

# Funktionen der Böden im Landschaftshaushalt

Karl AUERSWALD

## 1. Einleitung

Naturschutz, z.B. der Artenschutz, bedeutet in weiten Teilen einen Schutz der Natur um ihrer selbst willen. Bodenschutz als Teil eines umfassenden Naturschutzes wird dagegen als Funktionsschutz verstanden, d.h. die Böden sollten ihre Funktion für Mensch und Natur dauerhaft erfüllen. Dies setzt voraus, daß die Funktionen der Böden für den Naturhaushalt wie für den Menschen bekannt sein müssen. Darüber soll hier ein Überblick gegeben werden. Dieser Funktionsschutz bedeutet aber auch, daß ein Mißachten des Bodenschutzes ernste Folgen für Mensch und Natur nach sich zieht, da dann die Leistung der Böden verringert wird. Umso wichtiger ist daher ein Verständnis dieser Bodenfunktionen.

Wesentlich für die Funktion der Böden im Naturhaushalt ist, daß die Böden durch Stoffflüsse (z.B. Nährstoffe, Wasser) und durch Energieflüsse (z.B. Erwärmung bei Sonneneinstrahlung und Wärmeabgabe über Nacht) eng untereinander und mit anderen Bereichen der Natur verknüpft sind (Abb. 1). Dadurch steuern sie den Naturhaushalt maßgeblich, während Organismen, die häufig zur Charakterisierung von Ausschnitten der Natur verwendet werden, z.B. in der Pflanzensoziologie, auf die Böden nur reagieren, sie aber nicht über ein boden- und standortstypisches Maß hinaus verändern. Die Böden bestimmen und charakterisieren damit in besonderer Weise das Potential eines Standortes.

## 2. Böden im Naturhaushalt

### 2.1. Verknüpfung der Böden

Böden bilden die sogenannte Pedosphäre (Abb. 1); diese ist eng mit den anderen Sphären verknüpft, wird von ihnen beeinflußt und beeinflußt selbst die anderen Sphären: Die Böden enthalten luftgefüllte Poren, die mit der Atmosphäre in Verbindung stehen ebenso wie wassergefüllte Poren, die mit der Hydrosphäre kommunizieren. So gelangt Sickerwasser ins Grundwasser, und Grundwasser kann andererseits in die Böden durch Kapillarkräfte aufsteigen. Die Böden entstehen durch Verwitterung aus den Gesteinen der Lithosphäre. Die Biosphäre steuert mit der abgestorbenen Biomasse ebenfalls zu den Böden bei. Gleichzeitig stellen die Böden einen wichtigen Lebensraum für die Biosphäre dar, da sie mehr Organismen hinsichtlich Menge (Gewicht) und Ar-

tenvielfalt beherbergen, als alle oberirdischen biologischen Systeme zusammen.

Böden sind nicht nur mit den anderen Sphären sondern auch untereinander durch Stofftransporte verknüpft. Dadurch gelangt z.B. Kalk, der aus kalkhaltigen Böden in höheren Landschaftsteilen ausgewaschen wird, in die Auen und fällt dort als sogenannter Almkalk wieder aus. Wie vielfältig die Stoffflüsse zwischen Böden sein können, wird aus Abbildung 2 deutlich, die einen kleinen Landschaftsausschnitt, den Nordabhang des Hesselberges, zeigt. Durch diese Stoffflüsse zwischen den Böden des Hesselberges werden die großen Gegensätze, die durch seine unterschiedlichen Ausgangsgesteine bedingt sind, abgemildert. Ohne dies wäre etwa eine landwirtschaftliche Nutzung am Hesselberg kaum vorstellbar, und auch eine natürliche Vegetation hätte mit extremen Bedingungen (z.B. weitgehend nährstofffreie Sande oder extrem saure Tone) zu kämpfen.

Die Böden des Hesselberges wie auch die Vegetation und Nutzung lassen sich daher nur verstehen, wenn man die vielfältigen Stoffflüsse zwischen benachbarten Böden begreift. Der Schutz einzelner Biotopbeispiele ist daher fragwürdig, da die Böden und damit die Biozönosen dieser Biotopbeispiele entscheidend von Prozessen abhängen, deren Ausgangspunkt mehr als einen Kilometer weit entfernt liegen kann. Der gegenwärtig überwiegend praktizierte punktuelle Naturschutz wird damit dem Wesen der Böden und ihrer Vernetzung mit dem Naturhaushalt nicht gerecht. Durch diese Vernetzungen können die beabsichtigten positiven Wirkungen an einem Ort zu dramatischen Schäden in großer Entfernung führen. Extremes Beispiel ist die Anlage einer Totholzschüttung ("Benjes-Hecke"), um das Arteninventar einer Agrarlandschaft zu bereichern, was u.a. starke Grabenerosion auslöste, die aber erst in mehreren hundert Metern Entfernung vom Ort des Eingriffs auftrat (AUERSWALD ET AL. 1995). Ein anderes Beispiel wäre die Eutrophierung von Oberflächengewässern, wenn nährstoffreicher Oberboden durch Erosion aus Ackerflächen in die z.T. weit entfernt liegenden Gewässer eingetragen wird.

Durch diese Verknüpfungen beeinflussen die Böden den Naturhaushalt. Dadurch verändern sich gleichzeitig die Böden. Die meisten dieser Veränderungen sind reversibel, z.B. die Befeuchtung bei Regen und die darauffolgende Wasserabgabe an die Biosphäre (Pflanzentranspiration), Atmosphäre (Bodenevaporation) und Hydrosphäre (Versickerung). Die Veränderungen können aber auch dauerhaft sein, wie

