Die Notwendigkeit eines umfassenden Bodenschutzes

Autor(en): **Zollinger, Fritz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 14

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85679

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die Notwendigkeit eines umfassenden Bodenschutzes

Unsere Lebensgrundlage Boden wird bedroht durch Flächennutzungspolitik, Abfallwirtschaft, Landwirtschaft und Naturereignisse. Die Massnahmen des integralen Bodenschutzes sollen beitragen, eine Minimierung von Schadstoffeinträgen zu erreichen, die Bodennutzung den natürlichen Standortbedingungen anzupassen und geschädigte Böden zu sanieren. Dabei spielt der quantitative und der qualitative Schutz eine Rolle, wobei man sieben verschiedene Massnahmengruppen unterscheiden kann. Die technischen Möglichkeiten gliedern sich in die landwirtschaftliche Bodenpflege, die kulturtechnischen Meliorationen, wasserbauliche Massnahmen und Bodendekontaminationen (verschiedene Verfahrenstechniken in site und on site).

Der Boden, unsere vierte Lebensgrundlage

Neben Wasser, Luft und Licht ist der Boden – im wahrsten Sinn des Wortes – unsere vierte Lebensgrundlage, aber

VON FRITZ ZOLLINGER, ZÜRICH

auch jene für Pflanzen und Tiere. Die bisherigen Anstrengungen im Bereich des Umweltschutzes konzentrierten sich weltweit vor allem auf den qualitativen Schutz der Gewässer – seit kürzerer Zeit auch auf ihren quantitativen Schutz – und auf Massnahmen zur Reinhaltung der Luft. Die Lebensgrundlage Licht ist zur Zeit (noch) kaum ein Thema des Umweltschutzes, es sei denn, die Luftverschmutzung nähme lokal extreme Formen an oder die schützende Ozonschicht werde durch ihre Folgen zerstört.

Mit dem Boden als bedrohter Lebensgrundlage beschäftigt man sich in der Schweiz erst seit wenigen Jahren, mindestens was die Qualität anbelangt. Quantitativer Bodenschutz wird in zweidimensionaler Art mit der Raumplanung mehr oder weniger erfolgreich schon seit längerer Zeit betrieben. In den erosionsgefährdeten Hügel- und Bergregionen ist der dreidimensionale, quantitative Bodenschutz seit Urzeiten eine oft lebensnotwendige Aktivität des Menschen gewesen. Heute erkennt man, dass Erosionsschutz auch im flacheren Tiefland sinnvoll und notwendig sein kann. Die Frage liegt nahe, warum man sich um den Schutz von Wasser und Luft schon seit langem in Form von Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften sowie vielen konkreten Schutz- und Sanierungsvorkehrungen bemüht, gleiche Anstrengungen um den Schutz des Bodens aber erst in jüngster Zeit in Ansätzen begonnen hat. Zur Beantwortung dieser Frage muss man sich vor Augen halten, dass wir von Luft und Wasser unmittelbar, d. h. sehr direkt leben. Im Gegensatz dazu leben wir vom Boden «nur» mittelbar. Der Boden ist – von Ausnahmen abgesehen – immer nur Mittel zum Zweck. Er dient z. B. der Pflanzenproduktion, als Grundfläche für Gebäude usw.

Eine Schädigung der Bodenqualität stellt man oft erst dann fest, wenn sich seine Erträge in qualitativer und/oder quantitativer Hinsicht verändern, d. h. oft verschlechtern. Belastungen und Verschmutzungen von Wasser und Luft stellt man rascher und direkt fest, da wir beide Elemente direkt zum Leben benötigen. Dies ist beim Boden anders: Qualitative – zum Teil auch quantitative (Erosion) – Belastungen puffert und speichert der Boden über oft längere Zeiträume – oberflächlich betrachtet – schadlos ab. Ertragseinbussen in der Produktion treten selten rasch, sondern kontinuierlich langsam ein. Sie werden nicht selten vom Bauern nur bedingt beachtet, weil er sie mit entsprechenden Düngergaben ausgleichen kann. Da Düngung selbst im biologisch geführten Betrieb eine unumgängliche Notwendigkeit ist, wird es für den Landwirt nicht leicht festzustellen, wie weit er «natürlich» düngt, d. h. die entzogenen Nährstoffe ersetzt, und ab wann er mit dem Dünger Bodenschädigungen wettmacht. Kein Boden kann aber längere Zeit übernutzt werden, ohne dass irreversible Schäden auftreten.

