



Das Schutzgut Boden in der Naturschutz- und Umweltplanung

Laufener Seminarbeiträge 5/98

Das Schutzgut Boden in der Naturschutz- und Umweltplanung

Seminar

11. - 12. November 1997
in Eching bei München

Seminarleitung:

Dipl.- Ing. Beate Jessel,
ANL

Herausgeber:

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

D - 83406 Laufen/Salzach, Postfach 1261

Telefon (08682) 8963-0, Telefax (08682) 8963-17 (Verwaltung) und 1560 (Fachbereiche)

E-Mail: Naturschutzakademie @t-online.de

Internet: <http://www.anl.de>

Zum Titelbild:

Boden als Archiv unterschiedlicher landschaftlicher Epochen:

Dieser überwehte Eisenhumuspodsol befindet sich in einem Dünengebiet nördlich von Osnabrück. Unter einer fast 2m mächtigen Flugsanddecke ist die ursprüngliche Geländeoberfläche als schmales dunkles Band über einem fast weißen Horizont deutlich zu erkennen. Diese Böden sind in den Geestlandschaften Nordwestdeutschlands weit verbreitet: Nach Rodung der ursprünglichen Eichen-Birkenwälder setzten starke Verlagerungsvorgänge im Boden (Podsolierung) ein. Infolge hoher Niederschläge und vergleichsweise geringer Jahresdurchschnittstemperaturen wurden Nährstoffe und Humussubstanzen in den grobkörnigen Sanden schnell aus den oberflächennahen Bereichen in tiefere Bodenschichten verlagert. Somit ist unter der in der Mitte des Bildes erkennbaren schmalen Humusaufgabe ein mächtiger aschgrauer Bleichhorizont sichtbar. Er wechselt unmittelbar in einen dunklen Einwaschungshorizont, der stark verfestigt ist und als Ortsstein bezeichnet wird.

Die Podsolierung setzte seit der Besiedlung in der Bronzezeit ein und erlaubte landwirtschaftliche Nutzung nur auf geringem Niveau. Charakteristisch sind die Calluna-Heiden, die vor allem von den anspruchslosen Heidschnucken abgeweidet wurden. Dieses System war trotz seines Nährstoffmangels jahrhundertlang ökologisch stabil. Erst vor 200 Jahren kam es zu gravierenden Landschaftsveränderungen infolge starker Sandverwehungen. Als Hauptursachen sind großflächige Zerstörung der Heidevegetation durch Plaggenwinning, Schaftritt- und -verbiß zu nennen. Wie im Bild zu sehen, wurden damals viele ehemals beweidete Flächen meterhoch mit Sanden überweht. Diese haben auch alte Wagenspuren - erkennbar an zwei hellen Linien in der ursprünglich dunklen Geländeoberfläche knapp links von der Bildmitte - aufgefüllt.

Somit wurden viele tausend Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche zerstört. Diese Entwicklungen konnten erst mit Beginn der modernen Forstwirtschaft und der systematischen Aufforstung von Kiefernwäldern zum Stillstand gebracht werden.

(Foto: Prof. Dr. Hans-Heinrich Meyer, Fachhochschule Erfurt)

Laufener Seminarbeiträge 5/98

Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

ISSN 0175-0852

ISBN 3-931175-42-1

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Schriftleitung: Beate Jessel, ANL

Redaktion: Beate Jessel mit ANL-Referat 12 (verantwortlich: Dr. Notker Mallach)

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

Die Herstellung von Vervielfältigungen -auch auszugsweise- aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz: ANL

Druck und Bindung: Fa. Grauer, 83410 Laufen; Druck auf Recyclingpapier (100% Altpapier)

Programm der Fachtagung

Referenten	Referate
Dienstag, 11. November 1997	
Beate Jessel, Dipl.-Ing., ANL	Begrüßung und Einführung in das Thema der Tagung
I. Grundlagen	
Hans Gabányi, Dipl.-Ing. Landschaftsplanung und Jurist, Umweltbehörde Hamburg	Bodenschutzrechtliche Vorschriften und ihre Bedeutung für die Naturschutzpraxis
Priv.-Doz. Dr. Karl Auerswald, Lehrstuhl für Bodenkunde der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	Funktionen des Bodens im Landschaftshaushalt
II. Bodendaten und ihre Auswertung	
Dr. Walter Martin, Bayerisches Geologisches Landesamt, München	Datengrundlagen zum Boden und ihre Aufbereitung für naturschutzrelevante und planerische Fragestellungen
Prof. Dr. Friedrich Weller, Ravensburg	Beispiele für die Schutzbedürftigkeit und Erhaltungswürdigkeit von Böden - aufgezeigt anhand von Auswertungen verschiedener Boden- und Standortkarten
III. Fragen der Bewertung von Böden	
Bernhard Mohs, Geograph M.A., AHU-Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH, Aachen	Ansätze zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden und Beispiele für ihre Integration in Planungsprozesse auf unterschiedlichen Pla- nungsebenen
Dr. Jörg Römbke, Dipl.-Biologe, Firma ECT Ökotoxikologie GmbH, Flörsheim	Aspekte der Untersuchung und Bewertung bodenbiologischer Zustandsparameter
Mittwoch, 12. November 1997	
IV. Aspekte der Umsetzung von Belangen des Bodens in die Naturschutzpraxis	
Peter Blum, Dipl.-Ing. Landespflege, Büro für Landschaftsplanung, Freising und Gertrud Thorwart, Dipl.-Ing. Landespflege, Bayerisches Landesamt für Um- weltschutz, München	Umsetzung von Belangen des Bodenschutzes auf der überörtlichen und der örtlichen Ebene der Landschaftsplanung
Andreas Pöllinger, Dipl.-Ing. Landespflege, Büro Dr. H.M. Schober, Freising	Möglichkeiten und Grenzen der Behandlung des Schutzgutes Boden - Beispiele aus der Umweltverträglichkeitsprüfung
Dr. Friedrich Rück, Umweltbundesamt, Berlin	Fachliche Anforderungen an die Ableitung von Bodenqualitätszielen
Ralf Bolz, Dipl.-Geograph, Aurachtal	Ökologische Bodenfunktionen und potentielles Kontaminationsrisiko oberflächennahen Grund- wassers in einem Naturschutzgebiet - ein Beispiel für einen Konflikt zwischen Vorgaben des tech- nischen Umweltschutzes und des Naturschut- zes sowie Diskussion von Lösungsvorschlägen
Raimund Kohl, Dipl.-Ing. Agr., Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe	Fachliche Aspekte im Umgang mit Bodenaushub (insbes. bei der Einbringung) bei Veränderun- gen in der Landschaft
Dr. Günther Pommer, Landwirtschaftsdirektor, Bayerische Landesanstalt für Bo- denkultur und Pflanzenbau, Freising	Möglichkeiten standortangepasster Bodennut- zung und Hinweise zu ihrer Berücksichtigung in naturschutzrelevanten Planungen
Beate Jessel, ANL	Zusammenfassung der Tagungsergebnisse, Schlußdiskussion

Inhalt	(LSB 5/98 Das Schutzgut Boden in der Naturschutz- und Umweltplanung ANL 1998)	Seite
Bodenschutz als Querschnittsaufgabe Bedeutung des Schutzgutes Boden für die Naturschutz- und Umweltplanung	Beate JESSEL	5-8
<i>I. Grundlagen:</i>		
Bodenschutzrechtliche Vorschriften und ihre Bedeutung für die Naturschutzpraxis	Hans GABÁNYI	9-12
Funktionen der Böden im Landschaftshaushalt	Karl AUERSWALD	13-22
<i>II. Bodendaten und ihre Auswertung:</i>		
Datengrundlagen zum Boden und ihre Aufbereitung für naturschutzrelevante und planerische Fragestellungen	Walter MARTIN	23-26
Beispiele für die Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswür- digkeit von Böden - aufgezeigt anhand von Auswertungen verschiedener Boden- und Standortskarten	Friedrich WELLER	27-46
<i>III. Fragen der Bewertung von Böden:</i>		
Ansätze zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden und Beispiele für ihre Integration in Planungs- prozesse auf unterschiedlichen Ebenen	Bernhard MOHS	47-62
Aspekte der Untersuchung und Bewertung bodenbiologischer Zustandsparameter	Jörg RÖMBKE, Ludwig BECK, Bernhard FÖRSTER und Andrea RUF	63-70
<i>IV. Aspekte der Umsetzung von Belangen des Bodens in die Naturschutzpraxis:</i>		
Umsetzung von Belangen des Bodenschutzes auf der überörtlichen Ebene der Landschaftsplanung	Peter BLUM	71-76
Umsetzung von Belangen des Bodenschutzes auf der örtlichen Ebene der Landschaftsplanung	Gertrud THORWART	77-80
Fachliche Maßstäbe zur Ableitung von Bodenqualitätszielen	Friedrich RÜCK	81-86
Ökologische Bodenfunktionen und potentielles Kontami- nationsrisiko des oberflächennahen Grundwassers in ei- nem Naturschutzgebiet - ein Beispiel für einen Konflikt zwischen Vorgaben des technischen Umweltschutzes und des Naturschutzes, so- wie Diskussion von Lösungsvorschlägen	Ralf BOLZ	87-108
Anforderungen des Bodenschutzes bei Geländeauffüllungen und Rekultivierungen	Raimund KOHL	109-114
Möglichkeiten standortangepaßter Bodennutzung und Hinweise zu ihrer Berücksichtigung in naturschutzrele- vanten Planungen	Günther POMMER	115-121

Bodenschutz als Querschnittsaufgabe

Bedeutung des Schutzgutes Boden für die Naturschutz- und Umweltplanung

Beate JESSEL

Boden - ein dynamisches Gebilde

Der Boden, das dritte Umweltmedium neben Luft und Wasser, zählt zu den "Naturgütern", die - über das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) - Gegenstand des Naturschutzes, daneben auch zahlreicher anderer Fachdisziplinen sind. Boden ist eine nicht erneuerbare Ressource - zumindest sind im Zeithorizont menschlicher Planungen Veränderungen von Böden häufig irreversibel. Böden sind aber auch als dynamische Gebilde zu sehen, die sich in langer Perspektive fortlaufend verändern und weiterentwickeln die Bodenausprägungen Mitteleuropas sind ja im wesentlichen nach der letzten Eiszeit erst entstanden. Bei Betrachtungen des räumlich dreidimensionalen Gebildes "Boden" hat damit die Zeit quasi als vierte Dimension hinzuzutreten.

Obwohl der Boden vielfach als "Schaltstelle" im Naturhaushalt bezeichnet wird, stand am Beginn des Umweltschutzes und im Vordergrund moderner Umweltpolitik zunächst der Schutz der Medien Wasser und Luft, die ja beide bereits seit längerem durch eigene Rechtsmaterien erfaßt sind. Mit dem Boden befaßte man sich vergleichsweise wenig und wenn, dann oft nur mittelbar, etwa in seiner Bedeutung als Puffer für das Grundwasser oder als Ausgangspunkt diffuser Belastungen der Gewässer (v. LERSNER 1989: 1). Ein Grund für die Vernachlässigung des Bodenschutzes lag v. LERSNER (1989: 1) zufolge wohl darin, daß der Boden nie in dem Maße als Gemeingut betrachtet wurde wie Wasser und Luft. Er hatte immer einen Eigentümer oder Pächter, der in der Regel selbst ein Interesse an einer dauerhaften Nutzung hat, zudem aber empfindlich auf jede Einschränkung seiner Nutzungsrechte im Rahmen der Sozialpflichtigkeit von Eigentum reagierte.

Probleme mit dem Schutzgut Boden fangen häufig bereits bei der Frage an, wie Boden zu definieren ist: Eine allgemeine normative Begriffsbestimmung gab es bislang noch nicht; eine entsprechende Formulierung enthält nunmehr § 2 Abs. 1 des seit 17. März 1998 vorliegenden Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG). Man kann Boden als *räumliches* Kompartiment bestimmen, das mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzt ist und in dem mineralische und organische Substanzen enthalten sind, die durch physikalische, chemische und biologische Prozesse umgewandelt wurden und werden. Das Bundes-Bodenschutzgesetz hingegen definiert Boden nicht räumlich, sondern *funktional* als Träger bestimmter Bo-

denfunktionen, u.a. als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen, als Bestandteil des Naturhaushalts mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen, als Standort für bestimmte (menschliche) Nutzungen, als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte - eine Sichtweise, die auch von den meisten Autoren dieses Bandes geteilt wird. Probleme, die einer planerischen Bewältigung bedürfen, entstehen auch, wenn die Berücksichtigung der verschiedenen Bodenfunktionen untereinander in Zielkonkurrenz steht, etwa sein Erhalt als natur- und kulturgeschichtlicher Informationsspeicher versus seine Nutzung, u.a. als Rohstoffspeicher für Abbauvorhaben oder seine Lebensraumfunktion versus seine (nur gering ausgeprägte und somit infolge Schadstoffkontamination u.U. zu Sanierungsbedarf führende) Pufferfunktion.

Gefährdungen von Böden

Böden sind vielfältigen Gefährdungen ausgesetzt:

1. Am gravierendsten in unserem Klima, in dem Versteppung und Versalzung keine große Rolle spielen, ist die *Überbauung*. Boden wird damit auf unabsehbare Zeit dem Naturkreislauf entzogen. So nahm die Siedlungs- und Verkehrsfläche in der Bundesrepublik in den letzten Jahrzehnten um durchschnittlich etwa 100ha pro Tag zu, wovon der größte Teil als versiegelt gelten kann; in der letzten Zeit hat sich diese Zunahme auf etwa 90ha täglich reduziert. Allein im Flächenstaat Bayern betrug dieser Zuwachs zwischen 1981 und 1985 noch 24ha pro Tag; bis 1993 hatte er sich dann auf knapp 18ha reduziert (STMLU 1998: 94). Insgesamt werden ca. 11,5% des Bundesgebiets (für Bayern: 9,1%) als Siedlungs- und Verkehrsflächen genutzt; der größte Teil davon ist versiegelt. In manchen Großstädten und Ballungsräumen wie München oder Berlin, in den neuen Ländern z.T. um Dresden sowie entlang der Siedlungsachse von Magdeburg über Leipzig bis Chemnitz beträgt die Verdichtung in Teilen über 70%.
2. Belastungen mittels *Stoffeinträgen* über die Luft, die von den Pflanzen aufgenommen werden, die indirekt in den Boden gelangen oder durch den Regen ausgewaschen und eingetragen werden. Weiterhin zählen hierunter diverse stoffliche Belastungen, insbesondere durch Schwermetalle im Zusammenhang mit Emittenten wie Industrie und Verkehr.

3. Belastungen, die durch die *zunehmend intensive Nutzung des Bodens* hervorgerufen werden. Anführen läßt sich in diesem Zusammenhang auch die Behandlung mit Pestiziden, die den weitaus größten Teil der Ackerflächen in Deutschland erfaßt, weiterhin die Bodenbelastung durch mineralische Dünger, die starke Zunahme der Erosion (in Hopfengärten sind Bodenabträge von bis zu 200t/ha/a, bei umgebrochenem Grünland mit anschließendem Maisanbau mehr als 50 t/ha/a anzutreffen). Hinzu treten Bodenschädigungen, neutralere: -veränderungen, durch Flurbereinigungen und Melioration. Da heute etwa 85% der Fläche der Bundesrepublik land- oder forstwirtschaftlich genutzt werden, kommt der Land- und Forstwirtschaft beim Schutz des Bodens eine besondere Verantwortung zu.
4. Bodenbelastungen durch Ablagerungen von Abfällen und direkte industrielle Kontaminationen, durch Unfälle mit toxischen Substanzen, kurz: durch alles, was mit bodengefährdenden Stoffen, mit dem Stichwort "*Altlasten*" also, zusammenhängt. Derzeit sind bundesweit rund 170.000 Altlastenverdachtsflächen erfaßt, je etwa die Hälfte davon in den neuen und den alten Bundesländern. Allein diese Anzahl macht deutlich, daß eine gesetzliche Regelung der Altlastenproblematik dringend notwendig ist.

Die Aufzählung dieser Gefährdungen, die sich noch um weitere Punkte erweitern ließe, läßt deutlich werden, daß Bodenschutz als Querschnittsaufgabe zu sehen ist: Maßnahmen zum Schutz des Bodens können viele Politikbereiche und Handlungsfelder berühren, von der Landschafts- und Bauleitplanung zur Verkehrspolitik, vom Chemikalienrecht bis zur Abfallentsorgung und Agrarpolitik. Auch kommunalen Umweltschutzmaßnahmen kommt eine Schlüsselfunktion beim Bodenschutz zu, sind doch die Gemeinden die wichtigste Handlungsebene, wenn es etwa um Flächenrecycling, das Aufzeigen von Entsiegelungspotentialen oder um Darstellungen und Festsetzungen zum flächensparenden Bauen innerhalb der Bauleitplanung geht.

Obige Aufstellung macht damit auch deutlich, wie wichtig eine Zusammenführung bodenschützerischer Belange - analog zum Schutz der Umweltgüter Wasser und Luft - in einem eigenen gesetzlichen Regelwerk ist. Die Vielzahl der berührten Bereiche läßt zugleich erkennen, warum die Diskussionen um ein Bundes-Bodenschutzgesetz bereits so lange andauern ein erster Entwurf dieses Gesetzes stammte bereits von 1993. Mit Datum vom 17. März 1998 liegt nunmehr das Bundes-Bodenschutzgesetz vor; die überwiegende Zahl seiner Vorschriften wird (Art. 4 BBodSchG zufolge) allerdings erst zum 1. März 1999 in Kraft treten.

Bedeutung von Bodenschutzaspekten für naturschutzrechtliche Instrumente

Zwar stellt ein großer Teil des Gesetzes auf den Umgang mit Altlasten ab, jedoch können insbeson-

dere auch naturschutzrechtliche Instrumente eingesetzt werden, um den Zweck des Gesetzes, die nachhaltige Sicherung und Wiederherstellung der benannten Bodenfunktionen, zu erfüllen und weiter zu konkretisieren (§§ 1, 2 BBodSchG):

- Mit Hilfe der *Landschaftsplanung* können Anforderungen an die Sicherung eines landschaftstypischen Spektrums von Bodenausprägungen aufgezeigt sowie Flächen mit besonderen Anforderungen an die Art und Intensität der Nutzung aus Gründen des Bodenschutzes (Erosionsschutz) oder zum Erhalt besonderer Standortbedingungen dargestellt werden. Innerhalb der *Eingriffsregelung* muß bei der Betrachtung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes sowie der Bestimmung eines Eingriffstatbestandes auch der Boden berücksichtigt und hinsichtlich seiner Funktionen erfaßt und bewertet werden. Untersuchungsraum, Art und Intensität der Erhebungen sind auch auf die Belange des Schutzgutes Boden abzustimmen. Bei der schutzgutbezogenen Herleitung von Vermeidungs-, Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen ist auch der Boden zu berücksichtigen. In die Abwägung unterschiedlicher Belange sind die des Bodenschutzes als Teil des Naturhaushaltes einzustellen.
- Was den *Gebiets- und Objektschutz* betrifft, bietet insbesondere das Instrument des Landschaftsschutzgebietes, das nach § 15 Abs. 2 Ziff. 2 BNatSchG neben dem Erhalt auch der Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes und der Nutzungsfähigkeit der Naturgüter dient, Handhabe, um in den Schutzbestimmungen auch Belangen des Bodens Rechnung zu tragen. Hier wie auch bei Naturschutzgebieten sollte in den Schutzziele der Verordnungen der Erhalt typischer Bodenausprägungen und der im Bundes-Bodenschutzgesetz angeführten Bodenfunktionen stärkere Berücksichtigung finden. Seltene Bodentypen, markante Bodenaufschlüsse oder Geotope können aufgrund ihrer wissenschaftlichen, naturgeschichtlichen oder landeskundlichen Bedeutung oder ihrer Rolle für die Schönheit und Eigenart der Landschaft als Naturdenkmale geschützt werden.

Die Vielfalt der oben angeführten bereits vorhandenen Bodenbelastungen engt allerdings den Spielraum für den im Anspruch des Gesetzes formulierten vorsorgenden Bodenschutz stark ein; es dürfte in der Praxis unmittelbar vor allem bei der Gefahrenabwehr greifen. Auch bleibt die Schnittstelle des Bodens zu Wasser und Luft ausgeklammert; eine ganzheitliche Betrachtung der "Schaltstelle Boden" im Naturhaushalt ist damit erschwert. Eine aktivgestaltende Wirkung wird das BBodSchG wohl vor allem dann entfalten können, wenn die betroffenen Fachverwaltungen die darin benannten Bodenfunktionen, Grundsätze und Pflichten aufgreifen und für ihre jeweils eigenen Instrumente nutzbar machen.

Daß Bodenschutz als Querschnittsaufgabe zu sehen ist, macht aber auch eine Einschränkung des Themas für diesen Tagungsband erforderlich: Im Vordergrund steht seine Rolle im Naturhaushalt und damit die Frage, inwieweit das Medium Boden Teil des Naturschutzes ist. Betrachtet man die Begriffe der "Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes" und der "Nutzungsfähigkeit der Naturgüter" nach § 1 BNatSchG, nimmt der Boden hier eine wichtige Funktion ein. Andererseits neigt man derzeit dazu, ihn im Zusammenhang mit Naturschutzbelangen primär als Standort bzw. Standortvoraussetzung für Pflanzen und Tiere zu betrachten und nicht als eigenständiges Medium. Dies ist angesichts des gesunkenen Stellenwertes des Naturschutzes wohl auch darin zu erklären, daß man sich auf den "sicheren" Bereich des Arten- und Biotopschutzes zurückzieht und begründet sich teils auch aus der Angst heraus, in der Konkurrenz verschiedener Fachverwaltungen untereinander die eigenen Kompetenzen zu überschreiten.

Infolge der häufig anzutreffenden Unschlüssigkeit, inwieweit Böden eigenständige Schutzgegenstände des Naturschutzes sind, werden Belange der praktischen Umsetzung von Bodenschutzzielen oft vernachlässigt. Bei verschiedenen Planungsaufgaben wie der Landschaftsplanung, Eingriffsregelung, auch der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), führt das Schutzgut Boden neben anderen oft eine Art Aschenbrödel-dasein. Eine einheitliche, in sich vergleichbare Datenbasis wie auch handhabbare, übergreifende Verbindlichkeit entfaltende Prüf- und Maßnahmenwerte, an denen etwa planerische Beurteilungen auszurichten sind, fehlen noch weitgehend, was dazu führt, daß fast jedes Büro sich seine eigene Vorgehensweise zurechtbastelt. Die generell verbesserungsbedürftige Datenlage im Bereich Bodenschutz, insbesondere auch hinsichtlich wirkungsbezogener Daten, monieren in regelmäßiger Folge auch die Gutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU 1994: 185, 1996: 136f.).

Hinzu kommt, daß man aufgrund der verfügbaren Datenlage und des in einem gegebenen finanziellen Rahmen leistbaren Aufwands zwischen den fachlichen, oft sehr spezifischen Anforderungen, die hier zu leisten wären, und der Suche nach pragmatisch gangbaren Wegen schwankt. Zwischen dem Wünschenswerten und dem Machbaren tut sich gerade in der Behandlung des Schutzgutes Boden in der Umweltplanung ein Spannungsfeld auf, bedarf es doch für viele mit dem Boden zusammenhängende Fragestellungen einer integrativen Betrachtung mehrerer Parameter und deren schlüssiger Zusammenführung (etwa im Fall der Rolle des Bodens für den Grundwasserschutz der Betrachtung von Stoffeigenschaften wie Mobilität, Abbauverhalten, von verschiedenen Bodeneigenschaften, Klimaeinflüssen sowie von Substanzkonzentrationen und Einträgen in den Boden). Hier Beispiele zu geben, wie mit dem Boden planerisch umgegangen werden kann, ist ein Anliegen dieses Bandes.

Ergebnisse der Tagung am 11. und 12. November 1997

Daß der Schutz des Bodens als Querschnittsaufgabe begriffen werden muß, wobei die Naturschutzbehörden sich nicht scheuen sollten, in ihren Stellungnahmen stärker als bisher auf seine ökosystemaren Aspekte einzugehen, war auch das Resümee der Tagung der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), die sich am 11. und 12. November 1997 mit dem "Schutzgut Boden in der Naturschutz- und Umweltplanung" befaßte. Etwa 90 Fachleute aus ganz Deutschland hatten sich hierzu auf den Weg zum Bürgerhaus in Eching bei München gemacht. Eine Ursache, daß der Boden sich bei Planungsentscheidungen in der Abwägung mit anderen Schutzgütern oft schwer tut, so die Meinung der Teilnehmer, ist sicherlich auch, daß er über keinen eigenen "Anwalt", sprich: auf Vollzugsebene in vielen Bundesländern über keine eigene behördliche Zuständigkeit verfügt.

Den Stand der Gesetzgebung zum Bundes-Bodenschutzgesetz stellte zunächst Hans GABÁNYI von der Hamburger Umweltbehörde vor. Die Bewertung des Bodens als Teil des Naturhaushaltes, so seine These, werde sich künftig zwar einheitlich nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz zu richten haben; zur tatsächlichen Umsetzung des Bodenschutzes würden dann aber die Instrumente verschiedener Fachplanungen gefordert sein, so auch Landschaftsplanung, Eingriffsregelung und Schutzgebietsausweisungen.

Eine Verordnung (die nunmehr mit dem 20. Juli 1998 als Entwurf vorliegt) soll das Bodenschutzgesetz weiter konkretisieren, indem sie verbindliche Prüf-, Maßnahmen-, und - als strengste Kategorie - Vorsorgewerte zum Schutz des Bodens vorgibt. Die fachlichen Überlegungen und Anforderungen, solche Bodenqualitätsziele und -standards nach verschiedenen Wirkpfaden und Nutzungen differenziert abzuleiten, erläuterte Dr. Friedrich RÜCK vom Umweltbundesamt aus Berlin. Als ein wesentlicher Diskussionspunkt zwischen Bund und Ländern erwies es sich, ob hier nun bundesweit einheitliche Werte oder - wie etwa vom bayerischen Umweltministerium gefordert - regional differenzierte Hintergrundwerte eingeführt werden sollen, die den Ländern zugleich einen breiteren Regelungsspielraum zugestehen.

Defizite wurden auf der Tagung insbesondere deutlich, was eine flächendeckende, landesweit verfügbare und in sich vergleichbare Datenbasis zum Boden angeht. Im Aufbau befindliche Bodeninformationssysteme, die neben einem Datenpool auch ein Angebot an Auswertungsmöglichkeiten enthalten sollen, werden hier wohl erst mittelfristig Abhilfe schaffen können, wie Dr. Walter MARTIN vom Bayerischen Geologischen Landesamt aus München erläuterte. Zumindest in den nächsten Jahren wird man weiterhin um pragmatische Wege bei der planerischen Behandlung des Schutzgutes Boden, etwa über Auswertungen der Reichsbodenschätzung, der

Agrarleitpläne und verfügbarer Bodenkarten, nicht umhin kommen. Deutlich wurde dies an verschiedenen Beispielen aus der Landschaftsplanung und der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP), die Gertrud THORWART vom Bayerischen Landesamt für Umweltschutz aus München und Andreas PÖLLINGER vom Büro Dr. Schober aus Freising vorstellten.

Daß neben der zielgerichteten Datenaufbereitung auch die Methodenentwicklung vorangetrieben werden muß, wurde aus den Beiträgen von Bernhard MOHS vom Büro für Hydrogeologie und Umwelt aus Aachen und Prof. Dr. Friedrich WELLER aus Ravensburg deutlich: Wenn ein Angebot an praktikablen Vorgehensweisen besteht, dürfte es sehr viel schwerer fallen, den Boden etwa bei Eingriffsbeurteilungen weiter hinten an zu stellen. Interessante Überlegungen zur Untersuchung und Bewertung der oft vollständig vernachlässigten Bodenorganismen stellte dabei Dr. Jörg RÖMBKE aus Flörsheim vor: Analog zum System der Ellenberg'schen Pflanzengesellschaften, so Römbke, könne versucht werden, für bestimmte Standorte jeweils charakteristische Bodenbiozönosen zu klassifizieren, um diese dann mit den tatsächlich vorgefundenen zu vergleichen und die eventuellen Abweichungen zu bewerten.

Einem effektiven Schutz des Mediums Boden wenig zuträglich ist sicherlich auch der unterschiedliche Gebrauch vieler Begriffe. Einigkeit bestand zwar, daß "Bodenschutz" primär weniger räumlich-dreidimensional, sondern vor allem funktional, als Schutz der Bodenfunktionen also, sowie unter Einbeziehung der zeitlichen Komponente als vierter Dimension zu verstehen ist, worauf insbesondere Priv.-Doz. Dr. Karl AUERSWALD vom Lehrstuhl für Bodenkunde der Technischen Universität München hinwies. Auffallend war jedoch, daß diese Bodenfunktionen von einzelnen Referenten sehr unterschiedlich gegliedert und definiert wurden. Bezeichnend ist auch, daß unter "Bodenqualität" Vertreter der Landwirtschaft und des Naturschutzes sehr Unterschiedliches verstehen können.

So verwundert es auch nicht, daß sich an den Boden oft Zielkonflikte verschiedener Fachgebiete knüpfen. Ein typisches Beispiel, das Naturschutzgebiet "Tennenloher Forst", stellte Ralf BOLZ aus Auerachtal vor: Es handelt sich hierbei um aufgrund ihrer Fauna aus Naturschutzsicht ausgesprochen schutzwürdige Sandrasen und Heideflächen, bei denen wegen militärischer Altlasten zugleich ein teilweise hohes Kontaminationsrisiko für das Grundwasser besteht. Aufwendige Maßnahmen zur Grundwassersanierung könnten jedoch der Tierwelt erheblichen Schaden zufügen, so daß hier fallweise im Einzelflächenbezug nach einer angebrachten Lösung gesucht werden muß. Kritisiert wurde auch die gängige Praxis, für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen des Naturschutzes auf Standorten guter natürlicher Ertragsfähigkeit den Oberboden abzuschie-

ben, um so Magerstandorte zu schaffen, oder gar wertvolle Schwarzerdeböden aufzuforsten. Hier sei eine bessere Abstimmung dringend vonnöten.

Einen Weg können hier in sich stimmige Zielkonzepte weisen, die neben Pflanzen und Tieren sowie dem Landschaftsbild auch die abiotischen Schutzgüter gleichberechtigt einbeziehen und bei Zielkonflikten einen ausgewogenen Abgleich herbeizuführen versuchen. In Bayern geht man diesen Weg auf regionaler Ebene über sogenannte "Landschaftsentwicklungskonzepte", deren Aussagen über die Einbeziehung in die Regionalpläne Verbindlichkeit entfalten sollen und deren Ansatz der Landschaftsplaner Peter BLUM aus Freising vorstellte.

Gezeigt hat die Tagung, daß auch der Naturschutz stärker an der Querschnittsaufgabe Bodenschutz mitwirken sollte. Möglich ist dies, indem er wie auch andere Fachplanungen und Fachbehörden das nunmehr vorliegende Bundes-Bodenschutzgesetz als Argumentationsbasis für seine Belange mit nutzt, etwa indem die konkrete Ausfüllung, die "Operationalisierung" der im Gesetz angeführten Bodenfunktionen für die Landschaftsplanung und Eingriffsregelung herangezogen wird oder indem bei der Formulierung von Schutzgebietsverordnungen auch Aspekte des Bodenschutzes vermehrt berücksichtigt werden.

Literatur

SRU (DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN, 1994):

Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. - Metzler-Poeschel, Stuttgart.

—— (1996):

Umweltgutachten 1996. Zur Umsetzung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. - Metzler-Poeschel, Stuttgart.

STMLU (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN, 1998):

Bayern-Agenda 21. ...für eine nachhaltige, zukunftsfähige Entwicklung in Bayern. - München

V. LERSNER, H. (1989):

Schutz des Bodens als umweltpolitische Aufgabe. - in: ROSENKRANZ, D; G. BACHMANN, G. EINSELE, H.-M. HARREß (Hrsg.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch, 3. Lfg VI/89, Ziff. 0125, Erich Schmidt, Berlin.

Anschrift der Verfasserin:

Dr. Beate Jessel
Bayerische Akademie für Naturschutz und
Landschaftspflege
Postfach 1261
D-83406 Laufen/Salzach

Bodenschutzrechtliche Vorschriften und ihre Bedeutung für die Naturschutzpraxis

Hans GABÁNYI

Das Verhältnis von Bodenschutzrecht und Naturschutzrecht ist seit langem umstritten. Ging es dabei bislang um die Frage, ob ein Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) neben dem Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) überhaupt erforderlich sei, werden in Zukunft eher die Auswirkungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes auf den Naturschutz verhandelt werden.¹⁾ Dabei werden nach den jüngsten Änderungen des Bau- und Raumordnungsrechts möglicherweise noch andere Einwirkungen auf die Praxis des Naturschutzes zu untersuchen sein.²⁾

Den Ausführungen des Beitrags liegt daher folgende *These* zugrunde:

Bodenschutz wird nach dem Inkrafttreten des Bundes-Bodenschutzgesetzes auch mit den Instrumenten des Naturschutzes verwirklicht werden. Die Bewertung des Bodens (als Teil des Naturhaushaltes) wird sich dabei auch nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz richten.

Die Nutzung naturschutzrechtlicher Instrumente für die Konkretisierung bodenschützender Ziele und Maßnahmen liegt nahe, da das BBodSchG auf das Ordnungsrecht orientiert und planerische oder vorhabenbezogene Instrumente weitgehend fehlen. Unter Instrumenten des Naturschutzes werden hier die Landschaftsplanung, die Eingriffsregelung und die Ausweisung von Schutzgebieten verstanden.

Die Bewertung des Bodens (als Teil des Naturhaushaltes) richtet sich nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz, das den Schwerpunkt auf den Schutz der natürlichen Funktionen des Bodens und der Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte legt.³⁾

Bevor auf die soeben aufgestellte These näher eingegangen wird, soll der Gegenstand Bodenschutz bzw. Bodenschutzrecht kurz erläutert werden.

Exkurs I: Was ist Bodenschutz?

Bodenschutz läßt sich durch drei Handlungsfelder beschreiben:

Schutz des Bodens vor "Verbrauch",
Schutz vor Stoffeinträgen und
Sanierung belasteter Böden.

Die vorsorgend ausgerichteten Ansätze betreffen vor allem Beeinträchtigungen des Bodens durch Flächeninanspruchnahme, Erosion, Verdichtung, Auf- und Abtrag sowie den Eintrag von Stoffen z.B. durch Störfälle oder Normalbetrieb von Anlagen, durch Düngung, Verwertung von Sekundärrohstoffen oder über den Luftpfad und Überschwemmun-

gen. Da es hier nicht darum gehen kann, jede Beeinträchtigung des Bodens zu verhindern, ist es u.a. Aufgabe des Bodenschutzes, Maßnahmen zur bodenverträglichen oder nachhaltigen Nutzung vorzugeben (Pflege und Entwicklung von Böden).

Der nachsorgend orientierte Bodenschutz befaßt sich mit der Sanierung schädlicher Bodenveränderungen und Altlasten.

Exkurs II: Was ist heute Bodenschutzrecht?

Auch nach der Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes und dem Erlaß der entsprechenden Rechtsverordnungen wird es praxisrelevante Bodenschutzklauseln in anderen Fachgesetzen geben.

Im Verhältnis zu den in § 3 Abs. 1 BBodSchG aufgezählten Fachgesetzen gilt der Subsidiaritätsgrundsatz. Das BBodSchG findet danach Anwendung, *soweit* andere Gesetze Einwirkungen auf den Boden *nicht regeln*. Die in der Regel konkreteren Schutzzielbestimmungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes gehen also vor, wenn in einem anderen Gesetz lediglich allgemein von Boden als einem zu berücksichtigenden Umweltbelang oder einem zu schützenden Gut die Rede ist.

Fachgesetzliche Regelungen zum Bodenschutz enthalten:

- das *Baugesetzbuch*, § 1a Abs. 1 (Bodenschutzklausel als Optimierungsgebot), § 5 Abs. 2 Nr. 10 und § 9 Abs. 1 Nr. 20 (Festsetzung von Maßnahmen des Bodenschutzes in der Bauleitplanung⁴⁾), § 35 Abs. 3 Nr. 5 (Beeinträchtigung von Belangen des Bodenschutzes durch Vorhaben im Außenbereich gilt als Beeinträchtigung öffentlicher Belange) und Abs. 5 (Begrenzung der Versiegelung im Außenbereich);
- das *Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz*, § 8 (Verwertung auf landwirtschaftlich genutzten Flächen);
- das *Bundes-Immissionsschutzgesetz*, § 1, § 3 Abs. 2, § 5 Abs. 1 und 3 (Grundpflichten und Stilllegung);
- das *Düngemittelgesetz*, § 1 a (Inwertsetzung, Abstellen auf den Bedarf des Bodens)
- das *Naturschutzrecht*, s.u.

Die Zweckbestimmung des Bundes-Bodenschutzgesetzes weist auf den besonderen Schutz der natürlichen Bodenfunktionen sowie der Archivfunktion⁵⁾ hin. Der Boden erfüllt natürliche Funktionen als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen,

Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, als Bestandteil des Naturhaushalts und als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen.

Das Bundes-Bodenschutzgesetz enthält im Kern Grundsätze und Pflichten⁶⁾, die überwiegend an Grundeigentümer und Nutzer sowie auf Gefahrenabwehr und Vorsorge gerichtet sind. Hierbei handelt es sich um ordnungsrechtliche Regelungen; planerische oder vorhabenbezogene Ansätze sind im Gesetz nicht explizit angelegt. Die Eingriffsschwelle der zu besorgenden, drohenden oder eingetretenen schädlichen Bodenveränderung wird in Rechtsverordnungen nach §§ 8 und 6 konkretisiert. Auch wird erstmals die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft in einem Gesetz festgehalten.⁷⁾

Ist das Bodenschutzgesetz also nur ein Altlastengesetz?

Die "stoffbezogenen" Regelungen überwiegen zwar; eine weitreichende Definition des Schutzgutes Boden, die Anforderungen an das Ein- und Aufbringen von Materialien (dabei geht es u.a. um die "Herstellung kulturfähigen Oberbodens"), die Ermächtigung der Länder für Regelungen des gebietsbezogenen Bodenschutzes sowie Bodeninformationssysteme und wohl auch die erstmalige Festlegung von Grundsätzen der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft *weisen über einen nur altlastenbezogenen Ansatz hinaus.*

Dennoch stellt das BBodSchG keinen "aktiv gestaltenden Ansatz" dar, "der eine *nachhaltig umweltgerechte Bodennutzung und die ökologische Optimierung der Flächennutzung zum Ziel*" hat oder diese gar umsetzt.⁸⁾

Angesichts der Struktur des deutschen Umweltrechts ist ein *eigenständiges Bodenschutzgesetz* rechtspolitisch aber sicher die konsequenteste Lösung. Eine Integration in bereits bestehende Rechtsbereiche (Wasser, Abfall, Immissionschutz, Naturschutz, Düngemittel etc.) hätte zu einer kaum mehr lesbaren Materie geführt. Ob das angekündigte Umweltgesetzbuch (UGB) hier die erhoffte Harmonisierung und Vereinfachung bei Beibehaltung vernünftiger Standards bringen wird, ist mehr als zweifelhaft.

Auswirkungen der "lex specialis" insbesondere auf die Naturschutzpraxis

Rechtlich stellt sich die Frage, wie das Schutzgut Boden künftig - über den ordnungsrechtlich orientierten und vor allem stoffliche Belastungen betreffenden Bereich hinaus - konkretisiert und mit welchen Instrumenten es umfassend geschützt werden kann. Dabei ist zunächst festzustellen, daß Schutzgutdefinition und Instrumentierung in den einschlägigen Gesetzen unterschiedlich ausgeprägt sind. Hier können, neben der Bestimmung zum Anwendungsbereich in § 3 Abs. 1⁹⁾, allgemeine Auslegungsgrundsätze zum Zuge kommen, die das Verhältnis von *lex specialis* und *lex generalis* steuern.

Kann das Bodenschutzgesetz generell als Spezialgesetz mit Verdrängungseffekt gelten, sind bezogen

auf einzelne Vorschriften aber auch gleichwertige Regelungen denkbar, die für eine ergänzende Anwendung sprechen. Letzteres könnte z.B. im Verhältnis zum BNatSchG bezüglich der Schutzgutdefinition der Fall sein ("Bodenfunktionen" als ein das Kompartiment Boden konkretisierender, "Naturhaushalt" als umfassender Begriff).

Aus meiner Sicht sprechen bereits praktische Gründe für eine Anwendung des im BBodSchG angelegten, auf verschiedene natürliche Bodenfunktionen und die Archivfunktion abhebenden Bewertungsansatzes im Naturschutzrecht. Im Unterschied zu den überwiegend unbestimmten Rechtsbegriffen des BNatSchG bietet das BBodSchG schon vom Wortlaut her Differenzierungen.¹⁰⁾

Gegenwärtig werden von verschiedenen Bundesländern Ansätze zur Beschreibung und Bewertung der Bodenfunktionen anhand von Kriterien und möglichst einfach zu ermittelnden - Parametern erprobt.¹¹⁾ Diese sollen Eingang in Zulassungs- und Planungsverfahren finden. Die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) bereitet derzeit eine Übersicht zur Veröffentlichung vor.

Ziele und Instrumente des Naturschutzes

Bodenbezogene Ziele, Grundsätze und Instrumente des BNatSchG sprechen den Boden i.d.R. nicht direkt an. Das Schutzgut Boden ist vielmehr als Bestandteil des Naturhaushalts, als Naturgut, Lebensgrundlage von Pflanzen und Tieren und als landschaftsprägendes Element angesprochen.

Bodenschutzrelevante Ziele, Grundsätze und Pflichten werden im BNatSchG wie folgt angesprochen:

- Naturhaushalt, Naturgüter, Pflanzen und Tierwelt, Natur und Landschaft (...) sind nachhaltig zu sichern (§ 1 BNatSchG); Landwirtschaft dient i.d.R. den Zielen des Gesetzes und stellt keinen Eingriff dar (§§ 1 und 8 BNatSchG); Boden ist zu erhalten (Grundsatz nach § 2 BNatSchG);
- Grundstücke sind zu pflegen (Anordnungsbefugnis, § 11 BNatSchG); Standorte bestimmter Pflanzen dürfen nicht beeinträchtigt werden (bußgeldbewehrtes Verbot, § 20f BNatSchG).

Die naturschutzrechtlichen Instrumente Landschaftsplanung, Eingriffsregelung und Schutzgebietsausweisung setzen in der Folge an entsprechend unbestimmten Begriffen an.

Erheblichkeit, Schutzwürdigkeit und angestrebter Zustand können - soweit es den Boden angeht - mit Bezug auf das im BBodSchG definierte Schutzgut Boden und unterstützt durch Methoden zur Beschreibung und Bewertung der Bodenfunktionen künftig *zwingender begründet* werden. Beispielsweise kann anhand einer Ausweisung von Böden, die hinsichtlich einzelner natürlicher Bodenfunktionen oder der Archivfunktion besonders wertvoll sind, die für die Eingriffsregelung relevante Schwelle der

Regelungsansatz des Bundes-Bodenschutzgesetzes

Schutzgut	natürliche Bodenfunktionen und Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	§§ 1 und 2
Eingriffsschwelle	zu besorgende/drohende/eingetretene schädliche Bodenveränderungen	§§ 2, 4 und 7
Anwendungsbereich	schädliche Bodenveränderung und Altlasten, Verwertung auf Böden; Vorhabenzulassung oder Planung über Schutzgut Boden	§ 3
Pflichten	Vorsorge Gefahrenabwehr (schutzgut- und nutzungsbezogen)	§§ 7 und 4
Aufgaben	Überwachung und Beratung d. Pflichtigen; Boden in Zulassungs-/Planungsverfahren; Informationsgrundlagen und Bodenschutzplanung (Landsrecht)	§§ 10, 11, 22 Abs. 2 u. 3
Instrument	Anordnung (incl. Sanierungsplan); Beteiligung (TÖB, Fachbehörde)	§§ 10, 11

Abbildung 1

Regelungsansatz und Inhalte des Bundes-Bodenschutzgesetzes.

Erheblichkeit oder Nachhaltigkeit¹²⁾ nachvollziehbarer ermittelt werden

Die Einbeziehung des *Entwicklungspotentials von Naturräumen* kann durch den Schutz des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum künftig mehr Gewicht erhalten.

Folgende naturschutzrechtliche Instrumente setzen Bodenschutz-Ziele und -Grundsätze vollzugsrelevant um:

§ 6 BNatSchG: Landschaftsplanung stellt den (angestrebten) Zustand von Natur und Landschaft und erforderliche Maßnahmen dar (die Bauleitplanung setzt fest).

§ 8 BNatSchG: Erhebliche und nachhaltige Beeinträchtigungen markieren Eingriff und Ausgleichspflicht.

§ 13 BNatSchG (exempl.): Schutzgebiete sind erforderlich zum Schutz von u.a. Lebensgemeinschaften, aus naturgeschichtlichen Gründen oder wegen ihrer besonderen Eigenart.

Die *ordnungsgemäße Landwirtschaft* ist schließlich an den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis nach § 17 BBodSchG zu messen; d.h. wenn nicht nach diesen Grundsätzen verfahren wird, dient die Landwirtschaft auch nicht den Zielen des Naturschutzgesetzes. Dies wäre eine weitere Konkretisierung des Naturschutzes, die allerdings den Praxistest erst noch zu bestehen hätte.

Ausblick

Aus der Sicht des Bodenschutzes (nicht im Sinne einer neuen Verwaltungseinheit) wird es künftig darauf ankommen, Bodenschutzbelange in Zulassungs- und Planungsverfahren verstärkt und begründet Berücksichtigung zu verschaffen. Dies bedeutet

die Fortentwicklung und Erprobung von Methoden zur Beschreibung und Bewertung von Bodenfunktionen, deren Einführung in die Verwaltungspraxis und die Durchsetzung eines nachhaltigen Bodenschutzes in den Entscheidungsverfahren.

Der Naturschutz kann hier Adressat (für mehr Bodenschutz) und Verbündeter zugleich sein.

Anmerkungen

¹⁾ Diese Gewißheit gibt es freilich erst seit der endgültigen Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes durch den Bundestag am 05.02. und der Zustimmung des Bundesrates am 06.02.98 (vgl. BR Drs. 90/98 vom 05.02.98). Das Gesetz tritt mit der überwiegenden Zahl seiner Vorschriften erst am 01. März 1999 in Kraft (BBodSchG vom 17. März 1998, BGBl. I S. 502).

²⁾ Bau- und Raumordnungsgesetz (BauROG) 1998 vom 18. August 1997 (BGBl. I S. 2081).

³⁾ §§ 1 Satz 3 und 2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 BBodSchG; wenn nicht anders angegeben beziehen sich die Zitate auf die Fassung des BBodSchG vom 05.02.98.

⁴⁾ Zu hoffen bleibt, daß die hier von manchen ausgemachte Belebung der Landschaftsplanung Wirklichkeit wird; vgl. WAGNER & MITSCHANG (1997): Novelle des BauGB 1998. Neue Aufgaben für die Bauleitplanung und die Landschaftsplanung.- DVBl. 1997: 1137-1140.

⁵⁾ vgl. Anm. 3.

⁶⁾ Es können u.a. Pflichten zur Vermeidung schädlicher Bodenveränderungen, zur Untersuchung, Eigenüberwachung, Sanierung oder Nutzungsbeschränkung sowie sonstige Pflichten zur Duldung oder Mitwirkung unterschieden werden.

⁷⁾ § 17 BBodSchG; allerdings fehlt die Ausgestaltung einer Pflicht ebenso wie die Anordnungsbefugnis der zuständigen Behörde und die Verordnungsermächtigung zur Konkretisierung der unbestimmten Rechtsbegriffe; die Vorsorgepflichten nach § 7 gelten darüberhinaus als durch die gute fachliche Praxis erfüllt.

⁸⁾ DEUTSCHER BUNDESTAG, AUSSCHUß FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (1997): Ausschußdrucksache 13/472, Teil IV: Anhörung des Ausschusses (...) am 19.02.1997 zum Thema "Bodenschutzgesetz", Stellungnahme des Umweltbundesamtes: 11.

⁹⁾ Das BNatSchG wird in § 3 BBodSchG nicht erwähnt.

¹⁰⁾ An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß die Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz (LANA) und die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) an einer gemeinsamen Konzeption zur Verwirklichung von Bodenschutzzielen u.a. durch Instrumente des Naturschutzes arbeiten, die den hier vorgetragenen Gedanken der Konkretisierung beinhaltet.

¹¹⁾ UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren.- Luft, Boden, Abfall, Heft 31; SCHRAPS & SCHREY (1997): Schutzwürdige Böden in Nordrhein-Westfalen. Bodenkundliche Kriterien für eine flächendeckende Karte zum Bodenschutz.- Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 160: 407; UMWELTBEHÖRDE HAMBURG (in Vorbereitung): Leitfaden Bewertung von Bodenfunktionen.

¹²⁾ Vgl. KIEMSTEDT, H.; S. OTT & M. MÖNNECKE (1996): Methodik der Eingriffsregelung, Teil III.- LANA, Schriftenreihe H.6: 20; vgl. auch HAPPE, MOHS ET AL. (1997): Bodenschutz und Landschaftsverbrauch.- Berlin: 126 f.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Hans Gabányi
Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg
Amt für Umweltschutz / Gewässer- und Bodenschutz
Billstraße 84
D-20539 Hamburg

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 Biotope beispielsweise ist daher fragwürdig, da die Böden und damit die Biozönosen dieser Biotope 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

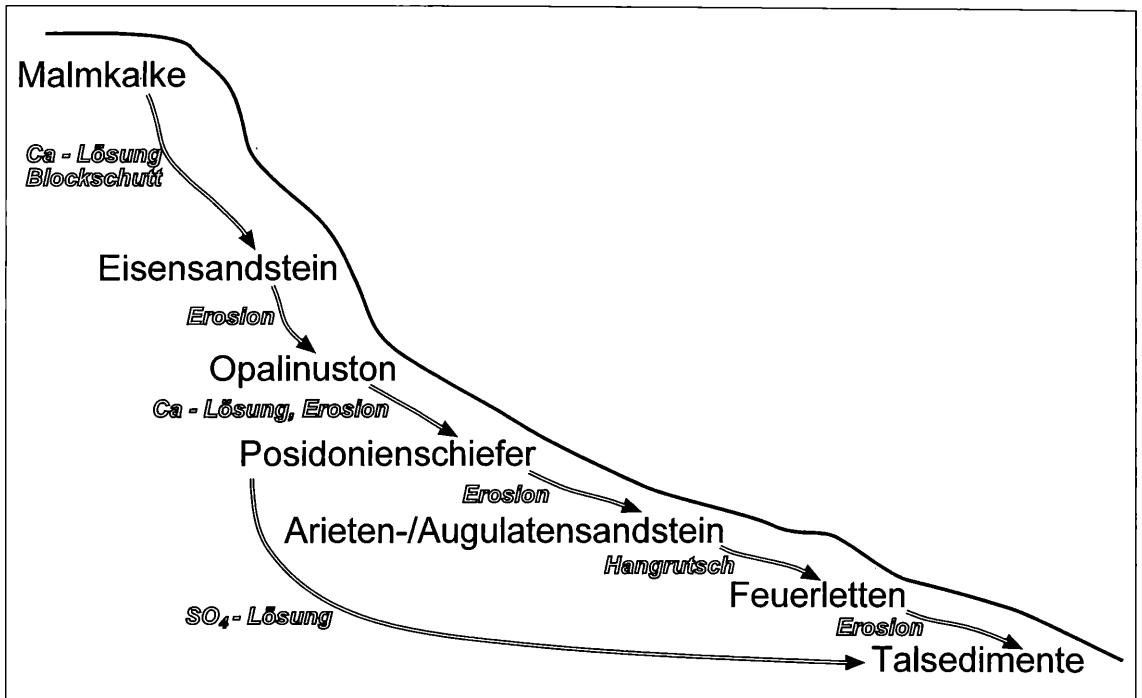


Abbildung 2

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

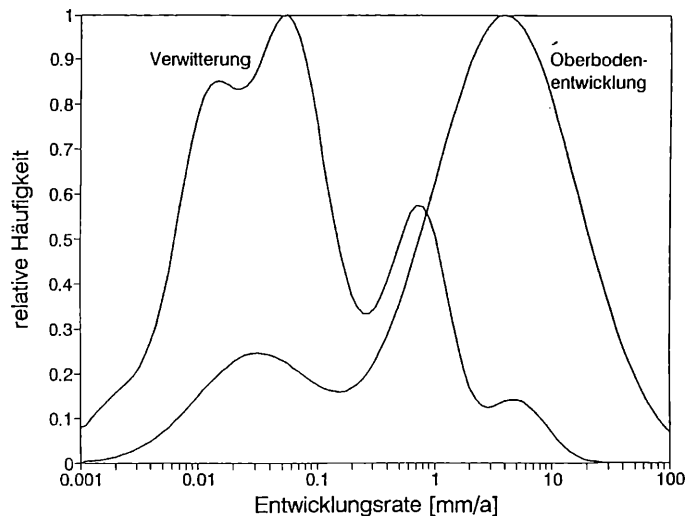


Abbildung 3

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

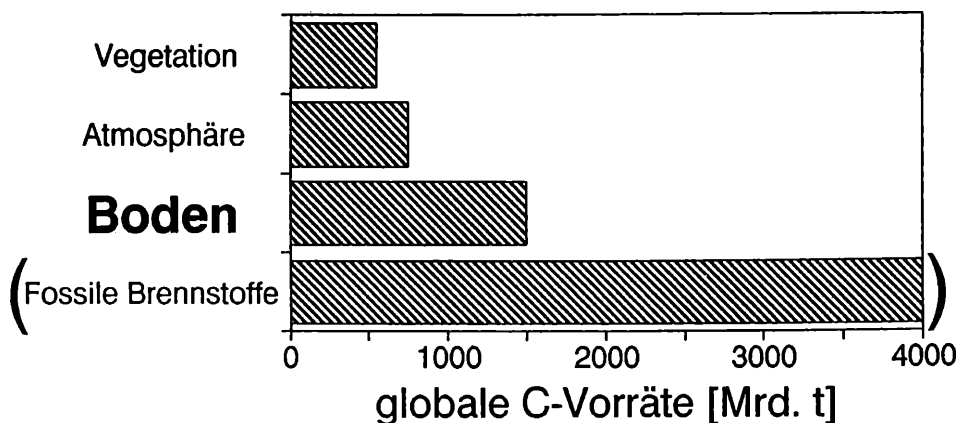


Abbildung 4

Globale Kohlenstoffvorräte (ohne Gewässer und Gesteine).

	Gesamtgewicht (g)	Anzahl (Größenordnung)
Größere Kleintiere:		
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
Kleintiere:		
Fadenwürmer	1	10^6
Milben	1	10^5
Springschwänze	0,	10^5
Rädertiere	0,01	10^4
tierische Mikroorganismen:		
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} m^{-2}), Strahlenpilzen (10^{13} m^{-2}), Pilzen (10^{11} m^{-2}) und Algen (10^8 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

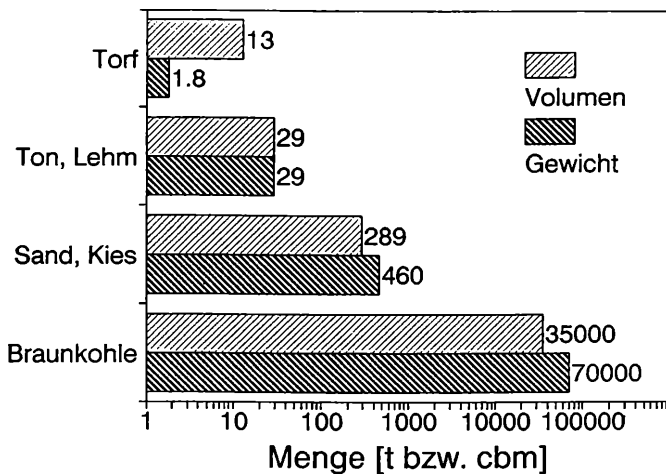


Abbildung 6

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.

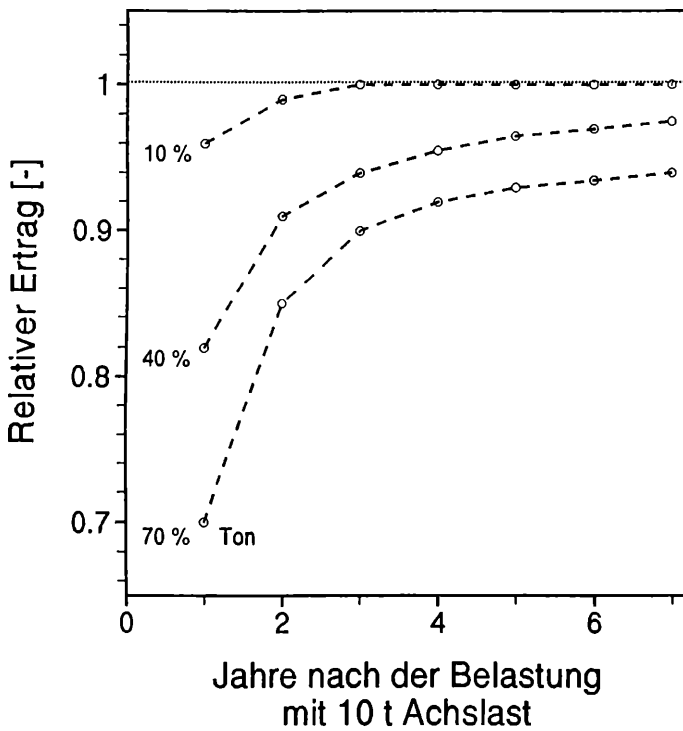


Abbildung 7

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

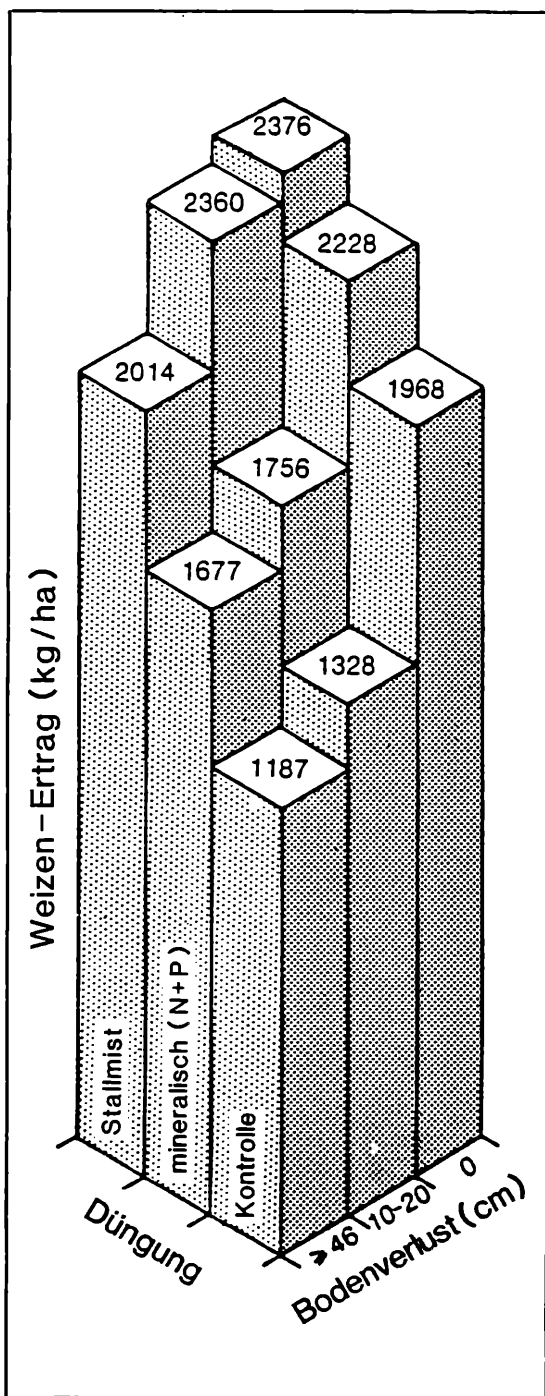


Abbildung 8

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.

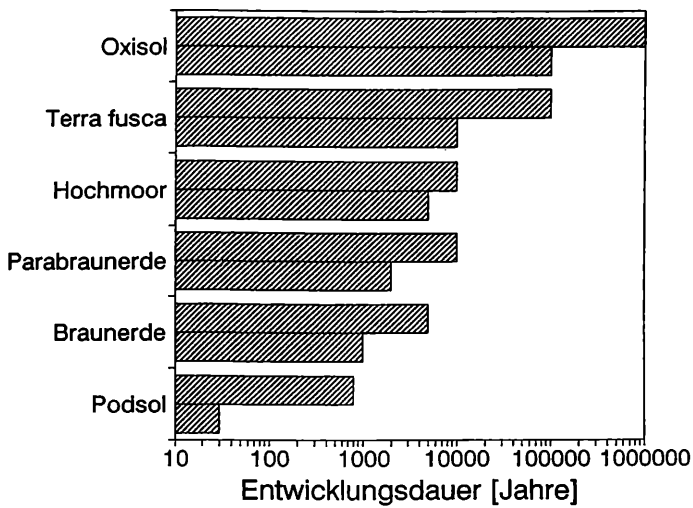


Abbildung 9

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

Datengrundlagen zum Boden und ihre Aufbereitung für naturschutzrelevante und planerische Fragestellungen

Walter MARTIN

1. Böden aus der Sicht der Datenverarbeitung

Böden treten in der Datenverarbeitung in zwei grundsätzlich unterschiedlichen Kategorien auf:

- *1. Realprofile*: Bodenprofile, die erbohrt oder aufgedigelt wurden, beschreiben die bodenkundliche Realität an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit.
- *2. Modellprofile*: Bodenprofile, die die Legende in einer Bodenkarte erläutern, geben das bodenkundliche Modell eines Landschaftsausschnittes wieder. Sie treten mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in einer Kartiereinheit zum Zeitpunkt der Kartenerstellung auf.

Der Zeitpunkt, zu dem ein Boden aufgenommen oder eine Bodenkarte erstellt wurde, wird betont, da sich Bodeneigenschaften ändern. Einige, wie die Verwitterungstiefe oder die Bodenart, tun dies nur sehr langsam. Andere Bodeneigenschaften ändern sich schnell, wie die Bodentemperatur oder die Bodenfeuchte. Eine Mittelstellung nehmen die Veränderungen des Stoffgehaltes, der Bodenreaktion oder des Humusgehaltes ein, die in Abhängigkeit der Standort- und Nutzungseinflüsse eintreten können. Bei einer Bodenkarte kommen weitere Faktoren wie Abgrabungen, Aufschüttungen oder Veränderungen des Wegenetzes und der Siedlungsgrenzen hinzu.

Beide Bodenprofilkategorien können in einer Datenbank im wesentlichen mit der gleichen Datenstruktur abgebildet werden (vgl. Abb. 1). Jedes Profil besteht aus Angaben zum Gesamtprofil, wie die Parameter "Bodentyp", "Substrattyp". Bei einem Realprofil treten noch die Angaben zum Standort, wie die Koordinaten, die Höhe oder Zuordnungen zu Nutzungs-, Verwaltungs- oder Naturraum-Einheiten hinzu. Bei der vollständigen Beschreibung können Bodenprofile die abhängigen Datensätze *Lagen* und *Proben* enthalten, die Profilausschnitte repräsentieren, die durch eine Ober- und eine Untergrenze definiert sind und die wiederum abhängige Datensätze wie *Horizonte* oder *Analysen* enthalten.

Lagen sind geogene Bildungen oder Ablagerungen, beispielsweise ein Lößpaket über Terrassenschotter oder mehrere übereinanderliegende periglaziale Deckschichten wie Fließerden. Jede Lage kann wiederum als abhängige Datensätze Angaben zu *Komponenten*, die bei der Geogenese abgelagert oder vermengt wurden, oder zu *Horizonten*, die sich bei

der Verwitterung einer Lage herausgebildet haben, enthalten.

