes Mittel, und empfängnisverhütende Abkömmlinge weiblicher Geschlechtshormone. Die Verbrauchsmenge bestimmt das Ausmaß des Auftretens solcher Ausscheidungsprodukte in Gewässern und Böden: Sie ist besonders hoch bei den großen Volkskrank-

heiten Bluthochdruck und Rheumatismus und eben bei der Empfängnisverhütung. Über die Klärschlammausbringung auf Böden gelangen einige Arzneistoffe in das Grundwasser, wenn auch in relativ geringen Konzentrationen. Nicht alle werden bei der Trinkwasseraufbereitung vollständig abgefiltert.

Manche werden auch von Nutzpflanzen aufgenommen. So kann ein - wenn auch sehr geringer - Anteil der therapeutisch am Menschen angewendeten Arzneistoffe mit

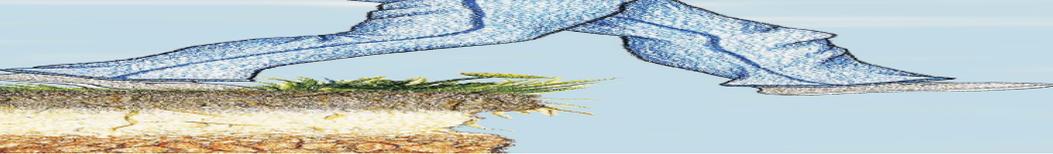
Nahrung und Trinkwasser wieder aufgenommen werden. Die Mengen sind jedoch nach bisheriger Kenntnis so gering, dass sie weit unter den Schädigungsgrenzen liegen. Sie stellen kein unmittelbares Risiko für den Menschen dar. Weitaus wichtiger ist der Einfluss auf Bodenorganismen. Insbesondere bei Stoffen mit hormoneller Wirksamkeit kann die Ökologie des belebten Bodens gestört werden. So sind Veränderungen der Resistenz von Mikroben durch Antibiotika bekannt geworden. Diese Erfahrungen begründen weitaus nachhaltiger die Forderung nach Abhilfe. So sind schon seit mehreren Jahren Bestrebungen im Gange, Arzneimittel auf ihre Umweltverträglichkeit hin zu überprüfen. Seit 1998 schreibt das deutsche Arzneimittelgesetz eine solche Prüfung für neu entwickelte zulassungspflichtige Arzneimittel vor (7. Novelle AMG). Bisher ist die Vorschrift jedoch nicht umgesetzt worden.

Neu zuzulassende Arzneimittel müssen unbedingt auch auf ihre Umweltverträglichkeit untersucht werden.



Bild 30: Über die Gülle gelangen in der Tiermast eingesetzte Arzneimittel in den Boden

Die größten Einträge von Arzneimitteln in den Boden erfolgen über die Tiermast. Den Tieren werden die Stoffe als Wachstumsförderer entweder im Futter oder als Injektion zugeführt. Sie werden z. T. unverändert oder chemisch ab- bzw. umgebaut mit Harn und Kot wieder ausgeschieden. So gelangen sie direkt oder über Gülle und Mist in den Boden. Zur Behandlung von Tiererkrankungen ist eine Vielzahl von Arzneimitteln zugelassen, eine stark eingeschränkte



Anzahl darf auch als Masthilfe verwendet werden. Jedoch findet in großem Ausmaß Missbrauch statt. Immer wieder berichten die Medien über gesetzeswidrige Praktiken von Bauern und Veterinären. An Bedeutung dominieren hier



Bild 31: Taschenboden in saalezeitlichen Sanden

Antibiotika und Hormone bzw. deren Abkömmlinge; man schätzt, dass die Hälfte der gesamten Antibiotikaproduktion in die Tiermast geht. Als schädliche Auswirkungen befürchtet man vor allem, neben Rückständen der Stoffe in Fleisch, Milch und Eiern, die Ausbildung von Antibiotikaresistenzen in potentiell krankheitserregenden Mikroorganismen, wodurch diese Stoffe bei einer Infektion des Menschen ihre Wirksamkeit verlieren. Zudem besteht die Besorgnis, die Ausbildung von Resistenzen könne sich auch nachteilig auf die Ökologie der Bodenmikroorganismen auswirken.

Abhilfe ist daher dringend geboten. Der Gesetzgeber hat bisher zu zögerlich reagiert. Zwar besteht seit 1998 eine europäische Richtlinie zur Prüfung von Tierarzneimitteln auf Umweltverträglichkeit, der Bodenschutz findet darin aber keine Berücksichtigung. Umweltschutzverbände dringen auf weitgehende Verbote und strengere Überwachung der in der Tiermast eingesetzten Zusatzstoffe. Dem steht der übermächtige Konkurrenzdruck einer sich globalisierenden Nahrungsmittelproduktion entgegen. Auch sind die wissenschaftlichen Zusammenhänge der komplexen Systeme noch nicht hinreichend erforscht, um verlässliche Risikoanalysen zu erstellen, die als Basis akzeptierbarer Kompromisse dienen könnten. Hier besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf.

Die Dringlichkeit durchgreifender Problemlösungen wird durch eine Reihe von Trends in der Entwicklung und Anwendung von Arzneimitteln verschärft. Der Pro-Kopf-Verbrauch von Arzneimitteln nimmt, trotz aller Kostendämpfungsbemühungen im Gesundheitswesen, seit Jahrzehnten ungebrochen zu. Die Gründe hierfür sind die fortschreitende Überalterung der Bevöl-

kerung und der steigende Gesundheitsanspruch. Ein wesentlicher Motor der Bedarfssteigerung ist auch der fortschreitende Wandel von der reinen Behandlung von Erkrankungen (kurative Medizin) hin zur Verhütung und Vorbeugung (präventive Medizin), also der vorsorglichen Einnahme von Arzneimitteln. Der zunehmende Arzneimitteleinsatz bei Mensch und Tier bedingt selbstverständlich auch eine Verstärkung unerwünschter Effekte auf die Umwelt. Aus all dem resultiert ein zunehmender Eintrag in den und eine steigende Gefährdung des Bodens.

i

i4.2-1: Allgemeine Literatur zum Thema: Umweltbehörde Hamburg (Hrsg.): Arzneimittel in der Umwelt - Konzept für ein Untersuchungsprogramm. Bericht des Bund-Länderausschusses für Chemikaliensicherheit an die 53. Umweltministerkonferenz, 1999.
• Kratz, W., Abbas, B. u. Linke, I.: Arzneimittelwirkstoffe in der Umwelt. Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie, 12 (6), 2000, S. 343-349.

4.3 Böden sind bedroht durch Gentechnik

Die Gentechnik verspricht Hilfe für eine Reihe bislang ungelöster Probleme. Dies trifft auch für die "grüne" Gentechnik zu, unter der man die Anwendung gentechnischer Verfahren in der Pflanzenzucht versteht, mit der die Widerstandsfähigkeit, die Qualität, das Wachstum und der Ertrag der Produkte verbessert werden sollen. Man erwartet sich von der Anwendung gentechnischer Verfahren eine effizientere Flächennutzung und die Sicherung der Welternährung.

In vielen Fällen bereitet die Gentechnik aber auch Unbehagen, denn die Folgen, die aus ihrer Anwendung erwachsen, sind aufgrund unzureichender Erkenntnisse bislang noch nicht abzusehen. Für den Boden wirft der Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen zwei grundsätzlich unterschiedliche Fragen auf:

1. Kommt es zum Eintrag neuartiger Substanzen in Böden? Diese Stoffe können beispielsweise Insektengifte sein, zu deren Produktion die Pflanze absichtlich gentechnisch verändert wurde, um sich vor Insektenbefall zu schützen. Neuartige Substanzen können aber auch so genannte Sekundärmetabolite sein, also Stoffwechselprodukte, welche die Pflanze unbeabsichtigt nach der gentechnischen Veränderung produziert.
2. Kann es durch Erbgutaustausch zwischen den gentechnisch veränderten Pflanzen und den am Standort vorkommenden Arten zu einer Veränderung der ökologischen Ressourcen, insbesondere der Arten und deren Leistungen kommen?

Die erste Frage ist mit den vorhandenen Methoden der Risikoerfassung gefährlicher Stoffeinträge in Böden gut zu untersuchen. Die notwendigen Untersuchungen werden bisher jedoch nicht systematisch durchgeführt, da Gentechnik und Chemikalien trotz der Überschneidungen getrennt bewertet werden. In den USA haben

Wissenschaftler z. B. festgestellt, dass gentechnisch veränderter Mais das von ihm produzierte Insektengift an den Boden abgibt. Forscher der Universität New York fanden das Gift in unmittelbarer Wurzelnähe, es blieb während der gesamten

Versuchsdauer aktiv. Es wird behauptet, dieses Gift könnte die Resistenzbildung von "Schädlingen" fördern und damit zur zusätzlichen Anwendung von Insektiziden führen. Dieses Beispiel spricht jedoch für die Anwendung der Gentechnik, da die Anwesenheit des "Pflanzeninsektizids" wesentlich kleinräumiger ist als nach traditionellem Insektizideinsatz.

Frage 2 wird kontrovers diskutiert. Wissenschaftliche Untersuchungen deuten darauf hin, dass Gene von Pflanzen auch auf Mikroorganismen übergehen können. So übertrugen Rapspflanzen ein gentechnisch eingebautes Anti-

biotika-Resistenzgen auf den Schimmelpilz *Aspergillus niger*. Selbst die Übertragung auf andere Organismen, sogar auf andere Pflanzen mit dem Pollenflug ist nicht auszuschließen. Diese These unterstützen Untersuchungen, nach denen sich genmanipulierter Raps mit verwandten Wildarten kreuzte, die kilometerweit entfernt vorkamen.

Offen ist auch die Frage, wie lange gentechnisch veränderte Verbindungen in Böden stabil sind. Aus einer Reihe von Untersuchungen wurde deutlich, dass Erbgut (DNA) bzw. die Produkte der Fremdgene über Monate hinweg im Boden verbleiben können. Die Überlebensdauer hängt - wie bei Chemikalien - von den Klima- und Bodeneigenschaften ab. Es ist nicht auszuschließen, dass Bodenorganismen Genprodukte oder Fremdgene aufnehmen und sich dadurch verändern. Grundsätzlich könnte die Gefahr darin bestehen, dass veränderte Bodenorganismen ihre Funktionen im Boden nicht mehr wahrnehmen können. Da jedoch nur ein kleiner Teil der im Boden lebenden Mikroorganismen überhaupt bekannt ist, sind solche Risikoabschätzungen derzeit mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Überdies stellt sich die Frage, mit welcher Wahrscheinlichkeit "neue" oder veränderte Organismen entstehen. Berücksichtigt man die Generationsdauer der Mikroorganismen, ihre Standorte und die Überlebenszeit der neuen Genprodukte und genetischen Informationen im Boden, darf die Möglichkeit, dass neue Mikroorganismen entstehen, nicht von vornherein ausgeschlossen werden. Veränderungen im Organismenspektrum sind jedoch nur dann zu erwarten, wenn der "neue" Organismus besser als seine Stammarten an die Umwelt angepasst ist. Die wenigen vorliegenden Befunde lassen dazu noch keine sichere Risikoabschätzung zu. Inwieweit künftig mit gentechnisch veränderten Pflanzen auch gefährliche Substanzen in den Boden gelangen, wird davon abhängen, welche Gentechnik eingesetzt wird und wie intensiv die Überprüfung auf so genannte Sekundärmetabolite durchgeführt wird.



Bild 32: mit Tonmineralen ausgekleidete Pore

i

i4.3-1: Wissenschaftlicher Lenkungsausschuss der EU: Scientific Opinion - Risk assessment in a rapidly evolving field: the case of Genetically Modified Plants, Oct. 2000.

www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/ssc/outcome_en.html.

4.4 Böden sind bedroht durch Klimaänderungen

Gemeinsam mit anderen Faktoren, wie der Art der Gesteine, dem Relief und der Vegetation, steuert vor allem das Klima die Entwicklung der Böden. Eine gerichtete Änderung des Klimas wird daher zwangsläufig dazu führen, dass sich die Eigenschaften und damit die Funktionen der Böden verändern. Welche Konsequenzen der Klimawandel für einen ganz bestimmten Standort hat, ist aufgrund der Unsicherheit der Klimaprognosen heute kaum vorhersagbar. Die meisten Klimaforscher sind sich aber zumindest dar-

Denn auch wenn der Kohlendioxidausstoß begrenzt wird, lässt sich die zunehmende Wüstenbildung nicht einfach abschalten.

Prof. Dr. Klaus Töpfer,
Exekutivdirektor des
UN-Umweltprogramms (UNEP)
in FAZ Nr. 19 v. 23.01.2001

über einig, dass das Klima in der nördlichen Hemisphäre während der nächsten 100 Jahre wärmer und trockener wird. Die Vielzahl betrachteter Szenarien geht von Temperaturerhöhungen zwischen zwei und sechs Grad Celsius und Verschiebungen in den Niederschlägen aus. Wesentlich ist die derzeit häufig diskutierte Frage, inwieweit sich die Niederschläge regional verändern. Der Wandel betrifft dabei sowohl die Niederschlagsverteilung als auch die Intensität der einzelnen Niederschlagsereignisse. Für dieses Zusammenspiel gibt es viele Modelle. Das Zusammenwirken von Temperatur und Niederschlag, einschließlich der Bewölkung, in ihrer saisonalen und langfristigen Variation beeinflusst nicht nur die Bodenbildung, sondern auch die aktuelle Bodendynamik. Obwohl es bislang wenig signifikante Befunde zu diesen Veränderungen an einem Standort gibt, sind durch Vergleiche qualitative Aussagen möglich.

Um die Konsequenzen früherer Klimaänderungen auf Böden erfassen zu können, reichen die typischerweise ca. 100 Jahre zurückreichenden Klimaaufzeichnungen nicht aus. Hinweise geben paläobotanische Informationen, aus denen man das Klima der vergangenen Jahrtausende ableiten kann. Dabei zeigt sich, dass das Klima der letzten 10.000 Jahre erheblich schwankte, mit kalt/trockenen und warm/feuchten Phasen,

aber auch mit Zeiten, in denen das Klima wärmer und gleichzeitig trockener war. Eine wichtige Erkenntnis der Paläobotanik besagt zudem, dass sich ein kurzfristiger Klimawandel auf die Böden stärker auswirkt als langfristige Veränderungen. Dennoch haben in den zurückliegenden 2.000 Jahren schon geringe Temperaturverschiebungen im Bereich von einem Grad Celsius, gepaart mit stark variierenden Niederschlägen, zu wesentlichen Veränderungen der Artenverteilung und damit zu Ökosystemverschiebungen geführt, die zum Teil über Änderungen von Bodeneigenschaften bewirkt wurden.

Generell werden folgende Szenarien der Veränderungen der Temperatur und des Niederschlags diskutiert:

- eine Temperaturerhöhung ohne Veränderung des Niederschlags, was eine Erhöhung der Verdunstung bewirkt;
- eine Temperaturerhöhung mit bedeutender Verminderung der Niederschläge, die Trockenstress hervorruft und bodenbiologische und bodenchemische Prozesse verlangsamt;
- eine gleichzeitige Erhöhung von Temperatur und Niederschlägen, die bodenbiologische und bodenchemische Prozesse beschleunigt.

Beschränkt man sich auf das Gebiet Mitteleuropas, würden sich bei einer Temperaturerhöhung und gleichbleibenden Niederschlägen kurzfristig die Lebensraum- und die Produktionsfunktion der Böden verändern. Die Bodenorganismen müssten sich an die höhere Verdunstung anpassen, und in der Landwirtschaft müsste entweder mehr beregnet oder Ertragseinbußen hingenommen werden. Mit dem gleichen



Bild 33: Tropfenboden in saalezeitlichen Sanden

Szenario erhöhte sich auch die Nährstoffverfügbarkeit, was bei vermindertem Pflanzenwachstum das Grundwasser gefährdet, dessen Neubildung bei diesem Szenario ohnehin vermindert sein wird. Generell ist jedoch davon auszugehen, dass unter diesen Bedingungen die physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften sich nur sehr langsam verändern.

Bei Temperaturerhöhung und bedeutend weniger Niederschlägen tritt Trockenstress auf, durch den biologische und chemische Prozesse im Boden verlangsamt werden. Dadurch werden sich die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Böden langsamer verändern als unter der aktuellen Dynamik. Aufgrund der gegenläufigen Wirkung von Temperaturerhöhung und Verringerung der Niederschläge ist es theoretisch auch denkbar, dass sich die Bodeneigenschaften nicht ändern. Für die Landwirtschaft würde dieses Szenario eine radikale Umstellung auf den Anbau anderer Feldfrüchte bedeuten.



Bild 34: Pliozäne Sande mit Eiskeil

Bei Erhöhung von Temperatur und Niederschlägen würden die bodenchemischen und bodenphysikalischen Prozesse beschleunigt. Treten dazu auch noch häufiger Starkregen auf, besteht für Böden erhöhte Erosionsgefahr. Bei Temperaturerhöhung und anhaltender guter Wasserversorgung erfolgt zwar eine Ertragssteigerung, aber auch ein beschleunigter Humusabbau. Für den Ertrag von Kulturpflanzen sagen die derzeit eingesetzten Prognosemodelle folgendes voraus: Eine Reihe von Kulturpflanzen in gemäßigten bis kalten Klimazonen wird bei Temperaturerhöhungen um bis zu zwei Grad Celsius und vermehrten Kohlendioxid-Emissionen besser wachsen, dagegen wird die Produktion gehemmt, wenn die Temperatur mehr als vier Grad Celsius zunimmt. Zugleich führen höhere Niederschläge zu einer Produktionssteigerung und umgekehrt. Außerdem bewirkt eine Zunahme von Temperatur und Niederschlägen den Abbau von Humus, was negativ zu bewerten ist. Versuche dazu haben gezeigt, dass sich der Gehalt an organischer Substanz eines Bodens bei Verlagerung in ein anderes Klima bereits nach fünf Jahren messbar verändert. Auch wenn man derartige Experimente kritisieren kann, zeigt sich doch zumindest, dass negative Effekte für Böden nicht erst in Jahrzehnten zu erwarten sind.