Der Boden ist ein lebendes, offenes und dynamisches System, ein sehr komplexer Teil unseres Ökosystems. In ihm laufen vielzählige physikalische, chemische und biologische Vorgänge ab. Diese gegenseitigen Synergien führen zusammen mit dem vorhandenen organischen und anorganischen Material des Bodens zu den immer wieder erstaunlichen Ausgleichsleistungen. Diese beeindruckende Belastbarkeit des Bodens ist zwar ein grosser Vorteil, wird – zeitlich verschoben – aber unter Umständen zum gewichtigen Nachteil.

Oft scheint es, als ob man einen Boden sehr stark mit Schadstoffen belasten kann, ohne dass nachteilige Folgen entstehen. Diese lange Latenzzeit kann jedoch bewirken, dass es unter Umständen sehr schwierig ist, einen noch mehr oder weniger gesunden von einem bereits kranken Boden zu unterscheiden. Erkennt man dann einen chemisch, biologisch oder physikalisch gestörten bezw. beschädigten Boden, sind gewisse Veränderungen oder Schäden möglicherweise bereits irreversibel. Einerseits sind nämlich die technischen Mittel und Möglichkeiten, welche voraussichtlich in nächster Zukunft für Bodensanierungen im weiteren Sinn zur Verfügung stehen werden, nur sehr beschränkt, wenn überhaupt vorhanden. Andererseits benötigt die Natur für die Neubildung eines landwirtschaftlich nutzbaren Bodens nicht Jahre, sondern Jahrtausende.

Aus dem Gesagten erkennt man, wie wichtig es wäre, Schädigungen des Bodens möglichst frühzeitig zu erkennen, nämlich dann, wenn es noch nicht zu spät ist, etwas dagegen zu unternehmen. Diese Forderung ist zweifelsohne eines der grössten Probleme in diesem Bereich des Umweltschutzes, hat die Vergangenheit doch gezeigt, dass der Mensch erst dann bereit ist zu handeln, wenn er handeln muss. Schwarzmalerei wäre sicher fehl am Platz, vor allem heute, wo aussagekräftige Messungen und Beobachtungen in genügendem Umfang über die Qualität des Bodens in unserem Land noch fehlen. Man ist sich aber sowohl in der Forschung als auch in der Verwaltung und Politik bewusst, dass etwas geschehen muss. Zu einem Teil initiiert durch das Waldsterben sind in jüngster Vergangeheit denn auch verschiedene Bemühungen und konkrete Programme angelaufen. Auf sie soll am Ende des Beitrages eingetreten werden.

Die Bedrohungen des Bodens

Die Bedrohungsformen unseres Bodens lassen sich in die folgenden vier Ursachengruppen gliedern:

- Flächennutzungspolitik

- Abfallbewirtschaftung
- Landwirtschaft
- Naturereignisse

Die erste Ursache betrifft den Boden in seiner zweidimensionalen Ausdehnung, die zweite und dritte in seiner Qualität, und die vierte schliesslich in seiner dritten Dimension (Erosionen). Zum Teil greifen die vier Bedrohungsformen aber auch ineinander über. So kann eine verfehlte Flächennutzung zu qualitativen Bodenbelastungen führen, brauchen Abfalldeponien Land, oder kann eine ungeeignete landwirtschaftliche Bodenbearbeitung zu Bodenerosion führen.

Flächennutzungspolitik

Durch Bautätigkeiten aller Art gehen in der Schweiz jährlich etwa 30 km² wertvollen, landwirtschaftlich nutzbaren Bodens für immer verloren. Das entspricht einem Landwirtschaftsbetrieb von 10 ha pro Tag. Trotz vorhandenem Raumplanungsgesetz kann man bei solchen Verlusten wohl nur von einer verfehlten und kurzsichtigen Flächennutzungspolitik sprechen. Auch wenn das erwähnte eidgenössische Gesetz in seiner Anlage wohldurchdacht ist, hat es sich in der Durchsetzung als zu wenig griffig erwiesen. Eine Überarbeitung lag darum auf der Hand und wird gegenwärtig durchgeführt. Ob ein neues Gesetz allerdings die Vollzugsprobleme lösen wird, bleibt grundsätzlich zu bezweifeln, solange nicht bei den zuständigen Behörden und den betroffenen Grundeigentümern ein Umdenken stattgefunden hat.

