



Boden-Bildung und Klima-Wandel

Sind Böden als unsere Lebensgrundlage auch dadurch bedroht?



Prof. Dr. Dr. h. c. Hartmut Graßl

Unser Leben hängt entscheidend von den Böden ab, dieser sehr dünnen Haut voller Leben auf den Kontinenten, deren Fruchtbarkeit den meisten von uns allerdings kaum etwas wert zu sein scheint, denn sonst würden wir die Böden nicht fast überall durch schlecht angepasste Landwirtschaft, durch Versiegelung und durch den Eintrag von Chemikalien und Schwermetallen aus der Luft sowie den unerwünschten Beimengungen im Kunstdünger weiterhin schädigen.

„Die Folgen der Bodendegradation werden in den nächsten zwei bis drei Dekaden den Folgen des Klimawandels deutlich vorseilen. Die Bodenprobleme werden noch ausgeprägter in Erscheinung treten, wenn sich aufgrund des Klimawandels die Schwankungen der Witterung verstärken und sich Ökozonen großräumig verschieben.“

aus dem Bericht des Wissenschaftlichen Beirats der Deutschen Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ (WBGU), 1994





Prof. Dr. Dr. h. c. Hartmut Graßl

Physiker

em. Direktor des Max-Planck-Instituts für Meteorologie, Hamburg, und em. Professor der Universität Hamburg

Hartmut Graßl wurde in Berchtesgaden/Oberbayern geboren und ist in den bayerischen Alpen aufgewachsen. Er studierte Meteorologie und Physik an der Ludwig-Maximilians-Universität München, wo er 1970 zum Dr. rer. nat. promovierte. Acht Jahre später habilitierte er im Fach Meteorologie an der Universität Hamburg. Er war Professor für Theoretische Meteorologie am Institut für Meereskunde der Universität Kiel und Professor für Allgemeine Meteorologie am Meteorologischen Institut der Universität Hamburg. Von 1989 bis 1994 und von 1999 bis 2005 war er Direktor am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg; dazwischen leitete er das Weltklimaforschungsprogramm der UN in Genf. Seine Forschungsgebiete sind satellitengestützte Fernerkundung, Aerosole und Klima sowie globaler Klimawandel.

Über seine Emeritierung hinaus ist Hartmut Graßl in verschiedenen wissenschaftlichen, wissenschaftspolitischen und wirtschaftlichen Gremien international in leitender Funktion, z. B. im Kuratorium des Potsdam-Instituts für Klimafolgenforschung. Er ist Vorsitzender des Klimarates der bayerischen Staatsregierung. Von 1992 bis 1994 sowie von 2001 bis 2004 war Professor Graßl Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirates Globale Umweltveränderungen (WBGU) der Deutschen Bundesregierung. Für seine wissenschaftlichen Verdienste erhielt Hartmut Graßl zahlreiche Auszeichnungen, u. a. den Max-Planck-Preis, den Deutschen Umweltpreis der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und das Große Bundesverdienstkreuz der Bundesrepublik Deutschland.

In und auf den Böden mit ihren Mineralien und der festen Struktur wachsen die unsere Ernährung schaffenden Pflanzen in einer stabilen Umgebung. Aber es ist das andere Leben im Boden, das die Stoffkreisläufe schließt und so die Fruchtbarkeit der Böden erhält. Sonst würde sich organischer Abfall anhäufen und Nährstoffe für die Pflanzen fehlen. Nur ein kleiner Teil des organischen Abfalls wird aus den Böden ausgeschwemmt und über die Flüsse ins Meer transportiert. Aber auch dieser Abfall kommt als Kohlendioxid in den Kohlenstoffkreislauf zurück, wenn auch erst nach vielen Jahren. Die Hauptrolle in diesem Nährstoffkreislauf spielen Bakterien und Pilze.¹ Sie bauen organischen Abfall im Boden so um, dass ihn Regenwürmer und viele andere, oft sehr kleine Tiere, leichter fressen können und ihn weiter in Richtung Nährstoffe für die Pflanzen verändern.

Der mittlere Humusgehalt (alle tote organische Substanz) beackelter Mineralböden liegt in mittleren Breiten in der Krume bei 1,8 bis 2,5 Prozent, bei Grünlandböden im Mittel der oberen zehn Zentimeter bei fünf bis acht Prozent.² Höhere Humusgehalte sind typisch für tonige Böden, feuchte bis nasse Böden und Böden in niederschlagsreichem Klima. Stark durchlüftete, sandige Böden haben einen niedrigeren Humusgehalt von nur ein bis zwei Prozent.

Syndrome der Bodenschädigung

Schon vor etwa 20 Jahren hat der Wissenschaftliche Beirat der Deutschen Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ (WBGU)³ den Böden ein Hauptgutachten gewidmet. Die daraus entnommene Abbildung 1 stellte die Syndrome der Bodenschädigung zusammen. Wir meinten mit der Wahl des Wortes Syndrom (aus der Medizin entlehnt), dass diese Schädigungen nie nur von einer falschen Handlung verursacht werden, sondern wie bei bestimmten Krankheitssyndromen auf vielen einzelnen, teilweise aber auch voneinander abhängenden Faktoren beruhen. Jedes Syndrom ist mit einem Namen belegt, der entweder einen charakteristischen Ort des