Eine Besonderheit bei Klimaänderungen stellen die Faktoren Bioverfügbarkeit und Mobilität von Schadstoffen in Böden dar. Tendenziös ist diese Thematik Gegenstand der Diskussionen zu

"chemischen Zeitbomben". Zweifelsohne beeinflussen die oben geschilderten Veränderungen der bodenchemischen Prozesse auch die bioverfügbaren bzw. zur Verlagerung verfügbaren Anteile von Schadstoffen in Böden. Eine quantitative Aussage zu den Effekten ist aber aufgrund der Komplexität der Wechselwirkungen derzeit nicht möglich. Jedoch kann man davon ausgehen, dass ein "Wärmer-Feuchter" zu einer Erhöhung der bioverfügbaren bzw. verlagerbaren Schadstoffe führt, hingegen ein "Wärmer-Trockener" zu einer Erniedrigung. In jedem Fall führt eine Erwärmung dazu, dass sich organische Stoffe aus den Böden schneller verflüchtigen. Nicht flüchtige Stoffe könnten hingegen bei Erwärmung und erhöhtem Eintrag mit erhöhten Niederschlägen die Böden zusätzlich belasten, sofern sie nicht beschleunigt abgebaut werden.

Fazit: Wenn der aktuelle Zustand der Böden einschließlich seiner natürlichen Entwicklung das Schutzgut darstellt, haben Klimaänderungen mit sehr großer Wahrscheinlichkeit schädliche Auswirkungen.

i **i4.4-1:** Bourdeau, P., Haines, J. A., Klein, W. u. Krishna Murti, C. R. (Hrsg.): *Ecotoxicology and Climate*. SCOPE, 38, 1989.

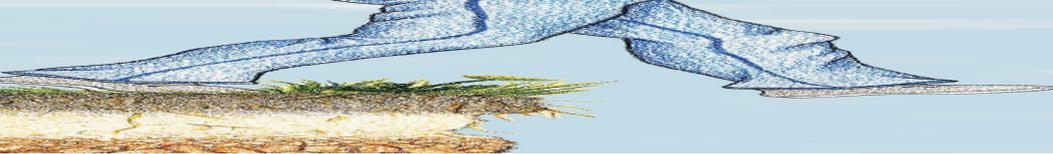
4.5 Böden sind bedroht durch Überbauung

Jeder kennt es: Hebt man im Garten einen Stein auf, dann wimmelt es darunter von Ameisen, Asseln und Würmern. Unter Beton und Asphalt wimmelt nichts. Denn dort, wo Häuser, Straßen und Wege, Plätze und Auffahrten den Untergrund versiegeln, gibt es kein Leben im Boden mehr. Aber auch andere Funktionen, wie die Wasserspeicherung, der Stoffaustausch oder die Klimafunktion, gehen verloren.



Bild 35: Durch Bautätigkeit stark gestörter Boden

Derzeit sind fast zwölf Prozent des Bundesgebietes Siedlungs- und Verkehrsflächen. In den alten Bundesländern ist der überbaute Anteil mit 13,3 Prozent deutlich höher als in den neuen Bundes-



ländern (8,4 %), wobei die Fläche pro Einwohner in den neuen Bundesländern mit 556 m² knapp 10 % höher ist als in den alten. Allerdings ist nur die Hälfte der Siedlungsfläche tatsächlich versiegelt: Das sind immerhin etwa 2,1 Millionen Hektar oder knapp 6 Prozent des Bundesgebietes. Aber auch die andere Hälfte hat durch Bebauung und Nutzung zumindest stark von ihrer natürlichen Beschaffenheit eingebüßt.

Immer mehr Böden gehen den Weg vom Ackerstandort, mit meist naturnahem Zustand, über das "Bauerwartungsland" zum Bauland mit seinem hohen Anteil versiegelter Fläche (Bild 36, i4.5-1). Täglich werden in Deutschland etwa 130 Hektar meist vormals landwirtschaftlich genutzter Böden in Flächen für Siedlung und Verkehr umgewandelt - das ist vergleichbar mit der Fläche von ca. 170 Fußballfeldern. Und dieser Flächenverbrauch steigt noch weiter an. Derzeit wächst die Siedlungs- und Verkehrsfläche jedes Jahr um mehr als 43.000 Hektar. Dies entspricht einem Zuwachs in der Größe der Stadt Bremen. Trotz stagnierender Bevölkerungs- und Erwerbstätigenzahlen nimmt die Fläche für

mit einer Zunahme der überbauten Fläche um etwa 500.000 Hektar: in etwa die doppelte Größe des Saarlandes. Besonders betroffen ist dabei das Umland der Städte und Gemeinden, und dies, obwohl ehemals bebautes Land in großem Umfang zur Verfügung steht. Laut einer Baulandumfrage 1997/1998 könnte man für mehr als 50 Prozent der mittelfristig benötigten Wohnbaufläche auf baureife Brachgebiete zurückgreifen. Zudem ließe sich der gesamte aktuelle Bedarf an Gewerbebauland aus baureifen Wiedernutzungsflächen decken.

Aus der Perspektive eines Bodenlebewesens sind VERSIEGELTE FLÄCHEN „WÜSTEN“.

UBA-Terminkalender September 2002

Um den alarmierenden Trend umzukehren, hat man viele Alternativen erarbeitet. Sie reichen von Konzepten einer restriktiven Flächenhaushaltspolitik über Anreize zur Wiedernutzbarmachung von Brachflächen / Mobilisierung von Bauland bis hin zu einem Vorrang der Innen- vor der Außenentwicklung; schließlich könnte

man flächensparende Baumethoden fördern, die urbane Dichte optimal nutzen sowie Freiraum sichern oder auch ökonomische Instrumente wie eine Bodenwertsteuer / Flächen-nutzungssteuer einsetzen.

Zahlreiche Gremien fordern einen drastischen Rückgang der Flächenüberbauung. Dass dies nicht einfach zu realisieren ist, zeigt folgendes Zitat: "Angesichts stabiler Zuwachsraten beim Siedlungsflächenwachstum sind mittlerweile jedoch Tendenzen zur Rücknahme der teilweise recht kategorischen Forde-

rungen zu bemerken. Auch um die Formulierung grundsätzlicher Einsparziele ist es merklich ruhiger geworden. Mutmaßlich liegt dies daran, dass die genannten Forderungen weder wissenschaftlich exakt ableitbar noch politisch eindeutig legitimierbar sind. Mehr noch: Über eine merkliche Reduktion der Flächeninanspruchnahme besteht keinesfalls gesellschaftspolitischer Konsens, sofern sie mit hohen oder steigenden Baulandpreisen und Mobilitätsminderungen einhergeht. Als pragmatische Ziele rücken aktives kommunales Flächenressourcenmanagement, Wiedernutzbarmachung von Brachflächen oder Mobilisierung von Bauland in den Vordergrund nachhaltiger Flächenhaushaltspolitik" (i4.5-2).

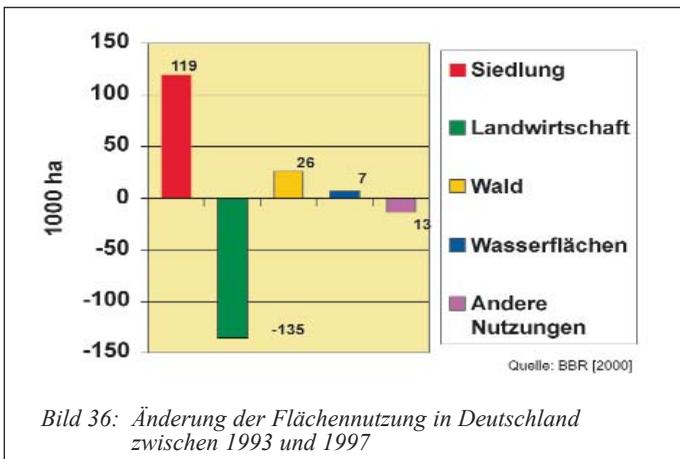


Bild 36: Änderung der Flächennutzung in Deutschland zwischen 1993 und 1997

Wohnen, Verkehr, Freizeit und Arbeiten weiterhin zu. Während die Bevölkerung zwischen 1960 und 1999 um ca. 20 % stieg, wuchs die Siedlungsfläche um 75 %. Ursachen dafür sind steigende Ansprüche sowie rückläufige Beschäftigungsdichten. Von 1950 bis 1997 wuchs die Wohnfläche pro Einwohner von weniger als 15 auf 38 m² pro Einwohner.

Werden die Weichen nicht anders gestellt, ist zu erwarten, dass die Umwandlung von landwirtschaftlich genutzter Fläche für Siedlung und Verkehr auch in Zukunft kontinuierlich zunimmt. Denn dieser Trend wird sich auch durch den erwarteten Rückgang der Bevölkerung kaum aufhalten lassen. Man rechnet bis 2010

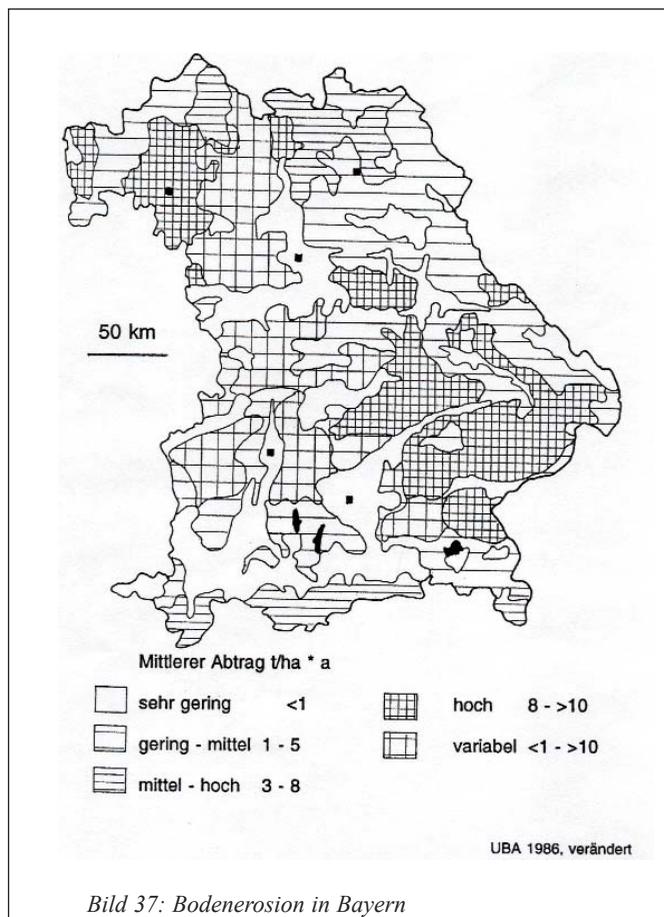
- i** **i4.5-1:** Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Raumordnungsbericht 2000. Berichte 7, Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, 2000.
- i4.5-2:** Dosch, F. u. Beckmann, G.: Trends und Szenarien der Siedlungsflächenentwicklung bis 2010. In: Informationen zur Raumentwicklung 11/12, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, 1999. • Dosch, F. u. Beckmann, G.: Siedlungsflächenentwicklung in Deutschland - auf Zuwachs programmiert. In: Informationen zur Raumentwicklung, 8, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, 1999.
- i4.5-3:** Ansprechpartner: Umweltbundesamt Berlin
 • Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.

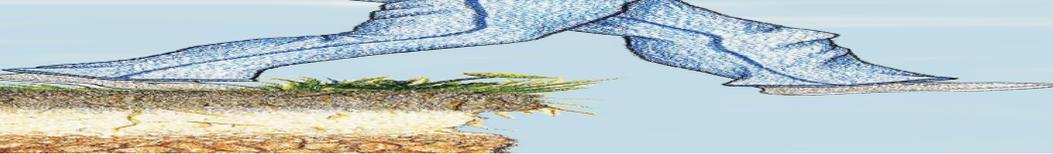
In welchem Ausmaß das Wasser den Boden abträgt, hängt von mehreren Faktoren ab: der Dauer heftiger Niederschläge, der Erodierbarkeit von Böden, der Länge und Neigung der Hänge sowie der Bewirtschaftungsform und erosionsabwehrenden Maßnahmen. Die maßgeblichen Faktoren der Wassererosion kann man in einer Formel zusammenfassen, mit der sich der mittlere Bodenabtrag pro Jahr grob abschätzen lässt. Wie das Beispiel Bayern (Bild 37, i4.6-3) zeigt, gibt es erhebliche regionale Unterschiede. Besonders betroffen sind intensiv ackerbaulich genutzte Regionen mit Böden aus Löss (Niederbayern, Region um Würzburg), in denen derzeit soviel erodiert, dass binnen 600 Jahren eine Schicht von etwa 50 cm abgetragen ist, eine Rate, die durch die natürliche Boden-neubildung nicht ausgeglichen werden kann. Ursache für den hohen Abtrag in diesen Regionen ist das ungünstige Zusammentreffen von hügeligem Gelände, Böden, die besonders anfällig für die Bodenerosion sind, und dem verbreiteten Anbau von Futtermais und Zuckerrüben, zwei Feldfrüchten, die erst spät flächendeckend den Boden schützen, wodurch die Böden den starken Gewitterregen im Frühling und Frühsommer weitgehend ungeschützt ausgesetzt sind.

4.6 Böden sind bedroht durch Bodenerosion

Die Erosion - der Abtrag von lockerem Material durch Wasser und Wind - ist ein natürlicher Prozess, der im Laufe von Jahrmillionen Gebirge ein ebnet und Meeresbecken mit Sedimenten füllt. Unter Bodenerosion versteht man dagegen den über das natürliche Maß hinausgehenden Abtrag, den der Mensch auslöst. Man unterscheidet die durch Niederschläge verursachte Wassererosion und die in Starkwindgebieten auftretende Winderosion (i4.6-1).

Problematisch an der Wassererosion ist nicht nur der Verlust an fruchtbarem Oberboden, sondern auch die Zerschneidung der Hänge und die Überdeckung der Böden am Hangfuß mit rohem Erosionsmaterial. Ein Teil des Sediments gelangt in die Gewässer und lagert sich in den Gewässerbetten ab, die deshalb regelmäßig ausgebaggert werden müssen. Mit dem Sediment werden auch große Mengen an Nährstoffen und Schadstoffen in die Gewässer eingetragen (i4.6-2).





Winderosion tritt vor allem in Norddeutschland auf. Betroffen sind großflächige, vegetationsarme Flächen mit trockenen Böden aus feinen Sanden oder feinkörnige Böden mit einem Bodengefüge aus staubfeinen Krümeln.

Weltweit ist die Bodenerosion die größte Bedrohung für die Böden. Nach einer von mehreren internationalen Organisationen durchgeführten Erhebung ist eine Fläche von zirka 17 Millionen Quadratkilometern erosionsgefährdet - das sind fast 15 Prozent der nutzbaren Fläche der Erde. Jährlich werden ca. 120.000 km² (0,1 % der

mehr als 50 Meter tief und bedrohte die Siedlung. Vor der Entwaldung bestand keine Gefahr. Denn solange der natürliche Kiefernwald mit seinem dichtem Unterholz wuchs, blieben auch die extrem lockeren Vulkanascheböden vollkommen erosionsstabil. Doch unmittelbar nach der Rodung machten sich die in den Subtropen typischen Starkregen gravierend bemerkbar: Das Wasser floss auf dem Boden ab und riss in die Oberfläche tiefe Rinnen. Diese vergrößerten sich rasch, weil unter den Böden mächtige Schichten vulkanischen Lockermaterials lagen. Mittlerweile ist der Kartoffelanbau längst einge-



Bild 38: Bodenerosion im Hochland von Mexiko

nutzbaren Fläche) aufgegeben, weil der Anbau nicht mehr lohnt (i4.6-1). Man schätzt, dass ein großer Teil der Ackerfläche, die durch Rodung hinzu gewonnen wird, in anderen Regionen durch Bodenerosion wieder verloren geht. Berücksichtigt man zusätzlich, dass die Weltbevölkerung weiter dramatisch steigt, wird verständlich, dass die Ackerfläche, die pro Kopf zur Verfügung steht, von 0,33 (1986) über 0,23 (2000) auf 0,15 Hektar im Jahr 2050 absinken wird. Da kaum noch fruchtbare Böden in Ackerfläche umgewandelt werden können, kann die Ernährung der Weltbevölkerung nur durch höhere Erträge sichergestellt werden (i4.6-4). Ein besonders drastisches Beispiel von Bodenerosion durch unangepassten Ackerbau dokumentiert Bild 38. In der am Nordhang des Pico de Orizaba (Mexiko) gelegenen Gemeinde Tlachichuca wurde 1974 in einer Höhe zwischen 3.100 und 3.400 Metern ein größeres Waldstück für den Kartoffelanbau gerodet. Das linke Bild zeigt, dass bereits im darauf folgenden Jahr eine etwa 3 Meter tiefe Erosionsrinne entstanden war, die sich jährlich weiter um mehrere Meter einschnitt. Im Jahr 1978 (mittleres Bild) hatte die Rinne eine Tiefe von zirka 20 Metern erreicht, 1991 (rechtes Bild) war sie

stellt - doch nicht nur wegen der Bodenerosion. Die Monokulturen wurden zudem von Nematoden befallen, so dass sich der Anbau nicht mehr lohnte. Die Erosion schreitet dagegen weiter fort.

