

## **Unterrichtung**

**durch die Bundesregierung**

**Gutachten des wissenschaftlichen Beirats Bodenschutz beim  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit**

**Wege zum vorsorgenden Bodenschutz**

**Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte  
Boden-Vorsorge**



| Inhaltsverzeichnis                                                                                                              | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Tabellenverzeichnis</b> .....                                                                                                | 5     |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....                                                                                              | 6     |
| <b>Vorwort</b> .....                                                                                                            | 9     |
| <b>1 Kurzfassung</b> .....                                                                                                      | 11    |
| <b>2 Leitbilder und Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes</b> .....                                                      | 13    |
| 2.1 Einleitung .....                                                                                                            | 13    |
| 2.2 Zur Funktion des Vorsorgeprinzips im Bodenschutz .....                                                                      | 14    |
| 2.3 Leitbilder und Leitideen zum vorsorgenden Schutz der Böden .....                                                            | 16    |
| 2.4 Grundregeln und Ziele zur Vorsorge im Bodenschutz .....                                                                     | 19    |
| 2.4.1 Bisherige konzeptionelle Ansätze .....                                                                                    | 19    |
| 2.4.2 Konzeption des Beirates zu Grundregeln der Vorsorge .....                                                                 | 19    |
| <b>3 Bisher vorliegende Vorsorgekonzeption des Bundes-Bodenschutzgesetzes</b> .....                                             | 24    |
| 3.1 Besorgnisansatz .....                                                                                                       | 24    |
| 3.2 Fachliche Ansatzpunkte .....                                                                                                | 25    |
| 3.2.1 Langfristigkeit der Auswirkungen .....                                                                                    | 26    |
| 3.2.2 Komplexität der Auswirkungen .....                                                                                        | 27    |
| 3.2.3 Raumbezug der Auswirkungen .....                                                                                          | 28    |
| 3.3 Konzeption der Vorsorge in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung .....                                            | 28    |
| <b>4 Schritte zu einer erweiterten Vorsorge im Bodenschutz</b> .....                                                            | 29    |
| 4.1 Vorbemerkung .....                                                                                                          | 29    |
| 4.2 Auswertung von Erfahrungen aus dem Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes<br>und seines untergesetzlichen Regelwerkes ..... | 30    |
| 4.3 Erweiterung des Vorsorgeansatzes in der bodenschutzrechtlichen Vorsorgekonzeption .....                                     | 30    |
| 4.3.1 Ergänzung der Liste von Vorsorgewerten .....                                                                              | 30    |
| 4.3.2 Boden-Vorsorge hinsichtlich des Schutzes von Grundwasser .....                                                            | 33    |
| 4.3.3 Lebensraumfunktion von Böden .....                                                                                        | 35    |
| 4.3.4 Organische Bodensubstanz .....                                                                                            | 37    |
| 4.3.5 Bodenerosion durch Wasser und Wind .....                                                                                  | 38    |
| 4.3.6 Schadverdichtung von Böden .....                                                                                          | 39    |
| 4.3.7 Entsiegelung .....                                                                                                        | 41    |
| 4.3.8 Versickerung von Regenwasser .....                                                                                        | 42    |
| 4.4 Harmonisierung der bodenbezogenen Anforderungen zur Verwertung von Abfällen .....                                           | 44    |
| 4.4.1 Abfallrechtliche Anforderungen an die Verwertung von Bioabfällen und Klärschlamm .....                                    | 45    |
| 4.4.2 Technische Regelwerke der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall .....                                                          | 47    |
| 4.4.3 Technische Regelwerke der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz .....                                               | 50    |
| 4.4.4 Weitere Regelwerke zur Verwertung von Abfällen .....                                                                      | 51    |

|          |                                                                                            |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5      | Begrenzung der Deposition luftgetragener Schadstoffe zum Schutz des Bodens .....           | 52        |
| 4.6      | Güteanforderungen an im Boden eingesetzte Materialien und Produkte .....                   | 55        |
| 4.6.1    | Bodenmaterial.....                                                                         | 55        |
| 4.6.2    | Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate .....                                    | 55        |
| 4.6.2.1  | Düngemittelrechtliche Vorgaben.....                                                        | 55        |
| 4.6.2.2  | Weitere Güteanforderungen.....                                                             | 57        |
| 4.6.3    | Pflanzenschutzmittel.....                                                                  | 58        |
| 4.6.4    | Bauprodukte.....                                                                           | 59        |
| 4.6.5    | Sonstige Ansätze.....                                                                      | 60        |
| 4.7      | Güteanforderungen an sonstige Materialien und Produkte .....                               | 60        |
| 4.7.1    | Arzneimittel, Tier-Arzneimittel, Futterzusatzstoffe.....                                   | 60        |
| 4.7.2    | Gentechnisch veränderte Organismen und deren Rückstände .....                              | 62        |
| 4.7.3    | Prionen.....                                                                               | 63        |
| 4.8      | Fortentwicklung der Kriterien der „Guten fachlichen Praxis der Bodenbewirtschaftung“ ..... | 64        |
| 4.8.1    | Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft.....                                           | 64        |
| 4.8.2    | Vorsorge-Anforderungen an weitere Bodenbewirtschaftungen.....                              | 67        |
| 4.9      | Vorsorgender Schutz der Archivfunktion und des Bodens als Naturgut.....                    | 67        |
| 4.10     | Einwirkungen durch Verkehr .....                                                           | 70        |
| 4.11     | Boden in der Umweltverträglichkeitsprüfung.....                                            | 71        |
| 4.12     | Bewertung von Böden bei raumbeanspruchenden Maßnahmen .....                                | 73        |
| 4.12.1   | Bodenschutzplanung und Integration in Fachplanungen .....                                  | 73        |
| 4.12.2   | Bodenvorratspolitik .....                                                                  | 76        |
| 4.13     | Rohstofflagerstätten .....                                                                 | 76        |
| <b>5</b> | <b>Akteure im Bodenschutz</b> .....                                                        | <b>78</b> |
| 5.1      | Beziehungsgeflecht der Boden-Vorsorge und „Akteursmanagement“ .....                        | 78        |
| <b>6</b> | <b>Anregungen und Vorschläge zur Umsetzung der Empfehlungen</b> .....                      | <b>81</b> |
| <b>7</b> | <b>Anhang</b> .....                                                                        | <b>82</b> |
| 7.1      | Bodenschutz im internationalen Vergleich .....                                             | 82        |
| 7.1.1    | Einleitung.....                                                                            | 82        |
| 7.1.2    | Bodenbelastungen und nationale Lösungsansätze in Europa.....                               | 82        |
| 7.1.2.1  | Erosion.....                                                                               | 82        |
| 7.1.2.2  | Desertifikation und Bodenverdichtung.....                                                  | 83        |
| 7.1.2.3  | Versiegelung und Flächenverbrauch.....                                                     | 83        |
| 7.1.2.4  | Belastung mit Chemikalien.....                                                             | 83        |
| 7.1.2.5  | Kontaminierte Böden, Altlasten .....                                                       | 84        |
| 7.1.3    | Bodenschutz in der internationalen Umweltpolitik.....                                      | 85        |
| 7.1.4    | Fazit .....                                                                                | 85        |
| <b>8</b> | <b>Quellen</b> .....                                                                       | <b>87</b> |

**Tabellenverzeichnis**

|                                                                                                                                       | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabelle 1: Leitideen und bodenspezifische Aspekte zum vorsorgenden Bodenschutz .....                                                  | 20    |
| Tabelle 2: Einteilung von bodenspezifischen Risikobereichen und von Bodenwerten.....                                                  | 21    |
| Tabelle 3: Übersicht zu den Schnittstellen der Grundregeln zur Boden-Vorsorge mit anderen Sach- und Rechtsbereichen .....             | 23    |
| Tabelle 4: Vorsorgender Bodenschutz als funktions- und wirkungsorientierter Ansatz (Beziehungsgeflecht) .....                         | 24    |
| Tabelle 5: Stoffe mit Maßnahmen- oder Prüfwerten nach BBodSchV .....                                                                  | 31    |
| Tabelle 6: Stoffe mit Vorsorgewerten und Werten für zulässige Zusatzbelastungen nach BBodSchV .....                                   | 31    |
| Tabelle 7: Zulässige Schadstofffrachten nach Abfallrecht.....                                                                         | 46    |
| Tabelle 8: Zuordnungswerte Feststoff der Technischen Regel der LAGA „Boden“ und Vorsorgewerte nach BBodSchV .....                     | 49    |
| Tabelle 9: Tabellenwerte der UVPVwV und aus ihnen nach UVPVwV hervorgehende Vorsorgewerte sowie unbeachtliche Zusatzbelastungen ..... | 72    |
| Tabelle 10: Aufstellung wichtiger Instrumente der Bodenschutz-Vorsorge .....                                                          | 79    |

**Abkürzungsverzeichnis**

|              |                                                                         |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------|
| ABAG         | Allgemeine Bodenabtrags-Gleichung                                       |
| AbfKlärV     | Klärschlammverordnung                                                   |
| ALARA        | as low as reasonable achievable                                         |
| AMG          | Arzneimittelgesetz                                                      |
| ARL          | Akademie für Raumordnung und Landeskunde                                |
| ATV          | Abwassertechnische Vereinigung                                          |
| BauGB        | Baugesetzbuch                                                           |
| BauPG        | Bauproduktengesetz                                                      |
| BBergG       | Bundes-Berggesetz                                                       |
| BBodSchG     | Bundes-Bodenschutzgesetz                                                |
| BBodSchV     | Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung                             |
| BDG          | Bundesverband Deutscher Gartenfreunde                                   |
| BDKS         | Bundesverband der Kies- und Sandindustrie                               |
| BImSchG      | Bundesimmissionsschutzgesetz                                            |
| BioAbfV      | Bioabfallverordnung                                                     |
| BIS          | Bodeninformationssystem                                                 |
| BLAC         | Bund-Länderausschuss Chemiekaliensicherheit                             |
| BMBau        | Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau               |
| BMBF         | Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie  |
| BMF          | Bundesministerium der Finanzen                                          |
| BMFT         | Bundesministerium für Forschung und Technologie                         |
| BMG          | Bundesministerium für Gesundheit                                        |
| BML          | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten             |
| BMU          | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit         |
| BMV          | Bundesministerium für Verkehr                                           |
| BMVg         | Bundesministerium der Verteidigung                                      |
| BMWi         | Bundesministerium für Wirtschaft                                        |
| BNatSchG     | Bundesnaturschutzgesetz                                                 |
| BR-Drs.      | Bundesrats-Drucksache                                                   |
| BSE          | Bovine Spongiforme Encephalopathies                                     |
| BTEX         | Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe                          |
| BVB          | Bundesverband Boden                                                     |
| CARACAS      | Concerted Action on Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe    |
| CEN          | Europäisches Komitee für Normung                                        |
| ChemG        | Chemikaliengesetz                                                       |
| ChemVerbotsV | Chemikalienverbotsverordnung                                            |
| CLARINET     | Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies |
| CORINE       | Coordination of Information on the Environment                          |
| DDT          | Dichlordiphenyltrichlorethan                                            |
| DFG          | Deutsche Forschungsgesellschaft                                         |
| DIBt         | Deutsches Institut für Bautechnik                                       |
| DIN          | Deutsches Institut für Normung                                          |
| DMG          | Düngemittelgesetz                                                       |

|           |                                                               |
|-----------|---------------------------------------------------------------|
| DMV       | Düngemittelverordnung                                         |
| DVWK      | Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau          |
| DNA       | Desoxiribonukleinsäure                                        |
| ECE       | United Nations Economic Commission for Europe                 |
| EFEDA     | European Field Experiment in Desertification Threatened Areas |
| EU        | Europäische Union                                             |
| FAO       | Food and Agriculture Organisation                             |
| GefStoffV | Gefahrstoffverordnung                                         |
| GenTG     | Gentechnikgesetz                                              |
| GG        | Grundgesetz                                                   |
| GVO       | Gentechnisch veränderte Organismen                            |
| HMV       | Hausmüllverbrennung                                           |
| ISCO      | International Soil Conservation Organisation                  |
| KrW-/AbfG | Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz                        |
| LAB       | Länderausschuss Bergbau                                       |
| LABO      | Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz                    |
| LAG       | Länderarbeitsgemeinschaft Gentechnik                          |
| LAGA      | Länderarbeitsgemeinschaft Abfall                              |
| LAI       | Länderausschuss für Immissionsschutz                          |
| LANA      | Länderarbeitsgemeinschaft für Naturschutz                     |
| LAWA      | Länderarbeitsgemeinschaft Wasser                              |
| LfU       | Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg              |
| LHKW      | Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe               |
| MEDALUS   | Mediterranean Desertification and Land Use                    |
| NLfB      | Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung                |
| OECD      | Organisation for Economic Cooperation and Development         |
| PAK       | Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe                  |
| PCB       | Polychlorierte Biphenyle                                      |
| PflSchG   | Pflanzenschutzgesetz                                          |
| PlanzV    | Planzeichenverordnung                                         |
| QLA       | Qualitätssicherung Landbaulicher Abfallverwertung             |
| ROG       | Raumordnungsgesetz                                            |
| SRU       | Sachverständigenrat für Umweltfragen                          |
| SVGK      | Schadverdichtungsgefährdungsklassen                           |
| TA        | Technische Anleitung                                          |
| TCA       | Trichloressigsäure                                            |
| TLL       | Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft                    |
| TR        | Technische Regeln                                             |
| TSE       | Transmissible Spongiform Encephalopathies                     |
| UBA       | Umweltbundesamt                                               |
| UFZ       | Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle                         |
| UNCED     | United Nations Conference on Environment and Development      |
| USLE      | Universal Soil Loss Equation                                  |
| UVPG      | Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung                 |
| UVPVwV    | Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des UVPG      |

---

|        |                                                                               |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|
| VBBö   | Verordnung über die Belastung des Bodens (Schweiz)                            |
| VDI    | Verband Deutscher Ingenieure                                                  |
| VDLUFA | Verband der Landwirtschaftlichen Forschungs- und Untersuchungsanstalten       |
| VOC    | Volatil Organic Compounds                                                     |
| WBB    | Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim Bundesumweltministerium            |
| WBGU   | Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für globale Umweltveränderungen |
| WHG    | Wasserhaushaltsgesetz                                                         |



## Vorwort

Der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit hat im Dezember 1998 den Wissenschaftlichen Beirat Bodenschutz einberufen. Er folgte damit einer Empfehlung des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, der in den Sondergutachten zur Altlastenproblematik die Einrichtung eines Wissenschaftlichen Beirates Bodenschutz (WBB) für sinnvoll erachtet hatte. Durch Einbeziehung der für den Bodenschutz wichtigen Fachdisziplinen soll der Beirat die Vielfalt und Komplexität der wissenschaftlichen Betrachtungen interdisziplinär zusammenführen. Die Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirates Bodenschutz sind Beiträge zur wissenschaftlichen Politikberatung bei der Behandlung der Probleme im vorsorgenden und nachsorgenden Bodenschutz. Der Beirat hat Ende 1998 ein umfangreiches Arbeitsprogramm aufgestellt. Von besonderer Priorität ist darin die Erarbeitung eines wissenschaftlich fundierten Ansatzes für eine gegenüber dem Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) deutlich erweiterten Vorsorge im Bodenschutz. Das Bundesumweltministerium hat den WBB um eine gutachterliche Empfehlung zur Ausgestaltung der Vorsorgepolitik gebeten, deren Verbesserung eine Forderung der Koalitionsvereinbarung der Bundesregierung ist.

Das vorliegende Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates Bodenschutz behandelt die Vielfalt der Vorsorgeaspekte des Bodenschutzes in Deutschland mit dem Ziel, Schritte zu einer erweiterten Vorsorge im Bodenschutz aufzuzeigen. Dazu trägt der Beirat den Sachstand zu den fachlichen Grundlagen der Boden-Vorsorgepolitik zusammen und ordnet ihn den Leitbildern, Leitideen und Grundregeln der Vorsorge zu.

Die Empfehlungen und Vorschläge sprechen sowohl einzelne Handlungsfelder und Instrumente des Bodenschutzes an als auch die Verfahrensweisen, die zur Koordinierung des vielfältigen Handlungsfeldes Bodenschutz erforderlich erscheinen. Der Beirat hat dabei keine konkret ausformulierten Vorgaben etwa zur Änderung oder Ergänzung von Rechtsvorschriften erarbeitet; insofern überlässt das Gutachten die weitere Ausgestaltung politischer und rechtlicher Initiativen zur Boden-Vorsorge den zuständigen Ministerien. Besonderes Gewicht legt der Beirat in diesem Zusammenhang auf seine Empfehlung, die vielfältigen Initiativen und Aktivitäten zur Boden-Vorsorge zu koordinieren. Nur so erscheint es möglich, die mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz begonnene Initiative des Bundesgesetzgebers sachgerecht fortzuentwickeln und für eine innere Konsistenz des Handlungsfeldes Bodenschutz zu sorgen.

Der Beirat ordnet die Aspekte und Ansätze in das Umfeld des Bodenschutzes in den europäischen Nachbarländern ein. Er kommt zu dem Ergebnis, dass der Bodenschutz auch in den europäischen Staaten ernst genommen wird und eine dynamische Entwicklung nimmt. Überlegungen und Konzepte insbesondere zu einer in der EU abgestimmten Bodenschutzpolitik sind in Entwicklung; das Gutachten versteht sich als ein Element in der diesbezüglichen Meinungsbildung.

Ausgeklammert bleiben im Übrigen die bodenrelevanten Aspekte des Strahlenschutzes und des Atomrechtes, weil ihre eingehende Behandlung einen erheblichen zusätzlichen Aufwand dargestellt hätte, dessen spezielle bodenbezogene Notwendigkeit derzeit nicht vordringlich erscheint.

Der Beirat übergibt sein Gutachten der Öffentlichkeit in einer Zeit, in der die Probleme des Bodenschutzes im Rahmen der anstehenden gesellschafts- und umweltpolitischen Themen nicht zu den Handlungsprioritäten gehören. Eine Verschiebung der Umsetzung des vorsorgenden Bodenschutzes kann jedoch teuer werden und zu irreparablen Veränderungen führen. Heute schon ist erkennbar, was getan werden muss – deshalb sollte auch heute schon mit der Diskussion und Umsetzung der im Gutachten vorgeschlagenen Vorsorgekonzeption begonnen werden.

Der Beirat dankt für die Unterstützung, die ihm vom Bundesumweltministerium und vom Umweltbundesamt zuteil geworden ist.

Herr Ministerialrat Dr. Kurt Schäfer vom BMU sowie Herr Andreas Kiene und Frau Keya Choudhury, Fa. Ecologic gGmbH, haben durch umfangreiche Ausarbeitungen maßgeblich zum Gelingen des Gutachtens beigetragen. Die Koordinierung und Gesamtleitung lag in den Händen von Herrn Dr. Günther Bachmann, Umweltbundesamt, dem Geschäftsführer des Beirates; für seinen Einsatz und seine Ideen ist der Beirat Herrn Dr. Bachmann zu ganz besonderem Dank verpflichtet.

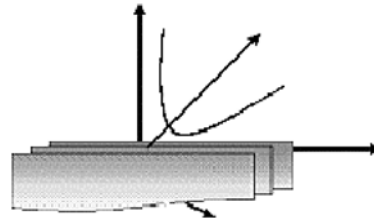
Fehler und Mängel im Gutachten gehen allein zulasten der Mitglieder des Beirates.

P. Grathwohl, D. Henschler, W. Klein, G. Miehlisch, H. Mühle, H. W. Thoenes, W. Walther, B. M. Wilke.

Berlin, im Januar 2000

Wissenschaftlicher Beirat  
Bodenschutz beim BMU

## Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim BMU



### Wege zum vorsorgenden Bodenschutz

### Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge

#### Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

8. Februar 2000

#### 1. Kurzfassung

Böden spielen eine zentrale Rolle in allen Bereichen des Naturhaushaltes und seiner Nutzung. Der Querschnittscharakter des Bodenschutzes ist spätestens mit der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung von 1985 anerkannt; auch das Bundes-Bodenschutzgesetz unterstreicht die Querschnittsaspekte, indem es die Anwendung des Gesetzes mit den bodenbezogenen Anforderungen einer Vielzahl anderer fachrechtlicher Vorschriften verknüpft. Der Beirat greift die vorliegenden, ersten Ansätze zu einer Boden-Vorsorgepolitik auf und schlägt vor, noch bestehende Defizite mit einer Initiative zur konzeptionellen Formierung und Bündelung einer erweiterten Boden-Vorsorge anzugehen.

Eine erweiterte Vorsorge muss indessen in ihrer Begründung andere Wege gehen. In kritischer Auseinandersetzung mit dem zentralen Begriff „Vorsorge“ begründet der Beirat die Erforderlichkeit und Handlungsmöglichkeit einer erweiterten Boden-Vorsorge mit Leit-

bildern zum Stellenwert des Bodens und seiner natürlichen Bodenfunktionen für die Umwelt und den Menschen. Der Beirat schlägt die Leitbilder

- Keine Verschlechterung der natürlichen Bodenfunktionen
- Freiraumsicherung für zukünftige Generationen

als normative Grundpositionen der Boden-Vorsorge vor. Der Beirat konkretisiert diese Leitbilder an den Leitideen

- Boden ist gemeinschaftliches Gut,
- Vorbeugen statt Nachsorgen,
- Boden ist wertvoll,
- Boden für morgen,
- Boden gebrauchen statt verbrauchen.

Die Leitideen des vorsorgenden Bodenschutzes stehen in engem Zusammenhang mit umweltpolitischen Grund-

regeln der Vorsorge, zu deren Umsetzung der Beirat Schritte zu einer aktiven und weitreichenden Boden-Vorsorge empfiehlt.

Der Beirat geht davon aus, dass die Boden-Vorsorge vom Grundsatz her flächendeckend ist und alle Böden umfasst. Ihre Ansätze müssen gleichwohl je nach der Empfindlichkeit und Tragfähigkeit der Böden in eine regional und/oder standortangepasste Ausgestaltung der Vorsorge eingebracht werden.

Die mit der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) festgelegten Vorsorgewerte und analogen Anforderungen an näher zu spezifizierende andere Stoffe sieht der Beirat als geeigneten Ansatz zur Umsetzung der Vorsorgepflichten an und er begrüßt die darin erstmalig getroffene klare und verständliche Unterscheidung der materiellen Anforderungen an die Gefahrenabwehr einerseits und die Vorsorge andererseits.

Zur Fortentwicklung und zur Sicherstellung eines bundeseinheitlichen Vollzugs der Vorsorge hinsichtlich der Schadstoffbelastung von Böden regt der Beirat an, einschlägige Regelungen anderer Rechtsbereiche zu überprüfen, inwieweit durch diese ein vorsorgender Schutz der Böden und Bodenfunktionen gewährleistet wird. Dem Beirat erscheint außerdem die Ableitung von Vorsorgewerten für weitere Stoffe notwendig, insbesondere auch zur Vermeidung von Ermessens- und Abwägungsunsicherheiten bei der sachlichen Ausstrahlung der bodenschutzrechtlichen Anforderungen in andere Rechtsbereiche. Für die stoffbezogenen Bewertungsgrundlagen des Bodenschutzes rät der Beirat, eine periodische Überprüfung vorzusehen, um auf neue wissenschaftliche und technische Erkenntnisse reagieren zu können. Schon jetzt lässt sich sagen, dass Vorsorge hinsichtlich des Gefahrenpotenzials aus den Einträgen von Schadstoffen und Krankheitserregern in Böden zu treffen ist.

Die Vorsorgeanforderungen für alle denkbar relevanten Stoffe sollten auf eine einheitliche und transparente Fachgrundlage gestellt und analog zu der erfolgten Bekanntmachung des BMU zu den Ableitungsmaßstäben für Prüfwerte veröffentlicht werden. In diesem Zusammenhang hält der Beirat weitere Forschungsanstrengungen für notwendig, wobei in der zukünftigen Wirkungsforschung stärker als bisher auf die nach Böden und Bodenstandorten zu differenzierende Artenausstattung eingegangen werden sollte. Um die Fortschritte einer erweiterten Vorsorge zum Schutz der Böden aufzeigen zu können, ist eine Zusammenschau und Quantifizierung der vom Beirat angesprochenen Belastungen sowohl durch Flächenverbrauch als auch durch stoffliche und strukturelle Einwirkungen erforderlich.

Zur Verwirklichung einer weitreichenden Vorsorge regt der Beirat die Erweiterung des Vorsorgeansatzes in der bodenschutzrechtlichen Vorsorgekonzeption an. Hierfür macht das Gutachten Vorschläge insbesondere zum

Schutz der Schadstoffrückhaltefähigkeit von Böden, zum Schutz der Lebensgemeinschaften in Böden und Grundwasserleitern, zur organischen Bodensubstanz und zur Begrenzung der Stoffeinträge über die Luft, über Bewirtschaftungsmaßnahmen, über die Verwendung von (bodenrelevanten) Produkten, durch Versickerung von Wasser und andere Einwirkungen.

Da jeder Bodenverlust als praktisch irreversible Beeinträchtigung der Bodenfunktionen anzusehen ist, empfiehlt der Beirat, die Weiterentwicklung und Evaluierung praxisnaher und anwendbarer Erosionsprognosemodelle beschleunigt voranzutreiben und geeignete Vorsorgeanforderungen sowie Handlungshilfen zu erarbeiten. Weiterhin hält der Beirat die Einbeziehung von Bodenschadverdichtungen in die Vorsorgekonzeption für wichtig.

Anforderungen sollten nach Ansicht des Beirates auch für die Wiederherstellung von Bodenfunktionen im Rahmen von Entsiegelungsmaßnahmen erarbeitet werden. Auch sind Vorgaben für den Bodenschutz nach Baugesetzbuch und bei der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung wesentliche Elemente einer Vorsorgekonzeption. Der Vorsorgegedanke richtet sich sowohl auf die Grenzen/Endlichkeit der Flächeninanspruchnahme insbesondere in urbanen Räumen, als auch auf die mit jeder Flächeninanspruchnahme für Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen verbundenen Gefährdung wichtiger natürlicher Bodenfunktionen. Der Beirat spricht sich für die Erarbeitung eines umfassenden Konzeptes zur Beurteilung der natürlichen Bodenfunktionen und zur Biodiversität aus, um den Boden als Naturgut zu erhalten; die dadurch ausgedrückte Vorsorge gilt vor allem zukünftigen Generationen. Der Beirat empfiehlt hierzu ein schrittweises Vorgehen. Mit einer einheitlichen Dokumentation zum Naturgut Boden soll die Grundlage sowohl für einen gezielten Schutz der Böden als Archiv der Naturgeschichte als auch für den Erhalt der Diversität der Böden geschaffen werden.

Die Einbeziehung einer sparsamen und schonenden Flächeninanspruchnahme in jeder lokalen Agenda 21 ist vorteilhaft. Hierdurch werden gesellschaftspolitische Gremien auf lokaler und regionaler Ebene in die Zielsetzung eines sparsamen Flächenverbrauchs einbezogen.

Einer der wesentlichen Stoffströme, die auf die Böden einwirken, ist die Verwertung von mineralischen und organischen Abfällen in und auf Böden. Eine Verwertung von Abfällen in und auf Böden muss unterbleiben, wenn hierdurch eine schädliche Bodenveränderung zu besorgen ist. Der Beirat empfiehlt, die materiellen Maßstäbe (Bodengrenzwerte), die hierzu in abfallrechtlichen Regelungen (AbfKlärV und BioAbfV) herangezogen werden, zu vereinheitlichen und die Vorsorgeanforderungen des Bodenschutzes umfassend zu berücksichtigen. Dies betrifft sowohl die zulässigen Stoffgehalte der Böden, als auch maximal zulässige

Schadstoffeinträge durch Ausbringung der Abfälle. Außerdem rät der Beirat zu einer Anpassung der LAGA Technischen Regeln zur Verwertung mineralischer Abfälle an die Anforderungen des Bodenschutzes sowie eine deutliche umfassende Anwendungs- und Interpretationshilfe zur Umsetzung des § 12 BBodSchV.

Mit einer ordnungsgemäßen und schadlosen Abfallverwertung kann nach Ansicht des Beirates nicht eine „Verwertung um jeden Preis“ gemeint sein. Zur Verbesserung des Zusammenwirkens von Abfallverwertung und Bodenschutz sollten die zurzeit vorliegenden Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes und die abfallrechtlichen Anforderungen an die Verwertung von Abfällen konzeptionell zusammengeführt werden.

Der Land- und Forstwirtschaft als flächenmäßig größtem Bodennutzer kommt eine besondere Verpflichtung zum vorsorgenden Bodenschutz zu. Die Vielfalt und Eigenart der Böden sind auch in ihrer Bedeutung für die Produktion gesunder und umweltverträglich hergestellter Nahrungsmittel wichtig und zu erhalten. Auch unterhalb der Schwelle agrarpolitischer Reformen sieht der Beirat die Möglichkeit, den Bodenschutz in der Praxis der Land- und Bodenbewirtschaftung verstärkt einzuführen. Hierzu sind die Bodenkriterien zur „guten fachlichen Praxis“ fortzuentwickeln.

Zu Produkten, die erst seit relativ kurzer Zeit in der Diskussion um eine mögliche Beeinträchtigung von Bodenfunktionen stehen, gehören Arzneimittel. Diese können im Fall der Humanarzneimittel als Rückstände in landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämmen oder im Fall der Tierarzneimittel als Rückstand im Wirtschaftsdünger auf die Böden gelangen. Der Beirat empfiehlt die Durchführung eines Fachgesprächs, um auf Grundlage der neuesten Erkenntnisse über Einträge und Wirkungen von Tier- und Humanarzneimitteln über notwendige weitere Untersuchungen zur Erfassung und Bewertung von Arzneimittelinträgen in die Umwelt und insbesondere von Wirkungen auf die Bodenfunktionen zu entscheiden. Aus Vorsorgegründen ist nach Meinung des Beirates der Einsatz von endokrin oder antibiotisch wirksamen Substanzen, insbesondere als Leistungsförderer, so weit wie möglich zu vermeiden und auf den Einsatz von Arzneimitteln zur Prophylaxe zu verzichten, sofern z. B. technische Maßnahmen ebenfalls zur Vermeidung oder deutlichen Reduzierung des Krankheitsbafalls von Tierbeständen eingesetzt werden können.