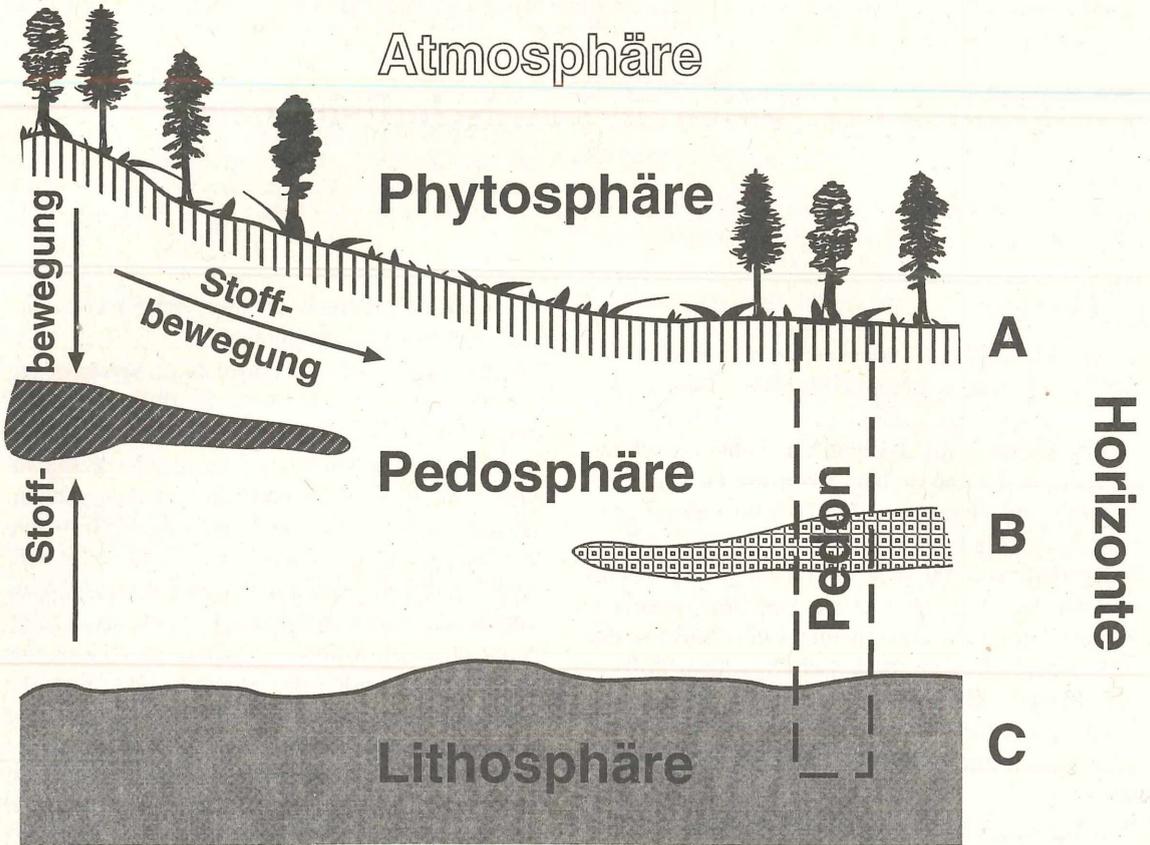


Abbildung 1

Die Böden sind untereinander und mit ihrer biotischen und abiotischen Umwelt durch Stoff-, Energie- und Informationsflüsse verknüpft.

z.B. die Verwitterung von Silikaten. Dadurch entwickeln sich Böden weiter. Die natürlichen Prozesse, die zu dauerhaften Veränderungen führen, laufen sehr langsam ab. Beispielsweise dauert es  $10^4$  Jahre, bis ein 1-mm großer Calcium-Feldspat sich durch chemische Verwitterung auflöst. Entsprechend langsam vollzieht sich die Entwicklung der Böden. Auf Lockergesteinen wie dem Löß geht es schneller als auf Festgesteinen, bei denen neben der chemischen Verwitterung auch noch eine physikalische Lockerung durch Frostsprengung, Temperatursprengung, Pflanzenwurzeln etc. notwendig ist. Sehr häufig liegt die Verwitterungsrate in der Größenordnung von 0,1mm/Jahr, d.h. in ca. 100 Jahren entsteht aus Gestein 1 cm Boden (vgl. Abb. 3).

## 2.2 Bodenfunktionen

### Transformatorfunktion

Böden sind ein Transformator für Energie und für viele Stoffe. Die Sonnenenergie wird von der Bodenfläche resorbiert, in Wärme umgesetzt und erwärmt so die Atmosphäre. Ein Teil der Energie führt zur Verdunstung und gelangt als Wasserdampf (=latente Wärme) in die Atmosphäre. Diese Energie wird bei Kondensation zu (Regen-)Tropfen wieder frei und führt zu einer Erwärmung. Durch diesen

Zustandswechsel der Energieform wird die Energie auch transportierbar, kann von tropischen Breiten mit hoher Sonneneinstrahlung als Wasserdampf in die gemäßigten Breiten transportiert werden und erhöht dort die Temperaturen gegenüber denen, die allein auf Grund der Sonneneinstrahlung zu erwarten wären.

Die Energie kann aber auch in chemische Energie umgewandelt werden, beim Aufbau energiereicher Verbindungen, vor allem in Form von organischer Substanz. Die darin gespeicherte Energie wird bei der Zersetzung der organischen Substanz wieder in Wärme umgesetzt.

Noch wesentlich vielfältiger sind die Stoffumwandlungen in Böden. Eine Vielzahl abiotischer Umwandlungsprozesse laufen in ihm ab und ebenso viele biotische. Der Boden ist daher zurecht als Bioreaktor bezeichnet worden. Wie groß z.B. die biotische Umsatzleistung ist, kann man daran ermessen, daß die Biomasse, die jährlich von den Pflanzen aufgebaut wird, im wesentlichen in den Böden wieder abgebaut sind, solange das Ökosystem sich im Fließgleichgewicht befindet. Da z.B. in Ackerökosystemen jährlich in der Größenordnung von  $2 \text{ kg/m}^2$  Biomasse aufgebaut wird, wird ebensoviel auch wieder im Boden veratmet und damit die Nährstoff- und Kohlenstoffkreisläufe geschlossen.