Wird an Hängen Ackerbau betrieben, lässt sich Wassererosion nicht völlig vermeiden. Aber es gibt viele Techniken, durch die der Bodenabtrag sehr stark eingedämmt werden kann (i4.6-5). Wichtige Maßnahmen gegen Wassererosion sind: eine geeignete Auswahl der Fruchtarten (z. B. Winter- statt Sommergetreide); der Anbau von Zwischenfrüchten (Futter- und Gründüngungspflanzen) und Untersaaten (z. B. Klee-Grasgemische im Mais); die parallele Anordnung der Felder in quer zum Hang verlaufenden Streifen, in denen erosionsfördernde und erosionshemmende Feldfrüchte abwechseln; konservierende Bodenbearbeitung (z. B. Einsaat in Pflanzenreste der Vorfrucht und Einmulchen der Rückstände); Vermeidung von Bodenverdichtungen durch schwere Maschinen und Erhöhung der Gefügestabilität des Oberbodens. Winderosion lässt sich eindämmen, indem man die Schlaggröße begrenzt und Windschutzgehölze anlegt.



i

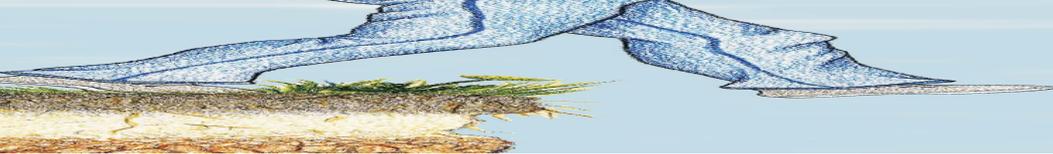
i4.6-1: Richter, G. (Hrsg.): Bodenerosion, Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 1998.

i4.6-2: Madsen, B. L. u. Tent, L.: Lebendige Bäche und Flüsse. Edmund Siemers-Stiftung, Hamburg, 2000.

i4.6-3: Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt 1986/87. Erich Schmidt Verlag, 1986.

i4.6-4: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten 1994, Economica Verlag, Bonn, 1994.

i4.6-5: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) (Hrsg.): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion, 2001. BMVEL, Postfach, 53107 Bonn.
www.verbraucherministerium.de.



5 Bodenschutz braucht viele Helfer

Ein verantwortlicher Umgang mit Böden ist nur dann möglich, wenn Öffentlichkeit und Bodennutzer den Wert des Bodens erkennen. Dazu ist ein angemessenes Wissen über Böden und eine positive Einstellung zum Bodenschutz nötig. Trotz vielversprechender Ansätze, wie der Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes oder Erfolgen bei der Altlastensanierung, gibt es noch erhebliche Defizite. Der Bodenschutz braucht einen angemessenen

Platz in Politik und Gesellschaft. Um den Zugang zu Anregungen und Informationen zu erleichtern, hat der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz seine Schlussfolgerungen und Empfehlungen zielgruppenorientiert nach Akteuren im Bodenschutz gegliedert. In jedem Bereich wird kurz auf den aktuellen Zustand eingegangen, werden Mängel und Lösungsvorschläge benannt und Hinweise zur weitergehenden Information gegeben. Übergreifende Darstellungen zur Verbesserung des Bodenbewusstseins finden Sie unter i5-1.

i

i5-1: Bundesverband Boden e. V.: www.bodenwelten.de. • Naturschutz- und Umweltakademie Nordrhein-Westfalen: www.nua.nrw.de/boden.

5.1 Bodenschutz im Kindergarten

Noch vor fünfzig Jahren verbrachten die meisten Kinder und Jugendlichen einen großen Teil ihrer Freizeit "draußen", meint: im Wald und auf Wiesen rund um ihren Wohnort. Dabei nahmen die Heranwachsenden die Böden mit all ihren Sinnen wahr. Sie sahen im Herbst die unterschiedlichen Farben der Äcker und kannten den unterschiedlichen Geruch von Acker-, Wald- und Moorböden; sie wussten, in welchen Böden man stabile Höhlen bauen kann, und mieden nasse lehmige Böden, auf denen Tonklumpen an den Schuhen klebten. Mitunter

schmeckten sie den Boden sogar, wenn sie hinfielen, darin wühlten oder sich damit bewarfen. Heute kommen nur noch wenige Kinder mit Boden in Berührung. Unbebaute Umgebung ist für die wenigsten schnell erreichbar, und der Sand der Spielplätze ist nur ein sehr unvollkommener Ersatz. Spaziergänge "in die freie Natur" finden auf befestigten Wegen statt, und in den meisten Hausgärten müssen sich Kinder schon anstrengen, um in der Erde buddeln zu können (bzw. zu dürfen).

Wir haben entdeckt, dass die Bürger über Nutzen und Schutz der Böden nicht so denken, wie Natur- und Bodenschützer dachten, dass die Bürger denken.

Unbekannte Quelle

Empfehlung 1

Sollen Kinder den Boden nicht nur als Schmutz wahrnehmen, den es tunlichst zu meiden gilt, muss ihnen schon der Kindergarten ein positives Bild von Böden vermitteln. Man

kann mit unterschiedlichen Bodenmaterialien wunderbar spielen. Die Kinder fühlen beim Kneten und Formen, dass Böden feucht, trocken, weich, hart oder klebrig sind; sie hören, dass Sand knirscht und Ton "schmatzt"; sie sehen, dass man auf Bögen, die mit Kleister bestrichen wurden, wunderbare Bodenbilder "malen" kann; und sie riechen den Unterschied zwischen einem Acker- und einem Waldboden. Werden Pflanzen aus Samen gezogen, darf die Rolle des Bodens nicht vergessen werden, und die Betrachtung einer Bodenprobe aus dem Wald macht jedem Kind bewusst, dass Böden belebt sind. Anregungen, Spiele und Lernmaterialien für den Umgang von Kindern mit dem Thema Boden finden Sie unter i5.1-1.

Einen besonderen Stellenwert kann der Boden im Konzept der Waldkindergärten erlangen, die in zahlreichen Städten Deutschlands eingerichtet sind (i5.1-2). Gemeinsam ist ihnen, dass die Kinder fünf Tage in der Woche mehrere Stunden im Freien verbringen und mit allen



Bild 39: Johanna matscht

Sinnen die Natur im Wechsel der Jahreszeiten erleben. Mit geeignetem Informationsmaterial sollten Kindergärtnerinnen und Kindergärtner den Grundstein für den verantwortungsvollen Umgang mit Böden setzen.

i **i5.1-1:** Unter der Rubrik "Klicks für Kids" finden sich im Informationssystem der Naturschutz- und Umweltakademie Nordrhein-Westfalen (www.nua.nrw.de/boden) altersgerechte Hinweise. • Ideenwettbewerb des Arbeitskreises "Boden in Unterricht und Weiterbildung": www.aw.fh-osnabrueck.de/akboden. **i5.1-2:** Unter dem Stichwort "Waldkindergarten" werden in Internet-Suchmaschinen knapp 1000 Nachweise geführt.

5.2 Bodenschutz in der Schule

Die Überprüfung der Lehrpläne mehrerer Bundesländer (Beiträge in i5.2-1) hat ergeben, dass Boden als selbständiges Unterrichtsthema (Gymnasium, Oberstufe, jedoch nicht in allen Zweigen) lediglich in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen gelehrt wird. In den übrigen Bundesländern behandeln viele Schultypen die Bedeutung von Böden und Fragen des Bodenschutzes gar nicht oder lediglich begleitend in Themen wie Überdüngung und Pestizideinsatz in der Pflanzenproduktion, ohne dass, wegen der knappen Zeit, die bodenkundlichen Grundlagen erklärt werden (können). Bochter schreibt hierzu: "Es muss im Unterricht also gleichsam das Obergeschoss eines Hauses errichtet werden, ohne Keller und Erdgeschoss." (i5.2-1)



Bild 40: Geländearbeit mit Schülern

Die Untersuchungen haben auch gezeigt, dass bei vielen Themen, in denen der Boden eine wichtige Rolle spielt, nicht einmal der Begriff in den Lehrplänen auftaucht. Immerhin geben die aktuellen Lehrpläne

unter dem Leitziel "verantwortlicher Umgang mit der Umwelt" schon jetzt die Möglichkeit, das Thema Boden verstärkt in den Unterricht mit aufzunehmen. Geeignete Unterrichtsmaterialien, die es für alle Schultypen und Klassenstufen gibt, erleichtern den Lehrern diese Aufgabe. Held und Mueller haben in einem Medienkatalog (i5.2-2) die wichtigsten Hilfsmittel zur Einführung bodenkundlicher Inhalte in den schulischen Unterricht zusammengestellt und bewertet. Auch aus dem Internet lassen sich

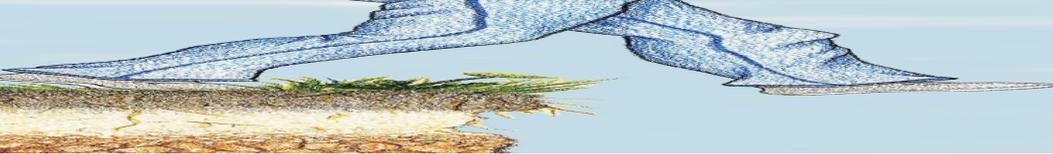
eine Fülle von Informationen für den Unterricht herunterladen (z. B. i5.2-3).

Empfehlung 2

Der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz ruft alle Verantwortlichen dazu auf, Böden zumindest gleichwertig neben den anderen Umweltkompartimenten Wasser und Luft in die Lehrpläne aller Schultypen aufzunehmen. Zudem müssen die Lehrer derart ausgebildet werden, dass sie bodenkundliche Grundlagen vermitteln können (vgl. Kap. 5.3).

Im Sachkundeunterricht der Jahrgänge 1 - 4 lassen sich Themen wie "die Bedeutung der Böden für die Ernährung", "der Boden als Lebensraum für Organismen" oder "die Empfindlichkeit von Böden bei Niederschlägen" behandeln. Einfache Versuche demonstrieren die Vielfalt des Bodenlebens und dass Böden aus unterschiedlichen Materialien bestehen. In außerschulischen Veranstaltungen lassen sich Unterschiede von Acker- und Waldböden beobachten oder auffällige Unterschiede der Oberböden in den verschiedenen Landschaftseinheiten der Umgebung herausarbeiten. Bei einem Besuch auf einem Bauernhof kann der Landwirt die Bedeutung der Bodenbearbeitung und der Düngung für den Ertrag der Feldfrüchte erklären. Mehrere für diese Altersstufe entwickelte Informationen, Arbeitsanleitungen und Versuche finden Sie unter i5.2-3. Tipp: In der Fernsehreihe "mittendrin" von Peter Lustig gibt es einen ausgezeichneten zweiteiligen Film über den Boden.

Schüler der Jahrgänge 5 - 10 sollten die Wirkungsbeziehungen zwischen Böden und dem Ökosystem kennen lernen. Fast jede Schule hat einen Garten, in dem man den Bodenaufbau und die Wirkung unterschiedlicher Bodensubstrate auf das Wachstum von Pflanzen erläutern kann (i5.2-4). Auch für diese Altersstufe gibt es eine große Anzahl gut ausgearbeiteter Experimente für den Biologie- und Chemieunterricht (i5.2-2 u. i5.2-3). Das Thema Boden eignet sich zudem ausgezeichnet für eine Projektwoche. Derzeit werden so genannte Bodenkoffer erarbeitet (i5.2-5), die Lehrerunterlagen, Arbeitsmittel für Schüler und Messgeräte enthalten. Mit diesen Materialien lassen sich Themen wie "die Unterschiede von Böden unter Acker und Wald", "Böden als Wasser-, Nährstoff- und Schadstoffspeicher" oder "Böden und Gewässer" erarbeiten. Soweit Bodenlehrpfade vor Ort bestehen (i5.3-4), kann man auch die Untersuchung ganzer Bodenprofile in das Programm aufnehmen.



Im Geographie-, Biologie- und Chemieunterricht der Oberstufen sollten schließlich die Rolle der Böden für die Welternährung, die Bodendegradation (z. B. Erosion als Faktor der Desertifikation, Verlust an Biodiversität, Bodenkontamination) und die Möglichkeiten des Bodenschutzes verdeutlicht werden (i5.2-2).

Wie die über mehrere Jahre andauernde Veranstaltungsreihe "Schülerforum Umwelttechnik" der Stiftung "Jugend forscht" gezeigt hat, eignen sich bodenkundliche Themen auch sehr gut als Einstieg in das selbständige wissenschaftliche Arbeiten.

i

i5.2-1: Der Arbeitskreis "Boden in Unterricht und Weiterbildung" der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (www.aw.fh-osnabrueck.de/akboden) hat in den Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft Band 85 (1997), Heft 3, S. 1629-1674, Band 89 (1999), S. 61-96 und Band 96 (2001), Heft 2, S. 799-816 zahlreiche Artikel zur Berücksichtigung der Bodenkunde im Schulunterricht publiziert.

i5.2-2: v. Held, G. u. Mueller, K. (Hrsg.): Medienkatalog zur Einführung bodenkundlicher Inhalte in den schulischen Unterricht. Fachhochschule Osnabrück, Fachbereich Agrarwissenschaften, 2000 (Sammlung und Auswertung geeigneter Lehrmaterialien nach Schultypen und Klassenstufen.).

i5.2-3: Die Naturschutz- und Umweltakademie Nordrhein-Westfalen hat eine ausgezeichnete Website eingerichtet (www.nua.nrw.de/boden), in der für die unterschiedlichen Alters- und Schultypen eine große Zahl von Informationen abrufbar sind. • Ein interaktives Lernprogramm und ein für den Unterricht geeigneter Film (Die Haut der Erde - über den Boden, von dem wir leben) sind über www.aid.de/landwirtschaft/bodenschutz erhältlich.

i5.2-4: Amt für Schule Hamburg (Hrsg.): Bodenuntersuchungen im Schulgarten - eine praxisorientierte Arbeitshilfe. Hamburg, 1996.

i5.2-5: www.bvboden.de

5.3 Bodenschutz an Universitäten und Fachhochschulen

In Deutschland ist das Fach Bodenkunde an 24 Universitäten und 14 Fachhochschulen vertreten. In allen Studiengängen der Agrar-, Forst- und Gartenbauwissenschaften ist Bodenkunde Bestandteil des Studienplans. Weitere Studiengänge, in die Bodenkunde integriert sein kann, sind Geologie, Geographie, Geoökologie, Geowissenschaften, Umweltwissenschaften und Bauingenieurwesen (i5.3-1). Als eigenständiger Studiengang ist das Fach Bodenkunde an der Universität Hohenheim (i5.3-2) und an der Fachhochschule Osnabrück (i5.3-3) etabliert.

Trotz der großen Zahl an bodenkundlichen Instituten und Studienangeboten bestehen Defizite in der akademischen Lehre. So ist das Fach Bodenkunde in den meisten Studiengängen der Agrar- und Forstwissenschaften lediglich Bestandteil des Grundstudiums, so dass eine

vertiefte Beschäftigung mit Fragen des Bodenschutzes nicht obligatorisch ist. Nicht in allen Studiengängen mit Schwerpunkt Umwelt- oder Naturschutz ist Bodenkunde / Bodenschutz Pflichtfach. Die Folge: Ein Teil der Absolventen, die vorwiegend in Behörden und Ingenieurbüros tätig werden, ist nicht hinreichend mit dem Boden vertraut. Gleiches gilt für Absolventen der Geowissenschaften, der Biologie und der Ingenieurwissenschaften.

Empfehlung 3

Da die Lehre an Universitäten und Fachhochschulen meist didaktisch wenig vorgebildeten Wissenschaftlern überlassen ist, empfiehlt der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz die Einrichtung einer Professur für bodenkundliche Fachdidaktik, die Lehrinhalte und -formen für die unterschiedlichen Studiengänge weiterentwickelt. Hier könnte auch der Ausgangspunkt für die Entwicklung von Internet-Lehrangeboten sein, mit denen Universitäten und Fachhochschulen, an denen es das Fach nicht gibt, bodenkundliches Wissen anbieten.

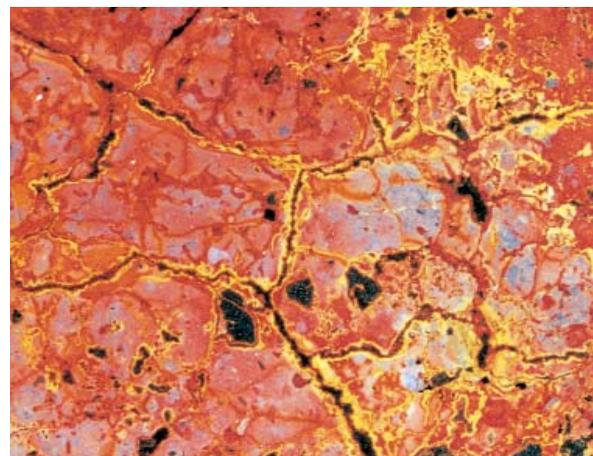


Bild 41: Saproлит

Um Fortschritte bei der Integration des Themas Bodenschutz in den Unterricht an Schulen zu erzielen, sollten Lehramtsstudienpläne das Fach Bodenkunde als Wahlfach in den Fächern Biologie, Chemie und Erdkunde einführen. Universitäten könnten durch aktive Mitarbeit bei "Jugend forscht"-Projekten und Angeboten für Schülerpraktika Studenten gewinnen, die frühzeitig am Fach Bodenkunde interessiert sind.

Die Mitglieder der Universitäten und Fachhochschulen haben überdies den Auftrag, ihr Fach in der Öffentlichkeit zu vertreten. Sie sollten in Zusammenarbeit mit Fachjournalisten regionaler und überregionaler Zeitungen und Zeitschriften das Thema Boden öffentlichkeitswirksam aufbereiten. Sie könnten Anregungen für Fernsehbeiträge in Sendungen über Umwelt- und Wissenschaftsthemen geben. Die Universitäten sollten mit öffentlichen Veranstaltungsreihen, Vorträgen bei Umweltverbänden und in Volkshochschulen sowie durch Mitarbeit in

Agenda-21-Gruppen das Bodenbewusstsein auf lokaler Ebene fördern. Außerdem bieten Bodenlehrpfade oder die Integration von offenen Bodenprofilen in Naturlehrpfaden eine wichtige Möglichkeit, Böden sichtbar zu machen (i5.3-4).