Der Beirat macht darauf aufmerksam, dass zukünftig auch neue Risiken durch Schadstoffe und infektiöse Biomoleküle und Pathogene entstehen können, deren Einwirkungen auf die Böden bisher zu wenig betrachtet wurden. Zu den infektiösen Biomolekülen werden auch die Erreger von Tierseuchen gezählt. Für den vorsor-

genden Bodenschutz sind die Hinweise auf die Persistenz der für Mensch und Tier letal wirkenden Erreger von besonderer Bedeutung.

Auch mögliche Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen durch gentechnisch veränderte Organismen werden seit einiger Zeit diskutiert. Im Hinblick auf gentechnisch veränderte Organismen unterstützt der Beirat den Vorschlag des SRU, nach Inverkehrbringen von transgenen Pflanzen in großem Maßstab eine ökologische Dauerbeobachtung einzurichten.

Die Empfehlungen und Vorschläge des Beirates sollen zusammen mit der Überlegung zu Leitbildern, Leitideen und Notwendigkeiten von bodenschützenden Regelungen und Maßnahmen eine Anregung zur Umsetzung der vielfältigen Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes zum unmittelbaren Regelungsbereich des Bodenschutzes als auch in andere Politikbereiche sein. Der Beirat ist sich bewusst, dass die Vielzahl seiner knapp 90 Vorschläge und Empfehlungen zu einer erweiterten Vorsorge im Bodenschutz in ihrer Gesamtheit nicht kurzfristig umgesetzt werden können.

Zur Umsetzung könnte deshalb ein zeitlich abgestuftes Handlungsprogramm ein wichtiges Instrument darstellen. Die Anregungen hierzu werden vom Beirat nach kurz-, mittel- und langfristigen Gesichtspunkten gegliedert. Für die Umsetzung in andere Politikbereiche rät der Beirat zu einem fachlich und zeitlich gestuften Vorgehen, das durch die Phasen Information, Koordinierung, gemeinsame Aktivitäten und Erfahrungsaustausch gekennzeichnet sein kann.

Zahlreiche Anregungen und Empfehlungen benötigen zur Umsetzung noch die Durchführung von Forschungsarbeiten. Dem Bundesumweltministerium wird angeraten, der Koordinierung der vielfältigen Aktivitäten verstärkte Aufmerksamkeit zu widmen. Generell muss schon heute mit der Umsetzung begonnen werden, da teilweise die Umsetzung einzelner Empfehlungen viel Zeit benötigen wird und eine aktive und weitreichende Boden-Vorsorge andererseits keinen Aufschub duldet.

## **2 Leitbilder und Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes**

### **2.1 Einleitung**

Der Boden spielt eine zentrale Rolle in den natürlichen Stoff- und Energiekreisläufen und nimmt im Naturhaushalt vielfältige Funktionen wahr, die wesentlichen Einfluss auf die Ausprägung von Ökosystemen haben. Aus diesem Grund kommt dem Schutz des Bodens und seiner ökologischen Leistungsfähigkeit eine besondere Bedeutung zu.

Die Überlagerung und Durchdringung von Atmosphäre, Lithosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre führt im Boden zu vielfältigen und komplexen Wechselwirkungen zwischen den Umweltmedien und den im und auf dem Boden lebenden Organismen. Diese Wechselbeziehungen bewirken in teilweise sehr langen Zeiträumen die Ausbildung unterschiedlicher Böden mit vielfältigen Eigenschaften. Die Böden wirken wiederum, je nach Ausprägung ihrer Eigenschaften, auf die übrigen Umweltmedien und Organismen ein. Dabei können Böden in unterschiedlichem Maße Einwirkungen abpuffern (z. B. Akkumulation eingetragener Stoffe), sodass diese über längere Zeiträume zu keinen erkennbaren Auswirkungen führen. Nach Überschreitung dieser Pufferkapazität kann es aber zu langfristigen Auswirkungen kommen, durch die andere Schutzgüter beeinträchtigt werden können (z. B. Verlagerung von Schadstoffen ins Grundwasser).

Die Berücksichtigung der meist langfristig wirkenden Senken- und Quellenfunktion von Böden ist ein wichtiger Aspekt des vorsorgenden Bodenschutzes. Unter Beachtung der komplexen Beziehungen im Naturhaushalt führt somit der vorsorgende Bodenschutz ebenfalls zum Schutz der übrigen Umweltmedien und der Organismen. Gleichzeitig müssen aber die Einwirkungen über die Umweltmedien auf den Boden beachtet werden. Aus der notwendigen Berücksichtigung der vielfältigen direkten und indirekten Einwirkungen auf die Böden ergibt sich die Forderung nach einer erweiterten Vorsorge im Bodenschutz, damit die natürlichen Lebensgrundlagen auch für zukünftige Generationen geschützt werden. Dies gilt umso mehr, da der Boden nicht vermehrbar ist.

Die erforderliche Boden-Vorsorge ist zurzeit noch nicht erreicht. Mit der bundesrechtlichen Gesetzgebung zum Bodenschutz und zur Altlastensanierung wurde ein erster Meilenstein für den Einstieg in die Boden-Vorsorge gesetzt. Gleichwohl bestehen solche Nutzungen, Inanspruchnahmen und Belastungen der Böden fort, die eine dauerhafte Vorsorge zum Schutz der natürlichen Bodenfunktionen und den Erhalt der naturnahen Böden nicht sicherstellen: Böden werden noch immer durch Schadstoffeinträge belastet und überfrachtet, die teils bewirtschaftungsbedingt sind, teils über Luft und Wasser in die Böden gelangen oder auch über bestimmte Nutzungen, z. B. im Rahmen von Baumaßnahmen eingetragen werden. Im Rahmen der siedlungsbedingten Flächeninanspruchnahme werden die natürlichen Bodenfunktionen dauerhaft verändert oder vernichtet. Durch die Bodennutzung kann es auch zu einer nachteiligen Veränderung der physikalischen Bodeneigenschaften kommen, die ihrerseits wiederum unerwünschte oder schädigende Auswirkungen auf die Bodenfunktionen haben können.

Der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz gliedert das vorliegende Gutachten in der Abfolge

- Leitbilder als axiomatische Grundpositionen
- Leitideen als Leitlinien zur Umsetzung (Umweltziele)
- Grundregeln zur Umsetzung der Leitideen
- Schritte zu einer erweiterten Vorsorge
- Empfehlungen und Vorschläge.

Die Gliederung mag zunächst den Gedanken nahe legen, dass diese Abfolge eine im strengen Sinne hierarchische Bezugnahme darstellt, wobei die Beziehungen der einzelnen Argumentationsschritte in eindeutiger Weise voneinander abhängen. Dies ist jedenfalls nicht in einer eindimensionalen und linearen Weise der Fall. Vielmehr geht der Beirat von der Konzeption aus, die Leitbilder zur Boden-Vorsorge als zunächst sehr allgemeine normative Grundpositionen zu beschreiben. Sie sind axiomatische Handlungsansätze zur Konkretisierung des Vorsorgeprinzips, aber (noch) keine quantifizierten Zielvorgaben. Weitergehend konkretisiert werden die Leitbilder und Leitideen mithilfe von Grundregeln und Zielen zum Bodenschutz, an die sich schließlich Vorschläge und Empfehlungen zu den Schritten einer erweiterten Boden-Vorsorge anschließen. Mit dem Begriff „Schritte“ wählt der Beirat eine Kategorie, die es offen lässt, mit welchem Instrument eine empfohlene Maßnahme umgesetzt wird. Als „Schritte“ gelten also sowohl die Schaffung oder Fortschreibung von Rechtsvorschriften als auch Maßnahmen zur Schaffung verbesserter Informationen und praktischer Verfahrensweisen. Letztlich sind auch Anstrengungen zur verbesserten Koordination der vielfältigen Vorsorgeaktivitäten ein „Schritt“ im Sinne dieses Vorsorgegutachtens.

Die Leitbilder, Leitideen, Grundregeln und Schritte beeinflussen sich gegenseitig. Eine klare Abgrenzung zwischen ihnen soll bewusst nicht gezogen werden; sie begründen und „verankern“ sich vielmehr wechselseitig. Diese gegenseitige Verankerung ist mehrdimensional. Sie mag beispielsweise in einem Fall vorwiegend über den konkreten Bezug zu bestimmten Böden und Bodenlandschaften oder anderen Raumeinheiten wie Ballungsrandgebieten gehen, in einem anderen Fall ist es eine über bestimmte rechtliche Instrumente zugeordnete Verankerung.

## 2.2 Zur Funktion des Vorsorgeprinzips im Bodenschutz

Das Vorsorgeprinzip ist eines der leitenden Prinzipien deutscher Umweltpolitik und des Umweltrechtes (OSSENBÜHL 1986; WILLIAMSON und HULPKE 2000). Es wurde auch in internationalen Deklarationen wie z. B. dem Montrealer Protokoll 1987, der 3. Nordseekonferenz 1990 sowie dem Umweltgipfel in Rio de Janeiro UNCED 1992 übernommen. Auch der EG-Vertrag sowie verschiedene europäische Aktionsprogramme haben es verankert. Darüber hinaus fand es

Eingang in die nationalen Politiken der Mitgliedstaaten der Europäischen Gemeinschaft.

Ziel des Vorsorgegedankens ist es, die natürlichen Ressourcen und Lebensgrundlagen zu schützen, um ihren Wert, ihre Leistungsfähigkeit und ihre Funktionen langfristig zu bewahren (vgl. von MOLTKE 1987). Es ist ein wesentliches Kennzeichen vorsorgender Maßnahmen, dass oftmals weder die Eintrittswahrscheinlichkeit noch die Schadenshöhe im Einzelnen bekannt und quantifizierbar sind. Schon im ersten Umweltprogramm der Bundesregierung von 1971 ist das Vorsorgeprinzip angesprochen und von der „bisher im Wesentlichen auf Gefahren punktuell reagierenden Abwehr ...“ abgehoben (HARTKOPF 1972). HARTKOPF und BOHNE (1983, S. 93 ff.) stellen fest, dass das Vorsorgeprinzip „als Minimierungsgebot der Eingriffsintensität ordnungsgemäßer Umweltnutzungen und der Eintrittswahrscheinlichkeit nicht ordnungsgemäßer Umweltnutzungen sowohl den Bereich des vorbeugenden Gefahrenschutzes (Risikovorsorge) als auch die Minderung von Umweltbelastungen im gefahrenfreien Bereich umfasst“.

Eine intensive Erörterung des Stellenwertes der Vorsorge hat in der Vergangenheit insbesondere im Zusammenhang mit dem Bundesimmissionsschutzgesetz stattgefunden. Das Vorsorgegebot nach § 5 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG wird von der Pflicht zur Gefahrenabwehr nach § 5 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG abgehoben. OSSENBÜHL (1986) stellt fest, dass hiermit zwar die Abgrenzung der beiden Handlungsprinzipien deutlich, der „positive Gehalt des Vorsorgegebotes“ jedoch nicht eindeutig bestimmt wird. Dies sei der Grund dafür, dass sich ganz unterschiedliche Vorsorgeinterpretationen etablieren konnten: „So wird der Zweck des Vorsorgegebotes von einigen darin gesehen, unabhängig von dem gem. § 5 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG gebotenen Gefahrenschutz, Freiräume für Industrieanlagen einerseits und Lebensräume andererseits zu schaffen und zu erhalten. Andere messen dem Vorsorgegebot die Funktion zu, Schutzmaßnahmen im Bereich unterhalb der Gefahrenschwelle, insbesondere beim Gefahrenverdacht, zu ermöglichen. Wieder andere wollen beide Interpretationsansätze [...] miteinander verbunden wissen“ (OSSENBÜHL 1986, S. 163).

In seinen Grundüberlegungen zur Art und zum Ausmaß der Boden-Vorsorge knüpft der Beirat an diesen zuletzt genannten Gedanken an. In rechtspolitischer Hinsicht und mit Blick auf die allenthalben geforderte Ausfüllung des Gebotes der nachhaltigen und dauerhaft umweltgerechten Entwicklung ist eine weite Interpretation des Vorsorgeprinzips erforderlich. Demnach soll z. B. das Entstehen von Bodenbelastungen bereits im Vorfeld der Gefahrenschwelle verhindert oder eingeschränkt werden. Zugleich soll eine aktive Vorsorgepolitik auch in gestaltender Weise auf die zukünftige Nutzung und Bewirtschaftung von Böden Einfluss nehmen.

Das Vorsorgeprinzip steht in engem Zusammenhang, mitunter auch in Konkurrenz zu anderen Handlungsprinzipien der Umweltpolitik. Diese Handlungsprinzipien können – und sollen – sich durchaus gegenseitig überlappen und beeinflussen; insofern ist eine eindeutige und enge Abgrenzung der Prinzipien für konkrete Schritte in der Umweltpolitik kaum erforderlich. Zu nennen sind insbesondere das Vermeidungsprinzip, das Quellenreduktionsprinzip, das Verursacherprinzip, und schließlich das Vorsorgeprinzip.

Die Bedeutung der Vorsorge in der Umweltpolitik ist – wie oben dargelegt – weiterhin auch abhängig von der Ausgestaltung der Gefahrenabwehr. Der Schutz vor Gefahren und das Vorsorgeprinzip stehen gewissermaßen in einem Wechselspiel: Je niedriger die Schutzstandards festgelegt wurden bzw. je weniger konkret die Schutzpolitik formuliert wurde, um so bedeutender erscheint die Vorsorgepolitik (REHBINDER 1997). Ein wesentliches Merkmal des Vorsorgeprinzips ist es daher, den Umgang mit Stoffen oder die Durchführung von Aktivitäten zu vermeiden, wenn der Verdacht einer Umweltschädigung besteht, selbst wenn noch kein schlüssiger wissenschaftlicher Beweis vorliegt, dass der Stoff oder die Aktivität einen Schaden hervorruft (HAIGH 1993).

Die Bedeutung der Vorsorge ergibt sich schließlich auch daraus, an wen sich eventuelle Anforderungen richten. Ist der Einzelne oder sind die Aktivitäten einer Gruppe unmittelbar Adressat von Vorsorgeanforderungen, so müssen sich die Anforderungen in ihrer Zielrichtung, ihrer Art und ihrem Ausmaß erkennen lassen. Sie müssen sich im Rahmen von generellen, konzeptionellen Vorgaben mindestens dem Grunde nach bestimmen lassen, damit sich die Betroffenen darauf einstellen können. Die Vorsorge kann sich im Rahmen von technischen Anforderungen an Anlagen nach dem Stand der Technik bestimmen. Sie kann sich auch im Rahmen von Zielvorgaben zur Qualität der Umwelt (beim Boden in Qualität und Quantität auszudrücken) ergeben oder sich auf bestimmte Verfahrensweisen im Umgang mit Böden beziehen. In übergreifendem Sinn können diese Anforderungen, Zielvorgaben und Verfahrensweisen in Leitbildern, Leitideen und ökologischen Grundregeln zur Boden-Vorsorge „verankert“ werden.

Die vorsorgende Bodenschutzpolitik ist gegenwärtig in erster Linie durch die Verankerung von Vorsorgegrundsätzen im gesetzlichen Regelwerk zum Bodenschutz sowie weiterer relevanter Fachgesetze geprägt. Das Vorsorgeprinzip ist in unterschiedlich konkreter Form verankert. Dies umfasst sowohl Vorschriften in Umwelt- und Fachgesetzen und im Baurecht als auch die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft, das Inverkehrbringen und die Ausbringung von Düngemitteln sowie den Umgang mit Pflanzenschutzmitteln (REHBINDER 1991).

Das Vorsorgeprinzip als politisches Leitbild des Bodenschutzes eröffnet die Möglichkeit, die Akzeptanz eines vorsorgenden Bodenschutzes unter den Akteuren mit Hilfe eines Instrumentes zu erhöhen, das flexibel und an konkrete Fragestellungen anpassbar ist. Die Notwendigkeit einer weitgehenden Vorsorge im Bodenschutz unterstreicht JÜTTNER (2000), indem er die Prinzipien der Nachhaltigkeit, die für die Wasserwirtschaft aufgestellt wurden, auf die Erfordernisse des Bodenschutzes überträgt.

### 2.3 Leitbilder und Leitideen zum vorsorgenden Schutz der Böden

Über die Verwendung von Leitbildern für die Zielbeschreibung in der Umweltpolitik wird seit geraumer Zeit diskutiert. „Leitbilder bündeln die Ziele, Träume, Visionen und Hoffnungen von Menschen. Sie dienen der Selbstdefinition von Sozietäten und ihren Organisationen. [...] Sie haben die Eigenschaft, für Sozietäten und ihre Individuen in diesen Gemeinschaften wahrnehmungsstrukturierend, das Denken fokussierend, für den Einzelnen entscheidungs- und verhaltensbestimmend zu sein“ (DE HAAN et al., zit. in RHEINGANS 1997). Umweltpolitische Leitbilder geben Aufschluss über die Prioritäten einer zukünftigen Umweltpolitik. Damit wird es für alle Akteure möglich, ihre Einstellungen gemäß des Leitbildes zu ändern und auf neue umweltpolitische Schwerpunktsetzungen zu reagieren (ZIESCHANK 1999). In diesem Verständnis wird die Entwicklung eines Leitbildes und die angestrebte Verhaltensänderung von einem Prozess begleitet, der die unterschiedlichen Akteure zusammenführt, bisher parallel verlaufene Diskussionen bündelt, Zusammenhänge her- und Dissens klarstellt (BEUCKER und MAERTINS 1998). Leitbilder übernehmen folglich unterschiedliche Funktionen, die zusammengefasst als Orientierungs-, Koordinierungs- und Motivierungsfunktion bezeichnet werden können. Insbesondere die Verknüpfungen dieser Funktionen tragen dazu bei, dass Leitbilder handlungsleitend wirken (KAHLENBORN et al. 1995). Relativ lange zurück reicht die Diskussion über Leitbilder in der Raumordnung und Landesplanung (vgl. SCHÄFER

1975; HÜBLER et al. 1980; HÜBLER 1997; WEILAND 1999). Dabei ist ein Wechsel im Bedeutungsgehalt der „Leitbilder“ zu beobachten. Zu Beginn der raumordnerischen Leitbild-Diskussion erwartete man von einem einzelnen, aber umfassenden Leitbild eine harmonisierende und koordinierende Wirkung (d. h. die unterschiedlichen Raumnutzungsinteressen planerisch ausgleichende Wirkung). Mit dieser Erwartung war ein hoher ordnungsrechtlicher Anspruch verbunden, der durch die Raumplanung umzusetzen war. Im Laufe der Zeit wurde dieser Anspruch jedoch modifiziert. Leitbilder dienen nunmehr der orientierenden Steuerung, ohne im Einzelnen aber zu beanspruchen, in bestimmten Zeiträumen mit bestimmten Mitteln erreicht zu werden. Insofern haben Leitbilder aus heutiger Sicht weniger eine direkt die Planung oder das Verhalten bedingende Dimension als vielmehr eine orientierende und informierende Funktion, die in vielfältiger Weise zur Begründung von Anforderungen und Handlungen und zur indirekten Steuerung von Umweltnutzungen herangezogen wird. In diesem Sinne will der Beirat seine Vorschläge für Leitbilder zur Boden-Vorsorge verstanden wissen (siehe auch Kasten).

Es gibt eine Reihe von Begriffen, die dem der Vorsorge sehr ähnlich sind: Voraussicht, Vorbeugung, Sorge, Rücksicht, Vorsicht, Sicht(weise). Bezieht man diese auf den Boden, wird deutlich, welche Handlungs- und Denkmuster möglicherweise bei Handlungen im Rahmen der Vorsorge zum Tragen kommen: Indem die Ressource Boden vorausschauend behandelt und genutzt wird, entspricht man der Forderung, Rücksicht auf die Bedürfnisse zukünftiger Generationen zu nehmen. Dies ist eine der grundlegenden Anforderungen, die im Zusammenhang mit einer nachhaltigen Entwicklung aufgestellt worden ist. Langfristiges Ziel ist, dass jeder Einzelne dafür Sorge trägt, die nicht erneuerbare Ressource Boden zu erhalten und dass der vorsichtige Umgang mit Boden zur Selbstverständlichkeit wird. Eine Änderung der Sichtweise von „Boden ist Dreck“ hin zu „Der Boden lebt“ (hervorzuheben sind hier die Bodenkampagnen des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg) ist dafür erforderlich. Nachfolgend werden einige Leitideen benannt und kurz erläutert.

Der Beirat schlägt die beiden Leitbilder

- Keine Verschlechterung der natürlichen Bodenfunktionen
  - und
  - Freiraumsicherung für spätere Generationen
- für die Bodenvorsorge vor.



Auf der Grundlage dieser Leitbilder werden nachfolgend einige mögliche Leitideen und ihre Kerngedanken erläutert.

### **„Boden ist gemeinschaftliches Gut“**

Boden ist gemeinschaftliches Gut, das Eigentümern gehören kann. Die nutzungsorientierten Interessen des Einzelnen berücksichtigen jedoch nur einen Teil der verschiedenen, insbesondere natürlichen Bodenfunktionen, die für die Allgemeinheit von Bedeutung sind. Der Gebrauch des Eigentums an Boden ist nach Artikel 14 Grundgesetz dem Wohle der Allgemeinheit verpflichtet.

Der Boden ist vor allem ein Gut mit ökonomischem Wert, der steigt, je knapper das Angebot an verfügbarem und nutzbarem Boden ist. Dies ist vor allem in dicht besiedelten Regionen der Fall (Boden als Bauland). Boden stellt in der Landwirtschaft die Lebensgrundlage für die Bewirtschafter dar. Das Bestreben des Bodeneigentümers ist es, den Boden so zu bewirtschaften, dass dieser unverehrt an die nachfolgenden Generationen weitergegeben werden kann. Dieses Verhalten wird als „boni patres familiae“ bezeichnet, und gehörte zu den überkommenen Verhaltensweisen in Land- und Forstwirtschaft. Es unterstellt, dass Bedrohungen und Belastungen der Böden ausschließlich von den Eigentümer bzw. dem Bewirtschafter zu kontrollieren sind. Jeder Eigentümer hat den Anspruch, den Boden und das Land im eigenen Interesse zu nutzen und andere von dieser Nutzung auszuschließen. Er befindet sich im Konflikt, einerseits so viel wie möglich mit dem Gut Boden aktuell zu erwirtschaften und andererseits Natur und Umwelt zu schützen. Das hat oft unerwünschte ökologische Folgen, da in der Regel die ökonomischen Interessen über ökologische Anforderungen seitens des Natur- und Umweltschutzes gestellt werden.

Boden existiert jedoch nicht nur als privates Gut, sondern besitzt aufgrund kollektiver Bodenleistungen auch den Charakter eines Gemeinschaftsgutes. Hierbei geht es um den Schutz bestimmter Funktionen, die für die Gemeinschaft von Bedeutung sind (u. a. Lebensraum und Regelungsfunktionen). Auch hier bestehen Nutzungskonflikte, die zur Knappheit des Bodens führen und Nutzungsrivalitäten hervorrufen können. Nach OBERTHÜR (1997) ist unter dem Begriff „Nutzungsrivalität“ die Abwägung, „... inwieweit die Nutzung eines Gutes durch einen Konsumenten die Nutzungsmöglichkeit anderer Konsumenten eingeschränkt“ zu verstehen.

Heutige bodenschutzrechtliche Ansätze greifen die Konsequenzen dieses Leitbildes auf. Die alleinige Kontrolle der Bodennutzung und -belastung durch den Eigentümer ist heute eher die Ausnahme. Vielmehr wird mit ordnungsrechtlichen und planerischen Maßnahmen ein umweltpolitischer Ordnungsrahmen geschaffen, der die Verantwortlichkeit, den Boden zu erhalten und Gefahren aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten zu

beseitigen sowie den Boden beim Vorliegen von Gefahren zu sanieren, festschreibt und auch das Management von Bodenmaterial und von Bodeneigenschaften anspricht. Dieser Ordnungsrahmen ist jedoch vor dem Rahmen der Vorsorge weiterzuentwickeln.

### **„Vorbeugen statt Nachsorgen“**

Hier soll dem Vorsorgegedanken im engeren Sinne Rechnung getragen werden, indem Bodenbelastungen bereits im Vorfeld verhindert werden, selbst dann, wenn auch nur der Verdacht einer Bodenschädigung besteht, ohne dass ein schlüssiger wissenschaftlicher Beweis vorliegt.

Mit dieser Leitidee wird auf den finanziellen und technischen Aufwand aufmerksam gemacht, der notwendig ist, um gefährdete Böden zu schützen oder degradierte bzw. verunreinigte Böden annähernd in ihren ursprünglichen Zustand zurückzuführen oder Gefahren für den Menschen und die Umwelt abzuwehren. Insbesondere bei kontaminierten Standorten geht es in erster Linie darum, weitere Gefahren für den Menschen und den Naturhaushalt abzuwehren. Daher soll der Entstehung von Schädigungen dieser Art zukünftig durch bewusstes Handeln vorgebeugt werden.

### **„Boden ist wertvoll“**

Mit Hilfe dieser Leitidee soll das Bewusstsein „Boden ist Leben“ unter den verschiedenen Akteuren (z. B. Bürger, Unternehmer, Verbraucher, Gesetzgeber, öffentliche Versorger) gestärkt werden und der Stellenwert des Bodens im Rahmen der übrigen Umweltgüter verbessert werden. Zu dieser Leitidee gehört auch, die Achtung vor dem Naturgut Boden zu stärken. Hierbei soll jedem Einzelnen vor Augen geführt werden, über welche vielfältigen natürlichen Funktionen der Boden verfügt, welche komplexen, zunächst unsichtbaren Zusammenhänge sich hinter der Materie Boden verbergen und wie leicht dieses Ökosystem in seiner Funktion ge- bzw. zerstört werden kann. Um dieses System in seinem Wirkungsgefüge zu erhalten, ist besondere Vorsicht geboten, zumal es sich bei Boden um eine praktisch nicht erneuerbare Ressource handelt.

Neben dieser teils allgemein-ethischen (vgl. WBGU 1994), teils naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise von Boden als Träger von Leben, könnte für die Entwicklung dieses Leitbildes auch die mythologische Bedeutung der Erde zum Beispiel als Verkörperung der Fruchtbarkeit eine Rolle spielen. Das Symbol der „Mutter Erde“ hat mannigfaltige mythologische Ursprünge (vgl. unter anderem: ISCO 1996).

### **„Boden für morgen“**

Diese Leitidee fordert den vorausschauenden Umgang mit Boden aus Rücksicht für die nachfolgenden Genera-

tionen und lehnt sich damit sehr stark an das Leitbild der Nachhaltigkeit an. BÜCKMANN et al. (1999b) regen an, dass „sich die Bodenschutzpolitik an dem Leitbild der dauerhaft aufrechterhaltbaren Entwicklung orientieren und [...] eine praxisorientierte Konzeption entwickeln sollte“. Mit der Vorsorge zum Bodenschutz können grundlegende Elemente integriert werden, die mit der Idee der Nachhaltigkeit ganz generell angesprochen werden; zugleich würden diese eine notwendige Konkretisierung im Bereich Boden erfahren.

Dabei gilt es zu vermitteln, dass es sich beim Boden um eine empfindliche, wertvolle und nicht erneuerbare Ressource handelt. Für die nachfolgenden Generationen ist es nicht nur von Belang, dass natürliche und gesunde Böden erhalten und seltene Böden bewahrt werden.

### **„Boden gebrauchen statt verbrauchen“**

Hier liegt der Konflikt zwischen Nutzungsfunktionen und natürlichen Funktionen zugrunde, wobei den natürlichen Funktionen ein besonderes Gewicht verliehen werden soll. Angesprochen werden alle, die Böden in irgendeiner Weise für ihre Zwecke beanspruchen (Jedermann-Anforderung). Dabei ist im Hinblick auf die Empfindlichkeit, Regenerierbarkeit und den Wert des Bodens auf einen vorsichtigen und vorausschauenden Umgang mit der Ressource Boden zu achten. Ein weiterer Bestandteil dieser Leitidee ist die Notwendigkeit Böden zu erhalten, die einen kulturgeschichtlichen Wert besitzen (Archivfunktion).

Die nachfolgende Tabelle hebt den Zusammenhang von bodenspezifischen Aspekten und den einzelnen Leitideen hervor. Zu den bodenspezifischen Aspekten gehören insbesondere die Regenerierbarkeit und die hierfür unter Umständen erforderlichen, langen Zeiträume, die den Boden oftmals mit den nicht-erneuerbaren Ressourcen gleichstellt. Aus Gründen der (Nicht-) Regenerierbarkeit ist der Erhalt von seltenen, wertvollen und empfindlichen Böden anzustreben; dies macht die Seltenheit von Böden zu einem wesentlichen Aspekt für die Vorsorge. Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Empfindlichkeit der Böden gegenüber anthropogenen Einwirkungen. Ferner ist zu beachten, dass der Wert von Böden im Verhältnis zu den Umweltmedien Wasser und Luft in der Öffentlichkeit oft unterbewertet wird und Boden oft als „dreckig“ empfunden, mit „Füßen getreten“ und damit abgewertet wird. Da die natürlichen Bodenfunktionen zum Teil in Konkurrenz zueinander stehen und bei bestimmten Nutzungen wertvolle Bodenfunktionen oft irreversibel verloren gehen, spielt die so genannte Multifunktionalität (als ökologische Optimierung des Schutzes der natürlichen Bodenfunktionen) eine zentrale Rolle. Schließlich ist auch die Degradierung und Belastung von Böden ein Kriterium, das bei Vorsorgeüberlegungen durch Vermeidung und Verminderung zu beachten ist.