Auftretens nennt oder für sich selbst spricht. Das Bitterfeld-Syndrom z. B. charakterisiert die Schädigung der Böden durch den Schwermetalleintrag aus der Atmosphäre, der z. B. für Quecksilber einen weltweit fast einmaligen Höhepunkt in der Region um Bitterfeld hatte. Wegen der vielen gesellschaftlichen Faktoren, die zu einem bodenschädigenden Syndrom führen, muss auch ein Heilungsprozess alle Faktoren beachten, so dass Bodenschädigungen schwer umzukehren sind, weil dazu wesentliche gesellschaftliche Änderungen notwendig sind. Das Bitterfeld-Syndrom lebt in anderen diktatorisch regierten Regionen fast ungebremst weiter, bei uns hat es zu einem Bodenschutzgesetz beigetragen und noch heute werden in Deutschland für die Linderung der Schäden Böden abgetragen und gereinigt. Für die weiteren Syndrome und die Fortschreibung des Syndrom-Ansatzes für andere Wirtschaftssektoren.³ Ein weiteres, noch allgemeineres Beispiel der „normalen“ Bodenschädigung durch die Landwirtschaft sei hier angefügt: Obwohl der Landwirt, der den Regeln des biologisch-dynamischen Landbaus folgt, die Fruchtbarkeit des Bodens erhält und den Kohlenstoffspeicher in den Böden eher erhöht – während der Standardlandwirt durch starke Düngung meist Kohlenstoff im Boden mindert –, er also globales Klima eher schützt als schädigt, bekommt er es offiziell nicht honoriert, z. B. durch eine Kohlenstoffgutschrift. Er hängt zurzeit vom Wohlwollen eines kleinen Teils der überdurchschnittlich Verdienenden ab, die bereit sind, den erhöhten Aufwand pro Produktmenge des „Ökobauern“ durch einen höheren Preis zu bezahlen. Der Ökolandbau wird damit in einem Ghetto gehalten und kann nur sehr schwer zum Leitansatz werden. Gleichzeitig wird aber dadurch der hohe Druck auf die biologische Vielfalt durch die konventionelle Landwirtschaft nicht nur aufrecht erhalten, sondern meist noch erhöht und schon gar nicht gemildert.

Reiht man die wichtigsten den Bodentyp bestimmenden Parameter (für den vom Menschen noch nicht geschädigten Boden) in etwa nach ihrer Bedeutung, dann sind zu nennen:

Klima und damit die Vegetation, anstehendes Gestein, Bodenleben, Hangneigung, Entwicklungszeit, Böden in der Umgebung. Deshalb ist nicht nur der starke Zusammenhang der Böden mit dem Klima eindeutig gegeben, sondern es ist auch wichtig zu wissen, wie die Böden auf den angelaufenen raschen Klimawandel durch den Menschen reagieren werden, z. B. je nach Region mit Humusgewinn oder -verlust, also stärkerer Speicherung von Kohlenstoff oder Kohlenstoffverlusten, somit den Klimawandel dämpfend oder ihn verstärkend.

Boden und Klima

Wer sich die globale Vegetationsklassifikation (Biome) ansieht, stellt fest, dass sich darin im Wesentlichen nur Klima wieder spiegelt und weniger das anstehende Gestein. Wenn z. B. in den inneren Tropen die jährliche Niederschlagsmenge über etwa 1.800 mm beträgt, dann heißt der Vegetationstyp tropischer immerfeuchter Wald (meist tropischer Regenwald genannt) und die Böden sind nährstoffarm, weil die Nährstoffe in der Streuschicht und nur wenigen Zentimetern Boden rezykliert werden. Das anstehende Gestein ist mit wenigen Ausnahmen ein sekundärer Einflussfaktor. Sinkt in mittleren Breiten die Jahresniederschlagsmenge unter etwa 450 mm, so wächst dort kein hochstämmiger Wald mehr, sondern die Landschaft hat Steppencharakter.

Wir wissen in Deutschland auch offiziell sehr wohl, wie wichtig die Böden für unser Überleben sind und wie stark sie vom Klima beeinflusst werden. So heißt es in Kapitel 3.2.4 Boden der Deutschen Anpassungsstrategie an die anthropogenen Klimaänderungen: *„Dem Ökosystem Boden kommt im Zusammenhang mit möglichen Folgen des Klimawandels und entsprechenden Anpassungsmaßnahmen eine besondere Bedeutung zu. Zu einem sachgerechten Bodenschutz gehören auch standortangepasste Pflanzen und eine entsprechende Bodenbedeckung. Das Klima beeinflusst viele Bodenprozesse und damit auch die Entwicklung von Böden, die Bodeneigenschaften und die Bodenfunktionen. Klimaänderungen wirken sich auf*



Beispiel Bitterfeld-Syndrom: die Grube Hermine

Foto: M_H.DE | de.wikipedia.org

den Nährstoff- und Wasserkreislauf sowie Bodenbildungsprozesse (Stoffkreisläufe, Humusbildung, Kohlenstoffbindung (C-Sequestrierung) und Erosionsprozesse aus, wodurch wesentliche natürliche Bodenfunktionen betroffen sind und teilweise beeinträchtigt werden können. Um negative Effekte durch Veränderungen in der Boden- und Humusbildung und damit der C-Sequestrierung zu verringern, sind standortangepasste Landnutzungsstrategien erforderlich (s. dazu aktuelles Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „Nachhaltiges Landnutzungsmanagement“ unter 5.2.). Landwirtschaftliches Handeln im Rahmen der guten fachlichen Praxis berücksichtigt auch den Bodenschutz. Klimatisch bedingte Änderungen im System Boden haben direkte Auswirkungen auf natürliche Produktionssysteme, den Wasserkreislauf (in qualitativer und quantitativer Hinsicht) sowie die biologische Vielfalt. Zugleich tragen alle aktuellen präventiven Maßnahmen der Verringerung bzw. Vermeidung der Boden-erosion, der schadhafte Bodenverdichtung sowie der Erhalt der organischen Substanz zum Schutz der ökologischen Leistungsfähigkeit der Böden bei und sind geeignete Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. Dabei wird der Schutz der Bodenfunktionen vielfach unmittelbar durch die Maßnahmen anderer Sektoren namentlich der Land- und Forstwirtschaft, der Wasserwirtschaft, des Naturschutzes und der Raumplanung geleistet, oder in enger und integraler Abstimmung mit diesen Sektoren (s. Kapitel unter 3.2.). Von entscheidender Bedeutung

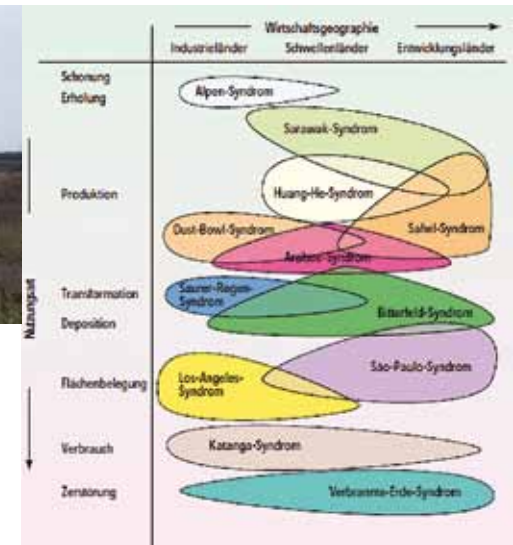


Abb. 1: Die verschiedenen Syndrome der Bodenschädigung nach WBGU (1994). Der Begriff Syndrom eignet sich in diesem Zusammenhang besonders gut: Der Verlust an Bodenfunktionen äußert sich in „Krankheitsbildern“, welche sich aus Symptomen wie Winderosion, Wassererosion, physikalischer oder chemischer Degradation zusammensetzen. Fasst man die Böden als „Haut“ des Planeten Erde auf, dann handelt es sich bei der Syndromanalyse gewissermaßen um eine „geodermatologische Diagnose“. Im Rahmen dieser Diagnose wird unter „Syndrom“ das eigentliche Krankheitsbild mitsamt seinen Ursachen und Folgen verstanden.