Im Rahmen der Umweltforschung wurden in den vergangenen zwanzig Jahren viele bodenbezogene Themen untersucht; Schwerpunkte waren Waldschadensforschung, Landwirtschaft und Agrarökosysteme, Ökosystemanalyse, Auswirkungen von Altlasten

und kontaminierten Standorten auf Gewässer, Grundwasser und Biosphäre, Abfallwirtschaft und Recycling, Reinigung kontaminierter Böden, Deponietechnik. Themen und Ergebnisse dieser Untersuchungen können Sie der Datenbank UMPLIS des Umweltbundesamtes entnehmen (i5.3-5). Dennoch gibt es im Bereich Bodenschutz noch erheblichen Forschungsbedarf.

Empfehlung 4

Aus Sicht des Wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz sind in Zukunft folgende Forschungsthemen vordringlich zu bearbeiten: Auswirkungen von Human- und Tierarzneimitteln auf Böden, das Verhalten gentechnisch veränderter Organismen auf Bodeneigenschaf-

ten und -organismen, die Rolle der Böden für die Biodiversität, die Wechselwirkung zwischen

Bodenorganismen und Bodeneigenschaften, die Bedeutung des Bodenschutzes in der Planung, die Bedeutung der kontrollierten Selbstreinigung kontaminierter

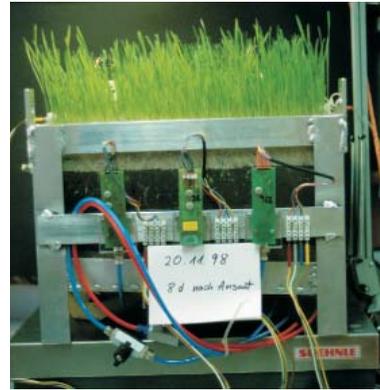


Bild 43: Modellversuch zum Wasserhaushalt eines Bodens

Böden und der Themenkreis Klimafolgenforschung. Wünschenswert wäre zudem eine stärkere Ausrichtung der deutschen Forschung auf Bodenprobleme der Entwicklungsländer (i5.3-6), wie die Bekämpfung der Bodendegradation, die Entwicklung nachhaltiger Bodenbewirtschaftungsformen oder die Optimierung der Bewässerung.

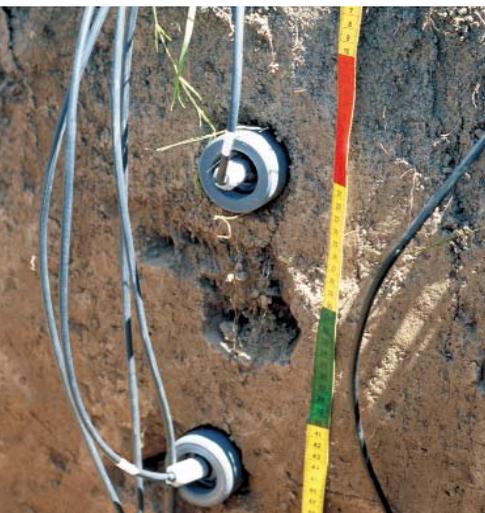


Bild 42: Installation von Messsonden in einem Boden

i i5.3-1: Über die Homepage des Instituts für Bodenkunde der Universität Hamburg (www.geowiss.uni-hamburg.de/i-boden) kann über Verweise eine große Zahl nationaler wie internationaler bodenkundlicher Institute und Institutionen erreicht werden.

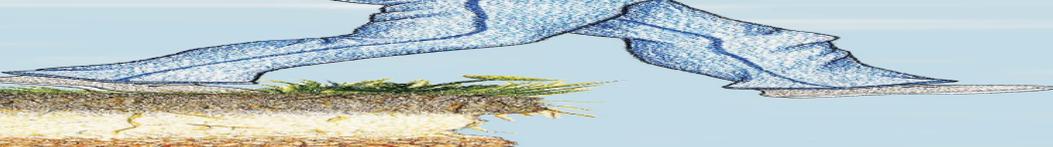
i5.3-2: Informationen zum Studiengang unter www.uni-hohenheim.de/soils.

i5.3-3: Informationen zum Studiengang unter www.fh-osnabrueck.de/studium_lehre_/01_bodenwissenschaften.

i5.3-4: Das Umweltbundesamt hat einen Reiseführer zu den Böden Deutschlands herausgegeben, in dem die meisten Bodenlehrpfade beschrieben sind. • Zum Aufbau von Bodenlehrpfaden: www.aw.fh-osnabrueck.de/akboden.

i5.3-5: www.umweltbundesamt.de.

i5.3-6: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten 1994, Economica Verlag, Bonn, 1994.



5.4 Bodenschutz in den Medien

In der modernen Informationsgesellschaft können allein die Massenmedien eine breite Öffentlichkeit erreichen. Bedauerlicherweise ist das Thema Boden - trotz seiner umwelt- und gesellschaftspolitischen Bedeutung - in den Medien nur sehr schwer transportierbar. Boden gehört zur Kategorie Umwelt, deren Schutz nach Meinungsumfragen bei den Bürgern nur noch eine nachrangige Bedeutung hat. Dementsprechend selten wird das Thema in den Medien behandelt.

Eine Meldung in der Tagespresse braucht einen aktuellen Bezug. Dieser findet sich beim Thema

Boden nur sehr selten und dann in einem negativen Zusammenhang ("Vergiftung der Böden", "Bodenerosion bedroht Ernährung der Weltbevölkerung"). Eine differenzierende Darstellung der Problematik können nur die Ressorts "Wissen" oder "Umwelt" unterbringen, die jedoch nur einen kleinen Leserkreis interessieren. Bei dem derzeitigen Stellenwert des Themas Boden ist eine eingehende Behandlung aber auch dort eher die Ausnahme.

Im Fernsehen hat das Thema mit weiteren Problemen zu kämpfen. Böden bewegen sich nicht, sie sind für Außenstehende bestenfalls Schönheiten auf den zweiten Blick. Böden haben keinen Kuschelfaktor, im Gegenteil: man assoziiert sie mit Schmutz. Auch für das Fernsehen gilt, dass meist nur Spartensendungen zur Umwelt das Thema behandeln, und wenn, dann häufig in negativem Zusammenhang. Beiträge, die den Wert der Böden vermitteln und dabei eine positive Haltung zum Bodenschutz erzeugen, sind extrem selten. Eine rühmliche Ausnahme ist Peter Lustig mit einer zweiteiligen Folge in der Kindersendung "mittendrin" gelungen.

Im Internet gibt es eine Fülle von Informationen, die für unterschiedliche Alters- und Interessensgruppen aufbereitet sind (z. B. i5-1). Aber solche Websites suchen nur diejenigen auf, die sich bereits für dieses Thema interessieren.

Empfehlung 5

Nach Auffassung des Wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz müssen, trotz aller Schwierigkeiten, verstärkt Anstrengungen unternommen werden, das breite Publikum über die Medien zu erreichen. Eine wichtige Möglichkeit sind Beiträge für das Fernsehen, die für Sendungen wie ZDF Umwelt oder Globus die vielfältigen Aspekte des Themas knapp und spannend aufbereiten. Eine Übersicht über bestehende Filme bietet die IWF Wissen und Medien gGmbH (i5.4-1). Darüber hinaus sollte man alle Möglichkeiten nutzen, ausführliche Berichte in regelmäßigen Abständen in den Printmedien unterzubringen. Dafür ist eine kreative Zusammenarbeit zwischen Medienproduzenten und Fachleuten aus den mit Boden befassten Institutionen erforderlich. Hilfreich wären aktuell gehaltene Presseinformationen (i5.4-2) und ein Verzeichnis von Fachleuten, die als Ansprechpartner dienen können.



Bild 44: Ausriss aus dem Hamburger Abendblatt vom 15.05.01



- i5.4-1:** Wissenschaftlicher Film: www.iwf.de.
- i5.4-2:** www.bvboden.de/presse (in Vorbereitung).

5.5 Bodenschutz im Museum

Museen können einen großen Beitrag zur Verbesserung des Bodenbewusstseins in der Öffentlichkeit leisten. Die Mitarbeiter sind geschult und haben die technischen Voraussetzungen, um das für die meisten Menschen verborgene Thema mit allen Sinnen "begreifbar" zu machen. Ein hervorragendes Beispiel ist die im Herbst 2001 eröffnete Dauerausstellung "unter.Welten" im Osnabrücker Museum am Schölerberg (i5.5-1). Der Besucher wird im Eingangsbereich auf das Thema eingestimmt und durch mehrere Bodenhöhlen geleitet, in denen er Bodenlebewesen und die Böden unter Wald und Acker kennenlernt. Schließlich gelangt er in einen Keller, der Böden in der Stadt verdeutlicht. Von den einzelnen Höhlen erreicht der Besucher die Dauerausstellungen "Wald", "Kulturlandschaft", "Stadtökologie" und "Moor". Das Museum ist gleichzeitig ein anerkanntes Regionales Umweltbildungszentrum mit einem breiten Angebot für Kindergärten und alle Schulformen. Außer

dem Museum bietet das Osnabrücker Land als Ergebnis des EXPO-Projekts "Faszination Boden" eine Fülle weiterer Ausstellungen und Erlebnisparks, in denen das Thema Boden behandelt wird (i5.5-2). Neben diesem regionalen Schwerpunkt gibt es Abteilungen von Museen, in denen Teilaspekte des Bodens behandelt werden. Eine weitere Möglichkeit, das Thema Boden in Museen, aber auch in Schulen oder Ausstellungshallen zu behandeln, sind Wanderausstellungen, von denen mehrere verfügbar sind (i5.5-3).

In den Niederlanden gibt es zwei Museen mit dem Schwerpunkt Boden. Das International Soil Reference and Information Centre (ISRIC) in Wageningen beherbergt eine umfangreiche Sammlung von Bodenmonolithen, die der Öffentlichkeit zugänglich ist. Es unterhält darüber hinaus eine weltweite Dokumentation von Bodeninformationen und betreibt Ausbildung und Forschung (i5.5-4). Das "Museonder" im Nationalpark "De Hoge Veluwe" führt physisch und inhaltlich in die "Unterwelt" (i5.5-5).

Empfehlung 6

Es wäre eine große Unterstützung für den Bodenschutz, wenn sich weitere Museen entschließen könnten, das Thema Boden in Dauerausstellungen zu präsentieren. In jedem Fall sollten Böden und ihre Bedeutung in allen naturkundlichen Museen oder Spezialmuseen mit landwirtschaftlichen, forstwirtschaftlichen oder archäologischen Schwerpunkten berücksichtigt werden. In Museen mit Freiflächen sollten begehbare Bodenprofile den direkten Kontakt mit Böden ermöglichen.

- i** **i5.5-1:** Museum am Schölerberg: www.osnabrueck.de.
- i5.5-2:** Projekt Faszination Boden: www.obe2000.de.
- i5.5-3:** Derzeit verfügbare Wanderausstellungen zum Thema Boden: "Leben im Boden", Staatliches Museum für Naturkunde, Görlitz, Demiansplatz 57, 02826 Görlitz;
 - "Der Regenwurm", www.regenwurm.ch;
 - "Böden begreifen", e-mail: atelier@klara-jahn.de;
 - "Der Boden lebt", www.nua.nrw.de/oeffentl/ausstell/bo-den.htm.
- i5.5-4:** ISRIC: www.isric.nl.
- i5.5-5:** Museonder, Apeldoornseweg 250, NL-7351 Hoenderlo.

5.6 Bodenschutz und Grundbesitz

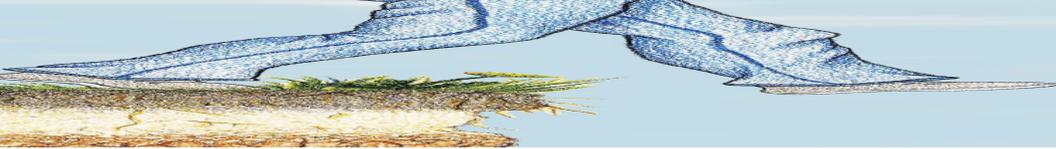
Im Gegensatz zu den beiden Umweltmedien Wasser und Luft befindet sich Boden generell als Grundbesitz in privatem oder öffentlichem Eigentum. Dass der Eigentümer mit dem dritten Umweltmedium, dem Boden, nicht uneingeschränkt verfahren kann, liegt auf der Hand. Mit



Bild 45: stark vergrößerte Plastik eines Pseudoskorpions im Museum am Schölerberg, Osnabrück

dem auch für das Eigentum Boden gültigen Grundsatz "Eigentum verpflichtet. Sein Gebrauch soll zugleich dem Wohle der Allgemeinheit dienen" ist die eingeschränkte Nutzung im Grundgesetz festgeschrieben. Wegen der besonderen Bedeutung des Bodens als unentbehrliches und unvermehrbares Gut ist Grund und Boden nach einer Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts aus dem Jahre 1967 zudem "weder volkswirtschaftlich noch in seiner sozialen Bedeutung mit anderen Vermögenswerten ohne weiteres gleichzustellen". Hiermit wurde eine Sozialbindung als Gebot für eine sozialgerechte Nutzung des Eigentums an Grund und Boden festgestellt, das gewisse, dem Umweltrecht unterliegende Pflichten nach sich zieht.

Nach der bundesgesetzlichen Regelung zum Schutz des Bodens (Bundes-Bodenschutzgesetz von 1998, i1-1) gelten neben der so genannten Jedermannpflicht, nach der jeder, der auf den Boden einwirkt, sich so zu verhalten hat, dass schädliche Bodenveränderungen nicht hervorgerufen werden (§ 4 Abs. 1), für den Grundstückseigentümer die Pflicht zur Durchführung von Maßnahmen zur Abwehr der von ihrem Grundstück drohenden schädlichen Bodenveränderungen (§ 4 Abs. 2) und die Vorsorgepflicht gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen (§ 7).



Die hier aufgeführten gesetzlich vorgeschriebenen Pflichten entsprechen dem verfassungsrechtlich gebotenen Umwelpflegeprinzip und damit auch dem Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung. Sie stehen aber auch für den Eigentümer an Grund und Boden im Einklang mit den verfassungsrechtlichen Grundsätzen des Allgemeinen Persönlichkeitsrechts und des Eigentums.

Empfehlung 7

Über die vorgenannten Pflichten sollte jeder Abgabepflichtige in seinem Abgabebescheid informiert werden. Die Frage, was Eigentümer und Besitzer über die genannten Pflichten hinaus besser machen können, ist besonders im Hinblick auf eine nachhaltige Bodennutzung zu stellen. Gesellschaft und Industrie können als private oder öffentliche Grundstückseigentümer bzw. Anlagenbetreiber ihrer Verantwortung im Sinne der oben genannten Grundsätze nur gerecht werden, wenn es langfristig gelingt, die Boden- und Flächenqualität zu erhalten. In diesem Verständnis wäre eine nachhaltige Bodennutzung dann erreicht, wenn die Inanspruchnahme von Böden mit einer Verpflichtung einherginge, die Böden und Flächen nach Beendigung der Nutzung zumindest in den vorherigen Zustand zurückzusetzen. Ein solches im Sinne der Nachhaltigkeit an sich selbstverständliches "Verschlechterungsverbot" ist umweltrechtlich allerdings noch nicht verankert. Hier wäre eine Selbstverpflichtung des Eigentümers von größtem Wert.

5.7 Bodenschutz in Landwirtschaft und Forstwirtschaft

Landwirte leben von den Erträgen ihrer Flächen und damit von der Fruchtbarkeit der Böden. Nachhaltige Bodennutzung setzt den Erhalt der Böden und ihrer Leistungen (Funktionen) voraus. Erhalt des Bodens bedeutet konkret, dass der Verlust von Boden(material) oder Qualitätsverluste der fruchtbarkeitsbestimmenden Merkmale (bzw. Bodenfunktionen) unbedingt zu verhindern sind (Kap. 3.1). Zum Verlust an Bodenmaterial führt die Bodenerosion (Kap. 4.6), ein Vorgang, bei dem Bodenpartikel des Oberbodens durch abfließendes Wasser "weggespült" oder durch stärkeren Wind "fortgeweht" und die Bodenprofile somit "gekürzt" werden. Im Laufe von Jahrzehnten bis Jahrhunderten geht so der fruchtbare Boden verloren, und das darunter liegende Gestein bildet oft eine unfruchtbare Oberfläche (i4.6-1, i5.7-1). Die durch Maschinen-

einsatz hervorgerufenen Bodenschadverdichtungen erschweren die Durchwurzelung des Unterbodens, das Bodengefüge wird beeinträchtigt und die Infiltrierbarkeit des Bodens für Regenwasser nimmt ab. Pflanzen haben einen eingeschränkten Wurzelraum, weniger Wasser und Nährstoffe sind für die Wurzeln verfügbar; Ertragseinbußen sind die Folge (i5.7-2).

Auch Schadstoffanreicherungen beeinträchtigen die Qualität von Böden (Kap. 4.1), Nahrungs- oder Futtermittel sind dann nicht mehr für den Verzehr geeignet. Diese Schadstoffe, wie Schwermetalle oder organische Schadstoffe, stammen z. B. aus Verkehr, Heizungsanlagen oder Industriebetrieben und gelangen über die Luft auf und in die Böden. Auch Düngemittel können Schadstoffe enthalten (i5.7-3). Böden haben ein "langes Gedächtnis": Sie reichern die Schadstoffe an. Die Einträge akkumulieren sich über Jahrzehnte und führen zu steigenden Schadstoffgehalten. Ein weiterer Anstieg von Schadstoffen in Böden soll durch die Begrenzung von "zulässigen Zusatzbelastungen" für Böden durch das Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und die Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) (i1-1) verhindert werden.