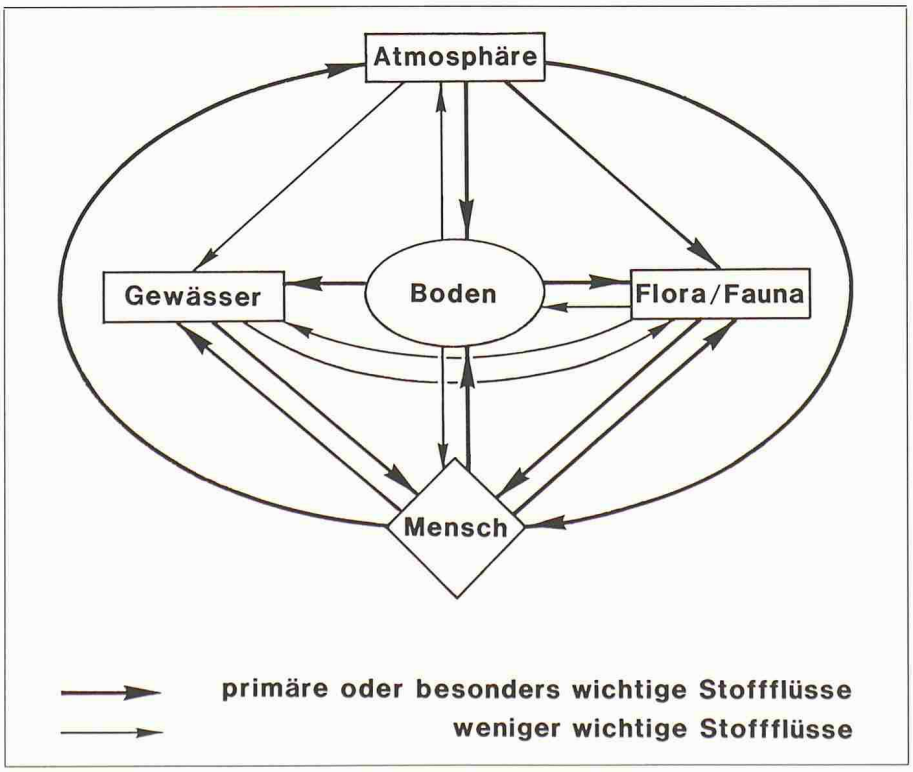
Heute sollte die Einsicht langsam durchdringen, dass man aus technischer Sicht praktisch jedes Grundstück überbauen kann, dass sich hingegen nur etwa 10% unserer Landesfläche für Ackerbau eignen. Ihr Schutz durch die Ausscheidung von Fruchtfolgeflächen ist darum zwingend. Das genügt allerdings nicht, denn diese Flächen sind zur Gewährleistung einer dauernden Bodenfruchtbarkeit auch qualitativ zu schützen. Frühere Ansätze in der Raumplanung gingen von den wünschbaren Infrastrukturen aus, zukünftige sollten von ökologischen und qualitativen Wünschen ausgehen.

Abfallbewirtschaftung

Die zweite Bedrohung des Bodens geht von unseren Abfällen aus. Betrachtet man die Stoffflüsse nach der «Beseitigung» der anthropogenen Abfälle, so erkennt man, dass sie direkt oder indirekt (z. T. als Metaboliten) am Ende im oder auf dem Boden landen. Dabei sei an Kehrichtverbrennungsanlagen, Deponien, Klärschlamm, aber auch an Abgase von Heizungen, Industrieanlagen, Autos und anderes gedacht. Hier beginnt der qualitative Bodenschutz bei der Ursachenbekämpfung, bei der Kontrolle und Reduktion der Quellen. – In diesem Problemkreis besonders aktuell sind zur Zeit die Schwermetalle. Mit Richtwerten für den Boden fanden sie auch schwergewichtigen Einzug in der neuen «Verordnung über Schadstoffe im Boden» (VSBo). Verteilt über die Schweiz gelangen pro Jahr etwa 25 Tonnen Cadmium und 8 Tonnen Quecksilber auf den Boden. Die Schwermetalle werden im Boden nicht abgebaut und akkumulieren sich darum über die Zeit. Je nach Verhältnissen im Boden liegen sie aber auch in löslicher Form vor, d. h. werden den Pflanzen zugänglich. Als sehr unerwünschte Erscheinung gelangen die Schwermetalle dann direkt mit der Pflanzenproduktion oder indirekt mit der Fleischproduktion in unsere Nahrungskette (Bild 1).

In diesem Zusammenhang kann auch der saure Regen erwähnt werden. Er entsteht bekanntlich durch die Abfallprodukte der Verbrennungsvorgänge unserer Zivilisation (Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Stickoxide). Die sauren Niederschläge bewirken eine beschleunigte Versauerung des Bodens. Als eine der unerwünschten Folgen erhöht sich die Beweglichkeit der Schwermetalle.