Komponenten werden durch ihren Mengenanteil in der Lage und ihre Petrographie beschrieben. *Horizonte* haben eine Ober- und Untergrenze und werden durch das Horizontsymbol und weitere Parameter wie "Bodenartenuntergruppe", "Humusgehalt", "Carbonatgehalt" oder "Farbe" gekennzeichnet.

Proben werden in den bodenkundlichen Datenmodellen meist dem Profil zugeordnet und durch die Entnahmeober- und -untergrenze allgemein einer Tiefenstufe oder speziell einem Horizont zugeordnet. Wo wiederholt beprobt oder gemessen wird, ist zusätzlich ein Datum zu vermerken. Jede Probe kann eine oder viele *Analysen* auf unterschiedliche Parameter als abhängige Datensätze enthalten.

Bei Bodenkarten sind Flächen abgegrenzt, für die eine einheitliche bodenkundliche Beschreibung gegeben werden kann. Für diese Beschreibungen wurden die Geländebefunde (Realprofile) zusammengefaßt und zu Modellprofilen aggregiert. Je nach Maßstab der Karte und der Differenziertheit der abzubildenden Landschaft geben ein oder mehrere Modellprofile die Vergesellschaftung der Bodenausstattung in einer Legendeneinheit wieder.

Jede Legendeneinheit kann mehrere Modellprofile enthalten, wie auch ein Modellprofil in mehreren Legendeneinheiten auftreten kann. Daher werden die Modellprofile nicht direkt mit der Legendeneinheit verbunden, sondern über eine Zwischentabelle, dem *Legendenprofil* (Abb. 2). An dieser Zwischentabelle wird auch die Verbreitung eines Modellprofils in einer Legende gespeichert.

Die Blattrandlegende einer Bodenkarte gibt meist eine einfache Übersicht über die Bodenausstattung einer Legendeneinheit; eine detailliertere Beschreibung mit Modellprofilen enthalten die Erläuterungen zur Bodenkarte.

Zusammenfassend lassen sich Böden als räumliche Objekte mit geringer Tiefenerstreckung im Verhältnis zur flächenhaften Ausdehnung beschreiben, die sich mit der Zeit verändern. Bodendaten müssen daher stets im Zusammenhang mit dem Standortdaten und dem Aufnahmedatum betrachtet werden. Dabei lassen sich Tiefenzonen, Flächenareale und Zeitabschnitte finden, in denen je nach Genauigkeit des Untersuchungszieles die Bodeneigenschaften als "homogen" angesehen werden können. Dieser Zusammenhang spiegelt sich auch in der Aussage-

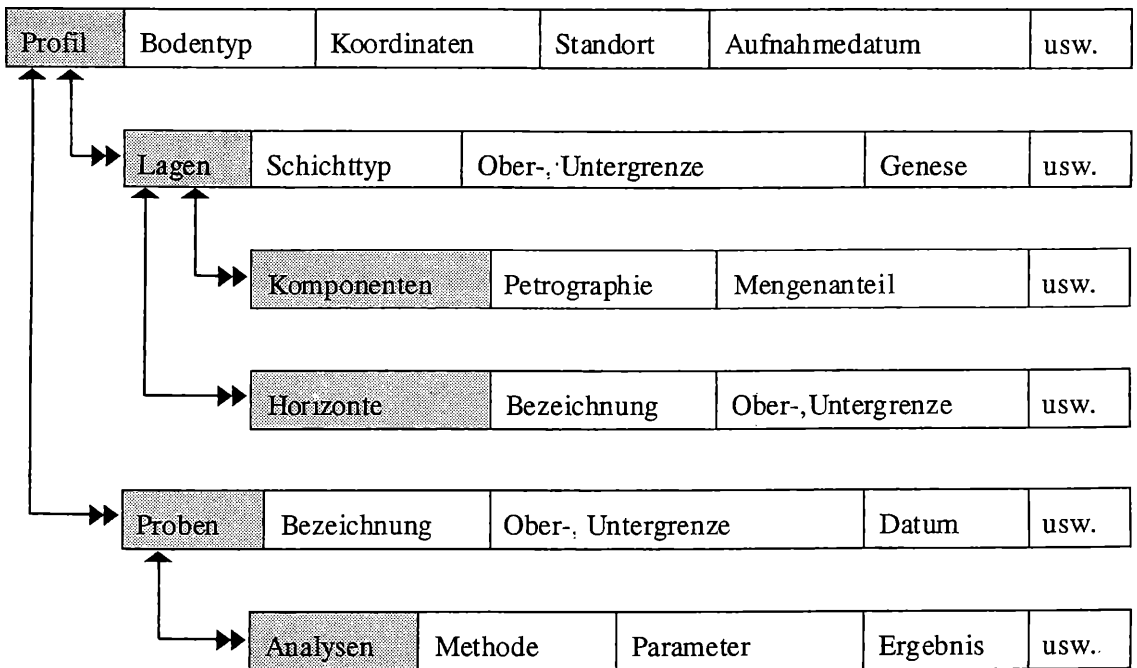


Abbildung 1
 Datenmodell eines Bodenprofils am Beispiel eines Realprofils.

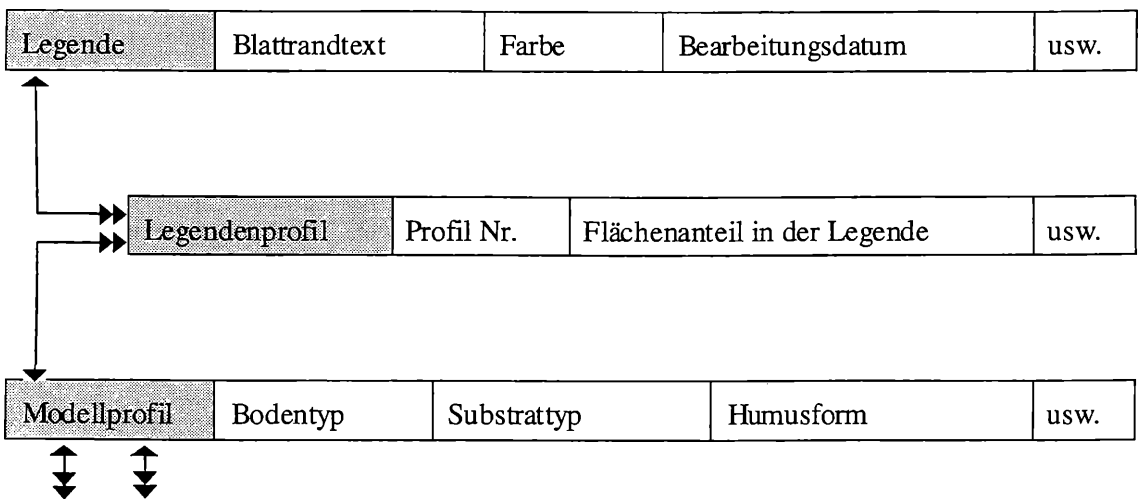


Abbildung 2
 Datenmodell einer Bodenkarte.

schärfe von Bodenkarten unterschiedlichen Maßstabes wieder.

2. Quellen für bodenkundliche Daten

Bodenkundliche Daten werden von unterschiedlichen Institutionen erhoben und gesammelt (siehe Tab. 1). Hervorzuheben sind die Bodenschätzungskarten, da sie bundesweit nach einheitlichen Kriterien erhoben wurden, allerdings nur für die landwirtschaftlich genutzten Flächen. Von besonderer Bedeutung sind auch die Bodeninformationssysteme (BIS), die von den geowissenschaftlichen Dien-

sten des Bundes und der Länder für ihren jeweiligen Zuständigkeitsbereich aufgebaut werden, wie das BIS-BY in Bayern oder das NIBIS in Niedersachsen.

Die Bedeutung der BIS ergibt sich aus dem Umfang der dort vorgesehenen und gespeicherten Daten. Ein Teil der Daten liegt bereits in digitaler Form in Datenbanken oder GIS-Objekten vor. Ältere Aufnahmen sind nur in analoger Form vorrätig.

Datenorganisatorisch können die BIS in folgenden Datengruppen geteilt werden:

*Punkt*daten, Beschreibungen realer Bodenprofile. Hierzu gehören auch die Beschreibungen

Tabelle 1

Zusammenstellung der Institutionen, die bodenkundliche Daten sammeln und vertreiben.

Allgemeine Bezeichnung der Institution	Bezeichnung der Datenquelle	Anschrift der bayerischen Bezugsquellen
Geowissenschaftliche Dienste	BodenInformationsSystem (BIS)	Geologisches Landesamt Heßstraße 128 80797 München
Fiskalische Behörden	Bodenschätzungskarten	Landesvermessungsamt Alexandrastraße 4 80538 München
Forstliche Dienste	Forstliche Standortkartierung	Forstdirektionen in den Regierungsbezirken
Landwirtschaftliche Dienste	Landwirtschaftliche Standortkarte (Agrarleitplan)	Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur Infanteriestraße 1 80797 München
Umweltbehörden	Altlastenkataster	Landesamt für Umweltschutz Rosenkavaliersplatz 3 81925 München
Kommunale Behörden	Kommunale Informations Systeme (KIS)	Verschiedene Gemeinden

geologischer Bohrungen, Brunnen, Pegel, geotechnischer Meßstellen und geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte.

Flächendaten, das sind Bodenkarten, geologische Karten, hydrogeologische Karten, sowie daraus abgeleitete Karten zu Schutzfunktionen, Belastungen oder Risiken.

Zeitreihen, das sind wiederholte Beobachtungen z.B. an den Bodendauerbeobachtungsflächen, die ein Monitoring auf Veränderungen erlauben.

Thematisch umfassen die BIS folgenden Bereiche:

Bodendaten mit den bodenkundlichen Profilbeschreibungen, Bodenkarten und Bodenmonitoring z.B. der Bodenkataster Bayerns (Abb. 3) im Fachinformationssystem (FIS) Bodenkunde; Geologische Profile und Bohrungen mit geologischen Karten im FIS-Geologie;

Brunnen, Quellen, Pegel, hydrogeologische Karten, Schutzfunktionskarten der Grundwasserüberdeckung im FIS-Hydrogeologie;

Lagerstättendaten und Karten der oberflächennahen Rohstoffe im FIS-Rohstoffe;

Geotechnische Meßstellen und Hangrutschungskarten im FIS-Ingenieurgeologie;

Geophysikalische Daten im FIS Geophysik.

3. Bodenfunktionen aus planerischer Sicht sowie Aufbereitung der Bodendaten für Naturschutz und planerische Fragestellungen

Bodenfunktionen können, wie auch die Beiträge dieses Bandes zeigen, sehr unterschiedlich definiert und gegliedert werden. Die folgende Gliederung von Bodenfunktionen (SCHRAPPS &

SCHREY 1997) lehnt sich an das Bundesbodenschutzgesetz an.

Unterschieden werden:

1. Ökologische Bodenfunktionen
 - 1.1 Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Menschen
 - 1.2 Effizientes Filter-, Puffer- und Speicherungssystem
 - 1.3 Biologisch-chemischer Reaktor
2. Sozioökonomische Bodenfunktionen
 - 2.1 Produktionsgrundlage für Nahrungs- und Futtermittel sowie pflanzliche Rohstoffe
 - 2.2 Grundlage für Siedlung, Gewerbe und Verkehr
 - 2.3 Lagerstätte für mineralische Rohstoffe, Energie und Abfall
 - 2.4 Sachwertanlage
3. Immaterielle Bodenfunktionen
 - 3.1 Prägendes Landschaftselement mit Erlebnis- und Erholungswert
 - 3.2 Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

Das BIS hat nicht nur die Aufgabe Daten über den Boden und den tieferen Untergrund zu sammeln und für Auswertungen verfügbar zu machen, sondern auch Methoden für die Bewertung wichtiger Bodenfunktionen zu sammeln (HENNINGSS 1994) und in geplanten Methodenbanken (AD-HOC AG 1993) für Auswertungen zur Verfügung zu stellen. So liegen in der Methodensammlung der Geologischen Dienste 25 Methoden mit zusammen 78 Bewertungsregeln zu den Bodenfunktionen 1.1, 1.2, 1.3 und 2.1 vor. Durch die Einbindung der FIS-Rohstoffe in das BIS wird die Bodenfunktion 2.3 integriert. Die Bodenfunktion 3.2 berücksichtigt das Bodenin-

BODENKATASTER BAYERN

Boden-Flächeninventur	Boden-Grundinventur	Boden-Beobachtung und Beweissicherung
	<p>Erfassung der Böden Aufzeichnung der Boden- und Standorteigenschaften Bodenprofil Ausgangsmaterial Standorteigenschaften - Stoffbestand</p>	
<p>Basiskarten Standortkundliche Bodenkarte ca. 17% der Landesfläche (LF) Konzeptbodenkarte 1:25000 ca. 30% der LF Bodenschätzungskarten 1:25000 ca. 95 % der LF Bodenübersichtskarten 1:200 000 und 1:500 000</p>	<p>Speicherung der vorliegenden Information über die Böden in speziellen Datenbanken für: Punktdaten - Labordaten - Flächendaten</p>	<p>Boden-Dauerbeobachtungsflächen Überwachung von Bodenveränderungen repräsentativen Standorten (Acker, Grünland, Wald, Heiden, Wildrasen, Moore, Streuwiesen)</p>
<p>Bodenzustandskarten Flächenhafte Dokumentation der Ist-Zustände der Böden (z.B. Hintergrundwerte von Problemstoffen)</p>	<p>Bereitstellung von standardisierten Auswertungsmethoden Verknüpfung der Sachdatenbanken mit Geographischen Informationssystemen</p>	<p>Bodenmeßnetz zur flächenintensiven Zustandserfassung und Beweissicherung in Industrie und Ballungsräumen sowie Flußauen</p>
<p>Auswertungskarten Flächenhafte Aussage über die potentielle Gefährdung der Böden</p>		<p>Bodenprobenbank Stoffliche Dokumentation des Ist-Zustandes</p>

Abbildung 3

Der Bodenkataster des Bayerischen Geologischen Landesamtes.

formationssystem in der Sammlung der Geotope (LAGALLY ET AL. 1993). Die Funktionen 2.2, 2.4 und 3.1 werden überwiegend nicht nach geowissenschaftlichen Gesichtspunkten beurteilt, obwohl auch zu diesen Funktionen das BIS unterstützende Information liefern kann.

Literatur

AD-HOC AG (1993): Aufgaben und Funktionen von Methodenbanken des Bodeninformationssystems als Teil von Umweltinformationssystemen.- Ad-hoc-Arbeitsgruppe "Kernsysteme und Methodenbanken" des Arbeitskreises "Bodeninformationssysteme" der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO); Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.

HENNINGS, V. (1994) Methodendokumentation der Bodenkunde.- Geol. Jb. F 31, Hannover: 242 S.

LAGALLY, U.; W. KUBE & H. FRANK (1993): Geowissenschaftlich schutzwürdige Objekte in Oberbayern.- Bayerisches Geologisches Landesamt, München.

SCHRAPS, W.G. & H.P. SCHREY (1997): Schutzwürdige Böden Nordrhein-Westfalens.- Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 160: 407-412.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Walter Martin
Bayerisches Geologisches Landesamt
Heßstraße 128
D-80797 München

Beispiele für die Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit von Böden

- aufgezeigt anhand von Auswertungen verschiedener Boden- und Standortskarten

Friedrich WELLER

Für die Beurteilung der Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit von Böden einschließlich ihrer räumlichen Verteilung im Gelände können Boden- und Standortskarten wertvolle Hilfen geben. Ehe im folgenden Beitrag diesbezügliche Auswertungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, sei zunächst der Frage nachgegangen, welche Kriterien die Bewertung von Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit bestimmen. Daran anschließend wird zu prüfen sein, inwieweit die verschiedenen Karten qualitative und quantitative Aussagen speziell zu diesen Kriterien ermöglichen.

1. Kriterien für die Schutzwürdigkeit und Erhaltenswürdigkeit von Böden

Vor jeder weiteren Differenzierung ist festzustellen, daß grundsätzlich alle Böden Schutz und Erhaltung verdienen. Sie sind wie Luft und Wasser, Pflanzen und Tiere ein wertvolles Naturgut. Dieses Naturgut hat sich im Lauf einer mehr oder weniger langen, meist Jahrtausende währenden Sukzession aus dem Zusammenspiel von Lithosphäre, Hygrosphäre, Atmosphäre und Biosphäre entwickelt (vgl. Abb. 1). Die so entstandene Pedosphäre, d.h. der Boden, kann je nach Art und Intensität der wirksamen Teilspären und nach der Dauer der Sukzession sehr verschiedene Eigenschaften haben. Dadurch wirken

die Böden ihrerseits wieder sehr unterschiedlich auf die Biosphäre ein. Sie stellen damit einen ganz wesentlichen Bestandteil zumindest jedes terrestrischen Ökosystems dar, dessen Lebensgemeinschaften sie nachhaltig prägen. Daraus folgt u.a., daß nachhaltiger Naturschutz genauso wie nachhaltige Landnutzung den Schutz und Erhalt von Böden voraussetzt. Darüber hinaus erfüllen Böden innerhalb der Ökosysteme wichtige Funktionen als Speicher, Puffer und Filter im Wasser- und Stoffhaushalt ganzer Landschaften (vgl. auch den Beitrag von AUERSWALD in diesem Band).

Und schließlich haben die bodenbildenden Prozesse im Verlauf der Sukzession Spuren hinterlassen, aus denen Rückschlüsse auf die Art, Intensität und Dauer ihrer Einwirkung gezogen werden können, wodurch Böden zu wertvollen Dokumenten der Landschaftsgeschichte werden. Diese Aussage bezieht sich keineswegs nur auf die dafür besonders bekannt gewordenen Moorböden, sondern gilt generell auch für mineralische Böden, in denen sich die Landschaftsgeschichte durch zahlreiche Spuren von stofflichen Umlagerungs- und Umwandlungsprozessen und dadurch bedingte Schicht- und Horizontbildungen manifestiert. Wird ein solcher Boden abgeschoben, so ist das Dokument beseitigt - und zwar unwiederbringlich! Denn auch die sorgfältigste Wiedereinbringung kann den ursprünglichen

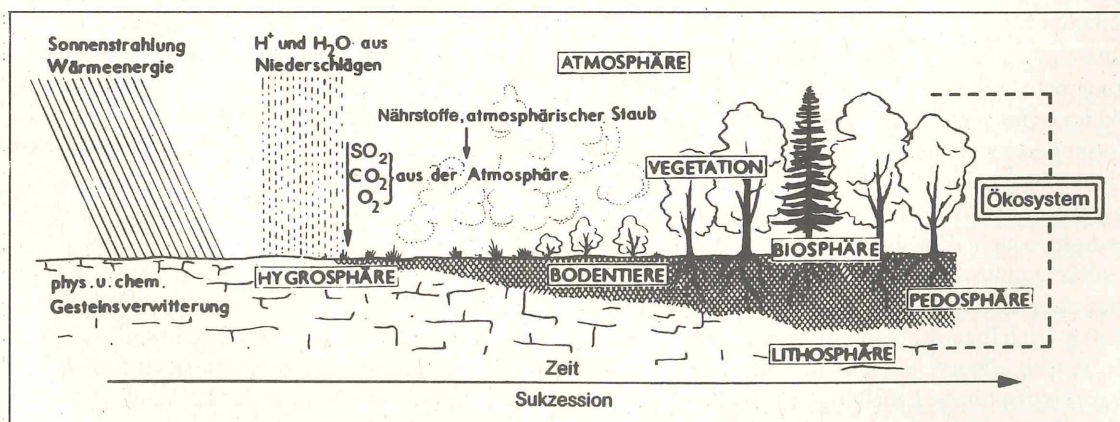


Abbildung 1

Schematische Darstellung der Boden- und Vegetationsentwicklung als Sukzession in Abhängigkeit von der Zeit (aus SCHREIBER 1980).

Aufbau nicht wiederherstellen!

So gesehen ist jeder Boden schutzbedürftig und erhaltenswürdig. Dies sollte man sich generell vor jedem Eingriff in einen Boden vergegenwärtigen - zumal in einer Zeit, in der alles für machbar gehalten wird und die moderne Technik Eingriffe in einem früher unvorstellbaren Ausmaß und Tempo ermöglicht. Selbstverständlich werden sich auch in Zukunft Eingriffe nicht vermeiden lassen. Die Frage an den Bodenschützer lautet dann: Wo und in welchem Umfang sind solche Eingriffe am ehesten zu tolerieren? Dafür ist eine gestaffelte Bewertung der Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit notwendig. An welchen Kriterien soll sie sich orientieren? Ein wichtiges Kriterium ist zweifellos die Häufigkeit bzw. Seltenheit eines bestimmten Bodens. Ähnlich wie seltene gegenüber weit verbreiteten Tier- und Pflanzenarten einen erhöhten Schutzstatus genießen, sollten auch seltene "vom Aussterben bedrohte" Böden in einer Art "Roter Liste" erfaßt werden. Darüber hinaus verdienen auch solche Böden, die zwar weniger selten, jedoch für eine Landschaft besonders typisch und aussagekräftig sind, einen erhöhten Schutz.

Im übrigen wird man sich an den Funktionen, welche die Böden in den Ökosystemen und im gesamten Landschaftshaushalt erfüllen, orientieren müssen. Hierbei können sich jedoch für ein und denselben Boden gravierende Unterschiede der Bewertung ergeben, je nachdem, welche Funktionen man betrachtet. So kommt z.B. flachgründigen, durchlässigen, trockenen Böden sowohl als Speicher, Puffer und Filter wie auch als Grundlage für die land- und forstwirtschaftliche Produktion nur eine geringe Wertstufe zu, während sie als Biotop für Trockenrasengesellschaften mit zahlreichen seltenen Arten eine herausragende Bedeutung haben. Ähnliches gilt für feuchte und nasse Böden hinsichtlich ihrer Bedeutung als Feuchtbiotope. Umgekehrt verdienen tiefgründige, fruchtbare, frische Lehmböden eine hohe Einstufung hinsichtlich ihrer Speicher-, Puffer- und Filterfunktion sowie ihres Ertragspotentials. Dagegen scheiden sie sowohl als Trocken- wie auch als Feuchtbiotope für seltene Tier- und Pflanzenarten aus.

Letzteres hat dazu geführt, daß nicht wenige Planer fruchtbare Ackerböden mit dem Prädikat "geringe ökologische Wertigkeit" versehen. Diese einseitige Formulierung ist in doppelter Hinsicht irreführend: Erstens ist Ökologie als Naturwissenschaft zunächst wertfrei - eine "ökologische Wertigkeit" an sich gibt es deshalb nicht. Eine Bewertung setzt erst die Frage "wofür" voraus. Daraus folgt zweitens, daß die ökologischen Eigenschaften eines und desselben Bodens je nach Fragestellung ganz verschieden bewertet werden können. Sie sind bei einem fruchtbaren Ackerboden für die Erhaltung von Arten der Trocken- oder Feuchtbiotope zweifellos "wenig wert", um so wertvoller jedoch für die Biomasseproduktion und damit als land- und forstwirtschaftliches Ertragspotential sowie für die Speicher-, Puffer- und Filtereigenschaften.

Um zu einer ausgewogenen Bewertung für die Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit zu kommen, müssen wir die unterschiedlichsten Funktionen der Böden bewerten. Entsprechend werden in einem vom Umweltministerium Baden-Württemberg herausgegebenen Leitfaden (LEHLE ET AL. 1995) folgende Funktionsgruppen als Bewertungsgrundlagen genannt:

Lebensraum für Bodenorganismen,
Standort für die natürliche Vegetation,
Standort für Kulturpflanzen,
Ausgleichskörper im Wasserkreislauf,
Filter und Puffer für Schadstoffe,
landschaftsgeschichtliche Urkunde.

Für jede Funktionsgruppe wird zunächst eine gesonderte Bewertung anhand einer fünfstufigen Skala vorgenommen, die dann in eine abschließende Gesamtbewertung eingeht.

2. Auswertung von Boden- und Standortskarten für den Bodenschutz

Nachdem die für eine Bewertung entscheidenden Funktionen der Böden benannt sind, können wir jetzt der Frage nachgehen, welche Angaben zu diesen Funktionen die verschiedenen Boden- und Standortskarten enthalten und wie diese für eine solche Bewertung am besten aufbereitet werden. Ohne eine spezielle Aufbereitung ist der Karteninhalt nur unvollständig zu erschließen, da die Karten in aller Regel nicht primär unter dem Aspekt des Bodenschutzes erstellt wurden. Die gebotenen Auswertungsmöglichkeiten sollen für drei Kategorien von Karten geprüft werden:

Bodenschätzungskarten,
Bodenkarten,
Standortskarten.

Vorab ist festzustellen, daß bei allen drei Kartenarten die Datenlage für eine Einstufung der Leistungsfähigkeit als "Lebensraum für Bodenorganismen" derzeit nicht hinreichend ist und daß sich auch für die Bewertung als "landschaftsgeschichtliche Urkunde" nur sehr unvollständige oder gar keine Hinweise finden. Die folgenden Ausführungen beschränken sich deshalb im wesentlichen auf die edaphischen Standortseigenschaften für die Vegetation und auf die Ausgleichsfunktionen im Wasser- und Stoffhaushalt.

2.1 Bodenschätzungskarten

Für die Karten der finanzamtlichen Bodenschätzung (früher Reichsbodenschätzung) gilt in besonderem Maße, daß sie primär nicht unter dem Aspekt des Bodenschutzes erstellt wurden. Außerdem kann man gegen ihre Verwendung im modernen Bodenschutz einwenden, daß sie auf dem Wissensstand der 20er/30er-Jahre basieren. Wenn sie hier trotzdem berücksichtigt werden, so hat dies drei ganz wichtige Gründe:

Tabelle 1

Bewertung von Böden als "Standort für Kulturpflanzen" nach der Acker- oder Grünlandzahl (aus LEHLE ET AL. 1995).

Acker- oder Grünlandzahl	Bewertungsklasse
> 75	5
61 - 75	4
41 - 60	3
28 - 40	2
< 28	1

Tabelle 2

Bewertung von Böden als "Standort für natürliche Vegetation" nach der Acker- oder Grünlandzahl (aus LEHLE ET AL. 1995).

Acker- oder Grünlandzahl	Bewertungsklasse
< 20	5
20 - 27	4
28 - 40	3
41 - 60	2
> 60	1

Tabelle 3

Bewertung von Böden als "Standort für natürliche Vegetation" nach Zeichenkombinationen im Klassenzeichen oder nach Anmerkungen in der Schätzungskarte (aus LEHLE ET AL. 1995).

Besonderheit	Bewertungsklasse	Klassenzeichen	Bewertungsklasse
HU	5	_5 Vg und _6 Vg	4
Ger	5	_7 Vg	5
		Mo 4 oder 5 (Acker)	4
		Mo 6 oder 7 (Acker)	5
Wasserverhältnisse im Grünland		Mo II (Grünland)	4
5 oder 5 ⁻	5	Mo III (Grünland)	5
4 oder 4 ⁻	4		

Die Karten liegen bundesweit flächendeckend für alle landwirtschaftlich genutzten Flächen vor. Sie wurden nach einheitlichen Kriterien erstellt und sind somit bundesweit vergleichbar.

Sie ermöglichen dank ihrem großen Maßstab (meist 1:2.500) parzellenscharfe Aussagen.

Diese drei Voraussetzungen werden bislang von keinem anderen bodenkundlichen Kartenwerk erfüllt. Deshalb wird man trotz aller Mängel, die den Bodenschätzungskarten anhaften, in vielen Fällen beim Bodenschutz auch weiterhin auf diese Unterlagen zurückgreifen müssen.

Am einfachsten sind die Verhältnisse bei der Bewertung der Funktion "Standort für Kulturpflanzen", da dies der ursprünglichen Intention der Bodenschätzung, nämlich einer Bewertung der Ertragsfähigkeit der Böden, am nächsten kommt. Deshalb können die Acker- oder Grünlandzahlen hierfür direkt herangezogen werden, wobei sie zweckmäßigerweise zu einigen wenigen Bewertungsklassen zusammengefaßt werden, wie dies beispielsweise der "Leitfaden" des Umweltministeriums Baden-Württemberg (LEHLE ET AL. 1995) vorsieht (Tabelle 1).

Auch für die Bewertung der Funktion "Standort für die natürliche Vegetation" können die Acker- und

Grünlandzahlen Hinweise geben, insbesondere wenn man - wie in besagtem "Leitfaden" - darunter in erster Linie die Vegetation der Trocken- und Feuchtbiotope einschließlich der Halbkulturformationen versteht. In diesem Fall erhalten - umgekehrt wie bei der Bewertung für die Kulturpflanzen - die Böden mit den niedrigsten Acker- oder Grünlandzahlen die höchste Wertstufe (Tabelle 2). Dem liegt die Annahme zugrunde, daß es sich dabei i.d.R. um Trocken- oder Feuchtstandorte handelt. Dies kann bei Grünland aus der Angabe der Wasserstufe (4⁻ und 5⁻ für trocken bzw. dürr, 4 und 5 für feucht bzw. naß) noch weiter untermauert werden. Beim Ackerland fehlen entsprechende Angaben zur Wasserstufe. Hier kann man sich an den Klassenzeichen weiter orientieren. So sieht der "Leitfaden" hohe Bewertungsklassen für ± flachgründige, steinige Böden (_5Vg - _7Vg) sowie für eine Reihe von Moorböden (Mo) vor. Böden, die in der Schätzungskarte als Hutung (Hu) oder Geringstland (Ger) ausgewiesen sind, werden generell der höchsten Bewertungsklasse zugeordnet (Tabelle 3).

Ist schon die Bewertung der Böden als "Standort für die natürliche Vegetation" mit einigen Unsicherheiten behaftet, so gilt dies noch mehr für deren Rolle

Tabelle 4

Orientierungsrahmen zur Berücksichtigung der Bodenfunktionen bei der Beurteilung der Bedeutung für den Bodenschutz (aus LEHLE ET AL. 1995).

Vorkommen der Bewertungsklassen für die einzelnen Funktionen		Bedeutung für den Bodenschutz (= Schutzwürdigkeit)
≥ 1 x 5	→	sehr hohe Bedeutung
≥ 2 x 4	→	hohe Bedeutung
1 x 4 oder ≥ 2 x 3	→	bedeutend
< 2 x 3	→	wenig bedeutend

Tabelle 5

Beispiele für die Bewertung der Schutzwürdigkeit von Böden anhand der Bodenschätzung (Bewertungsklassen 1 bis 5).

Bewertete Funktion	Bezeichnung in den Bodenschätzungskarten			
	L 3 Lö 78/76	LT 5 V 50/48	SL 6 Vg 26/22	IS III c 4 ⁻ 12 Hu
Standort für Kulturpflanzen	5	3	1	1
Standort für die natürliche Vegetation	1	2	4	5
Ausgleichskörper im Wasserkreislauf	4	2	2	2
Filter und Puffer für Schadstoffe	4	4	1	1
Vorläufige Gesamtbewertung	sehr hoch	bedeutend	bedeutend	sehr hoch

im Wasser- und Stoffhaushalt einer Landschaft. Trotzdem lassen sich auch hierfür Rückschlüsse aus den Bodenschätzungskarten ziehen. So enthält der "Leitfaden" auch Bewertungsrahmen für die Funktionen "Ausgleichskörper im Wasserkreislauf" und "Filter und Puffer für Schadstoffe", die unmittelbar auf dem Acker- und Grünland-Schätzungsrahmen basieren. Darin sind Böden mit mittleren Bodenwerten und guten Zustandsstufen dank ihrer hohen Speicherleistung für verfügbares Wasser als "Ausgleichskörper im Wasserkreislauf" hoch (4-5), ausgesprochen sandige oder tonige Böden sowie allgemein schlechte Zustandsstufen dagegen niedrig (2-3) eingestuft. Hinsichtlich der Funktion "Filter und Puffer für Schadstoffe" rangieren tonreiche Böden guter Zustandsstufen in der höchsten Bewertungs-klasse (5), sandige Böden schlechter Zustandsstufen dagegen in der niedrigsten (1). Die kompletten Bewertungsrahmen sind besagtem "Leitfaden" (LEHLE ET AL. 1995) zu entnehmen.

Bei der abschließenden Bewertung gilt es nun, alle genannten Funktionen zu berücksichtigen. Tabelle 4 zeigt den Orientierungsrahmen, den der "Leitfaden" hierfür vorgibt.

Für eine Eingruppierung in die höchste Kategorie der Schutzwürdigkeit genügt es also, wenn auch nur eine der berücksichtigten Funktionen eines Bodens die Bewertungs-klasse 5 aufweist; andererseits gilt ein Boden für den Bodenschutz als wenig bedeu-

tend, der nicht wenigstens zweimal die Bewertungs-klasse 3 erreicht. Als Beispiele zeigt Tabelle 5 vier verschiedene Einheiten aus Bodenschätzungskarten mit ihren Klassenzeichen und Bodenzahlen sowie deren Bewertung für den Bodenschutz. Im ersten Fall handelt es sich um eine tiefgründige Parabraunerde aus Löß, im zweiten um einen mittelgründigen Braunerde-Pelosol aus Tonmergeln, im dritten um eine flachgründige Rendzina aus durchlässigem Kalkstein. Auch der vierte Boden ist eine Rendzina, doch wird er wegen seiner besonderen Flachgründigkeit und extensiven Nutzung als Hutung geführt, während die drei anderen Böden nach dem Ackerschätzungsrahmen eingestuft wurden.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, hat sowohl die tiefgründige Parabraunerde (L3 Lö 78/76) als auch die flachgründige Rendzina unter der Hutung (IS III c 4⁻ 12 Hu) eine sehr hohe Bedeutung für den Bodenschutz, da beide je einmal die Bewertungs-klasse 5 erreichen - die eine wegen ihrer hervorragenden Eignung für den Anbau von Kulturpflanzen, die andere als Biotop für eine seltene naturnahe Vegetation. Die beiden anderen Böden fallen demgegenüber deutlich ab, rangieren aber doch noch im mittleren Bereich - dank der Bewertungs-klasse 4 bei der Funktion "Filter und Puffer für Schadstoffe" (Braunerde-Pelosol) bzw. "Standort für die natürliche Vegetation" (Acker-Rendzina).

Die Bewertungsklassen für die einzelnen Funktio-

Tabelle 6

"Ableitungskenngrößen" zur Bewertung einiger Bodenfunktionen auf der Grundlage von Bodenkarten (nach LEHLE ET AL. 1995).

Bodenfunktion	Ableitungskenngrößen
Standort für Kulturpflanzen	Wasserhaushalt der Böden (bodenkundliche Feuchtestufe)
Standort für die natürliche Vegetation	Wasserhaushalt (bodenkundliche Feuchtestufe) und Nährstoffangebot der Böden Verbreitung (Seltenheit) von Böden mit ähnlichen Ausprägungen der o. g. Standortseigenschaften im Betrachtungsraum Ausmaß der anthropogenen Veränderung der Böden
Ausgleichskörper im Wasserkreislauf	Wasserleitfähigkeit bei Sättigung (Kf), nutzbare Feldkapazität (nFK) und Luftkapazität (LK)
Filter und Puffer für Schadstoffe	pH-Wert und/oder Carbonatgehalt, Humusgehalt (-menge), Tongehalt (-menge), hydromorphe Merkmale und Humusform

nen wie auch die darauf aufbauende Gesamtbewertung lassen sich ohne besondere Hilfsmittel direkt aus den in den Bodenschätzungskarten enthaltenen Daten ableiten. Sie können außerdem durch Farben auf Kopien der Bodenschätzungskarten leicht in ihrer räumlichen Verteilung veranschaulicht werden, ähnlich den verkleinerten Bodenschätzungskarten 1:10.000 des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg (BSK 10). Diese Vorteile dürfen jedoch nicht zu einem unkritischen Schematismus verführen, da die Auswertung der auf wenigen Kriterien basierenden Bodenschätzung mit verschiedenen Annahmen und damit erheblichen Unsicherheiten verbunden ist. Deshalb kann die Gesamtbewertung nur als vorläufig gelten. Sie ist zumindest durch Auswertungen der Grablochbeschriebe sowie durch stichprobenartige Überprüfungen im Gelände zu ergänzen. Dabei ist u.a. auch auf die in den Bodenschätzungskarten überhaupt nicht berücksichtigte Bedeutung als landschaftsgeschichtliche Urkunde zu achten. Dazu zählen "naturgeschichtliche Urkunden", wie die Seltenheit, die wissenschaftliche Bedeutung für die geologische, mineralogische und paläologische Forschung sowie die Ausprägung und Eigenart der abgelaufenen und ablaufenden pedogenetischen und geogenetischen Prozesse, aber auch "kulturgeschichtliche Urkunden", wie Zeugnisse spezieller Bewirtschaftungsformen und darin konservierte Siedlungs- und Kulturreste, die im Sinn der Denkmalpflege, der Landeskunde und der archäologischen Forschung schützenswert sind.

2.2 Bodenkarten

Im Vergleich zu den Bodenschätzungskarten enthalten moderne Bodenkarten einschließlich ihrer Erläuterungshefte wesentlich mehr und differenzierte Informationen für die Beurteilung der Bodenfunktionen. In dieser Informationsfülle liegt aber auch eine nicht geringe Problematik für die Umsetzung in die Planungspraxis. Zwar wirken die Bodenkarten der Geologischen Landesämter mit ihren Farben und ihren den tatsächlichen Verhältnissen im Gelände besser entsprechenden abgerundeten Grenz-

verläufen wesentlich übersichtlicher und naturnäher als die weitgehend farblosen Bodenschätzungskarten mit ihren aus Gründen der besseren Berechenbarkeit durch gerade Linien abgegrenzten Vierecken. Abgrenzung und Farbgebung der Kartiereinheiten richten sich nach Bodentyp und Bodenform bzw. - bei kleineren Maßstäben - nach den durch diese charakterisierten Bodengesellschaften und Bodenlandschaften. Für den Bereich eines Meßtischblattes 1:25.000 ergeben sich dabei je nach Gebiet ca. 30 bis 50 verschiedene Bodengesellschaften, für die größeren Bereiche eines Blattes 1:200.000 trotz stärkerer Zusammenfassung über 100 Bodenlandschaften.

Bei so vielen Farbnuancen wird die Unterscheidung im einzelnen schwierig. Trotzdem vermitteln die Karten bei durchdachter Farbwahl einen plastischen Eindruck von den Landschaften, lassen Form, Größe, Häufigkeit, Verteilung und gegenseitige Verzahnung der Bodengesellschaften bzw. -landschaften gut erkennen. Sie fördern damit auch die für eine Beurteilung der Schutzwürdigkeit wichtige gesamtheitliche Betrachtungsweise.

Weitere Angaben über die ökologischen Eigenschaften der verschiedenen Böden sind den Karten unmittelbar nicht zu entnehmen. Sie finden sich jedoch in den ausführlichen Legenden am Kartenrand und in den Erläuterungsheften. Deren Auswertung ergibt wesentlich besser fundierte Aussagen über die Bodenfunktionen als die Daten der Bodenschätzung. Diese Auswertung erfordert jedoch eine - an sich durchaus erwünschte - vertiefte Einarbeitung des Planers in den Karteninhalt. Erschwerend kommt hinzu, daß die vorhandenen Karten in Aufbau und Inhalt der Erläuterungen vielfach noch nicht den Vorgaben der Bodenkundlichen Kartieranleitung (ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE 1982, 1994) entsprechen und somit nicht unmittelbar vergleichbar sind.

Für die Bewertung von Bodenfunktionen führt der "Leitfaden" die in Tabelle 6 zusammengestellten "Ableitungskenngrößen" auf. Des weiteren werden die Möglichkeiten zu deren Ableitung aus den Daten der Karten und ihre weitere Aufbereitung für

baden-württembergische Verhältnisse eingehend beschrieben. Trotzdem erscheint es allein schon wegen des hohen Zeitaufwandes fraglich, ob sich die Planungspraxis in größerem Umfang mit einer solchen Auswertung befaßt, obwohl inzwischen teilweise auch Auswertungsprogramme zur Ableitung von Bodenkennwerten und zur automatischen Herstellung von Karten mit Darstellung der Verteilung, Art und Häufigkeit verschiedener Kennwertklassen und Bodenmerkmale als Farbplots vorliegen.

Um zu vermeiden, daß die wertvollen Inhalte der Bodenkarten im praktischen Bodenschutz weitgehend unberücksichtigt bleiben, sollte eine entsprechende Aufbereitung des Karteninhaltes bodenkundlich versierten Fachleuten, am besten den Bearbeitern der Karten selbst, übertragen und deren Ergebnisse in speziellen Auswertungskarten zur Verfügung gestellt werden. Solche Auswertungskarten sind beispielsweise vom Geologischen Landesamt Baden-Württemberg für die Blätter 6417 Mannheim-Nordost und 7419 Herrenberg im Maßstab 1:25.000 erstellt worden. Von diesen sind für die beim Bodenschutz zu beachtenden Bodenfunktionen namentlich folgende besonders aussagekräftig:

- Wichtige Faktoren des Bodenwasserhaushalts,
- wichtige Faktoren des Pufferungsvermögens der Böden,
- Erosionsanfälligkeit und Verschlämbarkeit des Oberbodens,
- Landbaueignung,
- Grundwasserneubildung aus Niederschlag,
- Potentielle Nitratauswaschungsgefahr aus landwirtschaftlich genutzten Böden.

Selbstverständlich müssen bei Bewertungen der Bodenfunktionen auch klimatische Unterschiede beachtet werden, insbesondere zur Beurteilung der Standortseigenschaften und der Rolle als Ausgleichskörper im Wasserkreislauf. Der "Leitfaden" gibt hierfür detaillierte Hinweise zur Berechnung "bodenkundlicher Feuchtestufen", wobei regionale Klimabereiche, korrigiert durch die lokale Exposition und Inklination, mit der nutzbaren Feldkapazität (nFK) der Böden in Verbindung gebracht werden. Für Böden mit Stau- oder Grundwassereinfluß gelten besondere Regeln zur Ableitung der "bodenkundlichen Feuchtestufe"

Ein anderer Weg wurde bei der "Standortkundlichen Bodenkarte von Bayern 1:25.000" beschritten. Hier basiert die Bestimmung des "Ökologischen Feuchtegrades", d.h. des in der Vegetationszeit pflanzenwirksamen hydroökologischen Summeneffekts, wie er im langjährigen Mittel aus nFK, Niederschlag, Verdunstung und reliefbedingtem Wasserzu- und -abfluß für den effektiven Wurzelraum resultiert, auf der Aufnahme und Auswertung der Vegetation, speziell von Wiesenbeständen, als integrierendem Indikator für den Wasserhaushalt (WITTMANN ET AL. 1981). Der so ermittelte "ökologische Feuchtegrad" ist den Beschreibungen der Bodeneinheiten zu entnehmen; er muß also vom

Benutzer der Karten nicht erst umständlich aus Boden-, Relief- und Klimadaten errechnet werden. Besonders hilfreich ist es, wenn der "ökologische Feuchtegrad" in einer zusätzlichen Karte dargestellt wird. Als gelungene Beispiele seien hier die für das Gebiet der Hallertau erstellten Karten (WITTMANN ET AL. 1981) genannt, auf denen die landschaftstypischen Strukturen der Feuchtigkeitsverhältnisse sehr klar hervortreten, nicht zuletzt dank der gewählten Farbskala: Nasse, feuchte und mäßig feuchte Standorte werden durch "kalte" violette, dunkel- und hellblaue Töne repräsentiert; der frische Bereich ist durch grün gekennzeichnet; mäßig frischen, mäßig trockenen und trockenen Böden sind "warme" gelbe bis rote Farben vorbehalten. Leider konnte der Druck dieser Spezialkarten aus Kostengründen nicht weitergeführt werden, doch ist zu hoffen, daß im Rahmen eines modernen Bodeninformationssystems der Zugang zu diesen Daten erleichtert wird (vgl. den Beitrag von MARTIN in diesem Band). Ein spezielles Kartenwerk für schutzwürdige Böden wird in Nordrhein-Westfalen für Ausgaben in den Maßstäben 1:25.000 bis 1:100.000 bereits digital vorgehalten (vgl. SCHRAPS & SCHREY 1997).

Generell ist zu den Bodenkarten zu bemerken, daß sie im Unterschied zu den Bodenschätzungskarten die Waldflächen mit einbeziehen, daß sie aber nur in kleineren Maßstäben und auch nur für Teile des Bundesgebietes vorliegen. Letzteres gilt namentlich für die Bodenkarten im Maßstab 1:25.000 (BK 25), während die Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000 (BÜK 200) bereits größere Flächen abdeckt (Baden-Württemberg beispielsweise komplett). Wenn auch der Genauigkeitsgrad solcher Karten wegen des kleinen Maßstabes für lokale Planungsentscheidungen nicht ausreicht, so sollten sie doch unbedingt für die Entscheidungsfindung mit herangezogen werden, da sie die Abwägung in einem größeren Rahmen ermöglichen, indem sie z.B. die regionale Seltenheit bestimmter Bodenformen und Bodengesellschaften erkennen lassen. Eine bessere Lokalisierung der Aussagen kann über die parzellenscharfen Bodenschätzungskarten angestrebt werden, deren Klassenzeichen sich mit Hilfe des in den kleinmaßstäbigen Bodenkarten gegebenen Rahmens besser ökologisch interpretieren lassen.

Neben einer Beurteilung der Ausprägung der Standortseigenschaften und der regionalen Seltenheit fordert der "Leitfaden" als weiteres Kriterium eine Bewertung der Hemerobie. Darunter wird das Ausmaß der durch mittel- und unmittelbare Eingriffe des Menschen auf die Kenngrößen "bodenkundliche Feuchtestufe" und "Nährstoffangebot" verursachten Wirkungen verstanden. Die Hemerobie wird aus Art und Häufigkeit derzeitiger und früherer menschlicher Nutzung in fünf Stufen von "sehr niedrig" (5) bis "sehr hoch" (1) geschätzt. Hierfür reichen die Angaben in den Karten i.d.R. nicht aus und müssen deshalb durch eine Geländebegehung ersetzt werden, die ohnehin grundsätzlich bei jedem Planungsvorhaben erfolgen sollte.

2.3 Standortskarten

Im Unterschied zu Bodenkarten sollen Standortskarten nicht primär über Böden als solche, sondern über die aus dem Zusammenspiel von Böden, Klima und Relief sich ergebenden ökologischen Bedingungen für das Pflanzenwachstum informieren. Die Ausprägungsstufen dieses als "Standort" bezeichneten Wirkungsgefüges und deren räumliche Verteilung im Gelände sind Gegenstand der Kartierung. Sie gliedert ein Gebiet deshalb nicht in Bodeneinheiten, sondern in Standortseinheiten oder bei kleineren Maßstäben - in aggregierende Standortgruppen oder -komplexe. Selbstverständlich spielen dabei bestimmte Bodeneigenschaften eine entscheidende Rolle, aber eben nicht die allein ausschlaggebende. Trotzdem können den Standortskarten wichtige Informationen über die für den Bodenschutz entscheidenden Funktionen entnommen werden. Dies gilt verständlicherweise in besonderem Maße für die Funktionen "Standort für Kulturpflanzen" und "Standort für die natürliche Vegetation". In dieser Hinsicht sind Standortskarten den Bodenkarten sogar überlegen, da sie ja speziell für die Beurteilung dieser Funktionen erarbeitet werden. Aber auch für andere Funktionen können Standortskarten wertvolle Informationen vermitteln, weshalb ihre Auswertung für den Bodenschutz generell angeraten ist.

Leider gilt auch für die Standortskarten, daß sie wie die Bodenkarten keinesfalls flächendeckend vorliegen und - mehr noch als jene - von unterschiedlichen Institutionen nach unterschiedlichen Verfahren erstellt werden (entsprechende Literaturangaben bei BASTIAN & SCHREIBER 1994). Wenn für die weiteren Ausführungen Beispiele nach dem Kartierverfahren von ELLENBERG und Mitarbeitern herangezogen werden, so liegt das nicht nur daran, daß der Verfasser über jahrzehntelange eigene Erfahrungen in dessen Entwicklung und Anwendung verfügt, sondern weil diese Karten vom Prinzip her eine besonders vielseitige Auswertung ermöglichen und dafür inzwischen auch spezielle Verfahren der EDV entwickelt wurden.

2.3.1 Karteninhalt und Auswertungsmöglichkeiten

Zur ökologischen Charakterisierung der Standortseinheiten werden bei dem kombinierten Verfahren von ELLENBERG ET AL. (1956) mittels geomorphologischer, klimatologischer, bodenkundlicher, vegetationskundlicher und phänologischer Kriterien die unterschiedlichen Ausprägungen einiger für das Pflanzenwachstum wesentlicher Standortfaktoren erfaßt. Dabei handelt es sich teils um klimatische (Wärme, Kaltluftgefährdung, Windgefährdung), teils um edaphische (Bodenart, Gründigkeit, Potentielle Trophie, Kalkgehalt bzw. Azidität) oder auch klimatisch-edaphische Faktoren (Wasser-Luft-Haushalt der Böden). Sie werden ergänzt durch Angaben zu Relief (Hangneigung, Kleinre-

lief) und Besonderheiten (namentlich Gefährdung durch Überschwemmungen oder Hangrutschungen). Für jeden dieser Faktoren wird die Ausprägungsstufe innerhalb einer landesweit vergleichbaren Relativskala ermittelt und durch Zahlen (0 - 9) oder Buchstaben gekennzeichnet. Deren Aneinanderreihung in einer bestimmten Reihenfolge ergibt die für die verschiedenen Standortseinheiten jeweils charakteristische "Standortsformel". Beispielsweise steht die Formel

$$H-R 74.5^{-} TL/T k$$

für einen steilen (H), kleinräumig welligen (-), rutschgefährdeten (R), warmen (7) Hang mit einem mäßig wechsellackenen (4.), kalkhaltigen (-) tonig-lehmigen Boden über Ton (TL/T) mittlerer potentieller Trophie (5) in stark kaltluftgefährdeter Lage (k).

Alle Geländeabschnitte mit der gleichen Formel, d.h. der gleichen Faktorenkombination, bilden eine Standortseinheit, die sich von anderen durch den unterschiedlichen Ausprägungsgrad mindestens eines, meist aber mehrerer Faktoren unterscheidet. Bei der Kartierung werden diese Standortseinheiten erfaßt und durch die Formel gekennzeichnet. Mit dieser Standortanalyse ist zunächst noch keine Wertung für irgendeine Nutzung verbunden. Dadurch wird eine spätere vielseitige Auswertung ermöglicht. Dabei können je nach Fragestellung ganz verschiedene Auswertungskarten abgeleitet werden. Grundsätzlich ist zwischen Faktorenkarten und Eignungskarten zu unterscheiden.

Bei ersteren werden im einfachsten Fall die Ausprägungsstufen eines einzelnen Faktors aus der Standortformel farbig dargestellt, beispielsweise in Form von Karten der Wärmestufen, des Wasser-Luft-Haushaltes oder der Potentiellen Trophie. Eine komplexere Form ist die Darstellung mehrerer Faktoren auf einer einzigen Karte, beispielsweise die Kombination von Hangneigung, Wasser-Luft-Haushalt, Wärme und Kaltluftgefährdung. Solche Darstellungen ermöglichen über eine ausführliche Legende nicht nur Aussagen zur Ausprägung der betreffenden Faktoren, sondern auch über die davon abhängigen Nutzungsmöglichkeiten einschließlich Naturschutz und Landschaftspflege (vgl. WELLER 1979).

Während die Faktorenkarten direkt aus den Standortformeln abgeleitet werden können, erfordern die Eignungskarten eine zusätzliche Bewertung der Eignung der Standorte für bestimmte Nutzungen bzw. naturnahe Biozönosen. Dies setzt standortsbezogene ertrags- bzw. vegetationskundliche Erhebungen voraus. Auf dieser Basis können dann Eignungskarten für bestimmte Kulturarten, wie Ackerbau, Obstbau, Weinbau, oder gezielter für bestimmte Kulturpflanzen, wie Körnermais, Zuckerrüben, Äpfel, Kirschen etc., aber auch für naturnahe Wald-, Gebüsch-, Saum- und Rasengesellschaften erstellt werden.

Das in der Natur vorliegende kleinräumige und oft vielfältig verzahnte Mosaik von Standortseinheiten



K 7.2: Anteil der Böden mit großer Potentieller Trophie in den Standortskomplexen Baden-Württembergs.

Legende

- vorherrschend
 - verbreitet
 - örtlich
 - ohne Bedeutung
 - unbearbeitet; überwiegend Waldflächen
- 0 5 10 km



Abbildung 2

Ungefäher Anteil der Böden mit großer Potentieller Trophie in den Standortskomplexen Baden-Württembergs (Ausschnitt; Quelle: Digitaler Landschaftsökologischer Atlas Baden-Württemberg 1:200.000; DURWEN ET AL. 1996a).



K 7.1: Anteil der Böden mit geringer Potentieller Trophie in den Standortkomplexen Baden-Württembergs.

Legende

- vorherrschend
- verbreitet
- örtlich
- ohne Bedeutung
- unbearbeitet; überwiegend Waldflächen

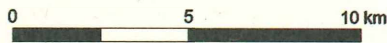


Abbildung 3

Ungefäher Anteil der Böden mit geringer Potentieller Trophie in den Standortkomplexen Baden-Württembergs (Ausschnitt; Quelle: Digitaler Landschaftsökologischer Atlas Baden-Württemberg 1:200.000; DURWEN ET AL. 1996a).



K 14: Natürliche Eignung für den Erwerbsobstbau in den Standortkomplexen Baden-Württembergs

0 5 10 km

Legende

- | | |
|---|---|
| größtenteils sehr gut | nur für bestimmte Arten und Sorten ausreichend |
| größtenteils gut | schlecht |
| größtenteils mittelmäßig | ungeeignet |
| größtenteils ausreichend | große Waldgebiete |



Abbildung 4

Natürliche Eignung für den Erwerbsobstbau in den Standortkomplexen Baden-Württembergs (Ausschnitt; Quelle: Digitaler Landschaftsökologischer Atlas Baden-Württemberg 1:200.000; DURWEN ET AL. 1996a).



K 16: Trockene, feuchte und steile Lagen: Natürliche Schwerpunkte für Schutz, Pflege und Entwicklung in den Standortskomplexen

Legende

trocken	feucht verbreitet ...	steil (Neigung >20 %)
 vorherrschend	 trocken verbreitet	 vorherrschend
 verbreitet	 trocken örtlich	 verbreitet
 örtlich	feucht örtlich ...	 örtlich
feucht	 trocken vorherrschend	
 vorherrschend	 trocken verbreitet	
 verbreitet	 trocken örtlich	
 örtlich		
feucht vorherrschend...	 keine ausgeprägten Schwerpunkte	
 trocken örtlich	 unbearbeitet; überwiegend Waldflächen	

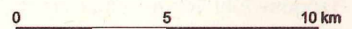


Abbildung 5

Verbreitung trockener, feuchter und steiler Lagen als natürliche Schwerpunkte für Schutz, Pflege und Entwicklung in den Standortskomplexen Baden-Württembergs (Ausschnitt; Quelle: Digitaler Landschaftsökologischer Atlas Baden-Württemberg 1:200.000; DURWEN ET AL. 1996a).

kann in der Regel nur bei genauen Kartierungen einzelner Gemeinden, Gewanne oder Parzellen in großen Maßstäben ($\geq 1:10.000$) dargestellt werden. Bei kleineren Maßstäben ist eine Zusammenfassung zu landschaftstypischen, aber standörtlich in sich heterogenen Standortkomplexen notwendig. Diese lassen sich im Unterschied zu den homogenen Standortseinheiten nicht mehr durch eine einfache Standortformel kennzeichnen. An deren Stelle müssen Angaben über die Variationsbreite der Ausprägungsstufen von Standortfaktoren und deren Verbreitung im Komplex treten. Dadurch wird die Eignungsbewertung und deren Darstellung erschwert, denn anstelle einer einzigen Eignungsstufe pro Standortseinheit hat man es beim Standortkomplex mit mehreren Stufen zu tun, die zudem je nach Geländebeschaffenheit weit auseinander liegen können. Mittelwerte liefern nur dann brauchbare Aussagen, wenn sie entweder nahe dem oberen oder nahe dem unteren Ende der Bewertungsskala liegen, da Werte aus dem mittleren Bereich nicht erkennen lassen, ob sie aus mittleren oder weit streuenden Einzelwerten resultieren; es sei denn, die Variationsbreite wird zusätzlich gekennzeichnet. Häufig ist die Darstellung des Anteils gut bzw. schlecht geeigneter Standorte vorzuziehen.

Solche Eignungskarten liegen für Baden-Württemberg bereits seit Jahren landesweit im Maßstab 1:250.000 für den Erwerbsobstbau (WELLER & SILBEREISEN 1978) und für den Landbau (WELLER 1990) gedruckt vor. Um die ihnen zugrunde liegenden Daten der "Agrarökologischen Gliederung von Baden-Württemberg" für eine breitere Anwendung zugänglich zu machen, wurden sie in den letzten Jahren am Institut für Angewandte Forschung "Landschaftsentwicklung & Landschaftsinformatik" der Fachhochschule Nürtingen über ein Landschaftsökologisches Informations-System erschlossen und zu einem Digitalen Atlas auf CD-ROM weiterentwickelt (DURWEN ET AL. 1996a). Er enthält 37 landesweite Karten, aus denen neben Angaben zu Relief, Wärme und Kaltluft beispielsweise die charakteristischen Stufen von Feuchtigkeit, Potentieller Trophie, Kalkgehalt bzw. Azidität, Gründigkeit und Textur der Böden sowie deren ungefähre Anteil in den 855 unterschiedenen Standortkomplexen entnommen werden können. Einige Beispiele sowie deren Nutzungsmöglichkeiten für den Bodenschutz sollen im folgenden vorgestellt werden.

Nähere Ausführungen zur Methodik der Kartierung und der Entwicklung des Digitalen Atlases nebst weiteren Literaturhinweisen finden sich bei WELLER & DURWEN (1994) sowie DURWEN ET AL. (1996b). Des weiteren sei auf einen einführenden Film hingewiesen (WELLER ET AL. 1997).

2.3.2 Beispiele für kleinmaßstäbliche Übersichtskarten

Die Abbildungen 2 bis 5 zeigen vier verschiedene Auswertungsbeispiele aus dem "Landschaftsökologischen Atlas Baden-Württemberg 1:200.000". Das

Beispielsgebiet stellt einen Ausschnitt aus dem südwestdeutschen Schichtstufenland dar, der vom Fuß der Keuperstufe bei Stuttgart im NW bis auf die Höhen der Schwäbischen Alb im SO reicht. Die Standortkomplexe (arabische Zahlen) sind zu Teillandschaften (Buchstaben) und diese zu Großlandschaften (römische Zahlen) aggregiert. Der größere Teil des Gebiets entfällt auf die Großlandschaft Neckar- und Mainland (IV), von der die Schwäbische Alb (V) durch den bewaldeten, in der Karte als graues Zick-Zack-Band erscheinenden Steilanstieg klar getrennt ist.

Die beiden ersten Karten (Abb. 2 und 3) sind Beispiele für Faktorenkarten. Sie beziehen sich beide auf den Faktor Potentielle Trophie (= natürliche Nährkraft der Böden), jedoch quasi spiegelbildlich, indem Abbildung 2 den Anteil der Böden mit großer (Stufen 6 - 9), Abbildung 3 dagegen diejenigen mit geringer (Stufen 1 - 4) Potentieller Trophie zeigt. Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, finden sich Böden mit großer Potentieller Trophie (und damit hoher bis sehr hoher Bedeutung für die Funktion "Standort für Kulturpflanzen") in fast allen Standortkomplexen des Gebiets, allerdings mit sehr unterschiedlichen Anteilen. Vorherrschend (>50%) sind sie in den tiefgründigen Auen des Neckartales und seiner Seitentäler sowie großflächig auf der westlich des Plochinger Neckarkniees gelegenen Filderebene (IV t 1, 2) und einigen weiteren lößbedeckten Verebnungen. Auch im übrigen Gebiet treten sie meist noch verbreitet auf (ca. 15 - 50%), lediglich im Keuperbergland des Schönbuchs (IV m) und in Teilen des Mittleren Albvorlandes (IV w) und der Voralb (IV y) kommen sie nur örtlich vor und auf den ausgesetzten Höhen der Filsalb (V g) am rechten Kartenrand fehlen sie völlig. Dort herrschen Böden mit geringer Potentieller Trophie (und damit hoher bis sehr hoher Bedeutung für die Funktion "Standort für die natürliche Vegetation") vor, die auch auf der übrigen Alb und in deren Vorland sowie im Schönbuch verbreitet sind, ansonsten nur örtlich vorkommen (Abb. 3).

Schon aus diesen beiden Karten ergeben sich erste Hinweise für die Landes- und Regionalplanung auf unterschiedliche Schwerpunkte der Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit von Böden. Zur Entscheidungsfindung reicht jedoch die Betrachtung eines einzelnen Faktors nicht aus, da die zu bewertenden Funktionen immer von mehreren Faktoren abhängen. Auch für diese Faktoren enthält der Atlas entsprechende Karten, doch muß auf deren Darstellung hier aus Platzgründen verzichtet werden. Stattdessen sollen zwei Beispiele für die integrierende Beurteilung mehrerer Faktoren im Hinblick auf die Eignung der Standorte für Kulturpflanzen bzw. die natürliche Vegetation folgen.

In die Eignungsbewertung für Kulturpflanzen müssen neben den edaphischen Faktoren je nach Kulturart auch die Relief- und Klimafaktoren mehr oder weniger stark eingehen. So ist beispielsweise der beste Boden für den Ackerbau kaum geeignet, wenn er an einem Steilhang liegt, und auch in ebener Lage

nur dann, wenn die Wärme für die volle Entwicklung der angebauten Kulturpflanzen ausreicht. Mit anderen Worten: Der gleiche Boden ist in seiner Funktion als Standort für Kulturpflanzen um so höher zu bewerten, je günstiger die anderen Faktoren ausgeprägt sind.

Die Überlagerung durch Klimafaktoren macht sich verständlicherweise bei empfindlichen Sonderkulturen besonders stark bemerkbar. Als Beispiel zeigt Abbildung 4 einen Ausschnitt aus der Eignungskarte für den Erwerbsobstbau. Darauf heben sich die kalten Hochlagen der Schwäbischen Alb (V) großräumig durch ihre blauen Farbtöne als ungeeignet vom übrigen wärmeren Gebiet ab. Aber auch dort bestehen Unterschiede, die keineswegs nur durch die Böden bedingt sind. So fällt im Albvorland eine Zone relativ geringer Eignung (grüne Farbtöne) auf, die sich als breites Band parallel zum Neckar- und Filstal diagonal durch das Kartenbild zieht. Hierbei handelt es sich um ein großräumiges Landschaftsbecken, das sich in windstillen, klaren Nächten mit bodenbürtiger Kaltluft füllt. Wegen der damit verbundenen starken Frostgefährdung konnten in diesem Bereich selbst die günstigsten Böden in ebener Lage nur mit "ausreichend" (hellgrün) bewertet werden. Wo zusätzlich ungünstige Boden- und/oder Reliefverhältnisse überwiegen, liegt die Eignung noch eine Stufe tiefer (dunkelgrün). Die besten Bedingungen für den intensiven Erwerbsobstbau bestehen dort, wo tiefgründige, frische Böden hoher Trophie mit \pm ebener Lage, relativ warmem Klima und geringer Frostgefahr kombiniert sind (rote Farbtöne). Im Kartenbeispiel handelt es sich dabei insbesondere um die höher gelegenen und damit weniger kaltegefährdeten Teile der lößbedeckten Verebnungen auf den Fildern (IV t), dem Schurwald (IV q) und im südwestlichen Teil des Albvorlandes (IV v) sowie um die durch warme lokale Windsysteme begünstigten Bereiche albnaher Talsohlen der Neckarzuflüsse und das Neckartal unterhalb des Plochinger Neckarknies. Die noch günstigere Bewertung von Teilen des Stuttgarter Raumes (dunkelrot) ist eher theoretischer Natur, da dieses Gebiet größtenteils überbaut ist.