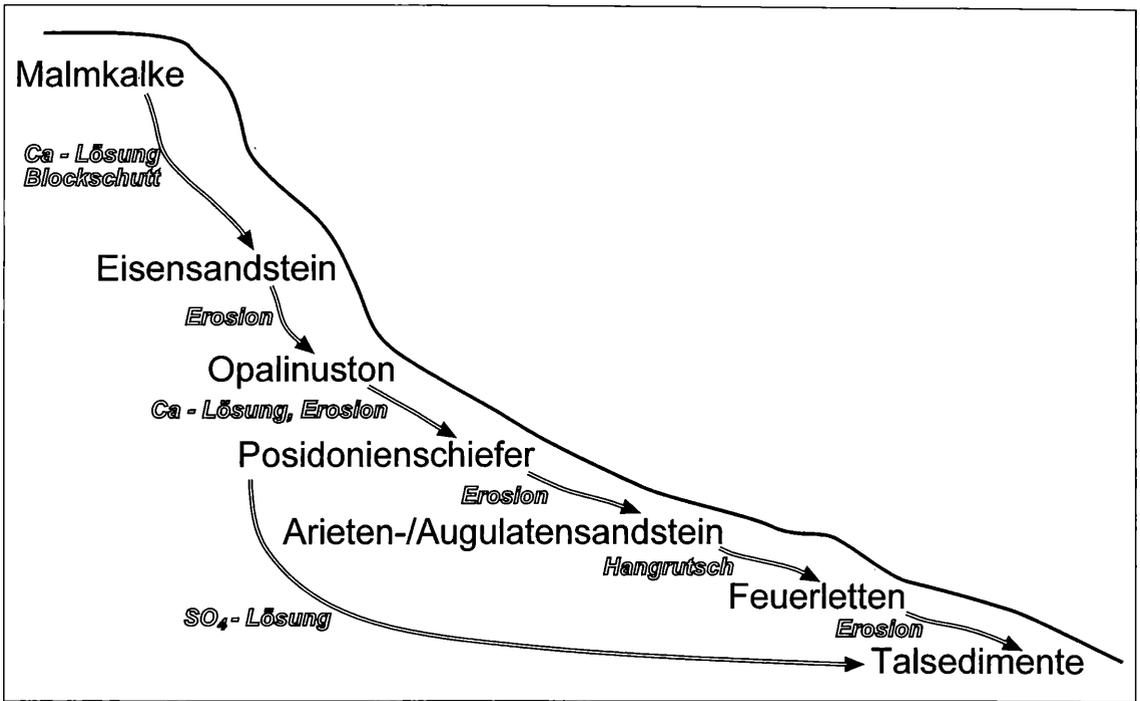


Abbildung 2

Verknüpfung der Böden auf unterschiedlichen Gesteinen des Hesselberges (Bayern) durch Stofftransporte in und auf den Böden (nach AUERSWALD ET AL. 1992).

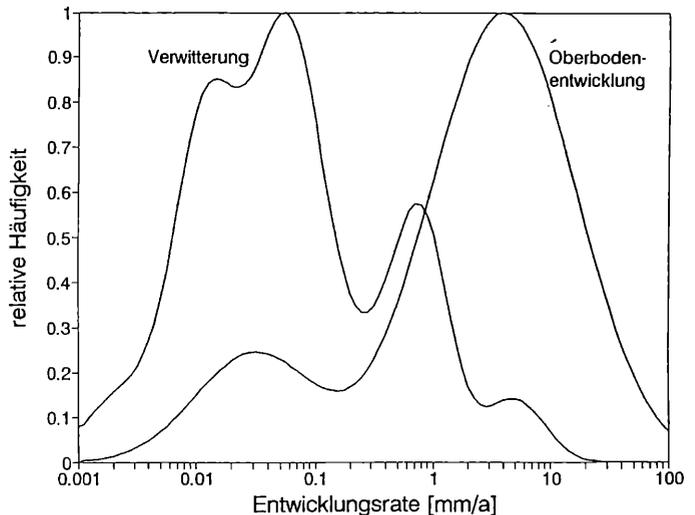


Abbildung 3

Die Verwitterung variiert durch die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen über einen weiten Bereich, ist aber in jedem Fall sehr langsam. Die Bildung von Oberboden, d.h. die Bildung von Humus aus abgestorbener Biomasse, geht demgegenüber wesentlich schneller (aus AUERSWALD ET AL. 1990).

Neben den natürlichen organischen Stoffen, die der Boden abbaut, ist er auch der wesentliche Entsorger für die Vielzahl der Industrieorganika, die wir heute herstellen. Diese Industrieorganika werden entweder bewußt auf die Böden aufgebracht, wie z.B. Pflanzenschutzmittel, oder sie kommen als diffuse Einträge über die Atmosphäre in die Böden, oder der Boden wird gezielt zur Entsorgung genutzt, z.B. indem diese Stoffe als Müllklärschlammkompost großflächig verteilt werden oder indem sie punktuell in Form von Deponien abgelagert werden.

**Speicherfunktion**

Die Böden beeinflussen durch ihre Fähigkeit der reversiblen Speicherung (=Pufferung) wesentlich

den Energiehaushalt, den Wasser- und den Nährstoffhaushalt von Ökosystemen. Sie gleichen damit Extreme aus und führen dazu, daß die Stoffe (z.B. Wasser oder Nährstoffe) in den Zeiten des Bedarfs den Pflanzen zur Verfügung stehen, weil sie in den Zeiten des Überflusses (z.B. bei Regenfällen oder wenn die Nährstoffe durch Mineralisation der organischen Substanz im Herbst freigesetzt werden) nicht verloren gehen.

Die Energie kann wiederum als thermische oder als chemische Energie gespeichert werden. Durch die thermische Speicherung werden sowohl die Tag-Nacht-Schwankungen als auch die jahreszeitlichen Schwankungen wesentlich abgemildert. Dies wird daran deutlich, daß diese Schwankungen dort größer

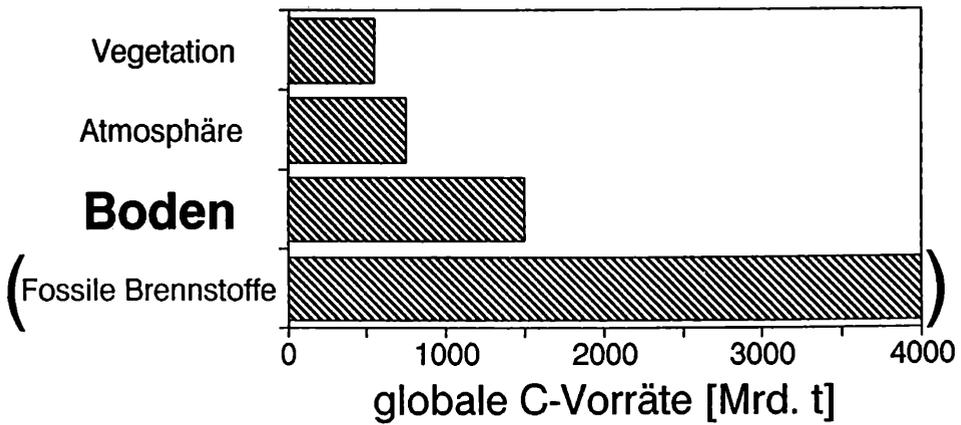


Abbildung 4

Globale Kohlenstoffvorräte (ohne Gewässer und Gesteine).