Bild 46: lockerer (links) und in einer Fahrspur verdichteter Boden

Etwa ein Drittel der Fläche Deutschlands wird forstwirtschaftlich genutzt. Wälder haben neben der Nutzfunktion (Holzproduktion) auch eine Erholungsfunktion und eine Schutzfunktion. Sie regulieren den Wasserhaushalt einer Landschaft, schützen vor Geröll- und Schneelawinen und wirken ausgleichend auf das Klima (i5.7-4). Böden unter Wald sind stellenweise ebenfalls durch Bodenverdichtung bedroht, wenn die Holzernte mit schwerem Gerät durchgeführt wird (Rückeschäden). Dabei werden auch die Bodenlebewesen in Mitleidenschaft gezogen, die Regeneration eines verdichteten Bodens geht langsam vonstatten (i5.7-5). Flächenhafte

Bodenbeeinträchtigungen sind durch Stoffeinträge hervorgerufen worden, die zu einer Versauerung der Böden geführt haben (Kap. 4.1, i5.7-6). Durch Kalkungen werden diese Veränderungen nicht hinreichend ausgeglichen.

Empfehlung 8

Um den Anforderungen der Vorsorge im Bodenschutz gerecht zu werden, müssen Landwirte die in § 17 des Bundes-Bodenschutzgesetzes (i1-1) formulierten Regeln zur "Guten fachlichen Praxis" einhalten. Hilfestellung geben Beratungsunterlagen, die für die unterschiedlichen Teilbereiche der "Guten fachlichen Praxis" entwickelt wurden (i5.7-7). Verbindliche Regeln könnten dieses Ziel schneller verwirklichen helfen. Auch eine Zertifizierung wie z. B. das Umweltsicherungssystem (USL) des Verbandes Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungsanstalten (i5.7-8) kann, verbunden mit finanziellen Anreizen, einen erheblichen Fortschritt bei der Umsetzung der "Guten fachlichen Praxis" bedeuten. Weitere Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz finden sich in i1-3.

Zum Schutz der Böden unter Forsten sollen die Rückeschäden soweit wie möglich vermieden und die Säure- und Nährstoffeinträge aus der Luft soweit abgesenkt werden, dass auch empfindliche Ökosysteme nicht geschädigt werden.

i

i5.7-1: Auerswald, K. u. v. Berger, P.: Bodenerosion durch Wasser - Ursachen, Schutzmaßnahmen und Prognose mit PCABAG. AID-Heft Nr. 1378, Bonn, 1998. • Mosimann, T. u. Rüttmann, M.: Bodenerosion - selber abschätzen. Ein Schlüssel für Betriebsleiter und Berater. Sissach, Schweiz, 1995. • Brunotte, J., Winnige, B., Frielinghaus, M. u. Sommer, C.: Der Bodenbedeckungsgrad - Schlüssel für gute fachliche Praxis im Hinblick auf das Problem Bodenabtrag in der pflanzlichen Produktion. Bodenschutz 2/1999, S. 57-61.

i5.7-2: Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) (Hrsg.): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion, 2001. BMVEL, Postfach, 53107 Bonn. www-verbraucherministerium.de.

i5.7-3: Bannick, C. G., Eichmann, C., Friedrich J., Oda, R. u. Roth, M. (Redaktion): Grundsätze und Maßnahmen für eine vorsorgeorientierte Begrenzung von Schadstoffeinträgen in landbaulich genutzte Böden. UBA-Texte 59/01, Umweltbundesamt, Berlin, 2001.

i5.7-4: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML): Unser Wald - Natur und Wirtschaftsfaktor zugleich. BML, Postfach 14 02 70, 53107 Bonn. • Arbeitsgemeinschaft Naturgemäße Waldwirtschaft, 96184 Rentweinsdorf.

• Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Meckenheimer Allee 79, 53115 Bonn.

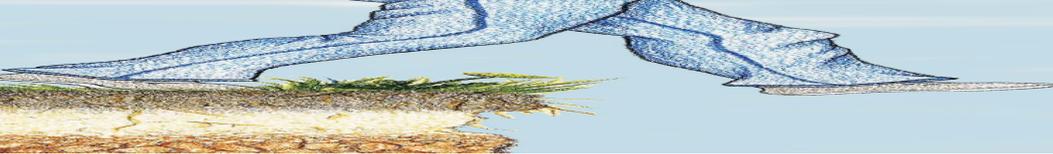
• Internationale Alpenschutzkommission CIPRA: Alpenkonvention. www.cipra.org.

i5.7-5: Hildebrandt, E. E.: Der Einfluß der Bodenverdichtung auf die Bodenfunktionen im forstlichen Standort. Forstwissenschaftliches Centralblatt 102, 1983, S. 111-125.

i5.7-6: Nagel, H.-D. u. Gregor, H.-D. (Hrsg.): Ökologische Belastungsgrenzen - Critical Loads & Levels. Springer Verlag, Berlin u. a., 1999.

i5.7-7: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML): Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung nach § 17 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998. Bekanntmachung des BML vom 23.02.1999. In: Rosenkranz, D., Bachmann, G., Einsele, G. u. Harreß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 8021, Erich Schmidt Verlag, Berlin. • Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft: Angepasstes Befahren von Niedermoorgrünland. Merkblatt 323, 2001. • Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft: Bodenschonung mit moderner Technik. Arbeitsunterlage, 2001. • Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL): Bodenbearbeitung und Bodenschutz - Schlussfolgerungen für gute fachliche Praxis. Arbeitspapier 266, Darmstadt, 1998.

i5.7-8: www.vdlufa.de/usl. • Eckert, H., Breitschuh, G. u. Sauerbeck, R.: Kriterien für eine bodenschonende Landbewirtschaftung. In: Rosenkranz, D., Bachmann, G., Einsele, G. u. Harreß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz, Kennziffer 4050, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2000.



5.8 Bodenschutz im Garten- und Landschaftsbau

Der Garten- und Landschaftsbau nimmt die Bauausführung von Entwürfen der Freiflächenplanung vor, also der Gestaltung von Grünflächen, Parkplätzen, Wegen etc. im Zuge der Stadtplanung. Böden werden im Garten- und Landschaftsbau häufig nur als "Bodenmaterial" oder als "Substrat" wahrgenommen. Sie dienen als Material, mit dem eine gestalterische Idee in einer Landschaft "modelliert" wird. Demzufolge spielen bautechnische Merkmale wie "Standfestigkeit" eine große Rolle, die oberste "Schicht" bildet dann die "Vegetationstragschicht". Hierzu wird oft Bodenmaterial durch Mischen verschiedener Substrate hergestellt mit dem Ziel, einen lockeren, humus- und nährstoffreichen Wurzelraum zu schaffen. Neben Sand wird organische Substanz in Form von Torfen und Komposten eingesetzt. Natürlich gewachsene Böden spielen eine untergeordnete Rolle.

Empfehlung 9

Auf Torfe sollte sowohl im Garten- und Landschaftsbau als auch insbesondere in Klein- und Hausgärten verzichtet werden, denn Moore, deren Entstehung mehrere Jahrtausende dauerte, werden durch den Torfabbau zerstört. Für diese Einsatzbereiche sind Qualitätskomposte ebenfalls geeignet. Güteanforderungen (i5.8-1) definieren die Ansprüche an Qualitätskomposte, dazu gehören u. a. geringe Salz- und Schadstoffgehalte sowie die Rottegrade IV oder V für "reife" Komposte. Auch der Komposthaufen im eigenen Garten kann nach diesen Kriterien angelegt und verwendet werden (i5.8-2).



Bild 47: wechselfeuchter Saprolit

Im Garten- und Landschaftsbau sind künftig höhere Anforderungen an die Qualität des eingesetzten Bodenmaterials zu beachten. Basis ist §12 BBodSchV. Auch die bedarfsgerechte Nähr-

stoffversorgung sollte gewährleistet sein (i5.8-3). Ebenso sollten Klein- und Hausgärtner Düngemittel nur dem Bedarf der Pflanzen angemessen einsetzen. Im Zweifel gibt eine Boden-



Bild 48: Ausriss aus einem Firmenprospekt

untersuchung Auskunft über die Nährstoffversorgung bzw. den Düngbedarf, z. B. über die Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten (LUFÄ, i5.8-4) oder private Bodenuntersuchungslabors. Der Einsatz von belasteten Materialien oder Aschen sollte unterbleiben, da sich darin vorhandene Schadstoffe in Böden anreichern und die im Garten erzeugten Nahrungsmittel nicht mehr für den Verzehr geeignet sein können.

Besonderes Augenmerk sollten der gewerbliche Garten- und Landschaftsbau und die Hobbygärtner/innen auf den Anteil der versiegelten

Flächen richten (Kap. 4.5). Jeder Quadratmeter an versiegelter Bodenoberfläche ist vom Wasser- und Luftaustausch abgeschnitten und eine "biologische Wüste". Die sparsame Versiegelung von Grün- und Freiflächen (nur Fahrwege, Verwendung teil-

durchlässiger Materialien etc.) ist ein wichtiger Beitrag. Auch die Entsiegelung nicht mehr genutzter versiegelter Flächen sollte gefördert werden.

i

i5.8-1: Bundesgütegemeinschaft Kompost e. V.: Qualitätskriterien und Gütezeichen für Komposte (verschiedene Broschüren und Infomaterialien). Köln. www.bgkev.de.

• Gütegemeinschaft Substrate für Pflanzenbau e. V., Heisterbergallee 12, 30453 Hannover.

www.substrate-ev.org. • Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL, Hrsg.): Qualitätsanforderungen und Anwendungsempfehlungen für organische Mulchstoffe und Komposte im Landschaftsbau.

Eigenverlag FLL, 1994. www.fll.de.

i5.8-2: Fischer, P.: Leitfaden für die Kompostierung im Garten - Aus Abfall wird Dünger, 1999. www.fh-weihenstephan.de/va/infos/projekte/pe/kompostmedien/leitfaden.htm.

• Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND): Ökotipps - Kompost statt Torf. Broschüre.

www.bund.net. • BUND: Ökotipps - Biomüll sammeln und kompostieren. Broschüre. • BUND: Ökotipps - Umweltschutz im Garten.

Broschüre.

i5.8-3: Delschen, Th., König, W., Leuchs, W. u. Bannick, C.: Begrenzung von Nährstoffeinträgen bei der Anwendung von Bioabfällen in Landschaftsbau und Rekultivierung. EntsorgungsPraxis, Heft 12/96, 1996, S. 19-24. • Evers, G.: Düngelexikon für den Gartenbau: Begriffe der Pflanzenernährung und Düngung von A bis Z. Thalacker Medien, Braunschweig, 1998.

• Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL, Hrsg.): Beschreibendes Düngemittelverzeichnis für den Landschafts- und Sportplatzbau. Eigenverlag FLL, 1999. www.fll.de.

i5.8-4: Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA): www.vdlufa.de.

5.9 Bodenschutz im Naturschutz

Böden können sehr unterschiedliche Eigenschaften haben. Es gibt nasse, feuchte und trockene Böden; solche, bei denen der Wassergehalt im Jahresverlauf stark schwankt, und andere, wie die Watten, die zweimal täglich überschwemmt werden. Böden können sauer, neutral oder basisch sein. Sie können nährstoffarm, nährstoffreich oder mit Salzen angereichert sein. Manche Böden sind nur wenige Zentimeter tief, andere mehrere Meter mächtig. Einige bestehen überwiegend aus groben Steinen, andere aus staubfeinem Löss oder aus Ton, der aus submikroskopisch feinen Tonmineralen besteht.

Wegen der Vielfalt ihrer Eigenschaften stellen die unterschiedlichen Böden spezielle Lebensräume dar, an die sich die Tier- und Pflanzengemeinschaften angepasst

haben. Oft sind es Böden mit extremen Eigenschaften, die seltenen Tieren und Pflanzen einen geeigneten Lebensraum bieten. Gleichzeitig verändern Organismen in vielfältiger Weise die Eigenschaften von Böden. Es besteht also zwischen beiden eine intensive Wechselbeziehung. Das meist kleinräumlich wechselnde Mosaik verschiedener Böden erhöht die Vielfalt der Lebensformen einer Landschaft und wird damit ein wichtiger Faktor für die Biodiversität.

Effektiver Naturschutz setzt daher eine genaue Kenntnis der Wechselbeziehungen zwischen Böden und Organismen voraus. Während die Grundzüge der Beziehungen zwischen Bodeneigenschaften und Pflanzen bzw. Tieren seit längerem bekannt sind (i5.9-1), sind allgemein anwendbare Klassifikationssysteme zur Beurteilung der Lebensraumfunktion von Böden und die Bedeutung der Böden für die Biodiversität Gegenstand der Forschung (i5.9-2).

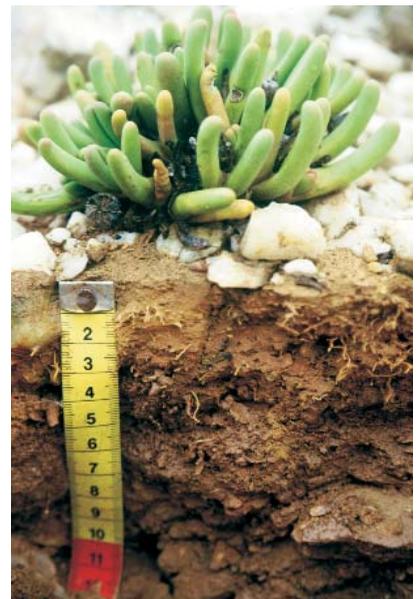
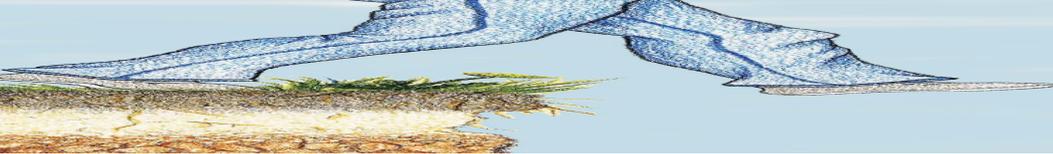


Bild 49: Bodeneigenschaften beeinflussen die Artenzusammensetzung der Vegetation



Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der Schutz der Böden als Naturkörper. Böden sind Archive der Natur- und Kulturgeschichte (Kap. 3.6), deren Beeinträchtigung nach dem Bundes-Boden-



Bild 50: eine Schwarzerde als Naturdenkmal (in der Nähe von Hildesheim)

schutzgesetz so weit wie möglich vermieden werden soll (i1-1). Besonders wichtig ist der Erhalt naturnahe und seltener Böden. Da Naturschutzgebiete häufig in vom Menschen wenig beeinflussten Gebieten liegen und oft Standorte mit extremen Eigenschaften einschließen, gibt es in ihnen häufig naturnahe und

seltene Böden. Wegen des generellen Schutzstatus sind in Naturschutzgebieten die besten Voraussetzungen für den Erhalt dieser Böden gegeben. In aller Regel ist jedoch den für den Naturschutz Verantwortlichen fremd, dass Böden wegen ihrer Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte ebenso geschützt werden sollten wie seltene Tiere und Pflanzen.

Empfehlung 10

Die wichtigsten Voraussetzungen für den Schutz der Böden in Naturschutzgebieten sind eine großmaßstäbige Bodenkarte des Schutzgebietes einschließlich seiner Randbereiche, die Analyse der Bodeneigenschaften sowie ausreichende Fachkenntnisse zur Beurteilung der Auswirkungen von Pflegemaßnahmen und anderen Eingriffen.

Der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz hat in seinem Gutachten zur Vorsorge im Bodenschutz (i1-3) ausgeführt, dass die Möglichkeiten, die das Naturschutzrecht für die aktive Vorsorgestrategie zum Schutz des Bodens bietet, noch lange nicht ausgeschöpft sind. Er hält es auch für wichtig, für Böden einen Positiv-Katalog von Maßnahmen zu entwickeln, die in der Eingriffsregelung des Naturschutzgesetzes als Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahmen angewendet werden sollten (i5.9-3).

Ein weiteres wichtiges Instrument zum Schutz der Archivfunktion von Böden im Rahmen des Naturschutzes ist die Ausweisung von Geotopen (i5.9-4), in denen Böden oder Bodengesellschaften aufgrund ihrer Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte geschützt werden.

Zum Bodenschutz in Naturschutzgebieten gehört überdies, im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit die Rolle der Böden für das Ökosystem und Prinzipien des Bodenschutzes aufzubereiten. Sofern Naturpfade innerhalb der Schutzgebiete angelegt sind, sollten zumindest Informationen über die Böden eingefügt werden. Soweit dies möglich ist, sollten Böden dort auch an offenen Profilen sichtbar gemacht werden (i5.3-4). Für die Kinder- und Jugendarbeit gibt es eine Fülle von Anregungen, die bereits in den Informationen zu den Abschnitten 5.1 und 5.2 aufgeführt wurden.

i

- i5.9-1:** Ellenberg, H.: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Eugen Ulmer, Stuttgart, 1996. • Dunger, W. u. Fiedler, H. J. (Hrsg.): Methoden der Bodenbiologie, Gustav Fischer, Jena, 1997.
- i5.9-2:** Römbke, J. u. Dreher, P.: Bodenbiologische Güteklassen. Texte 00/06, Umweltbundesamt, Berlin, 2000.
- i5.9-3:** Müller-Pfannenstiel, K., Feldwisch, N., Herbert, M. u. Wolf, R.: Wiederherstellungsmöglichkeiten von Bodenfunktionen im Rahmen der Eingriffsregelung. Angewandte Landschaftsökologie, Heft 31, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 2000.
- i5.9-4:** Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Geotopschutz: Arbeitsanleitung Geotopschutz in Deutschland - Leitfaden der Geologischen Dienste der Länder der Bundesrepublik Deutschland. Angewandte Landschaftsökologie Heft 9, Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 1996. • Thüringer Landesanstalt für Geologie (Hrsg.): Geotop 2000 - Geotope im Spiegelbild der geowissenschaftlichen Landesforschung. Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen, Beiheft 10, Weimar, 2000.