Besondere Verhältnisse herrschen am Keuperstufenrand (IV p 13, 15, Nordrand des Kartenausschnittes). Hier ist die ungünstige Eignung in erster Linie durch das Überwiegen steiler Hanglagen bedingt, während die Bodenverhältnisse (vorwiegend Rigosole aus tonig-sandigem Hangschutt) als mittel, das warme Klima und die geringe Frostgefährdung sogar als optimal einzustufen sind. Hier bestehen für den Weinbau, bei dem man eine stärkere Hangneigung eher in Kauf nimmt, weithin günstige Voraussetzungen. Ähnlich günstige Bedingungen für den Weinbau finden sich örtlich in einigen klimatisch begünstigten Hanglagen innerhalb der Pfullingen - Weilheimer Voralb (IV y 7). Diese Besonderheiten sind in einer weiteren kombinierten Eignungskarte der "vorrangigen landbaulichen Nutzungsmöglichkeiten" berücksichtigt, auf deren Wiedergabe hier jedoch zugunsten einer anderen Karte

verzichtet wird, die speziell für die Beurteilung der Funktion "Standort für die natürliche Vegetation" aussagekräftig ist (Abb. 5).

Im Unterschied zu den landbaulichen Eignungskarten wurden in diesem Fall nicht die Daten der landbaulich günstigsten Standorte in den Vordergrund gestellt, sondern die für eine landbauliche Nutzung besonders ungünstigen, für die Entwicklung schutzwürdiger Biozönosen jedoch besonders wertvollen Steilhänge, Trocken- und Feuchtstandorte. Deren Anteile an der (ehemals) landwirtschaftlich genutzten Fläche bestimmen das Kartenbild. Für das auf der Karte durch Farben dargestellte Vorkommen feuchter bzw. trockener Standorte wurden die Grenzen relativ weit gefaßt. Als trocken zählen alle Standorte ab der Stufe "mäßig trocken" (< 5), als feucht ab der Stufe "mäßig feucht" (> 6). Es handelt sich also größtenteils nicht um extrem trockene bzw. feuchte Standorte, die eine landwirtschaftliche Nutzung weitgehend ausschließen, doch bestehen im Vergleich zu den mittleren Feuchtigkeitsstufen "frisch" (6) und "mäßig frisch" (5) für die Landwirtschaft bereits gewisse Nachteile. Zugleich ergeben sich jedoch auf diesen Standorten in Verbindung mit einer extensiven Bewirtschaftung bereits günstige Voraussetzungen für zahlreiche Arten der Trocken- bzw. Feuchtbiotope, wie sie auf den \pm frischen Standorten nicht gegeben sind und wo sich deshalb selbst bei gutgemeinten Ansaat- und Abmagerungsversuchen diese Arten nicht halten können. Im einzelnen kann es sich dabei selbst bei gleicher Bewirtschaftung um unterschiedliche Biozönosen handeln, was neben der Feuchtigkeit auch von weiteren, hier nicht dargestellten Faktoren, insbesondere der Wärme, dem Kalkgehalt bzw. Säuregrad und der Potentiellen Trophie abhängt. Deren Verbreitung kann bei Bedarf den entsprechenden Faktorenkarten entnommen werden.

Der Kartenausschnitt läßt erkennen, daß in den meisten Standortkomplexen des Gebietes neben den (hier nicht dargestellten) \pm frischen Standorten auch feuchte und/oder trockene Standorte vorkommen, aber nicht vorherrschen. Eine Ausnahme bildet der Keuperstufenrand im Norden, wo teilweise trockene Lagen überwiegen. Darüber hinaus sind trockene Standorte weit verbreitet, namentlich auf der Alb und in der Voralb, hier meist mit örtlichen Vorkommen von Feuchtstandorten vergesellschaftet, die ihrerseits ihre Verbreitungsschwerpunkte am tonigen Albfuß (IV y 3) und im Keuperbergland von Schönbuch (IV m 4) und Schurwald (IV q 2) haben. Darüber hinaus treten sowohl feuchte als auch trockene Standorte wenigstens örtlich noch in weiteren Komplexen auf.

Steile Hanglagen sind vor allem am Keuperstufenrand, im Keuperbergland und in der Voralb verbreitet, kommen aber örtlich noch in vielen anderen Bereichen vor. Die Wiedergabe ihres Anteils durch Schraffuren läßt vor dem Hintergrund der Farben die Unterschiede zwischen den Hangzonen der Stufenränder und Täler, den Hügel- und Flachlandschaften nur schlecht erkennen. Diesen Überblick

vermittelt jedoch die ebenfalls im Atlas enthaltene spezielle Karte der charakteristischen Hangneigungsstufen.

Auf der Grundlage von Azidität bzw. Kalkgehalt, Bodenart und Gründigkeit sowie des Grades der Feuchtigkeit haben FISCHER & ROMMEL (1993) Relativstufen des Puffervermögens der Böden für anorganische Schadstoffe und Säuren ermittelt. Diese sind in zwei weiteren Karten des Atlases dargestellt.

Es liegt auf der Hand, daß die kleinmaßstäblichen Karten des Atlases in erster Linie für die Landes- und Regionalplanung gedacht sind. Im Hinblick auf den Bodenschutz bedeutet dies, daß sich mit ihrer Hilfe beispielsweise regionale Schwerpunkte für schutzbedürftige und erhaltenswürdige Böden ausweisen lassen. Beispielsweise auf der von Überbauung und Versiegelung bedrohten Filderebene wegen der hohen Bedeutung als Standort für Kulturpflanzen sowie als Ausgleichskörper und Puffer im Wasser- und Stoffhaushalt, auf der Alb, Voralb und im Keuperbergland namentlich als "Standort für die natürliche Vegetation". Auch für örtliche Planungen können die Karten sinnvoll genutzt werden, insbesondere für eine erste Information über die Variationsbreite der Ausprägungsstufen und deren Stellung im größeren landschaftlichen Zusammenhang. Eine genauere Lokalisierung ist jedoch auf dieser Basis selbstverständlich nicht möglich. Man kann die Karten zwar beliebig vergrößern - genauer werden sie dadurch nicht. Dazu bedarf es genauerer Kartierungen in größeren Maßstäben. Solche liegen bislang leider nur für wenige Teilräume vor. Sie sind in einem dem Atlas beigefügten Verzeichnis aufgeführt.

2.3.3 Beispiele für großmaßstäbliche Karten

Im Unterschied zu den kleinmaßstäblichen Übersichtskarten werden großmaßstäbliche parzellenscharfe Karten i.d.R. nur in Einzelexemplaren für lokal begrenzte Planungsvorhaben angefertigt. Die folgenden Beispiele fußen auf Seminararbeiten innerhalb des Studienganges Landespflege an der Fachhochschule Nürtingen, die im Rahmen einer Diplomarbeit (KLEIN 1993) ausgewertet und mit Hilfe eines speziell für großmaßstäbliche Kartierungen entwickelten EDV-Programmes weiter bearbeitet wurden (vgl. hierzu auch WELLER & DURWEN 1994; DURWEN & KLEIN 1995; DURWEN ET AL. 1996b). Die Beispielsgemeinde Frickenhausen liegt unmittelbar südlich von Nürtingen in dem aus Braunjuraschichten aufgebautem Hügelland der Mittleren Voralb (IV y in den Abbildungen 2 bis 4). Entsprechend der standörtlichen Vielfalt dieses Gebietes wurden bei der Kartierung im Maßstab 1:5.000 innerhalb der gesamten Gemarkung 773 verschiedene Standortseinheiten erfaßt und abgegrenzt. Davon zeigen die Abbildungen 6 bis 9 nur einen kleinen Ausschnitt. Er liegt unmittelbar östlich des Teilorts Linsenhofen und umfaßt neben der vom geschlängelten Lauf eines Baches durchzogenen, von Ost nach West verlaufenden breiten Talsohle Teile des

nördlich und südlich angrenzenden Hügellandes. In der kleinmaßstäblichen Übersichtskarte der Abbildungen 2 bis 5 konnte dieser Bereich nur durch zwei übergeordnete Standortskomplexe charakterisiert werden (IV v 7 Reutlingen - Göppinger Talsohlen und IV y 7 Pfullingen - Weilheimer Voralb), während nun das kleinräumige Mosaik der Standorteinheiten sichtbar wird. Sie sind durch Zahlen gekennzeichnet, unter denen die dazugehörigen Standortseigenschaften in einer umfangreichen Tabelle aufgefunden werden können. Auf eine ausschnittsweise Wiedergabe dieses Tabellenwerkes wird hier zugunsten von Beispielen einiger mit Hilfe des EDV-Programms erstellten Faktoren- und Eignungskarten verzichtet.

Von den beiden Faktorenkarten zeigt Abbildung 6 das Relief. Als großräumig ebene bis allenfalls schwach geneigte Fläche hebt sich neben der die Bildmitte querenden Talsohle ein zweiter Bereich im NO heraus. Dabei handelt es sich um ein durch widerstandsfähige Braunjuraschichten gebildetes Plateau, in dessen Mitte ein als "nicht kartierte Fläche" gekennzeichneter Sportplatz liegt. Zur Talsohle fällt das Plateau mit einer markanten steilen Hangzone ab, während es sich nach NW mit vorwiegend nur mäßig geneigten Hängen absenkt. Südlich der Talsohle ist das Gelände nicht so klar gegliedert; hier wechseln schmalere Tälchen und Plateaus mit Hängen unterschiedlicher Neigung ab. Es fällt auf, daß viele Hangpartien zusätzlich als "kleinräumig wellig" charakterisiert sind. Dabei handelt es sich größtenteils um anthropogen bedingte Stufenraine und Terrassen, namentlich an der dank ihrer sonnseitigen Exposition früher durchgehend als Weinberg genutzten großen Steilhangzone. Eine aktuelle Gefährdung durch Hangrutschungen besteht dagegen nur in kleineren Bereichen, namentlich im südlichen Hügelland.

Bei der Feuchte (Abbildung 7) überwiegen die mittleren Stufen "frisch" bzw. (besonders am sonnseitigen Hang) "mäßig frisch". Beide sind größtenteils zusätzlich als "mäßig wechselhaft" gekennzeichnet, was auf den durch den hohen Tongehalt bedingten unausgeglichene Wasser-Luft-Haushalt der Böden hinweist. Eine großflächige Ausnahme bilden nur die durchlässigeren Böden der Talsohle. Feuchtere und trockenere Böden treten nur örtlich auf, erstere vor allem in den Tälchen des südlichen Hügellandes, aber beispielsweise auch in einer die sonnseitige Steilhangzone durchziehenden Hangmulde (Standortseinheiten 492 und 493) sowie nördlich davon in einer abflußträgen flachen Senke des Plateaus (Standortseinheit 130). Mäßig trockene Böden finden sich nur kleinräumig, namentlich an flachgründigen Plateaukanten sowie an schotterreichen Stellen der Talsohle; trockenere Böden fehlen ganz.

Als Beispiel für eine Eignungskarte zeigt Abbildung 8 die "vorrangigen landbaulichen Nutzungsmöglichkeiten" der verschiedenen Standortseinheiten. Hierbei handelt es sich um eine Kombination aus speziellen Eignungskarten für Ackerbau, Grünland, Obstbau und Weinbau. Aus diesen wurde die



Relief

Hangneigung











	0 - 10 % - eben bis schwach geneigt		Untersuchungsgebietsgrenze
	> 10 - 20 % - mäßig geneigt		Kartiergrenze
	> 20 - 35 % - steil		Standortseinheit m. Nr.
	> 35 % - sehr steil		nicht kartierte Fläche
	kleinräumig wellig		
	Rutschhang		

Abbildung 6

Hangneigung und Kleinrelief in den Standortseinheiten der Gemeinde Frickenhausen (Ausschnitt; Quelle: Digitalisierte Standortskarte der Gemeinde Frickenhausen, Lkr. Eßlingen 1:5.000; KLEIN 1993).

aus ökonomischer Sicht unter den jeweils gegebenen ökologischen Verhältnissen am günstigsten erscheinende Kulturart dargestellt. In der nicht durch Überschwemmungen gefährdeten Talsohle ist dies großflächig der Ackerbau, dagegen scheidet der Obstbau hier wegen starker Kaltluftgefährdung aus.

Ganz anders auf der Plateaufläche: Hier findet neben dem Ackerbau dank günstiger Abflußmöglichkeiten für die bodenbürtige Kaltluft auch ein inten-

siver Erwerbsobstbau großflächig gute Voraussetzungen. Eine ähnlich günstige Beurteilung erhalten im südlichen Hügelland nur relativ kleine Flächen. Stattdessen überwiegen hier Standorte, die selbst für Grünland nur eine mittlere Eignung aufweisen; örtlich handelt es sich sogar um ausgesprochene Feuchtwiesenstandorte. Von letzteren abgesehen sind die Grünlandstandorte zusätzlich meistens noch für extensiven Streuobstbau ausgewiesen.



Feuchte

Feuchtestufen

- mäßig trocken
- mäßig frisch
- frisch
- mäßig feucht
- feucht
- sehr feucht bis naß

- mäßig wechselhaft
- stark wechselhaft

- Untersuchungsgebietsgrenze
- Kartiergrenze
- Standortseinheit m. Nr.
- nicht kartierte Fläche
- Bachbegleitgehölz

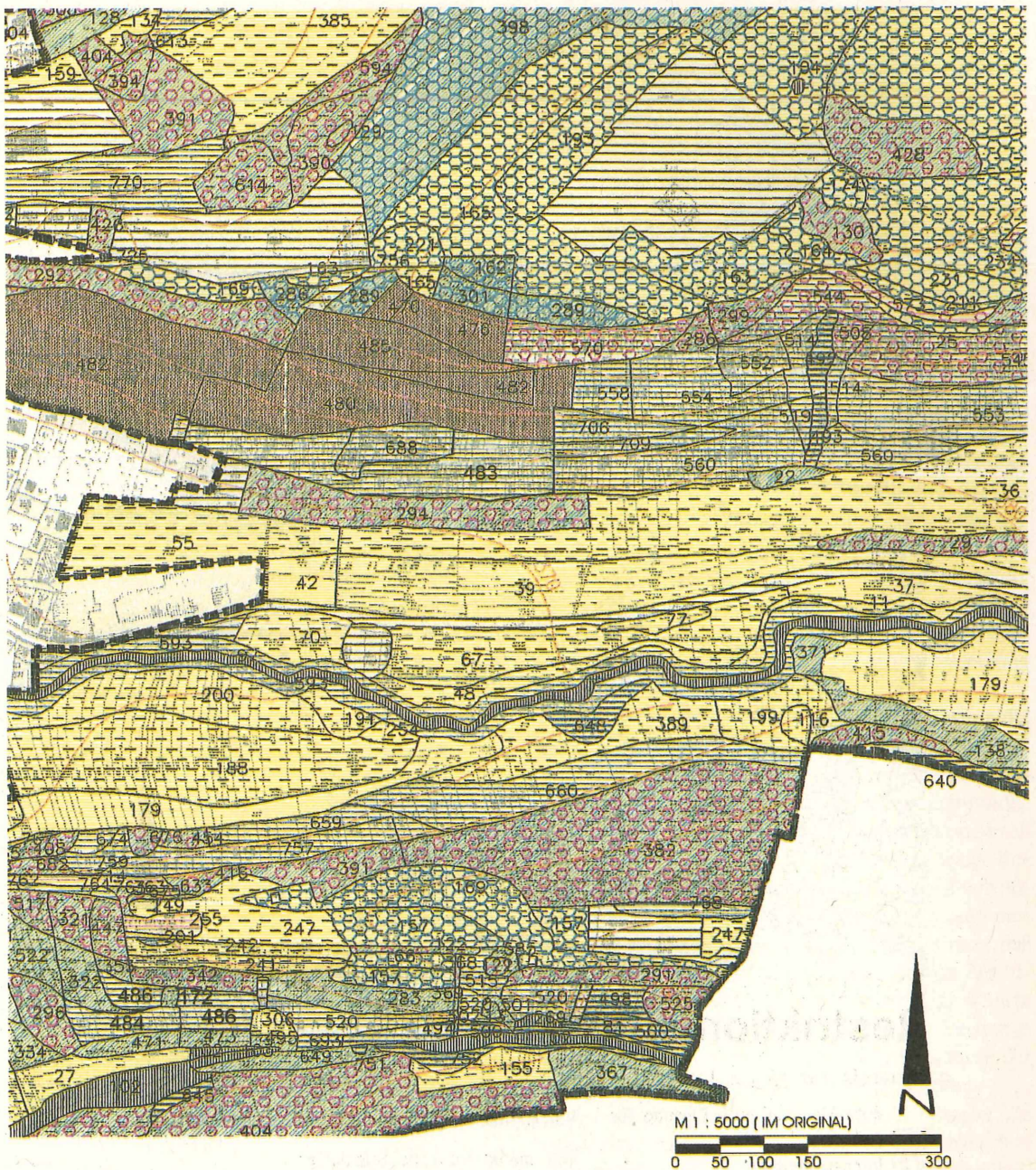
Abbildung 7

Feuchtestufen in den Standortseinheiten der Gemeinde Frickenhausen (Ausschnitt; Quelle: Digitalisierte Standortskarte der Gemeinde Frickenhausen, Lkr. Eßlingen 1:5.000; KLEIN 1993).

Ähnlich beurteilte Standorte finden sich auch in der Umrandung des Plateaus, vorwiegend in mäßig geneigter Hanglage.

Eine besondere Situation herrscht an der sonnseitigen Steilhangzone. Sie diente in früheren Jahrhunderten praktisch durchgehend dem Weinbau. Nach dessen Aufgabe war sie mit Obstbäumen bepflanzt worden, die bis heute diese Hanglagen prägen. Wegen der Steilheit und des zusätzlich kleinwelligen Reliefs ist die Bewirtschaftung dieser Hanglagen jedoch äußerst

erschwert und unterbleibt heute teilweise bereits ganz. Eine neuerliche Nutzung als Weinberg wäre allenfalls im klimatisch etwas mehr begünstigten westlichen Teil vertretbar, während für den östlichen Teil nach heutigen Maßstäben keine wirtschaftlich sinnvolle landbauliche Produktionsrichtung ausgewiesen werden kann. Er wurde deshalb zusammen mit verschiedenen anderen ungünstigen kleineren Bereichen in den übrigen Landschaftsteilen als "Schwerpunkte der Landschaftspflege" ge-



Vorrangige landbauliche Nutzungsmöglichkeiten

Nutzungsvorschlag

- Ackerbau, gute bis sehr gute Eignung
- Ackerbau, mittlere Eignung
- Grünland, gute bis sehr gute Eignung
- Grünland, mittlere Eignung
- Feuchtwiese, für Beweidung nicht geeignet
- Intensivobstbau
- Streuobstbau
- Weinbau

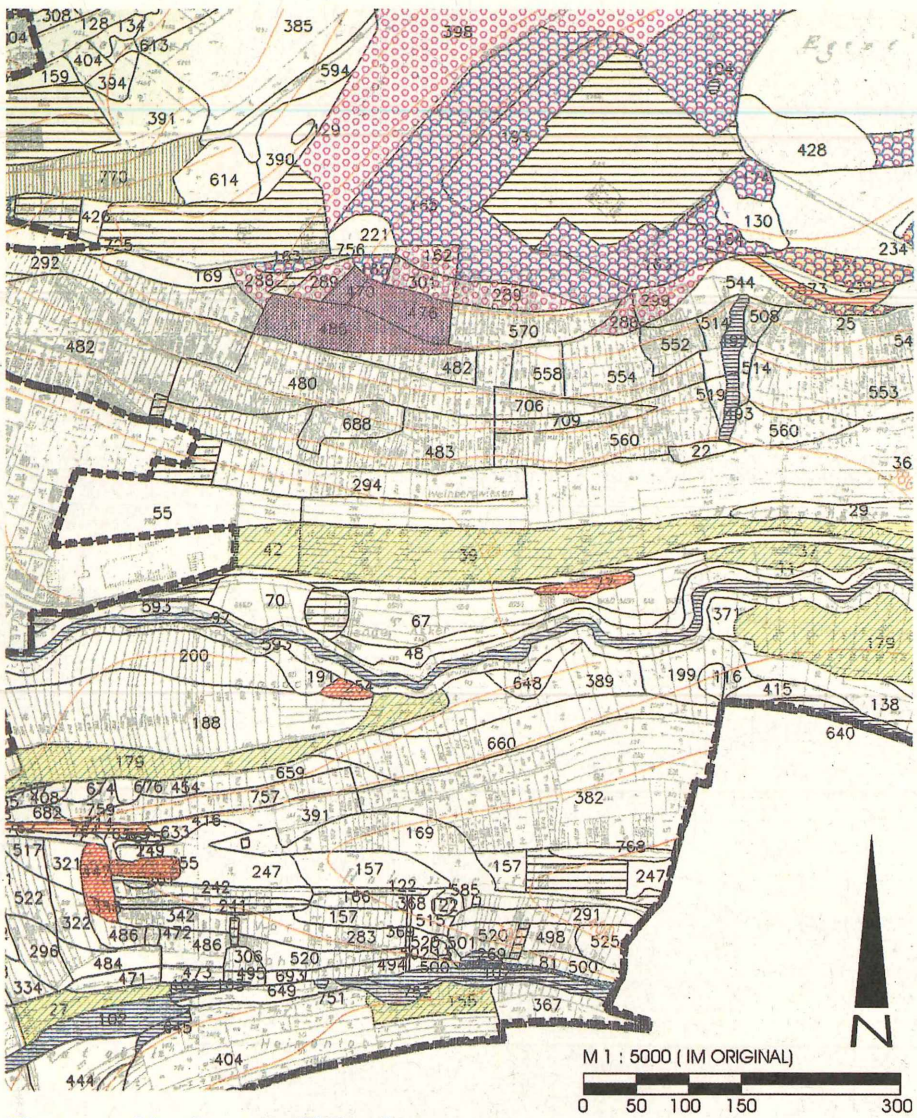
- Untersuchungsgebietsgrenze
- Kartiergrenze
- Standortseinheit m. Nr.
- nicht kartierte Flächen

Schwerpunkte der Landschaftspflege

- landbaulich ungeeignet, feucht bis naß
- landbaulich ungeeignet, frisch
- landbaulich ungeeignet, trocken

Abbildung 8

Vorrangige landbauliche Nutzungsmöglichkeiten in den Standortseinheiten der Gemeinde Frickenhausen (Ausschnitt; Quelle: Digitalisierte Standortskarte der Gemeinde Frickenhausen, Lkr. Eßlingen 1:5.000; KLEIN 1993).



Restriktionsflächen

Vorrangflächen für den Landbau

- gute bis sehr gute Eignung für
 - Ackerbau
 - Intensivobstbau
 - Weinbau
- sehr gute Eignung für
 - Grünland
 - Streuobstbau

Vorrangflächen für den Arten- und Biotopschutz

- mäßig trockene Standorte
- feuchte bis nasse Standorte
- magere Standorte

Potentielle Grünlandgesellschaften

- Salbei-Glatthaferwiese
- Pfeifengras-Streuwiese

- Untersuchungsgebietsgrenze
- Kartiergrenze
- Standortseinheit
- nicht kartierte Flächen

Abbildung 9

Vorrangflächen für den Landbau und für den Arten- und Biotopschutz in der Gemeinde Frickenhausen (Ausschnitt; Quelle: Digitalisierte Standortskarte der Gemeinde Frickenhausen, Lkr. Eßlingen 1:5.000; KLEIN 1993).

kennzeichnet, unterteilt nach drei Feuchtestufen. Während auf der vorstehend besprochenen Karte der "vorrangigen landbaulichen Nutzungsmöglichkeiten" für jede Standortseinheit nach einer Nutzungsmöglichkeit gesucht wurde, greift die abschließend präsentierte Karte der "Restriktionsflächen" (Abb. 9) zwei Gruppen besonders heraus. Dabei handelt es sich zum einen um die landbaulich besonders günstigen Standorte. Zu ihnen zählen namentlich die für Ackerbau und Grünland gleichermaßen gut geeigneten Teile der Talsohle und die für den Intensivobstbau gut geeigneten Bereiche des Plateaus. An letztere grenzen die bereits schwieriger zu bewirtschaftenden mäßig geeigneten Oberhanglagen, die jedoch wegen ihrer ebenfalls nur geringen Kaltluftgefährdung als Schwerpunkte für den Streuobstbau ausgewiesen wurden, sowie ein kleiner weinbaulich besser geeigneter Teil der steilen Hangzone. Die andere Gruppe bilden die für den Arten- und Biotopschutz besonders wertvollen Standorte. Das sind insbesondere die feuchten bis nassen Bereiche der Tälchen und Hangmulden sowie die mäßig trockenen Standorte an exponierten Kanten und auf Schotterflächen. Bei extensiver Wiesennutzung können sich auf ersteren Pfeifengras-Streuwiesen, auf letzteren Salbei-Glatthaferwiesen entwickeln. Es handelt sich zwar jeweils nur um kleine Flächen, doch kann ihnen im Rahmen einer regionalen Biotopvernetzung durchaus Bedeutung zukommen, was ihre Erhaltung nahelegt. Für den Bodenschutz ergibt sich somit, daß die Karte der Restriktionsflächen zugleich als Karte der Böden mit hoher Bedeutung für die Kulturpflanzen und die "natürliche Vegetation" aufgefaßt werden kann. Die hier hervorgehobenen Standortseinheiten beinhalten Böden hoher Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit. Daß dies bei der bisherigen Planung keine entscheidende Rolle gespielt hat, wird durch den mitten im erhaltenswürdigen Bereich angelegten Sportplatz (querschraffierte Fläche) eklatant bewiesen. Ob zusätzlich noch weitere Böden den gleichen Schutzstatus wie die ausgewiesenen Restriktionsflächen erfordern, läßt sich erst nach einer Beurteilung ihrer Bedeutung für weitere Bodenfunktionen entscheiden.

3. Ausblick

Die Ausführungen lassen erkennen, daß keine der verfügbaren Kartenarten eine rundum befriedigende Aussage zur Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit von Böden ermöglicht. Dieser Befund ist nicht überraschend angesichts der Tatsache, daß die Boden- und Standortskarten ja nicht primär unter dem Aspekt des Bodenschutzes erarbeitet wurden. Gleichwohl ermöglichen sie wichtige Aussagen zu verschiedenen für den Bodenschutz relevanten Bodenfunktionen. Sie sollten deshalb vor planerischen Entscheidungen, die eine Zerstörung von Böden zur Folge haben, stets zu Rate gezogen werden. Dabei gilt es, alle verfügbaren Kartenarten (Bodenschätzungs-, Boden- und Standortskarten)

zu nutzen, um die Entscheidung auf ein möglichst breites Fundament stellen zu können. Auf diese Weise läßt sich zumindest ein wesentlicher Teil der besonders schutzbedürftigen und erhaltenswürdigen Böden erkennen. Zusätzlich sollten bei mit den örtlichen Verhältnissen vertrauten Bodenkundlern ergänzende Erkundigungen eingeholt werden, insbesondere über die Bedeutung der Böden als landschaftsgeschichtliche Urkunden, da Angaben dazu bislang praktisch aus keiner der verfügbaren Karten zu entnehmen sind und es sich dabei oft um Böden handelt, deren Schutzbedürftigkeit und Erhaltenswürdigkeit sich aus den übrigen Bodenfunktionen nicht hinreichend ergibt.

Wo moderne Boden- und Standortskarten bislang fehlen, ist die Kartierung zu forcieren. Dabei sollten Gesichtspunkte des Bodenschutzes verstärkt beachtet werden. Dies gilt für klein- und großmaßstäbliche Karten gleichermaßen. Für diese Kartierung wie auch für eine sachgerechte Aufbereitung bereits vorhandener Karten sind entsprechend geschulte Fachkräfte erforderlich. Ausbildung und Einstellung einer ausreichenden Anzahl derartiger Fachkräfte sind daher eine unabdingbare Voraussetzung für einen funktionierenden Bodenschutz.

Die beste Ausbildung nützt jedoch wenig, wenn die damit gewonnenen Erkenntnisse nicht in die Planungspraxis umgesetzt werden. Um dies zu erreichen, bedarf es zum einen einer "benutzerfreundlichen" Aufbereitung der erhobenen Daten von seiten der "Produzenten". Zum anderen muß aber der Bodenschutz bei Planungsvorhaben einen ungleich höheren Stellenwert als bislang erhalten. Voraussetzung dafür ist auf der Seite der Planer die Erkenntnis, daß Böden ein wertvolles Naturgut sind, dessen Zerstörung auch durch allerlei "Ausgleichsmaßnahmen" nicht rückgängig gemacht werden kann. Diese Erkenntnis und eine sich daraus ergebende Wertschätzung der Böden muß Allgemeingut der Planer werden.

Daß es daran noch weithin mangelt, beweist die derzeitige Planungspraxis - nicht nur im besonders spektakulären Bereich des Städte- und Straßenbaues, sondern - leider! - auch im Naturschutz, wenn beispielsweise für die Anlagen von "Feuchtbiotopen" in bester Absicht seltene und sowohl für die natürliche Vegetation als auch für die Landschaftsgeschichte unersetzliche Moorböden bedenkenlos zugunsten von Amphibientümpeln geopfert werden. Um solche "Pannen" zu vermeiden, müssen Natur- und Bodenschutz künftig viel enger zusammenarbeiten. Genauso wie Naturschützer erkennen müssen, daß Böden an sich ein schützenswertes Naturgut sind, müssen Bodenschützer beachten, daß sie die Böden nicht losgelöst von den übrigen Komponenten der Ökosysteme betrachten. Dazu kann die Beschäftigung mit Standortskarten einen wesentlichen Beitrag leisten.

Dank

Für technische Unterstützung sei Frau Dipl.-Ing. (FH) W. Walz sowie den Herren Chr. Seng und Dipl.-Ing. (FH) Chr. Tilk herzlich gedankt.

Literatur

ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982):
Bodenkundliche Kartieranleitung.- 3. Aufl., Hannover:
331 S., 1. Beil.

—: Bodenkundliche Kartieranleitung. 4. Aufl., Hannover:
392 S.

BASTIAN, O. & K.-F. SCHREIBER (Hrsg., 1994):
Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft.-
Gustav Fischer Jena, Stuttgart: 502 S.

DURWEN, K.-J. & S. KLEIN (1995):
Landschaftsökologische Grundlagen für großflächige
Schutzkonzepte und Verifizierung in mittleren und
großen Maßstäben.- Veröff. PAÖ 12, Karlsruhe: 293-302.

DURWEN, K.-J.; F. WELLER, C. TILK, H. BECK, S.
KLEIN & A. BEUTTLER (1996a):
Digitaler Landschaftsökologischer Atlas Baden-Würt-
temberg 1:200000.- Hrsg.: Institut für Angewandte For-
schung "Landschaftsentwicklung & Landschaftsinforma-
tik" (IAF) der Fachhochschule Nürtingen, in Kooperation
mit und gefördert von dem Umweltministerium und dem
Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirt-
schaft und Forsten Baden-Württemberg. CD-ROM mit
Begleitbuch, Springer Electronic Media, Berlin.

DURWEN, K.-J.; F. WELLER, H. BECK, W. BORTT,
S. KLEIN & C. TILK (1996b):
Weiterentwicklung des Landschaftsökologischen Infor-
mations-Systems: Digitaler Atlas auf CD-ROM und Hilfs-
programme für die großmaßstäbige Kartierung.- Veröff.
PAÖ 16, Karlsruhe: 175-186.

ELLENBERG, H; K.-F. SCHREIBER, R. SILBEREISEN,
F. WELLER & F. WINTER (1956):
Grundlagen und Methoden der Obstbau-Standortskartie-
rung.- Obstbau (Stuttgart), 75: 75-77, 90-92, 107-110.

FISCHER, W. R. & J. ROMMEL (1993, unveröff.):
Ableitung der chemischen Belastbarkeit von Böden aus
der "Ökologischen Standortseignungskarte für den Land-
bau in Baden-Württemberg 1:250.000".- Studie im Auf-
trag des Umweltministeriums Baden-Württemberg: 42 S.

GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRT-
TEMBERG (1992):
Bodenkarte von Baden-Württemberg 1:25.000, Blätter
6417 Mannheim-Nordost und 7419 Herrenberg mit tabel-
larischen Erläuterungen und Auswertungskarten.- Frei-
burg.

KLEIN, S. (1993):
Standortskartierung in der kommunalen Planung am Bei-
spiel der Gemeinde Frickenhausen.- Diplomarbeit, Fach-
hochschule Nürtingen, 101 S. + Kartenband (unveröff.).

LEHLE, M.; J. BLEY, E. MAYER, R. VEIT-MOYA &
W. VOGL (1995):
Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit

Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren.- Um-
weltministerium Baden Württemberg (Hrsg.), Reihe
Luft-Boden-Abfall, Heft 31, UM 20/95, Stuttgart: 34 S.
+ Anlagen.

SCHRAPS, W. G. & H. P. SCHREY (1997):
Schutzwürdige Böden in Nordrhein-Westfalen - Boden-
kundliche Kriterien für eine flächendeckende Karte zum
Bodenschutz.- Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bo-
denkunde 160: 407-412.

SCHREIBER, K.-F. (1980):
Entstehung von Ökosystemen und ihre Beeinflussung
durch menschliche Eingriffe.- In: Eine Welt - darin zu
leben, 34-50. Herausgeber: Der Minister für Umwelt,
Raumordnung und Bauwesen, Saarbrücken.

WELLER, F. (1979):
Spezielle Standortseignungskarten für eine kombinierte
Agrar- und Landschaftsplanung.- Verhandlg. d. Ge-
sellsch. f. Ökologie 8, 173-178.

— (1990):
Erläuterungen zur Ökologischen Standortseignungskarte
für den Landbau in Baden-Württemberg 1:250.000.- Her-
ausgeber: Ministerium für Ländlichen Raum, Ernährung,
Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg. Stutt-
gart: 32 S. + 2 Karten + Tabellen.

WELLER, F. & K.-J. DURWEN (1994):
Standort und Landschaftsplanung. Ökologische Stand-
ortskarten als Grundlage der Landschaftsplanung.- Eco-
med, Landsberg: 188 S + 1 Karte.

WELLER, F.; K.-J. DURWEN & K.-F. SCHREIBER
(1997):
Standortskartierung nach Heinz Ellenberg. Eine ökologi-
sche Landschaftsanalyse und Bewertung.- Film und Vi-
deo, 30 min., IWF Institut für den Wissenschaftlichen
Film Göttingen.

WELLER, F. & R. SILBEREISEN unter Mitwirkung von
K.-F. SCHREIBER & F. WINTER (1978):
Erläuterungen zur Ökologischen Standortseignungskarte für
den Erwerbsobstbau in Baden-Württemberg 1:250.000.
Herausgeber: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft
und Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart: 34 S. + 2
Karten + Tabelle.

WITTMANN, O. & B. HOFMANN unter Mitarbeit von
G. RÜCKERT & F. SCHMIDT (1981):
Erläuterungen zur Standortkundlichen Bodenkarte von
Bayern 1:25.000 - Hallertau.- Bayer. Geolog. Landesamt
(Hrsg.), München: 199 S.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Friedrich Weller
Karl-Erb-Ring 104
D-88213 Ravensburg

Ansätze zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden und Beispiele für ihre Integration in Planungsprozesse auf unterschiedlichen Ebenen

Bernhard MOHS

1. Einleitung

Böden übernehmen eine Vielzahl von Funktionen im Naturhaushalt und dienen dem Menschen als Fläche für Siedlungen, Rohstofflagerstätte u.v.m. Es werden daher natürliche Bodenfunktionen und die Nutzungsfunktionen des Bodens voneinander unterschieden. Böden übernehmen beispielsweise die folgenden natürlichen Bodenfunktionen:

- Lebensgrundlage für Menschen und Lebensraum für Pflanzen und Tiere,
- Ausgleichskörper im Wasserkreislauf,
- Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen und in ihrer Vielfalt und Eigenart Bestandteil des Naturhaushalts.

Folgende Nutzungsfunktionen von Böden können beispielhaft genannt werden:

- Archiv der Natur- und Kulturgeschichte,
- Rohstofflagerstätte,
- Fläche für Siedlung und Erholung,
- Standort für land- und forstwirtschaftliche Nutzungen und
- Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen.

Die Inanspruchnahme von Böden in ihren Nutzungsfunktionen führt in der Mehrzahl der genannten Beispiele dazu, daß die natürlichen Eigenschaften von Böden verändert werden und Böden in ihrer Leistungsfähigkeit für den Naturhaushalt beeinträchtigt werden. Die schädliche Veränderung von Böden durch Inanspruchnahme in ihren Nutzungsfunktionen wird als Bodendegradation bezeichnet. Eines der Kernprobleme des Bodenschutzes besteht darin, daß die Prozesse der anthropogen bedingten Bodendegradation in wesentlich kürzeren Zeitskalen ablaufen als die Prozesse der natürlichen Boden(neu)bildung. Daraus läßt sich folgern, daß ein effektiver Bodenschutz immer die *Vorsorge* gegen das Entstehen schädlicher Veränderungen von Böden in den Vordergrund seiner Aktivitäten stellen muß. Leitziel für den vorsorgenden Bodenschutz muß es sein, eine nachhaltige Nutzung von Böden zu erreichen, die gewährleistet, daß Böden auch in Zukunft ihre Funktionen im Naturhaushalt erfüllen können. Ein nachhaltiger Umgang mit Böden sollte sich an den folgenden Grundsätzen orientieren:

- Erhaltung der natürlichen Leistungsfähigkeit von Böden,
- Schutz besonders empfindlicher Böden vor Belastungen,
- Erhaltung der Vielfalt von Böden.

In der Praxis ergeben sich für die Umsetzung des vorsorgenden Bodenschutzes daraus die folgenden Leitfragen:

- Welche Leistungen erbringen Böden?
- Wie empfindlich sind Böden?
- Welche Böden sind von einer akuten Verknappung bedroht?

Die gesetzliche Grundlage für die Umsetzung des vorsorgenden Bodenschutzes ist mit der Bodenschutzklausel, die einen sparsamen und schonenden Umgang mit Böden fordert, grundsätzlich gegeben. Defizite bestehen jedoch da, wo es gilt, bodenschutzfachliche Ansätze, die zur Beantwortung der genannten Leitfragen herangezogen werden können, in Planungsprozesse zu integrieren.

Im Rahmen eines vom Umweltbundesamt geförderten Forschungsvorhabens (AHU & BKR 1997) wurden Vorschläge entwickelt, wie bodenschutzfachliche Ansätze zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden in Planungsprozesse integriert werden können.

2. Grundansätze zur Beurteilung von Bodenfunktionen

Böden sind komplexe Systeme. Ihre Eigenschaften sind Resultat einer langen Entwicklung sowie ständiger Wechselwirkungen mit ihrer Umwelt. Die Leistungsfähigkeit von Böden für bestimmte Bodenfunktionen ergibt sich aus der standortspezifischen Kombination von Bodeneigenschaften und damit wechselwirkenden Umweltbedingungen. Durch die Inanspruchnahme von Böden in einer bestimmten Funktion (z.B. als Standort für die landwirtschaftliche Produktion von Nahrungsmitteln) werden die Umweltbedingungen der Böden geändert, was in der Folge zu einer Veränderung von Bodeneigenschaften und der Leistungsfähigkeit der Böden führt. Eine vollständige, realitätsgetreue Beschreibung des Bestands und der Entwicklung der Leistungsfähigkeit von Böden ist daher nur sehr schwer möglich. Zur Beschreibung der Leistungs-

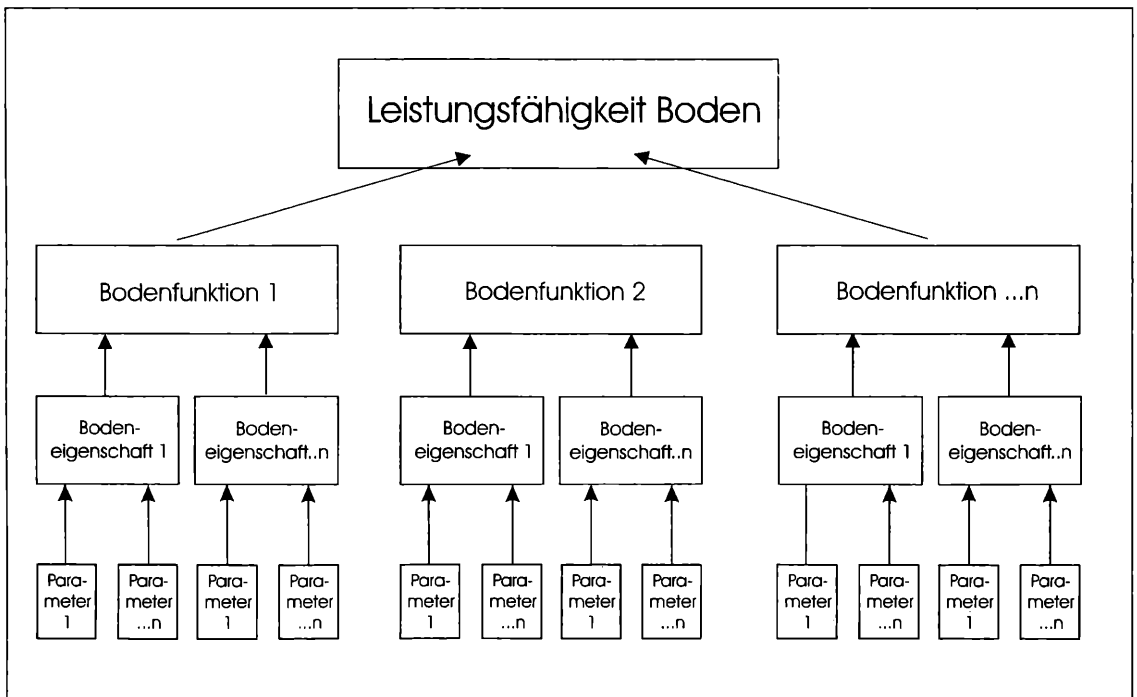


Abbildung 1

Systemmodell nach dem Black-Box-Ansatz.

fähigkeit von Böden werden daher simplifizierende Ansätze angewendet. Das simplifizierende Prinzip dieser Ansätze besteht darin, daß unter definierten Umweltbedingungen

einerseits Einwirkungen auf Böden (z.B. die mechanische Verdichtung des Bodens), andererseits die Auswirkungen dieser Einwirkungen (z.B. die Atmungsaktivität als Indikator für die Leistungsfähigkeit von Böden als Lebensraum für Bodenorganismen)

gemessen werden. Unter entsprechend standardisierten Rahmenbedingungen und bei einer ausreichenden Anzahl an Versuchen können systematische Beziehungen zwischen Einwirkung und Auswirkung erkannt werden. Dieser Ansatz kann als "Black-Box-Ansatz" bezeichnet werden. Man kennt den Input in ein System und den Output des Systems. Die Prozesse innerhalb des Systems, die zu dem Output führen, sind jedoch unbekannt - sie sind wie eine "Black-Box"

Aus dem Black-Box-Modell können Systemmodelle abgeleitet werden, die die Kausalverkettenungen zwischen Einwirkungen und Auswirkungen darstellen. Abbildung 1 zeigt das Prinzip eines solchen Systemmodells. Die Parameter 1 bis n sind Größen, die gemessen werden. In ihrer Kombination bedingen sie bestimmte Bodeneigenschaften, die wiederum die Leistungsfähigkeit eines bestimmten Bodens in einer bestimmten Funktion bestimmen.

Eine Alternative zum Black-Box-Modell stellt die Modellierung der Prozesse dar, die bei bestimmten Einwirkungen zu bestimmten Auswirkungen im System Boden führen. Die Kenntnis dieser Prozesse

und ihrer Wechselwirkungen ist aufgrund der Komplexität des Systems Boden in vielen Fällen noch unzureichend, um aus der Prozeßmodellierung in die Praxis übertragbare Verfahren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden ableiten zu können. Die Mehrzahl der Verfahren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden für bestimmte Bodenfunktionen basiert daher auf dem Prinzip des Black-Box-Modells.

3. Verfahren zur Beurteilung von Bodenfunktionen - Beispiel

Aus der Literatur ist eine Vielzahl von Beispielen für Verfahren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden bekannt (vgl. die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen). Eine nützliche Zusammenstellung unterschiedlicher Verfahren enthält HENNINGS (1994).

Abbildung 2 zeigt ein Verfahren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen (s.o.). Das dargestellte Verfahren greift einen bestimmten Aspekt dieser Bodenfunktion heraus - es handelt sich dabei um die Fähigkeit von Böden, Schwermetalle zu immobilisieren (DVWK 1988). In dem dargestellten Verfahren werden zunächst bestimmte Einflußfaktoren in ihrer unterschiedlichen Ausprägung erfaßt (linke Spalte). Durch Verknüpfungsvorschriften werden abgeleitete Kenngrößen ermittelt, aus denen wiederum über Verknüpfungsvorschriften der Indikator "Bindungsstärke für Schwermetalle" abgeleitet wird. Der Indikator "Bindungs-

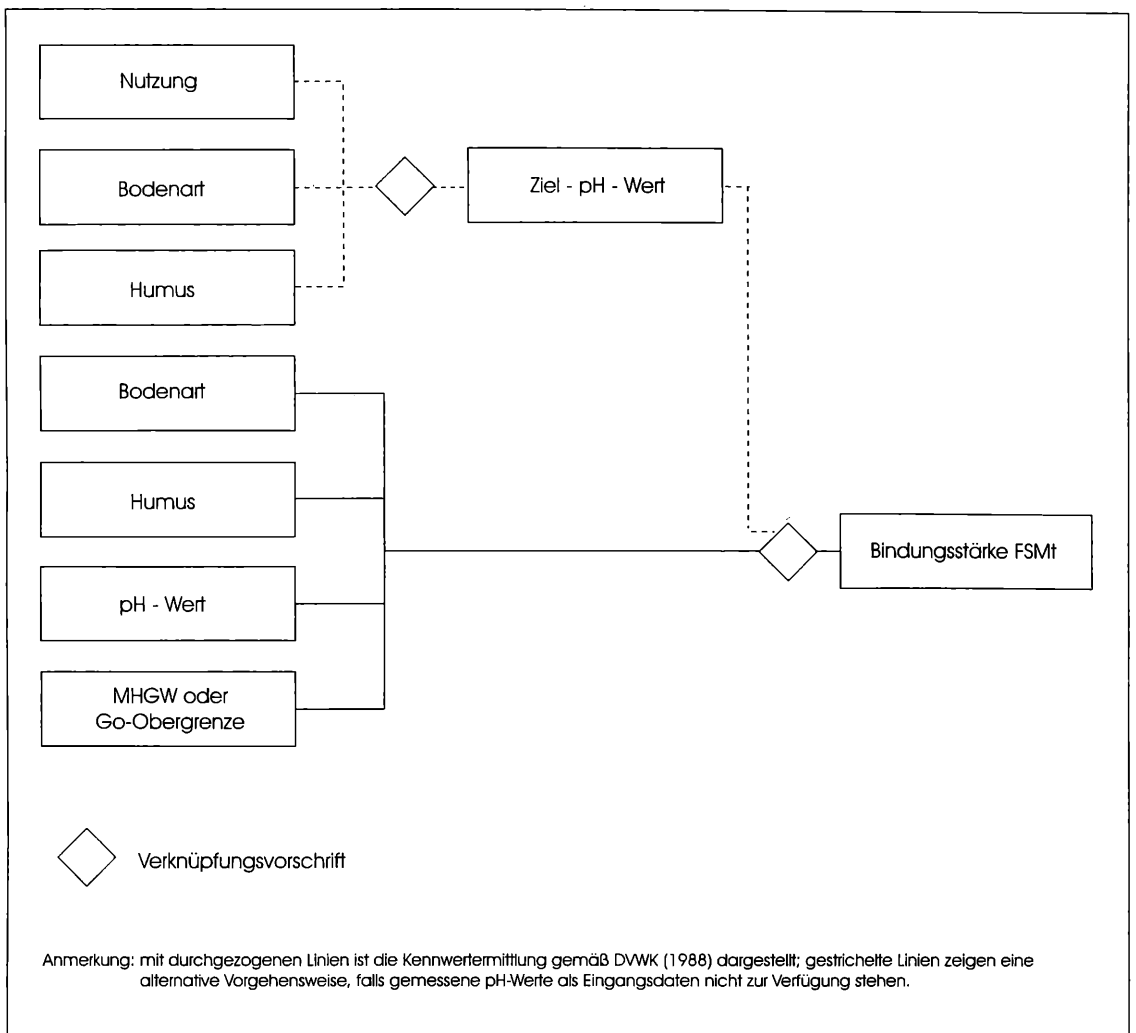


Abbildung 2

Verfahren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Böden als Puffer für Schadstoffe (verändert nach DVWK 1988 und HENNINGS 1994).

stärke für Schwermetalle“ ist ein mögliches Maß dafür, wie leistungsfähig Böden als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen sind. Eine hohe Ausprägung des Indikators “Bindungsstärke“ setzt leistungsfähige Böden voraus. Der beschriebene Indikator kann gleichzeitig zur Kennzeichnung der Empfindlichkeit von Böden verwendet werden: Eine niedrige Ausprägung des Indikators “Bindungsstärke“ deutet darauf hin, daß die Böden eine geringe Leistungsfähigkeit für die Pufferung von Schwermetallen besitzen und damit empfindlich gegenüber Schwermetalleinträgen sind. Dem Verfahren liegt der klassische Black-Box-Ansatz zugrunde; beispielsweise:

wenn

der pH-Wert gering ist

und

die Bodenart einen geringen Tongehalt indiziert,

dann ist

die Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle gering

Es werden in dem dargestellten Modell keine Prozesse, sondern Kausalbeziehungen zwischen Einwirkungen (z.B. der pH-Wert sinkt durch Säureeintrag) und Auswirkungen (in der Folge sinkt auch die Bindungsstärke des Bodens für Schwermetalle) dargestellt und qualitativ beurteilt.

Der Vorteil dieser Art von Verfahren besteht darin, daß die erforderlichen Eingangsdaten vergleichsweise einfach zu ermitteln sind und die Logik des Verfahrens für den Nutzer transparent ist.

4. Beurteilung von Bodenfunktionen – warum ?

Das Ausmaß und die Art der Inanspruchnahme von Böden in ihren Nutzungsfunktionen wird da präjudiziert, wo die Bodennutzung geplant wird. Böden werden in der räumlichen Planung bislang überwiegend als zweidimensionales Phänomen – als Fläche – angesehen. Diese Sichtweise hat bislang verhindert, daß der Verlust an natürlicher Leistungsfähigkeit von Böden, der mit der Inanspruchnahme ihrer

Nutzungsfunktionen verbunden ist, den Planenden überhaupt bewußt wurde. Aber auch auf seiten des Bodenschutzes war dieses Bewußtsein bislang nicht durchgängig vorhanden. Beispielsweise wurden zur Kennzeichnung des Ausmaßes der Bodeninanspruchnahme bislang ausschließlich Beurteilungsmaßstäbe herangezogen, die den Boden als Fläche charakterisieren – z.B. "100 ha/Tag an Böden werden durch Umwidmung in Siedlungsflächen verbraucht"

Effektiver Bodenschutz im vorsorgenden Sinne muß bereits da ansetzen, wo die Inanspruchnahme von Böden geplant wird. Eine Optimierung einzelner Vorhaben, z.B. durch "flächensparendes Bauen", reicht im Sinne des Bodenschutzes nicht aus, wenn der Bodenschutzgedanke erst auf der Ebene der Umsetzung solcher Vorhaben zum Tragen kommt (z.B. bei der verbindlichen Bauleitplanung). Böden sind vierdimensionale Systeme (in Raum und Zeit). Unterschiedliche Böden bilden in der Landschaft zusammenhängende Einheiten – das Funktionieren des Systems Boden ist nur dann gewährleistet, wenn über den "Standort Boden" hinaus auch der landschaftliche Zusammenhang von Böden beachtet wird. Aus diesem Grunde ist nicht nur die standortbezogene Ausgestaltung von "bodenverbrauchenden" Vorhaben ein Anliegen des Bodenschutzes – wichtige Handlungsfelder des vorsorgenden Bodenschutzes sind die Planungsebenen, auf denen über die Standortwahl für "bodenverbrauchende" Vorhaben entschieden wird (z.B. die Landes- und Regionalplanung oder die vorbereitende Bauleitplanung). Im Klartext: Flächensparendes Bauen ist dann sinnlos, wenn es auf Böden stattfindet, die sich durch eine hohe natürliche Leistungsfähigkeit auszeichnen und bereits einer akuten Verknappung innerhalb eines Planungsraums unterliegen, während bereits anthropogen stark veränderte Böden auf großflächigen Gewerbebrachen ungenutzt bleiben. Das Beispiel zeigt, daß die – im Sinne des Bodenschutzes – "richtige" Standortentscheidung über die Sinnhaftigkeit standortbezogener Bodenschutzmaßnahmen entscheidet.

Neben den Planungsebenen, in denen "bodenverbrauchende Planungsvorhaben" umgesetzt werden, ist es daher insbesondere auf den Planungsebenen, auf denen die Standortentscheidungen für die Inanspruchnahme von Böden gefällt werden, erforderlich, daß von seiten des Bodenschutzes den Planenden deutlich gemacht wird,

wie hoch der Bestand und die bereits eingetretenen Verluste an Bodenqualität innerhalb eines Planungsraums sind,

welche zusätzlichen Verluste an Bodenqualität mit der Umwidmung von Böden in Siedlungsflächen verbunden sind und

welcher Kompensationsbedarf daraus erwächst, wenn der Boden als Standort und in seinen landschaftlichen Zusammenhängen geschützt werden soll.

Dazu ist es erforderlich, bodenschutzfachliche Verfahren und planerische Instrumente in einer Weise

miteinander zu verknüpfen, die den Handlungsmöglichkeiten und Zielen des Bodenschutzes auf den unterschiedlichen Planungsebenen gerecht wird.

5. Beispiele für die Integration von Verfahren zur Beurteilung von Bodenfunktionen in Planungsprozesse

Bevor anhand eines Fallbeispiels konkrete Vorschläge für die Integration bodenschutzfachlicher Verfahren in Planungsprozesse aufgezeigt werden, sollen beispielhafte Grundsatzziele des Bodenschutzes und entsprechende Beurteilungskriterien skizziert werden.

5.1 Beispielhafte Grundsatzziele des Bodenschutzes und Beurteilungskriterien

Grundsatzziele des Bodenschutzes, die einer Konkretisierung durch fachliche Beurteilungskriterien zugänglich sind, sind beispielsweise:

der Schutz bestimmter Bodentypen/-formen oder die Erhaltung der Bodenfunktionen.

Um bestimmte Bodentypen schützen oder Bodenfunktionen erhalten zu können, ist es erforderlich, schützenswerte Bodentypen und Böden mit erhaltenswerten Bodenfunktionen zu beschreiben und räumlich zu verorten. Aufgabe fachlicher Beurteilungskriterien und -verfahren ist es, den Bestand an Bodenqualität und die durch Umwidmung von Böden zu erwartende Minderung der Bodenqualität zu beschreiben und zu beurteilen. Die Ergebnisse sollen als operationalisierte Bodenschutzbelange in der räumlichen Planung Berücksichtigung finden und zu einer Abstimmung von Nutzungsansprüchen und Bodenfunktionen im Sinne einer nachhaltigen Bodennutzung beitragen.

Grundsatzziel:

Schutz von Böden aufgrund einer akuten Verknappung

Hier wird der Schutzanspruch von Böden angesprochen, die natürlicherweise oder durch ihre bereits erfolgte Zerstörung selten (geworden) sind – d.h. nur noch auf kleinen Flächen anzutreffen sind. Beispielhaft sind hier reliktsche Böden zu nennen oder Böden, die im Rahmen der Rohstoffgewinnung oder gezielten Nutzbarmachung von Flächen für die Landwirtschaft zerstört oder tiefgreifend verändert wurden (z.B. Moore, Gleye). Ihre Schutzbedürftigkeit ergibt sich aus dem Ziel der Erhaltung einer möglichst großen Standortvielfalt (s.o.: Funktion von Böden in ihrer Vielfalt und Eigenart als Bestandteil des Naturhaushalts).

Grundsatzziel:

Schutz von Böden aufgrund ihrer Bedeutung im Naturhaushalt oder als Lebensgrundlage für den Menschen

Böden haben eine spezifische Leistungsfähigkeit für Funktionen, die sie im Naturhaushalt übernehmen. Je höher die Leistungsfähigkeit von Böden für

eine oder mehrere ihrer natürlichen Funktionen ist, desto größer ist ihre Bedeutung für den Naturhaushalt. Neben der Leistungsfähigkeit von Böden im Naturhaushalt stellen Böden durch ihre natürliche Ertragsfähigkeit eine zentrale Lebensgrundlage für den Menschen dar. Aus diesem Grunde ist neben den genannten natürlichen Bodenfunktionen die natürliche Ertragsfähigkeit von Böden zu berücksichtigen. Je höher die natürliche Ertragsfähigkeit von Böden ist, desto größer ist ihre Bedeutung als Lebensgrundlage für den Menschen (zumindest im Sinne einer nachhaltigen Bodennutzung).

**Beurteilungskriterium:
Bodenqualität in Bodenfunktionsräumen**

Die Leistungsfähigkeit von Böden für ihre natürlichen Bodenfunktionen und als Lebensgrundlage für den Menschen kennzeichnen den Bestand an Bodenqualität. Eine hohe Leistungsfähigkeit und -vielfalt von Böden oder das Vorhandensein von Böden, die einer akuten Verknappung unterliegen, bedingen eine hohe Bodenqualität innerhalb eines Bodenfunktionsraums. Als Bodenfunktionsraum werden Räume bezeichnet, die einen relativ homogenen Charakter hinsichtlich der Qualität der Böden aufweisen.

Die Flächenreserve an Bodenfunktionsräumen mit einer definierten Bodenqualität innerhalb eines bestimmten Bezugsraums (z.B. Kommune) stellt ein bodenschutzfachliches Kriterium dar, das die quantitativen und qualitativen Aspekte des Landschaftsverbrauchs integriert. So werden neben Aussagen über den Bestand und Verbrauch an Bodenflächen auch Aussagen zu Bestand und Verbrauch an Bodenqualität möglich - Leistungen, die Böden im Naturhaushalt und für den Menschen erbringen und die zu erwartende Leistungsminderung bei Umwidmung von Böden werden somit beschreib- und bewertbar.

**Beurteilungskriterium:
Beeinträchtigungsintensität auf Eingriffsflächen**

Durch die Inanspruchnahme von Böden in ihren Nutzungsfunktionen werden ihre Eigenschaften verändert. Dadurch verändert sich auch die Leistungsfähigkeit dieser Böden für ihre natürlichen Funktionen und als Lebensgrundlage für den Menschen. Je gravierender der Eingriff einer Nutzung in den Boden ist, desto größere Beeinträchtigungen sind damit für die Böden und ihre Leistungsfähigkeit verbunden. Als Indikator für die nutzungsbedingte Beeinträchtigungsintensität werden Bodennutzungsklassen definiert. Die Minderung der Leistungsfähigkeit von Böden durch Inanspruchnahme in ihren Nutzungsfunktionen wird als Bodenqualitätsminderung bezeichnet.

Als Eingriffsfläche werden Räume bezeichnet, die einen einheitlichen Charakter hinsichtlich der nutzungsbedingten Bodenqualitätsminderung aufweisen. Ebenso wie die Flächenreserve an Bodenfunktionsräumen stellt auch der Flächenanspruch von Eingriffsflächen mit einer definierten Beeinträchti-

gungsintensität innerhalb eines bestimmten Bezugsraums (z.B. Kommune) ein bodenschutzfachliches Kriterium dar, das die quantitativen und qualitativen Aspekte des Landschaftsverbrauchs integriert.

5.2 Beispiel für die Integration bodenschutzfachlicher Ansätze in Planungsverfahren

Unter Berücksichtigung der oben formulierten Grundsatzziele und Beurteilungskriterien wurden im Rahmen eines FuE-Vorhabens für das Umweltbundesamt (AHU & BKR 1997) Verfahrensvorschläge zur Operationalisierung von Bodenschutzzielen auf unterschiedlichen Planungsebenen entwickelt. Dabei wurden die folgenden Planungsebenen berücksichtigt:

- Regionale Planungsebene,
- Gesamtstädtische Planungsebene (vorbereitende Bauleitplanung),
- Teilräumliche Planungsebene (verbindliche Bauleitplanung).

In der Folge werden beispielhaft Möglichkeiten zur Integration bodenschutzfachlicher Ansätze in die vorbereitende Bauleitplanung vorgestellt. Ziel der Verfahrensvorschläge ist es, planungsverwertbare Aussagen über den Verbrauch von und Bestand an Bodenfläche und Bodenqualität bereitzustellen. In diesem Sinne sollen die entwickelten Verfahrensvorschläge einen Beitrag zu einer stärkeren Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes in der räumlichen Planung leisten und das Leitziel einer nachhaltigen Bodennutzung unterstützen.

Abbildung 3 zeigt ein Ablaufschema für die Anwendung bodenschutzfachlicher Kriterien auf der Ebene der Gesamtstädtischen Planung. Schwerpunkte sind

- die Erfassung und Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden (Bodenqualität) sowie
- die Erfassung und Bewertung bestehender und zukünftiger Eingriffe, die zu einer Verminderung der Leistungsfähigkeit der Böden führen (Bodenqualitätsminderung).

Ziel dieses Ansatzes ist es, die Flächennutzung so zu steuern, daß eine weitestgehende Erhaltung der Leistungsfähigkeit von Böden möglich ist und unvermeidbare Eingriffe im Sinne des Bodenschutzes kompensiert werden können. Ausgangspunkt bilden dabei unterschiedliche Flächenkategorien, von denen hier die ersten drei Kategorien beschrieben werden (weitere Ausführungen dazu in AHU & BKR 1997).

Vorrangflächen für den Bodenschutz – Schutz von Böden vor einer akuten Verknappung

Der Schutzanspruch seltener Böden ergibt sich aus der Tatsache, daß Böden ein nicht vermehrbares Naturgut darstellen und im Sinne der Erhaltung einer möglichst großen Vielfalt des Naturhaushalts zu schützen sind. Dies gilt in besonderem Maße für reliktsche Böden, die unter den rezenten Umwelt-

bedingungen nicht mehr neugebildet werden können (z.B. reliktsche Schwarzerden, *Terrae Fuscae*). Faktisch trifft dies auch auf rezente Böden zu, die eine Entwicklungsdauer von bis zu mehreren tausend Jahren benötigen, um nach einer Zerstörung das Entwicklungsstadium wieder zu erreichen, in dem sie sich heute befinden (z.B. Podsole, Moore). Um seltene Böden vor einer Inanspruchnahme und Zerstörung schützen zu können, sind die Kenntnis der Verbreitung unterschiedlicher Bodentypen und -formen innerhalb eines Bezugsraums und entsprechende Bewertungsmaßstäbe erforderlich, die indizieren, wann ein Boden selten ist. Häufig bestehen insbesondere im besiedelten Bereich massive Defizite bei den erforderlichen Datengrundlagen – dies betrifft sowohl Daten zur Verbreitung unterschiedlicher Böden als auch die erforderlichen Grundlagen für die Ableitung eines Bewertungsmaßstabs zur Beurteilung der Seltenheit von Böden. Als Beispiel eines Bewertungsmaßstabs zur Beurteilung der Seltenheit von Böden kann der von BOSCH (1994) vorgestellte Entwurf einer Roten Liste seltener Böden genannt werden. Solche Listen haben zur Zeit noch einen vorläufigen und heuristischen Charakter, da objektive Grundlagen zur Beurteilung der Seltenheit von Böden bislang fehlen.