Bild 1. Schadstoffflüsse rund um den Boden



Landwirtschaft

Als dritte Belastung des Bodens muss die moderne Landwirtschaft erwähnt werden. Sie ist gekennzeichnet durch eine intensive und oft einseitige Nutzung des Bodens, d. h. durch

- Ersatz der organischen durch die mineralische Düngung
- Einsatz von Pflanzenschutzmitteln
- vermehrte Monokulturen (Mais u. a)
- Massentierhaltungen
- Mechanisierung – gefördert oder ermöglicht durch die
- Meliorationen.

Zu dieser Auflistung muss man bemerken, dass die erwähnten Punkte nicht a priori zu einer unangenehmen Bodenbelastung führen müssen, ja sogar zu einer Bodenentlastung beitragen können. Doch bleibt die positive oder negative Wirkung ihres Einsatzes eine Frage des Masses. Dabei kennt man in der Schweiz alle Abstufungen vom extrem bodenbelastenden «Intensivbauern» bis zum bodenschonenden Bio-Bauern.

Naturereignisse

Als vierte Bedrohung des Bodens tritt von Zeit zu Zeit die Natur selber auf mit ihren aussergewöhnlichen Ereignissen wie Hochwasser, Lawinen, Rutschungen, Starkniederschläge u. a. Sehr oft kommt man allerdings bei der Untersuchung solcher «Naturkatastrophen» zur Erkenntnis, dass sie, wenn nicht anthropogen verursacht, so doch durch menschliche Aktivitäten gefördert worden sind. Damit sind viele – vielleicht die meisten – solcher Bodenzerstörungen beeinflussbar. Das heisst allerdings nicht zwingend, dass sie auch

vom Menschen korrigiert werden können. Darum drängt sich auch aus dieser Sicht ein präventiver, quantitativer Bodenschutz vor allem in den hügeligen und gebirgigen, niederschlagsreichen Landesteilen auf.

Umfassender Bodenschutz

Ziele des Bodenschutzes

Im Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 3. Oktober 1983 heisst es bereits im Artikel 1: «Dieses Gesetz soll ... die Fruchbarkeit des Bodens erhalten.» Abgesehen davon, dass ein Gesetz keine Fruchtbarkeit erhalten kann, ist die Definition der letzteren keine einfache Sache, was denn auch aus der Formulierung in der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) vom 9. Juni 1986 zu ersehen ist. Die längere Definition sei an dieser Stelle nicht abgedruckt. Sie ist im Art. 2 der VSBo nachzulesen. Vielmehr möchte der Autor darauf hinweisen, dass man beim umfassenden Bodenschutz ohnehin weiter gehen muss als «nur» bis zur Bodenfruchtbarkeit. Man sollte nämlich bereits bei der Zielformulierung den Zielkonflikten ins Auge sehen: Wir benötigen den Boden nicht nur für die landwirtschaftliche Produktion, sondern auch für andere Lebensnotwendigkeiten, -bedürfnisse und -wünsche (Wohnen, Arbeiten, Verkehr, Freizeit u. a.).

Die Ziele eines umfassenden Bodenschutzes könnten darum wie folgt formuliert werden:

Die Massnahmen des umfassenden Bodenschutzes sollen dazu beitragen

- eine Minimierung von problematischen Stoffeinträgen in den Boden zu erreichen,
- den Raubbau zu beschränken oder zu verhindern,
- die Nutzung des Bodens optimal den natürlichen Standortbedingungen anzupassen,
- geschädigte Böden zu sanieren und zu rekultivieren.

Gliederung und Inhalt des Bodenschutzes

Bisher und noch heute (als Beispiel sei auf die erwähnte VSBo von 1986 hingewiesen) wurde und wird Bodenschutz nur sehr sektoral betrieben (Raumplanung, Erosionsschutz, Rekultivierungen, Beschränkung der VSBo auf Schwermetalle und Fluor). Umfassend sollten hingegen alle Aspekte des Bodens einbezogen werden, d. h. den gesamten Rahmen des qualitativen und des quantitativen Problemkreises. Das kann so weit gehen wie in der Bundesrepublik, wo man auch den Landschaftsschutz dem umfassenden Bodenschutz zugewiesen hat. Wichtig scheint auch, dass man den Boden im Gesamtrahmen unseres Oekosystems und als Teil des übergeordneten Umweltschutzes sieht. Daraus wird ersichtlich, dass der umfassende Bodenschutz eine absolut interdisziplinäre Angelegenheit darstellt.