- 1 <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/08.htm>
- 2 https://de.wikipedia.org/wiki/Humus#Humusgehalt_der_B.C3.B6den
- 3 Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten 1994. Bonn, 1994



Sanierung der Altlasten des Braunkohlebergbaus

Für Braunkohle Tagebaue und Braunkohle Veredelungsanlagen, die nach der Wiedervereinigung nicht privatisiert werden konnten, haben der Bund und die Braunkohleregionen Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen die Aufgabe übernommen, die vom Bergbau beanspruchten Flächen gemäß den Vorgaben des Bergrechts zu sanieren und einer Nachnutzung zuzuführen. Es handelt sich um Areale in der Größe von ursprünglich rund 120.000 ha, von denen nach durchgeführter Sanierung bereits rund zwei Drittel an neue Eigentümer übertragen werden konnten.

Bund und Länder nehmen die Aufgabe der Braunkohlesanierung seit 1992 gemeinsam auf der Grundlage fortgesetzter Verwaltungsabkommen wahr und haben bisher über 9 Mrd. Euro in die Braunkohlesanierung investiert. Das 5. Bund-Länder-Verwaltungsabkommen über die Finanzierung der Braunkohlesanierung wurde Ende 2012 durch Bundesminister der Finanzen, Dr. Wolfgang Schäuble, und Bundesminister für Umwelt, Peter Altmaier, als Bundesvertreter unterschrieben sowie von den zuständigen Ministern der beteiligten Länder unterzeichnet. Es trat am 1. Januar 2013 in Kraft und gilt wiederum für die Dauer von fünf Jahren. Mit einem Finanzvolumen von über 1,2 Mrd. Euro sichert es die Fortsetzung der bedarfsgerechten Finanzierung der Braunkohlesanierung in den Jahren 2013 bis 2017. Die Finanzierung der spezifischen Maßnahmen der Braunkohlesanierung erfolgt zu 75 Prozent durch den Bund und zu 25 Prozent durch die Länder. Ergänzende Maßnahmen zur Abwehr von Gefahren z. B. aus dem Grundwasserwiederanstieg werden je zur Hälfte von Bund und Ländern finanziert.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

für die Ableitung geeigneter Anpassungsmaßnahmen ist die Erhebung (Messung) und Verfügbarmachung belastbarer Daten zu Klimafolgen. Im Falle des Bodens ist hierfür vertiefte Forschung sowie die Optimierung und ggf. die Erweiterung bestehender Monitoringprogramme erforderlich (s. Kasten, Kap. 5.2.). Es ist erforderlich, den Bodenschutz im Hinblick auf die Gefahren der Erosion und des Rückgangs der Humusgehalte, v. a. auch in hydromorphen (durch sich stauendes oder fließendes Grundwasser geprägte, Anm. des Autors) Böden zu intensivieren. Um Zielkonflikte zu begegnen, diskutieren Bund und Länder die Schutzziele und Anpassungsstrategien für den Boden ressortübergreifend mit allen Akteuren (Land-, Forst- und Wasserwirtschaft, Naturschutz, Atmosphären- und Klimaforschung) und stimmen diese ab.“⁴

Auch die Wortwahl bei der Gesetzgebung zum Bodenschutz zeigt die Problematik klar: *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG), vom 17. März 1998 (BGBl. I S.502). Zuletzt wurde das Gesetz geändert durch Artikel 5 Absatz 30 am 24. Februar 2012 (BGBl. I Nr. 10, S. 212). Diese Änderung ist am 1. Juni 2012 in Kraft getreten.*

In der Vergangenheit sind die Böden so belastet oder geschädigt worden, dass viele Milliarden Euro in die Beseitigung von Altlasten fließen mussten und weiterhin fließen werden (s. Kasten links: Braunkohlealtlasten), aber dennoch wird speziell in der sogenannten konventionellen Landwirtschaft fast flächendeckend der Boden weiter geschädigt. So trägt die Düngung mit mineralischen Phosphatdüngern neben dem gewünschten Phosphat auch das Schwermetall Cadmium ein, speziell wenn das Phosphat aus Marokko stammt, und das sehr giftige Schwermetall gelangt über die auf den geschädigten Böden wachsenden Pflanzen in unsere Nahrung. Nach Informationen des Umweltbundesamtes gelangt Cadmium vor allem auf zwei Wegen auf die landwirtschaftlich genutzten Flächen: Zu vierzig Prozent über die Luft, hauptsächlich aus Abgasen der Industrie

stammend, und zu sechzig Prozent über die Düngung, hauptsächlich über Klärschlamm, Gülle und mineralische Dünger. Schätzungen zufolge gelangen pro Jahr mindestens achtzig Tonnen Cadmium über diese Wege in die Agrarflächen.⁵ Besonders strenge Schwellenwerte sieht ein Änderungsentwurf der Europäischen Kommission für Baby- und Kindernahrung auf Getreidebasis vor. Hier soll laut den Vorstellungen der Generaldirektion Verbraucherschutz ein neuer Grenzwert von 0,01 mg bis 0,05 mg Cadmium pro Kilogramm Frischgewicht der Nahrung gelten. Die Kommission reagiert damit auf Erkenntnisse der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA), die vor rund zweieinhalb Jahren den Leitwert für die duldbare wöchentliche Aufnahmemenge des Schwermetalls von sieben Mikrogramm (μg) auf 2,5 μg pro Kilogramm Körpergewicht reduziert hatte.⁶ Damit senkt die EFSA den von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) nach dem stringenteren europäischen Vorschlag erneut nur leicht modifizierten Wert für die Cadmiumaufnahme um den Faktor 2,3.