Die Leitideen stehen nicht in Konkurrenz zueinander. Vielmehr sollen Anregungen geliefert werden, Gedanken zu bündeln sowie die Inhalte gegeneinander abzuwägen oder zu kombinieren und zu einem gemeinsamen Leitbild zusammenzufassen.

**Tabelle 1: Leitideen und bodenspezifische Aspekte zum vorsorgenden Bodenschutz**

| Leitideen<br>bodenspezifische Aspekte | Boden ist gemeinschaftliches Gut | Vorbeugen statt<br>Nachsorgen | Boden ist<br>wertvoll | Boden für<br>morgen | Boden gebrauchen<br>statt verbrauchen |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------------------|
| Regenerierbarkeit                     | X                                | X                             | X                     | X                   | X                                     |
| Seltenheit                            | X                                |                               | X                     | X                   |                                       |
| Empfindlichkeit                       |                                  | X                             | X                     | X                   | X                                     |
| Wertschätzung                         | X                                |                               | X                     | X                   | X                                     |
| Multifunktionalität                   | X                                |                               | X                     |                     | X                                     |
| Bodendegradierung                     | X                                | X                             |                       | X                   | X                                     |

Generell lassen sich die Leitideen „Boden ist gemeinschaftliches Gut“, „Boden für morgen“ und „Boden ist wertvoll“ dem Leitbild „Freiraumsicherung“ und die Leitideen „Vorbeugen statt Nachsorgen“ und „Boden gebrauchen statt verbrauchen“ schwerpunktmäßig dem Leitbild „keine Verschlechterung“ zuordnen.

Je nach Ausgestaltung der Vorsorge bei den einzelnen Leitideen kann sich auch eine Verknüpfung zu beiden Leitbildern ergeben.

## **2.4 Grundregeln und Ziele zur Vorsorge im Bodenschutz**

### **2.4.1 Bisherige konzeptionelle Ansätze**

Schon in der Vergangenheit haben sich wissenschaftliche Gremien und Institutionen im Rahmen ihrer wissenschaftlichen Politikberatung mit den Themen der Vorsorge im Bodenschutz und der Sanierung beschäftigt und hierbei aufgezeigt, welche offenen Probleme einer Lösung bedürfen. Bereits 1974 finden sich im Umweltgutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) Ausführungen zum Landschaftsverbrauch. Seit der 1. Hälfte der 80er-Jahre erlangen die Bodenschutzfragen verstärkt durch die 1985 erfolgte Veröffentlichung der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung auch in den Umweltgutachten des SRU einen hohen Stellenwert.

Darüber hinaus zeigen Sondergutachten den Stand der Erkenntnisse und die damaligen Defizite auf dem Gebiet der Altlastenbearbeitung (1990) auf. Neben dem SRU beschäftigt sich auch der Deutsche Rat für Landschaftspflege mit den Themenbereichen des Bodens. Im Jahresgutachten 1994 analysiert der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) die Gefährdung der Böden aus globaler und regionaler Sicht. In seinem Sondergutachten zum Grundwasserschutz hat der SRU (1998) den besonderen Zusammenhang zwischen den Anforderungen eines flächendeckenden Grundwasserschutzes und den aus diesem sich ergebenden Ansprüchen an den Schutz der Böden als Deckschicht für das Grundwasser erörtert.

Die Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung (BUNDESREGIERUNG 1985) formulierte erstmals einen programmatisch-umfassenden Ansatz zum Schutz der Böden. Im Ansatz der Bodenschutzkonzeption ist der Bodenschutz als Querschnittsaufgabe der Umweltpolitik zu verstehen. Mit der Bodenschutzkonzeption wurde seinerzeit die Diskussion um geeignete Instrumente zum Schutz der Böden auf eine breite Basis mit einer Vielzahl von Akteuren gestellt. Aus heutiger Sicht war dies sicherlich der richtige erste Schritt, um den Bodenschutz umweltpolitisch zu verankern und zugleich weiter fachlich zu profilieren. Aus der Vielzahl

von Prüfaufträgen, die aufgrund der Bodenschutzkonzeption vergeben wurden, sind die entscheidenden Beiträge hervorgegangen, die letztlich zur Verabschiedung des Bundes-Bodenschutzgesetzes und zu den landesrechtlichen Initiativen zum Bodenschutz geführt haben.

Auch die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt“ hat sich umfangreich mit speziellen Themen aus dem Spektrum des Bodenschutzes wie der Bodenversauerung und der Flächeninanspruchnahme befasst (ENQUETE-KOMMISSION 1998).

Die in Praxis und Wissenschaft erkannten Kenntnislücken wurden in breit angelegten Bodenforschungsprogrammen des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) in den Jahren 1985–92 und in den Forschungsprogrammen zur Technik der Altlastensanierung intensiv bearbeitet. Ziele zur Vorsorge im Bodenschutz finden sich auch im internationalen Bereich (siehe Anhang).

### **2.4.2 Konzeption des Beirates zu Grundregeln der Vorsorge**

Die Aufstellung von Grundregeln der Boden-Vorsorge muss offen legen, welche normativen Grundpositionen ihnen zugrunde liegen und auf welches Problemverständnis und welche Werturteile sie abstellen. Dies gilt generell für alle Grundregeln und Anforderungen, die in der Umweltpolitik aufgestellt werden. Daher fußen die durch den Beirat im Folgenden vorgeschlagenen Grundregeln in wesentlichen Teilen auch auf den generellen Grundpositionen, die zuletzt von der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (1994a) vorgelegt worden sind. Sie werden von dieser mit Hinweisen auf das Leitbild einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung, unter anderem der Begrenzung der verfügbaren Umweltressourcen und der Aufnahmekapazität der Umwelt begründet (vgl. auch SRU 1994).

Sie lassen sich jedoch auf den Boden und die Boden-Vorsorge nicht ohne weiteres anwenden. Art und Ausmaß der Bodenbelastungen und der Inanspruchnahme der Böden machen eine Modifizierung und Anpassung der allgemeinen Grundregeln der Enquête-Kommission erforderlich, um der besonderen Problematik in der Bodenschutzpolitik gerecht zu werden.

Als normative Grundpositionen (siehe Kasten) geht der vorsorgende Bodenschutz davon aus, dass alle Böden mit ihren natürlichen Funktionen flächendeckend unter dem Vorsorgeprinzip betrachtet werden müssen, wobei sich Vorsorgepflichten als differenziert für bestimmte Gebiete, Böden, Bodenlandschaften und ggf. auch Nutzungen ergeben können. Der Vorsorgegedanke umfasst

auch die Funktionen der Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte, ebenso wie die – für alle Vorsorgeansätze zentral wichtige – Funktion der Böden zur land- und forstwirtschaftlichen Produktion. Als weitere normative Grundpositionen geht der vorsorgende Bodenschutz von der Notwendigkeit der Freiraumsicherung für spätere Generationen aus. Die Betonung der Vorsorge bei der Freiraumsicherung wird auch vom Prinzip der nachhaltigen Entwicklung mitbestimmt.

Die Grundregeln folgen der Vorstellung, dass Böden in ihrer natürlichen Entwicklung zu schützen sind. Es erscheint als vergeblicher und fehlgehender Versuch, den Zustand eines Bodens „für alle Zeiten“ bewahren zu wollen. Böden sind dynamische Systeme. Sie entwickeln sich laufend – wenn auch sehr langsam – fort. Also kann nicht die unbedingte Konservierung des bestehenden Zustandes das Leitziel des Bodenschutzes sein, sondern die Ermöglichung einer natürlichen Entwicklung.

Folgende Grundregeln zur Vorsorge sollen der erweiterten Vorsorgekonzeption zum Bodenschutz vorangestellt werden:

1. Bei Einwirkungen auf den Boden sollen Beeinträchtigungen seiner natürlichen Funktionen sowie seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden werden. Das ist auch ein notwendiger Beitrag zum flächendeckenden Grundwasserschutz.
2. Die Nutzung eines Bodens soll das sich aus der jeweiligen Nutzungsfunktion ergebende Schutzbedürfnis des Bodens beachten. Nutzungsfunktionen können nur soweit in Anspruch genommen werden, wie dies mit dem Schutz der natürlichen Bodenfunktionen vereinbar ist.
3. Die Besorgnis des Entstehens von schädlichen Bodenveränderungen erfordert Maßnahmen zur Vorsorge.
4. Anthropogen bedingte Bodenveränderungen mit Risiken für die menschliche Gesundheit und die belebte Umwelt sind zu vermeiden.
5. Die Vorsorge umfasst auch den Boden als Naturgut, d. h. im Sinne eines Schutzes um seiner selbst willen.

Beeinträchtigungen des Bodens als Naturgut und seiner Archivfunktion sind zu vermeiden.

6. Schadstoffeinträge in den Boden sollen sich an der Empfindlichkeit der natürlichen Bodenfunktionen orientieren und diese nicht unangemessen beeinträchtigen, wobei eine erhebliche oder schleichende Anreicherung zu vermeiden ist. Zulässige Zusatzeinträge sollen entweder unbedenklich sein oder im Rahmen gesellschaftlicher Konventionen zeitlich begrenzt sein.
7. Die Rate des durch Wind- und Wassererosion abgetragenen Bodenmaterials soll durch geeignete Bewirtschaftungsmaßnahmen so weit wie möglich reduziert werden.
8. Nutzungsbedingte Bodenverdichtungen, die zu der Besorgnis einer erheblichen Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen und einer erheblichen Beeinträchtigung der Nutzungsfunktion führen können, sind so weit wie möglich zu vermeiden; das Bodengefüge ist zu erhalten.
9. Die Inanspruchnahme von Boden als Flächenressource soll schonend und sparsam sein. Industrielle und gewerbliche Brachflächen sowie aufgelassene Verkehrsflächen sollen wieder in die Flächennutzung eingegliedert werden. Durch die Wiedernutzung solcher Böden und Standorte soll der Zustand ihrer natürlichen Bodenfunktionen nicht verschlechtert werden. Bodenschutz der räumlichen Planung folgt der Maxime einer optimalen Schonung aller Bodenfunktionen im Planungsgebiet.
10. Für regional abzugrenzende Gebiete soll die für Neuversiegelung vorgesehene Fläche in der Regel die Summe der aus der Entsiegelung von Böden und aus dem Flächenrecycling zurückgewonnenen Bodenfläche nicht übersteigen.

Die Grundregel Nummer 4 reflektiert ein Konzept zur bodenspezifischen Ausfüllung des Begriffes „Risiko“, die der Beirat in der nachfolgenden Abbildung schematisch zusammengefasst hat. Das Schema greift vorausgegangene Darstellungen (KONIETZKA und DIETER 1998; FISCHER 1996) auf, erweitert sie und führt sie fort.

Tabelle 2

Tabelle 2: Einteilung von bodenspezifischen Risikobereichen und von Bodenwerten

| Vorsorge                                                                                                                                                               |                                                                                                                           | Gefahrenabwehr                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schadenseintritt ist aufgrund praktischer Ver-<br>nunft ausgeschlossen, wohl aber möglich                                                                              | Schadenseintritt ist bei Anhalten weiterer<br>Einwirkungen (z. B. Stoffeinträge)<br>zu besorgen                           | Schadenseintritt ist hinreichend<br>wahrscheinlich                                                                    |
| ----- Zunehmendes Risiko für das Schutzgut >----->                                                                                                                     |                                                                                                                           |                                                                                                                       |
| Bereich des Restrisikos                                                                                                                                                | Beginn des unerwünschten Risikos                                                                                          | Beginn des nicht mehr hinnehmbaren Risikos                                                                            |
| praktisch sicher nach dem aktuellen Stand des<br>Wissens und bei Einzelstoffbetrachtung und/<br>oder einschließlich unwägbarer Risiken und<br>bei Vielstoffbetrachtung | z. B. für Wirkungspfad Boden-Mensch:<br>extrapolierte Dosis ohne schädliche Wir-<br>kung für empfindliche Personengruppen | z. B. für Wirkungspfad Boden-Mensch: extrapolierte<br>Dosis mit Gefahrenbezug im ungünstigen Fall der Ex-<br>position |

Vorsorgewert

Prüfwert

und/oder:  
**Maßnahmenwert,**  
soweit die Dosis mit Gefahrenbezug  
zuverlässig im Boden nachgewiesen  
wird

### Überlegungen zum Management des vorsorgenden Bodenschutzes

Die genannten Grundregeln sind normativer Art. Ergänzend lassen sich weitere Eckpunkte nennen, die sich – auf den Grundregeln aufbauend – auf das Management der Bodennutzung und -entwicklung beziehen.

Böden sind in sozioökonomischer Sicht nicht „freies Gut“, sondern vorwiegend Eigentum. Dies ist einer der wesentlichen rechtspolitischen Unterschiede im Vergleich zur Luft- und Wasserreinhaltung, der auch den Hintergrund für das Fehlen von umweltrechtlichen Genehmigungs- und Erlaubnisvorbehalten zur Bodennutzung darstellt. Die umweltpolitische Handlungskompetenz des Bodenschutzes ist eine andere als in traditionellen Sachgebieten der Umweltpolitik, etwa im Immissionsschutz, der Abfallwirtschaft oder dem Gewässerschutz. Bei diesen ist die Handlungskompetenz dadurch gekennzeichnet, dass der Staat die Inanspruchnahme eines „common good“ regelt, indem er die Benutzung erlaubnis- oder genehmigungspflichtig macht und sie überwacht. Beim Bodenschutz gibt es hingegen keine erlaubnis- oder genehmigungsrechtlichen Instrumente. Hier regelt der Staat im Wesentlichen „nur“ die Pflichten der Eigentümer, Nutzer und Verantwortlichen zur Vorsorge und Gefahrenabwehr sowie die anzustrebende oder zu vermeidende (bei Altlasten) Qualität der Böden und überlässt es im Übrigen weitgehend der Interaktion der Pflichtigen, dies in geeignete zivilrechtliche Verhaltensregeln zu übersetzen.

Die Bewertung der Qualität von Böden, zum Beispiel hinsichtlich der Schadstoffgehalte, ist von zentraler Bedeutung für die Beurteilung der Umweltverträglichkeit von Nutzungen und Einwirkungen. Sie hat eine zentrale Bedeutung sowohl bei der Vorsorge als auch bei der Abwehr von Gefahren durch schädliche Bodenveränderungen und Altlasten. Die Bewertung von Böden, sei es hinsichtlich der Schadstoffbelastung, ihrer Nährstoffe oder etwa ihrer bodenbiologischen Güte soll nach dem Grundsatz erfolgen, dass gleichwertige Sachverhalte auch einheitlich bewertet werden. Die Einheitlichkeit der Bewertung gewährleistet Rechtssicherheit und dient der Transparenz von Entscheidungen.

Bodenschutz dient auch der langfristig angelegten Optimierung der ökologischen Leistungsfähigkeit der natürlichen und nutzungsbezogenen Bodenfunktionen. Der Begriff „Optimierung“ reflektiert mögliche Konflikte zwischen verschiedenen Bodennutzungen. Die Optimierung strebt keinen statischen Zustand an, der einmal erreicht wird und dann fortbesteht, sondern ist ein dynamischer Vorgang, der sich fortwährend mit den jeweils aktuellen Nutzungskonflikten, die mit einer Güter- und Übelabwägung verbunden sind (SRU 1994 Tz. 51), auseinander setzen muss. Zu den wesentlichen Bestandteilen der Optimierung gehört die „Sichtbar-

machung“ von Nutzungskonflikten und durchgeführten bodenbezogenen Maßnahmen.

Anzustreben ist eine ausgewogene Balance zwischen den Handlungsansätzen zur Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten und zur Vorsorge. Die Glaubwürdigkeit dieser Handlungsansätze wird umso größer, je deutlicher die Sanierung auf die Maßstäbe der Gefahrenabwehr und des Nutzungsbezuges abstellt und die Vorsorge gleichzeitig nach stringenten Maßstäben fortentwickelt wird.

### Schnittstellen zu anderen Regelungsbereichen

Der Anwendungsbereich des Bundes-Bodenschutzgesetzes ist in § 3 BBodSchG beschrieben (vgl. auch HOLZWARTH et al. 1999). Soweit das Bodenschutzrecht subsidiär zu anderen Regelungsbereichen anzuwenden ist, zählt § 3 BBodSchG die zu beachtenden Rechtsvorschriften des Umwelt- und sonstigen Fachrechtes auf. Soweit diese Rechtsvorschriften Einwirkungen auf den Boden regeln, ist das Bodenschutzrecht nachrangig. Dabei kommt es nicht auf die materielle Art der Regelung der Einwirkungen an. Es können also durchaus abweichende rechtliche Festlegungen zum Beispiel hinsichtlich von Bodenwerten bestehen, die aus rein fachlich-inhaltlicher Sichtweise nicht bzw. nicht (mehr) Bestand haben. Hieraus entsteht ein fachlicher und teils auch rechtlicher Bedarf zur Harmonisierung der Anforderungen zum Bodenschutz, auf den der Beirat weiter unten im Einzelnen eingeht.

Daneben kann es auch zu einer subsidiären Anwendung der Maßstäbe des Bodenschutzrechtes kommen, wenn etwa die materiellen Maßstäbe der Bodenschutz- und Altlastenverordnung zur Beurteilung von Stoffgehalten in Böden nach anderen Rechtsvorschriften herangezogen werden, so zum Beispiel bei der planungsrechtlichen Ausweisung von Flächen. Ferner kann es auch zu einer parallelen Anwendung des Bodenschutzrechtes im Hinblick von solchen Rechtsvorschriften kommen, die im Rahmen des § 3 BBodSchG nicht genannt werden, also kein speziell subsidiäres oder vorrangiges Verhältnis zum Bodenschutz haben. Hier sind insbesondere das Naturschutz- und Wasserhaushaltsrecht anzusprechen.

Ungeachtet der rechtswissenschaftlichen Fragen und Problemstellungen, die mit der Abgrenzung des Bodenschutzrechtes zu anderen Umweltrechtsbereichen verbunden sind und die sicherlich in Zukunft noch weitere juristische Erörterungen und Feinarbeiten erforderlich machen, macht der Beirat in rein fachlicher Hinsicht auf die vielfältigen materiellen Schnittstellen der Bodenvorsorge zu anderen umweltpolitischen Schutzgütern und Umweltmedien aufmerksam. Es bedarf eines besonderen Augenmerks, diese Schnittstellen bei der weiteren Ausgestaltung der Bodenvorsorge in angemessener Weise zu beachten.

**Tabelle 3: Übersicht zu den Schnittstellen der Grundregeln zur Boden-Vorsorge mit anderen Sach- und Rechtsbereichen**

| Grundregeln (vgl. Text)                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| <b>Schutzgüter und Umweltmedien</b>      |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| - Menschliche Gesundheit                 | +   | + | + | + |   | + | - | - | + | +  |
| - Wasser                                 | +   | - | + | - | + | + | + | + | + | +  |
| - Luft                                   | (+) | - | + | - | + | + | - | - | + | +  |
| - Fauna/Flora                            | (+) | + | + | + | + | - | + | + | + | +  |
| - Archiv der Natur- und Kulturgeschichte | +   | - | - | - | + | - | + | + | + | +  |
| <b>Bodennutzungen</b>                    |     |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| - Naturschutzrecht                       | +   | + | + | + | + | + | + | + | + | +  |
| - Immissionsschutzrecht                  | +   | + | + | + | + | + | - | - | - | -  |
| - Wasserrecht                            | +   | + | + | + | + | + | + | + | - | -  |
| - UVP-Recht/IVU                          | +   | + | + | - | + | + | + | + | + | +  |
| - Raumordnungsrecht                      | -   | + | + | - | - | - | - | - | + | +  |
| - Baurecht                               | +   | + | + | + | + | + | - | + | + | +  |
| - Flurbereinigungsgesetz                 | +   | + | + | - | + | - | + | + | - | -  |
| - Verkehrswegerecht                      | +   | + | + | - | + | + | - | - | + | +  |
| - Bergrecht                              | +   | + | + | + | + | + | - | - | - | -  |
| - Abfallrecht                            | +   | + | + | + | - | + | - | - | - | -  |
| - Futtermittelrecht                      | +   | + | + | + | - | + | - | - | - | -  |
| - Düngemittelrecht                       | +   | + | + | + | - | + | - | - | - | -  |
| - Pflanzenschutzrecht                    | +   | + | + | + | - | + | - | - | - | -  |
| - Waldrecht                              | +   | + | + | - | + | - | + | - | - | -  |
| - Gefahrstoffrecht                       | +   | + | + | + | - | + | - | - | - | -  |
| - Chemikalienrecht                       | +   | + | + | + | - | + | - | - | - | -  |
| - Atomrecht                              | +   | + | + | + | - | + | - | - | - | -  |
| - Gentechnikrecht                        | +   | + | + | + | + | + | - | - | - | -  |
| - Arzneimittelrecht                      | +   | + | + | + | - | + | - | - | - | -  |

+ = trifft zu/Grundregel kommt in diesem Sachbezug zum Tragen

- = trifft nicht direkt zu/kein Sachzusammenhang

Die Tabelle zeigt auf, dass Grundregeln und Anforderungen zur Boden-Vorsorge ein medien-, fach- und natürlich auch disziplinübergreifender programmatischer Ansatz sind, der in (fast) alle umweltpolitischen Handlungsfelder hineinreicht. Dieser Ansatz unterstreicht die Grundkonzeption des Beirates, die auch bereits in der

Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung angelegt ist. Der Boden wird hier als „Stellgröße“ für wesentliche umweltpolitische Entscheidungen und Handlungsfelder angesehen; dies entspricht der zentralen Stellung, die Böden in Ökosystemen und Landschaften für die Stoffkreisläufe und den Ressourcentransfer haben.

**Tabelle 4: Vorsorgender Bodenschutz als funktions- und wirkungsorientierter Ansatz (Beziehungsgeflecht)**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stoffbezogene<br>Boden-Vorsorge<br>Bsp.: Einträge von Schadstoffen;<br>vorsorgende Bodennutzung                                                                                                                                                                                             | Gefügebezogene<br>Boden-Vorsorge/Erosion<br>Bsp.: Schadverdichtung von Böden;<br>Bodenabtrag durch Wasser und<br>Wind; Schutz des Bodengefüges | Ressourcenbezogene<br>Boden-Vorsorge<br>Bsp.: Bodenmaterial zur Rekul-<br>tivierung und für Baumaßnahmen;<br>Entzug von Erdwärme; Boden als<br>Lagerstätte von Rohstoffen                                                                                                                              |
| <p><b>Vorsorge zum Erhalt der natürlichen Bodenfunkti-<br/>onen, insbesondere der Lebensraum- und Rege-<br/>lungsfunktion, und der Archivfunktion;</b></p> <p><b>Keine Verschlechterung der natürli-<br/>chen Bodenfunktionen;<br/>Freiraumsicherung für spätere Gene-<br/>rationen</b></p> |                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| raum-/flächenbezogene<br>Boden-Vorsorge<br>Bsp.: Ver-/Entsiegelung; Optimie-<br>rung der raumwirksamen Bodennut-<br>zung;<br>Vorrangflächen für bestimmte Bo-<br>denfunktionen                                                                                                              | produktbezogene<br>Boden-Vorsorge<br>Bsp.: Düngemittel, Bodenhilfs-<br>mittel, verwertbare Abfälle, Bau-<br>produkte und Baustoffe             | anlagen-, gerätebezogene<br>Boden-Vorsorge<br>Bsp.: Emittierende Anlagen; Anlagen<br>zum Lagern, Abfüllen, Herstellen, Be-<br>handeln und Verwenden boden-<br>gefährdender Stoffe; Entsorgungs-<br>anlagen; Geräte und Maschinen zur Bo-<br>denbearbeitung und zum Ausbringen von<br>Stoffen auf Böden |

Das Beziehungsgeflecht der Vorsorge lässt umfangreiche und je nach Fragestellung spezifische Verknüpfungen und ihre Wechselbeziehungen zu. Eine entsprechende Darstellung ermöglicht Synergie- und Sensibilitätsbetrachtungen, die für eine Kontrolle der Strategien der Boden-Vorsorge in den einzelnen Vorsorgeelementen nützlich sein könnten (WBGU 1994).

### **3 Bisher vorliegende Vorsorgekonzeption des Bundes-Bodenschutzgesetzes**

#### **3.1 Besorgnisansatz**

Das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz) ist seit dem 1. März 1999 in Kraft. Dieses Gesetz befasst sich in seinen zentralen Teilen mit der Verhinderung und Beseitigung schädlicher Bodenveränderungen und Altlasten und ist damit in seinem Schwerpunkt auf die bodenschutzrechtlich modifizierte Abwehr polizeilicher Gefahren ausgerichtet. Dieser das

gesamte Umwelt- und Sicherheitsrecht kennzeichnende Ansatz geht im Kern vom Schutz des Einzelnen und der Allgemeinheit aus und unterwirft spezifische Gefahrenquellen besonderen Anforderungen.

Das Bundes-Bodenschutzgesetz beschränkt sich jedoch nicht auf die bloße Gefahrenabwehr, denn dies würde zu einer Vernachlässigung von Beeinträchtigungen führen, die zwar derzeit die Gefahrenschwelle nicht überschreiten, jedoch längerfristig Gefahren hervorrufen können und daher bereits jetzt ein Besorgnispotenzial darstellen. Solchen Entwicklungen kann ordnungsrechtlich nur durch Vorsorgepflichten begegnet werden. Bodenschutz-Vorsorge eröffnet daher Handlungsspielräume in Bereichen, die nicht ohne weiteres individuell zugerechnet werden können, weil das Ursachenwissen fehlt oder die Kenntnis über die Wirkungen nicht hinreicht. Während die Schutzpflicht erfüllt ist, wenn die Gefahr abgewendet ist, beugt die Vorsorge Gefahren vor; sie wirkt dem Entstehen neuer Gefahren entgegen. Vorsorge beginnt folgerichtig nicht erst bei der hinreichenden Wahrscheinlichkeit eines Schadens, sondern lässt die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung genügen.



Vorsorgemaßnahmen sind geboten, wenn wegen der räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkung einer Nutzung auf die Bodenfunktionen die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht.

Die bodenschutzrechtliche Vorsorgepflicht trägt dabei dem Umstand Rechnung, dass der Boden auch geringe stoffliche Einträge über lange Zeiträume anreichern kann. Dies kann, wie andere nachteilige Einwirkungen, zum Verlust oder zu einer erheblichen Beeinträchtigung lebenswichtiger Bodenfunktionen führen.

Dieser Ansatz stellt hohe Ansprüche nicht nur an Politik und Verwaltung in Bund und Ländern, sondern erfasst in seinen Konsequenzen auch alle Eigentümer und Nutzer von Grundstücksflächen, deren Böden nunmehr unter vorsorglichen Gesichtspunkten genutzt und bewirtschaftet werden sollen. Aus dem Ansatz des BBodSchG ergeben sich folgende nähere Grundsätze zur Vorsorge im Sinne der fachlichen Anforderungen des § 7 BBodSchG:

1. Die Besorgnis, d. h. der begründete Verdacht des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung, besteht, wenn durch Einwirkungen auf den Boden langfristig eine irreversible und adverse Änderung von Bodenfunktionen zu erwarten ist, die das Ausmaß natürlicher Bodenentwicklungsprozesse signifikant übersteigt. Die Bodenfunktionen werden dabei weitgehend anhand von abiotischen Bodeneigenschaften beurteilt. Aus bodenschutzrechtlicher Sicht ist diese Besorgnis nur dann gegeben, wenn es sich sowohl bei den Einwirkungen wie bei den Effekten nicht nur um punktuelle bzw. kleinräumige Phänomene handelt. Bei der vorsorgebezogenen Beurteilung der Bodeneigenschaften von Grundstücken und deren Einwirkungsbereichen wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass es sich hier nicht um nur kleinräumige Belastungen handelt. Konkretisierende Vorgaben enthält im Übrigen die BBodSchV.
2. Eine Bodenschutz-Vorsorge ist auch da geboten, wo vermutet werden kann, dass die Leistungsfähigkeit der natürlichen Bodenfunktionen, z. B. Abbau- und Puffervermögen, nicht unerheblich überschritten wird und wiederholt oder dauerhaft, nicht nur kleinräumig, eine vom Boden ausgehende Belastung anderer Umweltkompartimente, z. B. Gewässer, zu besorgen ist.
3. Die Besorgnis ist auch gegeben, wenn langfristig eine vermeidbare Anreicherung solcher Stoffe im Boden erfolgt, deren schädliche oder mögliche schädliche Auswirkungen auf Bodenfunktionen und/oder andere Schutzgüter sich heutiger Beurteilung entzieht (Minimierungsgebot).
4. Erst wenn keine Besorgnis besteht, dass die natürlichen Funktionen durch das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen beeinträchtigt werden und vom Boden keine unvertretbaren Risiken für die mensch-

liche Gesundheit und für die Umwelt ausgehen, ist eine der Forderungen der Nachhaltigkeit erfüllt.

5. Seltene, naturnahe oder hinsichtlich ihrer Natur- und Kulturgeschichte bedeutsame Böden sind Gegenstand der Vorsorge, wenn ein Verlust ihrer charakteristischen Eigenart zu besorgen ist (im Sinne eines Bestandsschutzprinzips).
6. Zum Zweck der Vorsorge kann es erforderlich sein, die Bodeneigenschaften durch gezielte Maßnahmen zu verändern, um ihre Leistungsfähigkeit zu verbessern (z. B. zum Aufbau organischer Substanz im Boden oder zur Gefügestabilität).
7. Die Bodenschutz-Vorsorge hat aus fachlicher und rechtlicher Sicht dort ihre Grenzen, wo Anhaltspunkte für eine dauerhafte Veränderung von Bodeneigenschaften oder langfristige Belastungen anderer Umweltkompartimente nicht gegeben sind.