Um dem besonderen Schutzanspruch seltener Böden gerecht zu werden, sollten sie vor einer Inanspruchnahme als Siedlungsfläche geschützt werden. Ein geeignetes fachplanerisches Instrument stellt hier beispielsweise die Darstellung von Vorrangflächen für den Bodenschutz dar (vgl. Abb. 3). Aus den genannten Gründen sollten Vorrangflächen für den Bodenschutz einen absoluten Schutz vor der Inanspruchnahme als Siedlungsflächen genießen.

Flächen ohne besondere Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes – haushälterischer Umgang mit begrenzten Ressourcen

Ziel des Bodenschutzes auf der Gesamtstädtischen Planungsebene ist es, daß die städtebauliche Entwicklung auf Flächen stattfindet, die aus Sicht des Bodenschutzes keine besonderen Schutzansprüche aufweisen. Dabei handelt es sich um Flächen mit Böden, die keine hohe Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt aufweisen, keine besondere Funktion für bestimmte Naturgüter haben, nicht selten sind usw. Um diese aus Sicht des Bodenschutzes für die städtebauliche Entwicklung am besten geeigneten Flächen abgrenzen zu können, ist es zunächst erforderlich, Flächen abzugrenzen, die o.g. Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes aufweisen (s.u.).

Die Lenkung der Inanspruchnahme von Böden zu Siedlungszwecken auf Flächen ohne Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes hat das Ziel, die mit der Umwidmung der Böden verbundenen Verluste an Bodenqualität a priori zu minimieren. Die dennoch zu erwartenden, vergleichsweise geringeren Eingriffe durch die Umwidmung in Siedlungsflächen müssen im Sinne des Bodenschutzes funktionsgerecht kompensiert werden. Um den erforderlichen Kompensationsbedarf abschätzen zu können,

ist es erforderlich, die Bodenqualität im Ist-Zustand (vor Umwidmung als Siedlungsfläche) mit der Bodenqualität im Plan-Zustand (nach Umwidmung als Siedlungsfläche) bewertend zu vergleichen. Zielgröße ist die Bewertung der Minderung der Bodenqualität und des Verlusts an Bodenfläche, der durch die Umwidmung in Siedlungsflächen zu erwarten und entsprechend zu kompensieren ist (vgl. Abb. 3).

Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz und die Landwirtschaft, Flächen mit besonders empfindlichen Böden – angepasste Nutzung von Böden

Bei Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz oder für die Landwirtschaft handelt es sich um Böden, die eine sehr hohe oder hohe Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt aufweisen oder durch eine sehr hohe oder hohe natürliche Ertragsfähigkeit gekennzeichnet sind. Aufgrund ihres besonderen Schutzanspruchs, der sich aus den Leitzielen der Erhaltung der natürlichen Bodenfunktionen und der Erhaltung der Leistungsfähigkeit von Böden als Lebensgrundlage für den Menschen ergibt, sollten Vorbehaltsflächen von Siedlungsnutzungen möglichst freigehalten werden.

Flächen mit besonders empfindlichen Böden sind aufgrund der Bodenbeschaffenheit besonders empfindlich gegenüber einer Inanspruchnahme durch bestimmte Bodennutzungen (geringe Belastbarkeit von Böden). Dabei kann es sich beispielsweise um Böden handeln, die eine sehr hohe oder hohe Empfindlichkeit gegenüber Stoffeinträgen aufweisen. Solche Böden sind vor einer Inanspruchnahme durch emittierende Nutzungen zu schützen ("Tabuflächen für emittierende Nutzungen", vgl. Abb. 3). Flächen mit besonders empfindlichen Böden bedürfen im Sinne des Ziels einer nachhaltigen Bodennutzung einer besonders angepassten Bodennutzung. Sie sollten daher von Bodennutzungen freigehalten werden, die im Zusammenhang mit der besonderen Empfindlichkeit dieser Böden eine Gefährdung für ihren Fortbestand bedeuten (Verschlechterungsverbot).

Nur wenn innerhalb des Planungsraums einer Kommune oder eines Kreises keine Flächen ohne besondere Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes existieren, ist die Möglichkeit einer Inanspruchnahme von Vorbehaltsflächen oder Flächen mit besonders empfindlichen Böden durch Siedlungsflächen zu prüfen. Auch hier ist durch eine Bewertung der Leistungsfähigkeit und Empfindlichkeit von Böden und der Intensität der geplanten Eingriffe, die mit einer Inanspruchnahme als Siedlungsfläche verbunden sind, die Bodenqualitätsminderung dieser Flächen zu bewerten. Die Möglichkeit einer Inanspruchnahme dieser Flächen sollte davon abhängig gemacht werden, ob die zu erwartende Bodenqualitätsminderung kompensiert werden kann.

Räumliche Konkretisierung von Bodenfunktionsräumen und Bewertung der Bodenqualität

Aufgabe der Gesamtstädtischen Planung ist es, eine inhaltliche und räumliche Konkretisierung der o.g. Flächenkategorien vorzunehmen. Dies kann grund-

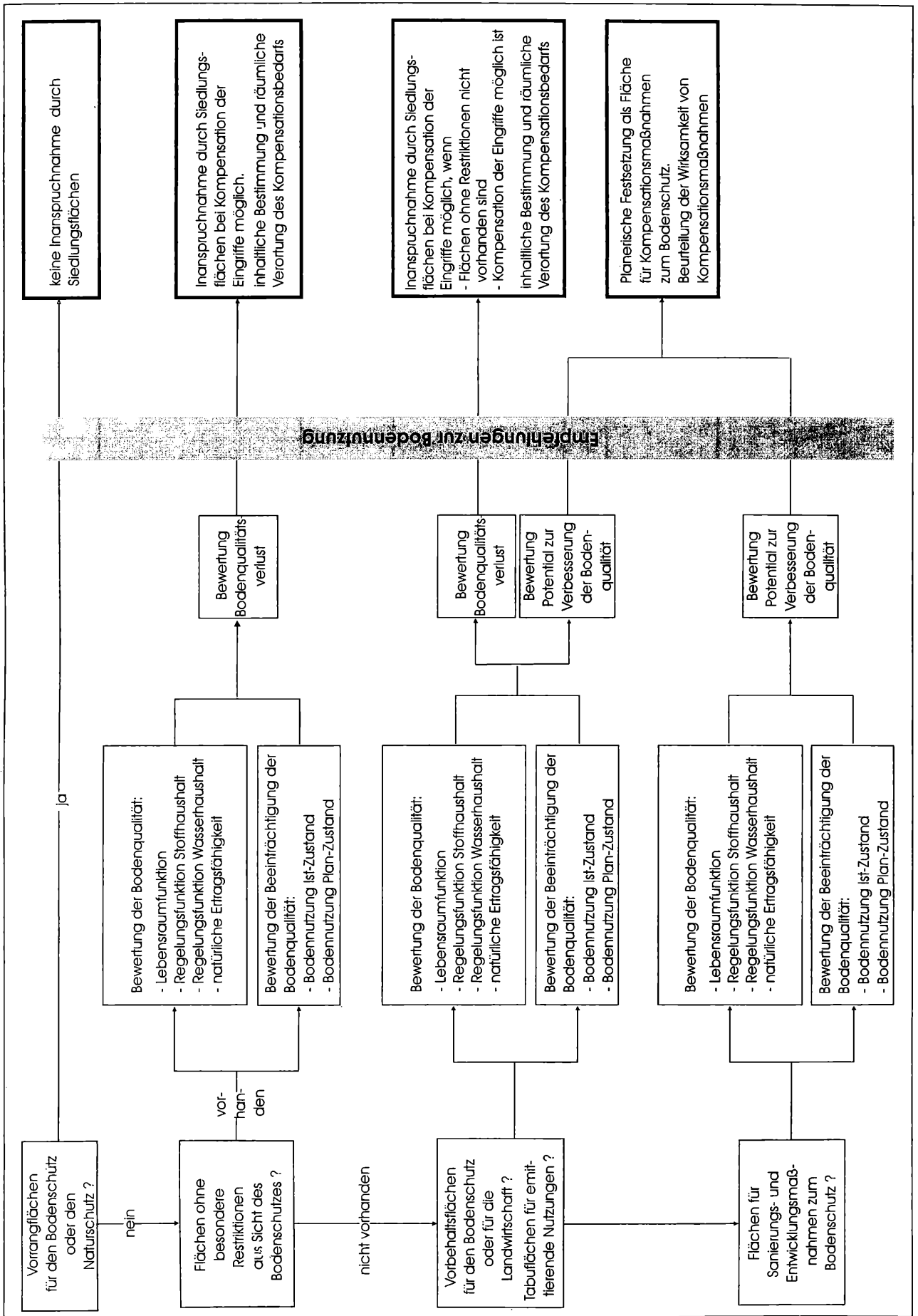


Abbildung 3

Mögliche bodenschutzfachliche Kriterien zur Operationalisierung von Bodenschutzzielen auf der Gesamtstädtischen Planungsebene.

sätzlich durch eine Bewertung der Leistungsfähigkeit und Empfindlichkeit von Böden anhand geeigneter Verfahren (s. Angaben im Literaturverzeichnis) sowie ihrer Seltenheit erfolgen (vgl. hierzu BOSCH 1994). Ein grundsätzlicher Mangel besteht an fachlichen Verfahrensvorschlägen, die die Regelungsfunktionen und die Lebensraumfunktion von Böden umfassend charakterisieren. Zur Bewertung der Regelungsfunktion im Stoffhaushalt stehen Verfahren zur Verfügung, die sich auf einzelne Stoffgruppen beziehen. Bei der Bewertung der Regelungsfunktion im Wasserhaushalt überwiegen Methoden zur Bewertung der Grundwasserneubildung. Methoden, die sich auf die Abfluregulation von Böden beziehen, fehlen im wesentlichen. Besondere Defizite bestehen bei der Bewertung der Lebensraumfunktion von Böden. Bekannte Verfahren beziehen sich ausschließlich auf die Funktion von Böden als Standort für die natürliche Vegetation. Die Bedeutung von Böden als Lebensraum für Bodenorganismen, die in Hinblick auf eine Vielzahl anderer natürlicher Bodenfunktionen wichtig sind (z.B. Abbau von Stoffen, Bodenfruchtbarkeit), wird nicht berücksichtigt (AHU & BKR 1997).

Ziel der vorgestellten fachlichen Verfahrensvorschläge ist die Bilanzierung von Bestand und Verbrauch an Bodenflächen und Bodenqualität. Dabei soll eine Optimierung von Bodenfunktionen und Bodennutzungen angestrebt werden. Dies ist möglich, wenn die bei einer Umwidmung von Böden in Siedlungsflächen zu erwartende Bodenqualitätsminderung a priori minimiert wird. Der in Abbildung 3 vorgestellte Ansatz ermöglicht eine Minimierung der Verluste an Bodenqualität, indem die durch die geplante Nutzung zu erwartenden Beeinträchtigungen der Bodenqualität mit der auf einer Fläche vorhandenen Bodenqualität in Beziehung gesetzt wird. Ziel ist es, Nutzungen, die mit starken Beeinträchtigungen der Bodenqualität verbunden sind, auf Bereiche zu lenken, die eine geringe Bodenqualität aufweisen – die zu erwartenden Bodenqualitätsverluste durch Umwidmung sind so iterativ durch einen Alternativenvergleich zu minimieren.

Fachliche Grundlagen zur Kompensation von Eingriffen bei der Inanspruchnahme von Böden zu Siedlungszwecken

Mit Blick auf den Kompensationsbedarf, der durch die Inanspruchnahme von Böden aus Sicht des Bodenschutzes entsteht, ist auf Vorbehaltsflächen und Flächen mit besonders empfindlichen Böden eine Bewertung des Potentials zur Verbesserung der Bodenqualität durchzuführen (vgl. Abb. 3). Dabei liegt der Schwerpunkt bei Vorbehaltsflächen auf möglichen Schutzmaßnahmen, bei Flächen mit besonders empfindlichen Böden auf möglichen Entwicklungsmaßnahmen. Die Bewertung der Wirksamkeit von Entwicklungs- und Schutzmaßnahmen ist über die Abschätzung der potentiellen Leistungsfähigkeit von Böden bei einer Verringerung der Beeinträchtigungsintensität der Bodennutzung denkbar. Bei Flächen für gezielte Sanierungsmaßnahmen zum Bo-

denschutz (vgl. Abb. 3) kann es sich beispielsweise um Bereiche mit besonders vorbelasteten Böden handeln (z.B. Altlasten). Sie sind aus Sicht des Bodenschutzes auf der Gesamtstädtischen Planungsebene ebenfalls geeignete Zielräume für die Durchführung von Kompensationsmaßnahmen.

Da Maßnahmen zur Begrenzung des Landschaftsverbrauchs in erster Linie auf eine Verminderung der Inanspruchnahme bislang unbesiedelter Böden (z.B. Umwidmung von Landwirtschaftsflächen in Bauland) zielen, sind zwei Arten von Kompensationsmaßnahmen zu bevorzugen:

Kompensation einer Inanspruchnahme von bislang unbesiedelten Böden (z.B. Landwirtschaftsflächen mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit) durch funktionsgerechten Ausgleich (z.B. Maßnahmen zur nachhaltigen Sicherung der natürlichen Ertragsfähigkeit von Böden) oder Ersatz (Stützung der natürlichen Funktionen von Auenböden usw.).

Wiederherstellung der Nutzbarkeit einer Altlast durch Sanierung als Kompensationsmaßnahme für die Inanspruchnahme einer gewerblichen Brachfläche.

Darüber hinaus ist die Kompensation einer Inanspruchnahme von bislang unbesiedelten Böden durch die Sanierung einer Gewerbebrache (Altlast) sinnvoll, wenn durch die Wiedernutzung der sanierten Fläche eine Inanspruchnahme bislang unbesiedelter Böden vermieden werden kann (Beispiel: Kompensation einer Wohnsiedlung "auf der grünen Wiese" durch Lenkung einer Gewerbeansiedlung auf die wieder nutzbar gemachte Gewerbefläche).

Auf der Gesamtstädtischen Planungsebene können aufgrund der Planungsintention (s.o.) keine konkreten Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen festgesetzt werden. Der Schwerpunkt liegt hier in der planerischen Darstellung von Flächen, auf denen Kompensationsmaßnahmen zugunsten des Bodenschutzes durchgeführt werden sollen, wenn durch die Inanspruchnahme von Böden ein Kompensationsbedarf entsteht. Durch die Anwendung der beschriebenen Bewertungsverfahren kann die Bodenfläche eines Bezugsraums in ihrer natürlichen Leistungsfähigkeit und Leistungsvielfalt (Bodenqualität) beschrieben werden. Eine Operationalisierung dieser Größe ist beispielsweise in Form einer dimensionslosen Maßzahl möglich, die sich aus dem Produkt der Bewertungsstufe für Leistungsfähigkeit und Funktionsvielfalt mit der Flächengröße ergibt. Durch die Verknüpfung mit der Information über die Beeinträchtigungsintensität einer Bodennutzung bei Umwidmung von Böden (beispielsweise von einer landwirtschaftlich genutzten Fläche in eine Wohnsiedlungsfläche) ist das Ausmaß der zu erwartenden Bodenqualitätsverluste abschätzbar. Umgekehrt ist mit dem gleichen Verfahren auch eine Abschätzung der Wirksamkeit von Schutz- und Entwicklungsmaßnahmen möglich. Der Kompensationsbedarf von geplanten Eingriffen (Flächenumwidmungen), ist auf diesem Wege auf der Ge-

samtstädtischen Planungsebene qualitativ und quantitativ begründbar.

5.3 Fallbeispiel

Methoden

Die Rahmenvorgaben, die auf der Gesamtstädtischen Planungsebene hinsichtlich Vorrangflächen und Vorbehaltsflächen vorgegeben wurden, müssen auf der Teilräumlichen Planungsebene konkretisiert werden. Hier gilt es vor allem, die Leistungsfähigkeit von Böden und den Verlust an Bodenqualität durch Umwidmung von Böden in Siedlungsflächen anhand kleinräumig ermittelter Grundlagendaten zu bewerten und konkrete Kompensationsmaßnahmen daraus abzuleiten. Innerhalb der auf der Gesamtstädtischen Planungsebene festgesetzten Flächen für die Siedlungsentwicklung werden im Fall einer geplanten Inanspruchnahme dieser Flächen (z.B. Aufstellung eines Bebauungsplans innerhalb einer Fläche ohne besondere Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes) die Leistungsfähigkeit und -vielfalt der Böden innerhalb dieser Flächen ermittelt und bewertet. Es können Bodenfunktionsräume abgegrenzt werden, die eine einheitliche Charakteristik hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und -vielfalt haben. Über die Beeinträchtigungsintensität der geplanten Bodennutzung können Eingriffsflächen abgegrenzt werden, die eine einheitliche Charakteristik hinsichtlich der Art der Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit von Böden bei einer Inanspruchnahme als Baufläche haben. Über die Verknüpfung der Eingriffsflächen mit den Bodenfunktionsräumen kann die Flächeninanspruchnahme und der zu erwartende Bodenqualitätsverlust abgeschätzt werden. Die Abnahme an Leistungsfähigkeit und -vielfalt der Böden (= Bodenqualitätsverlust) kann in Verbindung mit der in Anspruch genommenen Fläche als Maß für die erforderlichen Kompensationsmaßnahmen herangezogen werden.

Beschreibung des Fallbeispiels

Bei dem ausgewählten Fallbeispiel handelt es sich um eine ca. 40ha große Siedlungsflächenreserve, die im Südwesten einer nordrhein-westfälischen Großstadt liegt. Das Gebiet ist zur Zeit noch nicht als Wohnbaufläche ausgewiesen – über einen Änderungsantrag zum Gebietsentwicklungsplan wird zur Zeit entschieden.

Zur Beschreibung und Beurteilung der Bodenbeschaffenheit wurde eine Bodenkartierung durchgeführt. Darüber hinaus wurden Laboruntersuchungen zur Bestimmung ausgewählter Bodenparameter durchgeführt (z.B. pH-Wert, organische Substanz, Korngrößenanalysen).

Da das Gebiet noch nicht förmlich als Wohnbaufläche ausgewiesen wurde, existieren keine konkreten Vorstellungen zu Art und Intensität der zukünftigen baulichen Nutzung. Aus diesem Grunde wurde eine sogenannte städtebauliche Fiktion für das Plangebiet entwickelt. Es handelt sich hierbei nicht um

einen realen städtebaulichen Entwurf, sondern um eine fiktive Grundlage zur Abschätzung der möglichen Bebauung dieses Gebiets und der damit im Zusammenhang stehenden möglichen Beeinträchtigungen der Bodenqualität. Sie orientiert sich strukturell an der in der Umgebung vorhandenen Bebauung.

Auf Grundlage dieser Daten wurde unter Anwendung entsprechender fachlicher Verfahren zum einen die Leistungsfähigkeit der Böden, zum anderen die Beeinträchtigungsintensität durch Bodennutzungen ermittelt und miteinander verknüpft. Hieraus wurden die Grundlagen für eine Bilanzierung von Bestand und Verbrauch an Bodenfläche und Bodenqualität abgeleitet, die in der Folge exemplarisch mit dem planerischen Instrument der Eingriffs-/Ausgleichsregelung verknüpft wurde.

Böden und Bodenfunktionsräume

Im Plangebiet dominieren Braunerden und Braunerde-Parabraunerden sowie die Vega. Kleinflächig treten auch Gleye auf. Die Vergesellschaftung der Böden kann als prägend für diesen Landschaftsraum angesehen werden. Die Böden werden zur Zeit überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Entsprechende Folgen wie Pflugsohlenbildung, Gefügeveränderungen etc. sind sichtbar. Grundsätzlich ist jedoch davon auszugehen, daß die landwirtschaftliche Nutzung zu vergleichsweise geringen Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit der Böden geführt hat.

Auf der Grundlage der im Gelände und Labor erhobenen Daten zur Beschaffenheit der Böden und unter Anwendung von Verfahren zur funktionalen Bodenbewertung, die aus der bodenkundlichen Fachliteratur bekannt sind, wurde die Leistungsfähigkeit der Böden

zur Regelung des Wasser- und Stoffhaushalts, als Standort für natürliche Pflanzen und die natürliche Ertragsfähigkeit der Böden sowie die Seltenheit der Böden

bewertet. Die Leistungsfähigkeit der Böden wurde anhand einer fünfstufigen Skala von "sehr gering" bis "sehr hoch" bewertet. Zusätzlich wurden Böden, die eine sehr geringe oder geringe Leistungsfähigkeit zur Regelung des Stoffhaushalts aufweisen, als besonders empfindlich gegenüber Stoffeinträgen eingestuft. Für jede der so bewerteten Bodeneinheiten ergeben sich unterschiedliche Kombinationen von Leistungsfähigkeiten für die berücksichtigten Bodenfunktionen (z.B. mittlere Leistungsfähigkeit zur Regelung des Stoffhaushalts, geringe Leistungsfähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen, geringe Leistungsfähigkeit zur Regelung des Wasserhaushalts, hohe natürliche Ertragsfähigkeit, kein regional oder überregional seltener Boden). Die unterschiedlichen Kombinationen von Leistungsfähigkeiten wurden in Form von Bodenfunktionsräumen zusammengefaßt. Die Benennung der Bodenfunktionsräume erfolgt dabei nach den Bodenfunktionen, für die die entsprechenden Böden jeweils

Tabelle 1

Im Plangebiet auftretende Bodenfunktionsräume.

Bodenfunktionsraum	Eigenschaft	Planerische Kategorie
Hohe natürliche Ertragsfähigkeit	Natürliche Ertragsfähigkeit hoch oder sehr hoch, Leistungsfähigkeit für andere Bodenfunktionen mittel oder gering	Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz
Hohe Leistungsfähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen	Leistungsfähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen hoch, Leistungsfähigkeit für andere Bodenfunktionen mittel oder gering	Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz
Mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt	Leistungsfähigkeit für alle betrachteten Bodenfunktionen mittel	Flächen ohne besondere Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes
Geringe bis mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt	Leistungsfähigkeit für alle betrachteten Bodenfunktionen mittel oder gering tw. sehr geringe oder geringe Leistungsfähigkeit Stoffhaushalt (empfindlich gegenüber Stoffeinträgen)	Flächen ohne besondere Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes bzw. Tabuflächen für emittierende Nutzungen

eine hohe oder sehr hohe Leistungsfähigkeit aufweisen. Im Plangebiet können die in Tabelle 1 wiedergegebenen Bodenfunktionsräume unterschieden werden.

Abbildung 4 stellt die räumliche Verbreitung der unterschiedlichen Bodenfunktionsräume im Untersuchungsgebiet dar. Es wird deutlich, daß mehr als die Hälfte der Fläche des Plangebietes durch Böden mit einer hohen natürlichen Ertragsfähigkeit oder einer hohen Leistungsfähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen eingenommen wird. In einer südwest-nordost und südost-nordwest verlaufenden Zone treten zusammenhängende Areale mit Böden auf, die eine mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt aufweisen. In diese Zone eingeschaltet liegen Bereiche, die eine geringe bis mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt aufweisen und empfindlich gegenüber Stoffeinträgen sind.

Durch die Bildung von Bodenfunktionsräumen werden über die Charakterisierung des Bestands an Bodenfläche Informationen über den Bestand an Bodenqualität verfügbar. Durch die funktionale Bodenbewertung und die Bildung von Bodenfunktionsräumen wird somit ein erstes Defizit aus Sicht des Bodenschutzes behoben. Neben den quantitativen Auswirkungen des Landschaftsverbrauchs (Flächeninanspruchnahme) wird auch die Inanspruchnahme von Bodenqualität beschreib- und bewertbar gemacht.

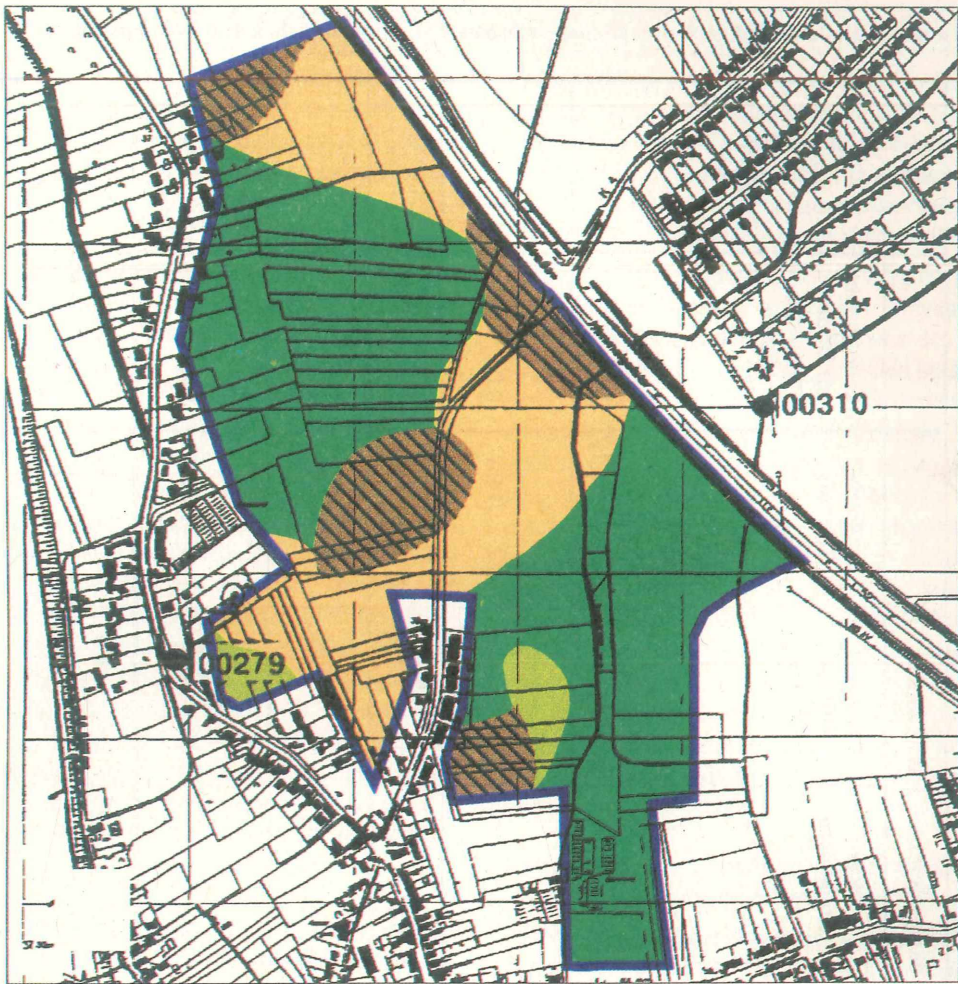
Bilanzierung von Bestand und Verbrauch an Bodenfläche und Bodenqualität

Auf der Grundlage von Verfahren, die in AHU & BKR (1997) beschrieben werden, wurden in ähnlicher Weise Eingriffsflächen abgegrenzt, die die un-





terschiedliche Eingriffsintensität durch die zukünftige (fiktive) Nutzung des Plangebiets charakterisieren. In Abhängigkeit von der Art und Höhe der Eingriffe in Böden, die mit unterschiedlichen Nutzungen verbunden sind, werden Bodennutzungsklassen definiert. Die Höhe der Bodennutzungsklassenummer steigt mit zunehmender Beeinträchtigungintensität der Nutzung (Bodennutzungsklasse 1 = sehr geringe Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit von Böden, Bodennutzungsklasse 10 = vollständige Zerstörung von Böden). In bezug auf die für das Plangebiet entwickelte städtebauliche Fiktion können die in Tabelle 2 dargestellten Bodennutzungsklassen unterschieden werden.

Die Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden und der nutzungsbedingten Beeinträchtigung von Bodenfunktionen liefern die Ausgangsinformation für eine Bilanzierung des Bestands sowie der zukünftig zu erwartenden Verluste an Bodenfläche und Bodenqualität und stellen somit einen wichtigen Schritt zur Stärkung der Belange des Bodenschutzes in der verbindlichen Bauleitplanung dar.



Tabelle 2 zeigt die Verknüpfung der zukünftigen Flächeninanspruchnahme mit dem aktuellen Bestand an Bodenfläche und Bodenqualität. Von dem aktuellen Vorrat an Bodenfläche von ca. 40ha entfallen ca. 60% auf Böden mit einer hohen Bodenqualität. Dabei treten mit einem Anteil von 55% vor allem Böden hervor, die eine hohe natürliche Ertragsfähigkeit aufweisen. Bei ca. 40% der Bodenfläche handelt es sich um Böden mit vergleichsweise geringen Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes. Betrachtet man die Verteilung der geplanten Bodennutzungen auf die Bodenfunktionsräume, so wird deutlich, daß ca. 27% der Böden mit einer



Bodenfunktionsräume

	hohe natürliche Ertragsfähigkeit	Vorbehaltsflächen für den Bodenschutz
	hohe Leistungsfähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen	
	mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt	Flächen ohne besondere Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes
	geringe bis mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt	

besonders empfindliche Böden

-  hohe Empfindlichkeit gegenüber Stoffeinträgen
-  Grenze des Untersuchungsgebietes

Maßstab: 1:7.500

ahu

Abbildung 4

Fallbeispiel - Verbreitung der Bodenfunktionsräume im Plangebiet.

Bilanzierung von Bestand und geplanter Inanspruchnahme von Bodenflächen und Bodenqualität.

Funktionsraum	Bestand	geplante Inanspruchnahme zu Siedlungszwecken - Plan-Zustand							keine Angabe zur Boden-nutzungs-klasse	Empfindlich-keit
		Flächen für Maß-nahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwick-lung von Natur und Landschaft, Grünflächen	Parkanlagen, Hausgärten, Dauerklein-gärten	Rad- und Fußwege, Sportplatz	PKW-Stellplätze	Erschlies-sungs-straßen	Gebäude, Straßen	Boden-nut-zungs-klasse 10		
Hohe Leistungs-fähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen	1,3 3%	0,0 0%	1,0 73%	0,02 2%	0,0 0%	0,1 11%	0,2 14%	0,0 0%		
Hohe natürliche Ertragsfähigkeit	23,3 56%	6,6 28%	11,9 51%	0,9 4%	0,5 2%	0,2 1%	1,9 8%	1,3 6%		
Mittlere Leistungs-fähigkeit im Natur-haushalt	11,1 26%	0,0 0%	7,6 69%	0,9 8%	0,0 0%	0,5 4%	1,3 12%	0,8 7%		
Geringe bis mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt	6,1 15%	0,0 0%	4,0 66%	0,1 2%	0,2 4%	0,3 4%	1,3 21%	0,2 3%	Hohe Emp-findlichkeit gegenüber Stoffeinträgen	
Summe	41,9	6,7 16%	24,5 58%	2,0 5%	0,7 2%	1,1 3%	4,7 11%	2,2 5%	41,9	

alle Angaben in ha

hohen Leistungsfähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen und 15 % der Böden mit einer hohen natürlichen Ertragsfähigkeit in bebaute Flächen umgewidmet werden. Darüber hinaus werden ca. 24 % der Böden mit einer mittleren und 31 % der Böden mit einer geringen bis mittleren Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt in Bauflächen umgewidmet (Bodennutzungsklassen 6, 7, 9 und 10).¹⁾

Die Freiflächennutzungen (Bodennutzungsklassen 1 und 2, jedoch inklusive versiegelter Freiflächen im Grundstücksraum) verteilen sich überwiegend auf Böden mit einer hohen Leistungsfähigkeit. Positiv hervorzuheben ist dabei, daß die Nutzungen der Bodennutzungsklasse 1 (Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft und extensiv genutzte Grünflächen) sich ausschließlich im Bereich von Böden mit einer hohen Leistungsfähigkeit befinden. Allerdings wäre es aus Sicht des Bodenschutzes sinnvoll, daß sie sich vor allem im Bereich von Böden mit einer hohen Leistungsfähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen befinden und nicht auf Böden mit einer hohen natürlichen Ertragsfähigkeit (vgl. Tab. 2). Ebenfalls sinnvoll wäre es aus Sicht des Bodenschutzes, wenn ein größerer Teil der Böden mit einer mittleren Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt als Baufläche genutzt würde und dafür ein Teil der Böden mit einer hohen Leistungsfähigkeit geschont werden könnte.

Beurteilung der Inanspruchnahme von Bodenfläche und Bodenqualität aus Sicht des Bodenschutzes

Die Bilanzierung von Bestand und Verbrauch an Bodenfläche und Bodenqualität kann folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Die Analyse der Überlagerung der städtebaulichen Fiktion mit dem aktuellen Bestand an Bodenfläche und Bodenqualität zeigt, daß die mit der städtebaulichen Fiktion aufgezeigte mögliche Bebauung des Plangebietes und die räumliche Verortung der einzelnen Bodennutzungen wenig an die Leistungsfähigkeit der Böden und die Schutzbedürfnisse, die sich daraus ergeben, angepaßt sind.
Geht man davon aus, daß eine geringe Beeinträchtigung der natürlichen Leistungsfähigkeit von Böden lediglich im Bereich der Bodennutzungsklasse 1 (Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft und extensiv genutzte Grünflächen) zu erwarten ist, so wird deutlich, daß auf ca. 85 % der Gesamtfläche des Plangebietes zukünftig ein mehr oder weniger großer Verlust an Bodenqualität zu erwarten ist.
- Die räumliche Verteilung der unterschiedlichen Bodennutzungen auf Bodenfunktionsräume zeigt ein angebotsorientiertes Entwicklungsmuster. Das heißt, Böden, die einen großen Anfangsbestand an Fläche aufweisen, werden am stärksten umgewidmet, Böden mit einem geringeren Anfangsbestand an Fläche werden in ge-

ringem Maße umgewidmet. Dieser Umstand zeigt, daß die Ziele des Schutzes und der Erhaltung von Bodenqualität bei der Standortwahl für Baugebiete und Planung von Bauvorhaben bislang kaum von Bedeutung sind und in erster Linie städtebauliche Leitbilder berücksichtigt werden. Dies ist in erster Linie auf den Mangel an entsprechenden abwägungsrelevanten Informationen zum Bodenschutz zurückzuführen.

Zu berücksichtigen ist in diesem Zusammenhang, daß sich grundsätzlich immer ein Abwägungsbedarf ergibt zwischen einer aus Sicht des Bodenschutzes optimierten Planung und den städtebaulichen, planerisch-gestalterischen und bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die Planung von Baugebieten. Es ist realistischerweise davon auszugehen, daß diese Abwägung nicht immer zu Gunsten einer aus Sicht des Bodenschutzes optimierten Planungsvariante ausgehen kann. Um so mehr Bedeutung kommt daher einer aus Sicht des Bodenschutzes optimierten Standortwahl für Bauflächen zu, die bereits auf der Ebene der vorbereitenden Bauleitplanung zu leisten ist. Hervorzuheben ist hier das Vermeidungsgebot, das auf der Ebene der Gesamtstädtischen Planung dazu beitragen kann, Eingriffe auf der Ebene der verbindlichen Bauleitplanung zu minimieren (vgl. Abschnitt 5.2).

Optimierung der Gestaltung von Bauvorhaben und Kompensation unvermeidbarer Eingriffe

Ein wichtiges Bodenschutzziel auf der Teilräumlichen Planungsebene stellt die Optimierung der Gestaltung von Bauvorhaben (Minimierung von Eingriffen) und die funktionsgerechte Kompensation von Eingriffen dar. Aus Sicht des Bodenschutzes ist grundsätzlich zu fordern, daß der mit der Umwidmung von Böden in Bauflächen verbundene Verlust an Bodenqualität minimiert wird. Dies ist grundsätzlich anzustreben

durch die räumliche Verortung von Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen auf Böden, die vergleichsweise geringe Restriktionen aus Sicht des Bodenschutzes aufweisen, und durch eine flächensparende Bauweise.

Da auf der Ebene der verbindlichen Bauleitplanung aus städtebaulichen und bauordnungsrechtlichen Gründen die Variationsmöglichkeiten bei der Verortung von Gebäuden und Infrastruktureinrichtungen häufig relativ gering sind, liegt der Schwerpunkt hier eindeutig auf Maßnahmen zur flächensparenden Bebauung und Erschließung von Baugebieten. Neben dem Schutz und der Erhaltung der Leistungsfähigkeit von Böden in den bei einer flächensparenden Bauweise nicht in Anspruch genommenen Freiflächen können durch eine derartige, am Bodenschutz orientierte Planung von Baugebieten die Aufwendungen für die Kompensation von Eingriffen in Böden minimiert werden. Dazu ist ein Umdenken in der Anwendung der Eingriffs-/Ausgleichsregelung erforderlich. Bislang wird die Eingriffs-/Ausgleichsregelung vorwiegend auf fertige

Tabelle 3

Kompensationsbedarf im dargestellten Fallbeispiel.

Bodennutzungs-kategorie	Beeinträchtigungsfaktor	hohe Leistungsfähigkeit als Standort für natürliche Pflanzen		hohe natürliche Ertragsfähigkeit		mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt		geringe bis mittlere Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt	
		ungewichtet	gewichtet	ungewichte	gewichtet	ungewichte	gewichtet	ungewichtet	gewichtet
Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft, Grünflächen	1	0,00	0,00	6,62	0,66	0,03	0,01	0,00	0,00
Parkanlagen, Hausgärten, Dauerkleingärten	2	0,98	0,20	11,87	2,37	7,64	1,53	4,00	0,80
Rad- und Fußwege, Sportplatz	6	0,02	0,01	0,95	0,57	0,87	0,52	0,14	0,08
PKW-Stellplätze	7	0,00	0,00	0,45	0,32	0,03	0,02	0,24	0,17
Erschließungsstraßen	9	0,15	0,14	0,22	0,20	0,50	0,45	0,26	0,23
Gebäude, Straßen	10	0,20	0,20	1,92	1,92	1,28	1,28	1,29	1,29
Flächenanspruch (Beeinträchtigungsfaktor X Fläche _{gew.})		0,55		6,04		3,81		2,57	
Leistungsfähigkeit vor Eingriff		4		4		3		2,5	
Standardisierungsfaktor		3		3		3		3	
standardisierter Kompensationsflächenbedarf (Fläche _{gew.} X Leistungsf. v. Eingriff) / Standardisierungsfaktor		0,73		8,05		3,81		2,14	

alle Angaben in ha

Planungen angewendet, um den erforderlichen Kompensationsaufwand zu berechnen. Im Sinne des Bodenschutzes *und* einer Minimierung der Aufwendungen für die Kompensation von Eingriffen ist es jedoch sinnvoll, die Eingriffs-/Ausgleichsregelung schon frühzeitig, d.h. bei der planerischen Abwägung zwischen unterschiedlichen städtebaulichen Varianten als planungsbegleitendes und iterativ optimierendes Instrument einzusetzen. Es ist beispielsweise denkbar, die Berücksichtigung der Belange des Bodenschutzes in Form von besonders flächensparenden Bauweisen und Erschließungsstrukturen bereits in die Phase der Auslobung und Bewertung von städtebaulichen Wettbewerben als ein mögliches Bewertungskriterium für städtebauliche Entwürfe zu integrieren.

Beispielhaft zeigt Tabelle 3 den Bedarf für eine funktionsgerechte Kompensation der Eingriffe in die Leistungsfähigkeit von Böden, der auf Grundlage der städtebaulichen Fiktion für das Plangebiet und der damit verbundenen Eingriffe entstehen würde. Die der in Tabelle 3 dargelegten Berechnung zugrundeliegende Methodik lehnt sich an das in Nordrhein-Westfalen gängige Verfahren nach ADAM, NOHL & VALENTIN (1987) an. Durch die Verknüpfung der Wertigkeit der in Anspruch genommenen Böden (Leistungsfähigkeitsstufe des Bodenfunktionsraums) mit den zu erwartenden Beeinträchtigungen durch die geplante Bodennutzung (Beeinträchtigungsfaktor der Bodennutzungs-kategorie, direkt proportional zur Nummer der Bodennutzungs-kategorie) ergibt sich der Bedarf an Kompensationsflächen. Im vorliegenden Beispiel würde bei einer geplanten Baugebietsgröße von ca. 40ha ein Kompensationsbedarf von ca. 15ha entstehen. Ein geringer Anteil von ca. 1,5ha des Kompensationsbedarfs könnte innerhalb des Baugebietes selbst verwirklicht werden. Der verbleibende Kompensationsbedarf kann jedoch aufgrund der auf den übrigen Flächen zu erwartenden Funktionsverluste nicht innerhalb des Plangebietes gedeckt werden.

Zur Lösung dieses Konflikts zwischen der städtebaulich erforderlichen Schaffung von Wohnraum und dem Schutzbedürfnis leistungsfähiger Böden bieten sich grundsätzlich zwei Wege an:

1. Durch eine iterative Überprüfung des Kompensationsbedarfs für unterschiedliche Planungsvarianten kann unter Annäherung an ein größtmögliches, sozialverträgliches Maß an Verdichtung, flächensparender Bauweise und Erschließung der Kompensationsbedarf vermindert und die Planung im Sinne des Bodenschutzes optimiert werden.
2. Der verbleibende Kompensationsaufwand sollte nach Möglichkeit innerhalb des Plangebietes gedeckt werden. Soweit dies nicht möglich ist, sollten Kompensationsmaßnahmen an anderer Stelle durchgeführt werden. Hier ist es erforderlich, von seiten der kommunalen Umweltplanung ein in sich geschlossenes Konzept für Bodenqualitätsziele und mögliche Kompensations-

maßnahmen vorzuhalten, die zur Erreichung oder Sicherung dieser Bodenqualitätsziele einen sinnvollen Beitrag leisten können. In diesem Zusammenhang ist die planerische Sicherung möglicher Kompensationsflächen bereits auf der Ebene der vorbereitenden Bauleitplanung von besonderer Bedeutung. Aus Sicht des Bodenschutzes sollte dem funktionsgerechten Ausgleich von Eingriffen grundsätzlich der Vorrang gegeben werden (z.B. Verbesserung der Leistungsfähigkeit von Böden als Standort für natürliche Vegetation an anderer Stelle als Ausgleich einer Beeinträchtigung dieser Bodenfunktion im Baugebiet). Alternativ können je nach örtlicher Situation und in Abhängigkeit von dem aufzustellenden kommunalen Bodenqualitätszielkonzept jedoch auch Ersatzmaßnahmen eine sinnvolle Kompensation für Eingriffe bei der Inanspruchnahme von Böden darstellen.

Anmerkung

1) Bei der Berechnung der überbaubaren Flächen und Flächenanteile wurde die Versiegelung von Böden im Freiraum der privaten Grundstücke (Terrassen, Wege usw.) nicht mit einberechnet. Grundsätzlich ist daher davon auszugehen, daß die Bilanzierung anhand der vorliegenden Daten zur städtebaulichen Fiktion für das Plangebiet die tatsächliche Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit von Böden im Plangebiet unterschätzt.

Literatur

ADAM, K.; W. NOHL & W. VALENTIN (1987):
Bewertungsgrundlagen für Kompensationsmaßnahmen bei Eingriffen in die Landschaft.- MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.), Düsseldorf.

AHU (ARBEITSGEMEINSCHAFT BÜRO FÜR HYDROGEOLOGIE UND UMWELT GMBH) & BKR (BÜRO FÜR KOMMUNAL- UND REGIONALPLANUNG ESSEN) (1997):
Forschungsbericht zum UBA-FuE-Vorhaben "Bodenschutz und Landschaftsverbrauch".- UFO-Plan Nr. 10802897. Essen und Aachen.

BOSCH, C. (1994):
Versuch einer Roten Liste natürlicher Böden.- In: ROSENKRANZ, D.; G. BACHMANN, G. EINSELE, H.M. HARREß (Hrsg.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. Erich Schmidt Verlag, Berlin, Ziff. 7050.

DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU) (HRSG., 1988):
Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil 1: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren.- DVWK Merkblatt 212, Parey, Hamburg.

HENNINGS, V. (1994):

Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden.- Geologisches Jahrbuch, Reihe F, H. 31, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Hannover.

HÖLTING, B.; T. HAERTLÉ, K.H. HOHBERGER, K.H. NACHTIGALL, E. VILLINGER, W. WEINZIERL & J.P. WROBEL (1995):

Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung.- Geologisches Jahrbuch, Reihe C, H. 63, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Hannover.

MARKS, R.; M.J. MÜLLER, H. LESER & H.J. KLINK (1992):

Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BA LV).- Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 229, Selbstverlag Zentralauschuß für deutsche Landeskunde, Trier.

MOHS, B. & H.G. MEINERS (1994):

Kriterien des Bodenschutzes bei der Ver- und Entsiegelung von Böden. Untersuchungsprogramm Bodenver-/entsiegelung. Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes.- UBA-TEXTE 50/94. Erich Schmidt, Berlin.

RENGER, M. & O. STREBEL (1980):

Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften.- Wasser und Boden, 32 (8): 362-366.

RENGER, M.; G. WESSOLEK, R. KÖNIG, C. FAHRENHORST, F. SWARTJES & B. KASCHANIAN (1990):

Modelle zur Ermittlung und Bewertung von Wasserhaushalt, Stoffdynamik und Schadstoffbelastbarkeit in Abhängigkeit von Klima, Bodeneigenschaften und Nutzung.- Endbericht zum BMFT-Projekt 0374343, Univ. Berlin, Inst. f. Ökologie, FB Bodenkunde.

RICHTER, U. & W. ECKELMANN (1993):

Das Ertragspotential ackerbaulich genutzter Standorte in Niedersachsen - Beispiel einer Auswertungsmethode im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS.- Geol. Jahrbuch, Reihe F, H. 27, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Hannover: 197-205.

SCHRAPS, W.G. & H.P. SCHREY (1996):

Seltene Böden in Nordrhein-Westfalen.- Krefeld, unveröff.

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995):

Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren.- Selbstverlag Umweltministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.

Anschrift des Verfassers:

Geogr. M.A. Bernhard Mohs
AHU - Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH
Kirberichshofer Weg 6
D-52066 Aachen

Aspekte der Untersuchung und Bewertung bodenbiologischer Zustandsparameter

Jörg RÖMBKE, Ludwig BECK, Bernhard FÖRSTER & Andrea RUF

1. Einführung

Das hier vorgestellte Konzept ist ein Instrument zur Beurteilung der biologischen Bodenqualität. Die rechtliche Vorgabe dazu ist das "Gesetz zum Schutz des Bodens" vom 17. März 1998. Ein Schutzziel dieses Gesetzes ist es, die Funktion des Bodens als Lebensraum für Tiere, Mikroorganismen und Pflanzen zu erhalten. Allerdings ist bisher nicht geklärt, welche Methoden dazu geeignet sind, eine Beeinträchtigung des Schutzziels "Lebensraum für Bodenorganismen" an einem konkreten Standort anzuzeigen. Auch ist unklar, welche Kriterien zu verwenden sind, um eine festgestellte Beeinträchtigung zu bewerten.

Bevor das Konzept zur biologischen Beurteilung der Bodenqualität vorgestellt werden kann, sind zunächst einige zentrale Begriffe zu definieren:

Boden: Unbelastete oder potentiell belastete natürliche oder biologisch gereinigte Freilandböden oder Substrate.

Bodenbelastung: Allgemein jeder anthropogene Einfluß (z.B. Verdichtung, Versauerung usw.). Hier: Speziell stoffliche Belastungen, d.h. Chemikalien (z.B. Schwermetalle, Pflanzenschutzmittel, Umweltchemikalien).

Bodenqualität: Allgemein: Die Fähigkeit eines Bodens zu "funktionieren" (Definition nach KARLEN ET AL. 1997). Hier: Als - eine unter mehreren - Funktion als Lebensraum für Bodenorganismen.

Eine weitere Klarstellung betrifft das Verhältnis zwischen der Prüfung einzelner Chemikalien und der hier interessierenden Beurteilung der Bodenqualität, da diese beiden Problemkreise in der gegenwärtigen Diskussion zum Bodenschutz oft miteinander vermischt werden.

Die Prüfung einzelner Chemikalien ist im allgemeinen gekennzeichnet durch folgende Aspekte:

Sie ist oft Teil eines *prospektiven* Registrierungs- bzw. Notifizierungsprozesses.

Dabei finden international standardisierte Tests (primär mit einzelnen Arten) als Teil einer mehrstufigen Untersuchungsstrategie (Labor, Halbfreiland, Freiland) Verwendung.

Die rechtliche Basis ist das Chemikalien- bzw. Pflanzenschutzgesetz sowie zunehmend verschiedene Richtlinien der Europäischen Union (z.B. EU 1996).

- Insgesamt erfolgt demnach eine *negative* Definition des Untersuchungsziels (d.h. zu vermeiden ist eine Konzentration von mehr als x mg/kg, um Schädigungen an Bodenorganismen auszuschließen).

Dagegen ist für die Beurteilung der Bodenqualität charakteristisch:

- Meist handelt es sich um die *retrospektive* Untersuchung von Standorten mit unbekanntem Belastungsgrad. Dabei erfolgt eine Beprobung von verschiedenen Organismengruppen im Freiland als Teil einer abgestuften Qualitätsbeurteilung. Labortests werden nur in speziellen Fällen, insbesondere im Rahmen einer Ursachenuntersuchung, verwendet. Diese ähneln mit drei Ausnahmen (Verwendung von natürlichen Böden statt Standardboden, oft Fehlen einer Kontrolle sowie ausstehender internationaler Validierung) stark denen der Chemikalienprüfung. Die rechtliche Basis ist gegenwärtig das Bundesbodenschutzgesetz (bzw. die, meist noch als Entwurf vorliegenden, Bodenschutzgesetze der Länder). Zusammenfassend handelt es sich damit um eine *positive* Definition des Schutzziels (d.h. die standorttypische Bodenbiozönose ist der Sollwert, an dem Differenzen gemessen werden)

Im Rahmen dieses Beitrags wird nur auf den Aspekt der Beurteilung der Bodenqualität eingegangen. In jedem Fall sind Aussagen über mögliche Beeinträchtigungen eines *biologischen Schutzziels* nur durch *biologische Methoden* möglich. Dabei sind Angaben aus anderen Wissenschaftsdisziplinen (im Falle stofflicher Bodenbelastungen primär die chemische Rückstandsanalytik) hilfreich.

2. Konzepte zur Beurteilung der Bodenqualität

2.1 Historischer Überblick

Konzepte zur biologischen Klassifizierung und Beurteilung von Standorten werden seit vielen Jahren in der Vegetations- oder Pflanzensoziologie genutzt (z.B. BRAUN-BLANQUET 1964; ELLENBERG 1979). Für die aquatische Ökotoxikologie bzw. Limnologie wurden solche Ansätze ebenfalls entwickelt (z.B. WRIGHT ET AL. 1994; REYNOLDS-SON ET AL. 1996), wobei im Gesetzesvollzug weit verbreitete Verfahren wie der Saprobienindex (BAYE-

Standortfaktor	Klasseneinteilung
Salinität	Salzig, Brackig, Süß
Bodentextur	Sand, Andere
Bodenfeuchte - Verfügbarkeit	Naß, Feucht, Trocken
Acidität / Nährstoffversorgung	Sauer, Schwach sauer, Basisch
Vegetationsstruktur	Wald/Gebüsch, Wiesen u.ä., Pioniervegetation
Verschiedene Störungen	Störung, Pflügen, Sanddrift
Streuabbaubarkeit / Humus	Leicht, Mittel, Schlecht abbaubar

Tabelle 1

Ausprägung von Standortfaktoren nach SINNIGE ET AL. (1992):

RISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996) oder die "Sedimenttriade" (CHAPMAN 1989) als Teile bzw. Vorläufer eines solchen Beurteilungskonzepts angesehen werden können. Auch in der Bodenbiologie sind entsprechende Ideen - teils schon früh - mehrfach geäußert worden (z.B. GHILAROV 1965; DUNGER 1968; GHABBOUR 1991; BELOTTI 1993). Schwer einschätzbar ist dabei die Situation in der Bodenmikrobiologie: Obwohl seit kurzem vergleichbare Gedanken zur konzeptionellen Nutzung qualitativer Parameter diskutiert werden (ZAK ET AL. 1994; HUND & KÖRDEL 1998), ist gegenwärtig eine konkrete Umsetzung aufgrund der hohen Variabilität des Vorkommens dieser Organismen und noch fehlender Standardisierung der verschiedenen Untersuchungsmethoden nicht absehbar. Beispielhaft für mögliche biologische Konzepte zur Beurteilung der Bodenqualität sollen im folgenden kurz vier Ansätze umrissen werden:

I. Pedozoologische Standortslehre (VOLZ 1962)

- Charakterisierung von Waldstandorten mittels einer gravimetrischen Gruppenanalyse der Makrofauna (Regenwürmer, Schalenschnecken, Nacktschnecken, Käfer- und Dipterenlarven, Myriapoden, Asseln).
- Beispiel für eine Standortklassifizierung:
 - I. Areale mit teilweise semiterrestrischem Charakter
 - II. Feuchte, dunkelfarbige humusreiche Lokkerböden
 - III. Gesellschaften frischer Auwaldböden
 - IV. Moderhumusgesellschaften in Wäldern
 - V. Montane Waldböden
 Analoge Einteilung der untersuchten Standorte aufgrund der Artenkombination der dort vorkommenden Regenwürmer.
- Probleme des Ansatzes: Der Arbeitsaufwand für die Gruppenerfassung ist hoch; außerdem wird dabei die Mesofauna unterschätzt.

II. Ecotopes/Ecological species group (SINNIGE ET AL. 1992)

Definition von Standorttypen (= ecotopes) und Identifikation ihrer "Soil Fauna Communities" analog zu vegetationskundlicher Klassifikation.

- Die Ausprägung eines Standortfaktors wird in wenige (im Falle quantifizierbarer Meßwerte meist drei) Klassen unterteilt (vgl. Tab. 1).
- Betrachtete Tiergruppen: Diplopoden, Chilopoden, Ameisen, Enchytraeen, Collembolen und Regenwürmer.
- Zuordnung erfolgt qualitativ (z.B. Artenspektrum), nicht quantitativ (z.B. Abundanz/m²).
- Unterscheidung von 136 Standorttypen (bezogen auf die Niederlande).

III. Zersetzergesellschaften (GRAEFE 1993)

- Klassifikation von "Zersetzergesellschaften" (= typische, von Umweltbedingungen abhängige Artenkombination streuzersetzender Mikroorganismen und Tiere) nach dem Besatz an Regenwürmern und Enchytraeen. Anlehnung in Gliederung und Benennung an die Pflanzensoziologie. Einstufung der Arten relativ zu ihrem Vorkommen in Bezug zu:
 - Bodenfeuchte, pH-Wert und Kalkgehalt,
 - Horizontbindung, Ernährung, Fortpflanzungsstrategie,
 - Charakterarten auf verschiedenen Klassifizierungsebenen, Konstanz am Standort.
 Definition von Werteklassen auf einer Skala (z.B. 1 - 9) für jeden Standortfaktor.

IV. Soil Invertebrate Prediction and Classification Scheme (SPURGEON ET AL. 1996)

In jüngster Vergangenheit wurde, unabhängig von unserer Arbeitsgruppe, ein vergleichbares Konzept in England erarbeitet: das "Soil Invertebrate Prediction and Classification Scheme" (SIVPACS; SPURGEON ET AL. 1996). Im Zuge einer ersten Validierungsstudie an einem schwermetallbelasteten Standort in West-England erfolgte eine Umbenennung in "Soil Prediction and Classification Scheme" (SOILPACS; WEEKS ET AL. 1997), wodurch die Ähnlichkeit mit schon bestehenden Ansätzen aus der Limnologie (RIVPACS) betont wird. Diese Überlegungen ähneln sehr stark dem im folgenden vorgestellten Ansatz.

Tabelle 2

Zusammenhänge zwischen einzelnen bodenkundlichen Parametern von Waldstandorten und dem Vorkommen wichtiger Organismengruppen (verändert nach EIJSACKERS 1992).

Rohhumus	Moder	Mullhafter Moder	Mull		
pH (sauer) ←		→	pH (neutral)		
pH 3,5 - 5,0			pH 5,0 - 7,0		
CEC 80 - 120 [me%]			CEC 20 - 40 [me%]		
Basensättigung 20 - 40%			Basensättigung 40 - 100%		
C:N > 20			C:N < 15		
Milben (400.000)	Milben,	Myriapoden und	Regenwürmer (200)		
Collembolen (80.000)	Collembolen und	Isopoden	Isopoden (50)		
Enchytraeen (50.000)			Myriapoden (1.000)		
Insektenlarven (80)	Insektenlarven	Insektenlarven und	Insektenlarven (50)		
Myriapoden (250)	Myriapoden	Regenwürmer	Milben (200.000)		
Regenwürmer (20)	Regenwürmer und	Milben und	Collembolen (100.000)		
Isopoden (20)	Isopoden	Collembolen	Enchytraeen (20.000)		
Zunahme der Pilze ←		→		Zunahme der Bakterien	
Abnahme		Bildung von Ton-Humus-Komplexen		Zunahme	

2.2 Einführung in das "BBSK-Konzept"

Das Konzept der regional differenzierten *Bodenbiologischen Standort-Klassifikation* (BBSK) (Soil Biological Site Classification) orientiert sich an international akzeptierten Ideen des "Environmental Risk Assessment". Es basiert auf Analogieschlüssen zu Ansätzen aus der Pflanzensoziologie bzw. der vegetationskundlichen Standortansprache, auf Erfahrungen aus der Literatur (Boden, Sediment) und speziell auf der Studie "Bodenfauna und Umwelt" (RÖMBKE ET AL. 1997), die im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU), Karlsruhe (Projektkoordination: Dr. V. Schweikle) erstellt wurde. Aufgrund der rechtlichen Vorgaben, speziell dem Entwurf des Bundesbodenschutzgesetzes, muß es die folgenden Kriterien erfüllen:

- einfach anzuwenden sein;
- ein schnelles "Screening" potentiell belasteter Böden erlauben;
- als Basis für die Bewertung der Bodenqualität dienen können.

Die zentrale Idee des BBSK-Konzepts ist, daß die Beurteilung eines Standorts durch einen Vergleich der vorhergesagten mit der real am Standort vorkommenden Biozönose ermöglicht wird. Voraussetzung ist dabei, daß das Vorkommen der jeweiligen Biozönose durch abiotisch/biotische Faktoren determiniert wird (vgl. Tab. 2). Hinsichtlich der zu verwendenden Meßparameter werden *qualitative* Parameter bevorzugt, denn *quantitative* Parameter ergeben meist variabelere Ergebnisse (räumlich wie zeitlich); z.B. aufgrund klimatischer Einflüsse. Die Beurteilung eines Standorts erfolgt auf der Grundlage des Vorkommens oder Fehlens gleicher oder ökologisch vergleichbarer Arten innerhalb der entsprechenden Zönosen; d.h. Maßstab ist letztlich die

Biodiversität. Ein genereller Bezug wie in Tabelle 2 zwischen bestimmten Bodeneigenschaften oder Standortfaktoren und dem (quantitativen) Vorkommen ganzer Organismengruppen läßt sich im Rahmen des Konzepts ebenfalls erarbeiten, ist aber nicht ausreichend differenziert genug.

In diesem Zusammenhang ist es von entscheidender Wichtigkeit, daß das Ziel aller Bemühungen sein muß, die natürliche standortspezifische Struktur und Funktion der Bodenbiozönose (Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere und alle Interaktionen zwischen ihnen) zu erhalten. Ein struktureller Parameter ist dabei z.B. die Artenzusammensetzung, während der Abbau organischen Materials oder die Fraßrate von Organismen Beispiele für funktionelle Parameter darstellen. Über das Verhältnis dieser beiden Aspekte jedes Ökosystems wird seit langem heftig diskutiert, denn je nach Priorität ist eine andere Strategie bei der Beurteilung der Bodenqualität notwendig. Generell gilt aber, daß bei einem Schutz der Struktur die Funktion der Zönose sozusagen "automatisch" ebenso geschützt wird. Umgekehrt gilt dieser Zusammenhang aber keineswegs: Bei einem Schutz der Funktion besteht nicht zwingend ein Schutz der Struktur, denn aufgrund der funktionellen Redundanz in vielen Ökosystemen ist auch eine stark belastete Zönose oftmals noch fähig, wichtige Funktionen wahrzunehmen. Jeder zusätzliche, natürliche wie anthropogene Stressfaktor kann dann aber das gesamte System zum Zusammenbruch bringen.

Ein Beispiel aus der Literatur deutet an, wie man sich vielfältige Wirkungen auf ökosystemare Funktionen nach struktureller Beeinflussung der Bodenbiozönose vorstellen kann: Nach Applikation eines Fungizids (Benomyl) in Apfelplantagen kam es zu einem Rückgang von Regenwürmern (speziell der

Schlüsselart (= "ecosystem engineer") *Lumbricus terrestris*), was wiederum eine Verzögerung des Streuabbaus nach sich zog. Dies führte dann zu einem Anstieg von Pilzkrankheiten, da sich auf den durch die Regenwürmer nicht gefressenen Blättern Sporen, z.B. des Apfelschorfs, gut entwickeln konnten (KENNEL & NIKLAS 1980).

2.3 Detaillierte Beschreibung des BBSK-Konzepts

Das BBSK-Konzept läßt sich in vier Schritte unterteilen, die bei der Beurteilung eines Standorts ganz oder teilweise zu durchlaufen sind. Wie erwähnt, beruht dieser Ansatz auf der Voraussetzung, daß das Vorkommen (und damit mittelbar auch die Funktion) von Bodenorganismen durch eine Reihe von -meßbaren - Standortfaktoren determiniert wird. Jeder Standort, und damit auch die dort vorkommende Biozönose, wird demnach durch eine Kombination dieser Faktoren in bestimmten Eigenschaften charakterisiert. Das Problem besteht darin, aus der Vielzahl von Faktorenkombinationen eine überschaubare Anzahl von Standorttypen "herauszudestillieren" Diese Zahl sollte einerseits handhabbar (d.h. nicht zu groß) sein, andererseits muß sie differenziert genug sein, um überhaupt Abweichungen zwischen vorhergesagtem und real vorkommendem Zustand erkennen zu können.

Im einzelnen sind daher die folgenden Schritte zu durchlaufen (der Schritt 0 dient als Grundlage der Anwendung der Schritte I - IV an konkreten Standorten):

0. Definition von "Standards"

- Beschreibung regional differenzierter und repräsentativer Standorttypen. Vorhandensein von handhabbaren Bestimmungsschlüsseln für die wichtigsten Organismengruppen (evtl. auf CD-ROM).
- Identifizierung der "normalen" Biozönose an unbelasteten Standorten; basierend auf Literaturdaten und zusätzlichen Untersuchungen. Harmonisierung bzw. Standardisierung von Beprobungsmethoden.

I. Charakterisierung eines konkreten Standorts.

- Bestimmung von Standortfaktoren: Hierbei kann es sich um natürliche Faktoren (z.B. Klima, Bodentyp, Humusform, Boden-pH, Vegetation) oder um anthropogene Faktoren (z.B. Schwermetalle, Pestizide, Bodenverdichtung) handeln. Zuordnung des Standorts zu einem geeigneten Standorttyp.

IIa. Vorhersage der Biozönose.

- Je nach Standorttyp und spezieller Problemstellung Auswahl geeigneter Organismengruppen, z.B. Araneae, Enchytraeidae, Lumbricidae, Oribatida, Gamasina, Chilopoda, Diplopoda, Isopoda, Carabidae, Collembola (vgl. Abb. 1-3).

Schwierig zu verwendende Organismengruppen: Mikroorganismen, Formicidae, Diptera etc. *Eventuell:* Verwendung funktioneller Methoden.

IIb. Erfassung der realen Biozönose

- Beprobung der ausgewählten Organismengruppen mittels standardisierter Methoden: z.B. Handauslese, Barberfallen, Nass/Trocken-Extraktionsverfahren. *Eventuell:* Beprobung funktioneller Endpunkte: z.B. Mini-Container, Köderstreifen.

III. Standortbeurteilung

- Vergleich der vorhergesagten mit der real vorgefundenen Biozönose am jeweiligen Standort. Beurteilung der Ergebnisse in standardisierter Form:
 - Keine Differenz zwischen Vorhersage und Realität:
 - > Ende des Beurteilungsprozesses.
 - Klare Differenz zwischen Vorhersage und Realität:
 - > Differenziertere Beurteilung; evtl. durch Verwendung weiterer Methoden und/oder Organismengruppen bzw. Modifizierung der Ergebnisse durch "Expertenwissen" (Plausibilitätsprüfung).
 - > Untersuchung möglicher Ursachen, z.B. mittels Durchführung von Labortests nach standardisierten Richtlinien.