Der wichtigste Kreislauf neben dem des Wassers und des Kohlenstoffs ist für das Leben auf der Erde der des Stickstoffs. In Abbildung 2 ist der bodenzentrierte Teil des letzteren Kreislaufs nur für den natürlichen Teil schematisch dargestellt, der bewusst die Abfallverwerter Bakterien und Pilze in den Mittelpunkt stellt. Nach der vor wenigen Jahren von einer großen Gruppe von Wissenschaftlern für den Stickstoffkreislauf in Europa vorgestellten Bewertung sind wir Menschen in großen Teilen dieses Kreislaufs dominant geworden.⁷ Über die Einträge von Stickstoffverbindungen aus der Atmosphäre, z. B. bevorzugt Ammoniumnitrat ($(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3$), sind wir damit auch für die Nährstoffe in Waldböden wesentlich geworden (s. rechts: Kasten 2). Sie stammen überwiegend aus dem Kraftfahrzeugverkehr und der Massentierhaltung. Dadurch greifen wir massiv in die biologische Vielfalt ein, weil die wenig Stickstoff benötigenden Pflanzen von denen, die relativ viel Stickstoff enthaltende Nährstoffe brauchen und damit bevorzugt werden, auf die rote Liste gedrängt werden.

Reduktion der neuartigen Waldschäden ändert Klima
(ein damals kaum bekannter Zusammenhang)

Als die Zivilgesellschaft in Deutschland Ende der 1970er und Anfang der 1980er Jahre die heftige Diskussion über neuartige Waldschäden führte und die damalige Bundesregierung unter Kanzler Schmidt durch ein konstruktives Misstrauensvotum im Oktober 1982 gestürzt worden war, hat die neue Regierung schon im Monat der Amtsübernahme durch die (schon weitgehend von der Vorgängerregierung vorformulierte) Großfeuerungsanlagenverordnung einen wesentlichen Eingriff in die Atmosphärenphysik und -chemie vorgenommen: War vorher die Lufttrübung stetig angewachsen, weil ein wesentlicher Teil des aus den alten und immer mehr neuen Kraftwerken in stark wachsender Gesamtmenge entweichenden Schwefeldioxids in der Atmosphäre in die mehr Sonnenlicht in den Weltraum reflektierenden Sulfataerolpartikel umgewandelt worden war, so schrumpfte diese Emission eines einzelnen gereinigten Kraftwerks durch das Gesetz um etwa den Faktor 10 (maximal 200 Milligramm Schwefeldioxid pro Kubikmeter Abluft waren noch zugelassen). In Mitteleuropa setzte mit der starken Entschwefelung der Kraftwerksabgase eine Zunahme der Sichtweite ein, mehr Sonnenlicht drang wieder zur Oberfläche vor und die Bremsung der globalen Erwärmung (Folge des erhöhten Treibhauseffektes der Atmosphäre) durch die getrübbte Luft war vermindert. Innenminister Zimmermann hatte also mit der raschen Aktion im Oktober 1982 zur Beschleunigung der mittleren globalen Erwärmung beigetragen, ohne es zu wissen. Als dann auch noch der besonders stark Schwefeldioxid emittierende Ostblock zusammenbrach, war das vorher beobachtete „global dimming“ in vielen Regionen zum „global brightening“ geworden.⁸ Die Luftreinhaltepolitik hat über die verminderte Anzahl der Sulfatteilchen in der Atmosphäre neben der Lufttrübung auch noch die Bewölkung geändert, nämlich im Mittel zu etwas weniger hellen Wolken⁹, weil die Anzahl der Wolkentröpfchen in getrübbter Luft größer ist und sie dadurch von oben betrachtet heller sind. Wer an den Symptomen kuriert (hier Schäden an Bäumen wegen des die Böden verändernden sauren Niederschlags) und nicht an die Wurzel des Übels – nämlich der Nutzung zu vieler fossiler Brennstoffe – herangeht, verursacht oft Ungewolltes.