	Gesamtgewicht (g)	Anzahl (Größenordnung)
<b>Größere Kleintiere:</b>		
Regenwürmer	40	$10^2$
Vielfüßler	4	$10^2$
Borstenwürmer	2	$10^4$
Käfer und Larven	2	$10^2$
Schnecken	1	$10^1$
Zweiflüglerlarven	1	$10^2$
Asseln	0,5	$10^1$
Spinnen	0,2	$10^1$
übrige Kerbtiere	1	$10^2$
<b>Kleintiere:</b>		
Fadenwürmer	1	$10^6$
Milben	1	$10^5$
Springschwänze	0,	$10^5$
Rädertiere	0,01	$10^4$
<b>tierische Mikroorganismen:</b>		
Wimpertierchen		$10^6$
Wurzelfüßler		$10^{11}$
Geißeltierchen		$10^{12}$

Tabelle 1

Beispiel für die Menge an Tieren, die den Boden eines Quadratmeters bevölkern.

sind, wo nur wenig Boden vorhanden ist, z.B. im Hochgebirge oder in Wüsten, oder wo die Böden stark geschädigt wurden, z.B. in Städten. Chemisch wird die Energie vor allem als organische Substanz gespeichert. Der größte Teil der Kohlenstoffvorräte terrestrischer Systeme ist deswegen nicht in der Vegetation oder in der Atmosphäre gespeichert, sondern in den Böden (vgl. Abb. 4).

Die Speicherfähigkeit für Wasser beruht darauf, daß die Böden zu ca. 50% aus Poren bestehen. Etwa ein Drittel davon ist fast immer luftgefüllt, ein Drittel fast immer wassergefüllt ("Totwasser"), das restliche Drittel aber kann Wasser in pflanzennutzbarer Form speichern. Die Poren sind klein genug, um das Wasser gegen die Schwerkraft zu halten und damit vor einer Absickerung bewahren zu können. Sie sind aber noch groß genug, damit Pflanzenwurzeln dieses Wasser entziehen können.

Neben den schon erwähnten Nährstoffen speichern Böden auch Schadstoffe, z.B. Schwermetalle. Daran wird die Ambivalenz der Bodenfunktionen besonders deutlich. Durch diese Speicherung verhindern sie nämlich eine Verlagerung der Schwermetalle mit dem Sickerwasser und schützen damit das Grundwasser vor einer Kontamination. Da dadurch aber die Schwermetalle im Boden sich anreichern können, können sie von Pflanzen aufgenommen werden und gelangen möglicherweise in die Nahrungskette.

#### Lebensraumfunktion

Böden stellen den Wurzelraum für Pflanzen dar. Sie sind aber auch von einer Vielzahl von Bodentieren belebt, die die Anzahl der Tiere über der Oberfläche um viele Größenordnungen übersteigt (Tabelle 1).



Abbildung 5

Die Böden haben vielfältige Funktionen, die sich ergänzen, die aber auch miteinander in Konkurrenz stehen.

Noch größer ist die Zahl der Individuen der Mikroflora aus Bakterien ( $10^{14} \text{ m}^{-2}$ ), Strahlenpilzen ( $10^{13} \text{ m}^{-2}$ ), Pilzen ( $10^{11} \text{ m}^{-2}$ ) und Algen ( $10^8 \text{ m}^{-2}$ ) (DUNGER 1983). Diese Organismen, die zum großen Teil noch unbekannt sind, haben mannigfaltige Beziehungen untereinander. Vor allem aber sind sie für die biotischen Umsetzungen im Boden verantwortlich.

#### Archivfunktion

Damit stellen Böden auch eine wichtige Genreserve dar, aus der heute zahlreiche Organismen, insbesondere Bakterien, Aktinomyzeten und Pilze isoliert werden und für biotechnologische und weitere Zwecke industriell eingesetzt werden. Beispielsweise werden die Resistenzgene gegen Herbizide, die heute gentechnisch in Kulturpflanzen eingebaut werden, um die Unkrautbekämpfung zu vereinfachen,

auch aus Bodenorganismen gewonnen (VAN DEN DAELE ET AL. 1996).

Die Böden stellen damit ein Archiv mit Informationen dar. Dies gilt auch für andere als genetische Informationen. Da die Böden bei uns das Produkt einer ca. 10-15.000 Jahre andauernden Entwicklung sind, tragen sie auch die Informationen über diese Entwicklung in sich. Beispielsweise stammt unsere Kenntnis, daß Teile Deutschlands mehrfach in den Eiszeiten vereist waren, wann dies war, welche Bedingungen damals herrschten, im wesentlichen aus dem Archiv Boden. Ebenso haben die Aktivitäten des Menschen ihre Spuren in den Böden hinterlassen und können nun genutzt werden, um die Kulturgeschichte des Menschen zu rekonstruieren.

Damit leitet die Archivfunktion bereits über von den Funktionen der Böden im Naturhaushalt zu den Nutzfunktionen für den Menschen.

### 3. Funktionen der Böden für den Menschen

Neben den Funktionen im Naturhaushalt nutzt auch der Mensch die Böden. Da diese Funktionen mit den Funktionen im Naturhaushalt z.T. konkurrieren, ist die Gefährdung mancher Funktionen im Naturhaushalt nur zu verstehen, wenn man auch die Funktionen für den Menschen betrachtet (vgl. auch Abb. 5).

#### Produktionsfunktion

Böden sind notwendig, um Nahrungsmittel und nachwachsende Rohstoffe zu erzeugen. Ihre Produktivität ist die entscheidende Grundlage für Land- und Forstwirtschaft. Diese Produktionsfunktion war daher über Jahrtausende die wichtigste Funktion der Böden für den Menschen, und sie ist es auch heute noch in weiten Teilen der Welt. Der Mensch hat daher eine Vielzahl von Methoden von der Bodenbearbeitung über die Düngung bis zur Be- und Entwässerung entwickelt, um diese Funktion zu fördern. Der geballte Einsatz dieser Techniken, der bei uns heute möglich ist, hat aber zur Folge, daß konkurrierende Bodenfunktionen schlechter erfüllt werden. Die weitgehende Egalisierung der Böden durch Düngung und Kalkung auf hohem Niveau hat beispielsweise dazu geführt, daß Sonderstandorte, an denen säureliebende oder konkurrenzschwache Arten überleben können, weitgehend verschwunden sind.