5.10 Bodenschutz und Sanierung

Ende 2000 waren in Deutschland über 360.000 Flächen erfasst, bei denen der Verdacht auf eine Altlast bestand oder bereits bestätigt war. Von diesen 360.000 Flächen sind rund 100.000 Alt-



Bild 51: Aufbau des Abdecksystems für eine Altdeponie

ablagerungen, d. h. stillgelegte Abfallbeseitigungsanlagen oder Grundstücke, auf denen Abfälle behandelt, gelagert oder abgelagert wurden, und 260.000 Altstandorte, d. h. Grundstücke stillgelegter Anlagen oder sonstige Grundstücke, auf denen mit umweltgefährdenden Stoffen umgegangen wurde (i5.10-1). Beispiele für altlastverdächtige Flächen reichen von ehemaligen Tankstellen mit möglichen Bodenverunreinigungen durch Benzin und Öl bis zu viele Hektar großen Altdeponien mit sehr hohem Gefährdungspotential. Neben altlastverdächtigen Flächen bzw. Altlasten gibt es Flächen, insbesondere

land- oder forstwirtschaftlich genutzte, bei denen der Verdacht schädlicher Bodenveränderungen (z. B. durch Bodenerosion) besteht oder bestätigt wurde. All diese Flächen müssen untersucht und ggf. saniert werden, um Gefahren von Mensch und Umwelt abzuwehren und die Funktionen des Bodens wiederherzustellen.

Altlastverdächtige Flächen müssen in einem aufwändigen, mehrstufigen Verfahren bearbeitet werden, das - wenn es vollständig durchlaufen wird - aus mehreren aufeinander folgenden Schritten besteht, der Erfassung, der Gefährdungsabschätzung, der Sanierung und Überwachung und schließlich der Nachsorge. Die Überwachung der Wirksamkeit der Sanierungsmaßnahmen in der Nachsorge

kann im Extremfall (bei hohem Gefährdungspotential) durchaus über Jahrhunderte erforderlich sein.

Die Altlastensanierung kann durch unterschiedliche Maßnahmen erfolgen. Man unterscheidet Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Schadstoffe (Dekontamination), wie z. B. das Abpumpen und die anschließende Aufbereitung belasteten Grundwassers, Hochtemperatur-Verbrennung organischer Schadstoffe oder bodenbiologische Reinigungsverfahren, und Maßnahmen, die die Ausbreitung der Schadstoffe langfristig verhindern oder vermindern, ohne jedoch die Schadstoffe selbst zu beseitigen (Sicherung), wie z. B. die Einkapselung der Altlast durch Oberflächenabdichtungssysteme oder Dichtwände. Eine dritte Gruppe von Maßnahmen dient insbesondere der Sanierung von Flächen mit schädlichen Bodenveränderungen, z. B. durch Kalkung oder das Auftragen von nicht kontaminiertem Material. Altlastensanierung ist teuer. Dies sei an dem Extremfall Altdeponie Hamburg-Georgswerder verdeutlicht, deren Sanierung gut 125 Mio. Euro gekostet hat und deren Nachsorge Jahr für Jahr ca. 1,5 Mio. Euro kostet.

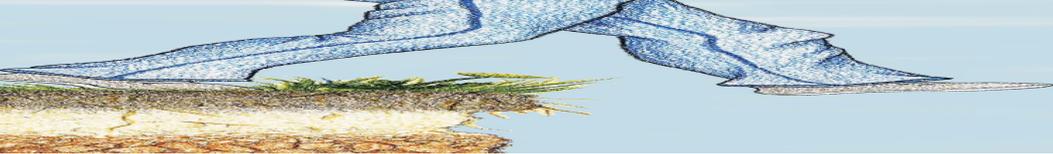
Empfehlung 11

Die Sanierung von Altlasten und kontaminierten Böden erfordert die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen, z. B. der Boden- und Ingenieurwissenschaften, der Geologie und der Chemie. Die systematische Mitwirkung der Bodenwissenschaften ist bisher jedoch nicht im erforderlichen Maße gegeben und sollte daher ausgebaut werden.

Bei verschiedenen Teilproblemen der Sanierung besteht noch Forschungs- und Entwicklungs-



Bild 52: Bau der Basisdichtung einer Abfalldeponie



bedarf, z. B. bei Strömungs- und Transportprozessen in der ungesättigten Bodenzone und ihrer Modellierung, bei der Weiterentwicklung von Sanierungsverfahren und der Erforschung von Selbstreinigungsprozessen sowie bei Maßnahmen zur Wiederherstellung beeinträchtigter natürlicher Bodenfunktionen.

Ein wichtiger Aspekt der Sanierung von Altlasten ist die geplante Folgenutzung. Der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz empfiehlt durch Wiederverwendung von sanierten Flächen für Wirtschaftsbetriebe oder als Verkehrsflächen (Flächenrecycling, i5.10-2) den Verbrauch naturnaher Flächen (der "grünen Wiese") zu verringern.

Wenn sich auch der Altlastverdacht nur bei einem Teil der bisher über 360.000 altlastverdächtigen Flächen bestätigen wird und nur ein kleiner Teil der Flächen ein sehr hohes Gefährdungspotential aufweist, so verdeutlicht doch allein die sehr große Anzahl altlastverdächtiger Flächen die ökologische wie auch die ökonomische Dimension dieses Problems, das der Öffentlichkeit jedoch nicht hinreichend bewusst ist. Die zuständigen Stellen, die Bildungseinrichtungen und die Medien sollten daher der Öffentlichkeit sehr viel stärker als bisher am Beispiel der altlastverdächtigen Flächen die Bedeutung des Bodens als Lebens- und Überlebensgrundlage des Menschen und die Bedeutung des Bodenschutzes näher bringen.

i

i5.10-1: Umweltbundesamt:
www.umweltbundesamt.de.
i5.10-2: ITVA-Arbeitshilfe C5-1/98:
Flächenrecycling. Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V., Berlin, 1998. home.snafu.de/itva/.
i5.10-3: Allgemeine Informationen zum Thema: BBodSchG und BBodSchV: siehe i1-1. • Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU): Altlasten. Zwei Sondergutachten, s. i4.1-1. • Franzius, V., Wolf, K. u. Brandt, E. (Hrsg.): Handbuch der Altlastensanierung. Loseblatt-Ausgabe, 2. Aufl., C. F. Müller Verlag, Heidelberg, ab 1995. • Fehlau, K.-P., Hilger, B. u. König, W.: Vollzugshilfe Bodenschutz und Altlastensanierung. Bodenschutz & Altlasten, Band 7, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2000.

6 Boden und Kunst

Böden zeigen ein weites Spektrum der Natur zwischen Gewordenem und menschlich Gemachtem, dem Menschen Nützlichem und der Natur Entnommenem, kurz: der Ambivalenz des Fortschrittes auf. Böden liefern Motive der beherrschten Natur, der angeeigneten und nutzbar gemachten Natur, aber auch der langfristigen und durch den Menschen nicht kontrollier- und steuerbaren Entwicklung natürlicher Ressourcen. Dieses Kapitel will aufzeigen, dass sich eine intensive Wahrnehmung der Böden als Umweltgut und als künstlerischer Gegenstand durchaus lohnt. Es gilt eine Bilderwelt zu entdecken. Die Bilderwelt der Böden besteht aus Unbekanntem und aus Vergessenem, das es wieder zu entdecken gilt: Welches Bild machen wir uns von der Umwelt und dem Boden? Welche Bilder machen uns den Boden bewusst? Einige Beispiele sollen Eindrücke vermitteln, wie bislang in der darstellenden Kunst mit dem Thema Boden umgegangen wurde.



Bild 53: Pieter Brueghel d.Ä.: *Der Fall des Ikarus*, *Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique, Brüssel*

Bilder der "fruchtbaren Erde"

Böden waren und sind für den Menschen in erster Linie Ernährungsgrundlage. Kein Bild beschreibt dies deutlicher als "Der Sturz des Ikarus" von Pieter Brueghel d.Ä. von 1558. Brueghel lässt Ikarus, der Erzählung von Ovid treu bleibend, beim Versuch, wie ein Vogel zu fliegen, ins Meer fallen. Aber er rückt die Fabel an den Rand und stellt in den Vordergrund des Bildes einen Bauern und einen Hirten, die, scheinbar unbeteiligt, ihren Aufgaben nachgehen. Der eine bearbeitet den Boden mit der damals innovativen Technik des bodenwenden-

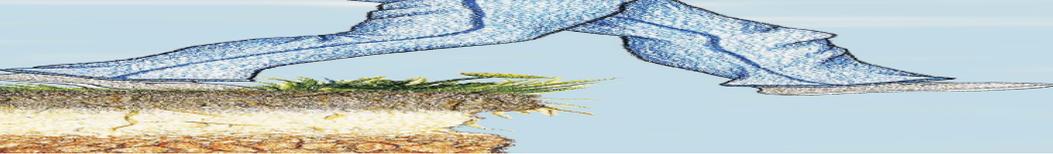
den Pfluges, der andere hält die Schafe, die im Herbst die Stoppeln fressen und gleichzeitig den Acker düngen, von dem Saatgut des Ackers fern. Dass der Bauer den Pflug entlang der Hangkonturen führt, vermeidet die Abspülung von Bodenmaterial mit Niederschlägen, die in den Pfluginnen abfließen, wenn diese den Hang hinab verlaufen. Die Bearbeitung des Bodens ist hier Ausdruck für die Sicherheit und Kontrolle des Lebens. Die Landarbeiter verkörpern die erdverbundene, nachhaltige und lebensnahe Lebensform, die der Erde nimmt, was sie ihr auch wieder zu geben vermag. Ikarus dagegen symbolisiert den zur Hybris neigenden, unmäßigen und letztlich glücklosen Wagemut.

Ähnliche Bilderwelten, die eine Nutzung der Umwelt und des Bodens kommentieren, lassen sich anführen. Es sei nur auf die Kalenderblätter aus den "Très riches heures" des Herzogs von Berry, 1416, erinnert, die im Monat November die Waldweide der Schweine, im Monat März das Zusammenwirken von dem Weinbauern, dem pflügenden Ackerbauern, dem Schäfer und dem Sämann zeigen (i6-1).

Böden in der Landschaftsmalerei

Ab 1600 wird die Landschaft selbst Gegenstand der Darstellung (i6-2). Insbesondere in den Niederlanden gab es im 17. und 18. Jahrhundert eine große Zahl von Landschaftsmalern (i6-2, i6-3), die nach eigener Naturbeobachtung eine Fülle detailreicher Bilder unterschiedlicher Landschaften schufen, aus denen sich Einiges zum Zustand der Böden ableiten lässt: Auf vielen Bildern von Jakob van Ruisdael (i6-3) herrschen durch Verbiss von Ziegen und Schafen niedrig gehaltene Bäume und Büsche vor, die, wegen der Schweinemast, von einzelnen Eichen überragt werden. Als Folge der schüttereren Vegetation tritt Erosion auf, deren Ausmaß in einigen Bildern an freigelegten Wurzeln von Bäumen gut zu erkennen ist. Die oft in mehrere Fahrspuren ausgefrachten Fahrwege haben sich in den Boden eingeschnitten und zeigen deutlich ausgespülte Spurrillen. Fast vegetationsfreie Dünenlandschaften sind intensiver Winderosion ausgesetzt. In landwirtschaftlich genutzten Marschen sorgt ein Netz von Gräben für die erforderliche Entwässerung.

Erst im Impressionismus werden die Farben der Böden wesentliches Gestaltungselement in Landschaftsbildern, so bei Paul Cézanne, Claude Monet, Camille Pissarro, Georges Seurat oder Paul Gauguin. Bildbestimmenden Charakter können Bodenfarben in Landschaftsbildern



des deutschen Expressionismus gewinnen, wie bei Ernst Ludwig Kirchner, Franz Marc, Karl Schmidt-Rottluff oder Max Pechstein. Aus Sicht eines Bodenkundlers hat sich Hans Jenny mit Böden in der Landschaftsmalerei auseinandergesetzt (i6-4).

Böden in der Land Art und Earth Art

Die Land Art und die Earth Art (i6-5) haben das Thema Boden aufgegriffen, jedoch nicht als Umweltthema. Land Art bemüht sich nicht um die Thematik von Mensch, Natur und Boden. Boden ist nicht Zweck der Kunst, sondern Ausdrucksmittel. Das Thema ist primär der Aufbruch zu einer veränderten Konzeption in der Kunst, der Concept Art, und einem, wie es heißt, erweiterten Kunstbegriff. Im "Earth Mound" von 1955 fasst Michael Herbert die Landschaft als das zu gestaltende Material auf. Er prägt ein frühes Beispiel für die Entstehung einer neuen Skulpturkunst, die Erde, Landschaft und ihre Materialien thematisiert. Land Art ist eine der vielen Kunsttendenzen der Avantgarde der 50er und 60er Jahre. Man sperrte sich gegen traditionelle Bildsprache und Vermittlung von Kunst.

Ein weiteres Beispiel dafür, die Erde als gestalterisches Material zu verwenden, um in großen Maßstäben Bewegungen und Veränderungen vorzunehmen, ist Michael Heizers "Double Negative" (i6-6). Heizer hat für sein Werk Double Negative 1969/70 nordöstlich von Las Vegas in Nevada mit Bulldozern und Dynamit zwei 9 m breite und 15 m tiefe, exakt lineare Einschnitte mit einer Gesamtlänge von mehr als 450 m in die Erosionskante eines Tafelberges getrieben (30 Fuß breit, 50 Fuß tief und 1500 Fuß lang). 240.000 Tonnen Gestein (= 24.000 LKWs) wurden bewegt. Der Titel "Double Negative" soll eine metaphysische Bedeutung signalisieren. Da das zweifach Negative eigentlich unmöglich ist, soll der Titel auf ein besonderes Verständnis von Skulptur verweisen. Das Grundmotiv ist der quasi unbeschränkt zur Verfügung stehende Raum, in dem es so scheint, als könne sich die Kunst unbeschränkt erproben. Trotz seiner Ausmaße nimmt sich Double Negative jedoch im Verhältnis zur Weite der Wüste eher bescheiden aus und war dem schnellen Verfall preisgegeben. Bereits nach zwanzig Jahren haben herabgestürzte Felsbrocken und Geröll die Grube fast aufgefüllt. Inwieweit die Assoziation der Vergänglichkeit aller menschlichen Werke gezielt hervorgerufen oder lediglich in Kauf genommen wurde, bleibt dahingestellt.

In anderen, ebenfalls vielbeachteten Ansätzen wird das für Böden Spezifische in der Kunst aufgegriffen: In der Earth Art und den so genannten Earthworks nehmen künstlerische Projekte seit den siebziger Jahren die Erde zum Material künstlerischen Ausdrucks. Vorwiegend wird Natur jedoch entweder als unberührt "reine" Natur gezeigt, oder aber die moderne Umweltzerstörung anklagend dargestellt. Daneben gibt es auch moderne Formen der Landschaftskunst und der Thematisierung der Natur als ästhetisches Erlebnisfeld. Eindrucksvoll belegen dies Vertreter der Concept Art wie Mel Chin, der die Gartenkunst mit Aspekten der Phytoremediation verbindet (also der Pflanzung bestimmter Pflanzenarten, die dem Boden gezielt Schadstoffe entziehen und ihn so sanieren sollen), sowie Helen und Newton Harrison (i6-7), die Projekte zum Herstellen von Erde oder die Wiesen-Stories auf dem Dachgarten der Kunst- und Ausstellungshalle Bonn realisierten. Auch an Joseph Beuys gescheitertes Projekt auf den Spülfeldern Hamburg-Altenwerder ist zu denken. Zu nennen ist beispielhaft auch "The New York Earth Room" von Walter De Maria (i6-8), der eine Erd-Skulptur aus knapp 200 Kubikmetern Erde auf 335 Quadratmetern Fläche ausstellt. Angemerkt sei, dass diese Skulptur die dritte ist, die De Maria hergestellt hat; die ersten beiden, 1968 in München und 1974 in Darmstadt, sind nicht erhalten.

Überrascht von einem ganz und gar unromantischen Naturbegriff zeigte sich jüngst die Frankfurter Allgemeine Zeitung in einem Bericht über die erstaunliche Pracht des Drecks (i6-9). Berichtet wurde vom German Festival, einem gemeinsamen Projekt deutscher und indischer Künstler, das zeitgenössische Kunst in Indien zeigt. Gleich mehrere Künstler nutzten die Erde als Substanz und Gegenstand ihrer Werke. So sammelte Ulrike Arnold auf Reisen in Südindien Proben von Böden, Steinen, Sand und Quarz, die sie zu Naturfarben verarbeitete und zum Malen auf Felsen und Bergwänden verwendete. Manisha Parekh schüttete drei Lehmhügel auf und ließ Reisigbesen wie Wurzeln aus den Hügeln herausragen. Für das Projekt "Red Lake Field" hob Gabriele Heidecker mehrere quadratische Becken aus, die sie mit einer Mischung aus roter Farbe und Wasser füllte. Wind und Sonne ließen die dekorative Flüssigkeit langsam zu einer zähen, gummiartigen Schicht trocknen, deren Risse und Brüche sich als Symbol für Vergehen und Zeit, letztlich auch für die Wüstenbildung lesen ließen.

Unter Ideologie-Verdacht: Hans Haackes Werk "Der Bevölkerung"

Ein Beispiel dafür, mit wie viel metaphorischer Kraft das Thema Boden aufgegriffen werden kann, ist das Kunstwerk "Der Bevölkerung" von Hans Haacke, das allerdings - was die Natur des Bodens angeht - eine weitere Dimension ins Spiel bringt: die Ideologie. Über den Boden in Hans Haackes Kunstwerk "Der Bevölkerung" hat der Deutsche Bundestag länger debattiert als über das Umweltgesetz zum Schutz der Böden. Die Abgeordneten stellten "Boden" unter generellen Ideologieverdacht. Boden ist immer noch mehr ideologische Metapher der "Blut und Boden"-Propaganda der Zeit des Nationalsozialismus als ein ökologisches, geologisch und biologisch bestimmendes Schutzgut, dessen Reinhaltung ganz wesentlich zum Reichtum unserer Gesellschaft und zum Fortbestand unserer Umwelt beiträgt. Das ist nicht mehr zeitgemäß. Die Bedeutung der Böden für Umwelt und Nahrungsmittel wird durch den rein defensiven Ideologieverdacht zu unrecht vernachlässigt.