IV. Standortmanagement

Im Fall von Unterschieden zwischen vorhergesagter und real vorkommender Biozönose:

- Eventuell: Ergreifung von Maßnahmen.

Es ist darauf hinzuweisen, daß das Standortmanagement über die naturwissenschaftliche, in diesem Fall bodenbiologische Beurteilung eines Standorts hinausgeht, da hierbei z.B. sozio-ökonomische oder ethische Kriterien zur Anwendung kommen (= Bewertung).

2.4 Überprüfung des BBSK-Konzepts

Im Rahmen eines von der LfU Karlsruhe geförderten Projekts wurde das BBSK-Konzept an 15 Waldstandorten (11 aus dem Dauerbeobachtungsprogramm Baden-Württembergs sowie vier aus Baden bzw. Hessen) überprüft. Die zugehörigen abiotischen Daten entstammten primär den Jahresberichten der LfU Karlsruhe und eigenen Erhebungen (z.B. BECK ET AL. 1988). Als Standortfaktoren wurden sowohl natürliche Faktoren (z.B. Klima, Bodentyp, Bodenfeuchte, Bodentemperatur, pH-Wert, C- und N-Gehalt, Kationenaustauschkapazität, Vegetation) als auch anthropogene Faktoren (z.B. Schwermetalle, Pestizide, Umweltchemikalien, Bodenverdichtung) erfaßt. Die Angaben zu den einzelnen Faktoren wurden jeweils in eine von drei Klassen eingeordnet und kodiert. Aus der Vielzahl der Bodenorganismen wurden die Enchytraeidae, Lumbricidae, Oribatida, Gamasina, Chilopoda, Diplopoda, Isopo-

Abbildung 1

Wichtige Tiergruppen mitteleuropäischer Böden: Enchytraeen (*Mesenchytraeus glandulosus*) und Collembolen (Gattung *Onchiurus* sp.) auf einem algenüberzogenen Rindenstück.



Abbildung 2

Wichtige Tiergruppen mitteleuropäischer Böden: Raubmilbe (Gamasina) der Art *Veigaia nemorosus*.



Abbildung 3

Wichtige Tiergruppen mitteleuropäischer Böden: Assel (Isopoda) der Art *Oniscus asellus* (alle Aufnahmen: Prof. Dr. L. BECK).



da und Carabidae verwendet, während für die Mikroflora und Formicidae nicht genügend Daten vorhanden waren. Alle Flächen wurden mindestens viermal beprobt, wobei etablierte bodenbiologische Methoden verwendet wurden (vgl. DUNGER & FIEDLER 1997).

Konkret wurde z.B. für die häufigsten Oligochaetenarten eine Matrix erarbeitet, in der jeder Spezies ihre speziellen ökologischen Standortansprüche (z.B. pH-Wert, Feuchte usw.) in Form eines Kodes zugeordnet waren. Anschließend wurden die Regenwürmer durch Elektrofang und die Enchytraeen mittels Naßextraktion erfasst und jeweils bis zur Art

bestimmt. Die Beurteilung der Standorte erfolgte durch den Vergleich derjenigen Arten, die an den einzelnen Standorten aufgrund ihrer Standortfaktoren zu erwarten gewesen wären, mit den Arten, die real gefunden wurden (Soll/Ist-Wert-Vergleich).

In Tabelle 3 ist das Ergebnis der Standortklassifizierung anhand der Oligochaeten im LfU-Projekt aufgeführt. Angegeben ist jeweils die Abweichung des Ist-Werts vom Sollwert in Prozent der Gesamtzahl aller erwarteten plus gefangenen Arten sowie die daraus abgeleitete Beurteilung (+ = 30%; - = 30%; +/- = unklare Fälle). Der Wert von 30% wurde in Analogie zur Beurteilung der Nebenwirkungen von

Tabelle 3

Vergleich von vorhergesagter und gefundener Besiedlung mit Oligochaeten an 15 Waldstandorten Südwest-Deutschlands (Erläuterung im Text).

Nummer	Standort	Enchytraeen		Lumbriciden	
		%	Beurteilung	%	Beurteilung
130	Bad Urach	13	+	14	+
140	Zwiefalten	4	+	75	(-) +
290	Eppingen	8	+	20	+
310	Crailsheim	13	+	14	+
350	Schriesheim	38		43	
380	Ottenhöfen	40	(-) +	50	(-) +
400	Donaueschingen	33	(-) +/-	50	(-) +
410	Schönau	16	+	43	(-) +/-
450	Breisach	71	(-) +/-	50	(-) +
470	Offenburg	18	+	14	+
520	Mannheim	33		100	
1000	Schluttenbach	20	+	14	+
1010	Auwald	37		18	+
1040	Bruchsal	37		75	(-) +/-
1050	Bad Vilbel	14	+	7	+

"+" = Entspricht der Erwartung; "+/-" = Unklar; "-" = Entspricht nicht der Erwartung.

Pflanzenschutzmitteln auf Nutzarthropoden ausgewählt (HASSAN 1992). Wenn diese Beurteilung durch weitere Informationen (z.B. zur ökologischen Rolle der einzelnen Arten) modifiziert wurde (Expertenwissen), so ist das ursprüngliche Symbol in Klammern aufgeführt. Drei der in Tabelle 3 aufgrund ihrer Lumbricidenbesiedlung als auffällig eingeschätzten Standorte (Zwiefalten, Ottenhöfen und Donaueschingen) wurden inzwischen nachbeprobt. In allen Fällen konnte nachgewiesen werden, daß die in Tabelle 3 ursprünglich aufgeführte Differenz von 50 - 75% aufgrund methodischer Probleme vorgetäuscht wurde.

In vergleichbarer Weise wurden die oben genannten Standorte auch anhand ihrer Besiedlung mit Oribatiden, Gamasinen, Carabiden, Chilopoden, Diplopoden und Isopoden beurteilt. Insgesamt ergab sich damit die in Tabelle 4 dargestellte Übersicht der Ergebnisse der Standortklassifizierung (4 Standorte wurden wegen unvollständiger Daten nicht aufgeführt). Einzelheiten dieses Vergleichs, z.B. zum Stand der jeweiligen Literaturoswertung bzw. der verwendeten Methoden, sind der schon erwähnten LfU-Studie zu entnehmen (RÖMBKE ET AL. 1997).

An den meisten Standorten war die Abweichung vom Soll-Wert gering. Klare Differenzen zwischen Soll- und Ist-Wert gibt es vor allem am Standort Nr. 520 (einer Fläche am Stadtrand von Mannheim) sowie Nr. 350 (ein Wald auf der windseitigen Lage des Industriegebiets Ludwigshafen/Mannheim). Schwer einschätzbar ist der Standort Nr. 470, bei dem es keine eindeutigen Hinweise auf Belastungen gibt, so daß weitere Untersuchungen zu empfehlen sind. Aus diesen Ergebnissen ist der Schluß zu

ziehen, daß mit dem hier vorgestellten Konzept eine differenzierte Beurteilung von Standorten möglich ist.

Abschließend ist anzumerken, daß auch das englische SOILPACS-Konzept einer ersten Machbarkeitsstudie unterzogen wurde (WEEKS ET AL. 1997). Dabei wurde eine schwermetallbelaste Fläche in West England von der University of Reading bzw. dem "Institute of Terrestrial Ecology" untersucht. Geeignete Organismengruppen waren Lumbricidae, Isopoda und Araneae sowie die Collembola.

3. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

1. Im Rahmen der LfU-Literaturstudie wurde versucht, die Beziehung zwischen abiotischen bzw. biotischen Standortfaktoren und der Besiedlung der jeweiligen Standorte mit Bodenorganismen herauszuarbeiten. Dabei wurden nur relativ wenige Daten gefunden, die den Qualitätsanforderungen für eine Nutzung im Rahmen der BBSK genügen. De facto reicht eine Literaturoswertung allein nur für wenige Tiergruppen (z.B. Lumbricidae, Carabidae) aus.
2. Bisherige Erfahrungen aus Baden-Württemberg und Holland legen nahe, daß in einer bestimmten Region die Anzahl der Standorttypen mit typischer Bodenbiozönose endlich ist. Notwendig ist daher die Anfertigung von Karten und/oder Datenbanken zur Identifizierung dieser Standorttypen. Im Zusammenhang mit Punkt 1 sollten also Dauerbeobachtungsstudien an "unbelasteten" Standorten zur Definition typischer

Tabelle 4

Vergleich von vorhergesagter und gefundener Besiedlung mit verschiedenen Invertebratengruppen an 11 Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg (Erläuterung im Text).

Standortkürzel (vgl. auch Tab. 3):											
Tiergruppe	130	140	290	310	350	380	400	410	450	470	520
Enchytraeen	+	+	+	+		+/-	+	+	+/-	+	
Lumbricidae	+	+	+	+		+	+	+/-	+	+	
Oribatida	+	+	+	+		+/-	+	+	+	+	
Gamasina		+				+/-	+	+	+		
Chilopoda		+		+	+	+	+	+	+		
Diplopoda		+		+	+	+		+	+	+/-	
Isopoda		+		+	+	+	+	+	+	+/-	
Carabidae	+	+	+	+		+	+	+	+	+	

"+" = Entspricht der Erwartung; "+/-" = Unklar; "-" = Entspricht nicht der Erwartung.

Bodenbiozöosen inklusive der jeweiligen Standortfaktoren durchgeführt werden. In anderen Worten: Möglichst viele verschiedene Gruppen von Bodenorganismen sind regional differenziert zu erfassen.

3. Für ein handhabbares Konzept sind verschiedene Organismengruppen bzw. Meßparameter nötig, da bei der Vielzahl möglicher Standorttypen keine einzelne Gruppe alle Standorte gleichmäßig abdecken kann. Die Artenzusammensetzung ist der am besten geeignete Endpunkt für eine bodenbiologische Standortklassifikation, doch ist eine Einbeziehung quantitativer Angaben ohne gleichzeitige Erhöhung des Aufwands (z.B. durch Langzeit-Beprobungen, um jahreszeitliche Schwankungen auszugleichen) anzustreben. Zudem ist die Verwendung funktionaler Parameter noch nicht geklärt und bedarf weiterer Bearbeitung. Primär sind aber die beiden folgenden Schritte notwendig:

Beprobungsprotokolle nach klaren Qualitätsstandards (z.B. der "Guten Laborpraxis GLP") unter Einbeziehung der relevanten Literatur (z.B. DUNGER & FIEDLER 1997) sind zu erarbeiten

Geeignete Bestimmungsschlüssel für die wichtigsten Boden-Invertebratengruppen, z.B. mit PC-gestützten Expertensystemen, sind zu entwickeln.

4. Erste Überprüfungsstudien zeigen, daß Konzepte wie das BBSK für die Beurteilung der Bodenqualität sinnvoll sind. So konnten in Baden-Württemberg belastete Standorte mit Hilfe einer "Batterie" von verschiedenen Organismengruppen eindeutig identifiziert werden. Dennoch bleiben erhebliche Fragen offen. Zum Beispiel gibt es noch keine generell akzeptierten Beurteilungskriterien: Ab wann ist zum Beispiel ein festgestellter quantitativer Unterschied als "Wirkung" zu definieren? Zudem ist z.B. die Einbeziehung der ökologischen Wertigkeit einzelner

Arten noch weitgehend ungeklärt. Eine Einigung über quantitative bzw. qualitative Maßstäbe bei der Beurteilung von Beeinträchtigungen der Bodenbiozönose ist daher dringend erforderlich.

Literatur

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996):
 Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna.-
 Informationsber. des Bayerischen Landesamts für Wasserwirtschaft 4/96: 1-543.

BECK, L.; K. DUMPERT, U. FRANKE, H. MITTMANN, J. RÖMBKE & W. SCHÖNBORN, W. (1988):
 Vergleichende ökologische Untersuchungen in einem Buchenwald nach Einwirkung von Umweltchemikalien.-
 Jül. Spez. 439: 548-701.

BELOTTI, E. (1993):
 Ein generalisiertes Konzept der Lebensformtypen wirbelloser Bodentiere als Hilfsmittel für den Bodenschutz.-
 Mittl. Deut. Bodenkundl. Ges. 72: 491-494.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964):
 Pflanzensoziologie.- Springer, Wien, New York.

CHAPMAN, P.M. (1989):
 Current approaches to developing sediment quality criteria.-
 Envir. Toxicol. Chem. 8: 589-599.

DUNGER, W. (1968):
 Die Entwicklung der Bodenfauna auf rekultivierten Kippen und Halden des Braunkohletagebaues. Ein Beitrag zur pedozoologischen Standortdiagnose.-
 Abh. Ber. Naturkundemus. Görlitz 43: 1-256.

DUNGER, W. & H.-J. FIEDLER (1997):
 Methoden der Bodenbiologie.- G. Fischer, Jena. 539 S.

EIJSACKERS, H. (1992):
 Recent developments in soil ecotoxicology and the terrestrial field.-
 In: EERO 5th Advanced Course Ecotoxicology. Texel, Nederland.

- ELLENBERG, H. (1979):
Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas.- Scripta Geobotanica IX.
- EU (EUROPEAN UNION) (1996):
Technical Guidance Documents in Support of The Commission Directive 93/67/EEC on Risk Assessment for New Notified Substances and the Commission Regulation (EC) 1488/94 on Risk Assessment for Existing Substances.- EU, Brussels.
- GHABBOUR, S.I. (1991):
Towards a zoosociology of soil fauna.- Rev. Ecol. Biol. Sol. 28: 77-90.
- GHILAROV, M. (1965):
Zoologische Methoden der Bodendiagnostik.- Nauka, Moskau.
- GRAEFE, U. (1993):
Veränderungen der Zersetzergesellschaften im Immissionsbereich eines Zementwerks.- Mittl. Deut. Bodenkundl. Ges. 72: 531-534.
- HASSAN, S.A. (1992):
Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: Description of test methods.- Bull. IOBC/WPRS Bull. 15: 1-186.
- HUND, K. & W. KÖRDEL (1998):
Möglichkeiten zur Ableitung von "Regelungswerten" im Bundesbodenschutzgesetz auf Grundlage mikrobiologischer Untersuchungen (Stoffumwandlungsfunktion).- Manuskript, eingereicht bei Chemosphere (i. Druck).
- KARLEN, D.L.; M.J. MAUSBACH, J.W. DORAN, R.G. CLINE, J.F. HARRIS, & G.E. SCHUMAN (1997):
Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation. -Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 4-10.
- KENNEL, W. & J. NIKLAS (1980):
Vorkommen und Bedeutung von Regenwürmern in Obstanlagen.- Erwerbsobstbau 22: 217-221.
- REYNOLDSON, T.B.; R.C. RAILEY, K.E. DAY, & R.H. NORRIS (1995):
Biological guidelines for freshwater sediment based on Benthic Assessment of Sediment (the BEAST) using a multivariate approach for predicting biological state.- Austral. J. Ecol. 20: 198-219.
- RÖMBKE, J.; L. BECK, B. FÖRSTER, C.-H. FRÜND, F. HORAK, A. RUF, K. ROSCICZEWSKI, M. SCHEURIG & S. WOAS (1997):
Boden als Lebensraum für Bodenorganismen und die bodenbiologische Standortklassifikation: Eine Literaturstudie.- Texte und Berichte zum Bodenschutz 4/97. Lan-
- desanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Karlsruhe). 390 S.
- SINNIGE, N.; W. TAMIS & F. KLIJN (1992):
Indeling van Bodemfauna in ecologische Soortgroepen.- Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden Report No. 80.
- SPURGEON, D.J.; R.D. SANDIFER & S.P. HOPKIN (1996):
The use of macro-invertebrates for population and community monitoring of metal contamination indicator taxa, effect parameters and the need for a soil invertebrate prediction and classification scheme (SIVPACS).- In: Bioindicator Systems for Soil Pollution. VAN STRAALLEN, N.M. & D.A. KRIVOLUTSKY (eds.). Kluwer Academic Publ., Dordrecht: 95-109.
- VOLZ, H. (1962):
Beiträge zu einer pedozoologischen Standortslehre.- Pedobiologia 1: 242-290.
- WEEKS, J.M.; S.P. HOPKIN, J.F. WRIGHT, H. BLACK, B.C. EVERSHAM, D. ROY, D. & C. SVENDSEN (1997):
A Demonstration of the Feasibility of SOILPACS.- Final Report HMIP/CPR2/41/1/247. 180 pp.
- WRIGHT, J.F.; M.T. FURSE & P.D. ARMITAGE (1994):
Use of macroinvertebrate communities to detect environmental stress in running waters. In: SUTCLIFFE, D.W. (ed.): Water Quality and Stress Indicators in marine and freshwater Ecosystems: Linking levels of organisation. FBA: 15-34.
- ZAK, J.C.; M.R. WILLIG, D.L. MOORHEAD & H.G. WILDMAN (1994):
Functional diversity of microbial communities: A quantitative approach.- Soil Biol. Biochem. 26: 1101-1108.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Jörg Römbke & Bernhard Förster
ECT Ökotoxikologie GmbH
Böttgerstraße 2-14
D-65439 Flörsheim/Main

Prof. Dr. Ludwig Beck
Staatliches Museum für Naturkunde
Postfach 6209
D-76042 Karlsruhe

Andrea Ruf
Universität Bremen
Postfach 33 04 40
D-28334 Bremen

Umsetzung von Belangen des Bodenschutzes auf der überörtlichen Ebene der Landschaftsplanung

Peter BLUM

1. Der Planungsauftrag der Landschaftsplanung beim Bodenschutz

Die Landschaftsplanung in ihren unterschiedlichen Planungsebenen stellt ein wichtiges Instrument zur Umsetzung eines vorsorgenden Bodenschutzes dar. Sie hat dazu im Rahmen der räumlichen Gesamtplanung - einen eindeutigen Planungsauftrag, der sich aus den Naturschutzgesetzen ergibt und erst durch die jüngste Novelle von Baugesetzbuch und Raumordnungsgesetz nochmals unterstrichen wurde (vgl. BGBl. I vom 25.08.1997, S. 2081).

Das Landesentwicklungsprogramm Bayern gibt auf Landesebene verbindliche Ziele zum Bodenschutz vor (BAYERISCHE STAATSREGIERUNG 1994). In der derzeit aktuellen Fortschreibung heißt es:

"Der Boden soll als Grundlage der Landnutzung, sowie der heimischen Pflanzen- und Tierwelt in natürlicher Vielfalt, Aufbau, Struktur, Nährstoffgehalt und Bodenwasserhaushalt möglichst erhalten werden.

Verluste an Substanz und Funktionsfähigkeit des Bodens, insbesondere durch Versiegelung, Erosion, Auswaschung und Schadstoffanreicherung sollen bei allen Maßnahmen und Nutzungen minimiert werden. Soweit möglich und vertretbar soll Boden entsiegelt und regeneriert werden."

Für die nachfolgenden Planungsebenen sind diese Zielvorgaben inhaltlich und räumlich zu konkretisieren. Es sind vorsorgende Maßnahmen zum Schutz des Bodens festzulegen, die dem Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen dienen. Dies betrifft, insbesondere

- die Regelungsfunktion der Böden im Stoffhaushalt (Filter-, Pufferfunktion),
- die Regelungsfunktion im Wasserhaushalt,
- die Lebensraumfunktion,
- die Ertragsfunktion (nachhaltige Nutzungsfähigkeit),
- die Archivfunktion.

Dabei sind im Rahmen der Landschaftsplanung auch Maßnahmen zur Minimierung von Bodenbelastungen und geeignete Instrumente zur Umsetzung dieser Maßnahmen darzustellen. Erhebliche Beeinträchtigungen entstehen z.B. durch

- Versiegelung (Verlust aller Bodenfunktionen);
- Veränderungen der Deckschicht, z.B. Bodenabtrag, Auftrag, Erosion;
- Stoffeinträge;

Veränderungen des Wasserhaushalts.

2. Bodenschutz auf der regionalen Ebene der Landschaftsplanung

Aus dem skizzierten Planungsauftrag ergeben sich unterschiedliche inhaltliche Anforderungsprofile für die verschiedenen Ebenen der Landschaftsplanung. Die Konkretisierung für die regionale Ebene (regionale Landschaftsrahmenplanung) wird im folgenden anhand des Projekts Regionale "Landschaftsentwicklungskonzepte", abgekürzt "LEK", gezeigt (vgl. LFU 1997).

2.1 Was ist ein Landschaftsentwicklungskonzept?

Mit dem Projekt wird die Fortschreibung der regionalen Landschaftsrahmenplanung für die 18 bayerischen Planungsregionen vorbereitet. Die vorliegenden Regionalpläne mit integriertem Landschaftsrahmenplan wurden zwischen Ende der siebziger und Mitte der achtziger Jahre erarbeitet. Die ursprünglichen Fachbeiträge der höheren Naturschutzbehörden existieren in der Regel nicht mehr. Vor dem Hintergrund der zwischenzeitlich notwendigen Fortschreibung der Regionalpläne bzw. der regionalen Landschaftsrahmenpläne wurde vorgesehen, den bisherigen Ansatz zu erweitern (vgl. LEICHT & LIPPERT 1996).

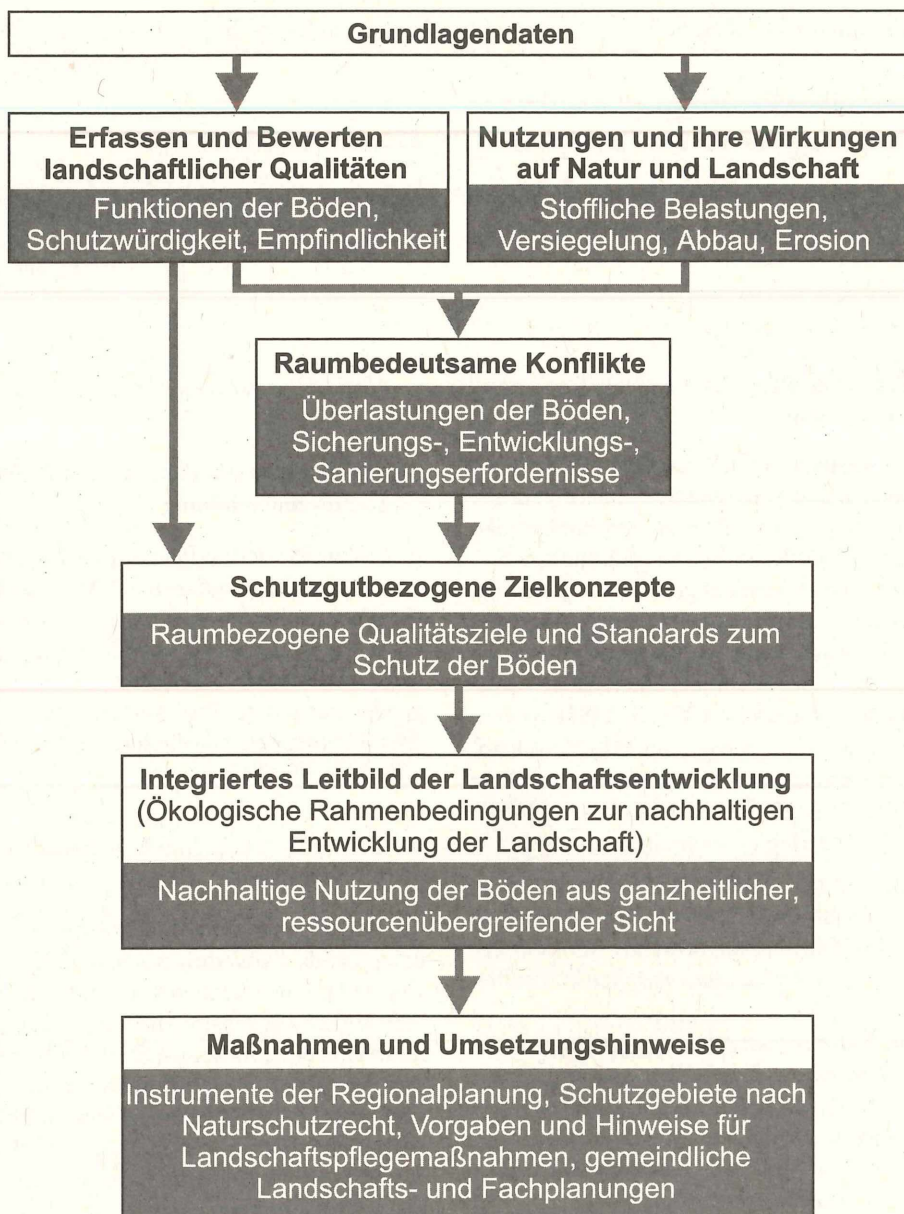
Unter einem regionalen Landschaftsentwicklungskonzept (LEK) ist ein überörtliches Fachkonzept des Naturschutzes und der Landschaftspflege auf der Ebene der Planungsregion (Maßstab 1:100.000) zu verstehen.

Es ist

- umfassend, behandelt also gleichrangig alle natürlichen Schutzgüter, incl. den Boden,
- abgestimmt innerhalb der Naturschutzbehörden, eigenständig,
- gutachtlich, also nicht rechtsverbindlich, fortschreibbar.

Es dient als

- Fachbeitrag des Naturschutzes und der Landschaftspflege für die Regionalplanung,
- Bewertungs-, Planungs- und Entscheidungsgrundlage in Fragen der Ökologie, des Naturschutzes und der Landschaftspflege in der jeweiligen Region.



verändert nach LfU 1997 (140)

Abbildung 1

Arbeitsablauf und bodenbezogene Inhalte im Landschaftsentwicklungskonzept.

2.2 Bodenbezogene Planungsinhalte eines Landschaftsentwicklungskonzepts

Die Übersicht in Abbildung 1 skizziert alle wesentlichen Arbeitsschritte zur Erstellung eines Landschaftsentwicklungskonzepts mit den jeweiligen bodenbezogenen Planungsinhalten.

Die einzelnen Arbeitsschritte sind:

1. Eine problembezogene Erfassung, Bewertung und flächendeckende Darstellung der Schutzgüter Boden, Wasser, Luft/Klima, Arten und Lebensräume und Landschaftsbild. Dabei werden wichtige Funktionen im Naturhaushalt und für die Erlebnisqualität der Landschaft erfasst und hinsichtlich ihrer Schutzwürdigkeit bzw.

Schutzbedürftigkeit bewertet, in bezug auf den Boden z.B. die Filter- und Pufferfunktion, die Funktion der Böden im Wasserhaushalt und ihre Lebensraumfunktion.

2. In Zusammenschau mit den Nutzungseinflüssen werden wichtige regelungsbedürftige Konflikte ermittelt und entsprechende Planungerfordernisse formuliert, z.B. Bereiche mit hohem Erosionsgeschehen, stofflich stark belastete empfindliche Böden, stark versiegelte Gebiete usw.
3. Auf der Grundlage dieser Analysen werden für alle Schutzgüter Zielkonzepte entwickelt. In diesen werden raumbezogene Qualitätsziele und Standards zum Schutz der Böden, wie auch der übrigen Schutzgüter, in Text und Karten dargestellt.

Bodenschutzziele im Landschaftsentwicklungskonzept Region Ingolstadt

Zielkonzept Boden



Zielgebietstypen



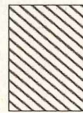
Gebiet mit hervorragender Bedeutung des Bodens als Standort für seltene Lebensgemeinschaften
 Vorkommen standörtlich besonderer und seltener Böden (hohe Lebensraum-, z.T. Archivfunktion)



Gebiet mit besonderer Bedeutung für die Sicherung empfindlicher Böden
 Vorkommen von Böden mit geringem (Schad-) Stoffrückhaltevermögen



Gebiet mit besonderer Bedeutung für den Erhalt der Bodenfunktionen (hohe Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt)
 Vorkommen von ökologisch leistungsfähigen Böden mit hohem Filter- und Puffervermögen



Gebiet mit besonderer Bedeutung für den Schutz des Bodens vor Erosion
 Vorkommen erosionsanfälliger Böden in Hanglagen sowie winderosionsgefährdete Böden

Bodenbezogene Inhalte im Zielkonzept Wasser

Gebiet mit besonderer Bedeutung für den Schutz von Oberflächen-
 gewässern
 Gewässereinzugsgebiete mit hohen Anteilen erosionsgefährdeter Standorte

Gebiet mit besonderer Bedeutung für den Schutz des Grundwassers
 Vorkommen von Böden mit geringem Rückhaltevermögen, z.B. für Nitrat

Abbildung 2

Ziele zum Bodenschutz im Landschaftsentwicklungskonzept Region Ingolstadt.

Abbildung 2 zeigt am Beispiel des Landschaftsentwicklungskonzepts Region Ingolstadt die wichtigsten Inhalte der Zielkarte Boden mit unterschiedlichen Zielgebietstypen und die jeweiligen Kriterien bzw. Bodenfunktionen, die zu den Einstufungen geführt haben.

Dargestellt werden z.B. Gebiete mit hervorragender Bedeutung des Bodens als Standort für seltene Lebensgemeinschaften (z.B. Aueböden oder Niedermoorböden). Damit sollen insbesondere standörtlich seltene Böden gesichert werden. Gebiete mit besonderer Bedeutung für die Sicherung

zung empfindlicher Böden zielen insbesondere auf den Schutz von Böden mit geringem Schadstoffrückhaltevermögen ab.

In Gebieten mit besonderer Bedeutung für den Erhalt der Bodenfunktionen sollen ökologisch besonders leistungsfähige Böden gesichert werden (nachhaltige Nutzungsfähigkeit im Sinne der Naturschutzgesetze).

Erosionsgefährdete Böden werden in Gebieten mit besonderer Bedeutung für den Schutz des Bodens vor Erosion berücksichtigt.

Die Ziele zu diesen Kartendarstellungen und entsprechende Maßnahmen sind im Textteil des LEK formuliert. Bodenbezogene Inhalte sind außerdem auch bei den Zielkonzepten zu den anderen Schutzgütern, insbesondere im Zielkonzept zum Schutzgut Wasser enthalten, etwa bezüglich der Problematik von Stoffeinträgen in Gewässer durch Erosionsgeschehen im Einzugsgebiet.

Fazit:

Es werden für den Boden, wie auch für alle anderen Schutzgüter flächendeckende, regionalisierte, d.h. raumbezogene Umweltqualitätsziele und Maßnahmen dargestellt.

Auf der Grundlage der beschriebenen Zielkonzepte wird ein räumliches Leitbild der Landschaftsentwicklung hergeleitet, das den angestrebten "Sollzustand" der Landschaft darstellt (vgl. Abbildung 1). Hierbei werden u.a. auch die Zielsetzungen zum Bodenschutz integriert, etwa im Rahmen eines Biotopverbundkonzepts, das die Anforderungen des Bodenschutzes mit beinhaltet, z.B. Lebensraumverbesserung durch Wiedervernässungsmaßnahmen bisher ackerbaulich genutzter Niedermoorböden, deren fortschreitende Zersetzung damit ebenfalls aufgehalten wird.

Vor dem Hintergrund der bisher genannten Ziele und Maßnahmen werden dem Charakter einer Rahmenplanung entsprechend - Vorgaben, Hinweise und konkrete Handlungsanleitungen für die Umsetzung von Bodenschutzbelangen bei nachfolgenden Planungen und Maßnahmen gegeben. Die Umsetzung selbst kann damit z.B. im Rahmen der Regionalplanung, bei Schutzgebietsausweisungen nach Naturschutzrecht, bei Landschaftspflegemaßnahmen oder auch in Verbindung mit naturschutzbezogenen Planungen und Maßnahmen des Straßenbaus, der Wasserwirtschaft sowie der Land- und Forstwirtschaft erfolgen.

Für die Umsetzung der Planung in den Regionalplan werden auch Vorschläge für die Ausweisung landschaftlicher Vorbehaltsgebiete gemacht (s. Abbildung 3). Neu ist hierbei u.a. eine Unterscheidung nach der jeweiligen Zweckbestimmung der Gebiete. So werden zum Beispiel landschaftliche Vorbehaltsgebiete mit der Zweckbestimmung *Erhalt wichtiger Boden- und Wasserhaushaltsfunktionen* vorgeschlagen. Damit wird Bodenschutz expressis verbis zum Gegenstand der Regionalplanung und kann soweit die regionalen Planungsverbände diesen Vorschlag aufgreifen - an dessen Rechtswirkungen teilnehmen.

3. Der Beitrag regionaler Landschaftsentwicklungskonzepte zur Umsetzung von Bodenschutzbelangen

3.1 Fachliche Hilfestellungen für nachfolgende Planungen und Maßnahmen

Im Anschluß sind einige Möglichkeiten der Umsetzung in nachfolgenden Ebenen aufgeführt, bezogen auf die wichtigsten Adressaten eines Landschaftsentwicklungskonzepts.

Regionalplanung

Die Übernahme bodenbezogener Ziele in den Regionalplan wird durch entsprechend angepaßte Formulierungen und durch Hervorheben regionalplanerisch besonders relevanter Ziele unterstützt und erleichtert.

Genehmigungsbehörden, Planungsträger

Ein LEK stellt Entscheidungshilfen und Informationsquellen beim Vollzug der Eingriffsregelung und bei Umweltverträglichkeitsprüfungen bereit, z.B. im Rahmen von Variantenprüfungen (ökologische Grobübersicht) sowie bei der Suche nach geeigneten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Planungsbüros und Gemeinden

Ein LEK gibt fachliche Zielvorgaben für die örtliche Landschaftsplanung und stellt planungsbezogen aufbereitete Grundlagen zum Bodenschutz zur Verfügung. Es leistet Hilfestellung beim Bestimmen fachlicher und räumlicher Planungsschwerpunkte (z.B. Erosionsproblematik, Vorkommen empfindlicher Böden usw.).

Naturschutzbehörden, andere Fachbehörden

Behörden, die eine besondere Verantwortung für den Bodenschutz haben, z.B. die Naturschutzbehörden, Wasserwirtschaftsämter, Ämter für Landwirtschaft, Forstämter oder Straßenbauämter können auf fachliche Grundlagen, Zielvorgaben und Argumentationshilfen zurückgreifen, z.B. bei Stellungnahmen oder auch bei der Durchführung von Sanierungs- und Renaturierungsmaßnahmen.

3.2 Verbesserung der rechtlichen und fachlichen Verankerung des Bodenschutzes

Der Beitrag eines Landschaftsentwicklungskonzepts zur stärkeren Berücksichtigung von Bodenschutzbelangen läßt sich wie folgt zusammenfassen:

Raumbezogene Umweltqualitätsziele

In den Regionalplan integrierte Planaussagen (also zeichnerische und textliche Festsetzungen, landschaftliche Vorbehaltsgebiete) werden als Ziele der Raumordnung behördenverbindlich. Nachvollziehbar hergeleitete Bodenschutzargumente erfahren verbesserte Akzeptanz und Durchsetzbarkeit auf der örtlichen Ebene. Bodenschutzziele entfalten damit faktische Wirksamkeit auch ohne Rechtsverbindlichkeit.

Information und Planungshinweise

Ein LEK stellt flächendeckend für das Gebiet einer Planungsregion aufbereitete Planungsgrundlagen zur Verfügung. Es enthält fachliche Vorgaben und Orientierungshilfen für nachfolgende Ebenen und Hinweise für notwendige fachliche Vertiefungen.

Fachliche Standards

Die eingesetzten Bewertungsverfahren sind nachvollziehbar, transparent und grundsätzlich auf andere Planungen übertragbar. Damit werden inhaltliche und methodische Mindeststandards vorgegeben, auf die sich nachfolgende Planungen beziehen können.

Literatur

BAYERISCHE STAATSREGIERUNG (1994):
Landesentwicklungsprogramm Bayern. Fortschreibung
1994.- München.

LEICHT, H. & H. LIPPERT (1996):
Beiträge des Landesamts für Umweltschutz zur Land-
schaftsplanung in Bayern.- In: Schriftenreihe des Bayer.
Landesamtes für Umweltschutz, Heft 137: 92-106.

LFU (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT-
SCHUTZ, 1997):
Landschaftsentwicklungskonzept Region Ingolstadt.-
Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Umwelt-
schutz, Heft 140.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Peter Blum
Büro für Landschaftsplanung
Lindenstraße 25
D-85354 Freising

Umsetzung von Belangen des Bodenschutzes auf der örtlichen Ebene der Landschaftsplanung

Gertrud THORWART

1. Boden und Planungsbezug

Der Boden ist ein zentraler Teil und wichtiges Bindeglied innerhalb der Ökosphäre. Er verbindet gleichsam Luft und Wasser (Abb. 1).

Als querschnittsorientiertes Planungsinstrument berührt der Landschaftsplan die ganze Bandbreite des Umweltgefüges, das auf vielfältige Art und Weise von den ökologischen Funktionen und der Nutzbarkeit des Bodens abhängt. Landschaftsplanung beeinflusst die Erhaltung, Pflege und Entwicklung des Bodens sowohl direkt, z.B. über den Erosionsschutz, als auch indirekt, z.B. über den Biotop-schutz, der zugleich den besonders bedrohten Bodentypen der mageren Feucht- und Trockenstandorte zugute kommt.

Fokussieren wir unseren landschaftsplanerischen Weitwinkelblick auf das Thema Boden, so sehen wir, wie sich vielerlei Aspekte und Planungsinhalte um den Schutz des Bodens drehen wie Speichen um eine Radnabe, die in das Kugellager der Bodenfunktionen eingebettet ist (Abb. 2). Durch den Boden als

Regler im Naturhaushalt,
Standort für menschliches, tierisches und pflanzliches Leben,
Grundlage der Produktion von Nahrung und Rohstoffen

sind die unterschiedlichsten fachlichen Belange wie über eine Drehscheibe miteinander verbunden.

Vier Gruppen von sektoralen Planungsinhalten stützen als Speichen die Lauffläche des Rades in Abbildung 2. Das Spektrum der oberen Radhälfte entspricht den biotischen und abiotischen Schutzgütern. Es umfaßt zum einen die Naturgüter Boden,

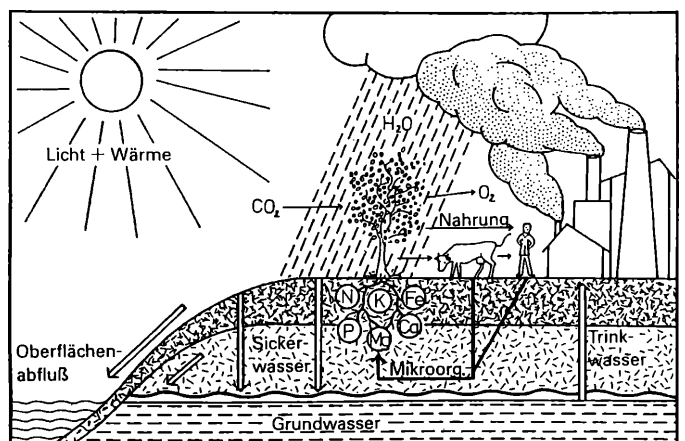
Wasser, Luft und Klima und zum anderen die Facetten Relief, Biotope, Geotope und Archäotope, die im Zusammenspiel den Landschaftscharakter prägen. Die untere Radhälfte deckt einerseits mit der Flächeninanspruchnahme für Siedlung, Verkehr, Erholung und Abbau von Bodenschätzen sowie andererseits mit Acker, Grünland und Wald als Nutzungsformen der Land- und Forstwirtschaft das weite Feld des menschlichen Wirtschaftens und Handelns ab.

2. Bodenschutz im Planungsprozeß und in der Umsetzung

Die gemeindliche Landschaftsplanung bewegt sich auf der örtlichen Ebene im Spannungsfeld zwischen den biotischen und abiotischen Schutzgütern einerseits (siehe oberes Spektrum der Abb. 2) und den gesellschaftlichen Nutzungsansprüchen an Boden und Landschaft andererseits (siehe unteres Spektrum der Abb. 2). Aufbauend auf Bestandsaufnahme und Bewertung hat der Landschaftsplaner Nutzungs- und Zielkonflikte herauszuarbeiten sowie Nutzungs- und Planungsalternativen aufzuzeigen. Ein daraus zu entwickelndes landschaftliches Leitbild dient als planerische Richtschnur im oft langwierigen Überzeugungs- und Abwägungsprozeß am "runden Tisch", hinter den Kulissen und auf der kommunalpolitischen Bühne. Im Idealfall ist der Landschaftsplan einer Gemeinde oder Stadt zugleich eine Umweltverträglichkeitsstudie, die alle örtlich bedeutsamen Belange lückenlos erfaßt und sachgerecht abwägt und damit auch den Schutz des Bodens angemessen integriert.

Abbildung 1

Stellung und Funktion von Böden in der Ökosphäre (verändert nach BRÜMMER).



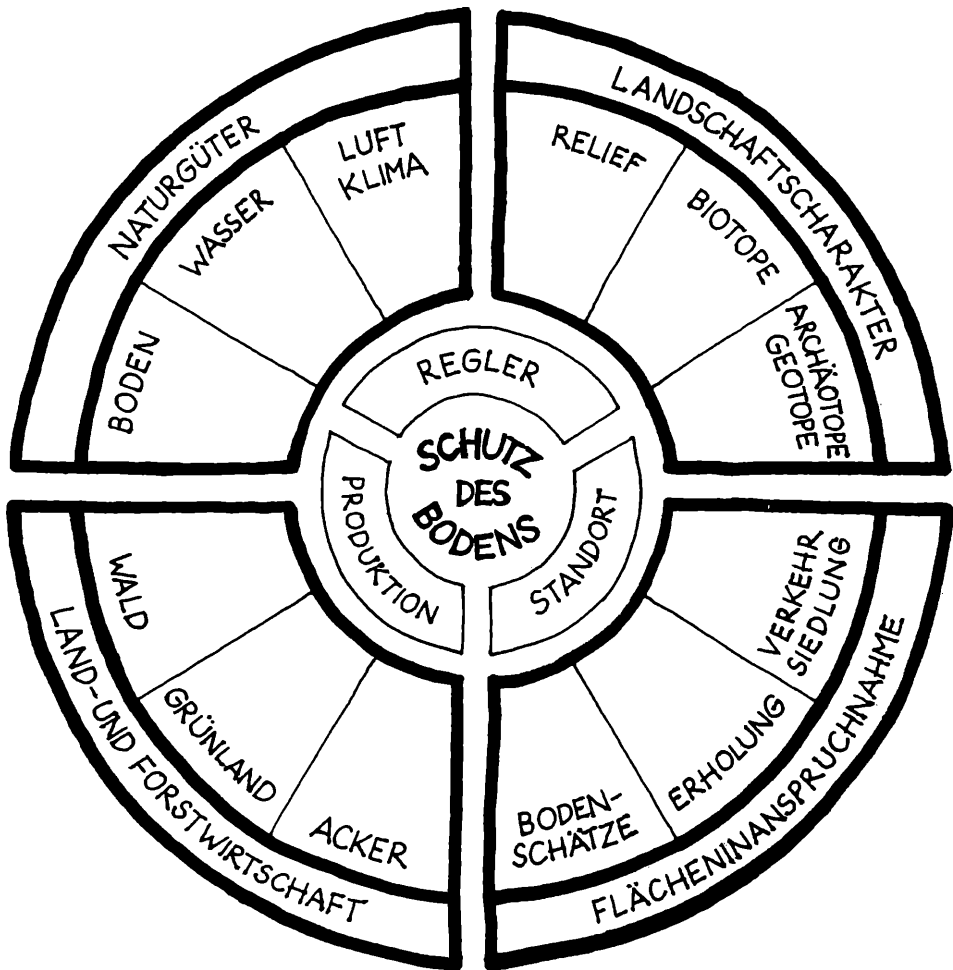


Abbildung 2

Um den Schutz des Bodens drehen sich vielerlei Planungsinhalte.

Allerdings ist zu bedenken: Wie konkret und zielgenau die im gemeindlichen Landschaftsplan dargestellten Ziele und Maßnahmen im Einzelfall die örtlichen Erfordernisse des Bodenschutzes treffen, hängt unter anderem auch von den Ausgangsdaten ab. Sofern nicht zusätzlich vereinbart, hat der Landschaftsarchitekt, von augenfälligen Geländebeobachtungen abgesehen, nur die vorhandenen Karten und Daten auszuwerten, nicht aber eigene Geländeerhebungen durchzuführen. Hier wären die zuständigen Fachbehörden gefordert, Lücken in den Grundlagenkarten über Böden, Geologie und Erosionsgefährdung zu schließen.

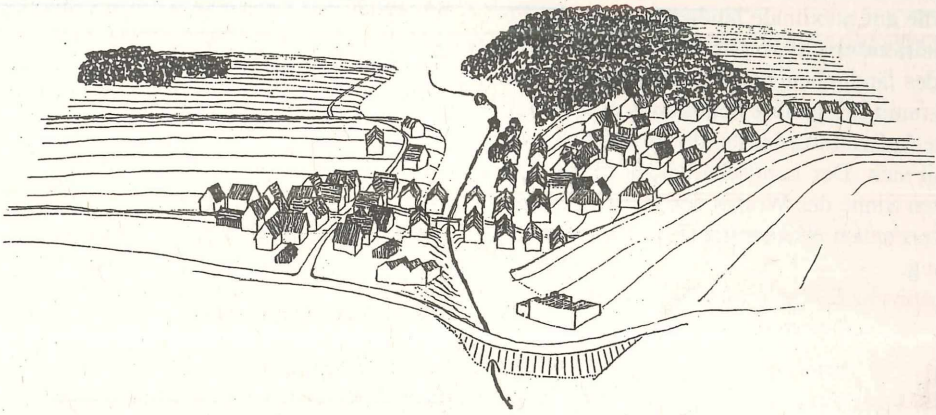
Lösungen für Kernprobleme, die wie der Bodenschutz mit allem und jedem vernetzt sind, lassen sich nicht linear auf einer Zielgeraden ansteuern. Im Regelfall bedarf es dazu im Verlauf des Planungsprozesses vieler spiralförmiger Kreisbewegungen, die sich von Mal zu Mal näher an ein ausgewogenes und konsensfähiges Ergebnis heranschrauben. Planungsaussagen im gemeindlichen Landschaftsplan sind aber lediglich behördenverbindlich und führen noch lange nicht zur Umsetzung und Realisierung. Dazu bedarf es weiterer Schritte und Anstöße, die beispielsweise erfolgen könnten durch

- Flächennutzungs-, Bebauungs- und Grünordnungspläne;
- Bereitstellung, Kauf oder Pacht von Flächen und Durchführung von Maßnahmen durch die Gemeinde oder Stadt;
- Landschaftsplan-Umsetzungsprojekte mit freiwilliger Beteiligung der Grundeigentümer;
- Maßnahmen, Projekte und Planungen von Fachbehörden entsprechend den Vorgaben des Landschaftsplans.

3. Landschaftsplaninhalte zum Bodenschutz

Der gemeindliche Landschaftsplan kann direkte Bewertungs- und Zielaussagen zu Bodenschutzthemen machen, z.B. zu Flächenverbrauch, Bodenversiegelung und Bodenbelastung, zu Bodentypen und Bodenfruchtbarkeit, zur Wasser- und Winderosion, zur Bodenschutzfunktion von Wäldern und Grünland, zur Sicherung von Geotopen und Bodendenkmälern, zum Abbau von Bodenschätzen u.a. Sehr häufig ist jedoch der Schutz des Bodens gekoppelt mit anderen Landschaftsplaninhalten, die indirekt ebenfalls Fragen des Bodenschutzes berühren, wie z.B. landschaftsverträgliche Siedlungsentwicklung und

NICHT SO . . .



SONDERN SO . . .

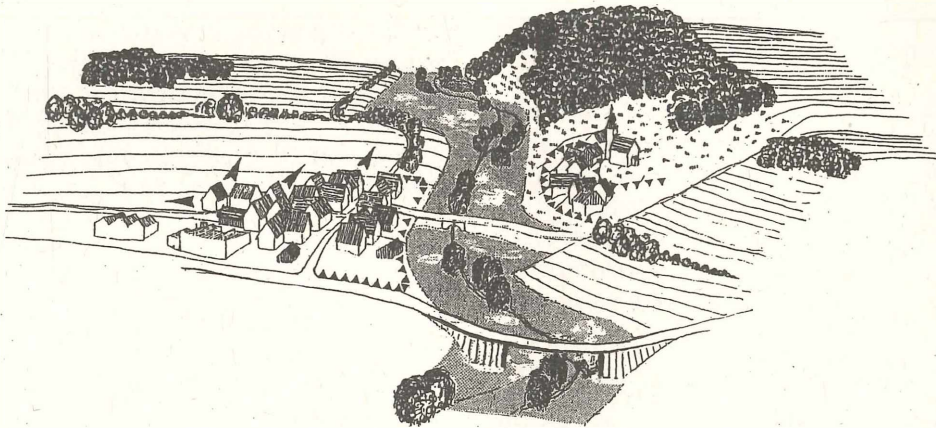


Abbildung 3

Schutz des Bodens und Steuerung von Flächenansprüchen auf der örtlichen Ebene der Landschaftsplanung (verändert nach BARTELS 1980).

Verkehrsplanung, Freizeit und Erholung, Schutzwürdigkeit von Landschaftsbereichen, Landschaftsentwicklung und Biotopverbund, Gewässer- und Hochwasserschutz, Land- und Forstwirtschaft.

Die Landschaftsausschnitte in Abb. 3 zeigen, wie ein Landschaftsplan auf der örtlichen Ebene die Entwicklung des ganzen Gemeindegebietes landschaftsgerecht steuern und damit gleichzeitig Bodenschutzbelangen gerecht werden kann:

- Der Talraum als landschaftsprägendes Element, Hochwasserretentionsraum, Kaltluftabflußbahn und Verbundachse für Feuchtstandorte wird von Bebauung, Aufschüttungen und abriegelnden Dammbauten freigehalten. Die Umwandlung von Acker in Grünland auf dem überschwemmungsgefährdeten Talboden reduziert Oberbodenabschwemmung und Gewässerverschmutzung. Das Mäandrieren des Baches, regelmäßige Überflutungen, Umlagerungen und Vernäsungen des Mikroreliefs verbessern den Hochwas-

serrückhalt, stärken die Biotoverbundachse und ermöglichen die für Aueböden typischen Bodenbildungsprozesse.

- Die flachgründigen Hänge um den alten Siedlungskern mit der Dorfkirche und im Übergangsbereich zum abwechslungsreich gebuchteten Waldrand sind durch Siedlungs- und Aufforstungsdruck gefährdet. Wegen des Orts- und Landschaftsbildes und ihrer Biotopfunktion als Trockenstandorte werden sie von Bebauung frei und durch extensive Landwirtschaft oder Landschaftspflegemaßnahmen offen gehalten.
- Ansatzpunkte für eine landschaftsverträgliche Siedlungsentwicklung und Gewerbeansiedlung bieten sich im Anschluß an die bestehende Bebauung auf der anderen Talseite.
- Den Bodenabtrag von den Ackerflächen der fruchtbaren Lößlehnhänge reduzieren, neben erosionsmindernder Bodenbearbeitung, Gehölzriegel, die zugleich als Trittsteinbiotop dienen und das Landschaftsbild beleben.

Das Nutzungsmosaik traditioneller Kulturlandschaften ist aufgrund von Unterschieden bei Relief und Boden entstanden, die heutzutage eine Bodennutzung, die auf maximale landwirtschaftliche Erträge abzielt, zu nivellieren versucht. Die Neuentdeckung des ländlichen Raumes als Erlebnis- und Erholungsraum bringt aber neuerdings eine gesellschaftliche Aufwertung der standörtlichen Strukturvielfalt mit sich. Der Landschaftsplan könnte hier im wahrsten Sinne des Wortes den Boden bereiten für eine von neuen Werten geprägte Landschaftsentwicklung.

Literatur

BARTELS, J. (1980):
Gestalterische Aspekte bei der Durchführung von Maß-

nahmen in der Landschaft.- in: Berichte aus der Flurberreinigung 33/1980, München.

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ
(1990):
Planungshilfen für die Landschaftsplanung Bodenschutz durch den Landschaftsplan. München.

Anschrift der Verfasserin:

Dipl.-Ing. Gertrud Thorwart
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz
Infanteriestraße 11
D-80797 München

Fachliche Maßstäbe zur Ableitung von Bodenqualitätszielen

Friedrich RÜCK

1. Umweltqualitäts- und Umwelthandlungsziele - Ableitung und derzeitiger Stand

Einleitend soll die Frage der Definition und Ableitung von Umweltqualitätszielen/ Umwelthandlungszielen dargestellt und beispielhaft herausgearbeitet werden, welche Aussagen sie hinsichtlich der Bodenfunktion "Lebensraum für Bodenorganismen" enthalten. Im folgenden wird hierzu aus dem Zwischenbericht der Enquete-Kommission "Schutz des Menschen und der Umwelt" (ENQUETE-KOMMISSION 1997) zitiert.

Die Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio 1992 formulierte das Leitbild einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung ("sustainable development"). Die Agenda 21 nennt die mit dem Leitbild verbundene Zielsetzung, nämlich die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten, wirtschaftlichen Wohlstand zu ermöglichen und für soziale Gerechtigkeit zu sorgen. Dieses Leitbild der nachhaltig zukunfts-trächtigen Entwicklung ist in konkrete Ziele und Maßnahmen zu übersetzen.

Demnach (stark gekürzt) beschreiben *Umweltqualitätsziele* Zustände oder Eigenschaften (= *Sollwerte*) der Umwelt. *Umwelthandlungsziele* geben die Schritte an, die notwendig sind, um die in Umweltqualitätszielen beschriebenen Zustände oder Eigenschaften der Umwelt zu erreichen. Umwelthandlungsziele operationalisieren Umweltqualitätsziele. Die Ziele sind an Belastungsfaktoren zu orientieren und sollen Vorgaben für Belastungsminderungen enthalten. Konkret gefaßt werden die Umwelthandlungsziele mittels *Indikatoren*; diese geben den angestrebten bzw. zu vermeidenden Bereich in Form von Zahlenwerten (z.B. Grenzwerten, Gefährdungsklassen der Roten Liste) oder schutzwürdigen Biotopen an.

Im Zwischenbericht der Enquete-Kommission sind zum "Problembereich Böden" die Bodenfunktionen wie folgt definiert:

Lebensraumfunktion: Lebensgrundlage und Lebensraum für Mensch, Flora und Fauna, insbesondere für spezifische Bodenflora und -fauna.

Regelungsfunktion: Stoffumwandlung, Stoffabbau, Puffer- und Filterfunktion, Wassergewinnung.

Trägerfunktion: Bereitstellung von Raum und Struktur für Wirtschaft, Verkehr, Siedlung, Ver- und Entsorgung, Freizeit und Erholung, Senke für Emissionen und Abfälle.

Kulturfunktion: menschliche Vorgänge und Kultur.

Produktionsfunktion: Land-, Forstwirtschaft, Gartenbau, Rohstoffgewinnung.

Diese Funktionen sind dauerhaft zu erhalten, die Nutzung der Böden soll die Leistungsfähigkeit und die ökologischen Funktionen der Böden so wenig wie möglich und vor allem nicht dauerhaft beeinträchtigen.

Ähnlich dem Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) ist hier die Lebensraumfunktion als "Lebensgrundlage und Lebensraum für Mensch, Flora und Fauna, sowie Bodenorganismen" als Bodenfunktion (neben weiteren) definiert.

Die Leistungsfähigkeit der natürlichen Bodenfunktionen kann jedoch je nach Bodennutzung teilweise oder ganz reduziert sein. Bislang werden Böden (unzureichend) geschützt über das Naturschutzgesetz (schädigende Eingriffe vermeiden, sonst ausgleichen oder entschädigen) und das Baugesetzbuch (sparsamer und schonender Umgang mit Grund und Boden).

Laut ENQUETE-KOMMISSION (1997) sind übergreifende Umweltziele die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Funktionen der Böden und der sorgsame Umgang mit Böden als endliche Ressourcen. Zusammenfassend enthält Tabelle 1 die für die Bodenbiologie betreffenden Fragestellungen wichtigen Umweltqualitäts- und -handlungsziele unter den Themenkreisen "Böden als endliche Ressourcen" und "Stoffeinträge"

Aus dieser Übersicht wird deutlich, daß insbesondere auf der Ebene der Indikatoren noch Konkretisierungen erarbeitet werden müssen.

2. Wissenschaftlich-methodische Betrachtung und Ansätze zur Ableitung einer Bodenqualität sowie Bezug zum Bundes-Bodenschutzgesetz

Zum Zweck der sprachlichen Klarheit und um Mißverständnisse zu vermeiden, wie auch für die Aufgabe, operationalisierbare Kriterien für einen nachhaltigen Bodenschutz und geeignete Handlungsempfehlungen zu geben, bedarf es einer sauberen Begriffsklärung.

2.1 Bodenqualität und Bodenbeschaffenheit

Bodenqualität als "Qualität" in Beziehung auf den Boden wird bislang in zwei Arten verwandt (UBA-TEXTE 34/92):

Tabelle 1

Umweltqualitäts- und -handlungsziele, z.B. hinsichtlich der Bodenfunktion "Lebensraum für Bodenorganismen" (ENQUETE-KOMMISSION 1997).

Umweltqualitätsziele	Umwelthandlungsziele
<p><i>Natur- und Landschaftsschutzfläche:</i> Sicherung und Weiterentwicklung der Vielfalt, Eigenart (u.a. "seltene" Böden) und Schönheit von Natur und Landschaft sowie Erhalt der biologischen Vielfalt. Lebensraum für Bodenflora und -fauna (Regelungs- und Produktionsfunktion) und Lebensraum terrestrischer Pflanzen und Tiere; Bodenbelastungen stören die Regelungsfunktion, damit Schmälerung der biologischen Vielfalt. SRU (1985) fordert, Meso- und Makrofauna in bestmöglichem Umfang zu erhalten; SRU (1987): Gesamte Bodenlebenswelt in Schutzanstrengungen mit einbeziehen. Biodiversitätskonvention: Schutz der Bodenfunktionen.</p>	<p>Neben besonders zu schützenden Flächen, die nur wenige Prozente der Gesamtfläche Deutschlands umfassen sollen, ist auf der Gesamtfläche der Bundesrepublik eine Nutzung anzustreben, die besser als bisher Aspekte der Artenvielfalt und der Produktion von Nahrungsmitteln und anderen nachwachsenden Rohstoffen bei gleichzeitigem Erhalt der natürlichen Vielfalt der Landschaft sichert. Aufbau eines funktionsfähigen Biotopverbunds auf der gesamten Fläche. Der Flächenanteil dafür soll durchschnittlich 10% der Gesamtfläche betragen.</p>
<p><i>Land- und Forstwirtschaftsfläche:</i> Erhalt der Standorteigenschaften, des Ertragspotentials und der Bodenfruchtbarkeit für eine nachhaltig zu sichernde Land- und Forstwirtschaft. Bodenfruchtbarkeit: Verweis auf ISO 8157: Eignung eines Bodens, Pflanzenwachstum sicherzustellen.</p>	<p>Standortgerechte Land- und Forstwirtschaft: Ausrichtung der land-, forst- und weinwirtschaftlichen Produktion auf die Schonung des Bodens, die Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit und des Biomasseproduktionspotentials (Ertragsfähigkeit).</p>
<p><i>Stoffeinträge:</i> Erhaltung der für die standörtlich mögliche Bodennutzung notwendigen Bodenfunktionen und ihrer regenerativen Kräfte.</p>	<p>Verminderung des Eintrages von Stoffen, welche die notwendigen Bodenfunktionen dauerhaft gefährden. Erwünschte Bodenqualität in Bezug zur Vorsorge und tolerierbaren Bodenbelastungen. Verweis auf LABO-Hintergrundwerte. Vermeidung des Eintrags persistenter, bioakkumulierbarer, human- und/oder ökotoxikologischer Stoffe, insbesondere solcher mit irreversiblen Wirkungen.</p>
<p><i>Eintrag von Nährstoffen: "Critical Loads", Stickstoffminderungsprogramm:</i> Erhaltung eines regionalspezifischen natürlichen Gehalts an Nährstoffen zuzüglich eines unvermeidlichen, aber tolerierbaren Anteils in Folge von Bewirtschaftung. Vorsorge gegenüber zu hohen Nährstoffeinträgen, insbesondere in Form von Stickstoff- und Phosphorverbindungen.</p>	<p>Reduktion des Eintrages von Nährstoffen unter Berücksichtigung aller Dünger auf ein Maß, das das Grundwasser nicht beeinträchtigt und Oberflächengewässer nicht so belastet, daß dies zur Eutrophierung und ökotoxikologischen Belastung der Küstengewässer führen kann.</p>
<p><i>Eintrag von Säurebildnern:</i> Vorsorge gegenüber im Boden versauernd wirkender Stoffeinträge.</p>	<p>Reduktion der sauren Deposition aus atmosphärischen Einträgen an Stickoxiden und Verminderung der Einträge an Schwefeldioxid, Ammoniak und anderen Säurebildnern unterhalb des jeweiligen kritischen Eintrages durch Verminderung der Emissionen aus Kraftwerken, industriellen Anlagen, Hausbrand, Verbrennungsmotoren und Landwirtschaft.</p>

1. Qualität bezieht sich auf das Maß von Güte oder auf den Grad von Übereinstimmung mit dem positiven Idealzustand oder Standard.
2. Mit Qualität des Bodens werden *einzelne* (z.B. Vorkommen eines Stoffes) oder *systembezogene* (z.B. Standorteigenschaften) *Merkmale* des Bodens beschrieben. Damit wird Bodenqualität ein Synonym für Bodenbeschaffenheit, und umschreibt spezifische Eigenschaften des Bodens oder Typen von Böden. Beispiele sind Speicher-

vermögen für Wasser, organischer Kohlenstoffgehalt, Textur etc.

Der Begriff "*Umweltqualität*" ist von dem amerikanischen "*environmental quality*" entlehnt, welcher wiederum "*soil quality*" umfaßt. Im nordamerikanischen Sprachraum (Soil Science Society - SSSA) hat sich ein Verständnis der Bodenqualität etabliert, das mit "*soil quality = "the capacity (of soil) to function"*" definiert wird. Die konkretere Definition lautet: "*the capacity of a specific kind of soil to*

function, within natural managed ecosystem boundaries, to sustain plant and animal productivity, maintain or enhance water and air quality, and support human health and habitation" (KARLEN ET AL., 1997).

Der Begriff "*Bodenqualität*" bezieht sich im weitesten Sinne auf die Bodenbeschaffenheit, welche zum materiellen Maßstab sowohl für Regelungen zur Vorsorge gegen das Entstehen von Belastungen durch zukünftige Einwirkungen als auch für Regelungen zum Umgang mit bestehenden Belastungen heranzuziehen ist.

Die "*Bodenqualität*" steht in einem engen Zusammenhang mit den Bodenfunktionen, die eine Beurteilungsgrundlage für Böden darstellen, ebenso zur Beurteilung von Böden als Ressource für Flächeninanspruchnahme und Rohstoff-Entnahme (Bodenfunktionen als Fläche und als Lagerstätte).

Bodenqualitätsziele sind somit als Sammelbezeichnung für normsetzende Bewertungen und Zielvorgaben zur Beschaffenheit von Böden und Bodenfunktionen zu verstehen.

Im einzelnen können Bodenqualitätsziele insbesondere umfassen:

stoffliche Bodeneigenschaften (z.B. Beschreibung der Konzentration, des Eintrags, der Wirkung und Verteilung von Stoffen in Böden), physikalische Bodeneigenschaften (z.B. Beschreibung des Erosionsabtrages, der Verdichtung, der Wirkung auf die Bodenfunktionen), biologische Bodeneigenschaften (z.B. als Besatz von Kleinlebewesen, Kohlenstoffkreislauf, Bioturbation, biologische Funktionsparameter), Eigenschaften, welche den Boden als Ressource und nicht-stoffliche Prozesse beschreiben (z.B. als Lagerstätte von Rohstoffen, als Fläche für verschiedene Nutzungen, Erosion).