#### Rohstofffunktion

Böden liefern eine große Zahl an Rohstoffen, z.B. Lehm für die Ziegelherstellung, Torf, Sand. Der Verbrauch an diesen Rohstoffen ist enorm (Abb. 6). Er zerstört Böden vollständig, die dann ihre vielfältigen anderen Funktionen nicht mehr wahrnehmen können. Die Nutzung der Rohstofffunktion erfüllt damit nicht die Forderung, daß die Nutzung des Bodens zukünftige Nutzungen nicht beeinträchtigen oder gar verhindern darf. Der Schutz, den diese Funktionen in verschiedenen rechtlichen Regelungen genießt, dient daher nur aktuellen wirtschaftlichen Interessen, schützt aber weder die Böden noch ihre vielen Funktionen und verschlechtert die wirtschaftlichen Entfaltungsmöglichkeiten zukünftiger Generationen.

#### Standortfunktion

Die Böden stellen auch den Standort für Siedlung, Industrie und Infrastruktur dar. Diese Funktion wird häufig in einem Atemzug mit den anderen Bodenfunktionen genannt, obwohl sie eigentlich mit dem Boden nichts zu tun hat, denn selbst wenn der Boden vollständig zerstört ist, so bleibt die Fläche dennoch erhalten.

Wenn die Überbauung von Böden häufig und selbst von naturschutzkompetenter Seite als Flächenverbrauch oder Landverbrauch bezeichnet wird (LOSCH 1997), so ist dies falsch und verharmlosend. Fläche läßt sich nicht verbrauchen - der Boden schon. In der Schweiz sind 85% aller vollständigen Bodenzerstörungen auf Straßenbau und Siedlung zurückzuführen (HÄBERLI 1997). In Deutschland wird

erwartet, daß durch Bebauung bis zum Jahr 2010 *täglich* auf 100-120ha die Böden geschädigt oder zerstört werden (LOSCH 1997).

Wir müssen uns klar machen, daß die juristische Floskel "Grund und Boden" zwei Komponenten enthält:

Zum einen den Grund, der nicht zerstörbar ist und der einen Preis hat, für den wir ihn erwerben können, und zum anderen den Boden, der geschädigt werden kann und dessen Funktionen für den Naturhaushalt und für den Menschen nicht ersetzt werden können, der daher unbezahlbar ist. Er kommt daher in wirtschaftlichen Betrachtungen nicht vor, und Ökonomen gingen lange Zeit von der falschen, nur für den Grund geltenden Vorstellung der Unzerstörbarkeit von Grund und Boden aus, weswegen sie den Boden in ihren Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ausgeklammert haben. Solche ökonomischen Betrachtungen führen zu völlig falschen Ergebnissen.

### 4. Probleme eines Funktionsschutzes

#### 4.1 Zielkonflikte

Die Vielfalt der Funktionen der Böden bedingt, daß nicht alle gleichzeitig optimal sein können. Sogar bei einer Funktion läßt sich ein Optimum nicht eindeutig festlegen, sondern es hängt von der Zielvorstellung ab. Für eine hohe landwirtschaftliche Produktion sind nährstoffreiche, eutrophe Böden vorteilhaft. Daher wurden landwirtschaftlichen Böden in der Vergangenheit Nährstoffe in großer Menge über Mineraldünger zugeführt. Dadurch verschwanden aber immer mehr Standorte, an denen Pflanzen mit geringen Nährstoffansprüchen konkurrenzfähig sind. Um diesen Pflanzen mehr Lebensraum zu geben, müßten daher Böden abgemagert werden. Zwischen der Optimierung der landwirtschaftlichen Produktion und der Lebensraumfunktion besteht daher ein Zielkonflikt, da nicht beide gleichzeitig optimal sein können. Die Breite der Ansprüche an Böden bedingt, daß es viele solche Zielkonflikte gibt.

Ein paar Beispiele:

- Die Nährstoffanreicherung landwirtschaftlicher Böden vermindert ihre Schutzfunktion für Gewässer, da vermehrt Nitrat ins Grundwasser ausgewaschen werden kann und nährstoffreicher Oberboden durch Erosion in Oberflächengewässer gelangt und sie eutrophieren kann. Die Fähigkeit der Böden, Schadstoffe wie Schwermetalle zurückzuhalten schützt das Grundwasser. Dadurch bleiben diese Schadstoffe aber im Wurzelraum und können statt über das Trinkwasser über die Nahrungskette zum Menschen gelangen.

Gerade durch die vielfache Verzahnung der Böden mit dem Naturhaushalt kann daher die Schädigung oder Übernutzung einer Bodenfunktion auch zu ernsthaften Störungen anderer Kompartimente der

## Pro-Kopf-Verbrauch in der BRD bei 70 Jahren Lebenserwartung

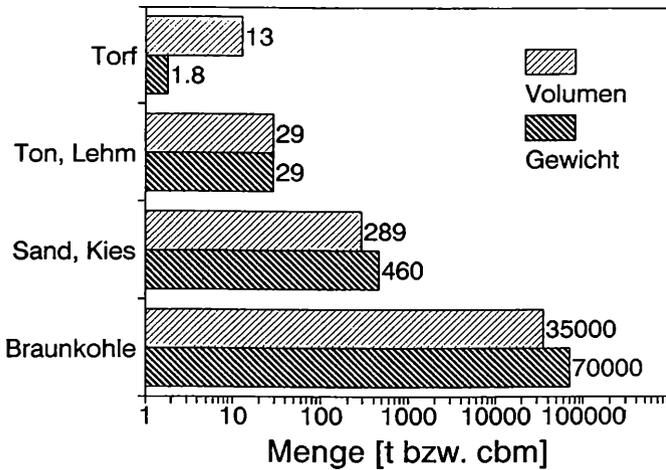


Abbildung 6

Pro-Kopf-Verbrauch von Rohstoffen, die aus Böden stammen.

Natur führen, z.B. zur Eutrophierung der Gewässer. Es ist daher notwendig, zwischen den verschiedenen Zielen abzuwägen. Dieser Planungsprozeß setzt voraus, daß nicht einseitig eine Funktion gefördert wird, sondern auch die anderen Funktionen der Böden bekannt sind und in den Abwägungsprozeß miteinbezogen werden. Dies setzt ein ökosystemares Denken voraus.