### 3.2 Fachliche Ansatzpunkte

Vorsorge ist vor allem dann erforderlich, wenn die Besorgnis besteht, dass Böden so verändert werden, dass es zu räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen, insbesondere die natürlichen Bodenfunktionen, kommt. Bei Stoffeinträgen geht es vor allem um Stoffe, die aufgrund ihrer krebserzeugenden, erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder toxischen Eigenschaften sowie hinsichtlich ihrer umweltgefährdenden Eigenschaften geeignet sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen. Neben Stoffeinträgen können auch mechanische Einwirkungen (Abtrag, Auftrag, Durchmischung, Verdichtung und Versiegelung) auf Böden Vorsorgemaßnahmen begründen.

#### Zum Begriff der Auswirkung

Auswirkungen auf die Bodenfunktionen sind Veränderungen der Bodenbeschaffenheit, die durch eine anthropogene Nutzung des Bodens oder sonstige Einwirkung auf den Boden verursacht werden. Auswirkungen auf den Boden können

- durch einzelne Ursachen, durch Ketten von sich bedingenden Ursachen oder durch das Zusammenwirken verschiedener Ursachen herbeigeführt werden;
- kurz-, mittel- oder langfristig auftreten und dabei ständig oder nur wiederkehrend vorhanden sein;
- kleinräumig oder großräumig vorliegen;
- aufhebbar (reversibel) oder nicht aufhebbar (irreversibel) sein;
- sich fördernd oder hemmend auf die Bodenfunktionen auswirken;
- geringfügig oder erheblich sein.

Der Nachweis solcher Wirkungen kann als kausalanalytischer Zusammenhang im Sinne einer klaren Zuordnung von Ursache und Auswirkung erfolgen. Ein Hinweis kann auch als statistisch nachgewiesener Zusammenhang in Verbindung mit der Feststellung von systematischen Abhängigkeiten und Wirkungszusammenhängen erfolgen.

Eine Veränderung von Böden allein begründet noch keine Notwendigkeit von Vorsorgemaßnahmen, denn Böden verändern sich auch ohne Zutun des Menschen. Unter dem Einfluss der Faktoren Ausgangsgestein, Klima, Relief und Organismen durchlaufen sie eine für die jeweilige Faktorkonstellation charakteristische Bodenentwicklung, während der sich Bodeneigenschaften eines Standortes so stark ändern, dass wir dessen Böden unterschiedlichen Bodentypen zuordnen (Bodenentwicklungsserien). Gemessen an den anthropogenen Eingriffen verläuft die natürliche Veränderung von Bodeneigenschaften langsam (der Übergang von einem Bodentyp zum anderen benötigt meist Jahrhunderte bis Jahrtausende) und sie dauert in Zukunft an.

Aber auch ein regelmäßiger Einfluss des Menschen auf Böden begründet als solche noch keine Vorsorgemaßnahmen. Ackerbaulich genutzte Böden sind in der Regel gegenüber ihrem natürlichen Zustand veränderte Böden. Sie sind durch teilweise schon jahrhundertlange landwirtschaftliche Nutzung überprägt und der Einfluss des Menschen hat die Böden dauerhaft verändert. Trotz der langen Nutzungsdauer sind wesentliche Bodenfunktionen erhalten geblieben. Teilweise erzielt die Landwirtschaft solche Bodeneigenschaften, die im Sinne einer nachhaltigen Produktionsfunktion erwünscht sind. Landwirtschaftlich genutzte Böden sind deshalb wie natürliche Böden schutzwürdig, wenn die Inanspruchnahme der Produktionsfunktion mit dem Erhalt der natürlichen Bodenfunktionen vereinbar ist. Dabei führt die bewirtschaftungsbedingte Zufuhr, insbesondere von Nährstoffen im Rahmen von ordnungsgemäßen Düngungsmaßnahmen, nicht zu Belastungen, wenn der Entzug von Nährstoffen mit der Ernte des Pflanzenaufwuchses lediglich kompensiert wird. Im Sinne einer erweiterten Bilanz der Nährstoffflüsse sind allerdings nicht allein die Düngung sowie die ertragsbedingte Nährstoffentnahme, sondern auch die Größen luftgetragene Deposition, bodeninterne Prozesse der Freisetzung und Fixierung von Stoffen sowie die Versickerung und ggf. auch gasförmige Verluste durch Denitrifikation zu betrachten.

Selbst erhebliche Ergriffe des Menschen aus früherer Zeit müssen noch keine Vorsorgemaßnahmen auslösen. Jahrhundertlange landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung haben in Teilbereichen die Böden so grundlegend verändert, dass wir von „anthropogenen Böden“ sprechen. Hier ist der Plaggenesch ein gutes Beispiel, der durch eine Auflage von kotangereicherten Gras- oder Heidesoden (Plaggen), entstanden ist. Weitere

Beispiele anthropogener Böden sind Hortisole und Rigosole, aber auch unter Wald lässt sich oftmals der anthropogene Einfluss zum Beispiel durch waldbauliche Maßnahmen oder frühere Landnutzung erkennen. Heute können diese Böden wertvolle Archive der Kulturschichte sein und sind als solche zu schützen.

Daher ist es zur Beurteilung von Bodenveränderungen erforderlich, einen Referenzzustand der Böden anzugeben, auf den hin die Veränderung bewertet werden kann. Die Festlegung eines Referenzzustandes der Böden macht Soll-Ist-Vergleiche möglich. Eine ähnliche Vorgehensweise gibt es zum Beispiel auch im Arten- und Biotopschutz. Hier wird als Ausgangspunkt für bewertende Aussagen zum Artenbestand ein Vergleich der heutigen Situation (Ist) mit der Kulturlandschaft zwischen 1840 und 1890, also vor bzw. in der Anfangsphase der Industrialisierung, nicht jedoch der vom Menschen weitgehend unbeeinflusste Naturzustand etwa vor mehr als tausend Jahren herangezogen. Fallweise wird für bestimmte Landschaftstypen, vor allem Wälder, auch ein früherer Zeitpunkt zum Bilanzvergleich angenommen. Eine gezielte, zeitbezogene Betrachtung könnte auch zur Beurteilung von Referenzzuständen der Böden erfolgen. Die Ermittlung von räumlichen, langfristigen oder komplexen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen orientiert sich primär an Kenngrößen der natürlichen Bodenfunktionen selbst oder an sekundären Kenngrößen wie zum Beispiel Stoffübergängen vom Boden auf Pflanzen oder in das Grundwasser und an der Beeinflussung des Naturhaushaltes durch die veränderten Bodenfunktionen. Die Auswirkungen sind nicht additiv verknüpft.

Im Folgenden werden die drei Kriterien Langfristigkeit, Komplexität und Raumbezug näher beschrieben. Die Beispiele verdeutlichen, dass negative Auswirkungen auf die Bodenfunktionen meist nicht durch ein einziges Kriterium begründet, sondern die Kriterien häufig miteinander verknüpft sind. Die Aufzählung hat den Charakter einer Sammlung von Referenzfällen; sie ist nicht vollständig.

### 3.2.1 Langfristigkeit der Auswirkungen

Die Ursache einer Auswirkung kann ein langsamer und schleichender Prozess sein. Sie kann aus diskreten, zeitlich begrenzten Einzelereignissen bestehen. Die ökologische Integrität und Identität von Böden wird dann geändert, wenn die Lebensraumfunktion eines Bodens eine langfristige Veränderung der floristischen und faunistischen Artenausstattung und Individuenanzahl an diesem Standort bedingt oder wenn Stoffvorräte des Bodens langfristig an andere Medien weitergegeben werden (z. B. Boden als Quelle für Stoffeinträge in das Grundwasser, als Ausgasungsquelle in die Luft oder als Transferquelle in Pflanzen und Tiere). Dabei spielt es zunächst keine Rolle, ob die Veränderung sich

hemmend oder fördernd auf eine Bodenfunktion auswirkt. Die Auswirkungen von Bodenveränderungen sind insbesondere in den folgenden Fällen als langfristig zu bezeichnen:

- Der Luft- und Wasserhaushalt der Böden kann durch anthropogene Eingriffe irreversibel verändert werden. Dies kann z. B. durch eine Drainage verursacht werden, die zu Veränderungen des Gefüges, Sackungen und im Fall von Mooren zu erhöhter Mineralisierung der organischen Substanz führt.
- Stoffeinträge in Böden können zu langfristigen Auswirkungen führen, wenn sie sich anreichern und/oder wenn sie lang andauern und negativ auf die Bodeneigenschaften wirken. Im Falle von Schadstoffen führt dies zu einem stetig wachsenden Gefahrenpotenzial. Die zu besorgenden Auswirkungen beziehen sich
  - a) auf den Boden selbst, z. B. wenn der Eintrag von Säurebildnern zu einem irreversiblen Zerfall von Tonmineralien führt
  - b) auf den Boden als Quelle für die Stoffverlagerung in Pflanzen und Tiere sowie in das Grundwasser, z. B. bei der durch Stoffeinträge bedingten Freisetzung (Mobilisierung) von Schadstoffen aus der Bodenmatrix und den Stofftransport zum Grundwasser.
- Kommt es durch Düngungsmaßnahmen zu einem andauernden Netto-Überschuss von Stickstoff im Boden, so kann das zu Besorgnis erregenden Auswirkungen auf die Bodenfunktionen führen, wenn der Stickstoffeintrag den Bedarf zum Erhalt der Lebensraumfunktion oder die Kapazität der Speicherfunktion des Bodens übersteigt. In diesen Fällen kann Stickstoff mit dem Bodensickerwasser verfrachtet werden, wodurch nachfolgend schädigende Wirkungen auf das Grundwasser auftreten können. Aufgrund der angenommenen Persistenz von Schadstoffen im Grundwasserleiter sind diese Veränderungen nicht kurzfristig reversibel.
- Eine über die Düngung erfolgte Phosphor-Anreicherung in Böden kann eine langfristige Quelle für unerwünschte und ökologisch negative Auswirkungen auf Oberflächengewässer durch Wind- oder Wassererosion von Bodenmaterial darstellen. Über die Düngungseffekte hinaus liegt eine positive Auswirkung auf Bodenökologie und -fruchtbarkeit nicht vor.
- Der diffuse Eintrag von Nährstoffen über die Luft in solche Böden, die nicht mit diesen Nährstoffen bewirtschaftet werden (z. B. nährstoffarme Böden mit waldbaulicher Nutzung), führt zu in der Regel langfristigen und nicht reversiblen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen, oft auch dadurch, dass ein größeres Nährstoffangebot unerwünschte und schädliche Folgen auf den Nährstoffkreislauf der Pflanzenbe-

stände oder auf die Artenzusammensetzung von Biozöten und erhöhte Austräge in das Grundwasser haben kann.

- Durch die langjährige, gleichartige Nutzung von Böden werden diese überprägt und entwickeln mehr oder weniger im Gleichgewicht mit der Nutzung neue Eigenschaften. Eine Nutzungsänderung führt zur Störung dieses Gleichgewichtes mit nachfolgender Auswirkung auf die Bodenfunktionen (z. B. Stofffreisetzung durch Abbau der angereicherten organischen Bodensubstanz bei der Umwandlung von Grünland in Ackerflächen).
- Eine irreversible Verdichtung und Erosion kann durch eine längerfristig ungeeignete Bodenbearbeitung entstehen.

Die Langfristigkeit von Auswirkungen wird nicht durch Festlegung eines bestimmten Zeitraumes beurteilt. Das relevante Zeitmaß wird nicht als Fixum vorgegeben, sondern ergibt sich aus der Periodizität oder der Art der Einwirkung auf die Böden. Sie wird – vor allem zur Bilanzierung der Erosionsabträge – mit einem Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Böden von 100 bis 500 Jahren bewertet. Abschätzungen zur Auswirkung von Eintragsfrachten an Schwermetallen ziehen 100 bzw. 200 Jahre als Bilanzgröße in die Bewertung von Nutzungen und Einwirkungen auf Böden heran (PRINZ und BACHMANN 1999). Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung werden auch Bilanzzeiträume von 20 bis 40 Jahren (Anlagen-Laufzeit) berechnet. Bei der Beurteilung des Eintrags und des Verbleibs von Pflanzenschutzmitteln und von Boden-Schadstoffen sind wesentlich kürzere Zeiträume geeignet, um langfristige Auswirkungen, insbesondere im Hinblick auf ökotoxikologische Wirkungen und die Geoakkumulation, feststellen zu können.

### 3.2.2 Komplexität der Auswirkungen

Das Kriterium der Komplexität von Auswirkungen auf Böden ist oftmals schon allein dadurch gegeben, dass auf die Bodenentwicklung Einfluss genommen wird, die ihrerseits ein in Struktur und Dynamik komplexer Prozess ist. Aufgrund der Vielzahl der Interaktionen resultieren Auswirkungen sowohl auf mehrere Eigenschaften des Bodens als auch auf einzelne Reaktionsketten.

Komplex sind die Auswirkungen von Schadstoffeinträgen auf die Bodenfunktionen, wenn durch sie

- Änderungen der Bodenstruktur (Gefüge),
- Änderungen der Tonmineralien (z. B. Bildung von sekundären Chloriten durch Einlagerung von Al-Komplexverbindungen; Tonmineralzerstörung durch Eintrag von Säurebildnern),
- Änderungen bei den Stoffvorräten (z. B. Nährstoffverluste durch Belegung von Boden-Austauscherplätzen durch eingetragene Stoffe),

- Beeinträchtigungen der Bodenbiozöten (Wirkungen auf Bodenbiota),
- mehr als geringfügige Befruchtungen des Bodensickerwassers mit Schad- und Nährstoffen,
- Hemmungen der Abbaufunktion von Böden (Abbau/Umbau von organischer Substanz und von Schadstoffen, z. B. durch Humifizierung oder sorptive Bindung),
- Abtrag, Auftrag, tiefgründige Durchmischung im Zusammenhang mit Baumaßnahmen

auftreten.

Veränderungen der Bodeneigenschaften sind häufig auch dann komplexe Prozesse, wenn sie die bodenbiologische Güte eines Standortes verändern (Artenausstattung, Artenanzahl, Biodiversität). Dies gilt auch für Auswirkungen von in Böden eingebrachten gentechnisch veränderten Organismen oder Produkten sowie von Stoffen mit antibiotischer oder endokriner Wirkung auf Lebewesen.

Bei komplexen Auswirkungen kann es dazu kommen, dass die Beziehung von Ursache und Wirkung nicht im Sinne einer einfachen und linearen Abhängigkeit beschrieben werden kann. Kennzeichen komplexer Auswirkungen sind multifaktorielle Abhängigkeiten, die sich als deterministisches Chaos oder als quasi-epidemiologisch, d. h. statistisch fassbare Abhängigkeiten im Sinne probabilistischer Prognosen (Wahrscheinlichkeitsprognosen) fassen lassen. Diese Anforderung ist bereits in der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung (1985) enthalten.

### 3.2.3 Raumbezug der Auswirkungen

Von räumlichen Auswirkungen kann dann gesprochen werden, wenn die Auswirkungen nicht ausschließlich, lediglich singular und eng umgrenzt auf einen bestimmten Boden (Standort) zutreffen. Eine räumlich relevante Auswirkung ist mindestens dann gegeben, wenn sie in ihrer Art oder ihrem Ausmaß typischerweise

- durch großflächige Stoffeinträge hervorgerufen wird, z. B. durch luftgetragene Schadstoffeinträge im Einwirkungsbereich einer emittierenden Quelle,
- an bestimmte, häufig vorhandene Bodeneigenschaften geknüpft ist und für „alle“ diese Böden eine räumliche Verlagerung von Bodennutzungen bedingt, wie z. B. das Ausweichen bzw. die Verdrängung von ackerbaulicher Nutzung von Böden mit hoher Ertragskraft (Bodenzahl) auf solche mit geringerer Bodenzahl (Änderung der Landnutzungsstruktur, Inanspruchnahme von Böden am „ökologisch falschen Platz),
- die Kompensation durch (naturschutzrechtliche) Maßnahmen des Ausgleiches nicht gewährleistet,

- die Biodiversität einer Bodenlandschaft nachteilig verändert, wie dies zum Beispiel durch Erosion, Verdichtung oder auch durch die Vereinheitlichung des C-, N- und P-Status von Böden der Fall sein kann.

Zudem kommt solchen Auswirkungen eine räumliche Bedeutung zu, die im Zusammenhang mit Baumaßnahmen zu räumlich diffus verteilten Schadstoffeinträgen führen (Schlagwort: „Liniendeponien“ und „Flächendeponien“ für Schadstoffe) und die eine unsachgemäße Auf- und Einbringung von Bodenmaterial zur Herstellung von kultivierbaren Bodenschichten betreffen. Auch die Potenziale des Bodens zur Mineralisierung organischer Schadstoffe sind zu nennen.

Die mit dem Begriff „räumlich“ angesprochenen Gebiete können je nach Einwirkung unterschiedliche Größe aufweisen. Die oben aufgezählten Regelfälle räumlicher Auswirkungen zeigen auf, dass es in diesem Sinne keine Festlegung eines bestimmten relevanten Raumbezuges, etwa als Kartenmaßstab, gibt.

### 3.3 Konzeption der Vorsorge in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) enthält insoweit eine Konzeption zu Teilaspekten der Vorsorge als dort Anforderungen hinsichtlich der Einträge bestimmter Schadstoffe in Böden genannt sind. Diese Anforderungen decken einen Teilbereich der weiter unten genannten Fachfragen der Vorsorge ab.

Die fachliche Konzeption der Vorsorge folgt der Vorstellung des BBodSchG, dass Vorsorge dann zu treffen ist, wenn die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung besteht; dabei spielen vor allem die natürlichen Bodenfunktionen eine maßgebende Rolle, die durch § 1, Satz 3 BBodSchG angelegt ist. Als materielles Kriterium zur Kennzeichnung der Besorgnisschwelle werden Vorsorgewerte festgelegt (Bodenqualitätsstandards). Aus der Festlegung von Bodenqualitätszielen folgt auch die Anforderung an die Minderung der Emission von Schadstoffen. Anlagen- und gerätebezogene Boden-Vorsorge wird insofern auch durch Bodenqualitätsziele (hier: Vorsorgewerte) ausgelöst, auch wenn zum Beispiel die rechtliche Umsetzung nicht im Rahmen des Bodenschutzgesetzes, sondern des Immissionsschutzes vorgesehen ist.

Die Einhaltung der Vorsorgewerte soll die Böden vor einer Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen durch zukünftige Einwirkungen schützen. Langfristiger Schutz hat zum Ziel, dass Böden vielfältig nutzbar erhalten bleiben. Eine nutzungsbezogene Differenzierung der Vorsorgewerte würde diesem Ziel entgegenstehen und den Nutzungswandel praktisch nur in Richtung weniger anspruchsvoller Nutzungen lenken. Sachgerecht ist

daher eine Differenzierung der Böden aufgrund ihrer natürlichen Zusammensetzung und Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen.

Ausgangspunkt für die Ableitung von Vorsorgewerten sind Daten zur Wirkung von Schadstoffen auf die natürlichen Bodenfunktionen. Die Ableitung der Vorsorgewerte berücksichtigt ökotoxikologische Wirkungsschwellen und Anhaltspunkte für langfristige und komplexe Auswirkungen auf die Filter und Speicherfunktion von Böden (Transfer von Schadstoffen in Nahrungspflanzen und Futtermittel sowie Austräge in das Grundwasser). Die Ableitung stellt sicher, dass in der Regel ein hinreichend deutlicher Abstand zu den für die Pfade Boden – Mensch und Boden – Nutzpflanze festgelegten Prüfwerten (gefahrenbezogene Prüfwerte) besteht. Schließlich sind die Vorsorgewerte mit repräsentativen Boden-Hintergrundgehalten abgeglichen.

Ein weiteres Element der Vorsorgekonzeption für Schwermetalle ist die Berücksichtigung der Vorbelastung bei solchen Böden, die geogen oder großflächig siedlungsbedingt erhöhte Hintergrundgehalte aufweisen. In diesen Fällen besteht die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen bei einer Überschreitung der Vorsorgewerte erst, wenn eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzliche Einträge durch die nach BBodSchG Verpflichteten nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen. Eine Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen auf geogen belasteten Böden der Bodenart Sand kann auch bei Unterschreitungen der in der BBodSchV festgelegten Vorsorgewerte bestehen. Bei der geringen Sorptionskapazität sandiger Böden können schon geringe zusätzliche Einträge zu Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen führen.

Bei Überschreitung der Vorsorgewerte gelten sowohl Maßnahmen zur Vermeidung als auch solche zur Verminderung als vorsorgende Vorkehrungen. Im Sinne des Grundrechtsvorbehaltes müssen Vorkehrungen im Hinblick auf den Zweck der Nutzung des Grundstücks verhältnismäßig sein. Das Vermeidungs- und Verminderungsgebot gilt auch für Gebiete mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten.

Den Anforderungen an die Vorsorge bei Schwermetallen sowie PAK und PCB sind andere Stoffe gleichgestellt, wenn sie bestimmte, in der BBodSchV näher bezeichnete Eigenschaften aufweisen. Vorsorgewerte in Analogie zu denjenigen für Schwermetalle können für diese Stoffe aufgrund der Ungewissheit über Stoff-Transfers vom Boden in Schutzgüter und über Wirkungsschwellen sowie aus grundsätzlichen erkenntnistheoretischen Gründen nicht für alle relevanten Stoffe angegeben werden. Das durch diese Stoffe zu besorgende Schadenspotenzial kann allerdings so hoch sein, dass Vorsorgemaßnahmen geboten sind.

Für die Schwermetalle sieht die Vorsorgekonzeption der BBodSchV vor, dass bei luftgetragenen Einträgen die

Überschreitung eines Vorsorgewertes nicht unmittelbar Vermeidungs- oder Verminderungsmaßnahmen auslöst, sondern dass eine Bagatellgrenze als zulässige Zusatzbelastung eingeräumt wird.

Werden die Boden-Vorsorgewerte bei einem Schwermetall überschritten, ist eine Zusatzbelastung bis zur Höhe einer nach BBodSchV festgesetzten jährlichen Fracht dieses Schadstoffes zulässig. Dabei sind die Einwirkungen auf den Boden über Luft und Gewässer sowie durch unmittelbare Einträge zu beachten. Im Einzelfall sind ggf. geogene oder großflächig siedlungsbedingte Vorbelastungen zu berücksichtigen. Frachtwerte werden (zunächst) nur für Schwermetalle festgelegt, weil die Datenlage sowohl zu den Hintergrundwerten in Böden (Ist-Zustand) als auch zu den Einträgen als hierfür ausreichend angesehen wird. Für andere Stoffe erscheint dies noch nicht im gleichen Maße gegeben. Eine kontinuierliche Emission persistenter Stoffe führt gleichwohl zu einer kontinuierlichen Anreicherung auch solcher Schadstoffe im Boden (z. B. PAK in Oberböden), d. h. auch geringe zusätzliche Eintragsfrachten führen langfristig zu einer schädlichen Bodenveränderung. Auch hier müsste ein zeitlicher Rahmen für gebietsbezogene Zusatzbelastungen angegeben werden.

Das Bundes-Bodenschutzgesetz sieht vor, dass im Rahmen immissionsschutzrechtlicher Vorschriften festzulegen ist, welcher Emissionsmassenstrom einer Anlage nicht als ursächlicher Beitrag zum Entstehen schädlicher Bodenveränderungen anzusehen ist. Für diese anlagenbezogene Festlegung liefert der Bodenschutz als gebietsbezogenes Kriterium die Festlegung zu den zulässigen zusätzlichen Eintragsfrachten dieser Stoffe. Die gebietsbezogenen Zusatzbelastungen sind in geeigneter Weise auf die Emission einer Anlage zu beziehen.

Aufbauend auf den o. g. Vorsorgeanforderungen werden für den Fall des Ein- und Aufbringens von Bodenmaterial und sonstigen Materialien weitergehende Anforderungen gestellt, die in ein vorsorgeorientiertes Handlungskonzept eingebunden sind. So ist insbesondere ein hoher Schutzstandard für landwirtschaftlich genutzte Böden vorgesehen. Für diese gilt, dass die Vorsorgewerte nur zu 70 % ausgeschöpft werden dürfen, wenn Bodenmaterial zur Herstellung einer kultivierbaren Bodenschicht aufgebracht werden soll (im Einzelnen hierzu vgl. HOLZWARTH et al. 1999).

## **4 Schritte zu einer erweiterten Vorsorge im Bodenschutz**

### **4.1 Vorbemerkung**

In den folgenden Kapiteln werden die nach Meinung des Beirates für einen Schutz der Böden vordringlich wichtigen Sachthemen vorgestellt. Hierbei kann und soll es sich nicht um eine abschließende Darstellung handeln.

Zum einen ist die Erfassung und Bewertung von Wirkungen und deren Folgen grundsätzlich nur jeweils auf dem aktuellen Stand des Wissens möglich; dies gilt insbesondere auch für in Gesetzen und Verordnungen festgelegte Grenz- oder Richtwerte, wie KLOKE (1999) am Beispiel des Abfallrechtes erläutert. Zum anderen ist sich der Beirat bewusst, dass sich das Themenspektrum der Boden-Vorsorge im Detail noch weiter ausdifferenzieren lässt. Gleichwohl hat der Beirat die thematische Schwerpunktsetzung und die ihr folgende ungleichgewichtig tiefe Bearbeitung der Sachkapitel mit dem Ziel vorgenommen, die wesentlichen Einflussfaktoren zu treffen. Die Reihung der Kapitel orientiert sich an

- a) den natürlichen Funktionen der Böden,
- b) den stofflichen Belastungen,
- c) den sonstigen Belastungen.

Sie signalisiert keine a priori gesetzte Rangfolge.

#### **4.2 Auswertung von Erfahrungen aus dem Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes und seines untergesetzlichen Regelwerkes**

Das Bundes-Bodenschutzgesetz und sein untergesetzliches Regelwerk, allen voran die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung etabliert Rechtspflichten zur Vorsorge und zur Gefahrenabwehr und eröffnet die Möglichkeiten für eine Vielzahl von Maßnahmen zum Bodenschutz. Diese berühren regelmäßig viele Betroffene. In der Bezeichnung des Gesetzes sind dies die so genannten Pflichtigen, darunter Eigentümer und Nutzer, sowie diejenigen, die Böden bewirtschaften und/oder über Grund und Boden verfügen. Daneben werden durch die Regelungen aber auch alle diejenigen angesprochen, die als Berater, Ingenieure, Rechtsanwälte, Wissenschaftler, Planer, Betriebsleiter, in einer staatlichen Verwaltung, in Umweltverbänden, Untersuchungsstellen oder als Sachverständige mit Böden und Altlasten zu tun haben.

Zwar kann der Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes in vielerlei Hinsicht auf erprobte und bereits bewährte Verfahren und Methoden aufbauen, er wird aber nach Auffassung des Beirates auch Neuerungen und erst noch einzuübende Verhaltensweisen erbringen. Dies gilt vor allem auch für die Vorsorge. Eine wichtige Rolle kommt dabei der Erstellung von Vollzugshilfen und Arbeitsanleitungen zu, zu deren thematischer Ausrichtung der Beirat im vorliegenden Gutachten einige Anregungen und Empfehlungen gibt. Bei ihrer Erarbeitung erscheint es sehr wichtig, dass die Vollzugsbehörden der Länder und die Einrichtungen des Bundes eng zusammenarbeiten und dabei die „Betroffenen“ beteiligen. Dabei erscheint eine Abgrenzung zwischen den Arbeiten auf staatlicher Seite (Vollzugshilfen und Arbeitsanleitungen) einerseits und auf Seiten der wissenschaftlich-technischen Verbände (Richtlinie, Arbeitshil-

fen und technische Merkblätter) andererseits sinnvoll. Die Standardisierung von Analyseverfahren und technischen Normen bleibt dabei den bewährten Einrichtungen der Normung zur Bodenbeschaffenheit, in erster Linie dem Deutschen Institut für Normung (DIN), vorbehalten.

Der Beirat regt an, die Erfahrungen aus der ersten Phase des Vollzuges des BBodSchG in gezielter Weise zu sammeln, aufzuarbeiten und in einem möglichst breit angelegten Diskussionsprozess zu erörtern. Zu erwarten ist, dass sehr vielfältige und teils auch widersprüchliche Vollzugserfahrungen zusammengetragen werden. Aufgrund der Anzahl von betroffenen Gruppen, der Unterschiedlichkeit ihrer spezifischen Interessen hinsichtlich des Bodenschutzes und natürlich auch wegen der relativ jungen Rechtsmaterie und dem sich daraus ergebenden Gestaltungsspielraum ist dies wohl nicht zu vermeiden.

Gleichwohl erscheint es im Rahmen dieses Erfahrungsaustausches ratsam, die Aspekte der Vorsorge und diejenigen der Gefahrenabwehr im Umgang mit bestehenden Belastungen im engen gegenseitigen Verbund zu erörtern. Die Integrationsleistung, die das BBodSchG in dieser Hinsicht darstellt, sollte auch für die Auswertung der Vollzugserfahrungen Leitschnur bleiben.