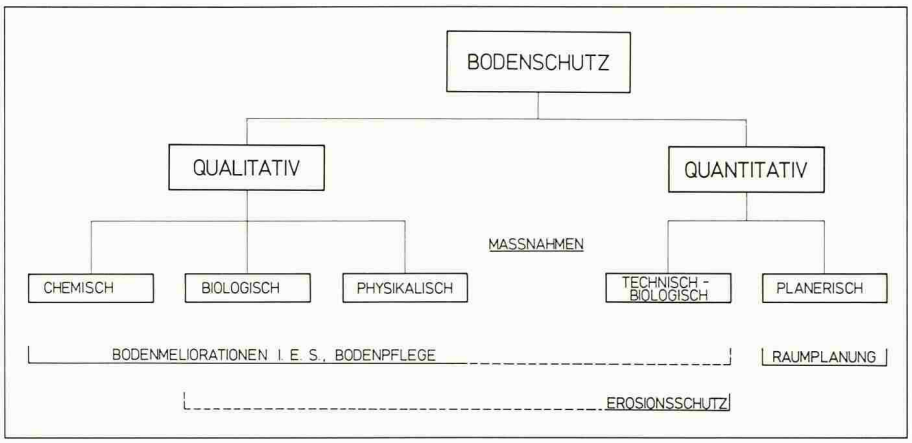


Bild 2. Schematische Gliederung des umfassenden Bodenschutzes

Im Bild 2 wurde versucht, den umfassenden Bodenschutz zu strukturieren in die Unterbereiche des qualitativen (Biologie, Chemie, Physik) und quantitativen (drei- und zweidimensional) Bodenschutzes.

Massnahmen des Bodenschutzes

Grundsätzliches

Auf den ersten Blick scheinen qualitativer und quantitativer Bodenschutz voneinander unabhängig zu sein. Will man aber den quantitativen Schutz seriös betreiben, kommt man sofort zur Einsicht, dass dies nur mit qualitativen, zum grossen Teil messbaren Grundlagen möglich ist (Beurteilung des Bodens als Fruchtfolgefläche oder in seiner Erosionsgefährdung).

Die Bodenqualität ist einerseits durch die Bodenpflege und -bewirtschaftung (Landwirt) und andererseits durch die Bodenmeliorationen (im kulturtechnisch engeren Sinn, d. h. lediglich die Bodenmaterie betreffend) zu beeinflussen (Bodenkundler, Kulturingenieur). Der quantitative Bodenschutz geht in die Zuständigkeit der Raumplanung und des Erosionsschutzes inkl. Forsttechnik und Wildbachverbauung.

Viele – vielleicht sinnvollerweise die meisten – Massnahmen des Bodenschutzes beziehen sich primär nicht auf den Boden, sondern in vorbeugender Art auf seine Beeinflussung von aussen (Einschränkung der Luftverunreinigungen, Abfallwirtschaft, Verwendung von Düngern mit möglichst keinen Schadstoffen und Nebenwirkungen, Befahren des Bodens in möglichst trokkenem Zustand, vermeiden von Hanganschnitten in erosionsgefährdeten Gebieten, raumplanerische Massnahmen).

Ein gesunder Boden ist ein lebendiges Oekosystem. In einer Handvoll Erde gibt es bedeutend mehr Lebewesen (Bodentiere und Mikroben) als Menschen auf der Erde. Durch ihre biologischen Aktivitäten sorgen sie für das natürliche Gleichgewicht des Bodens. Langsamen Veränderungen können sie sich unter Umständen anpassen, schnellen und extrem vom Gleichgewicht abweichenden hingegen nicht. In solchen Fällen kann ein Grossteil des Bodenlebens zunichte gemacht werden. Ohne Bodenlebewesen ist ein Boden aber tot, womit eine Pflanzenproduktion praktisch ausgeschlossen ist oder nur noch mit einem Kraftakt der Chemie beinahe synthetisch ermöglicht wird. Der qualitative Bodenschutz ist darum biologisch orientiert. Er hat das Bodenleben zu erhalten, zu fördern oder wieder zu ermöglichen. Dazu müssen seine Grundansprüche optimiert werden:

- Wasser-Luft-Haushalt
- Bodenstruktur
- organische Anteile im Boden
- Nährstoffe
- möglichst keine Schadstoffe.

Abschliessend sei ein Grundsatz aufgeführt, der allgemein für den Umweltschutz gilt: Auf die Dauer sind Massnahmen, welche natürliche Vorgänge fördern, billiger und wirksamer als solche, die mit viel Technik zu – oberflächlich gesehen – den gleichen Ergebnissen führen. Auch für den Bodenschutz gilt: Besser mit der Natur als gegen sie!

Übersicht

Die Strategien des umfassenden Bodenschutzes kann man in die folgenden sieben Gruppen unterteilen:

Beobachten, Messen, Kontrollieren

Dabei geht es um Bestandesaufnahmen von aktuellen Zuständen, um die Feststellung von Veränderungen und um die Überprüfung von ausgeführten Massnahmen. Grundlagen für die dazu notwendigen Datenbanken kommen z. B. von der Raumplanung (Inventare u. a.), von Bodenbeobachtungsnetzen (nationales und bald auch kantonale), aber auch von gezielten Stichproben, wie sie die VSBo verlangt.