### 4.2 Wieviel Funktion ist notwendig?

Die Übernutzung einer Funktion vergrößert die Gefahr, daß andere Funktionen geschädigt werden. Daher ist es notwendig zu wissen, welche Mindestleistung die Böden erbringen sollen. Böden soweit aufzudüngen, daß sie sicher in dem Bereich sind, in dem kein Nährstoffmangel für landwirtschaftliche Pflanzen auftritt, erhöht die Gefahr, daß es zu Schädigungen der Hydrosphäre kommt. Auch wenn an einem Standort die landwirtschaftliche Produktion im Vordergrund steht, sollten höchstens so viele Nährstoffe zugeführt werden, daß sie gerade nicht mehr limitierend sind. Eine solche genaue Steuerung setzt eine genaue Kenntnis voraus. Wir müssen also z.B. die Pufferfähigkeit der Böden für Nährstoffe kennen. So lange wir die Böden in dem Bereich halten, in dem sowohl eine Nährstoffaufnahme wie eine -abgabe möglich sind, sind weniger Probleme zu erwarten, als wenn der Speicher durch Übernutzung entweder ganz aufgefüllt oder ganz entleert ist.

Die Frage, welche Funktion im Vordergrund steht, hängt stark von den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab. In Ländern mit Nahrungsmangel wird die landwirtschaftliche Produktion im Vordergrund stehen, während in industrialisierten Ländern mit ausreichendem Nahrungsangebot andere Bodenfunktionen an Bedeutung gewinnen. Hier mag es wichtig sein, trotz der Industrialisierung die natürliche Vielfalt zu erhalten. Nährstoffarme Böden hätten dann einen besonderen Wert. Da sich die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen auch in-

nerhalb eines Landes verändern, sind die Ansprüche an die Böden ebenfalls Veränderungen unterworfen. Es läßt sich jedoch generell sagen, daß die Nutzung einer Bodenfunktion andere Nutzungen in der Zukunft nicht ausschließen darf. Besonders problematisch sind daher Bodennutzungen, die zu einer Zerstörung der Böden führen oder den Boden stark verändern, da dies eine andere Nutzung der Böden in der Zukunft ausschließt. Dies gilt besonders für Abgrabungen der Böden, wie die Lehmgewinnung zur Ziegelherstellung oder den Torfabbau. Es gilt aber auch für die Überbauung der Böden oder für die Bodenerosion im Zuge der ackerbaulichen Nutzung, die die zukünftige Nutzung der Böden wesentlich und dauerhaft beeinträchtigen.

Aber selbst relativ moderate Veränderungen der Böden können wegen ihres auf der Pufferfähigkeit bestehenden "Langzeitgedächtnisses" nachfolgende Nutzungen wesentlich einschränken. So ist es bislang kaum möglich, die im Zuge der landwirtschaftlichen Nutzung stark mit Nährstoffen angereicherten Böden rasch und verträglich wieder abzumagern, um Standorte für Pflanzen mit geringen Nährstoffansprüchen zu schaffen. Das zu diesem Zweck teilweise praktizierte Abschieben des nährstoffreichen Oberbodens ist aus der Sicht des Bodenschutzes keinesfalls zu tolerieren, da es den Boden noch stärker schädigt und künftige Nutzungen beeinträchtigt.

Dieses Beispiel zeigt auch, daß unsere Fähigkeiten, die Bodenfunktionen zu optimieren, ganz unterschiedlich weit entwickelt sind. Wir haben ein reiches Instrumentarium, von der Bodenbearbeitung über die Be- und Entwässerung bis hin zur Düngung, um die Eignung der Böden für die Nahrungsmittelproduktion zu verbessern, da dieses Ziel seit dem Neolithikum verfolgt wird. Wir haben aber nur wenig Möglichkeiten entwickelt, um die Böden für andere Nutzungen im gleichen Maß zu optimieren, beispielsweise ihre Lebensraumfunktion oder ihre Transformationsleistung zu verbessern.

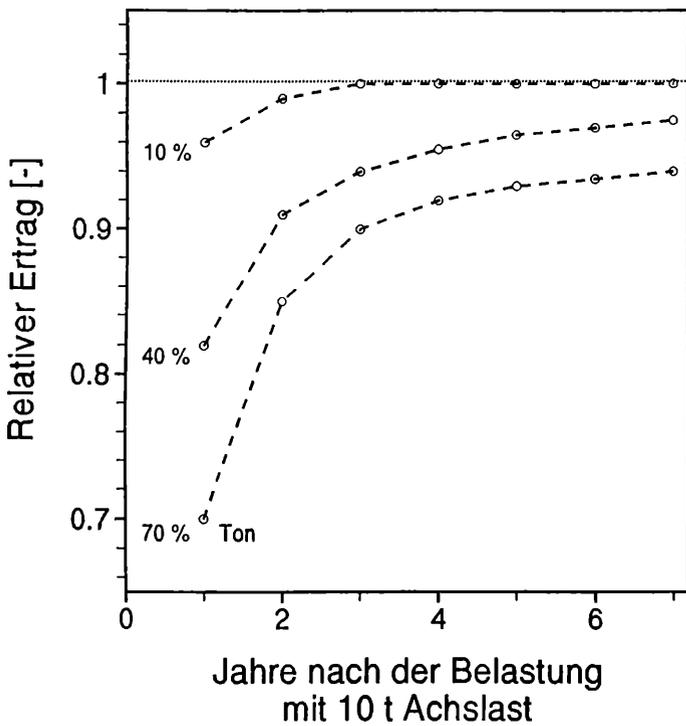


Abbildung 7

Regeneration der Ertragsfähigkeit von Standorten mit unterschiedlichem Tongehalt nach einer einmaligen Schadverdichtung durch Befahrung mit 10t Achslast (nach HÅKANSSON 1985, verändert).

## 5. Gefährdungen der Bodenfunktionen

### 5.1. Ursachen

Die Böden sind vielfältigen Gefährdungen ausgesetzt, die unterschiedlich wirken und daher schwer zu vergleichen sind. Dennoch läßt sich vielleicht folgende Reihenfolge der Bodengefährdungen unter mitteleuropäischen Bedingungen aufstellen: Überbauung und Abgrabung > Erosion > Stoffeinträge (Schwermetalle, Biozide, Säuren, Nährstoffe) > Gefügeverschlechterung > Humusabbau.