#### **4.3 Erweiterung des Vorsorgeansatzes in der bodenschutzrechtlichen Vorsorgekonzeption**

Bundes-Bodenschutzgesetz und Bundes-Bodenschutzverordnung legen nicht für alle relevanten stofflichen und nicht-stofflichen Wirkungen auf Böden Vorsorge-regelungen fest. Die folgenden Überlegungen sind als fachliche Anregung zu verstehen, um die bisher meist allgemein gehaltenen Anforderungen anderer Rechtsbereiche oder der „Guten fachlichen Praxis“ der Landwirtschaft durch materielle Anforderungen eines vorsorgenden Bodenschutzes zu konkretisieren. Rechtsfragen bleiben dabei unberührt.

##### **4.3.1 Ergänzung der Liste von Vorsorgewerten**

Zur Konkretisierung der im BBodSchG formulierten Vorsorgepflicht legt die BBodSchV für eine Anzahl von Schwermetallen und für zwei persistente organische Verbindungen Vorsorgewerte für Böden fest. Für einige Metalle werden auch zulässige jährliche Zusatzbelastungen (angegeben in Frachten) über alle Wirkungspfade (zulässige Zusatzbelastungen) festgelegt.

Für die Abwehr von Gefahren durch bestehende schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten wurden in der BBodSchV u. a. Maßnahmen- und Prüfwerte für eine größere Anzahl von Stoffen festgelegt. Hierbei wurde differenziert nach Nutzungen, Schutzgütern und relevanten Wirkungspfaden vorgegangen (BMU 1999a, vgl. auch BACHMANN et al. 1998).

**Tabelle 5: Stoffe mit Maßnahmen- oder Prüfwerten nach BBodSchV**

| WIRKUNGSPFAD                                                                                                                  |                                                                   |                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Boden – Mensch                                                                                                                | Boden – Nutzpflanze                                               | Boden – Grundwasser                                                                                    |
| Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Nickel, Quecksilber                                                                              | Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Thallium, Zink | Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Selen, Zink, Zinn |
| Cyanide                                                                                                                       |                                                                   | Cyanid, Fluorid                                                                                        |
| Aldrin, Benzo(a)pyren, DDT, Hexachlorbenzol, Hexachlorcyclohexan, Pentachlorphenol, Polychlorierte Biphenyle, Dioxine, Furane | Benzo(a)pyren, Polychlorierte Biphenyle                           | Mineralölkohlenwasserstoffe, BTEX, Benzol, LHKW, Aldrin, DDT, Phenole, PCB, PAK, Naphthalin            |

**Tabelle 6: Stoffe mit Vorsorgewerten und Werten für zulässige Zusatzbelastungen nach BBodSchV**

| Vorsorgewerte                                                                         | zulässige Zusatzbelastungen                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink                               | Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink |
| Polychlorierte Biphenyle, Benzo(a)pyren, Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe |                                                         |

Die Liste der im Rahmen der Vorsorge geregelten Stoffe ist wesentlich kleiner als die der zum Zweck der Gefahrenbeurteilung geregelten Stoffe. Auch diese letztgenannte ist erst als eine Regelung besonders prioritärer Stoffe zu bezeichnen und erscheint ergänzungsbedürftig.

Weiterhin bestimmt die BBodSchV in § 9 Abs. 1 Nr. 2, dass ein Entstehen schädlicher Bodenveränderungen in der Regel auch dann zu besorgen ist, wenn eine erhebliche Anreicherung von anderen Schadstoffen erfolgt, die aufgrund ihrer krebserzeugenden, erbgutverändernden, fortpflanzungsgefährdenden oder toxischen Eigenschaften in besonderem Maße geeignet sind, schädliche Bodenveränderungen herbeizuführen. Durch diese Erweiterung werden auch nach Chemikaliengesetz (ChemG) und Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) als gefährlich eingestufte Stoffe in der Vorsorgekonzeption der BBodSchV berücksichtigt, wodurch die zunächst begrenzte Anzahl von Stoffen mit Vorsorgewerten deutlich ausgeweitet wird.

Insbesondere birgt der unterschiedliche Katalog der Stoffe mit Vorsorgewerten und der Stoffe mit Prüfwerten die Gefahr von unwägbar differierenden Vollzugsentscheidungen. Zu befürchten ist z. B., dass bei der Ausstrahlung der bodenschutzrechtlichen Anforderungen in andere Rechtsbereiche Ermessens- und Abwägungsunsicherheiten auftreten. So kann etwa bei der Abwägung der Nutzbarkeit eines verunreinigten Bodens im Rahmen der Bauleitplanung oder des Bauordnungsrechtes die Unsicherheit auftreten, wie ein Stoffgehalt in einem Grundstück zu beurteilen ist: Hierzu liefert die BBodSchV einen geeigneten Maßstab für die planerische Abwägung. BUNZEL et al. (1998) führen hierzu aus: „Zur Konkretisierung, ab wann von einer Gefähr-

dung durch Bodenverunreinigungen auszugehen ist, ist – soweit vorhanden – auf die in Verwaltungsvorschriften festgelegten Werte für die Beurteilung stofflicher Belastungen von Böden zurückzugreifen. Auf der Grundlage von § 8 BBodSchG erarbeitet die Bundesregierung derzeit eine Rechtsverordnung. Die Verordnung wird nach ihrem In-Kraft-Treten auch der Beurteilung im Baugenehmigungsverfahren zugrunde zu legen sein.“ Eine detaillierte Betrachtung hat auch bereits REHBINDER (1997) im Zusammenhang mit der grundsätzlichen Stellung der Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV angestellt, die hier ebenso im Zitat dargestellt wird: „Die Prüf- und Maßnahmenwerte sind zwar nicht für die Bauleitplanung bestimmt, und der Bund hätte nach dem BauGB auch nicht die Kompetenz, in diesem Bereich Verwaltungsvorschriften zu erlassen. Dies schließt jedoch nicht aus, dass diese bundesrechtlichen Werte in ihrem sachlichen Aussagegehalt als Richtwerte beachtet werden; auch kommt eine Rezeption durch Verwaltungsvorschriften der Länder in Betracht. Soweit es um die Bestimmung der durch Abwägung nicht mehr überwindbaren Gefahrengrenze geht, markiert die Überschreitung der gesundheitsbezogenen Maßnahmenwerte, insbesondere für den Direktkontakt und den Boden-Luft-Pfad, in der Regel die Gefahrengrenze. Die Prüfwerte geben Anhaltspunkte dafür, ob im Rahmen der Bauleitplanung eine nähere Überprüfung von Altablagerungen oder Altstandorten erforderlich ist. [...] Das Problem liegt aber darin, dass die Aufgabe der Bauleitplanung über die bloße Gefahrenabwehr hinausgeht. Nach § 1 Abs. 5 S. 1 BauGB hat die Bauleitplanung eine umfassende, vorsorgende Gestaltungsaufgabe, die es ausschließt, in jedem Fall an die Gefahrengrenze heranzugehen. Sie soll „dazu beitragen, eine menschenwürdige Umwelt zu sichern und die natürlichen Lebensgrund-

lagen zu schützen“. Werden die Prüfwerte nicht überschritten, so ist an sich davon auszugehen, dass eine Altablagerung oder ein Altstandort keine Gefahren verursacht, m. a. W., dass nicht einmal ein Altlastverdacht besteht. Gleichwohl kann es im Sinne der planerischen Vorsorge sinnvoll sein, eine deutliche Unterschreitung der Prüfwerte anzustreben und auch auf nur gering belasteten Flächen keine empfindlichen Nutzungen vorzusehen, wenn Nutzungsalternativen vorhanden sind. Erst die Vorsorgewerte nach § 8 Abs. 2 Nr. 1 E-BBodSchG markieren die äußerste Grenze planerischer Optimierung. Das politische Risiko einer solchen gestuften Planungskonzeption liegt allerdings darin, dass in den Augen der planbetroffenen Bevölkerung die Vorsorgewerte leicht als Gefahrenwerte missverstanden werden können, deren Einhaltung unter allen Umständen verlangt werden muss. Die Kennzeichnung von Flächen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind, (§§ 5 Abs. 3 Nr. 3, 9 Abs. 5 Nr. 3 BauGB), bezieht sich auf Altlasten und altlastenverdächtige Flächen. Hierfür sind die Prüfwerte jedenfalls in dem Sinne relevant, dass ein Altlastenverdacht nicht besteht, wenn diese Werte unterschritten werden.“ Beide Zitate nehmen Diskussionen zur Ausstrahlungswirkung der Werte der BBodSchV auf, die sicherlich noch nicht abschließend geklärt sind. Der Beirat geht davon aus, dass der „Korridor“ zwischen Vorsorgewert und Prüfwert einen geeigneten Abwägungsbereich für die Bauleitplanung darstellt. Eine solche Abwägung wird jedoch für jene Stoffe erschwert, für die nur Prüfwerte, nicht aber Vorsorgewerte vorliegen.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(1) Der Beirat sieht in den Vorsorgewerten und den analogen Anforderungen an näher zu spezifizierende andere Stoffe einen geeigneten ersten Ansatz, die Vorsorgepflichten hinsichtlich der Schadstoffeinträge umzusetzen. Insbesondere wird begrüßt, dass hier die Umweltpolitik erstmals eine klare und verständlich zu vollziehende Unterscheidung der materiellen Anforderungen an die Gefahrenabwehr einerseits und der Vorsorge andererseits geschaffen hat.

(2) Der Beirat regt an, für die Fortentwicklung der Vorsorge hinsichtlich der Schadstoffbelastung der Böden zu prüfen, inwieweit einschlägige Regelungen, z. B. aus dem Wasserrecht und anderen fachrechtlichen Anforderungen, eine Vorsorge auch hinsichtlich der Böden und der Bodenfunktionen gewährleisten. Eine mitschützende Wirkung können u. U. die Regelungen zu wassergefährdenden Stoffen nach § 19 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und die Stoffklassifikation nach der Gefahrstoffverordnung haben. Die abschließende Beurteilung der Verzahnung derartiger Regelungen mit der Bodenvorsorge setzt eine systematische Bestandsaufnahme voraus, die bislang jedoch noch aussteht. Der Bundesrat spricht sich in einer Entschliebung zu den Vorsorgewerten für eine Überprüfung nach dem Stand des Wissens

und den Vollzugserfahrungen bis zum Jahr 2005 aus (BR-Drs. 244/99 vom 19. 4. 99, Ziff. 103). Dieses Votum sollte als Auftakt zu einer periodischen Überprüfung der Vorsorgewerte aufgegriffen werden.

(3) Der Beirat sieht einen bundeseinheitlichen Vollzug der Vorsorgeanforderungen des BBodSchG als noch nicht hinreichend gesichert. Um einen einheitlichen Vollzug der Boden-Vorsorge sicherzustellen, regt der Beirat an, für weitere Stoffe Vorsorgewerte abzuleiten und festzulegen. Dabei sollten nicht nur Stoffe berücksichtigt werden, die gemäß Gefahrstoffverordnung als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend eingestuft sind, da sich diese Eigenschaften nur auf das Schutzgut Mensch beziehen, sondern auch weitere Stoffe mit ökologischer Relevanz. In ähnlicher Weise sollte auch die Liste der Stoffe, für die Werte für zulässige Zusatzbelastungen vorliegen, überprüft und erweitert werden. Dies erscheint jedoch erst dann sinnvoll, wenn positive Erfahrungen aus dem Vollzug des Instrumentes der zulässigen Zusatzbelastung, insbesondere aus dem Bereich des Immissionsschutzes vorliegen. Diese bleiben zunächst abzuwarten. Sowohl für die Vorsorgewerte als auch für die Werte für zulässige Zusatzbelastungen rät der Beirat, periodische Überprüfungen vorzusehen. Diese erscheinen notwendig, um auf dem aktuellen Stand der Wissenschaft die relevanten Stoffe zu berücksichtigen und, im Sinne einer möglichst weitgehenden Minimierung von Schadstoffeinträgen, eine Absenkung der Werte für zulässige Zusatzbelastungen nach dem Stand der Technik vornehmen zu können.

(4) Bei der Ableitung von Vorsorgewerten für weitere Stoffe sind die Ableitungsmaßstäbe, wie sie von BACHMANN et al. (1998) beschrieben werden, zu berücksichtigen. Es ist davon auszugehen, dass der heutige Wissensstand nicht in allen Fällen hinreichend ist, um für beliebig viele weitere Stoffe Vorsorgewerte auf dieser Grundlage ableiten zu können, da beispielsweise vorhandene Datensätze nicht über angemessene Zeiträume vorliegen oder eine Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Laboruntersuchungen auf Freilandbedingungen nicht ohne weiteres gegeben ist. Auf die Nicht-Übertragbarkeit der für die Vorsorgewerte der BBodSchV angewandten Ableitungsmethoden haben BACHMANN et al. (1998) bereits hingewiesen. Dies bedeutet, dass einheitliche Ableitungsmaßstäbe und -methoden wie sie für die Prüfwerte vorgelegt worden sind, für die Vorsorge nicht im gleichen Maße vorliegen. Der Beirat empfiehlt, dieses Defizit vordringlich aufzugreifen. Es erscheint auf Dauer unabdingbar, die Vorsorgeanforderungen für alle relevanten Stoffe auf eine einheitliche und transparente Fachgrundlage zu stellen. Eine Bekanntmachung dieser fachlichen Maßstäbe analog zu der erfolgten Bekanntmachung der Ableitungsmaßstäbe für Prüfwerte (BMU 1999a) ist unbedingt notwendig.

(5) Der Beirat sieht im Zusammenhang mit der Überprüfung vorhandener und der Ableitung weiterer



Vorsorgewerte die Notwendigkeit weiterer Forschungsanstrengungen, insbesondere aufgrund der Inhomogenität vorhandener Wirkungsdaten, der unzureichenden Übertragbarkeit von Laborversuchen auf Freilandbedingungen und der bisher mangelnden Berücksichtigung der Biodiversität der Böden und der toxischen Wirkungen auf die speziell den Boden, das Porenwasser und den Grundwasserleiter besiedelnden Organismen. Der Beirat empfiehlt, in der zukünftigen Wirkungsforschung, stärker als bisher auf die nach Böden und Bodenstandorten zu differenzierende Artenausstattung einzugehen.

#### **4.3.2 Boden-Vorsorge hinsichtlich des Schutzes von Grundwasser**

Der Boden ist Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen und dient dabei als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen aufgrund seiner Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers, wobei das Grundwasser gemäß § 2 BBodSchG nicht Bestandteil des Bodens ist. Die nachhaltige Sicherung der Bodenfunktionen ist ein Hauptzweck des BBodSchG, sodass durch einen effizienten Schutz der Stoff-Rückhaltefunktion von Böden auch das Grundwasser „mitgeschützt“ wird (vergleiche auch SRU 1998, Tz. 18, 229, 280). Gleichwohl richtet sich im Übrigen die Vorsorge für das Grundwasser, insbesondere auch zum anlagenbezogenen Grundwasserschutz, nach wasserrechtlichen Vorschriften. Anforderungen an die Qualität des Grundwassers bzw. Vorsorgeanforderungen zum Schutz des Grundwassers müssen identisch sein, unabhängig davon, ob Stoffgehalte im Boden oder andere Faktoren Maßnahmen zur Vorsorge oder Gefahrenabwehr auslösen (PEINE 1998).

Wasserrechtliche Anforderungen zum Schutz des Grundwassers stellt das WHG. Darin wird generell geregelt, dass jedermann verpflichtet ist, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten, um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen, um die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushaltes zu erhalten und um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden (§ 1a Abs. 2 WHG). Dieses Minimierungsgebot ist als Vorsorgeprinzip des WHG zu verstehen und wird insbesondere durch Vorschriften zum Schutz vor wassergefährdenden Stoffen nach den §§ 19a ff WHG und Anforderungen an das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser sowie deren Lagerung oder Ablagerung (§ 34 WHG) konkretisiert. Weitere Anforderungen für das Einleiten bestimmter schädlicher Stoffe in das Grundwasser und sonstiger Maßnahmen, die zum Ein-

trag dieser Stoffe in das Grundwasser führen können, wurden mit der Grundwasserverordnung festgelegt.

Aus den genannten rechtlichen Regelungen wird deutlich, dass Bodenschutz und Grundwasserschutz eine sehr breite Schnittstelle aufweisen. Angesprochen sind sowohl sich überdeckende Aufgaben als auch solche Aufgaben und Anforderungen, die nicht ohne weiteres deckungsgleich sind. Zur Erarbeitung gemeinsamer Grundsätze wurde daher 1993 von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) und der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) eine gemeinsame Arbeitsgruppe „Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser“ gebildet. Auf Grundlage der materiellen Grundentscheidungen des WHG wurden von dieser Arbeitsgruppe insbesondere Kriterien zur Gefahrenbeurteilung erarbeitet (LAWA/LABO/LAGA 1998). Diese beinhalten Grundsätze der Beurteilung, durch die das Eintreten eines Grundwasserschadens definiert wird (Ort der Beurteilung, Stoffgehalte unterhalb von Geringfügigkeitsschwellen), sowie Vorgaben zur Ermittlung von Messwerten, zur Beurteilung der Untersuchungsergebnisse und zur Beurteilung von Grundwassergefahren im Hinblick auf die Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen. Zur Einstufung einer mehr als unerheblichen Verunreinigung des Grundwassers wurden von der LAWA Werte für so genannte Geringfügigkeitsschwellen für eine Vielzahl von Stoffen festgelegt (LAWA, 1998; siehe auch VON DER TRECK et al., 1999). Die Werte basieren entweder auf Trinkwassergrenzwerten oder beziehen sich auf ökotoxikologische Werte, die für oberirdische Gewässer ermittelt wurden. Sie wurden im Wesentlichen als Prüfwerte für den Pfad Boden – Grundwasser in die BBodSchV übernommen.

Gefahrenabwehr und Vorsorge unterscheiden sich jedoch in dieser Konzeption nicht durch eine unterschiedliche Schadensdefinition, sondern durch die Gewissheit, mit der ein Schadenseintritt erwartet wird oder Schäden vermieden werden. Die abgeleitete Schadensdefinition (Geringfügigkeitsschwellen) kann daher sowohl für Maßnahmen zur Gefahrenabwehr als auch zur Vorsorge herangezogen werden. Die Sicherstellung, dass weder sofort noch später eine Verunreinigung des Grundwassers eintritt, erfolgt bei der Gefahrenabwehr (nur) mit hinreichender Gewissheit, während dies bei der Vorsorge so geschieht, dass nicht einmal die Besorgnis besteht, dass ein Schaden eintreten könnte (RUF 1997a).

Der Austrag von Stoffen aus dem Boden in das Grundwasser wird durch eine Vielzahl von Faktoren gesteuert. Wichtige Einflussgrößen sind der Stoffvorrat im Boden und die weitere Stoffzufuhr, Bodeneigenschaften (u. a. durch unspezifische und spezifische Adsorptionsleistungen, Wasserleitfähigkeit, Gehalt an organischer Substanz, pH-Wert, Redoxpotenzial), Stoffeigenschaften (u. a. Löslichkeit, Bindungsvermögen, Abbaubarkeit)

und Standorteigenschaften (u. a. Niederschläge, Grundwasserflurabstand). In Abhängigkeit der Faktorenkombination weisen Böden unterschiedlich hohe Potenziale zur Erfüllung der Filter-, Puffer- und Transformatorfunktion auf, die aber durch Vorbelastungen bereits reduziert sein können.

Bei persistenten Schadstoffen (z. B. PAK) ist von einer kontinuierlichen Akkumulation in Oberböden durch atmosphärischen Eintrag oder flächenhaftes Aufbringen von kontaminiertem Material auf Böden auszugehen. Bereits heute gelangt ein vermutlich kleiner Teil dieser Schadstoffe über bevorzugte Wegsamkeiten im Boden oder durch partikelgetragenen Transport bis ins Grundwasser. Sobald das bodenspezifische Schadstoff-Rückhaltevermögen (Sorptionskapazität, Senkenfunktion) für einen Schadstoff erschöpft ist, wird dieser vom Boden nicht mehr zurückgehalten und es ist ein flächenhafter Durchbruch des Schadstoffes bis ins Grundwasser zu befürchten (Quellenfunktion). Diese Beeinträchtigung der Schutzfunktion des Bodens hinsichtlich der Grundwasserqualität kann nicht mehr (zumindest nicht in überschaubaren Zeiträumen) rückgängig gemacht werden. Bei lange andauernden geringen Erhöhungen der Stoffvorräte und einem hohen Filter- und Puffervermögen des Bodens ist mit einer Überschreitung der Sorptionskapazität erst nach sehr vielen Jahren zu rechnen, im Falle kurzfristig hoher Stoffeinträge oder eines geringen Filter- und Puffervermögens des Bodens ist dies aber innerhalb kurzer Zeit möglich. Auch durch Veränderungs-löslichkeitsbestimmender Faktoren (z. B. pH-Wert, Redoxpotenzial, lösliche organische Substanz) oder von Standorteigenschaften (z. B. Nutzungsänderung in der Landwirtschaft, Entsiegelung) kann es in kurzer Zeit zu hohen, im Einzelfall lange andauernden Stoffverlagerungen in Richtung Grundwasser kommen.

Beispiel für einen, zumindest regional, flächenhaften Austrag eines Stoffes aus dem Boden in Richtung Grundwasser ist Nitrat. Hier kann es zu potenziellen Nitratkonzentrationen im Sickerwasser kommen, die teilweise um den Faktor 2 bis 6 oberhalb des Trinkwassergrenzwertes liegen (WENDLAND et al. 1993). SCHEFFER (1998) bestätigt dies mit Berechnungen für Niedersachsen und führt als Gründe einen hohen Viehbesatz mit hohen Güllegaben und den Anbau von Mais in Verbindung mit durchlässigen Böden als Gründe an. Nitratkonzentrationen im Grundwasser oberhalb von 50 mg/l werden außerdem häufig in Gebieten mit Sonderkulturen, wie Wein-, Gemüse- oder Obstanbau festgestellt (WOLTER 1999). Im Bereich der Landwirtschaft können nach LORENZ (1998) auch das Anbausystem (mit oder ohne Zwischenfrucht) und die Art der Düngung erheblichen Einfluss auf die Stickstoffauswaschung haben. In Wäldern führt der so genannte „Auskämmeffekt“ dazu, dass im Vergleich zum Freiland deutlich mehr Stickstoff aus der Luft bzw. aus Niederschlägen in die Böden eingetragen wird. Dieser kann ein Mehrfaches des Bedarfs ausmachen und zu Austrägen in

das Grundwasser führen (FÜRCHTENICHT 1998). Ebenso wie für Stickstoff liegen auch für Phosphor und Kalium Erkenntnisse vor (RÖMER 1999; WALTHER 1999b). Damit wird bestätigt, dass auch andere Nährstoffeinträge das Filter-, Puffer- und Transformationsvermögen der Böden überschreiten können und daher im Rahmen einer erweiterten Vorsorge zum Schutz der Böden und des Grundwassers berücksichtigt werden müssen.

Beeinträchtigungen des Grundwassers können auch durch die Versauerung der Böden hervorgerufen werden. Mit der Versauerung ist eine Änderung der Populationen und der Umsatzleistungen der Böden verbunden. Bodenbürtige und anthropogen eingetragene Stoffe können mobilisiert und zum Grundwasser hin transportiert werden. So kann es beispielsweise zur Freisetzung und Verlagerung von toxischen Aluminiumionen kommen (FEGGER, 1997). Für die Norddeutsche Tiefebene sind in den vergangenen 20 Jahren in den oberflächennahen Grundwässern (10 Meter und tiefer) absinkende pH-Werte zu beobachten (z. B. Senne, Wingst). Inzwischen sind auch für die Trinkwasserversorgung genutzte oberflächennahe Grundwasservorkommen in den Mittelgebirgen (z. B. Fichtelgebirge, Bayerischer Wald, Spessart, Kaufunger Wald, Erzgebirge) betroffen.

Der Austrag von Schwermetallen aus unbelasteten Ackerböden (Schwermetallgehalte unterhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV) wurde von BIELERT et al. (1999) in mehrjährigen Lysimeterstudien untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Sickerwasserkonzentrationen im Jahreslauf z. T. über mehrere Größenordnungen schwanken können, wobei verschiedene Bodentypen und Bodenarten zu nicht signifikanten Unterschieden in den Spurenelementkonzentrationen der Sickerwasser geführt haben. Die über die Sickerwassermenge gewichteten mittleren Sickerwasserkonzentrationen liegen in Größenordnung der Medianwerte aus den langjährigen Messungen. Sie können als Hintergrundwerte für unbelastete Ackerböden herangezogen werden. Die o.g. Geringfügigkeitsschwellenwerte bzw. die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser nach BBodSchV werden von diesen Hintergrundwerten deutlich unterschritten. Mit einigen Ausnahmen gilt dies auch für die 95. Perzentilwerte.

Aus einer Literaturstudie des Landesamtes für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU 1998) geht hervor, dass die organischen Schadstoffe in der Regel mit Zunahme des Gehaltes an organischer Substanz stärker im Boden gebunden werden, wobei Summenparameter allerdings kein geeignetes Bewertungskriterium zu sein scheinen. So werden innerhalb der Stoffgruppe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) die niederkernigen Verbindungen aufgrund ihrer höheren Wasserlöslichkeit stärker verlagert als höherkernige Verbindungen. Ähnliches wird auch über die Verlagerung von Phthalaten oder polychlorierten Biphenylen (PCB) berichtet.

Aus Untersuchungen von LIESEGANG und ZULLEISEIBERT (1996) wird deutlich, dass anthropogene Einflüsse, wie z. B. Düngungsmaßnahmen mit Klärschlamm, Auswirkungen auf die Verlagerung sowohl von organischen als auch von anorganischen Stoffen haben können. Dies ist zum einen auf die mit dem Klärschlamm zugeführten, in einer leichter verfügbaren Bindungsform vorliegenden Stoffe zurückzuführen, zum anderen auch auf Milieuänderungen mit nachfolgend erhöhten Stofffreisetzungen.

Methoden zur Abschätzung der Stoffkonzentrationen am Ende der Sickerstrecke liegen sowohl als quantifizierende als auch als lediglich qualitativ-skalierende Ansätze bereits vor (u. a. GRATHWOHL 1999, LITZ et al. 1998) und werden als Standards nach DIN V 19735 und 19736 validiert. Ebenso bestehen erste Ansätze zur Klassifizierung des Mobilitätspotenzials von Stoffen in Boden und Grundwasser (CONSULAQUA 1998). Allerdings sind die Kenntnisse über ökotoxikologische Wirkungen spezifischer Stoffe auf die mikrobiellen Lebensgemeinschaften in der ungesättigten Bodenzone und im oberflächennahen Grundwasser bisher noch unzureichend (GLIESCHE 1999).

Ein wesentliches Element des Grundwasserleiters ist die Inanspruchnahme des Filter-, Puffer- und Transformationsvermögens der Böden. Im Falle bestehender schädlicher Bodenveränderungen oder Altlasten (Gefahrenabwehr) ist nicht die Stoffkonzentration in der ungesättigten Bodenzone, sondern im Bereich des Übergangs von der ungesättigten zur gesättigten Zone maßgebend (Ort der rechtlichen Beurteilung gemäß § 4 BBodSchV). Im Rahmen der so genannten Sickerwasserprognose ist daher auch zu berücksichtigen, inwieweit Schadstoffe auf der Sickerstrecke abgebaut oder gebunden werden.

Eine Bewertung der bisher vorliegenden Beurteilungsgrundlagen für den Pfad Boden – Grundwasser und der bestehenden Methoden zur Quantifizierung der Freisetzung von Schadstoffen aus (kontaminiertem) Boden hat der Wissenschaftliche Beirat Bodenschutz bereits vorgenommen sowie Empfehlungen zu deren Fortentwicklung abgegeben (WBB 2000).

Vorsorgeanforderungen des Bodenschutzes, die aus verschiedenen Blickwinkeln abgeleitet wurden, können unter bestimmten Umständen gegenläufig sein. Zum Beispiel ist dies im Hinblick auf die Wiederherstellung von Bodenfunktionen im Rahmen von Entsiegelungsmaßnahmen und sonstigen Vorsorgeanforderungen für den Pfad Boden – Grundwasser denkbar. Eine unsachgemäße Entsiegelung kann bei nicht geeigneten Böden zu Schäden an Böden selbst und am Grundwasser führen. Die Anforderungen zur Vorsorge im Bodenschutz sollten dies berücksichtigen.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(6) Aus Sicht eines vorsorgenden Bodenschutzes sollten Schadstoffanreicherungen in Böden so weit wie möglich

vermieden werden. Hierzu sind vor allem auch die fachlichen Beurteilungsmaßstäbe für Stoffe im Transportpfad vom Boden in das Bodensickerwasser und letztlich in das Grundwasser zu verbessern (vgl. ausführlich WBB 2000).

(7) Für eine erweiterte Vorsorge zum Schutz des Bodens und des Grundwassers empfiehlt der Beirat die Erarbeitung einer Vorsorgekonzeption einschließlich der Festlegung von Vorsorgewerten für die Filterfunktion von Unterböden und des Untergrundes. Der Beirat empfiehlt, hierbei gestuft vorzugehen. Bis die Kenntnisse ausreichen, um Vorsorgewerte für das Bodensickerwasser nach speziellen ökotoxikologischen und bodenchemischen Beurteilungsmaßstäben festzulegen, ist noch Forschungs- und Entwicklungsarbeit in erheblichem Umfang erforderlich. Deshalb erscheint es ratsam, diese Vorsorgewerte vorläufig an den nach BBodSchV festgelegten Geringfügigkeitsschwellen (BBodSchV Anhang 2 Nr. 3) zu orientieren, wobei weitere Bodenfaktoren, wie unterschiedliche Bindungsformen oder Löslichkeitsbestimmende Faktoren, zu berücksichtigen sind. Die Geringfügigkeitsschwellen sollten zur Vorsorge jedoch für das Bodenmaterial gelten, nicht erst – wie im Rahmen der Gefahrenbeurteilung vorgesehen – für den so genannten Ort der rechtlichen Beurteilung. Aus Sicht des vorsorgenden Grundwasserschutzes kommt eine Bewertung des Sickerwassers erst im Bereich des Übergangs von der ungesättigten zur gesättigten Zone zu spät, weil sie künftige Veränderungen der Böden und Stoffeinträge in der Regel nicht mehr berücksichtigen kann. Da Böden nicht unbeschränkt belastbar sind, besteht die Gefahr, dass es nach Überschreitung ihrer Kapazität als Schadstoffs Senke zu einem erhöhten Schadstoffaustrag in das Grundwasser kommt.