Forschen, Untersuchen

Noch viele Fragen rund um den Boden sind heute nicht geklärt. Für ihre Beantwortung sind möglichst praxisorientierte Forschungsprojekte notwendig. Nicht nur Ergebnisse von Hochschulen und Industrie, sondern auch bescheidene praktische Untersuchungen können dabei wertvolle neue Erkenntnisse liefern. In diesem Zusammenhang kann das Nationale Forschungsprogramm Boden (NFP 22, Nutzung des Bodens in der Schweiz) als sehr positives Grossprojekt erwähnt werden.

Beraten

Die Kenntnisse über den Boden sollten nicht nur bei den Landwirten, sondern bei allen Bodenbewirtschaftern im weitsten Sinn (Industrie, Ingenieure, Poltiker usw.) verbessert werden. Die vorgesehenen oder bereits bestehenden kantonalen Fachstellen für Bodenschutz müssen sicher auch in dieser Richtung tätig werden. Auf dem Gebiet der Landwirtschaft sind die landwirtschaftlichen Schulen und Betriebsberater, gedruckte Merkblätter oder Broschüren (Düngerichtlinien) zu erwähnen. Grundsätzlich ist Beratung (Folge: Handeln mit Einsicht und Verständnis) besser als Polizei (Handeln unter Zwang).

Planen, Vorsehen

Darunter wird die relativ unverbindliche Steuerung einer sinnvollen Bodennutzung und die erste Stufe der eigentlichen Raumplanung (Rahmenpläne, Richtpläne o. ä.) verstanden. Im Gegensatz zum polizeilichen Reglementieren stützt man sich hier noch eher auf einsichtige Vernunft und Freiwilligkeit.

Sparen

Boden als unvermehrbares, qualitativ aber zerstörbares Gut muss äusserst schonend «verbraucht» werden. Auf der einen Seite ist seine Produktivität und Nutzung im weitesten Sinn zu optimieren (landwirtschaftliche Erträge, verdichtetes Bauen, Stadterneuerung u. a.). Auf der anderen Seite muss sich das Sparen auch auf die Konsumgewohnheiten jedes einzelnen (und damit die Belastung der Umwelt) beziehen (verlagern, ersetzen, verzichten). Je kleiner die Ansprüche des Menschen, desto weniger wird der Boden belastet.

Reglementieren

Bodenschutz kann quantitativ und qualitativ reglementiert werden in Form von Gesetzen, Verordnungen und Plänen. Durch solche Vorschriften kann der Boden direkt (Raumplanungsgesetz, Verordnung über Schadstoffe im Boden u. a.) oder indirekt (Luftreinhalteverordnung u. a.) geschützt weden. Abgesehen von den Vollzugsproblemen solcher Gesetze und Vorschriften taucht auch die Schwierigkeit auf, Bodenqualität zu quantifizieren. Eine konkrete Frage lautet z. B., wie man die Fruchtbarkeit eines Bodens feststellen und messen kann. Es sei nur angetönt, dass ein schadstoffarmer und gar -freier Boden nicht unbedingt fruchtbar sein muss. Damit wird die Fragwürdigkeit von isolierten Richt- oder Grenzwerten sichtbar.

Behandeln

Darunter fallen Massnahmen der Bodenbewirtschaftung, der Bautechnik und von Reinigungsverfahren. Dieser eher technische Bodenschutz beginnt bei den bodenschonenden Bewirtschaftungsmethoden der Landwirte und endet bei extremen, z. T.futuristisch anmutenden Verfahrenstechniken wie der «Bodenwäsche» oder gar dem teilweisen Austausch des Bodens. Eine Übersicht dieser Methoden gibt der folgende Abschnitt.

Technische Massnahmen

Wie erwähnt umfasst der Bodenschutz Massnahmen von der Vorbeugung bis zur Sanierung. Die meisten der technischen Massnahmen betreffen die Sanierungen im weiteren Sinn. Man kann unterscheiden zwischen:

- präventiven Massnahmen (z. B. bodenpflegende Bewirtschaftung)
- meliorativen Massnahmen:
  therapeutisch (z. B. kulturtechnische Bodenmeliorationen)
  intensivmeliorativ (z. B. chemische Verfahrenstechniken)
- transplantierenden Massnahmen (z. B. Austausch des Oberbodens)

Die konkret ins Auge zu fassenden Massnahmen sind materiell abhängig vor allem von drei Kriterien:

- Art der Schädigung
- Gefährdung der weiteren Umwelt
- zukünftig gewünschte Bodennutzung.