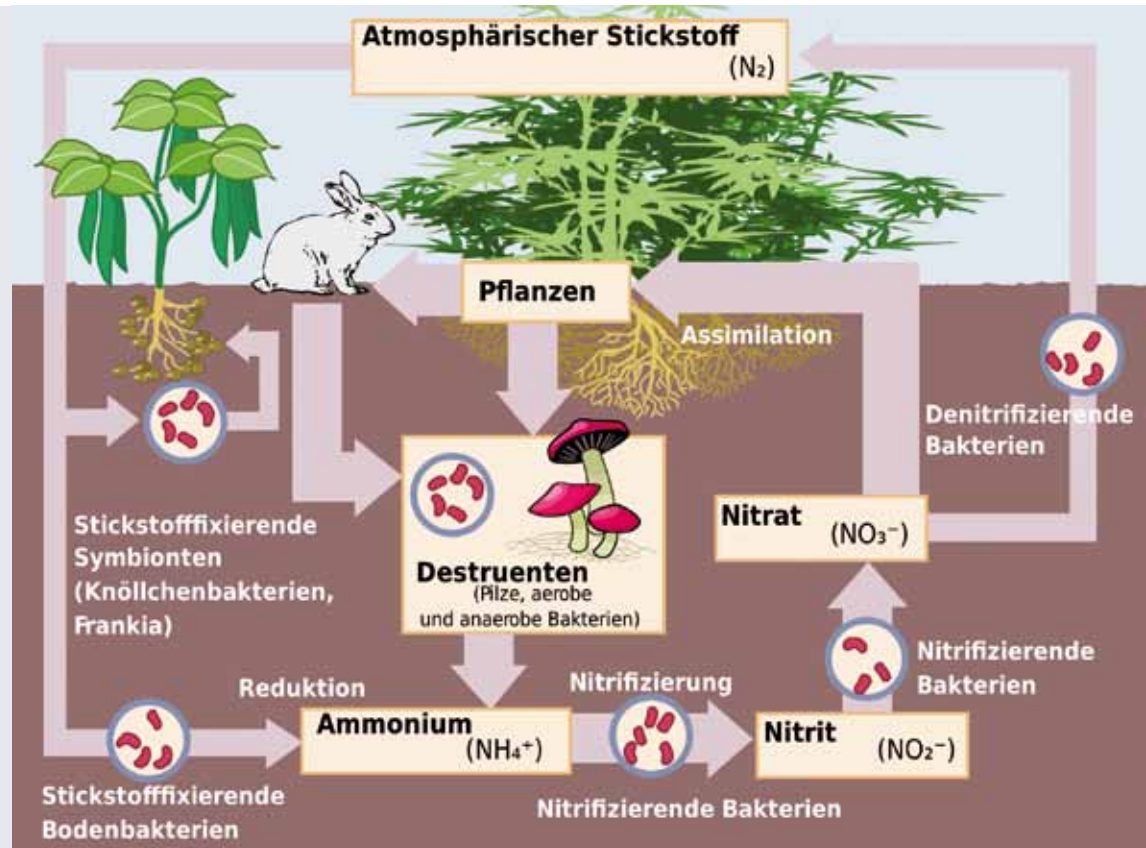


Abb. 2: Der wesentlichste Teil des natürlichen Stickstoffkreislaufes in den Böden (es fehlt der Eintrag von Nitraten mit dem Niederschlag als Folge von Blitzen und Verbrennungsprozessen (natürlich und anthropogen)) sowie der Austrag in die Gewässer und die Atmosphäre.

Quelle: Johann Dréo | www.wikipedia.org

- 4 www.bmu.de/service/publikationen/downloads/details/artikel/deutsche-anpassungsstrategie-an-den-klimawandel/
- 5 Euraktiv, 2011: www.euractiv.de/druck-version/artikel/eu-soll-schwermetalle-in-bden-reduzieren-004774
- 6 www.agrarheute.com/cadmium-grenzwerte
- 7 Sutton, M. A. et al. (eds): The European Nitrogen Assessment. Cambridge University Press, UK, 2011
- 8 Wild, Martin: Enlightening Global Dimming and Brightening. Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, 2012, S. 27–37
- 9 Krueger, O., H. Grassl: The indirect aerosol effect over Europe. Geophysical Res. Lett., Vol. 29, No. 19, 1925, 2002



Digital Soil Map of the World

Abb. 3a: Die wesentlichsten Bodentypen nach der Klassifikation der FAO (2010). Leicht erkennbar ist deren grobe Anordnung nach den Klimazonen der Erde.

In anderen Worten: Das Klima ist der wesentlichste den Boden formende Faktor, neben der Zusammensetzung des Gesteins.

Quelle: FAO-UNESCO Digital Soil Map of the World



Das Problem der Bodenklassifizierung

Die Vielfalt der Vegetationstypen und der geologischen Geschichte der oberen Gesteinsschichten, die mikroklimatischen Verhältnisse (z. B. Waldrand oder Mulde), die Hangneigung, die Exposition zur Sonne sowie das Alter der Bodenentwicklung machen es verständlich, dass Klassifikationen der Bodentypen sehr schwer aufzustellen sind, weil wegen des Kontinuums der Übergänge der Bodentypen von einer Klasse zur anderen die oft nur kleinen Unterschiede eigentlich einen künstlichen Klassensprung darstellen. Daher gibt es bisher keine allgemein akzeptierte Klassifikation. Wichtige sind die der FAO (Food and Agricultural Organization der Vereinten Nationen), des USDA (US-Landwirtschaftsministerium), und der IUSS (International Union of Soil Science). Wie die Abbildungen 3a und 3b klarstellen, paust sich bei den Bodentypen das Klima als wichtigster Parameter durch. Deshalb ist mit dem Klimawandel nicht nur eine Änderung der Vegetation sondern auch der Böden verbunden. Da Änderungen der

Böden Zeit brauchen, ist sehr schwer zu ergründen, wie schnell z. B. die Waldgrenze in Gebirgen ansteigt oder in sehr hohen Breiten polwärts wandert. Die hohe Geschwindigkeit der anthropogenen Klimaänderungen wird also bei Vegetation und Böden zu einem starken Ungleichgewicht gegenüber dem jeweils herrschenden Klima führen. Wir müssen auf sehr viele Überraschungen gefasst sein und die Vorhersage der Änderungen bei Vegetation und Bodenleben sind nur recht vage möglich.

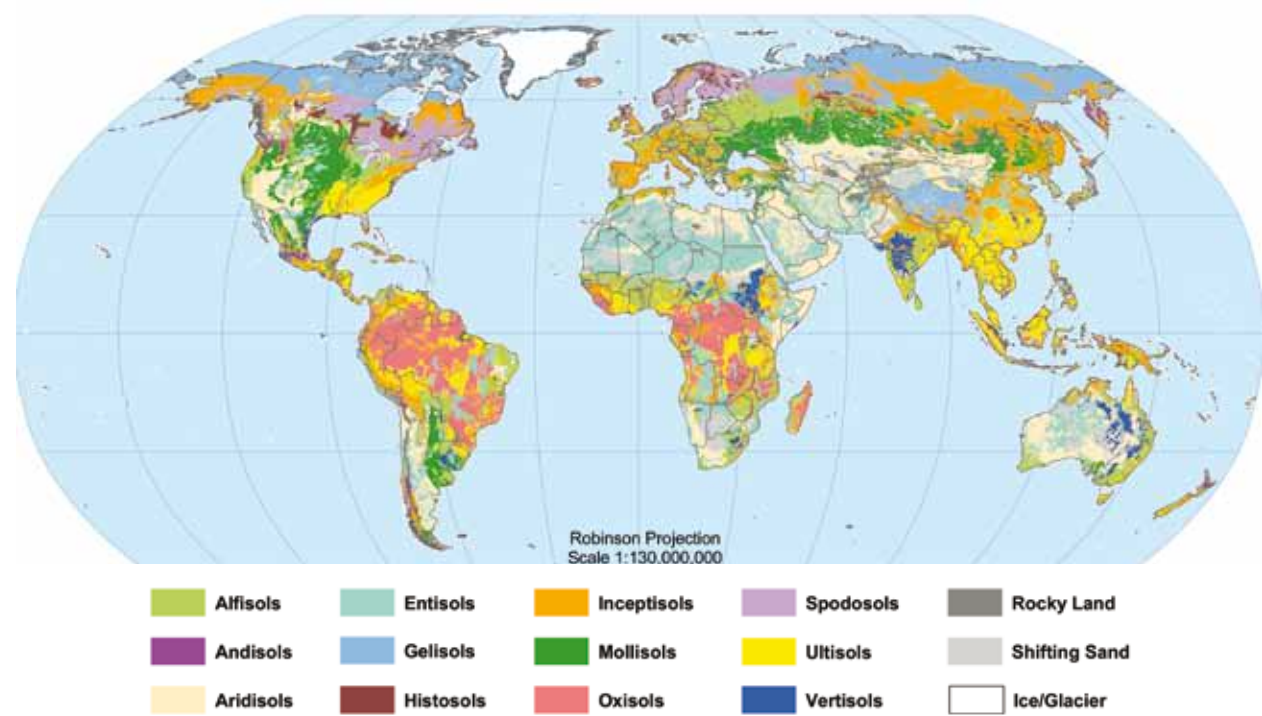
Zurzeit gibt es eine Wissenschaftlerinitiative, eine allgemeingültige Bodenklassifikation zu erstellen. Als einziges Bodenprofil soll das des sogenannten Oxisols (amerikanische Klassifizierung) gezeigt werden, der acht Prozent Anteil an allen Böden hat (Abb. 4). Er ist typisch für die Inneren Tropen mit sehr hohen Regenmengen, die zur Auswaschung vieler Bodenbestandteile führen und vom Eisenoxid (Fe_2O_3) stark rötlich gefärbt sind. Der Nährstoffkreislauf ist überwiegend auf die Streuschicht und die obersten etwa zehn Zentimeter beschränkt.