(8) Bisher liegen nur wenige Kenntnisse über Hintergrundkonzentrationen im Sickerwasser und oberflächennahen Grundwasser und über die Belastbarkeit von Unterböden vor. Hier besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf.

(9) Die Übertragung von Daten, die zu toxikologischen Schadstoffwirkungen auf Organismen der Oberflächengewässer vorliegen, auf die Organismen der ungesättigten Zone und des oberflächennahen Grundwassers ist wissenschaftlich unbegründet. Geeignete Daten liegen nicht vor. Der Beirat empfiehlt daher, die wissenschaftlichen Grundlagen zur Beurteilung der Wirkung von Schadstoffen auf Organismen zu erarbeiten, die im Bodenporen- und Bodensickerwasser sowie im Grundwasserleiter leben.

#### **4.3.3 Lebensraumfunktion von Böden**

Eine der natürlichen Bodenfunktionen gemäß BBodSchG ist die Lebensgrundlage und der Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (Lebensraumfunktion). Sie ist essenziell für alles

Leben auf dem Land und für die biologische Vielfalt (ENQUETE-KOMMISSION 1997) und geht daher über die traditionelle Interpretation des Bodens als Pflanzenstandort hinaus. Bodenfauna und -mikroorganismen sind für die Bodenbildung wie auch für die Erhaltung bestimmter Bodenfunktionen von wesentlicher Bedeutung (BOSCH 1994a; KALBERLAH 1990; JOSCHKO 1990).

Die Vorsorgeanforderungen der BBodSchV beziehen sich im Wesentlichen auf Wirkungen von Schadstoffen auf die Bodenfunktionen. So wurden bei der Ableitung der Vorsorgewerte zwar ökotoxikologische Wirkungsschwellen und Anhaltspunkte für unerwünschte oder schädliche Auswirkungen auf Pflanzen und Belastungen des Grundwassers berücksichtigt (BACHMANN et al. 1998), Auswirkungen auf die Lebensraumfunktion durch ökotoxikologisch nicht unmittelbar relevante Stoffe oder nicht-stoffliche Einwirkungen jedoch bisher nicht in die Bewertung nach BBodSchV einbezogen, was ebenfalls für bodenbiologische Parameter zutrifft. In den Bundesländern bereits angewandte Kriterien zur Bewertung der Lebensraumfunktion sind insbesondere Ausprägung der Standorteigenschaften, Hemerobie (= Intensität des menschlichen Einflusses auf die Artenausstattung), Seltenheit, Artenspektrum und Lebensraumverhältnisse (LABO 1998).

Nicht-stoffliche Einwirkungen können beispielsweise Veränderungen im Wasser- und Lufthaushalt eines Bodens sein, die zu qualitativen und quantitativen Veränderungen des Lebensraums von Pflanzen und Bodenorganismen führen können. So werden bei der Umwandlung naturnaher Böden in Kulturböden vor allem Generalisten bzw. Opportunisten unter den Bodenorganismen gefördert, die Diversität der Organismen sinkt in der Regel (DUNGER 1998).

Essenzielle Nährstoffe sind lebensnotwendig für Menschen, Tiere und Pflanzen, treten aber aufgrund ihrer teilweisen starken Anreicherung oder erhöhter Einträge auch zunehmend als Schadstoffe in der Biosphäre in Erscheinung (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELT-MINISTERIUM 1996). Schaden kann dabei eine Veränderung der Biozönose sein, da verschiedene Lebensgemeinschaften unterschiedlichen Nährstoffbedarf haben. Der Schaden kann aber auch in einer tatsächlichen Schädigung von Organismen liegen, z. B. antagonistische Störungen bei der Nährstoffaufnahme, der Funktion essentieller Elemente oder in sekundären Effekten, z. B. einer erhöhten Anfälligkeit gegen Schädlingsbefall (FINCK 1991). Bei vielen Waldböden lassen sich die Humusformen nicht mehr anhand der pH-Werte und C/N-Verhältnisse differenzieren, was als Anhaltspunkt für eine Überlagerung der bodenökologischen Transformationsprozesse durch die luftgetragenen Einträge von Säurebildnern und Stickstoff angesehen wird (BML 1996).

Neben den vorgenannten abiotischen bzw. bodenkundlichen Parametern legen neue wissenschaftliche Erkenntnisse auch die Berücksichtigung biologischer Parameter bei der Beurteilung der Bodenqualität nahe, da auch bei Vorliegen aller Angaben über die Faktoren, die eine Lebensgemeinschaft determinieren, nicht sicher ist, ob diese Lebensgemeinschaft an einem bestimmten Standort tatsächlich vorkommt (RÖMBKE und DREHER 1999). Die Charakterisierung von Böden, wie sie im Rahmen der Vegetationskunde anhand von Zeigerarten oder Pflanzengesellschaften durchgeführt wird, ist in der Bodenzöologie erst in Ansätzen möglich (DUNGER 1998). Als ein erfolgversprechender Ansatz erscheint die Erarbeitung einer Bodenbiologischen Standortklassifikation (RÖMBKE und DREHER 1999) zur Beurteilung der bodenbiologischen Güte eines Standortes durch Vergleich einer erwarteten mit einer real am Standort vorkommenden Biozönose.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(10) Bodenorganismen sind wesentlich an den Abbau-, Aufbau- und Umbauvorgängen im Boden und damit an den Stoffkreisläufen, indirekt auch am Wasserkreislauf, beteiligt. Der vorsorgende Schutz der Lebensraumfunktion der Böden bzw. die Bewertung einer Beeinträchtigung dieser Funktion steht somit in engem Zusammenhang mit den gesamten natürlichen Funktionen des Bodens (sowie einem Teil der Nutzungsfunktionen), deren Beeinträchtigung soweit wie möglich vermieden werden sollte. Aus diesem Grund hält der Beirat die Erarbeitung von Anforderungen zum vorsorgenden Schutz der Lebensraumfunktion von Böden für dringend geboten.

(11) Für die Bewertung der Lebensraumfunktion sollte ein Konzept erarbeitet werden, für das, neben stofflichen Einwirkungen, vor allem Ergebnisse aus Untersuchungen zur Verbreitung von Biozönosen in Böden heranzuziehen sind. Hierfür sind Referenzböden festzulegen, deren bodenbiologische Güte im Rahmen von Monitoringvorhaben regelmäßig überwacht wird.

(12) Für eine flächenhafte Beurteilung der Lebensraumfunktion von Böden erscheinen die heute zur Verfügung stehenden Daten nicht ausreichend. Eine Erweiterung der Datenbasis, z. B. durch Kooperation von Betreibern der Bodendauerbeobachtungsflächen und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, wird daher als wichtiger nächster Schritt angesehen.

(13) Ferner regt der Beirat an, orientierende Kennwerte für die Beurteilung der natürlichen Bodenfunktionen und der landwirtschaftlichen Nutzungsfunktion von Böden zu erarbeiten, in die auch physikalische Einwirkungen (z. B. durch erhebliche Änderung des Bodenwasser- und Bodenlufthaushaltes) und die Einwirkungen von Nährstoffen und anderen Stoffströmen einzubeziehen sind.

#### 4.3.4 Organische Bodensubstanz

Zur organischen Substanz von Böden gehören im bodenkundlichen Sinne alle in und auf dem Boden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Organismen (Streu) sowie die Ausscheidungsprodukte lebender Organismen und deren Umwandlungsprodukte (AG BODEN 1994). Menge und Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz sind abhängig von Ausgangsgestein, Klima und Vegetation und damit ein typischer Bestandteil unbeeinflusster Böden.

Bei der Zersetzung der Streu werden die Makromoleküle der tierischen und pflanzlichen Substanz (z. B. Eiweiß und Zellulose) in ihre Bausteine (z. B. Aminosäuren, Zucker) zerlegt und teilweise zu Huminstoffen rekombiniert (Humifizierung) bzw. vollständig zu anorganischen Stoffen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ) abgebaut (Mineralisierung), wobei auch die in der organischen Substanz gebundenen Nährstoffe freigesetzt werden. Aufgrund der besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Huminstoffe werden vom Gehalt an organischer Substanz direkt oder indirekt eine große Zahl von Bodeneigenschaften beeinflusst (vor allem die Fähigkeit zur Wasserbindung, Gefügebildung, spezifische und unspezifische Bindung von Nähr- und Schadstoffen und Nahrungsgrundlage für Bodenorganismen und die Bodentemperatur).

Eine Änderung der Bodennutzung kann sich auf Menge und Zusammensetzung der organischen Bodensubstanz auswirken, wobei es sowohl zu einer Gehaltszunahme (z. B. bei Grünlandnutzung eines vormals ackerbaulich genutzten Bodens) als auch zu teilweise starken Gehaltsabnahmen etwa beim Umbruch von Grünland oder bei bestimmten Aufforstungsmaßnahmen kommen kann.

Aufgrund der Eigenschaften der organischen Bodensubstanz, vor allem organische aber auch anorganische (Schad-) Stoffe binden zu können, kann es beim Ab- und Umbau nicht nur zur Freisetzung von Nährstoffen (vor allem Stickstoff) kommen, sondern auch von Schadstoffen oder deren Umwandlungsprodukten. Eine erhöhte Freisetzung von Nährstoffen und Schadstoffen kann zur Beeinträchtigung der Lebensraumfunktion der Böden und zu einer zumindest zeitweisen Belastung des Grundwassers führen.

Der maßgebliche Einfluss der organischen Bodensubstanz auf die Funktionen des Bodens führt zur Notwendigkeit, diese im Rahmen eines vorsorgenden Bodenschutzes zu berücksichtigen. Eine allgemeine Berücksichtigung erfolgt bereits mit den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis gemäß § 17 BBodSchG, zu denen u. a. gehört, dass der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität, erhalten wird.

In den von einer Expertengruppe unter Federführung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten ausgearbeiteten Grundsätzen und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung nach § 17 BBodSchG (BML 1999; vgl. auch Bundesanzeiger Nr. 73 vom 20.04.1999) wird auf die Wichtigkeit von so genannten Richtwerten für die umsetzbare organische Bodensubstanz hingewiesen, da diese im Wesentlichen den Abbauvorgängen unterworfen ist.

Daten zu standorttypischen, optimalen Humusgehalten sind in Bearbeitung. Hier besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf. Neben der Gesamtmenge sollten vor allem auch die Anteile der leicht und schwer umsetzbaren organischen Substanz ermittelt werden. Auf dieser Grundlage könnten die unterschiedlichen Einflüsse auf die Bodenfunktionen berücksichtigt und die Notwendigkeit und Höhe der Zufuhr von organischer Substanz beurteilt werden. Weiterhin gilt es zu klären, wie eine ausreichende Zufuhr organischer Substanz sichergestellt werden kann (Materialien, Mengen und Zeiträume). Erste Untersuchungsergebnisse hierzu liegen mit dem Abschlussbericht des vom Umweltbundesamt finanzierten Forschungsvorhabens „Anpassung und Anwendung von Beurteilungskriterien und Messparametern für nutzungsbezogenen Bodenqualitätsziele“ der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL 1999) sowie mit dem Bericht „Die organische Bodensubstanz – Dynamik – Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte“ (KÖRSCHENS und SCHULZ 1999a) vor. Hier wird aus der Zufuhr „reproduktionswirksamer organischer Substanz“ und der Abnahme durch „humuszehrende“ Fruchtarten ein Humussaldo errechnet, das einen bestimmten Toleranzbereich nicht über- oder unterschreiten soll. Als Kriterium für die leicht umsetzbare organische Bodensubstanz wird die heißwasserlösliche Humusfraktion angesehen (siehe u. a. KÖRSCHENS und SCHULZ 1999b), die Teile der mikrobiellen Biomasse, einfache organische Verbindungen sowie leicht hydrolysierbare und depolymerisierbare organische Verbindungen enthält. Für diese Humusfraktion werden Gehaltsklassen in Anlehnung an die Nährstoffversorgungsclassen vorgeschlagen.

#### Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge

(14) Der Beirat schlägt vor, standortspezifisch optimale Gehalte an organischer Substanz zu erarbeiten und in die Vorsorgebetrachtung einzubeziehen. Bei der Verwertung von organischen Abfällen auf landwirtschaftlich genutzten Böden und bei der Herstellung von durchwurzelbaren Bodenschichten im Rahmen von Rekultivierungsvorhaben sollten als Regulativ des vorsorgenden Bodenschutzes Werte für maximal tolerierbare Gehalte an organischer Substanz herangezogen werden.

(15) Welcher Teil der organischen Substanz, d. h. welche Fraktion als Maßstab für die Boden-Vorsorge

herangezogen werden soll, bedarf noch weiterer Erörterung. Der Blickwinkel „Bodenfruchtbarkeit“/Ertragsfunktion kann sicherlich nicht allein das maßgebende Kriterium abgeben. Der Beirat regt an, im Rahmen dieser Prüfungen auch das messtechnische Verfahren zur Bestimmung der organischen Substanz zu vereinheitlichen.

#### 4.3.5 Bodenerosion durch Wasser und Wind

Bodenerosion ist die Verlagerung von Bodenmaterial entlang der Oberfläche durch Wasser und Wind. Da der Oberboden zuerst von der Erosion erfasst wird, kann Bodenerosion die Ertragsfähigkeit der Böden erheblich senken (SCHACHTSCHABEL et al. 1992).

Faktoren für eine Bodenerosion durch Wind sind eine vegetationsarme, trockene und kohäsionsarme Bodenoberfläche größerer Ausdehnung sowie beständiger Wind mit einer Geschwindigkeit von mindestens 4 bis 5 m/s (Bodenoberfläche) aus einer oder wenigen Windrichtungen. Betroffen sind vor allem humus- und tonarme Feinsandböden sowie trockene Anmoor- und Niedermoorböden (SCHACHTSCHABEL et al. 1992). In Mitteleuropa kann die Bodenerosion durch Wind lokal von großer Bedeutung sein, aufgrund der geringeren Anzahl von betroffenen Standorten ist das Gefahrenpotenzial aber deutlich geringer einzuschätzen als das der Bodenerosion durch Wasser (FRIELINGHAUS et al. 1999). Die derzeitigen Bewertungsmethoden für Bodenerosion durch Wind basieren vor allem auf Daten zu bestimmten Bodeneigenschaften sowie auf Daten über Vegetation und Landschaft (FRIELINGHAUS et al. 1997).

Wesentliche Faktoren für eine Bodenerosion durch Wasser sind die Art, Dauer und Intensität der Niederschläge, die Bodeneigenschaften (Bodenart, Strukturstabilität), die Hangneigung und Hanglänge sowie Art und Dauer des Pflanzenbewuchses der Böden (Bodenbedeckungsgrad). Aus diesem Grund sind vor allem intensiv landwirtschaftlich genutzte Böden durch Erosion gefährdet, da hier die natürliche Vegetationsdecke stark verändert wurde und dadurch Höhe und Dauer der Bodenbedeckung meist stark reduziert sind. So hat die Bodenerosion durch Wasser aufgrund vereinfachter Fruchtfolgen, Ausweitung erosionsfördernder Kulturarten (Mais, Zuckerrüben), chemischer Unkrautbekämpfung, Bodenverdichtung und als Folge von Flurbereinigungsmaßnahmen in den letzten Jahrzehnten in Deutschland zugenommen und zu irreversiblen Schäden geführt (ENQUETE-KOMMISSION 1994b). Sonderkulturen weisen dabei nur unter bestimmten Bedingungen eine höhere Erosionsgefährdung auf als übliche Feldfrüchte (AUERSWALD und KAINZ 1998).

In einer Vielzahl wissenschaftlicher Arbeiten wurde Bodenerosion untersucht und Methoden und Modelle zur Abschätzung des Erosionsrisikos und der Erfassung

des Ausmaßes vorhandener Erosion erarbeitet (siehe u. a. bei AUERSWALD und SCHWERTMANN 1988; BORK 1991; FRIELINGHAUS et al. 1997; RICHTER 1998 und SCHOLZ 1997). Als Ergebnis langjähriger, standardisierter Forschung wurde in den USA die Universal Soil Loss Equation (USLE) zur Vorhersage der Erosion durch Wasser entwickelt. Nach Anpassung an deutsche Verhältnisse wurde sie als „Allgemeine Bodenabtragsgleichung“ (ABAG) in Deutschland bekannt gemacht. Mit der ABAG kann nur der flächenhafte Bodenabtrag von landwirtschaftlichen Flächen und Böden durch Wasser vorhergesagt werden. Für weitere Auswirkungen der Bodenerosion sind Modifikationen notwendig. Aussagen beispielsweise zur Sedimentation im Ablagerungsbereich oder über Grabenerosion sind nicht möglich (AUERSWALD und SCHWERTMANN 1988). Auch andere Verfahren wie das E2D-Verfahren (SCHMIDT 1995), praxisorientiertes Verfahren (MOSIMANN und RÜTTIMAN 1996; MOSIMANN 1995) sowie die kartiertechnische Anleitung des DVWK (DVWK 1996) werden derzeit von den Bundesländern hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit und Aussageschärfe überprüft. Eine umfassende Darstellung zu Kenntnisstand, Modellierung und Methoden zur Erfassung und Bewertung von Bodenerosion durch Wasser sowie zu den Anwendungsbereichen der vorhandenen Methoden und Modelle in den einzelnen Bundesländern wird derzeit vom Fachausschuss „Bodenerosion“ des Bundesverbandes Boden erarbeitet.

Schäden durch Bodenerosion können am Ort des Abtrags (on-site) als auch am Ort der Ablagerung (off-site) auftreten. Unmittelbar sichtbare Schäden sind u. a. Verletzung, Entwurzelung und Vernichtung von Kulturpflanzen, erschwertes Befahren der Flächen aufgrund tiefer Erosionsrinnen und Verschmutzung angrenzender Straßen, Wege und Gräben. Hinzu kommen Schäden, die nicht unmittelbar sichtbar sind, wie vermindertes Wasserspeicher-, Filter- und Puffervermögen aufgrund des Verlustes an Bodensubstanz, Verarmung der Böden an organischer Substanz und Nährstoffen, die zu einer Minderung der Erträge und der Ertragsfähigkeit führen können (FRIELINGHAUS et al. 1999).

Als weiterer relevanter (off-site) Schaden der Bodenerosion ist der erhöhte Eintrag von Bodenmaterial und Nährstoffen, z. B. Phosphor, in Oberflächengewässer zu nennen. Diese Einträge führen vor allem in Seen und langsam fließenden Gewässern zu den nachteiligen Erscheinungen der Eutrophierung (wie Algenblüte, Sauerstoffmangel, Fischsterben).

Bodenerosion kann jedoch nicht nur durch eine unangepasste landwirtschaftliche Bodennutzung hervorgerufen werden, sondern auch durch bestimmte Freizeitaktivitäten, von denen der Skisport besonders umweltrelevant ist (SRU 1998). Durch unangepasste Bauweisen und Nutzung von Skipisten können Bodenrutschungen hervorgerufen werden, die im Zusammenwirken mit

weiteren Faktoren erheblichen Schaden an Mensch, Umwelt und Sachgütern hervorrufen können.

Dem in der Fachwelt weit verbreiteten Ansatz der Beurteilung von „tolerierbaren Bodenabträgen“ (u. a. SCHMIDT und WITTMANN o.J.; SCHWERTMANN et al. 1987; MOSIMANN 1995) widersprechen die grundlegenden Regeln einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ (ENQUETE-KOMMISSION 1994a). Bodenabträge können grundsätzlich nicht toleriert werden, wenn den Umwelthandlungszielen „Schutz der Böden vor Erosion“ und „Verminderung andauernder bewirtschaftungsbedingter Bodenabträge“ (ENQUETE-KOMMISSION 1997) gefolgt werden soll. Zudem lassen sich Bodenabträge durch Bewirtschaftungsmaßnahmen (z. B. Mulchsaat mit konservierender Bodenbearbeitung) deutlich unterhalb der als tolerabel bezeichneten Erosionsraten absenken oder sogar fast vollständig unterbinden (SCHMIDT 1999). Mulchsaat ist in der Praxis zwar eingeführt, zur Steigerung der Akzeptanz sind aber praxistaugliche Verfahren zur Einschätzung der aktuellen Erosionsgefährdung notwendig, wie z. B. die von BRUNOTTE et al. (1999) vorgeschlagene Zählmethode zur Ermittlung des Bodenbedeckungsgrades.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(16) Im langfristigen Mittel sollen die natürlichen Bodenfunktionen durch Erosion nicht beeinträchtigt werden. Aufgrund der Erkenntnisse über das derzeitige Ausmaß der Gefährdung der Böden aufgrund von Bodenerosion durch Wasser wurden Anforderungen zur Gefahrenabwehr der durch diese hervorgerufenen schädlichen Bodenveränderungen in der BBodSchV festgelegt. Unter Vorsorgegesichtspunkten ist jedoch jeder Bodenverlust als irreversible Beeinträchtigung der Bodenfunktionen zu beachten. Daher hält der Beirat vor allem wegen der z. T. nicht unmittelbar sichtbaren und produktionstechnisch „spürbaren“ Schäden durch Bodenerosion auch Anforderungen an die Vorsorge für dringend erforderlich.

(17) Der Beirat empfiehlt für die Beurteilung, inwieweit durch Erosion die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht, die Weiterentwicklung und Evaluierung praxisnaher und anwendbarer Erosionsprognosemodelle beschleunigt voranzutreiben. Dabei sollte die Prognose auf Böden bezogen werden, bei denen das Eintreten einer durch Bodenerosion bedingten schädlichen physikalischen Bodenveränderung zu besorgen ist und Vorsorgemaßnahmen erforderlich sind. Der Anwendungsbereich des § 8 der BBodSchV zur Gefahrenabwehr von schädlichen Bodenveränderungen aufgrund von Bodenerosion durch Wasser sollte hiervon klar unterschieden werden.

(18) Der Beirat sieht es als zweckmäßig an, Anforderungen an die Vorsorge gegen Bodenerosion in Form von konkreten Handlungshilfen zu erarbeiten, wobei die übrigen Anforderungen einer guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung nicht außer Acht gelassen werden sollten. So führt z. B. eine Mulchsaat mit konservierender Bodenbearbeitung oft zu einem erhöhten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, die wiederum nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen und benachbarte Umweltkompartimente haben können. Eine standortspezifische Beurteilung erscheint hier unbedingt notwendig.

(19) Abzuraten ist nach Meinung des Beirates von einer Vertiefung der Diskussion über so genannte „tolerierbare“ Bodenabträge in Höhe der Bodenneubildungsrate und auch die Forderung nach einem „Null-Abtrag“. Sicherlich ist unbestritten, dass jedweder Bodenabtrag den natürlichen Bodenfunktionen abträglich ist. Allerdings sollten geeignete Beurteilungsgrundlagen verstärkt auch mit Blick auf die Messbarkeit der Abtragsmengen und deren Relevanz für die Praxis erörtert werden.

(20) Der Beirat regt an, dass die schonende Bodenbearbeitung zu einem Qualitätsmerkmal in der Landwirtschaft wird.

#### **4.3.6 Schadverdichtung von Böden**

Wesentliche natürliche Funktionen wie Bestandteil des Stoff- und Wasserhaushaltes und Lebensraum für Pflanzen, Tiere und Bodenorganismen kann der Boden nur erfüllen, weil es sich um ein poröses System handelt. Die festen Bodenbestandteile weisen eine räumliche Anordnung auf (Bodengefüge bzw. -struktur), wodurch Hohlräume entstehen, die entweder mit Luft oder Wasser gefüllt sind. Je nach Art und Anteil der festen Bodenbestandteile sowie biotischer und abiotischer Einwirkungen kommt es zur Ausbildung unterschiedlicher Bodengefüge, wodurch sich Böden hinsichtlich der mechanischen Stabilität z. B. gegenüber der Bodenbearbeitung unterscheiden. Durch natürliche Vorgänge im Laufe der Bodenbildung, aber auch z. B. im Verlauf eines Jahres kann sich die Struktur eines Bodens verändern, wodurch es zu natürlichen Bodenlockerungen und Verdichtungen kommen kann (KUNTZE et al. 1988; SCHACHTSCHABEL et al. 1992).

Die vor allem von Bodengefüge und Wassergehalt abhängige Stabilität der Böden führt bei geringen mechanischen Belastungen zu einer reversiblen Reaktion, d. h. die Böden nehmen nach Rückgang der Belastung ihren Ausgangszustand wieder ein. Übersteigt die mechanische Belastung jedoch die Bodenstabilität, kommt es zu irreversiblen Verformungen (HANUS und HORN 1992), die zur Veränderung der Bodenstruktur und zur Verdichtung des Bodens führen, durch die natürliche Bodenfunktionen sowie die land- und forstwirtschaftliche Nutzung beeinträchtigt werden können

(Bodenschadverdichtung). Als Faktoren für das Entstehen von Bodenschadverdichtungen sind vor allem Kontaktflächendruck, Radlast, Überrollhäufigkeit und Bodenfeuchte, aber auch Fahrgeschwindigkeit, Triebtrabschlupf und verschiedene Bodeneigenschaften, wie Korngrößenverteilung, Ionenbelag oder Art und Menge der organischen Substanz, zu nennen (PETELKAU 1998; DÜRR et al. 1995). Bodenschadverdichtungen stellen daher ein standortspezifisches, bodenfeuchteabhängiges und bewirtschaftungsbedingtes Problem der Pflanzenproduktion dar (SOMMER 1999), können aber auch durch andere Nutzungen, wie Forstwirtschaft (Rückearbeiten bei Holzernte) und Viehzucht (zu hohe Viehdichte) (HANUS und HORN 1992) sowie landschaftsbezogene Sport- und Freizeitaktivitäten hervorgerufen werden.

Obwohl bereits eine Vielzahl von Untersuchungen zu Bodenschadverdichtungen vorliegen (siehe u. a. bei DÜRR et al. 1995 und FRIELINGHAUS et al. 1997), konnte das Problem aufgrund der komplexen Beziehungen zwischen mechanischer Belastung, Bodenbeanspruchung und Auswirkung auf die Bodenfunktionen noch nicht gelöst werden (SOMMER 1998). So weist HORN (1999) darauf hin, dass Auswirkungen einer mechanischen Belastung von Böden insbesondere auch auf eine veränderte Bodenstruktur zurückzuführen sind. Dadurch kann die Porenkontinuität, bei nahezu unverändertem Porenvolumen und Porengrößenverteilung, langfristig verändert werden, wodurch es auch bei großem Porenvolumen zu negativen Einflüssen auf die natürlichen Bodenfunktionen kommen kann.

Auswirkungen von Bodenschadverdichtungen können Mindererträge in Land- und Forstwirtschaft, Nährstoffverluste durch Auswaschung und Denitrifikation, verstärkte Bodenerosion durch Wasser sowie Beeinträchtigungen der Filter- und Pufferfunktion und der Lebensraumfunktion sein (HORN 1999; SOMMER 1998; DÜRR et al. 1995; SÖCHTIG 1990).

Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen ist geboten, wenn natürliche Prozesse (Quellung und Schrumpfung, Bioturbation, Frost-Tau-Effekte) nicht ausreichen, um die mechanische Bodenverdichtung, insbesondere in der Krumenbasis und im Unterboden zu beseitigen. Auch durch mechanische Bodenlockerung werden Bodenschadverdichtungen nicht vollständig behoben und zudem wird die Verdichtungsempfindlichkeit der Böden durch häufige Lockerungsarbeiten erhöht (HORN 1999; PETELKAU 1998). Zudem ist die Gefahr einer ungewollten Bodenverdichtung nach HANUS und HORN (1992) in den letzten Jahrzehnten trotz Verwendung von Breitreifen gestiegen, da die Kontaktflächendrücke durch Erhöhung der Gewichte der eingesetzten Maschinen und Geräte gleich geblieben sind und die Kontaktfläche zugenommen hat.

Methoden und Modelle zur Beurteilung und zur Vorhersage von Bodenschadverdichtungen sowie zur Beschrei-

bung der Pflanzenreaktion auf Schadverdichtungen liegen in der Literatur vor, nicht jedoch für die Vorhersage der Befahrbarkeit und der Bemessung zulässiger Drücke und Lasten (Zusammenstellung u. a. in DÜRR et al. 1995; HORN 1999; KAISER 1999). Zur Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden hat der DVWK verschiedene Merkblätter erarbeitet, die als Ansatz für die Prognose der mechanischen Belastbarkeit und der Änderungen der ökologischen Bodenkenngrößen herangezogen werden können (HORN 1999).

Lösungsansätze zur Begrenzung der mechanischen Belastung von Böden und zur Vermeidung von Bodenschadverdichtungen liegen vor. Hierzu zählen die Intensivierung von Aufklärung und Beratung über Ursache, Auswirkung und Vermeidungsmöglichkeiten von Bodenschadverdichtungen, veränderte technische Ausstattungen der eingesetzten Maschinen (u. a. Bereifung, Antrieb, variable Reifeninnendrucke), Anpassungen der Bewirtschaftungsweise (u. a. konservierende Bodenbearbeitung, Kombination von Bearbeitungsgängen, Schlaggestaltung), Beachtung der Bodenfeuchte, Verbesserung der Befahrbarkeit (u. a. nicht wendende Lockerung, möglichst ganzjährige Bodenbedeckung) und auch der Einsatz von Pflugrobotern mit wenigen Pflugkörpern (HORN 1999; SOMMER 1998; PETELKAU 1998; DÜRR et al. 1995).