Vor allem bei der Beeinträchtigung durch Schadstoffe geht man bei den Sanierungsmassnahmen von den vier Funktionen des Bodens aus als:

- Leiter; gewisse Stoffe werden unter bestimmten Umständen vor allem mit dem Wasser durch den Boden hindurch transportiert)
- Filter; suspendierte Partikel werden z. T. mechanisch gebunden
- Puffer; gasförmige und vor allem gelöste Stoffe werden absorbiert und z. T. immobilisiert
- Transformator (verschiedene Stoffe werden mikrobiell umgewandelt und abgebaut.

Das weite Feld der (relativ) technischen Massnahmen können beim umfassenden Bodenschutz in vier Gruppen geteilt werden: Landwirtschaftliche Bodenpflege, kulturtechnische Bodenmeliorationen, wasserbauliche Massnahmen, Bodendekontaminationen.

Landwirtschaftliche Bodenpflege

- Angepasste Bodenbearbeitung (Doppelbereifung, kein Befahren bei Nässe usw.)
- Optimierter (und z. T. minimierter) Düngereinsatz (inkl. Klärschlamm und Hofdünger)
- Bodenschonende und -regenerierende Fruchtfolgen (inkl. Gründüngung u. a.).

Kulturtechnische Bodenmeliorationen

- Urbarisierungen
- Entwässerungen
- Bewässerungen
- Tieflockerungen
- Tiefpflügen
- Besanden
- Meliorationsdüngungen
- Erosionsschutz (flächenförmig)
- Kombinationen (z. B. Rekultivierungen)

Wasserbauliche Massnahmen

- Erosionsschutz (linienförmig)
- Hochwasserschutz (Wildbachverbauung, Flussbau)

Bodendekontaminationen

Hier kann man unterscheiden zwischen Massnahmen in site (an Ort, Boden bleibt quantitativ wie und wo er ist) und on site (Boden wird teilweise ausgebaut und extern behandelt):

In site:
- Abdichtungen
- Verfestigungen
- Immobilisierung (Reduktion der Löslichkeit) der Schadstoffe
- Extraktionen

- Absaugen (vor allem von leicht flüchtigen Stoffen durch Vakuum)
- Biologischer Abbau:
  - Förderung vorhandener Mikroben
  - Zufügen von fremden Mikroben
- Entzug durch «schadstoffliebende» Pflanzen

On site:
- Deponie (direkt)
- Deponie nach Verfestigung
- Deponie mit Abdichtung
- Fixieren der Schadstoffe (Bindemittel)
- Extraktion
- Hydraulische Massnahmen (auspressen)
- Auswaschungen (evtl. Wasser unter Druck)
- Thermische Behandlung (leichtflüchtige Stoffe)
- Biologischer Abbau (Mikrobielle Reinigung mit selektierten und adaptierten Mikroben mit dem Prinzip eines Bioreaktors)

Die meisten der aufgeführten Verfahren der Bodendekontaminationen existieren verfahrenstechnisch erst in Ansätzen, Pilotprojekten oder gar nur als Ideen. Auch wenn die Liste eine recht reichhaltige Palette von Möglichkeiten aufzeigt, darf sie nicht vortäuschen, dass man die Probleme der Bodenreinigung in Zukunft im Griff hat. Hier liegt noch ein weites, unbearbeitetes Feld von praxisbezogener Forschung und möglichen Verfahrenstechniken.

Zur paktischen Verwirklichung des umfassenden Bodenschutzes

Das quantitative «Bodenbewusstsein» ist schon – auch wenn in den Auswirkungen nicht sehr erfolgreich – um einige Jahre älter als das qualitative. Dieses wurde spätestens mit der Erkenntnis des Waldsterbens ausgelöst oder stark gefördert. Daraus erwuchsen das Nationale Forschungsprogramm Boden und andere positive Aktivitäten in Richtung umfassendem Bodenschutz. Langfristig vielleicht die nachhaltigsten Wirkungen wird der Erlass der Verordnung über Schadstoffe im Boden (VSBo) 1986 haben, obschon dieses Papier nur auf einen engen – wenn auch aktuell brennenden – Bereich des chemischen Bodenschutzes ausgerichtet ist. In der VSBo wird aber implizit von den Kantonen verlangt, dass sie Stellen bestimmen, bezw. neu schaffen, die sich mit dem Bodenschutz befassen. Dies ist in der Zwischenzeit bereits in einigen Kantonen geschehen. Diese Fachstellen, Umweltschutz- und anderen Ämter bauen nun ihre kantonalen Beobachtungsnetze in Zusammenarbeit mit dem Bund auf und fühlen täglich den Puls der Bodenprobleme in der Schweiz. Dadurch und vor allem gestützt auf die bald zur Verfügung stehenden Messdaten dürfte in naher Zukunft im Bodenschutz noch einiges mehr ausgelöst werden, als dies in der VSBo vorgesehen ist.