In Haackes Kunstwerk leuchtet im Lichthof des Reichstagsgebäudes in Anspielung auf das "Dem Deutschen Volke" an der Frontseite des



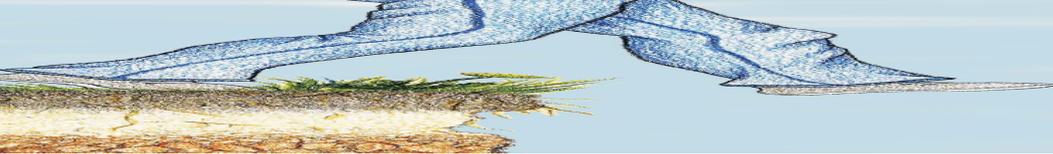
Bild 54: Hans Haacke, „Der Bevölkerung“, Innenhof des Reichstagsgebäudes, Berlin

Reichstags der Schriftzug "Der Bevölkerung" über einem Trog mit Bodenmaterial, das die Abgeordneten aus ihren Wahlkreisen - also ihrer Heimat - beibringen. Der Erdtrog ist ein Plädoyer zum Staatsrecht, das völkische *ius sanguinis* durch das aufgeklärte *ius soli* zu ersetzen. Haacke setzt offenbar auf das Bild des grenzüberschreitend zwanglosen Austausches von natürlichem Genpotential, das befruchtend wirkt, wenn es einen fruchtbaren Boden vorfindet. Im übrigen haben die Abgeordneten Ulrike Höfken und Michaela Hustedt die Probe auf das Exempel gemacht. Sie legten kontaminierten Boden aus einer Rüstungsaltlast in Haackes Erdtrog ab. Bundestagspräsident Thierse hat die Erde wegen der Kontamination umgehend entfernen lassen und in Verwahrung genommen, obwohl sie, weil in sicheren Behältnissen, keine Gefahr für Mensch und Umwelt darstellte - für die beiden Abgeordneten eine beklagenswerte Reaktion. Sie weisen auf ungleiche Maßstäbe hin. Der kontaminierte Boden ist der Umgebung von Wohngebäuden auf einer Altlast entnommen, für die offenbar die strengen Maßstäbe der Bundestagsverwaltung an die Bodenqualität nicht gelten. Immerhin ist diese Aktion ein erster, wenig beachteter Hinweis auf den Boden als Umweltmedium; die ökologische Herausforderung macht auch vor der Bundestagsverwaltung nicht Halt.

Soil Art: ein Zukunftsprojekt?

Im Boden und insbesondere in der Ökologie des Bodens sind weitere Bilder als die bislang angesprochenen verborgen. Eine Formen- und Bildsprache des Bodens ist jedoch noch nicht entdeckt. Erste Ansätze gibt es - Bilder mit eiszeitlichen Bodenbildungen erscheinen als Filigrankunst, Erdfarben liefern beeindruckende farbliche Konsistenz. Jedoch: Auch ihnen mangelt es an den Metaphern aus der Bildsprache der Böden. Eine ästhetisierte Darstellung von Boden ist mehr als eine bloße Abbildung des in der Natur Vorgefundenen. Sie lädt das Bild des Bodens mit Metaphern und Bedeutungen auf. Wessolek und Mueller (i6-10) fordern daher die Begründung einer neuen Kunstrichtung mit dem Namen "Soil Art".

Den *Klang der Erde* zum Schwingen zu bringen, die *Zeit des Werdens* (im Boden) zu begreifen, die *Farbe der Zeit* sichtbar zu machen, das *Lesen der Böden* wieder zu erlernen - die darstellende Kunst könnte uns den Weg weisen von der altrömischen *terra cariosa* (der geschädigten, verbrauchten Erde, i6-11) zu einem ökologisch aufgeklärten Bild der Böden, der heutigen



terra preciosa (der wertvollen Erde). Sie müsste dazu den Reichtum an Böden entdecken. So, wie die Böden reich an Bodenleben sind, so sind sie reich an Bodenschätzen, reich an verschiedenen Formen und Ausprägungen, reich an Nutzbarkeit für den Menschen - jedenfalls für den anzustrebenden Fall, dass der Mensch mit dem Reichtum Boden, mit seinem Bodenreich nachhaltig umgeht. Der erste Schritt hierzu ist der, die Bodenreiche überhaupt wahrzunehmen und ihre Bilderwelt zu prägen.

Die Prägung einer solchen Bilderwelt ist ein Zukunftsprojekt. Es greift ein zentrales Defizit des heute vorherrschenden Umweltdenkens auf. Die Vermittlung von Umweltwissen ist noch viel zu sehr auf eine meist bilderlose Erzeugung und Weitergabe von Wissen abgestellt. Zu wenig werden ästhetische Symbole benutzt, kaum wird versucht, eine symbolhaft verkürzte Demonstration von Sinn, Bedeutung, Trost und Zuversicht mit Umweltwissen zu verbinden.

i

i6-1: Makowski, H. u. Buderath, B.: Die Natur dem Menschen untertan. Ökologie im Spiegel der Landschaftsmalerei, Kindler Verlag, München, 1983.

i6-2: Busch, W.: Autonome Landschaften. In: Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland: Landschaften von Brueghel bis Kandinsky, Bonn, 2001.

i6-3: Sitt, M., Biesboer, P. (Hrsg.): Jacob van Ruisdael - Die Revolution der Landschaft. Hamburger Kunsthalle, Waanders Verlag, Zwolle, 2002.

i6-4: Jenny, H.: The Image of Soil in Landscape Art, Old and New. University of California, 1968.

i6-5: Bildbeispiele zu Land and Earth Art: www.tengalerie.ch/landart/ca/Source.htm; • www.fh-osnabrueck.de/~webboden/soilart/publikation.htm. • Beardsley, J.: Earthworks and Beyond: Contemporary Art in the Landscape. Abbeville Press, 1989.

i6-6: Heizer, M.: Double Negative. Rizzoli International Publications, New York, 1991.

i6-7: Harrison, H. M. u. Harrison, N.: Grüne Landschaften. Vision: Die Welt als Garten. Visionen für das 21. Jahrhundert. Die Buchreihe zu den Themen der EXPO 2000, Band 5, Campus Verlag, Frankfurt/M., 1999.

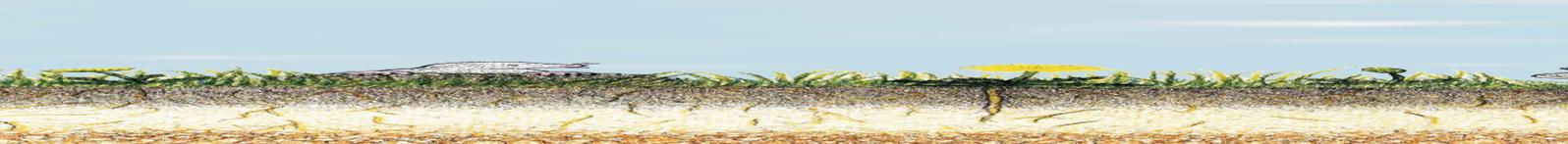
i6-8: www.diacenter.org/ltproj/er/er.htm.

i6-9: Wefing, H.: Erstaunlich ist die Pracht des Drecks. Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 1. Juni 2001.

i6-10: Wessolek, G. u. Mueller, K.: Kunst und Boden. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 96, Heft 2, 2001, S. 815-816; • s. auch: www.fh-osnabrueck.de/~webboden/soilart/publikation.htm.

i6-11: Winiwarter, V.: Böden in Agrargesellschaften: Wahrnehmung, Behandlung und Theorie von Cato bis Palladius. In: Sieferle, R. P. u. Breuninger, H. (Hrsg.): Natur-Bilder. Wahrnehmungen von Natur und Umwelt in der Geschichte. Frankfurt/M., Campus, 1999, S. 181-221.

i6-12: Allgemeine Informationen zum Thema: Nowotny, H. u. Weiss, M. (Hrsg.): Shifting Boundaries of the Real: Making the Invisible Visible. Collegium Helveticum in der Semper-Sternwarte für den Dialog der Wissenschaften, vdf-Verlag, Zürich, 2000. • Burkart, L. u. Groebner, V.: Bilder, Zeichen, böse Spiegel: Medienwandel und Visualisierung um 1500. In: Nowotny, H. u. Weiss, M.: a. a. O., S. 5-31. • Frantzen, B.: Die vierte Natur - Gärten in der zeitgenössischen Kunst. Kunstwissenschaftliche Bibliothek, Band 11, Verlag der Buchhandlung Walther König, Köln, 2000. • Michor, K.: Sinnbilder in der Landschaftsplanung. In: ANL (Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege) (Hrsg.): Natur - Welt der Sinnbilder. Laufener Seminarbeiträge 1/00, Laufen/Salzach, 2000, S. 31-35. • Radkau, J.: Natur und Macht. Eine Weltgeschichte der Umwelt, C.H. Beck, München, 2000. • Strauss, P. F.: Inwertsetzung landschaftlicher Symbole. In: ANL (Hrsg.): a. a. O., S. 63-67.



Glossar

Altlast

Mit → Schadstoffen belastete Fläche, von der Gefahren für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt ausgehen. Man unterscheidet Altstandorte und Altablagerungen. Flächen, für die Hinweise auf eine Altlast bestehen, werden als altlastverdächtige Flächen bezeichnet.

Altlastensanierung

s. Sanierung

BBodSchG, BBodSchV

Bundes-Bodenschutzgesetz, Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (i1-1)

Biodiversität

Biologische Vielfalt; sie umfasst die Vielfalt innerhalb der Arten und zwischen den Arten sowie die Vielfalt der → Ökosysteme.

Bioverfügbarkeit

Bezeichnet den Anteil eines Stoffes, der von Organismen aufgenommen werden kann.

Boden

Der von Lebewesen durchsetzte obere Teil der Erdkruste, der durch bodenbildende Prozesse, wie → Verwitterung, Tonmineralbildung, Humusbildung und verschiedene Stoffverlagerungsprozesse, entstanden ist. Art und Intensität der bodenbildenden Prozesse werden durch die Faktoren der Bodenbildung (Gestein, Klima, Vegetation, Tiere, Relief, Mensch und Zeit) gesteuert. Böden sind durch typische vertikale Abfolgen von → Bodenhorizonten charakterisiert (z. B. → Podsol). Der Boden wird nach unten durch festes oder lockeres → Gestein und nach oben durch eine Pflanzendecke oder die Atmosphäre begrenzt.

Bodendegradation, -degradierung

Dauerhafte Schädigung oder Verlust von → Bodenfunktionen. Sie kann natürliche Ursachen haben oder vom Menschen verursacht oder verstärkt sein. Beispiele für Bodendegradation sind → Bodenerosion und Einträge von → Schadstoffen.

Bodenerosion

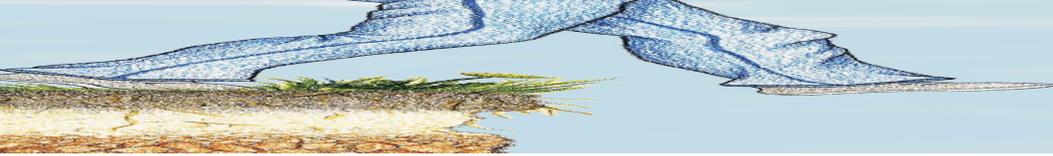
s. Erosion

Bodenfunktion

Böden sind Bestandteile von → Ökosystemen und werden vom Menschen in unterschiedlicher Weise genutzt. Sie erfüllen dabei sowohl für Ökosysteme als auch für den Menschen Funktionen. Das Bundes-Bodenschutzgesetz (i1-1) unterscheidet natürliche Funktionen (Lebensgrundlage und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Menschen; Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere Auswirkungen auf die Wasser- und Stoffkreisläufe; Rückhalt von (Schad-) Stoffen), die Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte und Nutzungsfunktionen (Rohstofflagerstätte; Produktion von Nahrung und nachwachsenden Rohstoffen; Standort für Siedlung und Erholung sowie Standort für wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr und Ver- und Entsorgung).

Bodengefüge (Bodenstruktur)

Räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile; mit bloßen Auge erkennbar sind z. B. das Einzelkorngefüge, das typisch für Sandböden ist, oder verschiedene Formen des Aggregatgefüges, bei denen die Bodenteilchen Körper (Aggregate) mit bestimmten Formen und Größen bilden. Das Gefüge beeinflusst viele wichtige Bodeneigenschaften.



Bodenhorizont (auch kurz: Horizont)

annähernd parallel zur Erdoberfläche angeordnete Lage des Bodens mit charakteristischen Eigenschaften, die durch bodenbildende Prozesse (→ Boden) entstanden ist. Bodenhorizonte werden durch jeweils einen Großbuchstaben und zur weiteren Charakterisierung durch ein oder mehrere Kleinbuchstaben gekennzeichnet. Die wichtigsten Großbuchstaben sind A für einen mineralischen Oberbodenhorizont, der meist mit → organischer Substanz angereichert ist (und dann Ah heißt), B für einen mineralischen Unterbodenhorizont, der gegenüber dem Ausgangsgestein durch bodenbildende Prozesse wie die → Verwitterung verändert wurde, und C für das Ausgangsgestein des Untergrunds. Weitere Symbolkombinationen werden bei den einzelnen Böden erläutert. Die vertikale Abfolge von Bodenhorizonten wird an einem senkrechten Schnitt durch den Boden, dem so genannten Bodenprofil, untersucht.

Bodensanierung

s. Sanierung

Bodenschadverdichtung

Verdichtung des Bodens, die → Bodenfunktionen langfristig nachteilig verändert

Bodenschutz

Maßnahmen, die negative Einflüsse auf Bodenfunktionen abwehren oder Bodenfunktionen erhalten, wiederherstellen oder verbessern

Bodenversalzung

Anreicherung von Salzen in oder auf Böden, speziell in trockenen Gebieten; häufig durch Bewässerung mit unzureichender Drainage verursacht.

Bodenversauerung

Zufuhr von Säuren in den Boden. Sie kann von außerhalb, insbesondere durch Eintrag von sauer wirkenden Stoffen wie Schwefel- oder Salpetersäure aus der Luft ("saurer Regen"), oder durch bodeninterne Prozesse (z. B. die Atmung der Bodenorganismen) erfolgen.

Bodenversiegelung

Überbauung des Bodens mit Bauten (vor allem Strassen und Gebäude), durch die natürliche → Bodenfunktionen beeinträchtigt werden oder verloren gehen. Gegenteil: Bodenentsiegelung.

Bodenwasserhaushalt

s. Wasserhaushalt

Buntsandstein

Abschnitt der Erdgeschichte, 251 bis 244 Mio. Jahren vor heute (über den Zeitraum gibt es unterschiedliche Angaben). Es wird der (ältere) untere, der mittlere und der (jüngere) obere Buntsandstein unterschieden. In Deutschland treten im Buntsandstein meist Sandsteine, aber auch tonige Sedimente auf.

Bruchtektonik

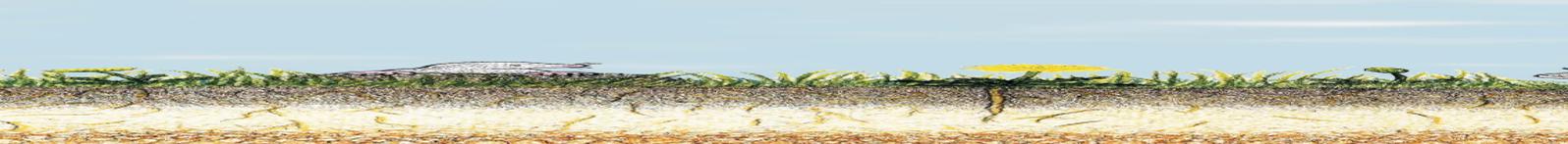
Bruchtektonik ist ein Teil der Lehre vom Bau der Erdkruste und den Bewegungen und Kräften, die diese erzeugt haben (Tektonik). Sie beschäftigt sich mit dem Zerbrechen der Kruste und den dabei entstehenden Erscheinungen, wie Fugen, Klüften, Spalten und Verwerfungen. Das Wort Bruchtektonik wird auch für die Erscheinungen und Prozesse selbst benutzt.

BVB

Bundesverband Boden e. V., www.bvboden.de

DBG

Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft, www.dbges.de



Dekontamination

s. Kontamination

Deposition

Ablagerung von luftgebundenen Stoffen auf der Erdoberfläche. Man unterscheidet trockene und feuchte Deposition.

Desertifikation

Vom Menschen durch Übernutzung (v. a. Überweidung) hervorgerufener Landschaftswandel in Steppen und Savannen, bei dem sich wüstenähnliche Bedingungen ausbreiten: so ändert sich die Vegetation und die Pflanzendecke dünnt aus, was bestimmte Formen der → Bodendegradation wie Erosion und Bodenversalzung auslöst.

Eiskeil

Eiskeile sind keilförmige, nach unten weisende Spalten in Sedimenten (→ Gestein) oder Böden, die in kalten Gebieten (→ Permafrostgebiete) entstanden sind. Man unterscheidet neu gebildete ("rezente") und fossile Eiskeile. In rezenten Eiskeilen ist die Spalte mit Eis gefüllt, in fossilen Eiskeilen ist sie nach Schmelzen des Eises mit Sedimenten verfüllt. Die Eiskeile Mitteleuropas stammen aus den Eiszeiten.

Eiszeiten

Abschnitte der Erdgeschichte, in denen große Gebiete der Erdoberfläche von Gletschern und Inlandeismassen bedeckt waren. Die letzten Eiszeiten im so genannten Eiszeitalter ("Pleistozän") liegen erst 2,5 Mio. bis 10.000 Jahre zurück. In Nordwest-Europa werden die drei letzten Eiszeiten als Elster (älteste), Saale und Weichsel (jüngste) bezeichnet, im Alpenraum heißen sie Mindel, Riss und Würm.

elsterzeitlich

s. Eiszeiten

Emission, Emittent; Immission

Im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes die von einer Anlage (dem Emittenten) ausgehenden Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und andere Umwelteinwirkungen. Auch die austretenden Stoffe selbst werden als Emissionen bezeichnet. Wenn Emissionen, unverändert oder verändert, auf Mensch oder Umwelt einwirken, z. B. abgelagert werden, spricht man von Immissionen.