Als Lösungsansatz schlägt PETELKAU (1998) die Einteilung der land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen in Schadverdichtungsgefährdungsklassen (SVGK) vor, die auf der Druckverträglichkeit der Bodensubstrate in Krume und Krumenbasis beruhen. Auf Basis der SVGK könnten dann standortgemäße strukturschonende Maschinen und Fahrzeuge für die Bewirtschaftung ausgewählt werden. Voraussetzungen hierfür wäre eine einheitliche Prüfmethode der Fahrwerksparameter sowie eine Zertifizierung der Eignung des jeweiligen Fahrzeugs für bestimmte SVGK.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(21) In der landwirtschaftlichen Beratung ist noch stärker darauf hinzuweisen, dass Bodenschadverdichtungen zum Schutz der natürlichen Bodenfunktionen sowie zum Schutz der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung von Bodenart, Bodenfeuchte und des durch Geräte und Maschinen verursachten Bodendrucks so weit wie möglich zu vermeiden und geeignete Maßnahmen zur Gefügebildung durchzuführen sind.

(22) Der Beirat empfiehlt, bestehende Lösungsansätze zur Vermeidung von Bodenschadverdichtungen in einem Gesamtkonzept für die Beratung praxisnah zu integrieren. In diesem Zusammenhang sollte geprüft werden, ob bodenbezogene Richtwerte für maximal zulässige Druckbelastungen und/oder technische Normen für die eingesetzte Landtechnik abgeleitet werden können.



(23) Der Beirat greift die Anregung des Bundesrates auf, der in einer Entschließung zur Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung die Bundesregierung um Prüfung gebeten hat, ob und mit welchen Voraussetzungen die nutzungsbedingte Bodenschadverdichtung in ähnlicher Weise geregelt werden kann, wie dies für die Erosion erfolgt ist. Nach Auffassung des Beirates sollten Vorschläge für Maßnahmen zur Vermeidung von Schadverdichtungen und Gefügezerstörung an geeigneten Standorten validiert werden. Zur Einführung in die Praxis ist eine ausführliche Information der Beratungsstellen notwendig, in der auch ökonomische Fragen berücksichtigt werden sollten.

(24) Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sieht der Beirat außerdem die Notwendigkeit, die Entwicklung und Anschaffung bodenschonender Maschinen und Fahrzeuge bzw. die Umrüstung vorhandener Geräte durch geeignete Instrumente der Agrarförderung zu unterstützen.

#### 4.3.7 Entsiegelung

Durch die Aufbringung von nicht oder wenig wasser-durchlässigen Materialien auf Böden, z. B. im Rahmen von Baumaßnahmen, werden Böden zur Atmosphäre hin abgedichtet. Diese Versiegelung führt dazu, dass insbesondere die natürlichen Bodenfunktionen beeinträchtigt bzw. unterdrückt werden. Eine erhebliche Verdichtung von Böden, z. B. im Rahmen von bestimmten Nutzungen, z. B. Sportanlagen, führt zu einer gleichartigen Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen und kann insoweit einer Versiegelung gleichgesetzt werden.

Bei einer zulässigen Nutzung der Böden, bei der eine oder mehrere Nutzungsfunktionen in Anspruch genommen werden, kann eine Versiegelung jedoch nicht grundsätzlich negativ bewertet werden. Aus diesem Grund enthält § 5 BBodSchG nur insoweit eine Ermächtigung zum Erlass einer Rechtsverordnung, mit der Grundstückseigentümer verpflichtet werden können, den Boden in seiner Leistungsfähigkeit so weit wie möglich und zumutbar zu erhalten oder wiederherzustellen, als die Flächen dauerhaft nicht mehr genutzt, ihre Versiegelung im Widerspruch zu planungsrechtlichen Festsetzungen steht und Vorschriften des Baurechts die Befugnisse der Behörden nicht regeln. Da im Bauordnungsrecht die Landesregelungen Vorrang gegenüber dem Bundesrecht haben, kann der Anwendungsbereich des BBodSchG in den verschiedenen Bundesländern unterschiedlich weit reichen (SCHLABACH 1998).

Im Baugesetzbuch (BauGB) liegen vorwiegend allgemeine Regelungen zum Schutz des Bodens vor. So ist eine dem Wohl der Allgemeinheit entsprechende Bodennutzung zu gewährleisten, und mit Grund und Boden soll sparsam und schonend umgegangen werden, wobei Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen sind. Außerdem besteht die Verpflichtung zur

Vermeidung und zum Ausgleich der zu erwartenden Eingriffe in Natur und Landschaft.

Unter bestimmten Umständen kann der Eigentümer gemäß § 179 Baugesetzbuch (BauGB) verpflichtet werden, die ganze oder teilweise Beseitigung einer baulichen Anlage zu dulden. Dies gilt entsprechend auch für eine sonstige Wiedernutzbarmachung von dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen, bei denen der durch Bebauung oder Versiegelung beeinträchtigte Boden in seiner Leistungsfähigkeit erhalten oder wiederhergestellt werden soll. Da es sich bei den Regelungen des § 179 BauGB um ein Gebot handelt, bei dem der Eigentümer lediglich zur Duldung verpflichtet wird, dürfte die Durchführung von Rückbau- und Entsiegelungsmaßnahmen nach BauGB vorwiegend von der finanziellen Situation der Gemeinde abhängen, welche die Kosten für eine solche Maßnahme zu tragen hätte.

Auch das Raumordnungsgesetz (ROG) sieht ein Entsiegelungsgebot vor, indem dort u. a. als Grundsatz anzuwenden ist, dass bei dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen der Boden in seiner Leistungsfähigkeit erhalten oder wiederhergestellt werden soll.

Im Rahmen der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung nach § 8 Bundes-Naturschutzgesetz (BNatSchG) ist der Verursacher zu verpflichten, vermeidbare Eingriffe in Natur und Landschaft zu unterlassen sowie unvermeidbare Beeinträchtigungen auszugleichen. Da Eingriffe in Böden im Rahmen von Baumaßnahmen oftmals bodenbezogenen nicht ausgleichbar sind, werden meist nur naturschutzrechtliche Kompensationsmaßnahmen durchgeführt, die jedoch nur Ersatzfunktionen übernehmen können. Eingriffsvermeidungen oder -minimierungen können daher einen größeren Beitrag zum Bodenschutz im Rahmen von Planungs- und Zulassungsverfahren leisten als umfangreiche Ausgleich- und Ersatzmaßnahmen (KARL 1997; KIEMSTEDT 1996; LABO 1995b).

#### Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge

(25) Zum Schutz der natürlichen Bodenfunktionen, insbesondere als Lebensraum und Bestandteil des Wasserkreislaufs, sollten Versiegelungen des Bodens weitestgehend vermieden oder minimiert werden. Der Beirat sieht es daher als dringend erforderlich an, dass auf die Effektivierung des Vollzugs der Vermeidungs- und Minimierungspflicht in Planungs- und Zulassungsverfahren besonderer Wert gelegt wird.

(26) Dem Ziel, die Bodenversiegelung auf ein notwendiges Maß zu begrenzen, muss umweltpolitisch, aber auch planungspraktisch mehr Gewicht beigemessen werden. Der Beirat rät hierzu an, die Notwendigkeit eines sparsamen und schonenden Umgangs mit Böden viel stärker als bisher geschehen auf den Erhalt und den Schutz der landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Böden der Ballungsrandgebiete abzustellen. Denn gerade an diesen Böden wird sich in der Zukunft der

Nutzungskonflikt zwischen einer Inanspruchnahme für Siedlungs- und sonstige Zwecke versus einer Nutzung dieser Böden für verbrauchernahe und hochwertige Nahrungsproduktion entscheiden. Es erscheint zwingend notwendig, die Nahrungsmittelproduktion in Verbrauchernähe zu betreiben, wenn Strategien des so genannten „nachhaltigen Konsums“ erhalten und ausgebaut werden sollen. Angesprochen ist dabei die Direktvermarktung, die verbraucherorientierte Qualitätsproduktion und ein Landnutzungssystem, das auf die differenzierte Landnutzung als Mischung zwischen Produktion, Freizeit und Erholung sowie naturnahen Elementen abstellt.

(27) Der Beirat empfiehlt, die bodenschutzrechtliche Verordnungsermächtigung nach § 5 BBodSchG aufzugreifen. Insbesondere sollten Anforderungen an die zu entsiegelnden Flächen sowie an die Maßnahmen zur Wiederherstellung der Bodenfunktionen gestellt werden, die ihrerseits auch Ausstrahlungswirkung auf die Vermeidung, d.h. auf die bauplanerische Genehmigung der Versiegelung haben dürften. Dabei sollten die Eignung der Flächen (u. a. Topographie, Bodeneigenschaften, möglicherweise vorhandene schädliche Bodenveränderungen) sowie die Auswirkungen der Entsiegelung auf den Boden (u. a. Vorsorgeanforderungen bei Stoffeinträgen, Entfernen von Fremdmaterialien, Lockerung des Unterbodens) und die Anforderungen an die Rekultivierung von (neuen) Bodenschichten Berücksichtigung finden. Von einer bodenschutzrechtlichen Initiative verspricht sich der Beirat auch eine Belebung der bereits bestehenden, einschlägigen Instrumente des Baurechts (vgl. § 179 BauGB). Den Anforderungen des Bodenschutzes entsprechende und fachgerecht durchgeführte Entsiegelungsmaßnahmen können aus Sicht des Beirates bei unvermeidbaren Neuversiegelungen als naturschutzrechtliche Ausgleichsmaßnahme berücksichtigt werden.

(28) Vor einer konkreten bodenschutzrechtlichen oder planungsrechtlichen Festlegung empfiehlt der Beirat, einen konzeptionellen Vorlauf zu schaffen. Dabei sollten alle denkbaren Instrumente der Flächenhaushaltspolitik im Hinblick auf ihre Nutzbarkeit für die Entsiegelung von Böden geprüft werden (Bodenschutzrecht, Baurecht, Splitting der Abwassergebühren etc.). Die von der LABO (1998b) zusammengestellten kommunalen Maßnahmen zur Bodenentsiegelung sowie Methoden zur Abschätzung der Sickerwassermenge und der Bewertung der zu entsiegelnden Flächen sollten an Demonstrationsprojekten evaluiert werden. Der Beirat spricht sich dafür aus, die Entsiegelung mit einem Bündel von Maßnahmen aus Baurecht, Naturschutzrecht und Abwassergebühren (Splitting) anzugehen und dabei die bodenschutzrechtlichen Anforderungen als materielle Leitkriterien auszugestalten.

#### 4.3.8 Versickerung von Regenwasser

Böden sind ein wichtiger Bestandteil des Wasserkreislaufs. Sie dienen als Speichermedium und Leitungssys-

tem zur Ableitung der Niederschläge in Richtung Grundwasser oder Oberflächengewässer. Durch Aufnahme von Niederschlägen und verlangsamter Abgabe des Wassers sind die Böden wichtige Regulatoren im Landschaftswasserhaushalt.

Durch Versiegelung von Böden besteht die Notwendigkeit, vermehrt anfallende Oberflächenwässer möglichst schnell abzuleiten. Hierdurch kann es u. a. zur stoßweisen Belastung der Regenwasserkanalisation und der Oberflächengewässer (Hochwässer, Schadstoffeinträge), zur Verringerung der Grundwasserneubildung und zu hohen finanziellen Belastungen für Regenwasserableitung und -behandlung kommen (MOHS 1997; SCHRÖDER et al. 1998).

Als Teillösung der genannten Probleme, die durch Bodenversiegelung entstehen, wird bereits seit einiger Zeit die dezentrale Regenwasserversickerung angesehen, dessen Ziele u. a. die Verlangsamung des anthropogen veränderten Wasserkreislaufes und die Rückführung des Niederschlagswassers in den natürlichen Wasserkreislauf möglichst nahe am Entstehungsort sind (MOHS 1997).

In einigen Bundesländern kann daher Regenwasser erlaubnisfrei versickert werden, teilweise bestehen Förderprogramme zur Regenwasserversickerung sowie Konzepte zum Splitting der Abwassergebühren nach Schmutz- und Regenwasser, die ebenfalls eine Förderung der Regenwasserversickerung zur Folge hätten.

Aus fachtechnischer Sicht wird zwar die Anwendung geeigneter Methoden und Bewertungsmaßstäbe, die korrekte Planung und Datenauswertung sowie die Berücksichtigung von relevanten Bodeneigenschaften (vor allem Wasserdurchlässigkeit und Grundwasserflurabstand) gefordert (u. a. MOHS 1997; SCHRÖDER et al. 1998; ATV 1990 sowie verschiedene Autoren in BVB 1999a), diese sollen aber vor allem einer ausreichenden Bemessung der Versickerungsanlage der hydraulischen Funktionsfähigkeit und dem Schutz des Grundwassers vor Schadstoffeinträgen dienen.

Durch die dezentrale Versickerung findet eine Abflusskonzentration statt, bei der das Verhältnis von abflussliefernder Fläche zu Versickerungsfläche oftmals in Größenordnungen von 5:1 bis 50:1 liegt (MOHS 1997). Je nach Art der versiegelten Fläche (Dächer, Verkehrsflächen etc.) und der regionalen Lage (Art und Entfernung von Emittenten) kommt es zu unterschiedlich hohen Schadstoffkonzentrationen (vor allem Kupfer, Zink und Blei, aber auch Cadmium, PAK und weitere Schadstoffe) in den abfließenden Niederschlägen (GROTEHUSMANN 1997; REMMLER und SCHÖTTLER 1998). Diese können aufgrund der hohen Abflussmengen zu erheblichen Stoffeinträgen in die Böden der Versickerungsanlagen führen und dort innerhalb weniger Jahre oder weniger Jahrzehnte zu kritischen Werten für das Grundwasser führen (VOGT 1997).

Die Schadstoffanreicherung in den Böden der Versickerungsanlagen findet oberflächlich durch Sedimentation und Filtration von belasteten Partikeln sowie im Boden vor allem durch Sorption, Fällung und Komplexierung statt, organische Schadstoffe können z. T. auch biologisch abgebaut werden (GROTEHUSMANN 1997). Bei Muldenversickerung werden die Schadstoffe daher insbesondere in den oberen 30 cm der Versickerungsschicht akkumuliert, bei Schachtversickerungen hingegen in den oberen 100 bis 150 cm (BOLLER und HÄFLIGER 1996).

Die Beurteilung der Regelungsfunktion von Böden sowie die Belastbarkeit von Böden gegenüber Schadstoffeinträgen wird bei der Planung von Regenwasserversickerungsanlagen bisher nicht gefordert, obwohl gerade Böden mit besonders hoher Wasserdurchlässigkeit häufig nur eine geringe Leistungsfähigkeit als Puffer und Transformator für Stoffe aufweisen (MOHS 1999).

Zur Berücksichtigung von Vorsorgeanforderungen des Bodenschutzes liegen bereits verschiedene Vorschläge vor. Da die Nutzung von Böden zur Regenwasserversickerung immer mit Eingriffen in den Boden verbunden ist, fordert MOHS (1999)

- nur solche Böden zur Versickerung von Regenwasser zu nutzen, die aufgrund der natürlichen Standortverhältnisse eine entsprechende Leistungsfähigkeit als Regulator für den Wasser- und Stoffhaushalt besitzen, sowie
- zwischen Schutzanspruch und Nutzungsanspruch abzuwägen und besonders schutzwürdige Böden, deren Prägung und Leistungsfähigkeit durch die Nutzung beeinträchtigt werden kann, von der gezielten Versickerung von zusätzlichem Regenwasser auszunehmen.

HOFSTÄTTER und MOCHE (1999) schlagen zur Beseitigung von Niederschlagswasser die Begrünung von Dächern (Abflussreduzierung um 30 % bis 90 %) und die konsequente Nutzung als Brauchwasser vor, wodurch nur noch geringe Mengen Regenwasser zu versickern wären. BOLLER und HÄFLIGER (1996) weisen außerdem auf die Möglichkeit hin, spezielle auswechsel- und regenerierbare Adsorptionshorizonte in Versickerungsanlagen einzubauen, die bei entsprechender Schadstoffanreicherung ausgetauscht werden könnten.

Die Versickerung von Regenwasser ist allerdings nicht nur ein Thema für den urbanen Bodenschutz. Die Versickerung und die Wasseraufnahmekapazität von Böden spielt auch für die Vermeidung von Hochwasserspitzen in den Oberflächengewässern eine wichtige Rolle. Zwar liegen noch keine im Einzelnen quantifizierten Erkenntnisse über den Beitrag von Böden am Zustandekommen von Hochwasser vor, die eine verallgemeinerte Schlussfolgerung erlauben. Grundsätzlich ist aber ein Zusammenhang zwischen Abflussleistung eines Gebietes und

den Bodeneigenschaften, vor allem der Art und Weise ihrer Drainage, der Verdichtung und der landwirtschaftlichen Bearbeitung nicht von der Hand zu weisen.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(29) Durch Maßnahmen der dezentralen Regenwasserversickerung werden Böden in ihrem Stoff- und Wasserhaushalt verändert. Der Beirat sieht daher die Notwendigkeit, bei künftigen Planungen und Genehmigungen von Versickerungsanlagen den vorsorgenden Bodenschutz gleichberechtigt mit dem Schutz des Grundwassers zu berücksichtigen.

(30) Der Beirat hält Forschungsarbeiten zur Erfassung und Bewertung von Stoffeinträgen in die tieferen Bodenschichten bei Versickerungsanlagen, insbesondere Schachtversickerungen, für erforderlich. Ergebnisse aus solchen Untersuchungen sind ebenso für Fragestellungen der bodenbezogenen Abfallverwertung und des Grundwasserschutzes von Bedeutung.

(31) Anhand der gezielten Versickerung von Niederschlagswasser in Böden wird der medienübergreifende Charakter des Bodenschutzes deutlich. Hier müssen Konzepte zum Grundwasserschutz, zum fach- und bautechnischen Umgang mit bestimmten Stoffen und zum Vegetationsaufbau mit denen des Bodenschutzes in Einklang gebracht werden. In instrumenteller Hinsicht spiegelt sich dies dadurch wider, dass hier sowohl baurechtliche Instrumente als auch planungsrechtliche und -praktische Instrumente, wie die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, wasserrechtliche Instrumente und jene der gesplitteten Abwassergebühren, neben den bodenschutzrechtlichen Möglichkeiten in Frage kommen. Der Beirat beobachtet jedoch eine erhebliche Unsicherheit der Vollzugsbehörden mit dieser Vielfalt und empfiehlt daher die Erstellung einer länderübergreifenden Handlungsanleitung, in der neben den fachtechnischen Anforderungen vor allem die sich aus der Belastbarkeit von Böden ergebenden zulässigen Schadstoffeinträge und die Wirkung der erheblichen Sickerwassermengen auf die Lebensraumfunktion berücksichtigt werden.

(32) Weiterhin sieht der Beirat es als notwendig an, neue Lösungskonzepte für die umweltverträgliche Beseitigung von Niederschlagswasser zu fördern. Die vollständige Unterdrückung von Bodenfunktionen durch Versiegelung auf bestimmten Flächen sollte nicht durch die Ausschöpfung und Überbeanspruchung von Bodenfunktionen auf anderen Flächen „kompensiert“ werden. Vielmehr sind Maßnahmen zu fördern, die der Versiegelung von Böden entgegenwirken sowie die Nutzung von Regenwasser und die Minderung der Abflussmengen (Dachbegrünung) ermöglichen. Hierdurch können Einwirkungen auf Böden vermieden und der Bedarf an Grundwasser gesenkt werden. Auch kommen Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung der Wasserspeicherkapazität der Böden in Betracht.

#### 4.4 Harmonisierung der bodenbezogenen Anforderungen zur Verwertung von Abfällen

Einer der wesentlichen Stoffströme, die auf Böden einwirken, ist die Verwertung von mineralischen und organischen Abfällen in und auf Böden. Grundsätzlich sollte eine Verwertung von Abfällen in und auf Böden nur unter den Vorgaben eines vorsorgenden Bodenschutzes erfolgen (BVB 1999b) und dann unterbleiben, sofern dadurch eine schädliche Bodenveränderung zu besorgen ist. Dieser Zielsetzung folgend, besteht ein Harmonisierungsbedarf zwischen den Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes gemäß BBodSchG und BBodSchV und den sich aus Abfallrecht und den verschiedenen Technischen Regelwerken ergebenden Anforderungen zur Verwertung von Abfällen, um einen dauerhaften Schutz der Böden und anderer Umweltkompartimente sicherzustellen.

Im Folgenden wird der Harmonisierungsbedarf anhand der einzelnen Regelwerke näher erläutert. Die Regel-

werke greifen die Verwertung von Abfällen in der Landwirtschaft, dem Gartenbau sowie dem Straßen- und Wegebau und der Rekultivierung (Garten- und Landschaftsbau) auf. Die Ablagerung von Abfällen im Wald ist hingegen rechtlich nicht erlaubt, gleichwohl aber durch Einzelfall-Genehmigungen zur Abfallverwertung möglich.

Die humantoxikologischen Beurteilungsgrundlagen für schädliche Bodenveränderungen sind in aktuellen Zusammenstellungen dokumentiert (EIKMANN et al. 1999), die Historie der Ableitungsmodalitäten von Boden-Prüfwerten ist verschiedentlich beschrieben (BERTGES et al. 1994, LABO/LAGA 1996, BACHMANN et al. 1997, BACHMANN et al. 1997a, BACHMANN et al. 1995, vgl. auch die Beiträge in ROSENKRANZ et al. 1988 ff.). Die Ableitungsmaßstäbe der Bodenprüfwerte (BACHMANN et al. 1997a, BMU 1999a) sowie die stoffspezifischen Rechenschritte und Begründungen der Prüfwerte (UBA 1999b) sind ebenfalls dokumentiert (siehe auch Kasten).

#### Bodenwerte und Umweltstandards

Da eine Harmonisierung im Wesentlichen auch eine Abstimmung der Grenz-, Richt-, Vorsorge- und anderen Bodenwerten erfordert, wird den Ausführungen ein kurzer Abriss der „Bodenwert“-Diskussion in Deutschland vorangestellt, um eine Basis von Eckpunkten für Anforderungen zur Harmonisierung von Regelwerken zu legen.

Umweltstandards für Böden dienen als materieller Maßstab zur Beurteilung der Bodenbeschaffenheit sowohl bei Regelungen zur Vorsorge gegen das Entstehen von Belastungen durch zukünftige Einwirkungen als auch für Regelungen zum Umgang mit bestehenden Belastungen. Dabei können sich die normsetzenden Bewertungen auf verschiedene Eigenschaften von Böden und Bodenfunktionen beziehen:

- chemische Bodeneigenschaften (z. B. Art und Gehalt von Stoffen in Böden, ihre Wirkung und auf Schutzgüter, auch Deposition und Eintrag werden beachtet);
- physikalische Bodeneigenschaften (z. B. Aufwirbelung von Staub/Feinanteilen des Bodenmaterials, Erosionsabtrag, Verdichtung);
- biologische Bodeneigenschaften (z. B. Besatz an Flora und Fauna im Boden, biologische Funktionsparameter, Fruchtbarkeit des Bodens);
- Eigenschaften des Bodens als Ressource (z. B. als Lagerstätte von Rohstoffen, als Fläche für verschiedene Nutzungen wie die landwirtschaftliche Produktion).

Die folgenden Ausführungen berücksichtigen vorrangig diejenigen Umweltstandards für Böden, die einen rechtlichen Anwendungsbereich haben. Für diese lassen sich in historischer Perspektive drei Phasen der Entwicklung und fachlich-wissenschaftlichen Begründung erkennen:

- Phase bis 1985: Vor der Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung (1985) wurden Umweltstandards für Böden nur hinsichtlich der Klärschlamm-Aufbringung und der Deposition von luftgetragenen Schadstoffen im nahen Einwirkungsbereich von Anlagen thematisiert (Beispiel Thallium). Den wichtigsten

Beitrag hierzu lieferten die so genannten Klope-Werte (KLOKE 1980) als Orientierungsdaten für tolerierbare Gehalte in Kulturböden, die zunächst mit Blick auf die damals vorliegenden Daten zu den ubiquitär in Ackerböden zu erwartenden Stoffgehalten genannt worden sind. Sie wurden später verändert und für Cadmium und Zink ergänzt um die Betrachtung des mobilitätsbestimmenden Einflusses des pH-Wertes und des Tongehaltes der Böden.

- Phase 1985-1995: Nach der Verabschiedung der Bodenschutzkonzeption setzte im Zusammenhang mit der steigenden Anzahl von Altlasten-Verdachtsflächen eine vielfältige Entwicklung von Bodenwerten ein. Die Folge war ein großer methodischer Fortschritt hinsichtlich der Ableitungsgrundlagen als auch eine breite Kommunikation über Sinn und Zweck von Bodenwerten bei der Bewertung von Altlasten-Untersuchungen. Es kam aber auch zu methodischen Widersprüchlichkeiten, einer breit ausgefächerten Terminologie und einer numerischen Vielfalt von Werten. Für diese Phase finden sich überblickartige Zusammenstellungen (EWERS et al. 1994) respektive Dokumentationen (ROSENKRANZ et al. 1988 ff. ).
- Großen Einfluss gewann das schon Anfang der 80er-Jahre verabschiedete Bodenschutzgesetz der Niederlande (DENNEMANN 1998) mit seinen ABC-Werten und dem Grundsatz der multifunktionalen Bodenbewertung, während hierzulande noch kaum Klarheit über die Anforderungen an die Bewertung von Altlasten herrschte und die Gesetzgebung zu Bodenschutz und Altlasten noch in den Anfängen steckte (EWERS et al 1995). Auch die wissenschaftlichen Grundlagen zu den humantoxikologischen Bewertungsmaßstäben, der Expositionsanalyse und zum Schadstoff-Transfer Boden – Pflanze wurden erst zum Ende dieser Phase 2 vorgelegt. Gleichwohl fand der Vorschlag der so genannten Eikmann/Klope-Werte (EIKMANN und KLOKE 1993) große Verbreitung in der Praxis. Die Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz sowie – vorangehend – das Umweltbundesamt und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe haben in dieser Phase die Kenntnisse über Hintergrundgehalte von Böden an Schwermetallen und einigen organischen Stoffen erweitert (LABO 1998a; HINDEL et al. 1998; UTERMANN et al. 1999).
- Phase ab 1995: Mit Beginn der parlamentarischen Beratung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) und mit seiner Verabschiedung 1998 orientiert sich die Entwicklung von Umweltstandards für Böden vorwiegend an den rechtlichen Anforderungen dieses Gesetzes zur Gefahrenbeurteilung (vgl. Anhang 2 BBodSchV, BACHMANN und KONIETZKA 1999). Daneben hat das Gesetz vor allem in Hinsicht auf die Boden-Vorsorge auch starke Ausstrahlungswirkung in andere Rechtsbereiche hinein. Umweltstandards für Böden (und insbesondere die Vorsorgewerte) sind für die Vorsorgepflichten nach Bundes-Bodenschutzgesetz von Bedeutung. Geltung erlangen sie aber auch bei Einwirkungen auf Böden, die nach anderen rechtlichen Vorschriften zu beurteilen sind. Dies ist z. B. bei der Verwertung von Abfällen oder bei immissionsschutzrechtlichen Vorschriften der Fall.

#### 4.4.1 Abfallrechtliche Anforderungen an die Verwertung von Bioabfällen und Klärschlamm

Klärschlamm und behandelte oder unbehandelte Bioabfälle (u. a. bestimmte Schlämme aus der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, Küchen- und Kantinenabfälle und getrennt erfasste Bioabfälle aus der Hausmüllsammmlung) stellen relevante organische Abfälle zur Verwertung dar. So fallen jährlich 2,7 bis 3 Mio. Tonnen Klärschlamm-Trockenmasse an, von denen etwa 45 % landwirtschaftlich verwertet werden (UBA 1999b). Auch die jährlich anfallenden Bioabfälle (insbesondere Küchenabfälle und Grünschnitt) in Höhe von 5 bis 6 Mio. Tonnen werden nach Kompostierung vor allem landwirtschaftlich verwertet (BMU 1999b).

Rechtlich wird die Verwertung von Klärschlamm auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden durch die Klärschlammverordnung (AbfKlärV) geregelt. Diese beinhaltet als Voraussetzung für die Aufbringung von Klärschlamm, dass u. a.

- das Wohl der Allgemeinheit nicht gefährdet werden darf,
- Art, Menge und Zeit auf den Nährstoffbedarf der Pflanzen ausgerichtet wird,
- vor der Aufbringung und nachfolgend im Abstand von 10 Jahren Bodenuntersuchungen durchzuführen sind,
- der Klärschlamm regelmäßig auf Schadstoffgehalte untersucht wird und

- bestimmte Schadstoffgehalte im Klärschlamm und in den Böden am Aufbringungsort nicht überschritten werden dürfen.

Weitere Regelungen betreffen vor allem Aufbringungsverbote und Beschränkungen sowie Angaben zu Aufbringungsmengen und Nachweispflichten.

Die Verwertung von behandelten und unbehandelten Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden wird durch die Bioabfallverordnung (BioAbfV) geregelt. Diese beinhaltet als Voraussetzung für die Aufbringung von Bioabfällen, dass u. a.

- eine Behandlung hinsichtlich der seuchen- und phytohygienischen Unbedenklichkeit durchgeführt wird,
- bestimmte Schadstoffgehalte im Bioabfall (nach BioAbfV zwei Qualitäten) nicht überschritten werden,
- regelmäßige Untersuchungen der behandelten Bioabfälle durchgeführt werden und
- bei erstmaliger Aufbringung von Bioabfällen eine Bodenuntersuchung auf Schwermetalle durchzuführen ist (Ausnahme Bioabfälle oder Gemische eines Mitglieds einer Gütegemeinschaft).