Überbauung und Abgrabung führen ebenso wie die Erosion zu einem Bodenverlust und schädigen dadurch besonders stark, da eine Regeneration nur in den für menschliches Empfinden nahezu unendlichen Zeiträumen der Bodenbildung (Abb. 8) möglich ist. Überbauung und Abgrabung schädigen dabei punktuell sehr stark während die Erosion großflächig wirkt, da sie auf nahezu allen Ackerflächen stattfindet. Das Ausmaß des Bodenverlustes liegt aber bei beiden Schädigungen in Mitteleuropa in der gleichen Größenordnung (AUERSWALD & SCHMIDT 1986; SCHAUB 1985).

### 5.2 Regeneration

Die Regeneration dieser Schäden dauert unterschiedlich lange. Wie lange hängt vom Schaden ab, von der geschädigten Bodenfunktion und vom Boden selbst:

- Schaden: Verlust an Bodensubstanz kann nur durch Bodenbildung rückgängig gemacht werden. Dies gilt für Erosion, Abgrabung und Überbauung. Der Verlust kann aber auch nur einzelne Bodenbestandteile betreffen, z.B. wenn durch Säureeintrag leicht verwitterbare Minerale aufge-

löst werden. Dadurch werden die Säuren neutralisiert und beispielsweise eine Gewässerversauerung verhindert; auf der anderen Seite aber ist der Preis eine nahezu irreversible Bodenveränderung.

Nach anderen Schädigungen, z.B. Verdichtungen (Abb. 7), regenerieren die Böden relativ schnell, d.h. innerhalb von Jahren bis Jahrzehnten. Dennoch können auch solche schnell regenerierbaren Schäden problematisch sein, dann nämlich, wenn die Schädigungen in kürzerer Folge auftreten als Zeit für die Regeneration zur Verfügung steht. Im modernen Getreideanbau wird die Ackerfläche ca. 10-15 mal befahren. Allein für die Aussaat werden ca. 90% der Fläche überrollt. Da die Schädigung mit so hoher Frequenz immer wieder erfolgt, wird davon ausgegangen, daß im Mittel Schadverdichtungen einen Ertragsverlust von 5-15% bewirken.

Bodenfunktion: Auch die verschiedenen Bodenfunktionen umspannen ein weites Feld an Regenerierbarkeit. Relativ gut bzw. schnell läßt sich die landwirtschaftliche Produktivität nach einer Schädigung wieder erlangen, da heute eine Vielzahl von Methoden zur Steigerung der Bodenproduktivität zur Verfügung stehen. Beispielsweise kann Düngung den Ertragsverlust verhindern, der durch Erosion des nährstoffreichen Oberbodens entsteht (Abb. 8). Genau betrachtet handelt es sich dabei allerdings nicht um eine Regeneration sondern um eine Maskierung des Schadens, da bei nicht erodiertem Boden eine Düngung mit Mineraldünger und Stallmist ebenfalls Ertragssteigerungen bewirkt und dieser Ertrag bei erodiertem Boden nicht mehr erreicht werden kann. Es kann davon ausgegangen werden, daß durch den

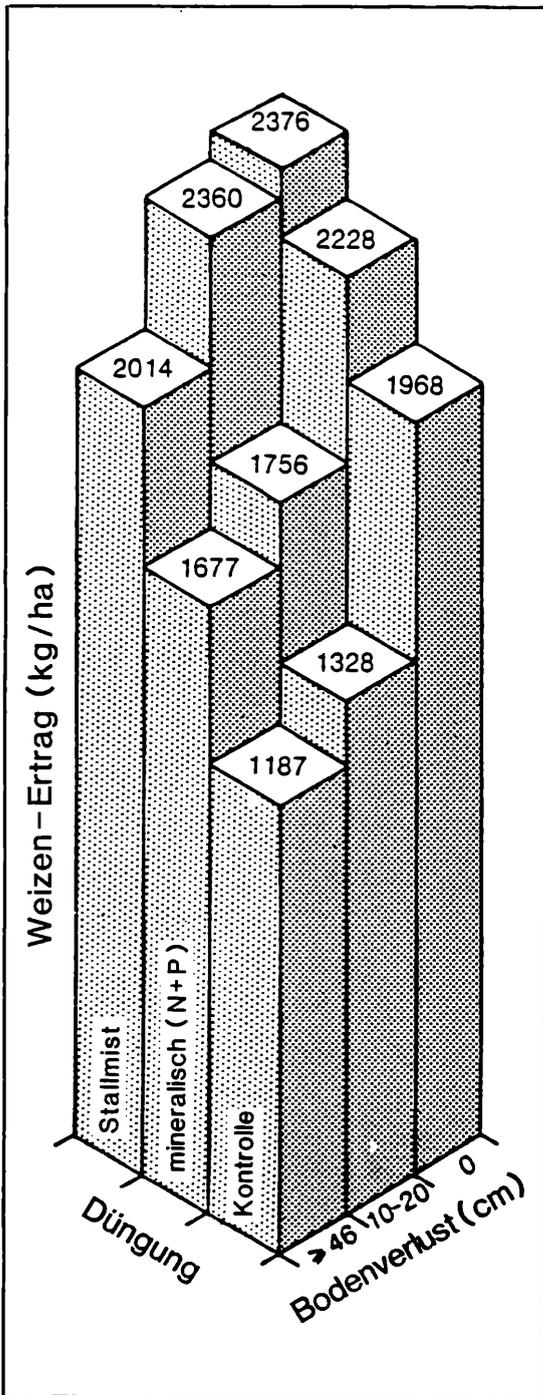


Abbildung 8

Einfluß des Abtrags von Oberboden auf den Getreideertrag bei unterschiedlichen Maßnahmen der Ertragsförderung.

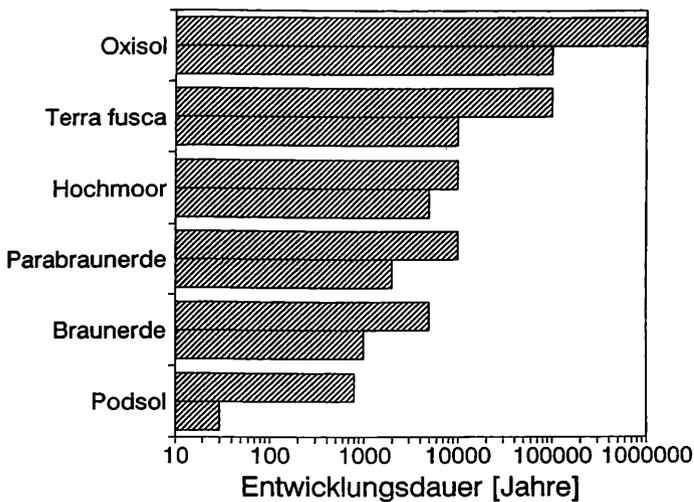
in Menge und Effizienz seit Kriegsende stark gestiegenen Mitteleinsatz auf landwirtschaftlichen Flächen viele Schäden maskiert wurden. Aus den ebenfalls, aber stark subproportional angestiegenen Erträgen läßt sich daher nicht schließen, daß die Böden nicht geschädigt wurden.