Global Soil Regions

Abb. 3b: Bodenklassifikation des
US-Landwirtschaftsministeriums (USDA, 2005)

Quelle: USDA, NRCS

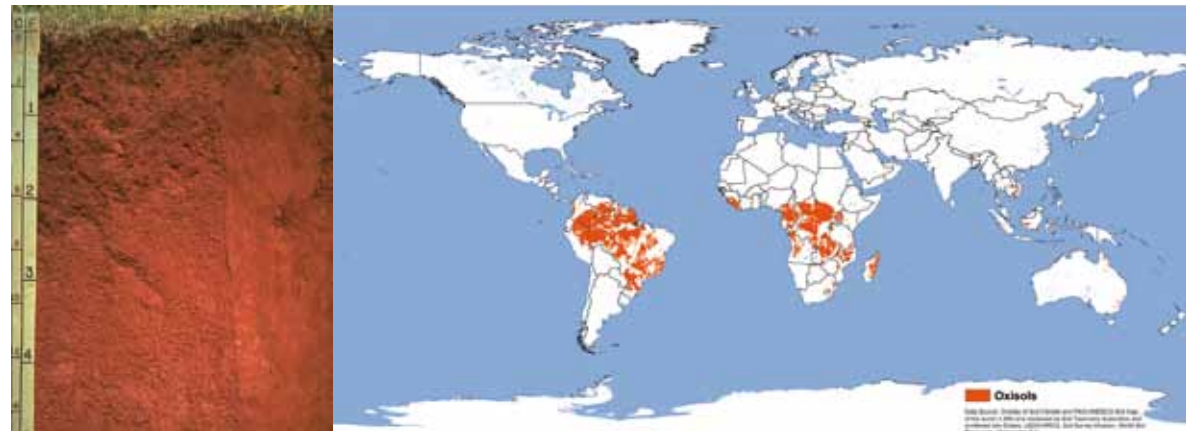
http://soils.usda.gov/use/worldsoils/mapindex/Global_Soil_Orders_Map.jpg



Global Distribution of Oxisols

Abb. 4: Das Beispiel Oxisol, der in den Tropen bei hohen Niederschlagsmengen fast nährstofflose rote Boden, dessen Farbe vom Eisenoxid herrührt, und der acht Prozent aller Böden in den eisfreien Gebieten ausmacht.

Quelle: USDA, NRCS



10 Wurbs, D. und M. Steininger: Wirkungen der Klimaänderungen auf die Böden. Untersuchungen zu Auswirkungen des Klimawandels auf die Bodenerosion durch Wasser. FKZ 3708 712 05, UBA-Text 16, 2011

Böden und ihre Gefährdung in Deutschland

Das jetzt hoch industrialisierte Deutschland hat die Böden im Rahmen der starken Industrialisierung in den 1950er und 1960er Jahren bis hinein in die frühen 1980er Jahre im Westen massiv durch Einträge aus der Atmosphäre, wachsende Stickstoffdüngung durch die vermehrt industrialisierte Landwirtschaft sowie durch viele Müllhalden (heute Altlasten) geschädigt. Im Osten des Landes hielt die Schädigung bis 1989 fast ohne jede Schutzmaßnahme an. Seitdem hat die Bundesrepublik für den Bodenschutz (meist Beseitigung der Altlasten) viele Milliarden ausgegeben. Nach Aussagen des Umweltbundesamtes waren es bisher allein für die Sanierung der Braunkohlealtlasten neun Milliarden Euro und weiterhin sind bundesweit für alle Altlasten Milliarden pro Jahr notwendig. Zurzeit ist die Bodenschädigung durch die konventionelle Landwirtschaft noch keineswegs auf ein erträgliches Maß reduziert. Wie Abbildung 5 demonstriert, ist im Deutschen Mittelgebirgsraum der potentielle Bodenabtrag auf Äckern mit oft weit über zehn Tonnen pro Hektar und Jahr um ein Vielfaches über der Bodenbildungsrate von etwa eins bis zwei Tonnen pro Hektar und Jahr (das entspricht einer unter einem Millimeter dicken Schicht anstehenden Gesteins). Die feingliedrige regionale Verteilung der Erosionsgefährdung (Abb. 6) zeigt eindeutig die Hangneigung als den wesentlichsten Parameter für die Wassererosion. Stünde an Stelle der Äcker der ursprüngliche Wald, die Erosion existierte fast nicht, auch bei Nutzung als Weide wäre sie noch gering. Die erosionshindernde Art der Bodenbearbeitung, nämlich kein Pflügen und Bodenbedeckung durch Mulch, könnte jedoch die Wassererosion sogar unter die Bodenbildungsrate senken (Abb. 7).