Bodenqualitätsziele beschreiben demnach unterschiedliche materielle Eigenschaften; sie sind phänomenologisch und methodisch differenziert zu behandeln.

Die Bodenbeschaffenheit wird nach DIN/ISO 11074-1 (Juni 1997) wie folgt definiert:

Bodenbeschaffenheit: Gesamtheit der gegenwärtigen positiven und negativen Eigenschaften des Bodens in Hinblick auf Nutzungen und Bodenfunktionen.

Soil Quality: All current positive or negative properties with regard to soil utilization and soil functions.

Daraus folgt:

- Eine hochaggregierte Verwendung des Begriffs "*Bodenqualität*", welcher alle denkbaren chemischen, biologischen, physikalischen, und pedologischen Eigenschaften in einen Merkmalskatalog zusammenfaßt, ist nicht ableitbar und anwendbar. Schon gar nicht möglich ist die Parametrisierung in charakteristische Werte, welche umfassend "*eine Bodenqualität*" als solche beschreiben.

Bodenqualität kann sinnvoll nur im Hinblick auf bestimmte Funktionen und Nutzungsformen des Bodens diskutiert werden; daraus folgt, daß der Begriff Bodenqualität als Sammelbegriff für die qualifizierte Beschreibung von Bodeneigenschaften zu verwenden ist.

Einzelne Bodenqualitäten können, soweit sie hinreichend spezifisch sind, quantifiziert werden.

Eine Quantifizierung von Bodenqualität setzt auch die Festlegung von "Soll" und "Ist" voraus. Diese Soll-Ist-Vergleiche sind nur unter Bezug auf Bodenfunktionen und (in unterschiedlichem Ausmaß) Bodennutzungen möglich. Bodenqualität im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes hat keinen Bezug zur aktuellen oder einer zukünftigen konkreten Nutzung, während die Beurteilung von Gefährdungen, die von bestehenden Belastungen (Altlasten) ausgehen, in sehr deutlicher Weise auf die Nutzung und Nutzbarkeit des Bodens abstellen wird.

2.2 Bodenfunktionen

Im Sinne des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Gesetz zum Schutz des Bodens vom 17.3.1998) erfüllt der Boden:

1. natürliche Funktionen als

Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen, und Bodenorganismen, Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen, Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen aufgrund der Filter, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers.

2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturschicht sowie

3. Nutzungsfunktionen als

Rohstofflagerstätte,
Fläche für Siedlung und Erholung,
Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

2.3 Schädliche Bodenveränderungen

Schädliche Bodenveränderungen werden definiert als Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen. Eine schädliche Bodenveränderung kann sich sowohl auf chemische, biologische als auch auf physikalische Veränderungen beziehen; sie schließt auch den Schutz der Ressource Boden als Fläche ein.

Von schädlichen Bodenveränderungen können verschiedene Schutzgüter betroffen sein. Für das Eintreten einer Gefahr (d.h. das hinreichend wahr-

scheinliche Eintreten eines Schadens für ein Schutzgut) sind vor allem von Bedeutung

die natürlichen Bodenfunktionen als abiotischer Komplex, z.B. hinsichtlich des Erhaltes der Bodengefüge- und Tonmineralstruktur gegenüber dem Einfluß der Bodenversauerung, sowie als biotischer Komplex, z.B. als Pflanzenstandort, als Regelungsgröße im Naturhaushalt (Filter, Speicher, Puffer) und hinsichtlich des Vorkommens der Bodenorganismen;
die Integrität des Bodens als Ökosystem;
mittelbar über den Schutz des Bodens auch der Schutz des Grundwassers;
die menschliche Gesundheit, insbesondere durch ingestive oder inhalative Aufnahme von Bodenpartikeln oder aus dem Boden ausgasender Stoffe sowie mittelbar durch bodenbedingte Kontamination von Futter- und Nahrungsmitteln einschl. des Grund- und Trinkwassers;
der Boden als endliche Ressource, z.B. gegenüber Zerstörung und Verlust durch Bodenabtrag, Versiegelung oder Denaturierung.

Oftmals stehen die natürlichen und die auf Nutzungen bezogenen Bodenfunktionen in einem gewissen Konkurrenzverhältnis zueinander. Ein Schutz "aller Funktionen zu jedem Zeitpunkt" erscheint weder sachlich begründbar noch im Hinblick auf die Vorbelastung der Böden gerechtfertigt. Allerdings ist zu prüfen, inwieweit die natürlichen Bodenfunktionen in der Konkurrenzsituation irreversibel geschädigt werden. Nach dem BBodSchG ist das diesbezügliche Prüfkriterium, ob und inwiefern das Wohl der Allgemeinheit (Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit des Bodens, bzw. eines bestimmten Gebietes) mit dieser Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen unter Berücksichtigung der Nutzungsfunktionen zu vereinbaren ist.

2.4 Bodenqualitätsziele (funktions- und nutzungsbezogen)

Bodenqualitätsziele charakterisieren den gewünschten Sollzustand von Bodenqualitäten unter Berücksichtigung der verschiedenen Bodenfunktionen und Nutzungen. Sie haben normativen Charakter und können z.B. gerichtet sein

auf den vorsorgenden Schutz der Bodenfunktionen,
auf die nachhaltige Nutzung des Bodens,
auf den Erhalt der Bodenfunktionen,
auf den Erhalt der Ressource Boden,
auf die Abwehr schädlicher Bodenveränderung und die Vermeidung, Verhinderung, Beseitigung und Minimierung von Schäden.

Daraus leitet sich das generelle Vorgehen bei der Beschreibung von Bodenqualitätszielen:

1. Auswahl des Schutzobjektes (Bodenfunktion, Nutzung durch bestimmte Population, bodenökologischer Schlüsselparameter);
2. Stoffauswahl bzw. Auswahl des zu bewertenden Prozesses (z.B. Erosion).

3. Ansätze zur Bewertung

Umfassende Ansprüche an Bodenqualitätsziele und die Bewertung der Bodenqualitäten sind noch nicht operationabel und in der Planungspraxis umsetzbar, nur z.T. werden sie abgedeckt durch die bislang bekannten Bewertungsverfahren. Manche Bodenbelastungen wie z.B. Erosion, weitere Einträge von Schadstoffen in Böden usw. betreffen z.B. die gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung oder Immissionen, die nach Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) geregelt sind.

Für Zwecke der Planung ist es unerlässlich, Bodeneinheiten abgrenzbar auszuweisen und diese Bodeneinheiten hinsichtlich ihrer Wertigkeit einzustufen. Diese Bewertung soll vergleichend die unterschiedlichen Schutzwürdigkeiten von Böden aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit oder Empfindlichkeit herausstellen und ähnlich der Abwägung anderer Schutzgüter berücksichtigt werden. Dazu ist ein objektiver und praktikabler Bewertungsrahmen erforderlich. Die zu bewertenden Parameter (Bodeneigenschaften) sollten in kartografischer (ggf. digitaler) Form vorliegen.

Neben dem von MOHS (vgl. den Beitrag in diesem Band) vorgestellten Bewertungsrahmen ist das von der Umweltministerium Baden-Württemberg herausgegebene Heft 31 "Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit - Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren" (UM-BW 1995) eine praktikable Arbeitshilfe zur Einstufung und Bewertung von Bodenfunktionen. In der Gesamtbewertung der Bodenfunktionen werden in einer fünfstufigen Skala die Bodenfunktionen "Standort für die natürliche Vegetation", "Standort für Kulturpflanzen", "Ausgleichskörper im Wasserkreislauf", "Filter und Puffer für Schadstoffe" und "landschaftsgeschichtliche Urkunde" erfaßt; für die Funktion "Lebensraum für Bodenorganismen" fehlt bislang ein Bewertungsansatz.

Die abschließende Bewertung differenziert jede Bodenfunktion in Klassenwerte zwischen 5 "sehr hohe Leistungsfähigkeit des Bodens zur Erfüllung der Bodenfunktion" und 1 "sehr geringe Leistungsfähigkeit (...)". Entsprechend können Bodeneinheiten abgrenzbar bewertet werden (vgl. Tabelle 2).

Im Arbeitskreis Bodenschutzplanung der Bundesländer-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) wird derzeit ein länderübergreifender Bericht zur "Bewertung von Böden" erarbeitet.

Das Bundes-Bodenschutzgesetz unterscheidet die vorgesehenen Bodenwerte in solche zur Beurteilung von bestehenden Belastungen (Gefahrenbeurteilung und -abwehr: Prüf- und Maßnahmenwerte) und solche zur Beurteilung von aufgrund künftiger Einwirkungen zu besorgenden Belastungen (Vorsorgewerte). § 8 des Gesetzes definiert die Bodenwerte wie folgt:

Prüfwerte: Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und fest-

Tabelle 2

Orientierungsrahmen für die abschließende Bewertung von Böden (UM-BW 1995).

Häufigkeit	Bewertungsklasse	Bewertungsaussage
≥ 1	5	Standort sehr hoher Bedeutung (= Schutzwürdigkeit) für den Bodenschutz
≥ 2	4	Standort hoher Bedeutung
1 ≥ 2	4 oder 3	Standort bedeutend
< 2	3	Standort wenig bedeutend

zustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt.

Maßnahmenwerte: Werte für Einwirkungen oder Belastungen, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind.

Vorsorgewerte: Bodenwerte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung von geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, daß die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht.

Die vorgeschlagenen Wertekategorien sind teilweise nach Nutzungen differenziert:

Prüf- und Maßnahmenwerte für Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park- und Freizeitanlagen sowie Industrie- und Gewerbegebiete.

Prüf- und Maßnahmenwerte für Acker-, Nutzgarten und Grünland.

Prüfwerte für Sickerwasser im Hinblick auf den Schutz des Grundwassers (ohne Nutzungsdifferenzierung).

Vorsorgewerte (für Schwermetalle differenziert nach den Bodenartenhauptgruppen Sand (leicht), Lehm/Schluff (mittel) und Ton (schwer) und Böden mit hohem Hintergrundgehalten; für organische Stoffe nach dem Humusgehalt der Böden differenziert).

Für die Festlegung von Bodenwerten zur Gefahrenbeurteilung im Wirkungspfad Boden - Bodenorganismen fehlen derzeit noch ein Wirkungskriterien, das auf das Vorliegen einer Gefahr abstellen.

Der Bezug auf Bodennutzungen setzt voraus, zur Gefahrenabwehr nutzungs- und schutzgutbezogen differenzierte Werte hinsichtlich bestimmter Nutzungen z.B. Wohngebiete, Acker- und Grünlandflächen festzulegen. Vorsorgewerte haben keinen Nutzungsbezug, da die vielfältige Nutzbarkeit der Böden sichergestellt werden soll. Vorsorgewerte werden differenziert nach natürlichen Bodeneigenschaften (Sand, Lehm/Schluff, Ton). Die Gefahrenbeurteilung des Bodensickerwassers erfolgt ebenfalls nicht nach Nutzungen differenziert, weil das Grundwasser als letztlich zu schützendes Gut ge-

mäß dem Wasserhaushaltsgesetz einen flächen-deckenden Schutz erfordert.

Gegenwärtig ist die Methodik zur Ableitung von Bodenqualitätszielen noch offen. Kriterien, die Berücksichtigung finden müssen, sind u.a. Referenzwerte oder -böden, Wirkungsendpunkt und Bezug zum Bodenqualitätsparameter/-indikator, Wirkungsbezug des Gefahrenniveaus (unbedenklich, tolerierbar, schädlich, quantitative Risikoabschätzung, Variabilität, Signifikanz, Häufigkeit), Bedeutung des Faktors "Zeit(-dauer)" für Böden als dynamisches System (z.B. Akkumulation von eingetragenen Stoffen, Auswaschung von Stoffen, veränderte Mobilitäten infolge Versauerung oder Mineralisierung), Extrapolation vom Punkt in die Fläche, horizontale und vertikale Repräsentativität von Probenahmepunkten oder Einzelwerten. Daraus folgt, daß Bodenqualität nicht linear entlang einer eindimensionalen Skalierung zu bewerten ist, sondern je nach Qualitätsziel unterschiedliche Richtungen der Zielgrößen, Ansprüche, Bewertungsalgorithmen und -maßstäbe sowie Erfordernisse beachtet werden müssen.

Literatur

BACHMANN, G.; C.-G. BANNICK, E. GIESE, F. GLANTE, A. KIENE, R. KONIETZKA, F. RÜCK, S. SCHMIDT, K. TERYTZE & D. VON BORRIES (1997): Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes.- In: ROSENKRANZ, BACHMANN, EINSELE &, HARREß (Hrsg.) Handbuch Bodenschutz, Berlin, Kenn-Ziffer 3500, 121 S.

DELSCHEN, T. & F. RÜCK (1997): Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung von schwermetallbelasteten Böden im Hinblick auf den Pfad Boden/Pflanze.- Bodenschutz 4/97, ESV, Berlin: 114 - 121.

DIN ISO 11074-1 (1996): Bodenbeschaffenheit, Wörterbuch, Teil 1: Begriffe und Definitionen aus dem Bereich Bodenschutz und Bodenkontamination (1996).- Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN, Ref. Nr. DIN ISO 11074-1: 1997 - 06. Beuth Verlag Berlin.

ENQUETE-KOMMISSION (1997): Konzept Nachhaltigkeit: Fundamente für die Gesellschaft von morgen.- Zwischenbericht der Enquete-Kommission

„Schutz des Menschen und der Umwelt - Ziele und Rahmenbedingungen einer Nachhaltigen Zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen Bundestages. Hrsg.: Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn.

GESETZ ZUM SCHUTZ DES BODENS. GESETZ ZUM SCHUTZ VOR SCHÄDLICHEN BODENVERÄNDERUNGEN UND ZUR SANIERUNG VON ALTLASTEN (BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ - BBODSCHG v. 17. 3. 1998):

Bundesgesetzblatt Jg. 1998 Teil I Nr. 16, ausgegeben zu Bonn am 24. März 1998: 502-510.

KARLEN, D.L.; M.J. MAUSBACH, J.W. DORAN, R.G. CLINE, R.F. HARRIS & G.E. SCHUMAN (1997): Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial).- Soil Sci. Soc. Am. J. 61, 4-10.

LABO BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (1995):

Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.-In: ROSENKRANZ, BACHMANN, EINSELE & HARREß (Hrsg.) Handbuch Bodenschutz, Kenn-Ziffer 9006, Berlin.

RÜCK, F. (1997):

Bodenqualitätsziele für den Schutz der Ressource Boden.- Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 85/II, Oldenburg: 591-594.

SRU (DER RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN, 1985):

Umweltprobleme der Landwirtschaft.- Sondergutachten, März 1985, Kohlhammer, Stuttgart/Mainz.

——— (1987)

Umweltgutachten.- Deutscher Bundestag, 11. Wahlperiode, Drucksache 11/1568, 21.12.87.

UMWELTBUNDESAMT (Hrsg., 1992):

Umweltqualitätsziele für die ökologische Planung.- UBA-Texte 34/92, Umweltbundesamt, Berlin.

——— (Hrsg., 1998):

Umweltqualitätsziele, Umweltqualitätskriterien und -standards - Eine Bestandsaufnahme.- UBA-Texte 64/94, überarbeiteter, aktualisierter Entwurf (Veröff. i. Vorber.), Berlin.

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (UMBW, 1995):

Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren.- Bearbeiter: LEHLE, M.; J. BLEY, E. MAYER, R. VEITMEYA & W. VOGL. Luft Boden Abfall H. 31.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Friedrich Rück
Umweltbundesamt
Bismarckplatz 1
D-14191 Berlin

Ökologische Bodenfunktionen und potentiell Kontaminationsrisiko oberflächennahen Grundwassers in einem Naturschutzgebiet

- ein Beispiel für einen Konflikt zwischen Vorgaben des technischen Umweltschutzes und des Naturschutzes, sowie Diskussion von Lösungsvorschlägen

Ralf BOLZ

1. Einleitung

Vorgaben des technischen Umweltschutzes, sowie eine naturschutzfachliche Nutzung und Pflege müssen nicht immer im Einklang stehen. Sie können in einigen Fällen auch völlig gegensätzliche Maßnahmen bedingen. Eine Abwägung beider Schutzgüter ist dann durchzuführen. Um die Vorgaben des technischen Umweltschutzes zur Reinhaltung des Grundwassers einerseits und des Naturschutzes andererseits in einem landesweit bedeutsamen Naturschutzgebiet handelt der folgende Beitrag.

Diese Konfliktsituation besteht auf den ehemaligen amerikanischen Standortübungsplatz Tennenlohe, der seit 1994 als Naturschutzgebiet ausgewiesen ist und der Europäischen Union (EU) als Gebiet gemäß der FFH-Richtlinie gemeldet wird.

Aufgrund der extrem schwach gepufferten und humusarmen Böden auf Burgsandstein und Flugsanden, besteht hier ein extrem hohes potentiell Kontaminationsrisiko für das oberflächennahe Grundwasser durch militärische Altlasten. Aber gerade die nährstoffarmen und sauren Standorte sind die Schlüsselstandorte für die landesweit bedeutsame Flora und Fauna des Gebietes.

Auf die ökologischen Bodenfunktionen wird hier nicht näher eingegangen (s. hierzu den Beitrag von AUERSWALD in diesem Band). Doch kann, wie im folgenden näher aufgezeigt, in bestimmten Fällen ein Konflikt zwischen der Regelungsfunktion (Regelung der Stoffflüsse) und der Lebensraumfunktion (Gewährung von Lebensraum) von Böden entstehen.

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet, das einen Teilbereich des Naturschutzgebietes "Tennenloher Forst" umfaßt, liegt im westlichen Teil des ehemaligen Standortübungsplatzes Tennenlohe. Innerhalb der untersuchten Flächen liegt, neben den militärisch wenig genutzten Waldbereichen, auch die intensiv militärisch genutzte ehemalige Schießbahn "Range 6". Das Untersuchungsgebiet liegt vollständig im Naturraum "Mittelfränkisches Becken" im Bereich des zentralen Regnitzbeckens (HÜTTEROTH 1974).

Die hier untersuchte Teilfläche liegt im westlichen Sebalder Reichswald im Verwaltungsbereich des Bundesforstamtes Tennenlohe und umfaßt ca. 360ha. Mit eingeschlossen sind die ca. 110ha große ehemalige Schießbahn "Range 6" und die daran angrenzenden Forstgebiete. Das Gebiet ist gemeindefrei und Eigentum des Bundes.

Die Meereshöhe fällt von 335m im Osten auf 301m im Westen zu den Panzerabschußrampen hin ab. Die Entwässerung der oberirdischen Fließgewässer erfolgt nach Westen bzw. Nordwesten.

Die militärisch intensiv genutzten Freiflächen der ehemaligen "Range 6" liegen im Zentrum des Untersuchungsgebietes. Diese Nutzung führte neben verstärkter Erosion und Bodenverdichtung auch zu einer Belastung des Bodens mit Schadstoffen. Aus bodenkundlichen Untersuchungen anliegender Gebiete (EBERLEIN 1985; ALEIS 1988; ROSSNER 1989) liegen bereits bodenökologische Daten zur Beurteilung vor, die - aus forstlicher Sicht - auf problematische Standorte hinweisen. Dabei wird insbesondere eine forstlich bedingte starke Versauerung auf den pufferungsarmen Böden, entstanden aus Flugsand und Burgsandstein, festgestellt.

3. Geschichtlicher Überblick über die Nutzung des Untersuchungsgebietes

Der geschichtliche Überblick vermittelt nicht nur eine Vorstellung des Untersuchungsgebietes, sondern stellt auch eine wichtige Komponente der anthropogenen Einflüsse auf die Bodenbildung dar.

Seit dem 12. Jahrhundert wird der Nürnberger Reichswald durch Holzeinschlag intensiv genutzt. Bereits 1368 führte Peter Stromer die erste nachweisbare Nadelwalddsaat aus. Im Zuge der zunehmenden Nutzung und der durchgeführten Nadelwalddsaaten änderte sich das Waldbild in den folgenden Jahrhunderten stark von einem Laubbaumdominierten Wald in einen auf große Flächen reinen Nadelbaumforst. Dies zeigt sich auch im Untersuchungsgebiet deutlich in den bis heute fast reinen Kiefernforsten auf den trockenen Standorten und eingebrachten Fichtenforsten auf den feuchteren Standorten. Der Nürnberger Reichswald gilt als der

älteste deutsche Kunstforst (SPERBER 1969). So wurde die ursprünglich vorherrschende Stiel- und Traubeneiche von Nadelhölzern fast vollständig verdrängt.

Neben den Weide-, Brenn- und Bauholzrechten kam im 18. Jahrhundert die Nutzung der Bodenstreu hinzu. Hierzu wurden große Mengen Streu- und Humuskörper dem Wald entnommen und über Einstreu und Stallmist der Landwirtschaft zugeführt.

Der Standortübungsplatz Tennenlohe wurde zwischen den Jahren 1935 und 1937 von der Deutschen Wehrmacht eingerichtet. Nach dem Erwerb der 440,9ha durch die Wehrmacht ließ sie 180ha Wald roden. Die Besitzübergabe erfolgte am 01.08.1939. Die Wehrmacht nutzte die Flächen dabei als Artilleriezielgebiet für Schießübungen aus dem Erlanger Kasernengelände.

Nach dem 2. Weltkrieg wurde das Gebiet 1953 von der Bundesverwaltung den amerikanischen Streitkräften zur Nutzung überlassen. Die amerikanischen Streitkräfte beschlagnahmten zusätzliche 2.880ha der umliegenden Waldflächen und richteten weitere Freiflächen als Schießübungsbahnen ein. Die "Range 6" stellt die größte Schießbahn dar und wurde zuletzt von schweren Kettenfahrzeugen für Schießübungen mit schweren Maschinengewehren genutzt. Neben dem Schießbetrieb wurde das gesamte Gelände als Übungsgelände für Ketten- und Radfahrzeuge, Schanzübungen, sowie für weitere militärische Übungen genutzt.

Während der amerikanischen Nutzung des Geländes fand ein umfassender Wegeausbau (Kalkschotterwege) und vielerlei lokale Auffüllungen mit Fremdmaterial statt.

Seit den 70er Jahren bis weit in die 80er Jahre wurden zwei große Schießschutzwälle aufgebaut. Diese bestehen weitgehend aus Bauschutt mit einer Mutterboden-Oberflächenabdeckung. Sie bedecken große Flächen im zentralen Bereich der "Range 6". Im Bereich der beiden Kugelfangwälle wurden flächige Auffüllungen, ebenfalls mit Fremdmaterial, durchgeführt.

Im Februar 1994 wurde der gesamte Standortübungsplatz, nach Aufgabe des Standortes Erlangen, von den amerikanischen Streitkräften an die deutschen Verwaltungsbehörden zurückgegeben. Damit endete die militärische Nutzung des Geländes.

Seitdem 12.09.94 sind große Teilbereiche (934ha) des ehemaligen Standortübungsplatzes als Naturschutzgebiet nach Artikel 7 Bayerisches Naturschutzgesetz (BayNatSchG) ausgewiesen. Darunter fällt auch das gesamte Untersuchungsgebiet.

4. Naturschutzfachliche Bewertung

Der ehemalige militärische Übungsplatz Tennenlohe und das heutige Naturschutzgebiet "Tennenloher Forst" beherbergt eine für Bayern einmalige großflächige Kombination von Nadel- und Laubwäldern, Trocken- und Feuchtheiden, trockenen und

feuchten Pioniervegetationsgesellschaften, Sandrasen und Kryptogamengesellschaften, sowie Tümpel und Bäche, die in einem für Bayern trocken-warmen Klima liegen.

Durch die Untersuchungen der "Arbeitsgemeinschaft Truppenübungsplatz Tennenlohe" (AG TÜP Tennenlohe) konnte die landesweite, für einige Tiergruppen sogar bundesweite, Bedeutung in diesem Gebiet nachgewiesen werden. Insgesamt wurden innerhalb von 7 untersuchten Tiergruppen über 1.200 Arten nachgewiesen, darunter knapp 300 Arten der Roten-Liste Bayerns. Nicht nur der hohe Anteil an gefährdeten Tierarten ist kennzeichnend, sondern auch das Wiederauffinden von verschollenen Arten, einem Neunachweis für Landesfauna, Neufunden für den Naturraum und allein 16 landesweit vom Aussterben bedrohten Arten.

Ein kurzer Überblick der untersuchten Tiergruppen gibt einen deutlichen Einblick in die Fauna des Gebietes. Nachgewiesen wurden:

101 Vogelarten, darunter 31 Arten der Roten Liste Bayerns (davon 5 vom Aussterben bedrohte Arten) (TRUMMER, in AG TÜP1996).

5 Reptilienarten, darunter 3 Rote-Liste-Arten Bayerns (WELSCH & BOLZ, in AG TÜP 1996).

13 Amphibienarten, darunter 7 Rote-Liste-Arten (KOGNITZKI & WELSCH, in AG TÜP 1996).

766 Schmetterlingsarten, darunter 146 Rote-Liste-Arten (davon eine verschollene Art, 8 vom Aussterben bedrohte Arten, ein Neunachweis für Landesfauna) (BOLZ & TANNERT, in AG TÜP 1996).

33 Libellenarten, darunter 16 Rote-Liste-Arten mit einer vom Aussterben bedrohten Art (KOGNITZKI, in AG TÜP 1996)

29 Heuschreckenarten, 15 Rote-Liste-Arten, davon eine vom Aussterben bedrohte Art (BOLZ & WELSCH, in AG TÜP 1996).

140 Laufkäferarten, darunter 25 Rote-Liste-Arten (WELSCH, in AG TÜP 1996).

Für die Flora konnten durch das Institut für Vegetationskunde und Landschaftsökologie, im Rahmen der Erfassungen zum Pflege- und Entwicklungsplan des Naturschutzgebietes "Tennenloher Forst", über 760 Farn-, Blütenpflanzen-, Moos- und Flechtenarten, darunter 135 Arten der Roten-Liste Bayerns festgestellt werden (IVL 1995). Darüber hinaus liegen die Ergebnisse der Pilzerfassung im Gebiet vor (in lit. WÖLFEL). Von diesen wurden 745 Arten bestimmt, darunter zwei, die erst vor wenigen Jahren aus diesem Gebiet erstbeschrieben wurden. Eine dieser beiden Arten ist weltweit nur von hier bekannt. Für beide Arten liegt der Typusstandort im Naturschutzgebiet.

Das Gebiet wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen für die Aufnahme in die Liste der FFH-Gebiete vorgeschlagen.



Abbildung 1

Übersicht über den östlichen Teilbereich des Untersuchungsgebietes und der ehemaligen "Range 6". Es handelt sich dabei um einen Ausschnitt, in welchem der deutliche Konflikt zwischen Naturschutz einerseits und technischem Umweltschutz andererseits gegeben ist: Sichtbar sind Calluna-Zwergstrauchheiden, trockene Kiefernwälder sowie kleinere Silbergrasfluren und Sandrasen in einem äußerst strukturreichen Mosaik. Dabei handelt es sich fast ausschließlich um "6d1-Flächen" (nach der zum 01.09. 1998 in Kraft tretenden Novellierung des Bayerischen Naturschutzgesetzes nunmehr: "13d-Flächen"). Gleichzeitig handelte es sich um eine Impact-Area und intensives Übungsgelände für schwere Militärfahrzeuge.

5. Lokale Geologie

Beim anstehenden Ausgangsmaterial handelt es sich um Mittleren Keuper, speziell den Sandsteinkeuper, der von jungen Quartärablagerungen des Pleistozäns teilweise großflächig im Untersuchungsgebiet überdeckt wird.

Mittlerer und Oberer Burgsandstein

Der Mittlere und der Obere Burgsandstein treten in einer typischen Verbreitung entlang eines markanten, aus dem Relief deutlich hervorgehobenen Rückens im Untersuchungsgebiet auf.

Auf der ehemaligen "Range 6" werden größere Flächen des anstehenden Mittleren und Oberen Burgsandsteins heute von anthropogen eingebrachten Ablagerungen überdeckt. Beim Burgsandstein handelt es sich um mittel- bis grobkörnige, grüngraue, rötliche, rosa und gelblich gefärbte Sandsteine. Teilweise treten Quarzgerölle oder Tongallen auf. Der Burgsandstein besteht hauptsächlich aus Quarz mit einem wechselnden Anteil an Feldspaten (z.T. Arkoson), die überwiegend tonig gebunden sind (ROSSNER 1990).

Unregelmäßig treten Zwischenlettenlinsen in unterschiedlicher Mächtigkeit auf. Nur der Basisletten

des Oberen Burgsandsteins scheint durchgängig vorhanden zu sein. Bei den Letten handelt es sich um graugrüne lehmige Tone, teilweise mit verschiedenen Sandfraktionen durchmischt und gelegentlichen karbonatischen Einlagerungen. Diese eingelagerten Lettenlinsen, sowie die Basisletten sind die Ursachen für lokale Versumpfungen und Vermoorungen.

Quartäre Flugsande

Das Untersuchungsgebiet ist gekennzeichnet durch große flächige Überdeckungen von quartären Flugsanden. Die Flugsande überlagern große Teile des Burgsandsteins. Diese äolisch im Hoch- und Spätglazial transportierten Sande bestehen meist aus mittelkörnigen, reinen, gelblich gefärbten Sanden (HAARLÄNDER 1966). Die Flugsande unterscheiden sich von den Verwitterungssanden des Burgsandsteins nur durch einen geringeren Grobsandanteil, sowie den immer fehlenden Geröllagen. Eine Sonderform der quartären Flugsande sind Dünen. Am Südrand der ehemaligen Schießbahn "Range 6" durchzieht ein Dünengürtel das gesamte Untersuchungsgebiet in West-Ost Richtung. Der Dünengürtel besteht aus mehreren aneinander gereihten Längs- und Querdünen. Die Mächtigkeiten neh-

men hier entgegen der allgemeinen Regel in West-Ost Richtung zu. Die Dünensande bestehen nach BERGER (1951) hauptsächlich aus gerundeten Quarzkörnern der Kornfraktion Mittelsand. Die Korngrößen gibt er mit 0,4 - 0,5 mm an. Dabei treten aber auch Quarzkörner mit der Größe von Grobsand (2mm) auf, sowie kleinere Anteil Feinsande von 0,1 mm und weniger.

Anthropogen eingebrachte Ausgangsmaterialien

Seit Beginn der militärischen Nutzung wurden Fremdmaterialien eingebracht. Neben Munitionsresten und -hüllen aus dem Schießbetrieb sind vor allem die künstlich zur Befestigung eingebrachten Materialien mit Auswirkungen auf die Bodenentwicklung und Bodenveränderung anzuführen. Hier sind insbesondere die Kalkschotterbefestigungen entlang der Hauptfahrwege und die betonierten Bereiche an Wendepunkten zu erwähnen. Darüber hinaus entstanden anthropogene Böden durch Ablagerungen und die Einbringung von Bauschutt und Aushub. Lokal wurden kleine Gruben mit Schrott und/oder Abfall verfüllt.

6. Hydrogeologie

6.1 Grundwasserstockwerke

Die hydrogeologischen Verhältnisse hängen unmittelbar vom geologischen Aufbau des Untersuchungsgebietes ab.

Die sandigen pleistozänen Flugsand-Deckschichten besitzen, trotz ihrer im Untersuchungsgebiet großräumigen Verbreitung und teilweise auch größeren Mächtigkeiten (v.a. der im Süden liegende Dünenzug), nur eine geringe Rolle für die Grundwasserspeicherung. Hierbei handelt es sich um einen Porengrundwasserleiter.

Darunter steht der Sandsteinkeuper an, der in Blasensandstein, Coburger Sandstein, Unterer-, Mittlerer- und Oberer-Burgsandstein unterteilt wird. Die Unterteilung in die einzelnen Sandsteinkomplexe erfolgt auf den mehr oder weniger durchgehenden Lettenlagen, die sich nochmals in Basisletten (Trennung der Sandsteinkomplexe) und unregelmäßig auftretenden Zwischenletten unterscheiden. Die einzelnen Sandsteine unterscheiden sich petrographisch geringfügig. Die unteren Abschnitte mit dem Blasensandstein und dem Coburger Sandstein sind mittel- bis feinkörnigen entwickelt, während nach oben zum Burgsandstein hin die Komponenten grobkörniger werden.

Die Lagerung des Sandsteinkeupers ist sehr schwach um 0,5° nach Nordosten geneigt, was einen Zufluß von Grundwasser insbesondere aus dem Südwesten begünstigt (ROSSNER 1992). Der angewitterte Keupersandstein stellt einen Poren/Kluft-Grundwasserleiter dar, der im unverwitterten Sandstein in einen reinen Kluft-Grundwasserleiter übergeht. Der jüngere Feuerletten steht im Untersuchungsgebiet nicht mehr an.

Der Untergrund im Untersuchungsgebiet, sowie in den unmittelbar angrenzenden Gebieten zeichnet sich durch zwei große Grundwasserstockwerke aus. Das oberste Grundwasseraquifer befindet sich in den Dünensanden, die eine hohe nutzbare Porosität und hohe Durchlässigkeit aufzeigen, aber aufgrund ihrer nicht flächendeckenden Verbreitung und meist relativ geringen Mächtigkeit nur unbedeutende Grundwasserhorizonte aufweisen. Aus diesem Grund wird dieses Aquifer nicht als getrennter Grundwasserhorizont aufgeführt. Darüber hinaus ist es starken Schwankungen unterworfen und von dem darunter liegenden Sandsteinaquifer in der Regel nicht durch eine Aquicludede getrennt.

Dieses oberflächennahe Grundwasserstockwerk, das für die lokale Trinkwasserversorgung der Stadt Erlangen innerhalb des Wasserwerkes Ost genutzt wird, stellt der oben genannte Sandsteinkeuper dar. Hier werden 31% (vgl. ERLANGER STADTWERKE) der Wassergewinnung durch die Erlanger Stadtwerke zur Trinkwasserversorgung der Stadt entnommen. Die Brunnengalerie aus 8 Brunnen liegt ca. 1.500m nördlich des Untersuchungsgebietes.

Durch die lokal und unregelmäßig auftretenden Lettenlinsen und -lagen innerhalb des oberen Grundwasserstockwerks des Sandsteinkeupers können oberhalb dieser Lettenlagen (vor allem im Bereich der Basisletten) lokale hangende Grundwasser (Schichtwasser) hervorgerufen werden. In den durchgehend grundwasserführenden tieferen Schichten des Blasensandsteins und des Coburger Sandsteins können Lettenlagen als obere Aquicludede wirken und gespanntes, bzw. artesisches Grundwasser hervorgerufen.

Durch die Lehrbergschichten getrennt, findet sich unterhalb des Sandsteinkeuperaquifers das tiefere Grundwasserstockwerk des Benker Sandsteins. Die Lehrbergschichten stellen hier die Aquicludede dar. Auf dieses tiefere Grundwasserstockwerk des Benker Sandsteins wird nicht näher eingegangen.

6.2 Hydraulische Merkmale der Grundwasserleiter

Als wichtigstes Merkmal neben der Ergiebigkeit des Grundwasserleiters gilt die Durchlässigkeit, die durch den k_f -Wert ausgedrückt wird.

Für die vorhandenen Aquifere sind die in Tabelle 1 wiedergegebenen k_f - Werte bekannt.

6.3 Grundwasserfließrichtung

Für die Gebiete, die sich östlich (Kalkrangen und Saugarten) und westlich (Tennenlohe) an das Untersuchungsgebiet anschließen, sind Untersuchungen über die Grundwasserfließrichtung vorhanden. Im Rahmen der Gutachten zur Suche potentieller Depositionstandorte (MAGAR & PARTNER 1994a,b,c) im Landkreis Erlangen-Höchstadt wurde ca. 1.500m und 3.500m östlich des Untersuchungsgebietes die Grundwasserfließrichtung ermittelt. Im Westen

Tabelle 1

Hydraulische Kennwerte der Gesteinsserien im Untergrund des Untersuchungsgebiet.

Gesteinsserie	k_f - Wert [m/s]	Bewertung nach DIN 18 130 Teil 1	Quelle
quartärer Flugsand	$1 \cdot 10^{-3}$	stark durchlässig	
Burgsandstein	$7 \cdot 10^{-4}$	durchlässig	MAGAR 1994a,b,c
	bis $2 \cdot 10^{-5}$	durchlässig	POLL 1978
	$9 \cdot 10^{-5}$	durchlässig	RIETZLER 1979
	$1,2 \cdot 10^{-5}$ bis $3,8 \cdot 10^{-6}$	durchlässig	
Burgsandsteinletten	$8,1 \cdot 10^{-7}$	schwach durchlässig	POLL 1978
Blasensandstein	$1 \cdot 10^{-5}$	durchlässig	POLL 1978
	bis $8 \cdot 10^{-5}$		
Coburger Sandstein	$9,3 \cdot 10^{-4}$	durchlässig	POLL 1978
	bis $6,2 \cdot 10^{-5}$		

Die Angaben von POLL (1978) betreffen die Gebirgsdurchlässigkeit

liegt eine Übersichtskarte der Grundwasserfließrichtung und Zusammenfassung der Grundwasserstände für das Stadtgebiet Erlangen (ROSSNER 1992) vor.

Die Grundwasserfließrichtung in den östlich gelegenen Kalkrängen und Saugraben erfolgt nach Nordosten und entspricht etwa den Schichteinfallen des Burgsandsteins. Das Druckspiegelgefälle beträgt ca. 0,2 - 0,3% bei einem Fließgefälle von ca. 2%.

Im Westen erfolgt die Grundwasserfließrichtung im Bereich von Tennenlohe hauptsächlich in Richtung West/Nordwest dem großen Vorfluter der Regnitz zu. Kleinräumig folgen die Grundwasserfließrichtungen dabei den lokalen kleineren Vorflutern der Bachtäler. Im Bereich von Tennenlohe ist dies vor allem der nach Westen in die Regnitz mündende Hutgraben. Aus dieser Ausgangssituation heraus ergibt sich gerade für das Untersuchungsgebiet eine wichtige Änderung bzw. Verteilung der Grundwasserfließrichtung.

Mit Hilfe der Ergebnisse der Pegelmessungen der beim Gutachten "Bau und Beprobung dreier Grundwassermeßstellen im Sebalder Reichswald bei Tennenlohe" (INSUMMA 1994) ermittelten Werte, konnte vom Verfasser die Grundwasserfließrichtung im zentralen Bereich der "Range 6" ermittelt werden.

Dabei wurde eine Grundwasserfließrichtung in Richtung West/Nordwest festgestellt. Desweiteren kann für den gesamten nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes aufgrund der Topographie und dem Verlauf der Vorfluter eine Fließrichtung West/Nordwest angenommen werden. Lediglich im nordöstlichen Teilbereich des Moosbrunnleins ist ein verstärkter Abfluß in Richtung Nord/Westnord zu erwarten.

Im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes ist eine Richtung in Westen entlang des Hutgrabens bzw. West/Nordwest im nördlich anschließenden Bereich anzunehmen.

Damit ist eine Beeinflußung des Grundwassers der Notbrunnengalerie N 49 - N 52 der Erlanger Stadtwerke entlang der Kurt-Schumacher Straße möglich. Doch ist aufgrund der Entfernung von ca. 2.500m nur ein geringes potentielles Risiko anzunehmen.

Größer ist das potentielle Kontaminationsrisiko des bis heute als Trink- und Brauchwasser genutzten Hausbrunnens des Bundesforstamts Tennenlohe (ca. 500m entfernt), sowie einiger Privatbrunnen (Brauchwasser) im Erlanger Stadtteil Tennenlohe, die im Abstrom der ehemaligen, als Schießübungsbahn genutzten "Range 6" liegen. Hier beträgt die Entfernung zu den nächsten Privatbrunnen in Tennenlohe ca. 1.200m (BOLZ 1990).

7. Die Böden

Aus mehreren angelegten Leitprofilen werden beispielhaft drei Leitprofile ausgewählt, die die Problematik deutlich widerspiegeln. Das Spektrum der Bodentypen des Untersuchungsgebietes ist zwar deutlich größer; die hier ausgewählten Leitprofile von einerseits anthropogen wenig veränderten, als auch andererseits von anthropogen stark veränderten Böden können aber das Konfliktpotential deutlich aufzeigen.

7.1 Leitprofil 1: Mitteltief entwickelter sandiger Podsol auf Flugsand

Das Leitprofil 1 liegt auf einer Längsdüne und stellt einen mitteltief entwickelten sandigen Podsol auf Flugsand dar. Standortaufnahme und Merkmalsdatei sind in Tabelle 2 wiedergegeben. Dieser Bereich des Forstes wurde nur geringfügig militärisch beansprucht.

Anmerkungen zu wichtigen Parametern

Die Korngrößenverteilungskurve in Abbildung 2 zeigt deutlich den Schwerpunkt im Bereich des Mittelsandes (zwischen 69% - 76% in allen Hori-

Tabelle 2

Standortaufnahme und Merkmalsdatei von Leitprofil 1.

Profilnummer	1	Relief	Dünenrücken (2-4°)
TK 25	6432	Exposition	NE
R - Wert	44 32 23	Geologie	quartärer Flugsand
H - Wert	54 91 13	Bodentyp	Podsol
Höhe ü. NN	313 m	aktuel. Vegetation	Ki-Forst
		Hydrologie	kein Einfluß

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung des Profils
Ol	7 - 10	lockere unzersetzte Kiefernadeln
Of	2 - 7	schichtig bereits zersetzte, aber erkennbare braune Kiefernadelstreu
Oh	0 - 2	dicht gelagerte, dünne und schwarze Humusschicht
Aeh	0 - 5	Einzelkorngefüge, weißgrau (einzelne Körner)-brauner Horizont aus Mittelsand, stark durchwurzelt
Ae	5 - 20	Einzelkorngefüge, weißgrauer deutlich abgegrenzter Horizont aus Mittelsand, durchwurzelt
Bsh	20 - 43	Einzelkorngefüge, orangebrauner nicht gleichmäßig durchgehender, in der Mächtigkeit springender Horizont aus Mittelsand
Cv-C	43 - 110	Einzelkorngefüge, weißlich-rosabraun, Mittelsand

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Farbe nach OYAMA	Bodenart	Skelett	Gefüge	eff. LD (Messer)	Humusgehalt in %	pH _{H₂O}	pH _{CaCl₂}
Aeh	0 - 5	10YR 5/1	S	0	ein	1	2,14	3,5	2,7
Ae	5 - 20	10YR 7/3	S	0	ein	1	0,38	3,8	3,25
Bsh	20 - 43	10YR 7/8	S	0	ein	1	0,57	4,3	4,1
Cv	43 - 110	10YR 8/6	S	0	ein	1	0,49	4,4	4,3

Horizont	C-Gehalt (%)	N-Gehalt (%)	C/N	Mittl. GW	eff. Durchwurzelt [cm]	k _r -Stufe	LK [%]	KAK [ppm]	Ökol. FZ
Aeh	1,07	0,027	40:1	999	60	6-5	24	591	4
Ae	0,22	0,01	22:1	999		6-5		601	
Bsh	0,33	0,014	24:1	999		6-5		624	
Cv	0,29	n.n.	-	999		6-5		438	

zonten). Die restlichen Korngrößengewichtsanteile fallen ebenfalls fast ausschließlich in den Bereich der Sandfraktion und nehmen von 93% Gesamtgewichtsanteil im A-Horizont bis auf fast 97% im C-Horizont zu. Bei äußerst geringen Schluffanteilen (3,1% im A-Horizont bis 0,7% im C-Horizont) und noch geringeren Tonanteilen (2,4% im C-Horizont bis 0,2% im A-Horizont) können alle Horizonte von der Bodenart als reine Sande angesprochen werden.

Die pH(H₂O)-Werte des Oberbodens liegen im Aluminium/Eisen-Pufferbereich und sind als sehr stark sauer zu bezeichnen. In diesem Pufferbereich kommt es bereits zu einer Mobilisation von Eisen und Aluminium und somit zu einer im elluviierten Ae-Horizont sichtbaren Verlagerung der Sesquioxide (ROSSNER 1993). Im Bsh-Horizont liegt der pH(H₂O)-Werte im Bereich des Austauschpuffers,

und es kann damit wieder zu einer Ausfällung der Sesquioxide in diesem Horizont kommen.

Der Gehalt an pflanzenverfügbaren, austauschbaren Kationen (K⁺, Ca²⁺ und Mg²⁺) ist im Leitprofil 1, wie auf dem Ausgangsmaterial Flugsand zu erwarten ist, äußerst gering. Die Gehalte sind so gering, daß Versauerungsschübe nicht abpuffern sind. Den geringen Kationenvorrat, sowie die stark saure Bodenreaktion zeigt die vorkommende Pflanzengesellschaft deutlich.

Das Ausgangssubstrat ist praktisch karbonatfrei. Die höchsten Gehalte an K⁺ und Ca²⁺ zeigt der Ausfällungshorizont Bsh.

Die aktuelle Lagerungsdichte ist in allen Horizonten sehr locker (Ld 1). Dies ist auf den lockeren Dünen sand, der auch den C-Horizont bildet, zurückzuführen, sowie auf die fehlende mechanische Bela-

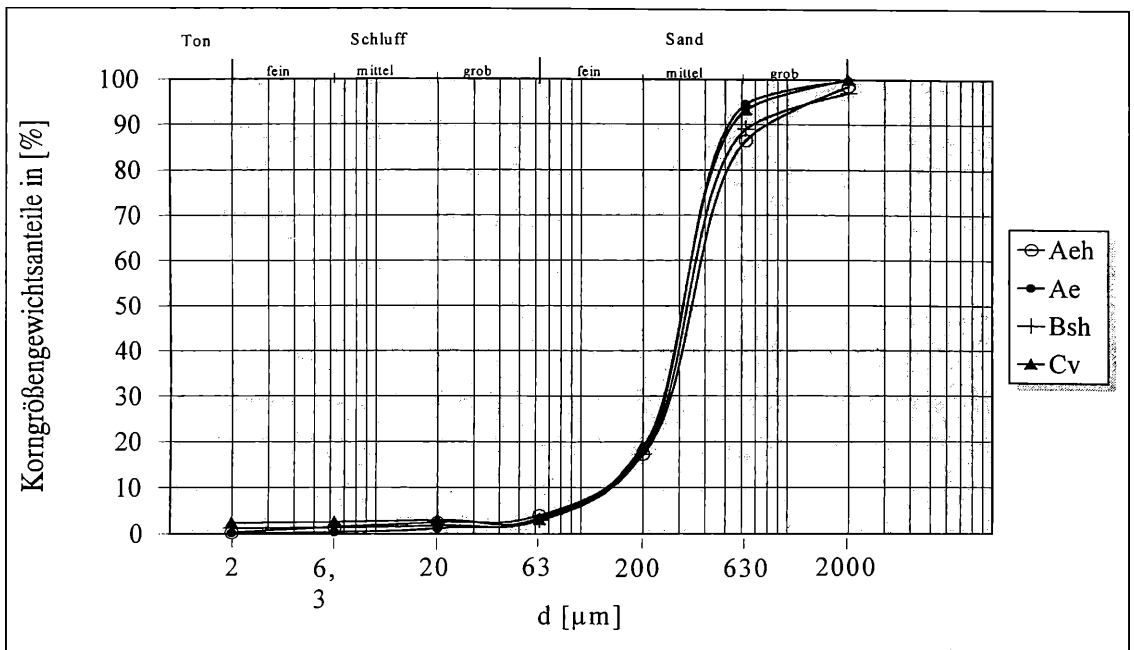


Abbildung 2

Kumulative Korngrößenverteilungskurve der Horizonte von Leitprofil 1.

stung. Es liegen völlig ungestörte Verhältnisse vor. Im Oberboden indiziert, neben den Feldmerkmalen der schichtigen scharfkantig brechenden Oh-Lage mit einer ebenfalls deutlich akkumulierten Ol-Schicht aus unzersetzter Kiefernadelstreu, sowie einer dünnen Of-Schicht, die Humusform Rohhumus.

Im Ah-Horizont liegt das äußerst ungünstige C/N-Verhältnis bei 40:1. Die für Podsole relativ geringe Streuschicht ist auf zumindest zeitweise Entnahme der Streu während der Waldstreunutzung zurückzuführen. Die Humusgehalte sind nach AG BODENKUNDE (1982) schwach humos bis humos und von sehr geringer Qualität.

Die Wasserdurchlässigkeit ist im Bereich der locker gelagerten Flugsande in allen Horizonten sehr hoch bis äußerst hoch (k_f 5-6).

Die Vegetation ist ein Flechten-Kiefernwald (*Cladonio-Pinetum*), der forstlich wenig genutzt wird. Durch die hohe Lichtigkeit ist die Deckung der Zwergsträucher, Moose und Flechten nahezu 100%. Die Baumschicht besteht zu 100% aus Kiefer (*Pinus sylvestris*). In der Strauchschicht dominiert die Preiselbeere (*Vaccinium vitis-idaea*), neben einzelnen Sträuchern von Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und Heidekraut (*Calluna vulgaris*), sowie den Moosen *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, *Pleurozium schreberi* und den Strauchflechten *Cladonia arbuscula* und *Cladonia rangiferina*.

Mit der Feuchtezahl 4 (nach ELLENBERG ET AL. 1991) liegt der Standort zwischen den Trockeniszeigern und den Frischezeigern mit der Tendenz zu den Trockeniszeigern. Nach AG BODENKUNDE (1982) handelt es sich um Klasse VI mit mäßig trockenen und wechsellöcherigen Standortverhältnissen.

7.2 Leitprofil 2: Verdichteter Phyrosol

Das Leitprofil 2 liegt auf einem Plateau des Unteren Burgsandsteins im westlichen Teilbereich der ehemaligen Schießbahn "Range 6" vor dem ersten Schießschutzwahl. Zu Standortaufnahme und Merkmalsdatei siehe Tabelle 3.

Es handelt sich um einen sehr stark anthropogen veränderten Boden. Der Oberboden wird aus einem künstlich veränderten Substrat gebildet. Es handelt sich dabei um ein lehmig-sandiges (Bauschutt-) Gemenge. Da es sich um vermengtes Substrat aus natürlichem und technogenem Material handelt, wird der Bodentyp als Phyrosol angesprochen (BLUME ET AL. 1989). Aufgrund der hohen Lagerungsdichten im Oberboden wird er als verdichteter Phyrosol bezeichnet.

Der Skelettanteil besteht aus Ziegelsteinen, Holzstückchen, Kalkschotter, Kieselsteinen, MG-Munitionsresten und nicht näher definierbaren Platten.

Der Standort liegt unmittelbar hinter der ehemaligen Zielscheibenbahn, wurde stark befahren und durch den Schießbetrieb beeinflusst.

Anmerkungen zu wichtigen Parametern

Die Korngrößenverteilungskurve des Feinbodens (vgl. Abb. 3) zeigt eine aufgrund des unterschiedlichen Sklettanteils nicht zu erwartende Übereinstimmung. Der Anteil der Sandfraktion liegt bei allen drei Horizonten bei ca. 80% mit wechselnden Anteilen von Mittel- und Grobsand. Auch im Bereich der weiteren Feinbodenfraktionen Schluff und Ton besteht weitgehend Übereinstimmung innerhalb der einzelnen Korngrößen (Abweichung 1,8%). Auffallenderweise zeigt auch der Feinboden des Yb-Hori-

Tabelle 3

Standortaufnahme und Merkmalsdatei von Leitprofil 2.

Profilnummer	5	Relief	Plateau
Topogr. Karte 25	6432	Exposition	eben
R - Wert	44 31 78	Geologie	kbu
H - Wert	54 91 52	Bodentyp	verdichteter Phyrosol
Höhe ü. NN	330 m	aktuel. Vegetation	Fettwiese
		Hydrologie	keinen Einfluß

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung des Profils
O		fehlt
Yb	0 - 23	lehmig sandiges Bauschuttgemenge, mit hohen Sklettanteil von Bauschuttresten, Kalkschotter und MG-Patronen
II iAhBv	23 - 81	überdeckter, verdichteter, lehmig sandiger ehemal. Ah- und Bv-Horizont, z.T. durchmischt mit einzelnen wenigen Bauschuttresten und Kalkschotter, keine Horizontierung innerhalb erkennbar
Cv	> 81	Einzelkorngefüge, weißroter mit Kalkschotter veränderte Verwitterungshorizont

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Farbe nach OYAMA	Bodenart	Skelett	Gefüge	Dichte (Messer)	Humusgehalt in %	pH _{H₂O}	pH _{CaCl₂}
Yb	0 - 23	nicht ermittelbar	Sl ₂	x'	ein	4	0,14	8,4	7,7
II iAhBv	23 - 81	10R 2/1	Sl ₂	x'	ein	4	3,36	7,6	6,95
Cv	> 81	5YR 7/4	Sl ₂	x'	ein	5	0,11	7,9	7,1

Horizont	C-Gehalt (%)	N-Gehalt (%)	C / N	Mittl. GW - Stand	eff. Durchwurzel. [cm]	k _f -Stufe	LK [Vol.%]	KAK [ppm]	Ökol. FZ
Yb	0,08	0,007	11:1	999		3	8	8833	5
II iAhBv	1,95	0,05	39:1	999		3		2367	
Cv	0,061	-	-	999		3		1160	

zontes keine stark abweichende Korngrößenverteilung.

Der pH(H₂O)-Werteverlauf zeigt hier weder den natürlichen nach unten ansteigenden, noch den durch Beeinflussung des Oberbodens entgegengesetzt verlaufenden Anstieg des pH-Wertes. Alle drei Horizonte zeigen relativ gleichmäßig basische Reaktionen mit den niedrigsten pH-Wert im mittleren iAhBv-Horizont.

Die hohen pH-Werte korrelieren mit dem Anteil an Kalkschotter in den einzelnen Horizonten. Lediglich im mittleren treten selten und unregelmäßig Kalkschotter auf. Im Oberboden und im ebenfalls vermengten Verwitterungshorizont treten regelmäßig Kalkschotterstücke auf.

Der Gehalt an pflanzenverfügbaren austauschbaren Kationen (K⁺, Ca²⁺ und Mg²⁺) zeigt im Leitprofil 2 die völlig veränderten bodenchemikalischen Verhältnisse. Der obere Aufschüttungshorizont Yb ist, gegenüber allen untersuchten Profilen, durch sehr hohe Werte für Ca²⁺- und Mg²⁺-Kationen gekenn-

zeichnet. Dies rührt von dem deutlichen Kalkskelettanteil her. Der Mg²⁺ Anteil ist so hoch, daß von einer Beeinflussung durch Munitionrückstände ausgegangen werden muß. Er ist um das ca. 15-fache der beeinflussten Böden erhöht und um das ca. 30-fache der unbeeinflussten Böden.

Sowohl der Aufschüttungshorizont als auch der vermengte ehemalige AhBv-Horizont haben eine dichte aktuelle Lagerungsdichte. Diese rührt von einer gezielten Planierung nach Aufbringen des vermengten Bodengemisches her. Der Verwitterungshorizont Cv zeigt, trotz relativ geringer Skelettanteile, eine sehr hohe Lagerungsdichte.

Neben der Färbung weisen vor allem die unterschiedlichen Humusgehalte auf einen ehemaligen Ah-Horizont hin, der durch den Aufschüttungshorizont überlagert wird.

In dem oberflächlich anstehenden, durch künstliche Substrate gekennzeichneten Yb-Horizont, sind die Humusgehalte in der Größenordnung der Cv-Horizonte (0,14%). Damit handelt es sich bei einem mit

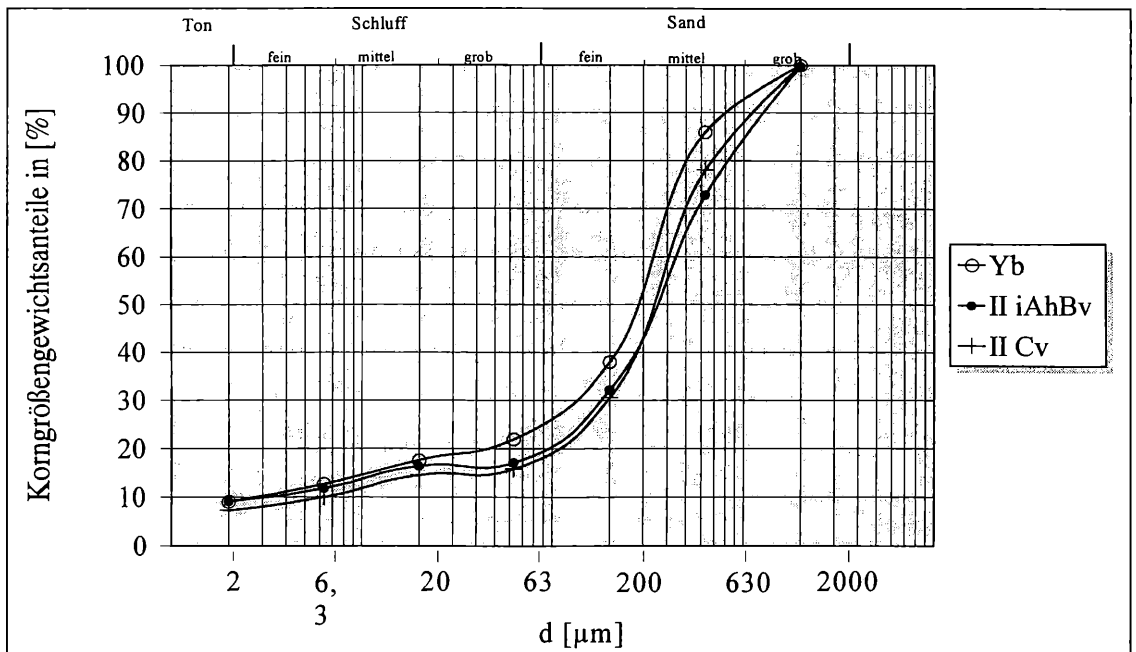


Abbildung 3

Kumulative Korngrößenverteilungskurve des Feinbodenanteils der Horizonte von Leitprofil 2.

Pflanzen bewachsenen Oberboden um extrem tiefe Werte. Daraus kann geschlossen werden, daß die Ablagerung noch nicht sehr lange abgeschlossen ist. Dies läßt sich ebenfalls aus der Pflanzendecke folgern. Im darunter liegenden ehemaligen Ah (jetzt: iAhBv) steigt der Humusgehalt auf 3,36% und weist auf einen humosen Bodenhorizont hin. Im Cv fällt der Humusgehalt wieder, jetzt allerdings auf einen als natürlich zu wertenden Betrag von 0,11%. Das C/N-Verhältnis im Aufschüttungshorizont beträgt 11:1, was auf eine hohe Humusqualität schließen läßt. Doch ist aufgrund der äußerst niedrigen C-Gehalte das Verhältnis trotz gleichfalls sehr niedrigem N-Gehalte nicht vergleichbar.

Die Humusqualitäten des iAhBv-Horizontes entsprechen denen der umliegenden natürlichen Ah-Horizonte, bei einer sehr geringen Humusqualität (C/N = 39:1).

Die Durchlässigkeit ist, trotz der günstigen Bodenart schwach lehmiger Sand, in allen Horizonten aufgrund der sehr hohen effektiven Lagerungsdichte nur als mittel zu bezeichnen (k_f 3).

Die Vegetation besteht aus einer Fettwiese, teilweise auch aus fast Reinbeständen des typischen Störungszeigers Landreitgras (*Calamagrostis epigejos*), welches dichte Bestände ausbildet. Die Dekkung ist fast 100%.

Häufig treten typische Zeiger für eutrophe Verhältnisse auf, wie z.B. der Glatthafer (*Arrhenatherum elatius*), das Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*) und typische Anzeiger für lehmige Böden, wie die Gemeine Quecke (*Agropyron repens*) und Rohbodensiedler, wie die Gemeine Kratzdistel (*Cirsium vulgare*), Weißer Steinklee (*Melilotus alba*), Spitzweigerich (*Plantago lanceolata*). Weitere Arten sind Weißklee (*Trifolium repens*), Wicke (*Vicia spec.*),

die Neophyten Einjähriges Berufkraut (*Erigeron annuus*), Katzenschweif (*Coniza canadensis*) und die Moose *Brachythecium albicans* und *Ceratodon purpureus*.

Nach Berechnung durch die Ellenberg'schen Zeigerwerte ergibt sich eine Ökologische Feuchtezahl von 5. Dies indizieren eine Reihe von Frischezeigern, die mit Schwergewicht auf mittelfeuchten Böden siedeln. Auf nassen, sowie auf öfter austrocknenden Böden fehlen diese Arten. Nach AG BODENKUNDE (1982) handelt es sich um frische und mäßig frische Böden der Klasse V.

7.3 Leitprofil 3: verdichtete Depobraunerde über Podsol

Das Leitprofil 3 (vgl. auch Tab. 4) liegt knapp 50 m östlich der Panzerabschubrampen auf der ehemaligen Schießbahn "Range 6" und stellt eine sandige stark verdichtete Depobraunerde über Podsol auf Flugsand dar. Über einem ehemaligen sandigen Podsol wurde allochthones natürliches Substrat und schwach toniger Sand aufgetragen. Dieser Auftragshorizont zeigt bereits eine, wenn auch schwache, Horizontierung.

Der Standort wurde militärisch stark durch Befahren beansprucht. Eine Streuauflage fehlt.

Anmerkungen zu wichtigen Parametern

Die Korngrößenverteilungskurve (vgl. Abb. 4) zeigt kaum Unterschiede zwischen den Auftragshorizonten und dem darunter liegenden Podsol-Horizonten. Nur der Skelettanteil an Kalksteinchen im jYAhBv-Horizont fällt deutlich auf. Zudem ist der Ton- und Schluffanteil geringfügig erhöht. Die Bodenart ist in den Auftragshorizonten schwach

Tabelle 4

Standortaufnahme und Merkmalsdatei von Leitprofil 3.

Profilnummer	6	Relief	Ebene
Topogr. Karte 25	6432	Exposition	keine
R - Wert	44 30 75	Geologie	Flugsand
H - Wert	54 91 36	Bodentyp	stark verdichtete Depobraunerde über Podsol
Höhe ü. NN	309 m	aktuel. Vegetation	Moos-Ruderalflur
		Hydrologie	keinen Einfluß

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Beschreibung des Profils
O		nicht vorhanden
jYAh	0 - 6	Einzelkorngefüge, graubrauner vermischter und aufgetragener schwach toniger Sand
jYAhBv	6 - 30	Einzelkorngefüge, brauner verdichteter, vermischter und aufgetragener schwach toniger Sand mit Kalkschotter
II Ah	30 - 33	Einzelkorngefüge, schwarzbrauner nicht gleichmäßig durchgehender, in der Mächtigkeit wechselnder Horizont
II Ae	33 - 38	Einzelkorngefüge, weißlich grauer Sand
II B(h)s	38 - 52	Einzelkorngefüge, orange brauner in der Mächtigkeit stark variierender Horizont
II CvSw	52 - 77	weißgelblicher Sand mit orangen Schlieren

Horizont	Mächtigkeit [cm]	Farbe nach OYAMA	Bodenart	Skelett	Gefüge	Dichte (Messer)	Humusgehalt in %	pH _{H₂O}	pH _{CaCl₂}
jYAh	0 - 6	7,5YR 4/6	St2	0	ein	2	0,826	7,3	6,3
jYAhBv	6 - 30	7,5YR 2/3	St2	x"	ein	4 - 5	0,43	8,6	7,9
II Ah	30 - 33	7,5YR 7/1	S	0	ein	4 - 5		7,5	6,8
II Ae	33 - 38	2,5Y 8/3	S	0	ein	4	-	6,4	5,6
II B(h)s	38 - 52	5YR 6/8	S	0	ein	3	-	5,7	4,9
II CvSw	52 - 77	5Y 8/1	S	0	ein	2	0,15	5,0	4,2

Horizont	C-Gehalt (%)	N-Gehalt (%)	C / N	Mittl. GW	eff. Durchwurzel. [cm]	k _f -Stufe	LK [Vol %]	KAK	Ökol. FZ
jYAh	0,413	0,027	15:1	999	60	5	10	1178	4
jYAhBv	0,25	0,018	14:1	999		3-2			
II Ah	-	-	-	999		4			
II Ae	-	-	-	999		4			
II B(h)s	-	-	-	999		6-5	1335		
II CvSw	0,87		-	999		6-5		-	

toniger Sand. Die Bodenart des Ausgangsbodens ist Sand.