Das andere Ende der Regenerierbarkeit unterschiedlicher Funktionen wird durch die Archivfunktion markiert. Genetische Information, Bodendenkmäler oder andere im Archiv Boden gespeicherte Informationen lassen sich nicht wiederherstellen, wenn sie verloren gegangen sind.

Böden: Unterschiedliche Böden benötigen ganz unterschiedlich lange für ihre Entstehung (Abb. 9), und entsprechend variiert auch ihre Fähigkeit zur Regeneration. Innerhalb von  $10^2$  Jahren können Podsole entstehen, während Oxisole dafür über  $10^5$  Jahre benötigen. Böden mit einem in Bodenzeiten gemessenen "mittleren" Alter von  $10^4$  Jahren weisen eine besonders hohe natürliche Fruchtbarkeit auf, da die Verwitterung bereits einen tiefgründigen, lehmigen Boden geschaffen hat, aber noch ausreichend wenig verwitterte Minerale vorliegen, um Säuren abpuffern und Nährstoffe freisetzen zu können. In Mitteleuropa sind die Böden überwiegend in pleistozänen Sedimenten (Löß, Fließerden, Frostschutt) entwickelt, deren Ablagerung vor ca. 15.000 Jahren endete. Daher weisen sie eine hohe natürliche Fruchtbarkeit auf. Es würde demnach bei einem Verlust dieser Böden etwa wieder so lange dauern, bis aus diesen Ausgangsgesteinen ähnlich fruchtbare Böden entstünden. Noch problematischer ist, wenn nicht nur die Böden sondern auch die pleistozänen Sedimente durch Erosion oder Abtragung verloren gegangen sind, da diese erst in einer neuen Eiszeit wieder entstehen können. Die unter den pleistozänen Sedimenten liegenden Gesteine führen aber allesamt zu weniger funktionsfähigen Böden.

## 6. Schlußfolgerungen

Die Böden beeinflussen den Landschaftshaushalt in vielfältiger Weise. Da Atmosphäre, Biosphäre, Lithosphäre und Hydrosphäre in den Böden verknüpft sind, werden sowohl die abiotischen wie die biotischen Eigenschaften des Landschaftshaushaltes wesentlich von den Böden bestimmt. Die vielfältigen Funktionen der Böden werden häufig gar nicht wahrgenommen. Erst bei einer Schädigung wird ihr Verlust erkennbar. Solche Schädigungen treten häufig sehr spät auf, da die Böden wegen ihrer immensen Speicher- und Transformatorfähigkeiten langsam reagieren. Wegen eben dieser immensen Speicher- und Transformatorleistung bleiben dann aber auch Schäden lange erhalten. In menschlichen Zeiträumen sind sie häufig nahezu irreversibel. Jegliche Eingriffe in und Einflüsse auf den Boden sollten daher so gering und vorsichtig wie möglich erfolgen. Die langsame Reaktion der Böden darf nicht dazu führen, daß Schädigungen lange aufrecht erhalten werden. Für eine Regeneration sind immer noch längere Zeiträume notwendig. Erschwerend kommt hinzu, daß wegen der vielfältigen Vernetzung der Böden im Naturhaushalt eine Schädigung der Böden schwer vorhersehbare Rückkopplungen nach sich ziehen kann. Ein vorsichtiger Umgang mit der Ressource Boden ist daher unverzichtbar, ebenso wie der Schutz des Bodens ein wesentliches Ziel des Naturschutzes sein muß.



**Abbildung 9**

**Spannen der Entstehungszeiten von unterschiedlichen Böden.**

**Literatur**

AUERSWALD, K.; E. NILL & U. SCHWERTMANN (1990): Verwitterung und Bodenbildung als Kriterien des tolerierbaren Bodenabtrags.- Bayer. Lw. Jb. 68: 609-627.

AUERSWALD, K. & F. SCHMIDT (1986): Atlas der Erosionsgefährdung in Bayern Karten zum flächenhaften Abtrag durch Regen.- GLA-Fachberichte 1, Bayer. Geol. Landesamt, München: 74 S.

AUERSWALD, K.; H. STANJEK & H.H. BECHER (1992): Böden in Landschaftsausschnitten Bayerns - IV. Hesselberg.- Bayer. Landw. Jb. 69: 73-87.

AUERSWALD, K.; S. WEIGAND & M. KAINZ (1995): Benjes-Hecken und Wasserhaushalt.- Naturschutz und Landschaftsplanung 27: 176-179.

DUNGER, W. (1983): Tiere im Boden.- 3. Aufl., Ziemsen, Wittenberg.

HÄBERLI, R. (1997): Auf dem Boden der Tatsachen - Perspektiven nachhaltiger Bodennutzung am Beispiel der Schweiz.- Politische Ökologie SH 10: 96-100.

HÅKANSSON, I. (1985):

Swedish experiments on subsoil compaction by vehicles with high axle load.- Soil Use Management 1: 113-116.

LOSCH, S. (1997):

Der große Hunger - Landschaftsverbrauch in Deutschland, Anspruch und Wirklichkeit.- Politische Ökologie SH 10: 27-32.

SCHAUB, D. (1985):

Bodenerosion auf Ackerflächen im Möhliner Feld und Tafeljura.- Material. z. Physiogeogr. 8: 53-65.

VAN DEN DAELE, W.; A. PÜHLER & H. SUKOPP (1996):

Grüne Gentechnik im Widerstreit.- VCH, Weinheim, 324 S.

**Anschrift des Verfassers:**

Priv. Doz. Dr. Karl Auerswald  
 Lehrstuhl für Bodenkunde  
 Technische Universität München  
 D-85350 Freising

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1998

Band/Volume: [5\\_1998](#)

Autor(en)/Author(s): Auerswald Karl

Artikel/Article: [Funktionen der Böden im Landschaftshaushalt 13-22](#)