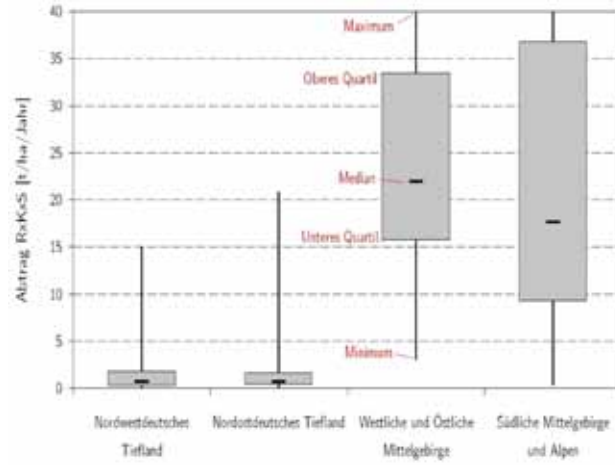


Abb. 5: Potenzielle Bodenerosion in Deutschland in Tonnen pro Hektar und Jahr. Dargestellt sind der Median, oberes und unteres Quartil, sowie Maximum und Minimum.¹⁰

Quelle: Umweltbundesamt

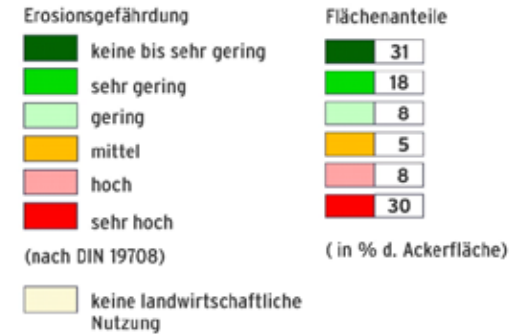
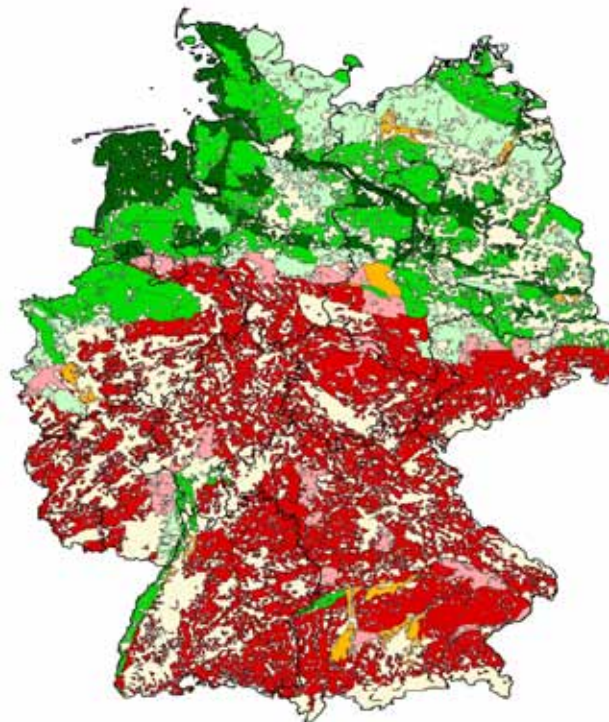


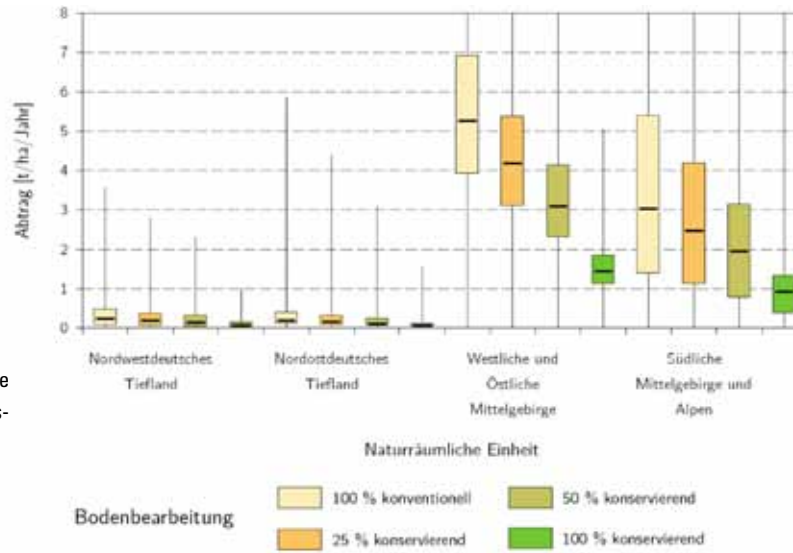
Abb. 6: Erosionsgefährdung durch Wasser auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen in Deutschland einschließlich der Flächenanteile der Gefährdungsklassen. Die Hangneigung ist erkennbar der wichtigste Faktor. Stufe 1 = sehr gering < 0,5 t/(ha.a) Stufe 2 = 0,5 bis < 2,5 t/(ha.a) Stufe 3 = 2,5 bis < 5,0 t/(ha.a) Stufe 4 = 5,0 bis < 7,5 t/(ha.a) Stufe 5 = 7,5 bis < 15 t/(ha.a) Stufe 6 = ≥ 15 t/(ha.a)

Quelle: Umweltbundesamt, 2011



Abb. 7: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Bodenerosion in Deutschland. Maximale bodenkonservierende Bearbeitung der Ackerflächen kann die Erosion meist unter die Bodenbildungsrate drücken.