Dabei wird nicht nur eine interdisziplinäre Zusammenarbeit verschiedener Berufsgruppen nötig sein, sondern die Koordination zwischen Bodenbewirtschaftern im weitesten Sinn, Politikern auf allen Ebenen, Verwaltung und Forschung dürfte für die Umsetzung und den Vollzug eines wirkungsvollen, umfassenden Bodenschutzes von ausschlaggebender Bedeutung werden.

Auf der Ausbildungsseite zeichnen sich ermutigende Tendenzen ab (Studien der Umweltwissenschaften und des Umweltingenieurs an der ETH in Zürich u. a.), die bis zu den untersten Stufen reichen (Umwelterziehung in der Primarschule), und dies aber auch tun müssen. Denn Bodenschutz, Luftreinhaltung, eine Stoffverordnung oder Abfallkonzepte sind zwar gut, sie werden aber bedeutend besser und sicher erst dann voll wirksam, wenn eine in der breitesten Bevölkerung abgestützte, geänderte, menschliche Mentalität dahintersteht. Umfassender Bodenschutz beginnt bei jedem einzelnen, wenn er sich bewusst wird, dass er mit praktisch allen seinen Aktivitäten, Bedürfnissen und – oft unnötigen? – Wünschen Boden beansprucht, braucht, verschmutzt und verbraucht.

Adresse des Verfassers: Dr. *F. Zollinger*, dipl. Kulturing. ETH, Fachstelle für Bodenschutz, Walchetor, 8090 Zürich.

Schadstoffe im Boden

Unter Schadstoffen werden nachfolgend natürliche oder künstliche Stoffe verstanden, welche die Fruchtbarkeit des Bodens beeinträchtigen können. Dazu gehören namentlich Schwermetalle (Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Zink etc.) und organische Schadstoffe (bspw. chlorierte Kohlenwasserstoffe). Diese Stoffe sind nicht oder nur schwer abbaubar und reichern sich somit im Boden an. Ein einmal verschmutzter Boden kann – im Gegensatz zu Luft und Wasser – nicht mehr gereinigt weden.

Hauptursachen der Schadstoffbelastung

VON H. HÄNI, LIEBEFELD

Umverteilungen sind bei den natürlich vorkommenden Schwermetallen der Grund für ihre Anreicherungen am Ort der Verarbeitung: Aus konzentrierten Lagerstätten werden die Erze, aus denen Werk- und Wirkstoffe gewonnen werden, entnommen. Bild 1 zeigt, dass die globale Produktion des Cadmiums seit 1920 stark zugenommen hat, was mit einer gewissen Verzögerung zu Gehaltszunahmen im Gletschereis (als Indikator der globalen Belastung) und im Sediment des Greifensees (als Indikator einer regionalen Belastung) geführt hat. Aus dem Anstieg der Cadmiumgehalte im Weizenkorn erkennt man, dass auch die Pflanzen auf die erhöhte Belastung reagieren (*Brunner* und *Baccini*, 1981).

Die Schadstoffe gelangen aus der *Luft* oder durch die *Bewirtschaftung* in den Boden. Für den Eintrag aus der Atmosphäre sind vor allem metallverarbeitende Betriebe, Industrie- und Hausfeuerungen, Kehrichtverbrennungsanlagen (chlorierte Kohlenwasserstoffe, Schwermetalle) sowie der Kraftfahrzeugverkehr (Blei) verantwortlich. Bei der Bewirtschaftung steht die Anwendung von Hof- (Zink, Kupfer) und Handelsdüngern (Cadmium, Chrom, Vanadium), Klärschlamm und Müllkompost (Schwermetalle, organische Schadstoffe) sowie Pestiziden (bspw. Kupfer im Rebbau) im Vordergrund.

Tabelle 1 enthält grobe Schätzungen des mittleren jährlichen Eintrages von Cadmium aus den verschiedenen Quellen in die landwirtschaftlich genutzten Böden der Schweiz (Bundesamt für Umweltschutz, 1984).

Tabelle 1. Jährlicher mittlerer Eintrag von Cadmium in die landwirtschaftlich genutzten Böden der Schweiz

Eintrag aus	*g/ha·a*
Atmosphäre	4
Hofdünger	2
Handelsdünger	2
Klärschlamm	1,7
Müllkompost	0,5