Erosion

Erosion ist der Abtrag von Boden durch Wasser, Eis, Wind und die Schwerkraft. Der durch Bodennutzung erhöhte Anteil an Erosion wird als Bodenerosion bezeichnet.

FAO

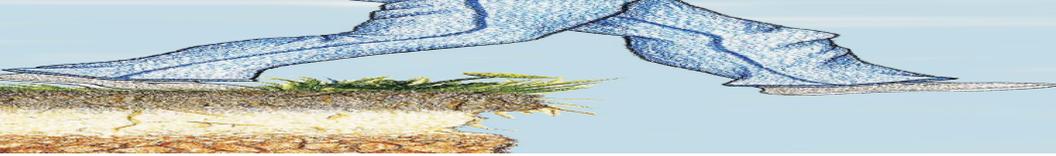
Food and Agricultural Organization of the United Nations (Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen), www.fao.org

Flugsanddecke

Vom Wind abgelagertes Sediment (→ Gestein) aus → Sand, das auf einem anderen Gestein oder Boden liegt. Flugsanddecken entstanden während der → Eiszeiten in Gebieten vor den Eismassen, aber auch in historischer Zeit in Folge von Rodungen wie in der heutigen Heide in Niedersachsen.

Gesteine

festen Mineralgemenge der Erdkruste. Man unterscheidet drei Hauptgesteinsgruppen: Magmatite (z. B. Granit oder Basalt), Metamorphite (z. B. Gneise, Schiefer oder Marmor) und Sedimente (Lockersedimente wie Sand oder → Löss und Sedimentgesteine wie Sand- oder Kalkstein). Gesteine bilden das anorganische Ausgangsmaterial von Böden.



Geotop

Geotope sind z. B. Steinbrüche, Böden oder auch natürliche Landschaftsteile, die Erkenntnisse über die Entwicklung der Erde oder des Lebens vermitteln. Schutzwürdig sind Geotope, die sich durch besondere erdgeschichtliche Bedeutung, Seltenheit, Eigenart oder Schönheit auszeichnen.

Geschiebemergel

kalkhaltiges, toniges Sediment (→ Gestein), das mit Geröllen und Blöcken (dem "Geschiebe") durchsetzt ist und vor allem während der → Eiszeiten am Grunde von Gletschern entstanden ist.

Horizont

s. Bodenhorizont

Huminstoffe

Organische Verbindungen von meist dunkler Farbe, die im Boden bei der Zersetzung der Streu gebildet werden und wegen ihrer Eigenschaften wichtige Funktionen u. a. für die Pflanzenernährung haben.

Humus

s. Organische Substanz

Immission

s. Emission

ISRIC

International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, Niederlande, www.isric.nl

ITVA

Ingenieurtechnischer Verband Altlasten e. V., www.itv-altlasten.de

Kaolinit

Ein → Tonmineral, das durch intensive → Verwitterung unter warmfeuchten, tropischen Bedingungen entsteht.

Klärschlamm

In Kläranlagen aus Abwässern abgetrennter Schlamm mit sehr hohen organischen Anteilen, der hohe Gehalte an Nährstoffen und → organische bzw. anorganische Schadstoffe (→ Schwermetalle) aufweist.

Kontamination, Dekontamination

Kontamination: Belastung der Umwelt mit für Mensch oder Umwelt schädlichen Stoffen wie z. B. → Schwermetalle oder → organische Schadstoffe. Dekontamination: Entfernung oder Verringerung von Verunreinigungen.

Landschaftswasserhaushalt

s. Wasserhaushalt

Lehm

Mineralgemisch aus den Korngrößen → Sand, → Schluff und → Ton, in der Regel in jeweils relativ hohen Anteilen.

Löss

Lockersediment mit der vorwiegenden Korngröße → Schluff, das durch Wind während der → Eiszeiten abgelagert wurde. Böden aus Löss gehören zu den wertvollsten Kulturböden der Erde.



Mediterranboden

Sammelbezeichnung für Böden, die unter mediterranem Klima (Klima des Mittelmeerraumes mit trockenen Sommern und feuchten Wintern) entstanden sind. Sie sind häufig rot gefärbt und lehmig-tonig.

Mikroorganismen

In der Bodenkunde die mit dem bloßen Auge nicht erkennbaren Kleinstlebewesen. Man unterscheidet Mikrofauna (Tiere) und Mikroflora (z. B. Bakterien, Pilze oder Algen).

Minerale

festе, chemisch einheitliche, anorganische Grundbestandteile der Gesteine

miozän, Miozän

s. Tertiär

Moor

Böden, die aus Torfen aufgebaut sind. Moore weisen ein ständig hoch anstehendes Grundwasser auf, wodurch Sauerstoffmangel entsteht. Dadurch werden Pflanzenreste nur langsam abgebaut und reichern sich als Torf an.

Mykorrhiza

Lebensgemeinschaft von bestimmten Bodenpilzen und Pflanzen

Nährstoffe

Für das Pflanzenwachstum notwendige Stoffe. Man unterscheidet die in hohen Mengen benötigten Makronährelemente, wie Stickstoff, Phosphor oder Kalium, von den nur in geringen Mengen benötigten Mikronährelementen, wie Eisen oder Mangan.

Ökosystem

Wirkungsgefüge von Lebewesen und deren abiotischer Umwelt

Organische Schadstoffe

Für Menschen, Tiere oder Pflanzen schädliche organische Verbindungen, die in geringem Umfang natürlich entstehen, überwiegend aber vom Menschen hergestellt werden oder bei technischen Prozessen entstehen, z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), polychlorierte Biphenyle (PCB) oder Dioxine (s. i3.4-1)

Organische Substanz (Humus)

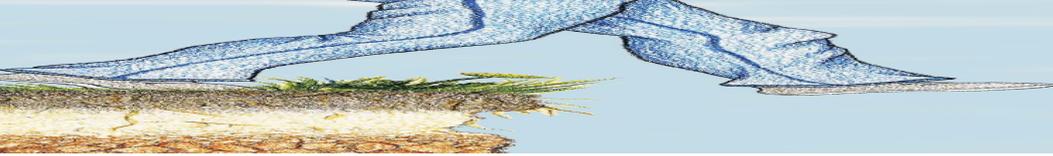
Abgestorbene und umgewandelte Reste von Pflanzen und Tieren sowie → Huminstoffe, die sich im oberen Bereich des Bodens anhäufen

Parabraunerde

Boden mit der Horizontfolge Ah/Al/Bt/C (→ Bodenhorizont), der durch den Prozess der Tonverlagerung entstanden ist. Dabei wird Ton (→ Ton, Bedeutung 1) im Oberboden gelöst, mit dem Sickerwasser transportiert und im Unterboden wieder ausgefällt. Der so an Ton verarmte → Bodenhorizont heißt Al-Horizont und der mit Ton angereicherte Bt-Horizont. Parabraunerden gehören zu den am weitesten verbreiteten Böden Mitteleuropas, kommen häufig in Gebieten vor, in denen → Löss abgelagert wurde, und sind im allg. günstige Ackerstandorte.

Pelosol

Boden, der aus tonreichem Gestein (z. B. Tonschiefer) entstanden ist und einen → Bodenhorizont (den so genannten P-Horizont) mit sehr hohem Tongehalt (meist über 45 Masse-% Ton) enthält.



Permafrostgebiete

Kalte Gebiete mit "ständig" gefrorenen Böden (Permafrostböden, Dauerfrostböden), die zumindest die meiste Zeit des Jahres gefroren sind und allenfalls im Sommer im oberem Bereich auftauen. In heutiger Zeit gibt es Permafrostgebiete vor allem in den nördlichen Breiten Russlands und Nordamerikas (in der Tundra und Taiga). Während der → Eiszeiten gab es Permafrostgebiete auch weiter südlich im Vorfeld der Gletscher und Inlandeismassen z. B. in Mitteleuropa.

pliozän, Pliozän

s. Tertiär

Podsol, Podsolierung

Der Podsol ist ein nährstoffarmer, saurer Boden mit der Horizontfolge Ahe/Ae/Bhs/C (→ Bodenhorizont), der durch Stoffumwandlungs- und -verlagerungsprozesse (die so genannte Podsolierung) entstanden ist. Humusstoffe und Eisen- und Manganoxide werden dabei aus dem Oberboden ausgewaschen (Horizonte Ahe, Ae) und im Unterboden (Bhs) wieder ausgefällt. Podsole entstehen in Mitteleuropa auf quarzreichen Gesteinen (z. B. Sand) bei hohen Niederschlägen und niedrigen Temperaturen unter einer Vegetation mit schwer abbaubarer Streu (z. B. Heide oder Nadelgehölze).

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

s. organische Schadstoffe

Rekultivierung

Landschaftliche Neugestaltung von Gebieten, die durch menschliche Eingriffe, insbesondere durch Abbau von Rohstoffen wie Braunkohle, geschädigt oder zerstört wurden, um die Gebiete wieder nutzbar zu machen. Die Maßnahmen zur Rekultivierung orientieren sich an der geplanten Folgenutzung, z. B. Landwirtschaft, Wald oder Erholung. Hauptmaßnahme ist in der Regel das Aufbringen oder die Herstellung eines geeigneten Bodensubstrats.

Rigosol

Boden, der durch regelmäßiges, tief reichendes Pflügen und Lockern (das so genannte Rigolen) oder durch Auftrag oder Eintrag von Fremdmaterial entstanden ist. Der überprägte → Bodenhorizont wird mit R bezeichnet.

saalezeitlich

s. Eiszeiten

Sand

1. Kornfraktion mit einer Korngröße von 0,063 bis 2 mm;
2. Mineralgemisch, das meist vorwiegend Körner der Kornfraktion Sand enthält und daneben geringere Anteile an → Schluff und → Ton.

Sanierung

Durchführung von Maßnahmen zur → Sicherung oder → Dekontamination von → Altlasten oder anderen schädlichen Bodenbelastungen. Mit der Sanierung soll sichergestellt werden, dass keine Gefahren mehr für die Umwelt und die Gesundheit des Menschen ausgehen.

Saprolit

Gesteinszersatz, der unter tropisch-feuchten Bedingungen durch tiefgründige chemische Verwitterung entstanden ist. Dabei werden in der Regel Minerale umgewandelt, gelöst und zum Teil ausgewaschen.

Schadstoffe

In der Umwelt vorkommende Stoffe, die in → Ökosystemen oder Lebewesen nachteilige Veränderungen hervorrufen können. Wichtige Schadstoffgruppen sind → organische Schadstoffe und → Schwermetalle.

Schluff

1. Kornfraktion mit einer Korngröße von 2 bis 63 μm ($63 \mu\text{m} = 0,063 \text{ mm}$), d. h. feiner als \rightarrow Sand und gröber als \rightarrow Ton;
2. Mineralgemisch, das vorwiegend Körner der Kornfraktion Schluff enthält und daneben geringere Anteile an \rightarrow Sand und \rightarrow Ton.

Schwermetalle

Metalle mit relativ hoher Dichte (größer als 5 g/cm^3). Sie kommen in der Natur meist nur in geringen Konzentrationen vor und sind zum Teil für Pflanzen oder Tiere lebensnotwendig, können jedoch zum Teil auch in schon geringen Konzentrationen giftig sein. Zu den toxischen Schwermetallen gehören Blei, Cadmium und Quecksilber.

Sicherung

Durchführung von Maßnahmen, die die Ausbreitung von \rightarrow Schadstoffen aus \rightarrow Altlasten oder anderen schädlichen Bodenbelastungen verhindern

SRU

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, www.umweltrat.de

Taschenboden

Boden mit taschenartigen Einsenkungen von feinkörnigen Lagen in darunter liegende, meist grobkörnige Lagen. Sie entstehen durch Verformungen und Verwürgungen im Auftaubereich von Böden, die nur in den Sommermonaten auftauen und sonst gefroren sind (\rightarrow Permafrostgebiete). Ein besonderer Typ des Taschenbodens ist der Tropfenboden, bei dem tropfenförmige Sandkörper in feinkörnige Lagen eingesunken sind.

tertiär, Tertiär

Das Tertiär ist ein Abschnitt der jüngeren Erdgeschichte, der von 66 bis 2,5 Mio. Jahre vor heute dauerte. Die beiden jüngsten Unterabschnitte des Tertiärs sind das Miozän (vor 24,6 bis 5,1 Mio. Jahren) und das Pliozän (vor 5,1 bis 2,5 Mio. Jahren). Die Eigenschaftswörter (tertiär, miozän, pliozän) kennzeichnen die Entstehungszeit der jeweiligen Bildungen.

Ton

1. Kornfraktion mit einer Korngröße von bis zu $2 \mu\text{m}$, d. h. feiner als \rightarrow Schluff;
2. Mineralgemisch, das meist vorwiegend Körner der Kornfraktion Ton enthält und daneben geringere Anteile an \rightarrow Sand und \rightarrow Schluff.
3. feinkörniges Lockersediment, das vorwiegend aus \rightarrow Tonmineralen besteht.

Tonminerale

Gruppe von \rightarrow Mineralen, die Hauptbestandteile von \rightarrow Tonen (Bedeutung 3) sind. Sie beeinflussen maßgeblich die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Böden.

Tropfenboden

s. Taschenboden

Umweltkompartiment

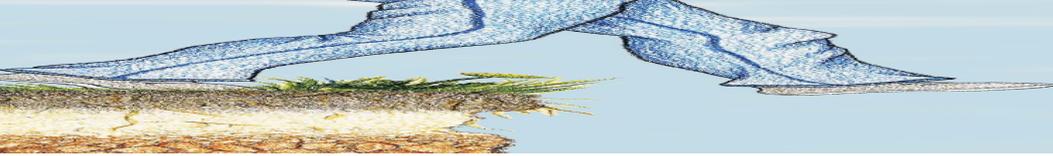
Abgrenzbarer Ausschnitt aus der Umwelt, z. B. \rightarrow Boden, Wasser oder Luft.

UNEP

United Nations Environment Programme (Umweltschutzorganisation der Vereinten Nationen), www.unep.org

Verwitterung

Sammelbezeichnung für eine Reihe von physikalischen, chemischen und biochemischen Prozessen, die \rightarrow Gesteine und \rightarrow Minerale zerstören oder umwandeln. Zur physikalischen Verwitterung gehört z. B. die Frost- und die Wurzelsprengung, zur chemischen Verwitterung die Lösungsverwitterung. Die Verwitterung ist ein grundlegender Prozess für die Bodenbildung.



Wasserhaushalt (Landschafts-, Boden-)

Unschärf benutzter Begriff. Bezeichnet für ein abgegrenztes Gebiet (z. B. eine "Landschaft" oder einen "Boden") und einen bestimmten Zeitraum die Bilanz des eingehenden und des ausgehenden Wassers und der Wasservorratsänderung. Die Bilanz wird in der Wasserhaushaltsgleichung formuliert. Eingehende Größen sind der Niederschlag und Zuflüsse, ausgehende Größen sind die Verdunstung und Abflüsse (z. B. Oberflächenabfluss oder die Versickerung in das Grundwasser).

WBB

Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), www.Wissenschaftlicher-Beirat-Bodenschutz.de

Quellen:

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltänderungen: Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahrgutachten 1994. Economica Verlag, Bonn, 1994.

• Hintermaier-Erhard, G. u. Zech, W.: Wörterbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1997. • Hulpke, H., Koch, H. A. u. Nießner, R. (Hrsg.): Römp Lexikon Umwelt. 2. Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 2000. • AG Boden: Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl., Hannover, 1994. • Murawski, H. u. Meyer, W.: Geologisches Wörterbuch. 10., neu bearb. u. erw. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1998.

Bildnachweis

Alle Bilder sind urheberrechtlich geschützt.

Titelbild: Nicole Herpel, Hamburg

Bilder 1, 2, 4, 6, 8, 11, 13-15, 18-20, 22-29, 31, 33-35, 37-39, 44, 46, 48-52: Günter Miehlich, Hamburg

Bilder 7, 12, 30, 45: Bernhard Volmer, Osnabrück, Dauerausstellung unter.Welten des Museums am Schölerberg, Osnabrück

Bilder 3, 5, 9, 21, 32: Thomas Poetsch, Hamburg

Bilder 41, 47: Horst Wiechmann, Hamburg

Bild 10: Julia Gebert, Hamburg

Bild 17: aus Helbig u.a. (vgl. i3.5-1)

Bild 36: aus Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (vgl. i4.5-1)

Bild 40: Claudia Fröhlich, Immanuel-Kant-Gymnasium, Sinstorf

Bild 42: René Schwartz, Bad-Oldesloe

Bild 43: Katrin Tresselt, Hamburg

Bild 53: ©: Kunstfoto SPETDOORN et fils, 1040 Brüssel, Belgien; mit freundlicher Genehmigung der Königlichen Kunstmuseen von Belgien, Brüssel

Bild 54: ©: Hans Haacke & VG Bild Kunst, mit freundlicher Genehmigung des Künstlers

Impressum:

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Ohne Boden - bodenlos : Eine Denkschrift zum Boden-Bewusstsein /

Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim BMU. -

Berlin: 2002

ISBN 3-00-010646-4

© 2002 Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim BMU

Redaktionsschluss: 10.04.2002

Bildnachweis: siehe Seite 57

Satz und Layout: Birgit Majewski, Zentrum für Umweltkommunikation, An der Bornau 2, 49090 Osnabrück

Druck: Print & Media-Team Kroog, Westerkappeln

Geschäftsstelle des Wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz:

Umweltbundesamt

Frau Kerstin Seidler

Bismarckplatz 1

14193 Berlin

Telefon: 030 / 8903 - 2945

Telefax: 030 / 8903 - 2103

Internet: www.wissenschaftlicher-beirat-bodenschutz.de