Quelle: Umweltbundesamt, 2011



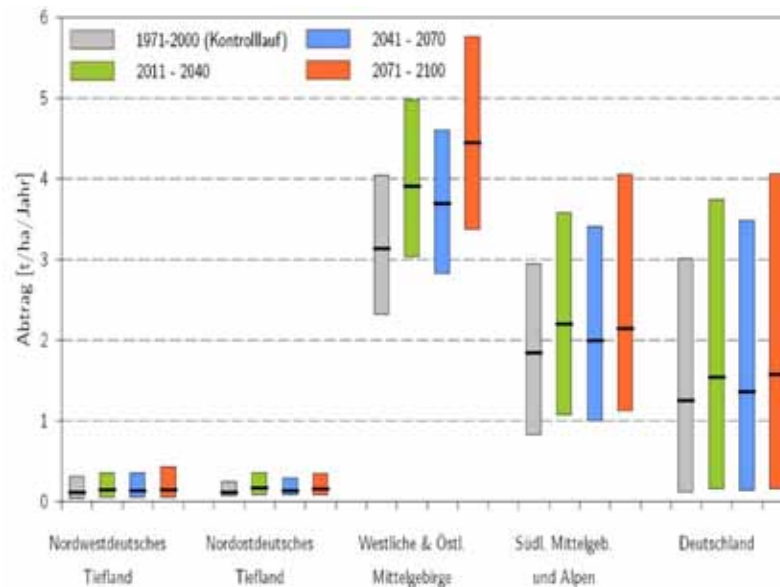
Die Landwirte haben es also selbst in der Hand, ob sie den Boden, von dem sie leben, intakt an die nachfolgenden Generationen weitergeben. Da die Wassererosion vor allem in zukünftig noch wärmeren Sommerhalbjahren in vielen Klimazonen zunehmen wird, weil die bei höheren Temperaturen intensiveren Regenereignisse, wie bereits nachgewiesen, auch dann häufiger werden, wenn die Gesamtniederschlagsmenge nicht steigt oder sogar leicht schrumpft, besteht Handlungsbedarf. Weniger und weniger tief pflügen sowie Bedeckung mit Mulch und Zwischenfrüchten sind nach dem Umweltbundesamt empfohlene Maßnahmen.

Schlussbemerkung

Es steht weltweit nicht gut um die Böden. Sie brauchen weit mehr Aufmerksamkeit. Mutter Erde kann ihre Kinder dann gut ernähren, wenn die Klimabedingungen für nachhaltiges Wachstum von Rohstoffen und Nahrungsmitteln gegeben sind – soweit dies in der Hand von uns Menschen liegt. Das Symposium „BodenLeben – Erfahrungsweg ins Innere der Erde“ hat gezeigt, dass Boden, Mensch und Klima untrennbar miteinander verbunden sind. Ich danke Frau Voigt für ihre Initiative zu dieser schönen transdisziplinären Veranstaltung, die hoffentlich in unseren Köpfen etwas ändert.

Abb. 8: Erhöhte Gefährdung durch Wassererosion auf Ackerflächen in Deutschland bei weiterer Erwärmung im 21. Jahrhundert.

Quelle: Umweltbundesamt, 2011



Großprojekte der Altlastensanierung in den neuen Ländern

Um Investitionen auf altlastbehafteten Industriestandorten im Bereich der Treuhandanstalt (THA) zu fördern sowie Arbeitsplätze zu erhalten und zu schaffen, verständigten sich im Dezember 1992 der Bund und die THA mit den Ländern Berlin, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen auf eine gemeinsame Finanzierung dieser Aufgaben. Zu diesem Zweck wurde das Verwaltungsabkommen über die Regelung der Finanzierung der ökologischen Altlasten geschlossen.

Es regelt die anteilige Finanzierung von Maßnahmen durch den Bund und die Länder. Voraussetzung ist eine Freistellung der Investoren von der Verantwortlichkeit und den Kosten für alle Umweltschäden, die vor dem 01.07.1990 entstanden sind, durch die zuständigen Landesbehörden gemäß Umweltrahmengesetz/Hemmnisbeseitigungsgesetz. Nach einer Freistellung werden die gegenüber den Ländern geltend gemachten Ansprüche im Verhältnis 60 (Bund) zu 40 (Länder) geteilt. Für die ökologischen Großprojekte wurde ein Kostenschlüssel von 75 (Bund) zu 25 (Länder) festgelegt. Diese Kosten verringern sich um den Betrag, der vom Käufer eines THA-Unternehmens übernommen wird.

Unter dem Vorsitz des Bundesfinanzministeriums und des Bundesumweltministeriums wurde eine Gemeinsame Arbeitsgruppe Bund/THA (seit Januar 1995 Bundesanstalt für vereinigungsbedingte Sonderaufgaben (BvS)/Länder eingerichtet, die nach den im Verwaltungsabkommen genannten Kriterien 21 industrielle Großprojekte einvernehmlich festlegte. Die Grundlage für Maßnahmen und deren Finanzierung bilden die Verpflichtungen der THA gegenüber den Investoren gemäß den Altlastenklauseln in den jeweiligen Privatisierungsverträgen.

Zur Beschleunigung der Umsetzung des Verwaltungsabkommens einigten sich Bund und Länder im Jahre 1996 darauf, dass die Höhe der Refinanzierungsverpflichtungen des Bundes für ein Großprojekt dann abschließend verbindlich vereinbart (pauschaliert) werden kann,



wenn bestimmte fachliche Voraussetzungen erfüllt sind. Mit dem Abschluss solcher Vereinbarungen geht die alleinige Verantwortung für die weitere Altlastenbearbeitung in den Großprojekten auf das jeweilige Land über.

Im Jahre 1999 schloss der Freistaat Thüringen als erstes Bundesland mit der BvS einen Generalvertrag über die abschließende Finanzierung der ökologischen Altlasten. Mit der Abgeltung sämtlicher Refinanzierungsverpflichtungen des Bundes und der BvS aus dem Verwaltungsabkommen wurde das Einvernehmensprinzip aufgehoben. Damit geht die Zuständigkeit für die weitere Umsetzung aller dem Verwaltungsabkommen unterfallenden Projekte einschließlich der Verwendung der Mittel auf das Land über, ohne dass ein weiteres Einvernehmen mit Bund und BvS erforderlich ist. Zum Abschluss weiterer Generalverträge kam es im Jahre 2001 mit Sachsen-Anhalt, 2003 mit Mecklenburg-Vorpommern und 2008 mit dem Freistaat Sachsen.

In weiterer Bearbeitung nach der bisherigen Regelung befinden sich das Großprojekt Region Industriegebiet Spree in Berlin und im Land Brandenburg die Großprojekte Region Oranienburg, Stadt Brandenburg, BASF Schwarzheide und PCK Schwedt.

Zuverlässige Daten über den Zustand und Veränderungen der Umwelt sind notwendig, um umweltpolitische Entscheidungen treffen zu können. Direct-Push-Technologien etwa erlauben eine kosteneffiziente und schnelle Erkundung des Untergrundes.

Foto: Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), André Künzelmann