Die pH-Werte zeigen auch hier den massiven Einfluß des Vermengens von allochthonem Material im Oberboden, sowie im Unterboden. Die höchsten Werte werden in dem aufgeschütteten, mit Kalksteinchen vermengten jYAhBv-Horizont erreicht. Sie liegen im basischen Bereich (8,6 pH_{H₂O}). Zum Verwitterungshorizont nehmen sie allmählich bis zum mäßig sauren Bereich (5,0 pH_{H₂O}) ab. Der Gehalt an pflanzenverfügbaren austauschbaren

Kationen (K⁺, Ca²⁺ und Mg²⁺) zeigt im Leitprofil 3 deutlich erhöhte und damit veränderte Werte. Der obere Horizont jYAh zeigt stark erhöhte Ca²⁺ und Mg²⁺, während der stark verdichtete Vermischungsbzw. Übergangshorizont jYAhBv die höchsten Ca²⁺-Konzentrationen aller Leitprofile aufzeigt. Dies rührt von dem hohen eingebrachten Kalkskelettanteil in diesem Horizont her. Die Mg²⁺-Konzentration fällt dagegen in diesem Horizont wieder ab. Das verwitterte Ausgangsmaterial (Flugsand) im Cv-Horizont zeigt trotz der Tiefe von 50cm

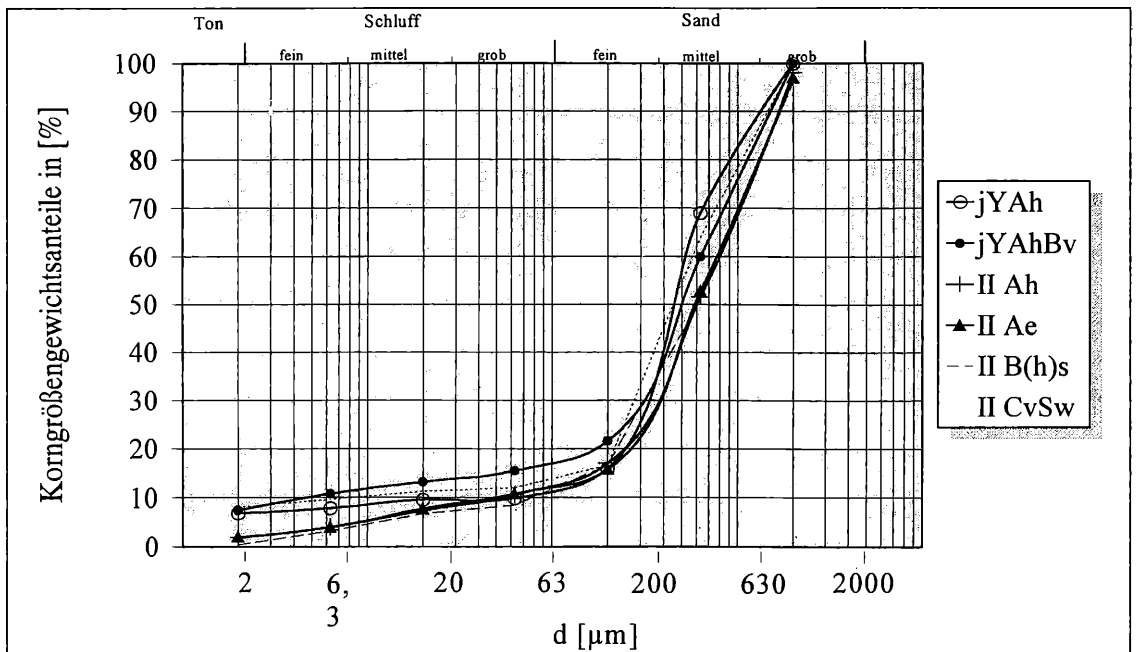


Abbildung 4

Kumulative Korngrößenverteilungskurve des Feinbodenanteils der Horizonte von Leitprofil 3.

ebenfalls einen deutlichen Einfluß der Ca^{2+} -Kationen.

Dieser Standort wurde intensiv mit schweren Ketten- und Radfahrzeugen befahren. Der schwach tonige Sand des IS(Ah) ist locker verdichtet (Ld2). Die darunterliegenden Horizonte zeigen extreme Verdichtungen, trotz relativ günstiger Bodenarten von dicht bis sehr dicht (Ld4 - Ld5). Erst die tieferliegenden, aus Flugsanden bestehenden, II Bsh in II Cv sind mäßig dicht (Ld3) bzw. locker (Ld2).

Die Streuschicht fehlt gänzlich. Beide Auftragungshorizonte jY sind sehr schwach humos und besitzen eine hohe Humusqualität bei einem C/N-Verhältnis von 15:1 bzw. 14:1. Diese Größen sind aber durch die geringen C-Gehalte stark künstlich erhöht.

Das sehr heterogene Profil zeigt deutliche Unterschiede in der Durchlässigkeit der einzelnen Horizonte. Die aufgetragene Schicht aus schwach tonigem Sand kann in einen wenig verdichteten jYAh -Horizont mit sehr hoher Durchlässigkeit (k_f 5) und einen sehr stark verdichteten jYAhBv Horizont mit geringer bis mittlerer Durchlässigkeit (k_f 2 - 3) unterschieden werden.

Die überdeckten geringmächtigen IIAh -Horizonte und IIAe -Horizonte sind wie das übrige abfolgende Profil durch eine Kornfraktion aus reinem Sand gekennzeichnet. Durch die ebenfalls dichte Lagerung besitzen sie lediglich eine hohe Durchlässigkeit. Erst die darunter folgenden gering bis wenig verdichteten IIBsh und der Cv zeigen wieder eine gering beeinflusste Lagerungsdichte und weisen aufgrund ihrer reinen Sandfraktion sehr hohe bis äußerst hohe Durchlässigkeiten auf (k_f 5-6).

Die Vegetation besteht aus einem leicht ruderalisierten Sandrasen. Die Deckung ist 70%. Neben typischen Sandrasenarten, wie Berg-Jasione (*Jasione*

montana), Silbergras (*Corynephorus canescens*), Mausohr (*Hieracium pilosella*), Hasenklees (*Trifolium arvense*), Schafschwingel (*Festuca ovina* agg.) und Rotes Straußgras (*Agrostis tenuis*), treten vor allem eine Reihe von Pionier- und Ruderalarten auf. Es sind Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*), Wilde Möhre (*Daucus carota*), Schafgarbe (*Achillea millefolium*), Gemeines Ferkelkraut (*Hypochoeris radicata*), Fingerkraut (*Potentilla spec.*), Gelber Ackerklee (*Trifolium campestre*), Sichelklee (*Medicago falcata*), Hopfenklee (*Medicago lupulina*), Natternkopf (*Echium vulgare*), Behaarte Segge (*Carex hirta*), Flaches Rispengras (*Poa compressa*), die Neophyten Einjähriges Berufkraut (*Erigeron annuus*), Kanadische Goldrute (*Solidago canadensis*) und die Moose *Brachythecium rutabulum* und *Ceratodon purpureus*.

Nach ELLENBERG ET AL. (1991) ergibt sich die Feuchtezahl 4, womit der Standort zwischen den Trockeniszeigern und den Frischezeigern mit der Tendenz zu den Trockeniszeigern liegt. Nach AG BODENKUNDE (1982) handelt es sich um Klasse VI mit mäßig trockenen und wechsellackenen Standortverhältnissen.

8 Ermittlung der ökologischen Bodenfunktion in Bezug auf das Gefährdungspotential für das oberflächennahe Grundwasser

8.1 Schwermetalle

8.1.1 Eigenschaften und Verhalten von Schwermetallen in Böden

Metalle mit einer höheren Dichte als 5g/cm^3 werden als Schwermetalle bezeichnet. Einige von ihnen

sind als Spurenelemente (z.B. Cu, Fe, Mn, Zn) für die physiologischen Vorgänge für autotrophe als auch heterotrophe Lebewesen lebensnotwendig. Viele Schwermetalle haben jedoch bei Stoffwechselfvorgängen keine erkennbaren lebensnotwendigen Funktionen und wirken ab bestimmten Konzentrationen toxisch auf Mensch, Tier, Pflanze und Mikroorganismen (z.B. Cd, Pb).

Im Gegensatz zu toxischen, organischen Schadstoffverbindungen können Schwermetallelemente mit ihrer elementspezifischen Toxizität unmöglich zu ungiftigen Metaboliten abgebaut werden. Der Boden allein, als ein Teil des Ökosystems, ist in der Lage, primär Schwermetalle der Ökosphäre zu entziehen (sogenannte Senke) und sie in mehr oder weniger starken Maße zu binden (URBAN-KÜTTEL & VOSS 1992a). Dies führt je nach Art, Filter- und Pufferkapazität des Bodens zu einer permanenten Anreicherung von Schwermetallen in Böden bzw. zur Verlagerung in tiefere Schichten und bis ins Grundwasser.

Schwermetalle sind natürliche Bestandteile von Mineralien im Boden. Sie liegen aber natürlicherweise in ökotoxikologisch unbedenklichen Mengen und in vorwiegend festen Bindungsformen vor, die für lebende Organismen nicht zugänglich sind.

Durch die vielfältige anthropogene Nutzung gelangen aber über Deponierung und Beseitigung von Abfällen (z.B. Verbrennung) große Mengen von Schwermetallen und -verbindungen in die Umwelt. Diese werden von lebenden Organismen, im Gegensatz zu den geogen gebundenen Schwermetallen, die nicht oder kaum erschließbar für Organismen sind, resorbiert bzw. aufgenommen. Problematisch ist die Aufnahme von Schwermetallen deshalb, weil bereits sehr geringe Mengen toxisch wirken, nicht abgebaut werden können und im Boden wie auch im Organismus akkumuliert werden. Neben der elementspezifischen ökologischen und toxiologischen Wirkung eines Schwermetalls spielt auch die Erscheinungsform (Verbindung) eine wichtige Rolle (FÖRSTNER 1992).

Im Rahmen des Bodenschutzes und der Gefährdung oberflächennahen Grundwassers nehmen Schwermetalle auf aktuellen oder ehemaligen Schießübungsplätzen eine besonders wichtige Stellung ein.

Die Belastung von militärischen Einrichtungen mit Schwermetallen, insbesondere der Schießübungsplätze, ist durch Untersuchungen (z.B. VOSS 1990) bekannt. Die Nutzung der "Range 6" als Schießübungsbahn läßt dadurch auf über den natürlichen Werten liegende Schwermetallkonzentrationen schließen.

Schwermetalle sind durch folgende Eigenschaften charakterisiert (KÖPPEL 1992):

Schwermetallverbindungen anthropogener Herkunft werden oft leichter von Pflanzen aufgenommen als Schwermetalle geogener Herkunft. Schwermetalle sind als Elemente nicht abbaubar.

Schwermetalle werden im Boden gebunden und damit stark akkumuliert.

Viele Schwermetalle wirken bereits in sehr geringen Mengen toxisch bzw. kanzerogen.

Sinkende pH-Werte begünstigen bei den meisten Schwermetallen die Löslichkeit ihrer Verbindungen ganz wesentlich. Damit nimmt deren Verfügbarkeit für Pflanzen und für das Grundwasser erheblich zu.

Schwermetalle werden durch anthropogenen Ausstoß flächendeckend auf Böden aufgetragen, insbesondere aber auf Schießübungsplätzen lokal besonders stark eingebracht.

Das Verhalten der Schwermetalle im Boden hängt von verschiedenen Faktoren ab. Eine dominante Rolle spielt dabei der pH-Wert, neben den Humus-, Ton- und Eisenoxidgehalten.

Als Leitsubstanzen werden die Schwermetalle Cadmium (Cd), Nickel (Ni), Kupfer (Cu) und Blei (Pb) benutzt.

Cadmium

Cadmium ist ein bereits in sehr geringen Konzentrationen hoch toxisch wirkendes Schwermetall. Aus Japan ist seit 1947 die Cadmium-induzierte und extrem schmerzhaftes Itai-Itai Krankheit bekannt, die Knochendeformationen und Skelettschrumpfung hervorruft.

Der mittlere jährliche Eintrag in die Böden der Bundesrepublik beträgt 3,6 bis 108g/ha (BTD 1985). Die wichtigsten Cadmium-Emmissionsquellen stammen neben Phosphatdüngern und Klärschlamm aufträgen aus industriellen Luftverunreinigungen, dem Reifenabrieb und dem cadmiumhaltigen Verbrennungsrückständen von Dieselmotoren des Kfz-Verkehrs. Lokal können der Abrieb von cadmiumhaltigen Korrosionsschutzmitteln und Farbstriche zu wichtigen Cadmiumquellen werden. Auch im militärischen Bereich werden cadmiumhaltige Farbüberzüge auf Stahl und Eisen verwendet (vgl. URBAN-KÜTTEL & VOSS 1992a).

Cadmium gehört im Boden, im Gegensatz zu den meisten anderen Schwermetallen, zu den mobilen, relativ leicht löslichen und leicht verlagerbaren Schwermetallen. Aus diesen Gründen gilt Cadmium allgemein als Schwermetall mit sehr hohem Gefährdungspotential. Desweiteren erhöhen zusätzliche hohe Bleigehalte im Boden die Mobilität von Cadmium beträchtlich.

Nickel

Nickel gilt sowohl als Element, als auch in seinen anorganischen Verbindungen als nicht toxisch. Organische Nickelverbindungen gelten jedoch als stark toxisch und werden als krebserregend angesehen. Der mittlere jährliche Eintrag beträgt ca. 255g/ha in die Böden der Bundesrepublik Deutschland (BTD 1985). Als Niclemissionsquellen können auf militärischen Schießplätzen panzerbrechende Hartkerngeschosse mit Kaliber 20mm gelten. Der innere Kern besteht bei diesen Geschossen aus einer Wolfram-

Tabelle 5

Potentielles Kontaminationsrisiko (KR_{pot}) für Cd, Ni, Cu und Pb der Leitprofile 1-3.

	KR _{pot} Cd	KR _{pot} Ni	KR _{pot} Cu	KR _{pot} Pb
Leitprofil 1	4 (hoch)	4 (hoch)	3 - 4 (mittel-hoch)	3 - 4 (mittel-hoch)
Leitprofil 2	1 (sehr gering)	1 (sehr gering)	1 (sehr gering)	1 (sehr gering)
Leitprofil 3	1 (sehr gering)	1 (sehr gering)	1 (sehr gering)	1 (sehr gering)

Nickel-Legierung (URBAN-KÜTTEL & VOSS 1992a). Diese Art von Munition wurde zumindest in den letzten Jahren des Schießbetriebes auf der ehemaligen "Range 6" nicht benutzt.

Durch die sehr hohe Mobilität von Nickel (ähnlich der von Cadmium) muß das potentielle Gefährdungspotential von Nickel ebenfalls berücksichtigt werden.

Kupfer

Kupfer ist ein lebensnotwendiges Spurenelement, auf das der menschliche Organismus verträglich reagiert, das aber toxische Wirkung bei Pflanzen und Tiere zeigt. Die mittleren jährlichen Kupfereinträge in die Böden der Bundesrepublik Deutschland liegen zwischen 118 und 282g/ha (BTD 1985). Insbesondere auf Schießplätzen sind weitere Kupfer-Emissionsquellen kupferummantelte Weichbleigeschosse der Infantriemunition, sowie bei großkalibriger Munition älterer Bauart die Kupfer-Führungsringe am Geschoßmantel (URBAN-KÜTTEL & VOSS 1992a).

Blei

Neben dem mittleren jährlichen Eintrag von ca. 183 g/ha Blei in die Böden der Bundesrepublik Deutschland (BMI 1985) kommen auf militärisch genutzten Schießplätzen z.T. extreme Bodenbelastungen vor. Im Zusammenhang mit Schießplätzen treten als wichtigste Bleiquellen die als Initialzündstoffe verwendeten Stoffe Bleiazid und Bleitriminitroresorzinat auf. Dies sind Bleiverbindungen, die auch den Treibladungen verschiedener Munitionsarten zugesetzt sind, um der sogenannten Verkupferung des Rohres vorzubeugen. Für Schießplätze, auf denen, wie auch auf der ehemaligen "Range 6", mit Munitionssorten der Kaliber 20 mm geschossen wurde, ist außerdem eine Bleibelastung der Böden durch korrodierte Weichbleigeschosse anzunehmen (URBAN-KÜTTEL & VOSS 1992a).

Die Löslichkeit der Schwermetalle nimmt in folgender Reihenfolge ab: Cd ≥ Zn ≥ Tl ≥ Ni ≥ Cu ≥ As = Cr ≥ Pb ≥ Hg (BLUME 1990).

Im folgenden Faktorenwirkungsmodell wird neben den bodeneigenen Einflußfaktoren zusätzlich die vom den Bodeneigenschaften nicht direkt abhängige klimatische Wasserbilanz berücksichtigt (vgl. VOERKELIUS & SPANDAU 1988). Aufgrund der von KÖPPEL (1992) veränderten Vorgehensweise nach VOERKELIUS & SPANDAU (1988) wird eine Beurteilung des Grundwasserkontaminationspo-

tentials durch Schwermetalle anhand der ermittelten Bodenparameter durchgeführt.

8.1.2 Vorgehensweise

VOERKELIUS & SPANDAU (1988) erstellen, aufbauend auf dem Regelwerk des DVWK (1987), eine Vorgehensweise, die die entscheidenden Einflußgrößen auf das Verhalten von Schwermetallen im Boden beinhaltet. Darunter fallen das Bindungs-, Lösungs- und Verlagerungsvermögen. Eine ausführliche Darstellung findet sich in BOLZ (1995).

- A. Ermittlung der Bindungsstärke (BS):
 - A.1. Einstufung des pH-Wertes des Oberbodens
 - A.2. Ermittlung der Bindungsstärke (BS) für Cd, Ni, Cu und Pb aus der Einstufung des pH-Wertes des Oberbodens.

In diesem Arbeitsschritt wird der Einfluß der Bodenacidität auf die Bindung der Schwermetalle in sandigen Böden mit geringem Humusgehalt bestimmt. Für humusreichere Oberböden mit anderen Bodenarten folgen in den anschließenden Schritten Zuschläge je nach Humusgehalt und Bodenart.

- B. Ermittlung des Bindungsendwertes (BE):
 - B.1. Einstufung des Humusgehaltes
 - B.2. Ermittlung des Zuschlages Z1 zu BS durch Verschneidung von BS und Einstufung des Humusgehaltes
 - B.3. Ermittlung des Zuschlages Z2 zu BS durch Verschneidung von BS und der Bodenart
 - B.4. Ermittlung des Bindungsendwertes (BE) aus der Summe von BS, Z1, Z2.
- C. Ermittlung des potentiellen Grundwasserkontaminationsrisiko durch Cd, Ni, Cu und Pb
 - C.1. Ermittlung des potentiellen Grundwasserkontaminationsrisikos (KR_{pot}) von Cd, Ni, Cu und Pb durch Verschneiden des Bindungsendwertes (BE) mit der klimatischen Wasserbilanz (KW_{Ba}) (vgl. KÖPPEL 1992).

Die klimatische Wasserbilanz stellt die Differenz von Niederschlag und Verdunstung dar. Sie stellt ein Maß für die Menge des versickernden Wassers dar und ist ein wichtiger Faktor für die Verlagerung von im Bodenwasser gelösten Schwermetallen ins Grundwasser. Mit zunehmender Menge des Sickerwassers steigt auch die Verlagerung von Schwermetallen.

Diese Rechnungsvorschrift wurde für Ackerland bestimmt und bedarf einer Modifikation für die Waldstandorte, sowie für die durch eine Pflanzen-

decke nur spärlich gedeckten Rohböden oder Offenstandorten (BRECHTEL 1971, in KÖPPEL 1992).

- C.2 Einstufung des potentiellen Kontaminationsrisikos (KR_{pot})
- C.3 Ermittlung des potentiellen Kontaminationsrisikos (KR_{pot}) für Cd, Ni, Cu und Pb anhand der ermittelten Werte für die Leitprofile 1 - 3.

8.1.3 Ergebnisse

Auf den von den Schießanlagen und dem Fahrübungsbetrieb abgelegenen und damit durch Eintrag von Fremdmaterial relativ unbeeinflusst gebliebenen Standorten zeigt sich aufgrund der nicht stattgefundenen künstlichen Erhöhung des pH-Werts, die z.T. hohe potentielle Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle.

Vor allem das pufferungsarme, im Oberboden stark versauerte *Leitprofil 1* auf einer Flugsanddüne, zeigt gegenüber Cadmium und Nickel eine hohe potentielle Grundwassergefährdung (vgl. auch Tab. 5). Für die etwas leichter zurückhaltbaren Schwermetalle Kupfer und Blei besteht hier immer noch eine mittlere bis hohe potentielle Gefährdung des Grundwassers. Die *Leitprofile 2 und 3* zeigen trotz der teilweise deutlichen Unterschiede im Humus- und Tongehalt für alle berücksichtigten Schwermetalle ein nur sehr geringes potentielles Kontaminationsrisiko des Grundwassers. Die massiven Einbringungen von Kalkschotter, kalkhaltigen Lehmen und Fremdaushub mit Bauschutt, sowie die flächige Verbreitung bewirkten eine so starke Anhebung des pH-Wertes (alle über pH 6), daß eine äußerst starke Bindung aller berücksichtigten Schwermetalle angenommen werden kann.

Anhand dieses Bewertungsschemas wird die entscheidende Rolle des pH-Wertes für die Rückhaltung der Schwermetalle im Boden deutlich. Bei pH-Werten $\geq 4,5$ werden für Blei bereits die maximalen Bindungsstärken unter der vor Ort anzutreffenden klimatischen Wasserbilanz erreicht. Für Kupfer werden die maximalen Bindungsstärken bei pH-Wert ≥ 5 erreicht. Für Nickel werden die maximalen Bindungsstärken bei pH-Wert ≥ 6 und für Cadmium bei pH-Wert $\geq 6,5$ erreicht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß ein Teil der untersuchten Offenstandorte innerhalb der "Range 6" so stark im pH-Wert verändert sind, daß nur ein sehr geringes Risiko für eine Kontamination des Grundwassers besteht. Dies gilt auch für die Bereiche in der unmittelbaren Umgebung der ehemaligen Impact-Area, wo die höchsten Metallbelastungen zu vermuten sind. Geringe Konzentrationen der Metallionen Blei, Chrom, Cadmium und Nickel wurden im Grundwasser im Bereich der Kugelfangwälle gemessen (INSUMMA 1994).

Innerhalb der Waldstandorte sind die Verhältnisse umgekehrt. Durch den fehlenden Eintrag von Kalkschottern, -stäuben und mergeligen Materialien herrschen Bodenreaktionen, die als sauer bis sehr stark sauer zu bezeichnen sind. Diese Standorte finden sich auch inselartig innerhalb der "Range 6" auf Burgsandsteinköpfen wieder. Hier liegen mitt-

lere bis hohe potentielle Kontaminationsrisiken durch Schwermetalle für das Grundwasser vor.

8.2 Grundwasserkontaminationsrisiko durch Mineralöle

Neben Schwermetallen und Nitrat als anorganische Schadstoffe treten auf militärischen Übungsstandorten organische Kontaminationen vor allem in Form von Kohlenwasserstoffen auf. Diese Kohlenwasserstoffe stammen aus Mineralölen wie Diesel- und Benzinkraftstoffen, Motorenölen und anderen Schmierstoffen. Der Eintrag kann über Leckagen an den Vorratsbehältern (Tanks) der einzelnen Fahrzeuge, beim Betanken der Fahrzeuge oder auch durch Unfälle erfolgen.

Mineralöle gelten in der Trinkwassergewinnung als höchst gefährlich, da bereits ein Liter Mineralöl bis zu 1.000.000 Liter Trinkwasser unbrauchbar machen kann. Insbesondere dann, wenn im Grundwasserabstrom Trinkwassergewinnung betrieben wird, spielt das potentielle Kontaminationsrisiko eine wichtige Beurteilung für die Sicherung der Trinkwasserressourcen.

Bei Mineralölen handelt es sich um äußerst heterogene Stoffgemische aus gesättigten Kohlenwasserstoffen (n-Alkane), aromatischen Kohlenwasserstoffen, verschiedenen Heteroverbindungen und Asphaltene. Erdöl besteht aus einem Gemisch von ca. 43 -78% Aliphaten, 9 - 35% Naphthenen, 7 - 22% Aromaten, sowie geringen Beimengungen an mineralischen Bestandteilen (FIEDLER 1990). Die kurzkettigen Alkane (C_6 - C_9 KWs) sind hydrophob, leichtflüchtig und treten vor allem im Benzin auf, während die langkettigen Alkane (C_{10} - C_{16} KWs) im Dieselkraftstoff, Kerosin und Heizöl vorkommen.

Mineralöle sind nicht wasserlöslich, doch können sie in geringen Anteilen sauerstoffhaltige wasserlösliche Moleküle wie z.B. Phenole, Aldehyde und Alkohole enthalten.

Bodenkontaminationen durch Mineralöl rufen neben der Gefährdung des Grundwassers insbesondere Schädigungen der Bodenfauna und -flora, sowie der Pflanzenwurzeln hervor. Durch das Bilden einer Ölhaut auf den Wurzeln der Pflanzen, sowie der Poren und Stigmen der Tiere wird die Atmung gemindert oder gänzlich verhindert. Daneben tritt Sauerstoffmangel im Boden auf, da die höher viskosen Bestandteile die Grobporen verstopfen und die Bodenluft verdrängen. Verschärft wird diese Situation, wenn mit der mikrobiellen Oxidation der Abbau des Mineralöls beginnt und der Anteil des Sauerstoffs im Boden weiter verringert wird.

Unter den aromatischen Kohlenwasserstoffen im Mineralöl sind auch auf den Menschen kanzerogen wirkende Verbindungen bekannt.

8.2.1 Eigenschaften und Verhalten von Mineralölen in Böden

Beim Eintrag von Mineralölen in Böden versickern die gering viskosen kurzkettigen Moleküle (z.B. in

Benzin) wesentlich schneller als die langkettigen stärker viskosen Moleküle. Die Ausbreitung von Mineralöl hängt neben der Viskosität stark von den Bodeneigenschaften ab. Die Ausbreitung in die Tiefe verläuft im allgemeinen langsamer als die horizontale Ausbreitung. Mineralöl kann trotz seiner höheren Viskosität im Boden schneller wandern als Wasser. Die Versickerungsgeschwindigkeiten liegen zwischen 0,3m und 3m/Monat (vgl. FIEDLER 1990).

Sowohl für die gesättigten Kohlenwasserstoffe (n-Alkane), die verschiedenen Heteroverbindungen, als auch die Asphaltene gilt, daß ihre Bindung im Boden vor allem von organischen Stoffen ausgeht. Insgesamt nimmt mit steigenden Humusgehalten das Bindungsvermögen der Böden für Mineralöl zu. Das Rückhaltevermögen der Böden von Mineralölen ist abhängig von der Viskosität der Öle. Somit ist das Rückhaltevermögen von Benzin Dieselkraftstoff Heizöl (BLUME 1990). FIEDLER (1990) gibt die allgemeine Angabe, daß leichte bis mittlere Böden 10-25l und humose Böden 36l Rohöl/m³ zurückhalten können. Die Bestandteile der aromatischen Kohlenwasserstoffe (v.a. Benzol) werden dagegen stärker an Tonminerale adsorbiert.

Kurzkettige Alkane (v.a. in Benzin) haben einen hohen Dampfdruck, der einen Teil in die Atmosphäre entweichen läßt. Durch Sickerwasser können sie ebenfalls verlagert werden, doch besitzen sie nur eine geringe Persistenz und werden rascher mikrobakteriell abgebaut als die langkettigen zähflüssigen Moleküle.

Alle weiteren persistenteren aromatischen Verbindungen, Heteroverbindungen und Asphaltene werden dagegen im Boden langfristig angereichert.

Der mikrobakterielle Abbau von Mineralöl erfolgt am effektivsten durch adaptierte Bakterien. Allerdings ist die Fähigkeit, Mineralöl als Energiequelle zu benutzen, nicht nur auf diese Spezialisten beschränkt, sondern auch bei zahlreichen Pilzen und Bakterien vorhanden. Diese ölabbauenden Bakterien und Pilze kommen in Böden und Wasser ubiquitär vor (DART & STRETTON 1977). Im Gegensatz dazu können sich speziell gezüchtete, zugeimpfte Bakterien gegenüber der natürlichen Bodenflora nicht durchsetzen (FIEDLER 1990). Zum vollständigen Abbau ist keine einzelne Art fähig. Dazu sind Mischpopulationen notwendig, die die unterschiedlichen Abbaustufen und Abbauprodukte nutzen können.

Ölabbauende Mikroorganismenarten sind u.a. in den Gattungen *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Brevibacterium*, *Corynebakterien* und *Arthrobacter* vertreten. Mit geringerer Effektivität können auch Strahlenpilze, wie *Streptomyces*- und *Nocardia*-Arten, in sauren Böden den Abbau betreiben. Insgesamt sind mehr als 200 Arten von Bakterien, Aktinomyzeten, Hefen und Bodenpilzen bekannt, die C₄- bis C₄₀-Verbindungen angreifen können (FIEDLER 1990). Sogar unter anaeroben Bedingungen können denitrifizierende oder sulfatreduzierende Bakterien, al-

lerdings nur bei kaum merkbareren Abbauraten, Mineralöle abbauen. Daher ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen natürlichen Abbau von Mineralölen im Boden die Anwesenheit von Sauerstoff. Dies gilt für die aliphatischen Kohlenwasserstoffe, für die aromatischen Kohlenwasserstoffe, als auch für die polyzyklischen Verbindungen.

Ein weiterer Ölabbau erfolgt durch die photochemische Zersetzung in der noch vom Licht durchdrungenen Bodenoberfläche. Doch spielt dieser Abbaueweg im Boden im Gegensatz zu Oberflächengewässern nur eine äußerst geringe Rolle.

Für einen günstigen Abbau sind eine gute Belüftung des Bodens, eine neutrale Bodenreaktion, sowie gute Nährstoffverhältnisse (C:N:P-Verhältnisse von 25:1:0,3) notwendig (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989). Die Temperatur steuert ebenfalls die Geschwindigkeit des Abbaus. Bei höheren Temperaturen (20°-30° C) erfolgt ein rascherer Abbau.

Grundsätzlich gilt, daß die Kohlenwasserstoffe von Mineralölen in belebten, durchlüfteten Böden rascher und vollständig abgebaut werden können. Für den vollständigen Abbau (Oxidation) von 1mg Kohlenwasserstoff sind 3-4 mg O₂ notwendig. Lediglich bei schwachen Bindungsvermögen im Oberboden und damit einer Verlagerung in schlecht bzw. nicht durchlüftete Bodentiefen besteht eine Gefahr der Konservierung und einer Kontamination des Trinkwassers. Kurzkettige kleinere Moleküle (kurzkettige Alkane) werden rascher abgebaut als die großen langkettigen Moleküle. Dabei nimmt mit der Tiefe sowohl das Bindungsvermögen und die tatsächliche Bindung, als auch die Abbautätigkeit ab.

Die für den Abbau benötigten Zeiträume sind lang. Entscheidend sind hierfür neben den oben angeführten günstigen Bedingungen für den Abbau durch Mikroorganismen vor allem das Ausmaß des Eintrags (Menge des eingebrachten Mineralöls), wie auch die Beschaffenheit des Mineralöls (v.a. Benzin, Diesel etc.).

Nach BLUME ET AL. (1990) können unter Freilandbedingungen Kerosin und Dieselöl innerhalb von 2-3 Monaten abgebaut werden. BATTERMANN & WERNER (1984) geben 300 Tage für den mikrobakteriellen Abbau von Mineralöl mit Unterstützung durch geeignete Sanierungsverfahren für sandige Grundwasserleiter an. Größer ist der Zeitraum für den Abbau der langkettigen Schweröle. Für Erdöl werden Zeiträume von 44-70 Jahren für den vollständigen Abbau angegeben. Für Mineralöle wird mit 40-50 Jahren gerechnet.

FIEDLER (1990) gibt folgende Zeiträume für die Nachweisbarkeit von Mineralölprodukten im Boden an:

- Kerosin: Dauer > 2 Jahre
- Benzin: Dauer 4 - 7 Jahre
- Teer: Dauer > 10 Jahre
- "Öl": Dauer 30 - 40 Jahre
- Teerrückstände: Dauer 50 Jahre
- Petroleum: Dauer > 70 Jahre.

Die Endprodukte des Mineralölabbaus sind Kohlendioxid, Wasser, Biomasse und Wärme. Darüber hinaus treten weiterhin auch nur unvollkommen oxidierte Verbindungen auf, die ebenfalls noch eine umweltbelastende Wirkung (insbesondere, die der Metaboliten) haben können. Dies sind organische Säuren, Ketone und Aldehyde.

Die im folgenden entwickelte Vorgehensweise zur Bewertung des potentiellen Kontaminationsrisikos des oberflächennahen Grundwassers durch Mineralöl geht von der Prämisse aus, daß es sich nicht um sehr große Schadensfälle handelt (z.B. Leckagen an Öltanks oder -pipelines), sondern um kleinere bis mittlere Schadensfälle (z.B. Leckagen an militärischen Fahrzeugen, Ölwechsel, Unfälle mit Fahrzeugen). Hierbei kann es sich im Extremfall durchaus um mehrere hundert Liter (Tankinhalt vom Schützen- und Kampfpanzern, schwere LKWs) handeln.

8.2.2 Vorgehensweise

Die Bewertung des potentiellen Kontaminationsrisikos durch Mineralöle erfolgt durch Verschneiden des Bindungsvermögens der organischen Mineralöle (allgemeine Schadstoffe) im Oberboden mit der mikrobakteriellen Abbaurate und der Ermittlung des Verlagerungsfaktors.

Da das Bindungsvermögen entscheidend vom organischen Anteil abhängt und nur in sehr geringem Maße vom Tongehalt, erfolgt die Ermittlung des Bindungsvermögens in Teil A unter Verschneidung der Mächtigkeit des Oberbodens mit dem Humusgehalt. Dabei wird der Humusgehalt des einzelnen Horizontes mit der Mächtigkeit [cm] multipliziert und anschließend alle humushaltigen (Mindestgehalt 0,5%) Horizonte des Oberbodens addiert. Für hohe Tongehalte erfolgt ein Zuschlag.

Bei grundwasserbeeinflussten Böden wird der Mittlere Grundwasserstand berücksichtigt.

Im Bereich A.2 wird je nach Vorhandensein und Mächtigkeit der Streuschicht ein Zuschlag Z aufgeschlagen.

Im Teilbereich B erfolgt die Ermittlung der mikrobakteriellen Abbaurate.

Der Abbau dieser organischen Verbindungen im Boden erfolgt durch Bakterien am schnellsten. Neben speziellen Bakterien können in sauren Böden auch verschiedene Pilze Öl abbauen. Der effektivste Abbau erfolgt durch aerobe Bakterien. Ein Maß für die biologische Aktivität ist unter anderem das C/N-Verhältnis. Ein günstiges C/N-Verhältnis (10-12) kennzeichnet hohe biologische Aktivität (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989). Weitere Parameter für die biologische Aktivität stellen Atmung (O₂-Verbrauch) und die Biomasse dar.

Die günstigsten Bedingungen für diese Bakterien und damit der schnellste Abbau erfolgt bei neutraler Bodenreaktion, guter Durchlüftung, ausgeglichenen Nährstoffverhältnissen, sowie unter nicht zu trockenen und zu nassen Verhältnissen.

Zur Beurteilung der Abbaurate müssen daher die Bodenreaktion (pH-Wert), die Nährstoffverhältnisse (C/N-Verhältnis), die Belüftung des Bodens (Luftkapazität) und die Feuchte (Ökologischer Feuchtegrad) herangezogen werden.

Im Teilbereich C erfolgt schließlich die Ermittlung des potentiellen Kontaminationsrisikos für das Grundwasser durch das Verschneiden des Bindungsvermögens der organischen Mineralöle (allg. Schadstoffe) im Oberboden mit der mikrobakteriellen Abbaurate.

Eine Ausführliche Darstellung findet sich in BOLZ (1995).

Abschätzung der Retentionsvermögen (Bindungsvermögen BV) von organischen Schadstoffen (Mineralöl) anhand der Leitprofile 1 - 3

Bindestärke für organische Stoffe (Mineralöle) im Oberboden der Leitprofile 1 - 3, Berechnung der Bindungsstärke wie oben (vgl. unter 8.3.2 Vorgehensweise) beschrieben:

- A.1 Ermittlung des Bindevermögens von Mineralöl im Oberboden
Ermittlung für alle Horizonte des Oberbodens [maximal bis 100 cm] mit Humusgehalten $\geq 0,5\%$. Bei Grund- oder Stauwasser beeinflussten Böden erfolgt die Ermittlung bis zum MGW.
- A.2 Zuschlag Z für Tongehalte
- A.3 Einstufung und Bewertung des Bindevermögens

Ergebnisse:

- Leitprofil 1 (mitteltiefentwickelter Podsol aus Flugsand unter Ki-forst); BV-Wert: 28,9.
Aufgrund der geringen Humusgehalte, sowie der geringen Mächtigkeit der humosen Oberbodenhorizonte stellt der Standort von Leitprofil 1 selbst bei aktueller forstlicher Nutzung ein nur sehr geringes Bindungsvermögen für organische Stoffe wie Mineralöle dar.
Leitprofil 2 (verdichteter Phytosol über kbu); BV-Wert: 198,1.
Durch den relativ mächtigen (58 cm) vermischten ehemaligen Ah-Horizont mit mittlerem Humusgehalt ist ein hohes Bindungsvermögen für organische Stoffe wie Mineralöle vorhanden.
- Leitprofil 3 (stark verdichtete Depobraunerde über Podsol aus Flugsand); BV-Wert: 28,68.
Die äußerst geringen, nur als sehr schwach humos anzusprechenden Humusgehalte lassen nur ein sehr geringes Bindungsvermögen für organische Stoffe, wie Mineralöle, zu.

Abbaupotential von organischen Schadstoffen (Mineralölen) im Oberboden in den Leitprofilen 1 - 3

Bewertung der Parameter: Humusgehalt / Nährstoffverhältnisse (C/N-Verhältnis) / Bodenreaktion (pH-Wert) / Belüftung (Porenvolumen) / Ökologischer Feuchtegrad

B. Ermitteln des Abbauwertes:

Leitprofil Nr.	ermitteltes KR _{pot} Mineralöl
Leitprofil 1	sehr hoch (5)
Leitprofil 2	gering (2)
Leitprofil 3	hoch (4)

Tabelle 6

Potentielles Kontaminationsrisiko für Mineralöl für die einzelnen Leitprofile

- B.1 Einstufung und Bewertung des Humusgehaltes des Oberbodens
- B.2 Einstufung und Bewertung der biologischen Aktivität anhand des C/N-Verhältnisses Böden mit einem "vorgetäuschten" günstigen C/N-Verhältnis, aufgrund sehr geringer C-Gehalte, werden um 1 Stufe abgestuft.
- B.3 Einstufung und Bewertung des pH-Wertes
- B.4 Einstufung und Bewertung der Belüftung des Bodens anhand des Grobporenvolumens
- B.5 Einstufung und Bewertung des Ökologischen Feuchtegrades
- B.6 Addition der Bewertungen B 1 bis B 5 zum Erhalt des Abbauwertes (A):
- B.7 Einstufung des Abbauwertes (A)
- C. Ermitteln des Abbau-Bindungsfaktors (AB) durch Verschneiden des Abbauwertes (A) mit dem Bindungswert (B)
- D. Ermittlung des Verlagerungsfaktors (V):
 - D.1 Einstufung der Feldkapazität
 - D.2 Einstufung der Grundwassernähe
 - D.3 Ermitteln des FK/GWN Faktors durch Verschneiden der Einstufungen von Feldkapazität und Grundwassernähe
 - D.4 Bewertung (W1) der k_f-Stufe
 - D.5 Addition des FK/GWN-Wert mit dem W1-Wert zum Erhalt des V-Faktors
- E. Ermittlung der potentiellen Grundwasserkontamination durch Mineralöl (KR_{pot} Mineralöl)
 - E.1 Verknüpfung des AB-Faktors mit dem V-Faktor zum Erhalt des KR_{pot} Mineralöl-Wertes
 - E.2 Einstufung des KR_{pot} Mineralöl-Wertes

Luftkapazität und des Ökologischen Feuchtegrades ermittelt. Nach anschließender Addition der fünf Teilbewertungen kann eine Einstufung des Abbauwertes erfolgen.

Im Teilbereich C erfolgt die Verschneidung der in Teil A ermittelten Bindevermögen (BV) und des Abbauwertes (A) durch eine Bewertung in einer fünfteiligen Einstufung.

Im Teilbereich D wird der Verlagerungsfaktor (V) ermittelt. Dieser wird hauptsächlich durch die Grundwassernähe und die Feldkapazität des Bodens bestimmt. Diese beiden Faktoren werden in einer Tabelle verschnitten und eingestuft. Zusätzlich werden durch Zu- bzw. Abschläge hohe und geringe Wasserdurchlässigkeiten des Bodens (k_f-Stufe) berücksichtigt. Ein niedriger Wert bedeutet eine hohe Verlagerungsfähigkeit in das Grundwasser, während ein hoher Wert eine geringe Verlagerungsfähigkeit ins Grundwasser ausdrückt.

Anschließend erfolgt die Verknüpfung des unter Teil A und B ermittelten Abbau-Bindungsfaktors (AB) mit dem Verlagerungsfaktor (V) in einer Tabelle, zum Erhalt des potentiellen Kontaminationsrisikos für das Grundwasser durch Mineralöl (KR_{pot} Mineralöl). Aus den ermittelten Werte läßt sich die Einstufung des Gefährdungsgrades ablesen.

Das Bewertungsschema läßt die herausragende Bedeutung des Humusgehaltes erkennen, der einerseits für Bindestärke von Mineralöl im Boden hauptverantwortlich ist und zusätzlich auch eine Rolle bei der Bewertung des mikrobakteriellen Abbauvermögens spielt.

8.2.3 Ergebnisse

Tabelle 6 gibt das zusammengefaßt ermittelte KR_{pot} Mineralöl für die einzelnen Leitprofile wieder:

- Leitprofil 1 zeigt ein hohes KR_{pot} (Mineralöl) für das Grundwasser, was auf das sehr geringe Bindevermögen, einer langen Abbauphase (5), sowie einen hohen Verlagerungsfaktor (4), zurückzuführen ist.

Dies bedeutet, daß eingedrungenes Mineralöl kaum oder fast nicht im Boden zurückgehalten werden kann, aufgrund der sehr geringen Humusgehalte und fehlender Tonfraktion. Der Abbau der organischen Kohlenwasserstoffe dauert lange, weil einerseits wiederum geringe Humusgehalte, ein sehr ungünstiges C/N-Verhältnisse, eine ungünstige und sehr stark saure Bodenreaktion, sowie ein nur mittlerer Ökologischer Feuchtegrad vorliegen. Damit liegen trotz einer sehr guten Luftkapazität insgesamt nur ungünstige Lebensbedingungen für kohlenwasserstoffabbauende Bakterien vor. Der Verlagerungsfaktor

Die Verknüpfungsvorschrift ist in fünf Teilbereiche unterteilt. Im Teil A wird die Bindestärke für Mineralöl im Oberboden ermittelt. Dies erfolgt unter Berücksichtigung des Humusgehaltes (als wichtigste Komponente für die Bindung organischer Stoffe) mit der Mächtigkeit der einzelnen humushaltigen Horizonte und anschließender Addition der Werte der einzelnen Horizonte. Für Tongehalte $\geq 20\%$ erfolgen je nach Anteil Zuschläge zum ermittelten Bindevermögen (BV). Diese rechnerisch ermittelten Werte werden anschließend eingestuft und für die Leitprofile beschrieben. Hohe Werte bezeichnen ein hohes Bindungsvermögen.

In Teilbereich B wird das Abbaupotential des Bodens durch Bakterien ermittelt. Dabei wird berücksichtigt, daß für einen optimalen mikrobakteriellen Abbau die dazu geeigneten Bodenmilieubedingungen erreicht werden sollten. Dies bedeutet, je höher der Abbauwert, umso schneller erfolgt der mikrobakterielle Abbau von Mineralölen im Boden. Der Abbauwert wird unter Einstufung des Humusgehaltes, des C/N-Verhältnisses, der Bodenreaktion, der

Tabelle 7

Zusammenfassung des potentiellen Kontaminationsrisikos und der naturschutzfachlichen Wertung.

Leitprofil Nr.	ermitteltes KR _{pot} Schwermetalle	ermitteltes KR _{pot} Mineralöl	naturschutzfachliche Wertigkeit	Konflikt
Leitprofil 1	(mittel-)hoch	sehr hoch (5)	sehr hoch + Art. 6d1	sehr hoch
Leitprofil 2	sehr gering	gering (2)	ohne Wert	keiner
Leitprofil 3	sehr gering	hoch (4)	sehr hoch + Art. 6d1	hoch

ist aufgrund der geringen Feldkapazität und der hohen k_f -Stufe hoch.

Leitprofil 2 zeigt ein geringes KR_{pot} (Mineralöl) für das Grundwasser, was auf das hohe bis sehr hohe Bindevermögen trotz einer langen Abbauphase und vor allem den geringen Verlagerungsfaktor, zurückzuführen ist.

Dies bedeutet, daß eingedrungenes Mineralöl, aufgrund der mittleren und tiefgründigen Humusgehalte, gut im Boden zurückgehalten werden kann. Der Abbau der organischen Kohlenwasserstoffe dauert lange wegen der ungünstigen Luftkapazität, den nur mittleren Humusgehalten, dem sehr ungünstigen C/N-Verhältnis, trotz eines sehr günstigen mittleren Ökologischen Feuchtegrades und einer relativ günstigen mäßig alkalischen Bodenreaktion, die insgesamt relativ ungünstige Lebensbedingungen für kohlenwasserstoffabbauende Bakterien darstellen. Der Verlagerungsfaktor ist aufgrund der relativ hohen Feldkapazität und der mittleren k_f -Stufe sehr niedrig.

Leitprofil 3 zeigt ein hohes KR_{pot} (Mineralöl) für das Grundwasser, was auf das geringe Bindevermögen, eine lange Abbauphase, sowie einen mittleren Verlagerungsfaktor zurückzuführen ist.

Dies bedeutet, daß eingedrungenes Mineralöl kaum im Boden zurückgehalten werden kann, aufgrund der sehr geringen Humusgehalte und fehlender Tonfraktion. Der Abbau der organischen Kohlenwasserstoffe dauert lange, weil einerseits wiederum geringe Humusgehalte, ein nur "vorgetäushtes" günstiges C/N-Verhältnis, eine "nur" mittlere Luftkapazität und ein mittlerer Ökologischer Feuchtegrad vorliegen trotz einer günstigen schwach alkalischen Bodenreaktion. Damit sind insgesamt nur ungünstige Lebensbedingungen für kohlenwasserstoffabbauende Bakterien gegeben. Der Verlagerungsfaktor ist aufgrund der relativ geringen Feldkapazität und der mittleren, erst im Ausgangsgestein hohen k_f -Stufe, mittel.

Im Bereich der Flugsandflächen unter forstlicher Nutzung als auch in denen der Offenstandorte ergibt sich eine hohes bis sehr hohes potentiell Kontaminationsrisiko des Grundwassers durch Mineralöle. Dies betrifft vor allem große Teilbereiche im Westen und am Südrand des Untersuchungsgebietes. Böden über Burgsandstein und Burgsandsteinverwitterung stellen im allgemeinen ein mittleres bis hohes potentiell Kontaminationsrisiko des Grundwassers

durch Mineralöle dar. Dies sind weite Gebiete im Norden, einschließlich der Burgsandsteinrücken. Die humusreichen Pseudogleye auf Basisletten des Burgsandsteines stellen trotz relativer Stau- bzw. Grundwassernähe nur ein geringes bis mittleres potentiell Kontaminationsrisiko durch Mineralöl für das Grundwasser dar.

Eine Sonderstellung nehmen die aus allochthonem Material aufgeschütteten Böden im Bereich der ehemaligen Zielscheibenbahn bzw. im Vorfeld der Kugelfangwälle ein.

Ein stark ausgeprägter Unterschied des potentiell Kontaminationsrisikos durch Mineralöl für das Grundwasser zwischen den militärisch genutzten stark veränderten Böden und den entsprechende Böden aus dem gleichen Ausgangsmaterial unter forstlicher Nutzung (wie bei dem KR_{pot} Schwermetalle) existiert hier nicht.

Die Böden aus Flugsand stellen aufgrund ihrer fast durchgehend ungünstigen Bodenkennwerte die Standorte mit dem höchsten potentiell Kontaminationsrisiko durch Mineralöl für das Grundwasser dar. Hier spielt die physikalische und chemische Änderung der Oberböden durch die militärische Nutzung nur eine sehr untergeordnete Rolle. Nur geringfügig besser stellt sich die Situation für die sandigen Böden aus Burgsandstein dar.

9. Konfliktsituation zwischen Naturschutz und Technischem Umweltschutz

Bei der Überlagerung der für die naturschutzfachlichen Belange besonders wertvollen Flächen und der Flächen mit den höchsten potentiell Kontaminationsrisiken für Schwermetalle fällt auf, daß diese sich vielfach decken. Viele der Flächen mit einem sehr hohen potentiell Kontaminationsrisiko für Schwermetalle stellen besonders geschützte Flächen nach Art. 6d1 BayNatschG (nach der zum 01.09.1998 in Kraft tretenden Novelierung: Art. 13d BayNatSchG) dar. Die Wertigkeit des faunistischen Arteninventars dieser Flächen liegt in diesem Fall zudem deutlich höher über der des floristischen Wertes.

- Leitprofil 1 stellt einen vom militärischen Übungsbetrieb wenig direkt befahrenen und beübten Bereich dar. Doch grenzt er unmittelbar an einen Fahrweg militärischer Fahrzeuge. Er liegt darüber hinaus im erweiterten Bereich der Impact-Area der Geschosse. Eine Belastung durch Munitionsreste ist anzunehmen, was auch Geschoßeinschläge an Bäumen anzeigen. Eine Be-

lastung durch Mineralöle ist ebenfalls nicht auszuschließen.

Das über die Bodenparameter ermittelte potentielle Kontaminationsrisiko für die Schwermetalle Cadmium und Nickel ist hoch, für Kupfer und Blei ist es mittel bis hoch. Das ebenfalls über die Bodenparameter ermittelte potentielle Kontaminationsrisiko für Mineralöl ist sehr hoch.

Aus Sicht des Naturschutzes handelt es sich um eine nach Art. 6d1 (neu: Art. 13d) BayNatschG geschützte Fläche. Darüber hinaus handelt es sich aus faunistischer Sicht um einen Standort von landesweiter Bedeutung mit Vorkommen mehrerer vom Aussterben bedrohter und stark gefährdeter Arten. Das Konfliktpotential ist sehr hoch und schwerwiegend, da Flächen dieser Ausprägung großflächig vorkommen und eine der wichtigsten Grundlagen für die hohe naturschutzfachliche Bewertung bilden

Leitprofil 2 stellt einen vom militärischen Übungsbetrieb intensiv genutzten Bereich dar. Es liegt unmittelbar in der Impact-Area vor dem Kugelfangwall und ist stark mit Munitionsresten belastet, was bereits im Profil deutlich sichtbar wird. Ein großer Teil des Bodenskeletts besteht aus Geschoßteilen. Die oberen Bodenschichten sind nicht autochthon und wurden eingebracht. Das Leitprofil liegt in einem Bereich, in welchem alte Fahrzeuge abgestellt wurden und intensiver Fahrbetrieb herrschte. Eine Belastung durch Mineralöle ist stark anzunehmen.

Das über die Bodenparameter ermittelte potentielle Kontaminationsrisiko für alle vier Schwermetalle ist sehr gering. Das ebenfalls über die Bodenparameter ermittelte potentielle Kontaminationsrisiko für Mineralöl ist gering.

Aus Sicht des Naturschutzes handelt es sich um eine weitgehend bedeutungslose Fläche mit einer Ruderalflur und dominanten Reitgrasbeständen (*Calamagrostis epigejos*). Aus faunistischer Sicht handelt es sich ebenfalls um eine bedeutungslose Fläche. Es besteht kein Konflikt zwischen technischem Umweltschutz und Naturschutz. Allerdings handelt es sich um Flächen, die naturschutzfachlich eine stark untergeordnete bis keine Bedeutung haben.

Leitprofil 3 stellt einen vom militärischen Übungsbetrieb ebenfalls intensiv genutzten Bereich dar. Er liegt vor den Abschlußrampen der schweren Panzerfahrzeuge und vor der Impact-Area.

Die oberen Bodenschichten sind zwar autochthon, aber bereits stark chemisch und physikalisch verändert. Eine Belastung durch Schwermetalle ist zu erwarten, da Munitions- und weitere Metallreste im Profil auftauchten, bzw. auf der Bodenoberfläche lagen. Das Leitprofil liegt in einem Bereich, in welchem militärische Fahrzeuge intensiv übten. Eine Belastung durch Mineralöle ist stark anzunehmen.

Das über die Bodenparameter ermittelte potentielle Kontaminationsrisiko für alle vier Schwermetalle ist sehr gering. Das ebenfalls über die

Bodenparameter ermittelte potentielle Kontaminationsrisiko für Mineralöl ist hoch.

Aus Sicht des Naturschutzes handelt es sich um einen nach Art. 6d1 (neu: Art. 13d) BayNatschG geschützten Trockenstandort (Silbergrasflur). Darüber hinaus handelt es sich aus faunistischer Sicht um einen Standort von landesweiter Bedeutung mit Vorkommen von mehreren vom Aussterben bedrohten und stark gefährdeten Arten. Das Konfliktpotential ist für Schwermetalle und Mineralöle verschieden. Für das potKR Mineralöle besteht ein hoher Konflikt. Für die Schwermetalle ist das potentielle Risiko gering, da diese Standorte durch den Übungsbetrieb gekalkt wurden. Trotzdem hat ein Teil der Flora und Fauna eine hohe naturschutzfachliche Bewertung behalten. Diese Flächen machen einen nicht unerheblichen Anteil der zentralen "Range 6" aus.

10. Diskussion von Lösungsmöglichkeiten

Nach Aufgabe der Nutzung des Standortübungsplatzes und Rückzug der amerikanischen Streitkräfte aus Erlangen wurden von verschiedener Seite die unterschiedlichsten Nutzungsansprüche auf das gemeindefreie Gebiet erhoben. In erster Linie wurde die Erstellung einer Restmülldeponie diskutiert und untersucht. Diese Nutzung, die die aktuelle Lage noch verschärfen würden, hätte sowohl eine zusätzliche Gefährdung des Grundwassers nach sich gezogen, da die nach den Anforderungen der TA Siedlungsabfall geforderte geologische Barriere im Bereich der naturschutzfachlich wertvollen Flugsandgebiete nicht ausreichend vorhanden ist, als auch große Teile der für die gefährdete Fauna und Flora unentbehrlichen Lebensräume zerstört. Diese Planungen wurden dementsprechend auch wieder eingestellt.

Darüber hinaus wurden folgende Nutzungen überprüft, die auch die Grundwassergefährdung senken könnten:

1. Entmunitionierung: Die Entmunitionierung auf solch großen Flächen wie diesem Standortübungsplatz würde einen Großteil der im Boden lagernden Schwermetallquellen beseitigen. Maßnahmen zur Entmunitionierung sind allerdings äußerst kostspielig. Sie wurden deshalb bisher nur in einem sehr kleinen Teilbereich zur Sicherung der Öffentlichkeit durchgeführt. Die Auswirkungen auf die Fauna und Flora können unter Beachtung geringer Auflagen naturverträglich durchgeführt werden.

2. Kommerzieller Sandabbau: Durch den kommerziellen Sandabbau könnten der Baustoff Sand gewonnen und gleichzeitig die Munitionsreste daraus entfernt werden. Durch den Sandabbau könnte die Entmunitionierung auf den Flugsandflächen erfolgen und gleichzeitig "schwarze Zahlen" geschrieben werden. Vorteile wären neben der Gewinnung des Rohstoffes Sand auch die Veränderung der extrem sauren Standorte auf Flugsand, die sowohl Schwermetalle als auch Mineralöle praktisch nicht

zurückhalten können. Die Auswirkungen auf die derzeitige Fauna und Flora wären selbst bei äußerst naturverträglicher Folgenutzung fatal. Diese Nutzung hätte praktisch den Totalverlust eines Teils der wertvollsten Lebensräume im Naturschutzgebiet zur Folge. Damit würde auch die Lebensgrundlage vieler der hochgradig gefährdeten Arten vollständig zerstört. Der wichtigste Schutzzweck des Naturschutzgebietes würde verloren gehen.

3. Kalkung: Eine einfache und relativ kostengünstige Form der Immobilisierung von Schwermetallen ist die Kalkung. Dies würde zu einer festeren Bindung der Schwermetalle in den stark sauren Böden führen. Zum Abbau von Mineralölen würde sie nur sehr begrenzt beitragen. Kalkungen werden schon seit längerer Zeit im Forst durchgeführt, um insbesondere auf schwach gepufferten Böden die Vitalität der Bäume zu stärken und sie mit den Mangel-elementen zu versorgen. Aus naturschutzfachlicher Sicht würde hierdurch aber ebenfalls ein Teil des Schutzzweckes vorsätzlich zerstört. Das NSG "Tennenloher Forst" beherbergt gerade einen Teil seiner wertvollsten Flora und Fauna auf den extremen und sauren Flugsanden. Basisch beeinflusste Flugsande gibt es, durch den militärischen Ausbau- und Übungsbetrieb bedingt, bereits ausreichend.

Um den Erhalt der landes-, teilweise bundesweit bedeutsamen Tier- und Pflanzenvorkommen zu sichern, würden sich Maßnahmen zur Sicherung des Grundwassers als entgegengesetzt auswirken. Die meisten der oben angesprochenen Maßnahmen würden eine starke bis vollständige Zerstörung der Lebensräume für die zu schützende Tier- und Pflanzenwelt nach sich ziehen.

Derzeit sind noch keine überwachungs- bzw. sanierungsbedürftigen Belastungen des Grundwassers zu erkennen. Es wurden lediglich geringe Konzentrationen der Schwermetalle Blei, Chrom, Cadmium und Nickel im Bereich der Kugelfangwälle festgestellt worden.

11. Zusammenfassung

Aufbauend auf Untersuchungen zu ökologischen Bodenparametern wird das potentielle Gefährdungsrisiko durch Schwermetalle und Mineralöle auf dem ehemaligen Standortübungsplatz Tennenlohe für das oberflächennahe Grundwasser ermittelt. Die Ergebnisse reichen bei beiden Parametern von einem sehr hohen bis zu einem sehr geringem Risiko. Besonders hoch stellt sich das Risiko auf Böden aus Flugsand und Burgsandstein dar. Hier stellen wiederum die nur wenig oder kaum veränderten Böden das größte Risiko, während anthropogen stark veränderte Böden (insbesondere durch Anhebung der Humusgehalte und pH-Werte) geringere Risiken aufweisen.

Gleichzeitig erfolgten Erhebungen der Fauna (AG TÜP 1996) und der Flora (IVL 1996). Dabei stellte sich heraus, daß insbesondere die Flächen mit den größten potentiellen Kontaminationsrisiken für das oberflächennahe Grundwasser die hochwertigsten

naturschutzfachlichen Flächen darstellen. Die naturschutzfachliche Bewertung ist landesweit, sogar bundesweit derart, daß dieses Naturschutzgebiet zur Aufnahme nach den Richtlinien der FFH der Europäischen Union vorgeschlagen wurde.

Die Konfliktsituation wird erläutert und diskutiert. Abschließend werden bisher in Betracht gezogene Lösungsmöglichkeiten angesprochen und ihre Auswirkungen dargestellt. Eine zunehmende Belastung des Grundwassers in Zukunft kann nicht ausgeschlossen werden.

Literatur

ALEIS, P. (1988):

Teil 1: Untersuchungen zur Schwermetallverteilung von Zn, Cu, Cd, Ni, und Pb in einem sauren Waldboden unter Berücksichtigung der Nährelemente K, Ca, Mg, P, Fe, und Mn sowie der Al-Gehalte. Teil 2: Die Bodengesellschaften im Raum SE' Tennenlohe (Sebalder Reichswald).- Diplomarbeit des Geologischen Instituts der Uni. Erlangen-Nürnberg, unveröff.

ARBEITSGRUPPE BODENKUNDE (1982):

Bodenkundliche Kartieranleitung.- Hannover, 331 S.

ARBEITSGEMEINSCHAFT TRUPPENÜBUNGS-
PLATZ TENNENLOHE (AG TÜP, 1994):

Truppenübungsplatz Tennenlohe, Bayerns größtes und wertvollstes "NSG" auf Sand.- 2. geänd. Aufl., Erlangen.

——— (AG TÜP, 1996):

Zoologische Zustandserfassung NSG Tennenloher Forst.- unveröff. Gutachten für die Regierung von Mittelfranken: 284 S.

BATTERMANN, G. & P. WERNER (1984):

Beseitigung einer Untergrundkontamination mit Kohlenwasserstoff durch mikrobiellen Abbau.- gwf-Wasser/Abwasser, 125 (8): 366 - 373.

BERGER, K. (1951):

Die Dünen im Raum von Nürnberg und Erlangen.- Geol.BI.NO-Bayern 1,Erlangen: 70-74.

——— (1978):

Geologische Karte von Bayern 1:50.000, Blatt Nürnberg-Fürth-Erlangen und Umgebung mit Erläuterungen.- München(Bayer.Geol.L.A.): 219 S.

BLUME, H.-P. (1989):

Kartierung von Stadtböden.- UBA-Texte 18/89, Berlin.

——— (1990):

Handbuch des Bodenschutzes: Bodenökologie und Bodenbelastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen.- Ecomed-Verlag, Landsberg/Lech.

——— (1993):

Böden Bodenformen und deren ökologischen Eigenschaften.- In: SUKOPP H. & R. WITTIG (Hrsg.): Stadtökologie, Stuttgart, Jena, New York: 154-182.

BOLZ, R. (1990):

Karte der Brunnen und Pegel in Erlangen, 1:10.000.- Gutachten im Auftrag der Stadt Erlangen, unveröff.

- (1995):
Ökologische Bodenfunktionskartierung und potentielles Kontaminationsrisiko oberflächennahen Grundwassers im ehemaligen Standortübungsplatz Tennenlohe.- Diplomarbeit des Geographischen Instituts der Univ. Erlangen-Nürnberg, 125 S. + 3 Karten (unveröff.).
- BRÜMMER, G.W.; J. GERTH & U. HERMS (1986):
Heavy Metal Spezies, Mobility and Availability in Soils.- Z.Pflanzenernähr.Bodenk. 149, Weinheim: 382-398.
- BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (BMI, 1985):
Materialien zur Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung, Bonn.
- BUNDESTAGSDRUCKSACHE BTDRs. 10/2977 (1985):
Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung vom 07.03. 85.- Verlag Dr. Hans Heger, Bonn.
- DART, R.K. & R.I. STRETTON (1977):
Microbial aspects of pollution control.- Elsevier, Amsterdam.
- DVWK (1988):
Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen; Teil 1: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren.- Merkblätter zur Wasserwirtschaft 212/1988, Hamburg und Berlin.
- EBERLEIN, P. (1985):
Die Bodengesellschaften am NW-Rand des Kalchreuther Höhenzuges zwischen Kalchreuth und der Schwabach mit einem Beitrag zum Chemismus der Quellwässer.- Dipl.Ar., Erlangen: 138 S.
- ELLENBERG, H. ET AL. (1991):
Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.- Scripta Geobotanica XVIII, Göttingen.
- ERLANGER STADTWERKE AG (o.J.):
Gewässerschutz - Wasserschutzgebiete zur Sicherung der öffentlichen Trinkwasserversorgung der Stadt Erlangen.
- FIEDLER, H.-J. (Hrsg., 1990):
Bodennutzung und Bodenschutz, Umweltforschung.- 1.Aufl., Gustav Fischer Verlag Jena.
- GEOTECHNISCHES INSTITUT PROF. DR. MAGAR + PARTNER (1994a):
Geologisches, hydrogeologisches, wasserwirtschaftliches und geotechnisches Gutachten zum potentiellen Deponiestandort Saugarten.- Gutachten im Auftrag des Zweckverbands Abfallwirtschaft in der Stadt Erlangen und im Landkreis Erlangen-Höchstadt, unveröff.
- (1994b):
Geologisches, hydrogeologisches, wasserwirtschaftliches und geotechnisches Gutachten zum potentiellen Deponiestandort Am Kalkkrangen.- Gutachten im Auftrag des Zweckverbands Abfallwirtschaft in der Stadt Erlangen und im Landkreis Erlangen-Höchstadt, unveröff.
- (1994c):
Geologisches, hydrogeologisches, wasserwirtschaftliches und geotechnisches Gutachten zum potentiellen Deponiestandort Kalchreuth.- Gutachten im Auftrag des Zweckverbands Abfallwirtschaft in der Stadt Erlangen und im Landkreis Erlangen-Höchstadt, unveröff.
- HAARLÄNDER, W. (1966):
Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 6432 Erlangen Süd.- München: 146 S.
- HÜTTEROTH, W. (1974):
Landeskundlicher Überblick.- In: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen: Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Regnitz, Bd. I, München: 115-118.
- INSUMMA UMWELT GMBH (1993):
Bau und Beprobung dreier GwMeßstellen im Sebalder Reichswald bei Tennenlohe.- unveröff. Gutachten im Auftrag der OFD Nürnberg.
- INSTITUT FÜR VEGETATIONSKUNDE UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE (IVL, 1995):
Zustandserfassung der Flora und Vegetation im Naturschutzgebiet Tennenloher Forst.- unveröff. Gutachten f. d. Regierung von Mittelfranken: 77 S.
- KLOSE, P. (1986):
Die Bodengesellschaften am Südrand des Kalchreuther Höhenzuges und ihre Standorteigenschaften.- unveröff. Diplomarbeit des Geologischen Institutes der Univ. Erlangen-Nürnberg.
- KÖPPEL, K. (1992):
Ausprägung planungsrelevanter ökologischer Bodenfunktionen im Erlanger Stadtgebiet.- Diss., Erlangen.
- KUNTZE, H.; U. HERMS & E. PLUQUET (1984):
Schwermetalle in Böden, Bewertung und die Gegenmaßnahmen.- Geol.Jb. A75, Hannover: 715-736.
- KUNTZE, H.; G. ROESCHMANN & G. SCHWERDT-FEGER (1988):
Bodenkunde.- UTB, Ulmer, Stuttgart.
- LEHMANN, H. (1991):
Einsatz von Munition und Umweltschutz auf Flächen der Bundeswehr und Industrie.- In: Rüstungsaltslasten '91: Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis 40: 67 - 76.
- OYAMA, M. & H. TAKEHARA (1977):
Revised standart soil color charts.- 14S., Tokyo.
- POLL, K. (1978):
Grundwasser und Grundwasserchemismus des Regnitztalzuges und seiner Einzugsgebiete.- In: QUENTIN, K.E.; N. ANDRES, N. GEORGOTAS & W.A. SCHNITZER (1978): Das Mainprojekt, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Schriftenreihe, Heft 7, München: 190-205.
- (1981):
Geologie und Hydrologie.- In: Das Erlanger Regnitztal als exemplarisches Objekt interdisziplinärer Regionalplanung; eine Untersuchung im Rahmen eines Modellversuchs (Hrsg. FRANKE, J. & K. POLL). Erlanger Forschungen Reihe B. Naturwissenschaften und Medizin, Band 10: 27-48.
- RIETZLER, J. (1979):
Zur Hydrologie des Raumes südöstlich von Nürnberg unter besonderer Berücksichtigung der Gradabteilungsblätter 6533 Röthenbach, 6633 Feucht und 6733 Allersberg.- Inaugural-Dissertation des Fachber. Geowissenschaften der Univ. München: 184 S.

- ROSSNER, R. (1989):
Variationsbreite und ökologischer Zustand der Böden im nordwestlichen Sebalder Reichswald, aufgezeigt anhand eines Querschnittes zwischen Gründlach- und Schwachbachtal.- Erlanger Geographische Arbeiten Band 50, Erlangen.
- (1990):
Hydrologie des Planungsgebietes von Erlangen im Raum zwischen Tennenlohe-West und Eltersdorf.- Gutachten im Auftrag der Stadt Erlangen, unveröff.
- (1991):
Grundwasserflurabstand, Grundwasserfließrichtung und Kontaminationsrisiko im Stadtgebiet von Erlangen; Ein Beitrag zum Arten- und Biotopschutzprogramm.- Gutachten im Auftrag der Stadt Erlangen, unveröff.
- (1992):
Bericht zur Grundwassersituation im Stadtgebiet von Erlangen.- Gutachten im Auftrag der Stadt Erlangen, unveröff.
- ROSSNER, R. ET AL. (1993):
Die Böden des Fürther und Zirmdorfer Stadtwaldes sowie angrenzender Gebiete.- Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Fürth.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1989):
Lehrbuch der Bodenkunde.- Enke, Stuttgart.
- SCHILLING, B. (1985):
Die Böden im NW-Teil des Sebalder Reichswaldes und ihre Bodenkennwerte.- Diplomarbeit des Geologischen Institutes der Uni. Erlangen-Nürnberg, unveröff.
- SCHWILLE, F. (1964):
Die "hydrologischen" Grundlagen für die Untersuchung, Beurteilung und Sanierung von Mineralölkontaminationen des Untergrundes.- Dtsch.gewässer.k.Mitt.8,1, Koblenz/Rhein: 1-16.
- (1966):
Die Kontamination des Untergrundes durch Mineralöl - ein hydrologisches Problem.- Dtsch.gewässer.k.Mitt.10, 6, Koblenz/Rhein: 194-207.
- (1971):
Die Migration von Mineralöl in porösen Medien.- Gas- und Wasserf. 112, München: 307-311, 331-339, 465-472.
- (1976):
Anthropogenically reduced groundwaters.- Hydrol.Sci. Bull.21, 4; Reading.P.A.: 629-645.
- (1981):
Groundwater pollution in porous media by fluids immiscible with water.- Stud.in Environ.Sci.17, Amsterdam (Elsevier): 451-464, .
- SPERBER, G. (1968):
Der Reichswald bei Nürnberg - aus der Geschichte des ältesten Kunstforstes -. In: BAYER. STAAATSMIN. F. ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT U. FORSTEN (Hrsg.): 37. Heft. Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, Ansbach, Frankenverlag L. Spindler: 178 S.
- TYLER, G. & M.B. MCBRIDE (1982):
Mobility and extractibility of cadmium, copper, nickel and zinc in organic and mineral columns.- Soil Science 134, Baltimore: 198-205.
- URBAN-KÜTTEL, B. & J.H. VOSS (1992a):
Bodenkundliche Untersuchungen zum Ausmaß der Schwermetallbelastungen auf militärischen Truppenübungs- und Schießplätzen in Niedersachsen.- Abschlußbericht, unveröff.
- (1992b):
Studie zur Ermittlung der Schwermetallbelastung und ihrer ökologischen Reichweite auf dem NATO-Trübpl Bergen.- Abschlußbericht, unveröff.
- VOERKELIUS, U. & L. SPANDAU (1989):
Bodenschutz - Mögliche Anwendungen eines Bodeninformationssystems - Operationalisierung der Bodenfunktionen als Bilanzgrößen des Bodenschutzes am Beispiel eines ausgewählten Raumes.- UBA-Texte 8/89, Berlin.
- VOSS, J.H. (1990):
Untersuchung zur Schwermetallbelastung militärisch genutzter Flächen im Raum Soltau-Lüneburg.- Diplomarbeit an der Fachhochschule Nordostniedersachsen, unveröff.
- (1992):
Erfassung und Bewertung von Schwermetallbelastungen auf militärischen Truppenübungs- und Schießplätzen.- In: Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis Band 49: Rüstungsaltslasten '92: 184 - 194.

Anschrift des Verfassers:

Dipl. Geogr. Ralf Bolz
Bergstraße 80
D-91086 Aurachtal

Anforderungen des Bodenschutzes bei Geländeauffüllungen und Rekultivierungen

Raimund KOHL

1. Einleitung

Das bei Baumaßnahmen anfallende Bodenmaterial nimmt den weitaus größten Anteil am gesamten Abfallaufkommen ein. An Stelle der bisherigen Beseitigung auf Erd- und Bauschuttdeponien wird anfallendes Bodenmaterial im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgedankens zunehmend einer Verwertung zugeführt. Sinnvolle Verwendungsmöglichkeiten bieten sich vorrangig in der Technischen Verwertung als Rohstoff z.B. für Ziegeleien oder Zementwerke oder als Baustoff für Erdbauwerke an (UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1993). Vorrang hat stets auch die Vermeidung. Mit planerischen Vorgaben wie z.B. durch geeignete Trassenwahl bei Verkehrswegen, durch den Verzicht auf Unterkellerung oder durch Höherlegen des Erschließungsniveaus in Bebauungsgebieten kann Bodenmaterial vermieden oder zumindest mengenmäßig stark reduziert werden.

Neben dem Einsatz für Rekultivierungen wird nicht zuletzt aus Kostengründen immer mehr Bodenmaterial für Geländeauffüllungen auf landwirtschaftlich genutzten Böden eingesetzt. Unkontrollierte und nicht fachgerechte Ablagerung von Bodenmaterial kann allerdings die anstehenden Böden in ihren Funktionen sowie benachbarte Umweltkompartimente beeinträchtigen. Im folgenden Beitrag werden fachliche Regelungen vorgestellt, die eine umweltverträgliche Verwertung von Bodenmaterial zur Bodenverbesserung oder Rekultivierung gewährleisten sollen. Sie basieren auf bestehenden Regelwerken des UMWELTMINISTERIUMS BADEN-WÜRTTEMBERG (1994, 1991), den Technischen Regeln der BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ (LABO 1997) als bundesweite Empfehlung sowie der DIN Norm 19730 (1998) und der im Entwurf vorliegenden Norm der International Organisation for Standardisation (ISO 1997).

Die genannten Regelwerke weisen sowohl vom Bewertungsansatz, wie auch bezüglich der inhaltlichen Anforderungen weitgehende Übereinstimmung auf.

2. Rechtliche Grundlagen und allgemeine Anforderungen

Ausgehend von den bestehenden rechtlichen Verpflichtungen im Bodenschutzrecht (z.B. Landesbodenschutzgesetz Baden-Württemberg, Bundesbodenschutzgesetz), Naturschutzrecht, Abfallrecht und Baurecht sind in den genannten Regelwerken

im wesentlichen folgende Grundsätze formuliert, die bei der Verwertung von Bodenmaterial neben weiteren Zielen des Boden-, Natur- und Gewässerschutzes sowie des Immissionsschutzes zu beachten sind:

- *Verschlechterungsverbot:* Der Einsatz von Bodenmaterial darf nicht zu einer Beeinträchtigung der Bodenfunktionen oder anderer Umweltbereiche wie z.B. Oberflächengewässer führen.

Verdünnungsverbot: Die für eine unschädliche Verwertung maßgeblichen Konzentrationen an Schadstoffen dürfen zum Zweck einer umweltverträglichen Verwertung weder durch die Zugabe von weniger kontaminiertem Bodenmaterial noch durch Vermischung mit anderen Stoffen verändert werden.

Nützlichkeit: Bei Geländeauffüllungen, d.h. beim Aufbringen von Bodenmaterial auf Böden ist über das Verschlechterungsverbot hinaus der Erfüllungsgrad mindestens einer Bodenfunktion zu verbessern. Eine wertgebende Wirkung wird vor allem durch die Vergrößerung der durchwurzelbaren Bodenschicht (Funktion als Standort für Kulturpflanzen) erzielt, womit z.B. Erosionsverluste ausgeglichen werden können.

Bei Rekultivierungen soll zumindest langfristig die ursprüngliche Leistungsfähigkeit des Bodens in seinen natürlichen Funktionen wiederhergestellt werden.

3. Untersuchungen

Bei der Verwertung von Bodenmaterial wird sowohl die Beschaffenheit des Bodenmaterials als auch die des Bodens am Verwertungsort betrachtet. Um den Anforderungen eines funktionierenden Verwaltungsvollzugs gerecht zu werden, beschränkt man sich auf ein Mindestmaß an Untersuchungsaufwand.

Untersuchungsbedarf auf Schadstoffe

Bevor im Rahmen einer Baumaßnahme Boden ausgehoben wird, ist eine historische Erkundung (Nutzungsgeschichte) des Entnahmestandortes durchzuführen. Nur wenn aus den Ergebnissen dieser Vorerkundung Anhaltspunkte für eine Kontamination des Bodenmaterials, d.h. Schadstoffgehalte oberhalb des Hintergrundwertes (LABO 1995) abgeleitet werden können, ist eine Untersuchung erforderlich. Die Verdachtsfälle werden in folgende Fall-

Tabelle 1

Verwertungsklassen in Abhängigkeit vom Gehalt an Schadstoffen nach LABO (1997) und DIN (1998).

Verwertungsklasse	Schadstoffgesamtgehalte unterhalb:
0 uneingeschränkt geeignet	Hintergrundwert*
1 eingeschränkt geeignet	Anforderungen potentieller Nutzungen und Schutzgüter**

* Länderspezifische Werte, z.B. tongehalts- bzw. gesteinsbezogene Hintergrundwerte (LABO 1995)

** Bodenwerte der Klärschlammverordnung, Z1.1-Bodenwerte der LAGA (1994) für Thallium, PAK, PCB und Mineralöl-KW

Tabelle 2

Verwertungsklassen in Abhängigkeit von Bodenart und Grobbodenanteil (LABO 1997).

Verwertungsklasse*	Bodenartenhauptgruppen des Feinbodens	Grobbodenanteil (Vol-%)**
A, besonders geeignet	Schluffe, Lehme	
B, geeignet	Sande	
C, eingeschränkt geeignet	Tone	
a, besonders geeignet		< 1 %
b, geeignet		1 - 10%
c, eingeschränkt geeignet		10 - 30 %

** Als Grobboden werden Korngrößen > 2 mm Ø gekennzeichnet. Beträgt die maximale Korngröße weniger als 20 mm Ø, kann dies zu einer höheren Einstufung führen. Bodenmaterial mit Blöcken > 200 mm Ø ist ungeeignet.

gruppen unterschieden und lösen auf jeden Fall eine Untersuchung aus:

- Betriebsverdachtsflächen (einschl. Altlasten),
- Ausbringungsflächen für Abfälle,
- Rieselfelder,
- Immissionsexponierte Lage (z.B. Straßenrand, Waldstandorte),
- Überschwemmungsflächen, Gewässersedimente,
- Geologische Sonderstandorte,
- (Historische) Bergbaustandorte,
- Flächen mit Intensivnutzungen,
- Klein- und Hausgärten, Reb- und Hopfenanlagen.

Vorgaben zur Probennahme wie sie z.B. das LABO-Regelwerk (1997) enthält, sollen sicherstellen, daß mit den entnommenen Proben der zu beurteilende Boden bzw. das Bodenmaterial repräsentiert wird.

Die für die weitere Bewertung notwendigen Prüfkriterien können entweder anhand aussagekräftiger Unterlagen bei gleichzeitiger Überprüfung der Angaben vor Ort oder durch Untersuchungen ermittelt werden. Untersuchungen des Bodenmaterials sollten nach Möglichkeit vor dem Ausbau stattfinden.

4. Einstufung des Bodenmaterials

Eine Verwertung von Bodenmaterial setzt immer voraus, daß dessen Eignung, aber auch die des Bodens am Aufbringungsort, entsprechend der genannten Verwertungsgrundsätze nachgewiesen wird. Die Regelwerke sehen hierfür Prüfkriterien vor, um die chemische, physikalische und ggf. biologische Beschaffenheit der Böden zu ermitteln und zu bewerten.

Abbildung 1

Unzulässige Geländeauffüllung eines Niedermoorstandortes mit Lößmaterial. Moorböden weisen eine besondere Ausprägung der Funktion "Standort für natürliche Vegetation" auf. Auffüllungen beeinträchtigen diese Funktion erheblich oder nachhaltig (Foto: HEINRICHSMEIER).



Abbildung 2

Unsachgemäße Geländeauffüllung einer Streuobstwiese. Das Bodenmaterial ist nicht kulturfähig (Steinanteil) und der humose Oberboden wurde vor der Aufbringung nicht entfernt (Foto: PODDING).

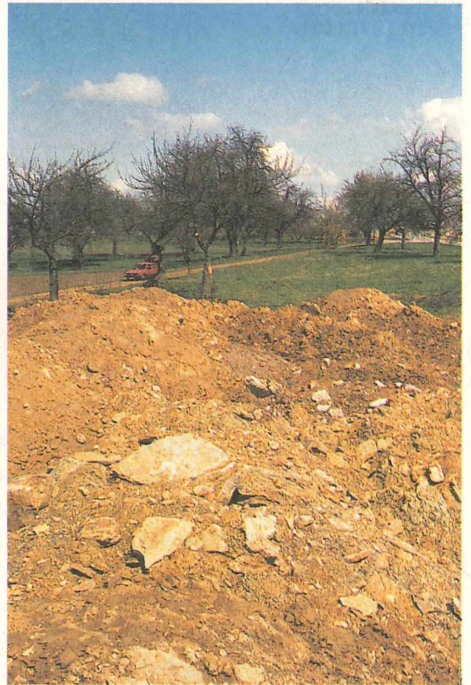


Abbildung 3

Fachgerechte Rekultivierung einer Kiesgrube zur Wiederherstellung der Böden mit ihren natürlichen Funktionen. Entspricht den Zielen des Bodenschutzes (Foto: HEINRICHSMEIER).



Schadstoffe

Prüfkriterien sind die Gesamtgehalte an anorganischen und organischen Schadstoffen. Zu deren Bewertung sind zusätzlich pH-Wert sowie die Tongehaltsgruppe (Bodenart) zu ermitteln. Im Verwaltungsvollzug ist zur Prüfung von Vorha-

ben zur Bodenmaterialverwertung eine übersichtliche Darstellung der Eignung des Bodenaushubs (Klassifizierung) hilfreich.

In Abhängigkeit vom Schadstoffgesamtgehalt unterscheiden die Regelwerke zwei Verwertungsklassen (vgl. Tab. 1), "uneingeschränkt geeignet" und

Tabelle 3

Mögliche Kombinationen von Bodenmaterial und Boden am Aufbringungsstandort.

		Verwertungsklasse des Bodens									
		Schadstoffgehalt		Bodenartenhauptgruppe				Grobbodenanteil			
		VW0	VW1	A	B	C	a	b	c		
Verwertungs- klasse des Bo- denmaterials	VW0	+	+	A	+	+	+	a	+	+	+
	VW1	-	+	B		+	+*	b		+	+
				C			+	c			+

Dabei ist: + zulässige Kombination

- Kombination ausgeschlossen

Das Aufbringen von Bodenmaterial der Bodenartenhauptgruppe "Sand" auf "Ton" ist auf eine Mächtigkeit von 20 cm zu begrenzen und nachfolgend einzuarbeiten.

"eingeschränkt geeignet"

Eine unter dem Schadstoffaspekt uneingeschränkte Verwertungsqualität liegt vor, wenn der ermittelte Schadstoffgehalt unterhalb des jeweiligen von den Ländern festgelegten Hintergrundwertes (LABO 1995), d.h. in der Verwertungsklasse 0 liegt.

Eine unter dem Schadstoffaspekt eingeschränkte Verwertungsqualität (Verwertungsklasse 1) liegt vor, wenn der ermittelte Schadstoffgehalt den Hintergrundwert überschreitet aber die Bodenwerte der Klärschlammverordnung noch eingehalten werden.

Physikalische Materialbeschaffenheit

Die Eignung des Bodenmaterials wird neben seinen Schadstoffgehalten auch von seinem Wasserhalte- und Infiltrationsvermögen, der Luftkapazität, dem Sorptionsvermögen und auch von seiner Bearbeitbarkeit bestimmt. Zur Beschreibung dieser Eigenschaften sind bei allen Regelwerken folgende Prüfkriterien genannt:

- Humusgehalt (Ober- oder Unterboden),
- Bodenart (Sand, Schluff, Ton),
- Grobbodenanteil (Kies, Grus, Steine),
- Bodenfremde Bestandteile (Bauschutt, Straßenaufbruch usw.),
- Vernässungsmerkmale (Naßbleichung und Rostfleckigkeit sowie Auftreten von Grund- und Stauwasser).

Darüberhinaus können weitere Prüfkriterien (z.B. Lagerungsdichte bei Bodenaushub aus verdichteten Böden von Baustraßen etc.) berücksichtigt werden. In die Bewertung gehen zunächst die Prüfkriterien Bodenart und Grobbodenanteil ein. Hier werden

drei Verwertungsklassen unterschieden (vgl. Tab. 2). Insbesondere die Prüfkriterien Humusgehalt und Vernässungsmerkmale können zur Einstufung in eine andere Verwertungsklasse führen.

5. Eignung des Verwertungsstandortes

In den Regelwerken, z.B. (LABO 1997) werden Tabuflächen aufgelistet, die grundsätzlich nicht mit Bodenmaterial überschüttet werden dürfen:

- Böden mit bereits hohem Ertragspotential, die durch Aufbringung von Bodenmaterial nicht mehr verbessert werden können. Auch durch das Aufbringen von Bodenmaterial auf Böden, bei denen ein durchwurzelbares Bodenprofil von mehr als 2,0m Gesamtmächtigkeit entsteht, wird kein weiterer Nutzen mehr erzielt. Solche Aufschüttungen stellen daher keine Bodenverbesserung dar. Böden mit besonderer Ausprägung der Funktion "Standort für natürliche Vegetation", z.B. bestimmte Böden mit geringer nutzbarer Feldkapazität (u.a. Trockenrasen- und Halbtrockenrasenstandorte) oder Anmoore und Moore.
- Böden mit besonderer Bedeutung als landschafts- und kulturgeschichtliche Urkunden, z.B. Paläoböden oder seltene geomorphe Strukturen.

Darüberhinaus wird auf rechtlich ausgewiesene Schutzflächen, z.B. Wasserschutzgebiete und Naturschutzgebiete hingewiesen, die gleichfalls als Verwertungsstandort ausgenommen sind.

Im Bewertungsablauf wird auch der Boden am Verwertungsort einbezogen. Dabei wird analog zum

Tabelle 4

Umlagerungseignung (Mindestfestigkeit) von Böden in Abhängigkeit vom Feuchtezustand (LABO 1997).

Umlagerungseignung	Feuchtezustand nicht bindiger und schwach bindiger Böden (< 17% Ton)	Konsistenz* bindiger Böden (>17% Ton)
optimal	trocken (staubig) bis schwach feucht (Probe wird bei Wasserzugabe dunkler)	halbfest
tolerierbar	feucht (Finger werden etwas feucht, Probe wird bei Wasserzugabe nicht dunkler)	steifplastisch
unzulässig	stark feucht (Wasseraustritt beim Klopfen) bis naß (Boden zerfließt)	weich bis breiig

* Ermittlung der Konsistenz nach "Bodenkundliche Kartieranleitung" (Tab. 31, S. 122) durch einfache Feldansprache

Bodenmaterial verfahren und der Boden in Verwertungsklassen nach Tabelle 1 und 2 eingestuft.

Die Aufbringung von Bodenmaterial auf Böden wird nur bei ähnlicher chemischer und physikalischer Beschaffenheit zugelassen (Grundsatz: "Gleiches zu Gleichem"). Eine unter dem Schadstoffaspekt uneingeschränkte Verwertung ist beispielsweise möglich, wenn der Schadstoffgehalt im aufgebrachten Bodenmaterial die des "Empfänger"-Bodens nicht überschreitet bzw. der Verwertungsklasse des "Empfänger"-Bodens entspricht. Eine Verschlechterung von Böden mit Bodenmaterial "niedriger" Verwertungsklasse ist nicht zulässig. Ausgehend von diesem Grundsatz kann z.B. im LABO-Regelwerk (1997) anhand einer Übersichtstabelle (vgl. Tabelle 3) abgeprüft werden, ob die geplante Kombination von Bodenmaterial und Boden bezüglich der Prüfkriterien Schadstoffgehalt, Bodenart und Grobbodenanteil zulässig ist.

6. Grundsätze der technischen Durchführung

Der Umgang mit Bodenmaterial ist mit Gefahren für das Bodengefüge verbunden, die in den genannten Regelwerken skizziert werden:

Mechanische Einwirkungen bei der Umlagerung führen je nach Gefügestabilität (abhängig von Bodenart, Bodengefüge, Bodenfeuchte) des Bodenaushubs und des zu meliorierenden Bodens zu Gefügeveränderungen. Diese äußern sich vor allem in einer Verringerung des Porenvolumens, einer Änderung der Porengrößenverteilung und einer Unterbrechung der Porenkontinuität (Verdichtung). Dadurch wird der Wasser- und Lufthaushalt sowie die Durchwurzelbarkeit beeinträchtigt und die Verschlammungs- und Erosionsneigung (Erodierbarkeit) der Böden verstärkt. Die Regenerationsfähigkeit des Bodengefüges ist begrenzt. Schädliche Gefügeveränderungen insbesondere des Unterbodens können daher irreversibel sein.

Um das Ausmaß und die Intensität von Verdichtungen auf das unvermeidbare Maß zu beschränken,

werden in den Regelwerken drei wesentliche Anforderungen formuliert, bei deren Beachtung Schäden weitgehend vermeidbar sind:

1. Bei der Umlagerung ist der Feuchtezustand bzw. die Konsistenz (Wassergehalt) des Bodens zu beachten. Nur Böden mit einer geeigneten "Mindestfestigkeit" können ausgebaut werden. Nach nassen Witterungsperioden müssen daher die Böden ausreichend abgetrocknet sein. Anhaltspunkte für die Umlagerungseignung des Bodens gibt die Tabelle 4.
2. Die Umlagerung von Bodenmaterial hat mit geeigneter Technik zu erfolgen. Der frisch geschüttete Boden oder das Zwischenlager darf z.B. nicht mit Radfahrzeugen befahren werden.
3. Zur Wiederherstellung und Sicherung von Gefügestabilität und Porenkontinuität der frisch geschütteten Böden (mechanische Belastbarkeit, Erosionswiderstand) sind geeignete Nachsorgemaßnahmen (Bewirtschaftungsauflagen) zu ergreifen.

7. Schlußfolgerungen

Der Ausschluß von ungeeignetem Bodenmaterial, die Beschränkung von Geländeauffüllungen auf verbesserungsfähige Standorte und der schonende Umgang mit Böden und Bodenmaterial bei Ausbau und Wiederverwendung ist zur Vermeidung von Boden- und Umweltbelastungen sowie zur Erhaltung der Ressource Boden unverzichtbar.

Bei Berücksichtigung der in den Technischen Regelwerken festgelegten Vorgaben läßt sich dieser Anspruch weitgehend umsetzen. Den Genehmigungsbehörden wird damit ein bundeseinheitlicher fachlicher Maßstab bei der Bewertung von Vorhaben zur Geländeauffüllung und Rekultivierung an die Hand gegeben. Die konkreten Vorgaben führen zu weniger Abstimmungsaufwand innerhalb des Genehmigungsverfahrens und tragen somit zu deren Beschleunigung bei.

Aber auch der potentielle Antragsteller kann sich umfassend über die konkreten fachlichen Anforderungen informieren - dies schafft mehr Transparenz im Genehmigungsverfahren. Entscheidungen bei Auffüllungen werden dadurch für den Antragsteller berechenbarer; dies gibt ihm mehr Sicherheit, und die Bereitschaft, diesen Verwertungsweg zu beschreiten, wird gesteigert. Der Grundstückseigentümer und Landwirt kann damit auch bereits im Vorfeld einer Antragsstellung das ihm angediente Bodenmaterial auf die versprochene Qualität und Bodenverbesserungswirkung überprüfen.

Die Wirksamkeit dieser Instrumente setzt allerdings eine breite Akzeptanz bei den betroffenen Bauunternehmen, Landwirten und auch Genehmigungsbehörden voraus, da eine vollständige Überwachung aller Verwertungsvorhaben durch die zuständigen Behörden aufgrund des fehlenden und derzeit noch weiter reduzierten Fachpersonals von vornherein ausscheidet.

Hierzu ist es notwendig, die fachlichen Anforderungen an Untersuchung, Bewertung und technische Durchführung übersichtlich und praktikabel zu gestalten und entsprechend dem Grundsatz der Verhältnismäßigkeit auf allzu detaillierte Regulierungen zu verzichten. Die Zukunft wird zeigen, ob dies mit den vorgestellten Technischen Regelwerken gelungen ist.

8. Zusammenfassung

Bodenmaterial, das bei Baumaßnahmen anfällt, stellt eine wertvolle und nicht erneuerbare Ressource dar. Sinnvolle Verwertungsmaßnahmen ermöglichen die Erhaltung dieses natürlichen Rohstoffs. Von Bedeutung ist vor allem der Einsatz in der Rekultivierung von Rohstoffabbaustätten und bei Geländeauffüllungen zur Verbesserung der Böden in ihrer Leistungsfähigkeit.

Fachliche Bewertungshilfen in Form Technischer Regelwerke oder Normen sollen den Rekultivierungs- bzw. Bodenverbesserungserfolg sicherstellen. Darin werden die Eignung des Bodenmaterials, die Eignung des Verwertungsortes bzw. des dort vorhandenen Bodens und der Umgang mit Bodenmaterial geregelt.

Anmerkung

Bei dem Beitrag handelt es sich um einen Abdruck aus FELIX-HENNINGSSEN, P & H.-R. WEGENER (Hrsg., 1997): Boden und Landschaft.- Schriftenreihe zur Bodenkunde, Landeskultur und Landschaftsökologie, Bd. 17 (Festschrift für Prof. Dr. T. Harrach), Justus-Liebig-Universität Gießen, mit freundlicher Erlaubnis der Herausgeber.

Literatur

- DIN 19731 (1998):
Verwertung von Bodenmaterial.- Beuth Verlag, Berlin.
- ISO CD 15176 (1997):
Requirements for characterisation of excavated soil and soil materials for re-use.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL (LAGA, 1994):
Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen Technische Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Hrsg.).- In: Technische Vorschriften für die Abfallbeseitigung, Nr. 40200, Erich Schmidt, Berlin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT BODEN (LABO, 1995):
Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.- H. 4 der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz. Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.), München.
- (1997):
Anforderungen an die Verwertung von kultivierbarem Bodenmaterial. Empfehlungen zu Technischen Regeln aus der Arbeit der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz.- Bearbeiter: KOHL, R.; C.-G. BANNICK & H. MEYER-STEINBRENNER. In: Bodenschutz, ergänzbares Handbuch, 24. Lfg. IX/97. E.Schmidt, Berlin.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (UM, 1991):
Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodens bei Flächeninanspruchnahmen.- H. 10 der Reihe "Luft, Boden, Abfall" des Umweltministeriums Baden-Württemberg (Hrsg.), Eigenverlag, Stuttgart.
- (1993):
Technische Verwertung von Bodenaushub.- H. 24 der Reihe "Luft, Boden, Abfall" des Umweltministeriums Baden-Württemberg (Hrsg.), Eigenverlag, Stuttgart.
- (1994):
Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub.- H. 28 der Reihe "Luft, Boden, Abfall" des Umweltministeriums Baden-Württemberg (Hrsg.), Eigenverlag, Stuttgart.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. agr. Raimund Kohl
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Griesbachstraße 1
D-76185 Karlsruhe

Möglichkeiten standortangepaßter Bodennutzung und Hinweise zu ihrer Berücksichtigung in naturschutzrelevanten Planungen

Günther POMMER

Einleitung

Die standortangepaßte Bodennutzung in der Landwirtschaft verfolgt zwei Ziele. In der Produktionstechnik der Landwirtschaft bewirkt sie hohe und sichere Erträge bei vergleichsweise geringen Kosten. Außerdem führt sie zu umweltschonenderen Verfahren, insbesondere in Hinblick auf den Bodenschutz.

Mit standortangepaßter Bodennutzung können die Bodenfunktionen als

- Standort für die Pflanzenproduktion,
- Filter, Puffer und Reaktor für Stoffe,
- Lebensraum von Mikroben, Pflanzen, Tieren und Menschen

erhalten oder verbessert werden. Die Umsetzung einer standortangepaßten Bodennutzung erfolgt entweder auf dem Wege der Planung oder über die Beratung. Im nachfolgenden wird übersichtsweise berichtet, welche Möglichkeiten hier gegeben sind und wie diese bereits genutzt werden.

1. Standortangepaßte Bodennutzung zur Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit

In Bayern gibt es sowohl eine große Vielfalt an Böden als auch an Landschaften mit unterschiedlichster Reliefgestaltung. Beides hat einen starken Einfluß auf die standortangepaßte Bodennutzung. Auch Klimaunterschiede wirken darauf ein.

1.1 Planungsrelevante Verfahren

Für die Bodenfunktion "Erhaltung und Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit" stehen eine Reihe planungsrelevanter Verfahren zur Verfügung.

1.1.1 Erosionsschutz

Von der Bodenerosion durch Wasser geht in Bayern die größte Gefährdung für die Bodenfruchtbarkeit aus. In der Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBP) wurde ein Verfahren entwickelt, das die Erosionsgefährdung von Agrarlandschaften kartographisch in Form von Erosionsprognosekarten darstellt. Abbildung 1 zeigt das Beispiel einer solchen Erosionsprognosekarte. Damit wird es für die Planung möglich

für stark gefährdete Flächen eine andere Nutzung vorzusehen; zumeist wird dies Grünland sein;

Erosionsschutzmaßnahmen, wie die Mulchsaat, vorzusehen;
die Schlaglängen zu begrenzen und Raine einzuplanen.

Die Erosionsprognosekarten werden von den Sachgebieten 1.3 der Ämter für Landwirtschaft und Ernährung in die Verfahren der ländlichen Neuordnung eingebracht. Ihre Anwendung in anderen Bereichen ist vorstellbar.

Für die Voraussage von kleinflächigen Erosionsgefährdungen (Schläge, maximal Gewanne) wurde von der LBP ein DV-Programm erarbeitet, das auch Vorschläge zum Erosionsschutz enthält. Dieses für die Beratung vorgesehene Programm könnte bei Bedarf auch einer weiteren Anwendung zugeführt werden.

1.1.2 Nutzung von Tallagen oder Flächen mit hohem Grundwasserstand

Überschwemmungsgefährdete Tallagen oder Flächen mit hohem Grundwasserstand sollten als Grünland genutzt werden. Eine derartige Nutzungsänderung kann das Einkommen betroffener Landwirte deutlich schmälern. Ausgleiche sind möglich über das Kulturlandschaftsprogramm oder durch Wertabschläge in Verfahren der ländlichen Entwicklung.

1.1.3 Nutzung von Mooren

Auch Moore sollten, soweit sie in der landwirtschaftlichen Nutzung bleiben, als Grünland genutzt werden. Die Moorsackung beträgt im Ackerbau 2,0-2,5cm je Jahr, auf Grünland nur 1,0-1,3cm. Bezüglich der Einkommenssituation der Landwirte gilt das oben gesagte.

1.2 Beratungsrelevante Verfahren

Produktionstechnische Maßnahmen, die wesentlich zu einer standortangepaßten Bodennutzung beitragen können, sind zumeist nicht über die Planung in die Wege zu leiten, sondern mittels Beratung den Landwirten zu vermitteln.

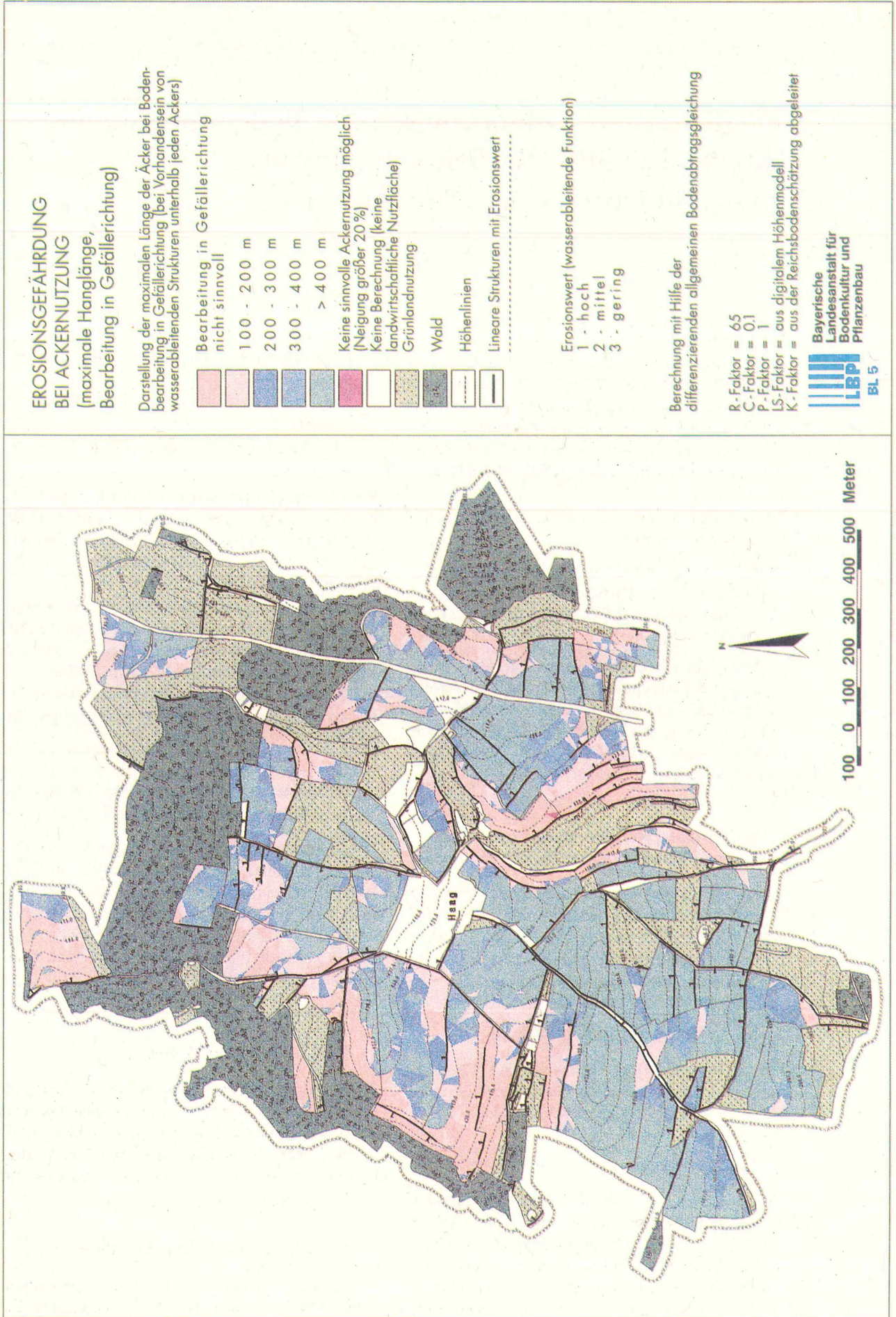


Abbildung 1

Erosionsgefährdung bei Ackernutzung - Beispiel einer Erosionsprognose in einem Testgebiet.

Tabelle 1

Richtwerte für Fruchtfolgeanteile wichtiger Feldfrüchte.

Halmfrüchte		Blattfrüchte		Mais	
Winterweizen	33 %	Kartoffel	33 %	Silomais	50 %
Wintergerste	67 %	Betarübe	33 %	Körnermais	66 %
Winterroggen	67 %	Winterraps	25 %		
Sommerweizen	33 %	Rotklee	17 %		
Sommergerste	50 %	Kleegras	33 %		
Hafer	25 %	Grassamen	33 %		
		Feldgemüse	33-50%		
Weizen und Gerste	67 %	Betarüben und Cruziferen	33 %		
Getreide mit Hafer bzw. Roggen	75 %	Großkörnige Leguminosen	25 %		

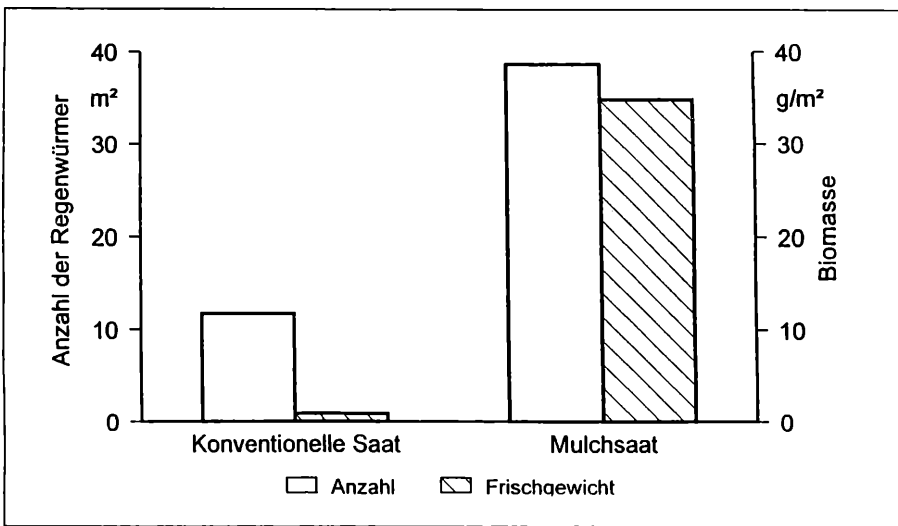


Abbildung 2

Anzahl und Biomasse von Regenwürmern nach unterschiedlicher Bodenbearbeitung (BRUNOTTE ET AL. 1992).

1.2.1 Fruchtfolgegestaltung

Mit einer ausgewogenen Fruchtfolgegestaltung kann mehrfach die Bodenfruchtbarkeit gefördert werden. Die Versorgung des Bodens mit organischer Substanz und damit sein Humusstatus, Phasen der Bodenruhe, die die Bodenfauna begünstigen, Unkraut-, Krankheits- und Schädlingsdruck mit der Folge verstärkter Pflanzenschutzmaßnahmen, Möglichkeiten der natürlichen Bodenstrukturverbesserung werden durch Fruchtfolgen beeinflusst. Eine getrennte Fruchtfolgegestaltung im Betrieb kann sicherstellen, daß erosionsgefährdete Fruchtarten nicht in Erosionslagen angebaut werden. Aus diesen Gründen hat die LBP für die Beratung der Landwirte Richtwerte für die Fruchtfolgegestaltung entwickelt (vgl.Tab. 1).

1.2.2 Flächenstilllegung

Die Flächenstilllegung, die inzwischen im Umfang zurückgenommen wurde, bietet den Landwirten

Gelegenheit, ihre Fruchtfolgen mit der günstigsten Fruchtart, dem Kleegras, aufzulockern. Diese Vorgehensweise verbessert die Bodenfruchtbarkeit und ist dort zu bevorzugen, wo einseitige Fruchtfolgen vorliegen und keine seltenen Segetalarten zu schützen sind.

1.2.3 Bodenverdichtung

Bodenverdichtung tritt in Bayern vor allem auf den empfindlichen Lößböden auf. Besonders ungünstig sind die schwer behebbaren Verdichtungen des Unterbodens. Sorgen bereitet hier der zunehmende Einsatz von Großmaschinen mit hohen Achslasten.

Die LBP hat ein Forschungsprogramm über mögliche Druckschäden von Großmaschinen begonnen. Mittelfristiges Ziel ist die Festlegung bodenspezifischer Richtwerte der Befahrbarkeit und Belastbarkeit.

Tabelle 2

Tolerierbarer Viehbesatz in GV/ha LF begillbarer Fläche (berechnet nach Faustzahlen).

Bodennutzung	Betriebssystem			Nährstoffabfuhr (kg/ha)			tolerierbarer Viehbesatz:GV/ha LF aufgrund des Nährstoffbedarfes		
	Viehhaltung	Fruchtfolge (je Drittel)	Ertrag dt bzw.KStE/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ackerbau	Mastbullen	Silomais	8000 - 11000	130 - 175	57 - 77	95 - 29	2,0 - 2,7	2,2 - 3,0	1,3 - 1,8
		Winterweizen Wintergerste	60 - 80 60 - 80						
	Milchkühe	Silomais	8000 - 11000	130 - 175	57 - 77	95 - 129	2,0 - 2,7	2,1 - 2,8	1,2 - 1,6
		Winterweizen Wintergerste	60 - 80 60 - 80						
		Mastschweine (2,5 Umtriebe) (0,13 GV)	Körnermais Winterweizen Wintergerste						
Zuchtschweine mit 20 Ferkel (0,46 GV)	Körnermais Winterweizen Wintergerste	80 - 110 60 - 80 60 - 80	110 - 143	53 - 69	37 - 49	1,5 - 2,0	1,3 - 1,7	1,1 - 1,4	
Legehennen	Körnermais Winterweizen Wintergerste	80 - 110 60 - 80 60 - 80	110 - 143	53 - 69	37 - 49	0,6 - 0,8	0,5 - 0,6	0,6 - 0,8	
Grünland	Milchkühe	3- 5-malige Nutzung		180 - 300	70 - 110	210 - 330	2,2 - 3,6	1,8 - 2,8	1,3 - 2,0

1.2.4 Bodenbearbeitungsverfahren

Intensive Bodenbearbeitung mit dem Pflug behebt Bodenverdichtungen, führt aber zu Humusabbau und Schädigung der Bodenfauna. Angestrebt werden gemischte Verfahren, die die besten Voraussetzungen für die Bodenfruchtbarkeit mit sich bringen (s. auch Abb. 2).

2. Standortangepaßte Bodennutzung zur Verbesserung der Filter- und Pufferfunktion der Böden

Das Filterungs- und Pufferungsvermögen der Böden hängt vorwiegend von ihrer geologischen Herkunft ab. Durchlässige, ton- und humusarme Böden oder Böden über Klüften sind weniger leistungsfähig. Ihre Filter- und Pufferkapazität wird schneller überschritten. Um Belastungen anderer Umweltbereiche zu vermeiden, müssen auf solchen Standorten low-input Verfahren bevorzugt werden und muß auf möglichst ausgeglichene Nährstoffkreisläufe geachtet werden. Mit ackerbaulichen Maßnahmen, die eine neutrale Bodenreaktion bewirken, die Versorgung mit organischer Substanz sichern und Phasen der Bodenruhe einschalten, kann das Pufferungs- und Filtervermögen in begrenztem Umfang verbessert werden.

2.1 Planungsrelevante Verfahren

Mit der Planung ist allein die Nutzungsart zu beeinflussen.

2.1.1 Beeinflussung der Nutzungsart

Durchlässige Böden, insbesondere in Verbindung mit geringen Niederschlägen, belasten die Umwelt mit Nitrat und Pflanzenschutzmitteln (PSM) unter Ackernutzung stark, jedoch unter Grünlandnutzung kaum. Daher ist bei Planungen auf solchen Stand-

orten die Grünlandnutzung zu bevorzugen. Dabei soll nicht verschwiegen werden, daß gerade unter den genannten Bedingungen das Grünland ein sehr geringes Einkommen abwirft, so daß die Honorierungssätze im von der Landwirtschaftsverwaltung aufgelegten Bayerischen Kulturlandschaftsprogramm (KuLaP) für eine Entschädigung nicht ausreichen. Bei Wasserknappheit kann es auch zu Konflikten mit der Grundwasserneubildung kommen.

Mit weniger Schwierigkeiten sind Verbesserungen zu erreichen durch die Vermeidung betriebsmittelintensiver Nutzungsarten (Gemüsebau, Frühkartoffel, Aufmischweizen) und durch die Bevorzugung extensiver Früchte (Braugerste, Futterbau) oder Anbauverfahren (Ökologischer Landbau). Vor einer Nutzungsänderung in Grünland sollte zuerst dieser Weg ins Auge gefaßt werden.

2.2 Beratungsrelevante Verfahren

Für diese Bodenfunktion gibt es mehrere Ansätze in der Beratung.

2.2.1 Ausgeglichene Nährstoffsalden

Düngung nach Bedarf, unter voller Berücksichtigung der organischen Dünger, bewirkt möglichst ausgeglichene Nährstoffsalden. Diese Vorgehensweise ist durch die Düngeverordnung inzwischen Vorschrift. Für die in der Düngeverordnung vorgesehenen Berechnungen der Nährstoffsalden stehen Datenverarbeitungsprogramme zur Verfügung. Eine optimale Ausbringung der Gülle setzt genügend Lagerraum voraus. Der Bau von Güllegruben wurde über viele Jahre von Bayern subventioniert.

2.2.2 Gezielter Pflanzenschutz

Um Pflanzenschutzmittel nur bei Bedarf einzusetzen, wurden bei den wichtigsten Fruchtarten Scha-

Tabelle 3

Zielgrößen für die Ausstattung mit Vorrangräumen für den Artenschutz.

Regionale Erzeugungsbedingungen	Ausstattung mit Vorrangflächen für den Artenschutz	
	mindestens	Zielgröße
Sehr gut - gut	3,5 %	5 %
Mittel	7 %	10 %
Schlecht	10 %	15 %

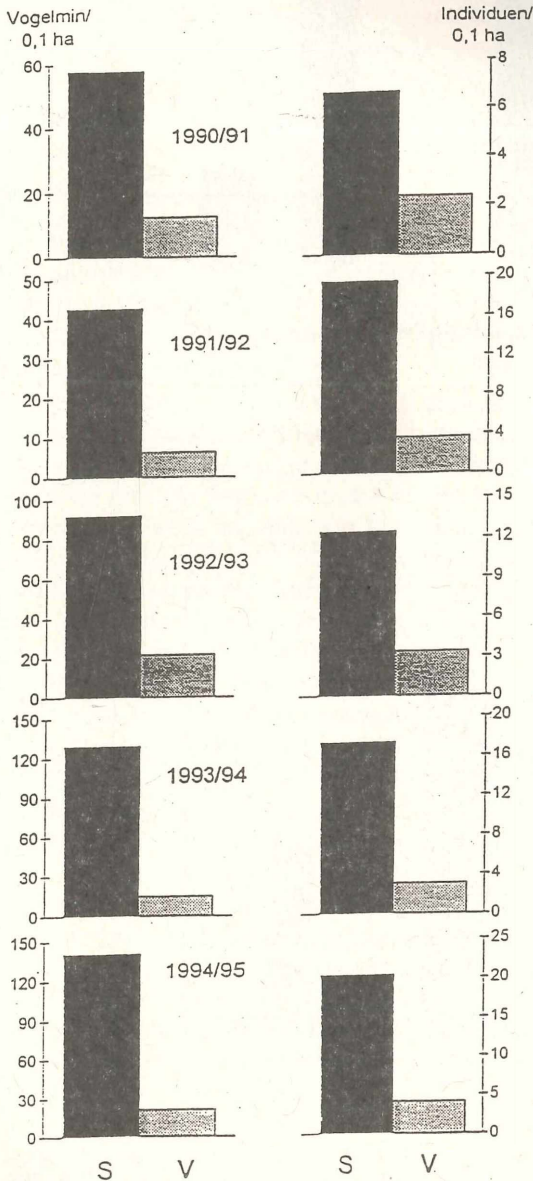


Abbildung 3

Nutzung von Stoppelbrachen (S) und Vergleichsflächen (V) durch Vögel.

dens- und Bekämpfungsschwellen erarbeitet. Diese gilt es durch Beratung möglichst breit in der Praxis einzuführen.

2.2.3 Humusversorgung, pH-Wert

Eine gute Humusversorgung und eine möglichst neutrale Reaktion des Bodens verbessern sein Puf-

fer- und Filtervermögen. Um die Humusversorgung zu kontrollieren, wurde von der LBP eine Methode zur Humusbilanzierung in der Beratung eingeführt. Die Bestimmung des pH-Wertes und eine Empfehlung zu seiner Regulierung sind Gegenstand jeder Bodenuntersuchung und der aus ihren Ergebnissen abgeleiteten Düngeempfehlung.

2.2.4 Flächenbindung der Tierhaltung

Die Flächenbindung der Tierhaltung - ein Betrieb darf nur so viele Tiere haben, daß die Nährstoffe ihrer Ausscheidungen auf den von ihm genutzten Flächen mit der Ernte entzogen werden können - ist eine Grundvoraussetzung zur Verhinderung von hohen Nährstoffüberschüssen, die das Puffer- und Filtervermögen der Böden überfordern. Indirekt ist diese Flächenbindung in den Nährstoffgrenzen der Düngeverordnung enthalten. Sie läßt sich aber auch direkt in Viehbesatzobergrenzen ausdrücken. Eine entsprechende Unterlage wurde von der LBP erarbeitet (Tab. 2).

Sie ist u.U. auch planungsrelevant, wenn die genannten Grenzen bei der Planung des Neubaus von Stallungen berücksichtigt werden. Allerdings muß dabei das vorgesehene Wachstum eines Betriebes mit einbezogen werden.

3. Standortangepaßte Bodennutzung zur Erhaltung und Verbesserung der Funktion als Lebensraum

Boden ist ein vielseitiger Lebensraum. Im Boden leben Mikroben und Bodentiere, am bekanntesten davon ist der Regenwurm. Auf dem Boden befinden sich Pflanzen und Tiere, die dort ihren Lebensraum haben oder in der Nahrungsversorgung von ihm abhängen, letzteres gilt auch für den Menschen.

3.1 Planungsrelevante Verfahren

3.1.1 Artenschutz

Für den Rückgang an Artenvielfalt gilt als Hauptverursacher die Landwirtschaft. Daran waren Meliorationen oder Kultivierungen von vormaligen Ödflächen, Tümpeln u.a., die Aufgabe extensiver Nutzungsformen und die Intensivierung der Nutzung an sich beteiligt. Eine Umkehrung dieser bedauerlichen Entwicklung kann nur erreicht werden, wenn für gefährdete Arten wieder mehr Lebensräume geschaffen werden. Ziel ist dabei, das standorttypische Arteninventar wieder herzustellen.

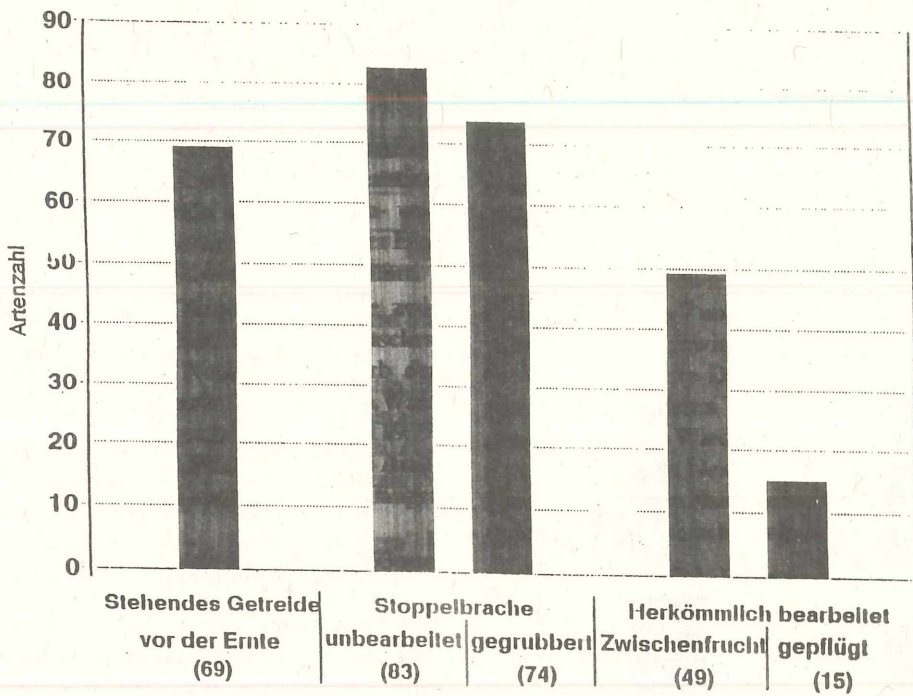


Abbildung 4

Summen der beobachteten Ackerwildpflanzenarten bei den Stoppelbracheversuchen.

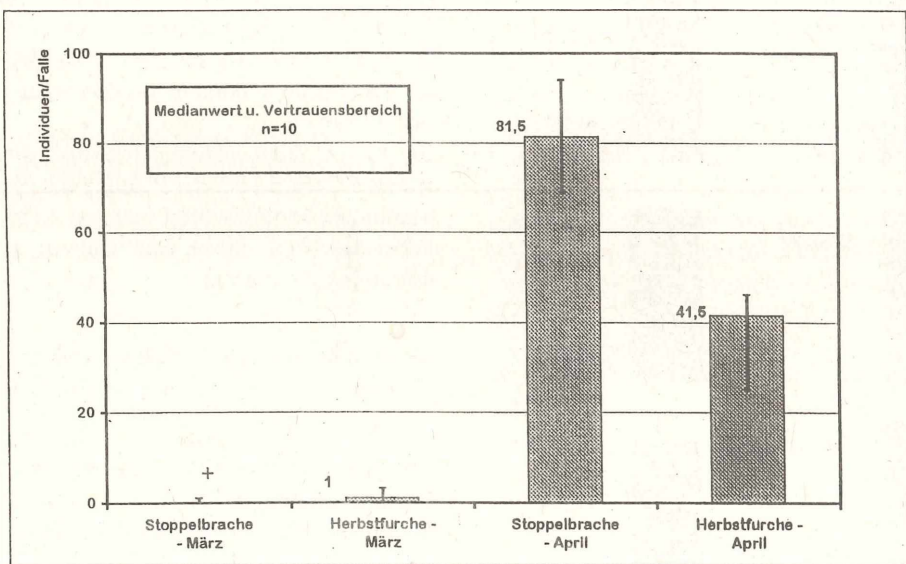


Abbildung 5

Mittlere Laufkäfer-Aktivitätsdichte auf einem Stoppelbrache-Herbstfurcheflächen-Vergleichspaar (Vergleichs-Flächenpaar 9, 1993).

Aus diesem Grunde und aus Gründen der Durchsetzbarkeit bei den Landwirten muß eine regional-spezifische Regelung für den erforderlichen Bestand an Lebensräumen gefunden werden.

Ein entsprechender Vorschlag der LBP in Anlehnung an HABER sieht die in Tabelle 3 genannten Werte als allmählich zu erreichende Zielgrößen vor. Falls diese Werte anderweitig akzeptiert werden, könnten sie als Planungsgrundlage dienen.

Um die an eine extensive landwirtschaftliche Nutzung angepaßten Arten zu schützen, müssen ent-

sprechende Nutzungsformen gefördert werden. Dies kann mit dem ökologischen Landbau geschehen oder durch Sonderprogramme des Naturschutzes für spezielle Nutzungen wie Streuwiesen u.a.

3.1.2 Schlaggröße

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft und die steigende Tendenz zu schlagkräftigen und kostensparenden Techniken führen zu einer laufenden Vergrößerung der Ackerschläge. Aus Gründen des Ero-

sionsschutzes, der gezielten Düngung, des Artenschutzes und der Erhaltung des regionaltypischen Landschaftsbildes müssen dieser Entwicklung Grenzen gesetzt werden. Unser Vorschlag lautet:

In Regionen mit hängigem Gelände (durchschnittliche Hangneigung der AF > 4%) eine Begrenzung der Schlaggröße auf max. 10ha, in Regionen mit weitgehend ebenem Gelände (durchschnittl. Hangneigung der AF < 4%) eine Begrenzung der Schlaggröße auf maximal 50ha vorzusehen. Derzeit liegt in Bayern die durchschnittliche Schlaggröße der Betriebe, die eine Schlagkartei führen, bei 3ha.

3.2 Beratungsrelevante Verfahren

3.2.1 Ammoniakabgasung

Die Ammoniakabgasung, die zu mehr als 90% aus der Landwirtschaft stammt, belastet zwar primär die Luft, bewirkt aber dann durch Deposition am Boden etwa die Hälfte der Versauerung und der Stickstoffeutrophierung des Bodens.

Die N-Immissionen betragen in Bayern pro Jahr im Durchschnitt 35kg/ha. Nachdem knapp die Hälfte der Immissionen aus der Landwirtschaft stammen und diese etwa die Hälfte der Bodenoberfläche bewirtschaftet, liegen bei alleiniger Betrachtung des Einflßbereichs der Landwirtschaft vergleichbare Verhältnisse vor. Die "critical loads" für empfindliche Ökosysteme für Stickstoff bewegen sich zwischen 5kg (Moore, Heiden) und 20kg (Laubwald). Damit liegt eine hohe Bodenbelastung vor, die seine Funktion als Lebensraum stark einschränkt.

Bayern hat darauf mit dem Programm "Stickstoff 2000" reagiert. Durch staatliche Honorierungen werden Ansätze zur Minderung der Ammoniakabgasung von der Fütterung über die Lagerung bis zur Ausbringung unterstützt. Dieses Programm hat bei den Landwirten großen Anklang gefunden. Wenn es von den meisten Betrieben übernommen wird, ist eine Halbierung der Ammoniakabgasung erreichbar. Mit dem landwirtschaftlichen Immissionsumfang würden dann zumindest die kritischen Belastungen von Wäldern unterschritten oder gerade erreicht.

3.2.2 Flächenstilllegung

Wie vorher ausgeführt, dient die Rotationsbrache mit Klee gras der Bodenfruchtbarkeit. Rotationsbrachen mit Selbstbegrünung können auf geeigneten Standorten viel zur Erhaltung der Segetalflora beitragen. Auf Standorten mit seltenen Arten können sich

diese mit Selbstbegrünung ein Jahr lang ungestört vermehren und wieder Samenpotential aufbauen.

Da Standorte mit seltenen Arten zumeist auf weniger fruchtbaren Böden vorkommen, bleibt die Gefahr einer starken Verunkrautung mit schwer bekämpfbaren Arten gering. Auf fruchtbaren Standorten führt die Selbstbegrünung nur zur Massenvermehrung von verbreiteten Unkräutern und provoziert einen hohen Herbizideinsatz. Eine gute Beratung der Landwirte bei der Anlage von Stilllegungsflächen kann zum Engagement für den Artenschutz ohne Reue führen.

3.2.3 Stoppelbrache

Die Stoppelbrache das Liegenlassen der Getreidestoppel nach der Ernte bis zur Bestellung im Frühjahr - hat nach unseren Untersuchungen viele günstige Auswirkungen auf den Artenschutz (Abbildungen 3 - 5). Zudem verursacht die Stoppelbrache dem Landwirt keine oder nur geringe Kosten. Diese sehr effiziente Form des Artenschutzes wurde im Bayerischen Kulturlandschaftsprogramm verankert und kann im erforderlichen Umfang honoriert werden. Es ist zu hoffen, daß sie mit Hilfe der Beratung eine starke Verbreitung findet.

Schlußfolgerung

In meinen Ausführungen habe ich bewußt eine Themaabweichung in Kauf genommen. Die Umsetzung von Verfahren der standortangepaßten Bodennutzung zum Zwecke des Bodenschutzes durch die Beratung war bei strenger Auslegung nicht der vorgegebene Inhalt. Ich wollte jedoch zeigen, daß mit naturschutzrelevanten Planungen nur Teilerfolge erzielt werden können. Meines Erachtens stärkere und direktere Erfolge treten ein, wenn solche Verfahren von den Landwirten mit voller Überzeugung übernommen werden.

Hoffentlich war meinen Ausführungen zu entnehmen, daß sich die Landwirtschaftsverwaltung aus eigener Verantwortung um die Verbesserung des Bodenschutzes bemüht und ihre Beratung entsprechend ausrichtet.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Günther Pommer
Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau
Vöttinger Straße 38
D-85354 Freising