Weitere Regelungen betreffen vor allem Aufbringungsverbote und Beschränkungen sowie Angaben zu Aufbringungsmengen und Nachweispflichten.

Die Verwertung von Klärschlamm und Bioabfällen auf nicht landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzten Böden (z. B. im Rahmen von Rekultivierungsvorhaben oder im Landschaftsbau) wird durch § 12 BBodSchV geregelt, weitere Regelungen können Anwendung finden.

Wesentliche Ansatzpunkte für eine notwendige Harmonisierung von AbfKlärV, BioAbfV und Bodenschutzrecht bestehen aus Sicht des Beirates in den Regelungen zu den zulässigen Schadstoffgehalten der Böden, den Anforderungen an die Untersuchung der Böden sowie den zulässigen Schadstofffrachten bei der Aufbringung von organischen Abfällen.

Die in der BioAbfV festgelegten Bodenwerte, nach deren Überschreiten eine nochmalige Aufbringung von Bioabfällen untersagt werden soll, berücksichtigen bereits die Empfindlichkeit der Böden. Die Höhe der Wer-

te und ihre Differenzierung nach Bodenart entspricht den Anforderungen der BBodSchV. Die Bodenwerte der Klärschlammverordnung, die bei Überschreitung zu einem Verbot der Klärschlammaufbringung führen, wurden zwar ebenfalls unter Vorsorgegesichtspunkten festgelegt (mit einigen Änderungen entsprechend der tolerierbaren Gesamtgehalte nach KLOKE (vgl. KLOKE 1993, siehe Ausführungen weiter oben), berücksichtigen die Bodeneigenschaften allerdings nur eingeschränkt hinsichtlich Cadmium und Zink nach den pH-Werten und den Tongehalten der Böden.

Während bei der Verwertung von Klärschlamm vor Aufbringung und nachfolgend alle 10 Jahre eine Untersuchung der Böden am Aufbringungsort vorgeschrieben und eine Aufbringung verboten ist, sofern einer der in der AbfKlärV festgelegten Bodenwerte überschritten ist, sind Bodenuntersuchungen nach BioAbfV nur bei der erstmaligen Aufbringung von Bioabfällen vorgesehen. Werden Bioabfälle und Gemische aufgebracht, die von Bioabfallbehandlern oder Gemischherstellern abgegeben werden, die Mitglied einer Gütegemeinschaft sind, entfällt die Pflicht zur Bodenuntersuchung ganz. Zudem handelt es sich bei der Untersagung einer erneuten Aufbringung bei Überschreitung der festgelegten Bodenwerte um eine Soll-Bestimmung im Einvernehmen mit der zuständigen landwirtschaftlichen Fachbehörde.

Aus den festgelegten Schadstoffhöchstgehalten in Klärschlamm und Bioabfällen und den jeweils zulässigen Aufbringungsmengen lassen sich auf Grundlage von AbfKlärV und BioAbfV zulässige Schwermetalleinträge in Böden errechnen. Wie aus Tabelle 7 deutlich wird, kommt es bereits bei den beiden Bioabfallqualitäten zu unterschiedlichen Werten, wobei die „bessere Qualität“ sogar bei einzelnen Elementen zu geringfügig höheren Schadstoffeinträgen in die Böden führen kann.

Große Unterschiede bei den zugelassenen Stoffeinträgen bestehen zwischen Klärschlamm und Bioabfall. Selbst diese sind jedoch noch um ein Vielfaches höher als die zulässigen Zusatzbelastungen nach BBodSchV. Bei Ausschöpfung der bei der Verwertung von Klärschlamm oder Bioabfällen zulässigen Stoffeinträge kann es in wenigen Jahrhunderten zu erheblichen Schadstoffanreicherungen in Böden kommen, die KLOKE (1999) als „nachhaltigen Anstieg der Schadstoffe im Boden“ bezeichnet.

**Tabelle 7: Zulässige Schadstofffrachten nach Abfallrecht**

| Element     | zulässige Frachten [g/ha·a] nach BioAbfV |                        | AbfKlärV |
|-------------|------------------------------------------|------------------------|----------|
|             | „bessere Qualität“                       | „schlechtere Qualität“ |          |
| Blei        | 1000                                     | 1000                   | 1500     |
| Cadmium     | 10                                       | 10                     | 16,7     |
| Chrom       | 700                                      | 667                    | 1500     |
| Kupfer      | 700                                      | 667                    | 1333     |
| Nickel      | 350                                      | 333                    | 333      |
| Quecksilber | 7                                        | 6,7                    | 13       |
| Zink        | 3000                                     | 2667                   | 4167     |

Allerdings ist für die Verwertung von Abfällen keine zulässige Zusatzbelastung im Sinne der BBodSchV festgelegt. Die nach BBodSchV zulässige Zusatzbelastung „greift“ erst in dem Fall, dass die Boden-Vorsorgewerte überschritten sind. Dann ist jedoch eine Abfallverwertung nicht mehr zulässig. Daher ist die Zusatzbelastung der BBodSchV vornehmlich zur Begrenzung luftgetragener Einträge ausgestaltet.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(33) Aus Vorsorgegründen sollte die Verwertung von Abfällen in und auf Böden, deren Schadstoffgehalte das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung besorgen lassen, grundsätzlich unterbleiben. Daher empfiehlt der Beirat, die abfallrechtlichen Regelungen für die Verwertung von Klärschlamm und Bioabfällen zu vereinheitlichen und mit dem Schutzgut „Boden“ schnellstens zu harmonisieren. Aufgrund der Relevanz organischer Schadstoffe wäre es wünschenswert, dass auch die Vorsorgewerte der BBodSchV für diese Stoffe in den abfallrechtlichen Regelungen berücksichtigt werden. Die Verwertung von Abfällen in und auf Waldböden soll ausgeschlossen werden.

(34) Fachlich nicht nachvollziehbar ist die derzeit ungleiche Behandlung verschiedener organischer „Abfälle zur Verwertung“ im Hinblick auf den Untersuchungsumfang der Böden. Zum Beispiel erscheint es nicht gerechtfertigt, dass bei der Verwertung von Bioabfällen, die von einem Mitglied einer Gütegemeinschaft abgegeben werden, eine mögliche Vorbelastung des Bodens nicht berücksichtigt wird. Die Güteüberwachung einer Gütegemeinschaft dient dem Qualitätsnachweis der abgegebenen Materialien, hat jedoch keinen Einfluss auf die Qualität der Böden am Aufbringungsort. Dies ist ein wesentlicher Mangel im Konzept der Gütesicherung, die sich nur mit der Güte der Produkte beschäftigt. Aus Sicht des Beirates ist eine Bodengüteüberwachung anzustreben. Dazu sind auch bei der Aufbringung von Bioabfällen regelmäßige Bodenuntersuchungen durchzuführen (ggf. in Abhängigkeit von den Abfallqualitäten), um eine mögliche Beeinträchtigung von Bodenfunktionen rechtzeitig erkennen und Vorsorgemaßnahmen ergreifen zu können. Im Übrigen bestehen nach Auffassung des Beirates auch bodenschutzrechtliche Möglichkeiten, die nach § 12 Abs. 3 Satz 1 „notwendigen“ Untersuchungen näher zu konkretisieren und damit Voraussetzungen für die Einführung auch bodenspezifischer Gütekriterien zu schaffen. Diese sollten genutzt werden, um eine unnötige Zersplitterung sonstiger, rechtlich unverbindlicher Güteanforderungen zu vermeiden.

(35) Die Anforderungen an die bodenbezogene Verwertung verschiedenartiger Abfälle soll auf Grundlage einheitlicher Maßstäbe und von harmonisierten Bodenwerten erfolgen. Zulässige Stoffkonzentrationen in unterschiedlicher Höhe können bei den verschiedenen Abfäl-

len zwar fachlich begründbar sein, sie müssen jedoch ein einheitliches Schutzniveau gewährleisten. Der Beirat sieht es daher als erforderlich an, die zurzeit vorliegenden Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes und die abfallrechtlichen Anforderungen an die Verwertung von Abfällen (AbfKlärV, BioAbfV, LAGA Technische Regeln) zu harmonisieren. Der Beirat regt an, die Grundsätze der Vorsorge im Bodenschutz bei der Auf- und Einbringung von Materialien in und auf Böden in allen Anwendungsbereichen einheitlich in einem Regelwerk festzulegen. Der Beirat ist der Auffassung, dass die Einheitlichkeit über das Regelwerk hergestellt werden sollte, was nicht unbedingt heißt, dass alle Regelungen in einer und derselben Verordnung zusammenzufassen wären. Einheitliche Grundsätze werden umso notwendiger, je mehr organische und mineralische Abfälle aus der industriellen Produktion (z. B. 795 000 t/a Carbonationsschlamm aus der Zuckerindustrie; ARGUS 1999) bodenbezogen verwertet werden. Sie sind auch geboten, um ein sonst drohendes Auseinanderdriften von Anforderungen an Produkte und an Abfälle zur Verwertung zu vermeiden.

### **4.4.2 Technische Regelwerke der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall**

Mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) wird festgelegt, dass Abfälle in erster Linie zu vermeiden sind, insbesondere durch die Verminderung ihrer Menge und Schädlichkeit und in zweiter Linie stofflich zu verwerten oder zur Gewinnung von Energie zu nutzen sind (energetische Verwertung). Abfälle, die nicht verwertet werden, sind dauerhaft von der Kreislaufwirtschaft auszuschließen und zur Wahrung des Wohls der Allgemeinheit zu beseitigen.

Die Abfallverwertung soll möglichst hochwertig sein. Sie hat ordnungsgemäß und schadlos zu erfolgen. Das bedeutet, dass sie im Einklang mit öffentlich-rechtlichen Vorschriften des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) stehen muss und eine Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit, insbesondere eine Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf, aufgrund der Beschaffenheit der Abfälle, dem Ausmaß der Verunreinigungen und der Art der Verwertung nicht zu erwarten sein darf. Bei der Entscheidung, ob Abfälle stofflich oder energetisch verwertet werden sollen, hat die besser umweltverträgliche Verwertungsart Vorrang. Nähere Anforderungen zum Vorrang der Verwertungsart können in einer Rechtsverordnung festgelegt werden, wobei bestimmte Anforderungen des KrW-/AbfG an die energetische Verwertung zu berücksichtigen sind.

Zunehmende Aktivitäten bei der Verwertung von Abfällen treffen dabei auf das Problem fehlender oder unzureichender Grundsätze zur Untersuchung und Bewertung der Abfälle sowie der Bewertung der Schädlichkeit der



Abfallverwertung. Um eine einheitliche Beurteilung und Behandlung von Verwertungsvorhaben sicherzustellen und die hierzu vorhandenen Ansätze in den einzelnen Bundesländern abzustimmen und zu vereinheitlichen, wurde bereits 1991 auf Beschluss der Umweltministerkonferenz und der Vollversammlung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) eine Bund-/Länderarbeitsgruppe „Vereinheitlichung der Untersuchung und Bewertung von Reststoffen“ eingerichtet. Aufgaben dieser Arbeitsgruppe sind u. a. die Auswahl von relevanten Materialien und die Festlegung einheitlicher Untersuchungsmethoden, zu untersuchender Parameter sowie von Güteanforderungen an die einzelnen Materialien unter Berücksichtigung der vorgesehenen Verwendungsmöglichkeiten. Nicht behandelt wird das Einbringen von Abfällen in Gewässer, in untertägige Hohlräume sowie das flächenhafte Ein- bzw. Ausbringen in oder auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Böden.

Als Arbeitsergebnis der o. g. Arbeitsgruppe entstanden LAGA – Technische Regeln „Anforderungen an die stoffliche Verwertung mineralischer Abfälle“ (LAGA 1997). Bisher wurden von der LAGA die Technischen Regeln (TR) Boden, Straßenaufbruch, Bauschutt, Schlacken und Aschen aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle (HMV), Gießereisande, Schlacken aus Eisen-, Stahl- und Tempergießereien sowie Aschen und Schlacken aus steinkohlebefeuerten Kraftwerken, Heizkraftwerken und Heizwerken verabschiedet. Weitere Technische Regeln (u. a. Bankettschälgut, Gleisschotter) sind derzeit in der Bearbeitung. Für den Regelungsbezug des Bundesbergrechts hat der Länderausschuss Bergbau (LAB) Anforderungen an die stoffliche Verwertung von Abfällen im Bergbau über Tage und als Versatz unter Tage (Technische Regeln für den Einsatz von bergbaufremden Abfällen im Bergbau über Tage und Technische Regeln für den Einsatz von bergbaufremden Abfällen als Versatz) in Anlehnung an die LAGA Technischen Regeln erarbeitet.

Die übergeordneten Verwertungsgrundsätze der LAGA Technischen Regeln orientieren sich an der Forderung, dass durch die Verwertung von Abfällen keine unvermeidbaren Umweltbeeinträchtigungen entstehen dürfen. In den Vorbemerkungen zu den Technischen Regeln wird darauf hingewiesen, dass es sich bei den aufgeführten Zuordnungswerten um „Vorsorgewerte“ handelt, die vor allem aus Sicht des Boden- und Grundwasserschut-

zes abgeleitet wurden. Die Zuordnungswerte wurden gestaffelt festgelegt:

- Bis in Höhe der Zuordnungswerte Z 0 ist ein uneingeschränkter Einbau der Abfälle zulässig, wobei je nach Abfall bestimmte Flächen mit sensibler Nutzung (Kinderspielflächen, Wasserschutzgebiete etc.) von der Verwertung ausgeschlossen werden sollen.
- Ein eingeschränkter offener Einbau ist bis zu den Zuordnungswerten Z 1 (Z 1.1 und ggf. Z 1.2) zulässig. Hier sind Flächen mit empfindlicher Nutzung grundsätzlich ausgeschlossen und nur solche mit unempfindlichen Nutzungen zugelassen (z. B. Straßen- und Wegebau sowie Lagerflächen, aber auch Parkanlagen).
- Bis in Höhe der Zuordnungswerte Z 2 können Abfälle unter definierten technischen Sicherungsmaßnahmen verwertet werden. Dies ist vor allem der Einsatz im Straßen- und Wegebau als Tragschicht unter einer wasserundurchlässigen Deckschicht oder als gebundene Tragschicht unter einer wenig wasserundurchlässigen Deckschicht. Weitere Einsatzmöglichkeiten bestehen in Lärmschutzwällen mit mineralischer Oberflächenabdichtung und im Unterbau von Straßendämmen mit wasserundurchlässiger Fahrbahndecke und mineralischer Oberflächenabdichtung.

Die Randbedingungen zur Anwendung der Werte sind in den jeweiligen Technischen Regeln näher beschrieben. Während für die Festlegung der Zuordnungswerte Z 0 die Schutzgüter Boden und Grundwasser als Maßgabe dienen, ist dies bei den Zuordnungswerten Z 1 in der Regel und bei Z 2 generell das Schutzgut Grundwasser. Aus diesem Grund werden die Zuordnungswerte Z 0 für Feststoff und Eluat und die Zuordnungswerte Z 1 und Z 2 häufig nur für Eluat festgelegt. Bei der Festlegung der Zuordnungswerte Z 1 und Z 2 werden außerdem typische Stoffgehalte der Abfälle berücksichtigt, um ein Vermischen mit belasteten Abfällen zu verhindern.

In der Tabelle 8 werden die Zuordnungswerte Feststoff der Technischen Regel, TR „Boden“, den Vorsorgewerten der BBodSchV gegenübergestellt. Sofern in anderen Technischen Regeln eine uneingeschränkte Verwertung zugelassen wird, entsprechen die Zuordnungswerte Z 0 denen der TR „Boden“ (ggf. um weitere, abfallspezifische Parameter ergänzt).



**Tabelle 7: Zuordnungswerte Feststoff der Technischen Regel der LAGA „Boden“ und Vorsorgewerte nach BBodSchV**

| Parameter                       | Zuordnungswert TR Boden (LAGA)<br>[mg/kg] |                 |                  |      | Vorsorgewert BBodSchV [mg/kg] <sup>1)</sup> |                  |      |
|---------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|------------------|------|---------------------------------------------|------------------|------|
|                                 | Z 0                                       | Z 1.1           | Z 1.2            | Z 2  | Sand                                        | Lehm/<br>Schluff | Ton  |
| pH-Wert <sup>2)</sup>           | 5,5-8                                     | 5,5-8           | 5-9              | --   | --                                          | --               | --   |
| Arsen                           | 20                                        | 30              | 50               | 150  | --                                          | --               | --   |
| Blei                            | 100                                       | 200             | 300              | 1000 | 40                                          | 70               | 100  |
| Cadmium                         | 0,6                                       | 1               | 3                | 10   | 0,4                                         | 1                | 1,5  |
| Chrom (ges.)                    | 50                                        | 100             | 200              | 600  | 30                                          | 60               | 100  |
| Kupfer                          | 40                                        | 100             | 200              | 600  | 20                                          | 40               | 60   |
| Nickel                          | 40                                        | 100             | 200              | 600  | 15                                          | 50               | 70   |
| Quecksilber                     | 0,3                                       | 1               | 3                | 10   | 0,1                                         | 0,5              | 1    |
| Thallium                        | 0,5                                       | 1               | 3                | 10   | --                                          | --               | --   |
| Zink                            | 120                                       | 300             | 500              | 1500 | 60                                          | 150              | 200  |
| Cyanide (ges.)                  | 1                                         | 10              | 30               | 100  | --                                          | --               | --   |
|                                 |                                           |                 |                  |      | Humusgehalt                                 |                  |      |
|                                 |                                           |                 |                  |      | > 8 %                                       | ≤ 8 %            |      |
| EOX                             | 1                                         | 3               | 10               | 15   | --                                          | --               | --   |
| <b>Kohlenwasser-<br/>stoffe</b> | 100                                       | 300             | 500              | 1000 | --                                          | --               | --   |
| Σ BTEX                          | < 1                                       | 1               | 3                | 5    | --                                          | --               | --   |
| Σ LHKW                          | < 1                                       | 1               | 3                | 5    | --                                          | --               | --   |
| Σ PAK                           | 1                                         | 5 <sup>3)</sup> | 15 <sup>4)</sup> | 20   | 10                                          | 3                | 3    |
| Benzo(a)pyren                   | --                                        | < 0,5           | < 1              | --   | 1                                           | 0,3              | 0,3  |
| Σ PCB <sup>5)</sup>             | 0,02                                      | 0,1             | 0,5              | 1    | 0,1                                         | 0,05             | 0,05 |

<sup>1)</sup> Die Hinweise zur Anwendung der Vorsorgewerte sind zu beachten (BBodSchV Anhang 2 Nr. 4.3).

<sup>2)</sup> Niedrigere pH-Werte stellen allein kein Ausschlusskriterium dar. Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen.

<sup>3)</sup> Einzelwert für Naphthalin kleiner als 0,5

<sup>4)</sup> Einzelwert für Naphthalin kleiner als 1,0

<sup>5)</sup> Zuordnungswerte: Kongenere nach DIN 51527; Vorsorgewerte: 6 Kongenere nach Ballschmiter

Aus dem Vergleich der Zuordnungswerte „Feststoffe“ der Technischen Regeln „Boden“ der LAGA mit den Vorsorgewerten der BBodSchV werden Unterschiede deutlich. Sowohl bei der Anzahl der Parameter als auch bei der Höhe bzw. Differenzierung der Werte bestehen teilweise erhebliche Unterschiede. So liegen die Zuordnungswerte Z 0 meist in Höhe der Vorsorgewerte für Lehm/Schluff, bei Blei sogar in Höhe der Vorsorgewerte für Ton. In der Konsequenz wäre zu vermuten, dass mindestens bei sandigen Böden durch Verwertung von Bodenmaterial oder Bauschutt nach den Technischen Regeln der LAGA das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen zu besorgen sein könnte. Inwieweit diese Vermutung in der Sache richtig ist und durch einschlägige Messergebnisse gestützt werden kann, ist im Wege einer dringend erforderlichen Harmonisierung zu klären.

Zwar haben die Werte der Bundes-Bodenschutzverordnung keine direkte rechtliche Auswirkung auf die Verwertung mineralischer Abfälle. Jedoch kommt ihnen eine erhebliche steuernde und orientierende Wirkung zu, da die schutzgutbezogenen Maßstäbe der Abfallwirtschaft regelmäßig (direkt oder indirekt) auf den fachrechtlichen oder fachlichen Maßstäben der betroffenen Schutzgüter, hier denen des Bodenschutzes, beruhen.

In diesem Zusammenhang macht der Beirat auch auf die numerischen und konzeptionellen Unstimmigkeiten zwischen den Eluatwerten der Technischen Regeln zur Abfallverwertung und den Prüfwerten der BBodSchV für das Bodensickerwasser und den Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser aufmerksam.

### Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge

(36) Der Beirat rät zu einer grundlegenden konzeptionellen Abstimmung der Vorgaben zur Abfallverwertung mit denen des vorsorgenden Bodenschutzes. Ins Einzelne gehende numerische Vorschläge, etwa eine ergänzte und „neue“ Liste von Vorsorgewerten für die Abfallverwertung vorzulegen, sieht der Beirat nicht als seine Aufgaben an. Hier sind vielmehr die in der Administration von Bund und Ländern Verantwortlichen gefragt. Der Beirat hält es gleichwohl für möglich, zu einer Anpassung der Technischen Regeln der LAGA an die rechtlich verbindlichen Anforderungen des Bodenschutzes zu kommen. Dies betrifft vor allem die Anpassung der Zuordnungswerte Z 0 an die Vorsorgewerte der BBodSchV, aber auch den in Technischen Regeln für bestimmte andere Abfälle vorgesehenen Anwendungsbereich. Die Regelungen des § 12 BBodSchV bieten neben dem eigenständigen bodenschutzrechtlichen Vollzug bei der Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht auch die Möglichkeit, Grundlagen für den Bodenschutz bei der Verwertung mineralischer Abfälle darzulegen. In diesem Zusammenhang macht der Beirat auch auf die Notwendigkeit aufmerksam, die sachliche Richtigkeit einer Verwendung der Vorsorgewerte der BBodSchV auf Unterböden (C-Horizont-Material) empirisch zu überprüfen, da diese z. B. häufig geringere Sorptionskapazitäten aufweisen als Oberböden, und die Ableitungsgrundsätze für die Vorsorgewerte einen Abgleich mit Daten zu Hintergrundwerten vorsehen, der bislang nur mittels Daten von Oberboden (A-Horizonten) durchgeführt worden ist.

(37) Außerdem ist es aus Sicht des Beirates erforderlich, dass auch die bodenschutzfachlichen Anforderungen an die stoffliche Verwertung von Abfällen auch in weitere Verwertungsstrategien, so z. B. beim Bergbau, einfließen.

(38) Mit einer ordnungsgemäßen und schadlosen Abfallverwertung nach KrW-/AbfG kann nach Ansicht des Beirates nicht eine „Verwertung um jeden Preis“ gemeint sein. Die Einhaltung der Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes führt nicht zu einer unvermeidbaren Beeinträchtigung der Kreislaufwirtschaft.

(39) Der Beirat regt an, die Anforderungen des vorsorgenden Bodenschutzes und die abfallrechtlichen Anforderungen an die Verwertung von Abfällen zu harmonisieren und zu integrieren.

(40) Der Beirat empfiehlt eine Überprüfung der Wirksamkeit von mineralischen Dichtschichten nach TA Siedlungsabfall beim Einbau von Materialien nach „Z 2“. Der Beirat empfiehlt die Überprüfung der nach dem Einbau nach Z 1 und Z 2 zugeordneten Eluatmethoden.

### **4.4.3 Technische Regelwerke der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz**

#### Verwertung von Bodenmaterial

Speziell für den Umgang mit kultivierbarem Bodenmaterial, d. h. für die Aufbringung von Bodenmaterial (incl. Baggergut) auf landwirtschaftlich genutzte Flächen mit dem Ziel der Bodenverbesserung, wurden von der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) Anforderungen an die Verwertung von kultivierbarem Bodenmaterial erarbeitet (KOHL et al. 1997, vgl. auch DIN 19731 (DIN 1998) und LfU 1999). Aufgaben der mit der Arbeit beauftragten Arbeitsgruppe des LABO-AK 4 waren die Festlegung der Kriterien und Güteanforderungen an die einzelnen Bodenmaterialien unter Berücksichtigung der vorgesehenen Verwertungsmöglichkeiten und -orte sowie der zu untersuchenden Parameter und Untersuchungsmethoden und die Erarbeitung von Anforderungen an die technische Durchführung sowie die Erarbeitung Technischer Regeln für die Aufbringung von Bodenmaterial auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen, bei Rekultivierungen und im Landschaftsbau. Dabei wurden Aufbau und Konzeption an die der Technischen Regeln „Anforderungen an die stoffliche Verwertung mineralischer Abfälle“ der LAGA angelehnt. Während die LAGA Technischen Regeln die Verwertung mineralischer Abfälle im Unterboden regeln, stellt die Technische Regel der LABO auf die durchwurzelbare Schicht im Oberboden ab.

Allgemeine Anforderungen an die Verwertung beinhalten neben einem Vermeidungsgebot vor allem ein Verschlechterungsverbot (bezogen auf die Bodenfunktionen und auf andere Umweltbereiche), ein Verdünnungsverbot und die Forderung nach der Nützlichkeit der Maßnahme. In diesem Zusammenhang werden ebenfalls Kriterien genannt, wann eine Nützlichkeit nicht mehr gegeben und somit von einer Beseitigungsmaßnahme gesprochen werden kann (z. B., wenn beim Aufbringen von Bodenmaterial ein mehr als zwei Meter mächtiges durchwurzelbares Bodenprofil entsteht). Bei der Beurteilung der Verwertung von Bodenmaterial auf Böden ist die Eignung sowohl des Bodenmaterials als auch der Böden am Aufbringungsort nachzuweisen. Aufgrund der chemischen und physikalischen Materialeigenschaften wird das Bodenmaterial Verwertungsklassen zugeordnet. Anhand der gleichen Kriterien wird auch die Eignung der Böden am Aufbringungsort beurteilt und eine mögliche Kombination von Bodenmaterial und Boden genannt. Im Hinblick auf Schadstoffe werden als Verwertungswert 0 (uneingeschränkt geeignet) die länderspezifischen Hintergrundwerte (LABO 1998a), bei organischen Schadstoffen hilfsweise die Z 0-Werte für Feststoff der LAGA – Technischen Regel Boden genannt. Als Verwertungswert 1 (eingeschränkt geeignet) werden die Bodenwerte der Klärschlammverordnung sowie die Z 1.1-Werte der LAGA-

Technischen Regel Boden für Thallium, PAK, PCB, Mineralölkohlenwasserstoffe und pH-Wert angeben.

Weitere Vorgaben betreffen die technische Durchführung der Maßnahme sowie Anforderungen an Probenahme und -behandlung.

Rechtlich geregelt wird die Auf- und Einbringung von Bodenmaterial auf und in Böden durch § 12 BBodSchV. Dieser beinhaltet insbesondere Anforderungen an Art und Menge sowie Nähr- und Schadstoffgehalte des auf- und einzubringenden Bodenmaterials, an die Schadstoffgehalte der Böden am Ort des Auf- und Einbringens, an die technische Durchführung der Maßnahme, an einen notwendigen Nutzen der Maßnahme sowie Vorgaben zum Vorgehen in Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten und zu bestimmten Böden, die von der Auf- und Einbringung ausgeschlossen werden sollen. Aufgrund der Überschneidung des Regelungsbereiches der BBodSchV ergibt sich die Notwendigkeit einer Harmonisierung der Technischen Regel zur Verwertung von kultivierbarem Bodenmaterial der LABO. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Schadstoffgehalte von Bodenmaterial und Böden, durch die eine Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung nicht hervorgerufen werden darf.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(41) Eine Konkretisierung der Anforderungen nach § 12 BBodSchV wird vom Beirat als notwendig erachtet, um eine einheitliche Bewertung von beispielsweise jährlich fast 1 Mio. Tonnen pflanzenbaulich verwerteten Baggergutes (ARGUS 1999) zu gewährleisten. Der Beirat empfiehlt, Vorgaben der Technischen Regel „Verwertung von kultivierbarem Bodenmaterial“, die bestimmte Anforderungen der BBodSchV konkretisieren (z. B. zur Art des Bodenmaterials bzw. der Böden), in ggf. überarbeiteter Form in eine Vollzugshilfe zur BBodSchV § 12 zu übernehmen.

#### **Verwertung von Biokompost und Klärschlamm**

Für einen speziellen Anwendungszweck von bestimmten verwertbaren Abfällen wurden von der Arbeitsgruppe „Abfallverwertung auf devastierten Flächen“ mit Vertretern aus LABO und LAGA „Anforderungen an den Einsatz von Biokompost und Klärschlamm bei der Rekultivierung von langjährig devastierten Flächen der Braunkohletagebaue in den neuen Bundesländern“ erarbeitet (LABO 1995a) und von der Umweltministerkonferenz (UMK) zur Kenntnis genommen. Diese Anforderungen sollten mit einer dreijährigen Befristung in den betroffenen Ländern beim Verwaltungsvollzug herangezogen werden. Der Erfahrungsbericht der Länder Brandenburg, Sachsen und Thüringen zeigt, dass Klärschlamm und Biokompost bei der Rekultivierung von devastierten Flächen des Braunkohletagebaues in diesen

Ländern bisher wenig zum Einsatz gekommen ist. Die LABO hält die Anforderungen und Vorgaben der Technischen Regel aus fachlicher Sicht für grundsätzlich geeignet, eine schadlose und nützliche Verwertung von Biokompost und Klärschlamm zu gewährleisten (LABO 1999).

Ähnlich wie die Technische Regel Bodenmaterial, stellt auch diese Technische Regel auf die Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht ab, allerdings beschränkt auf einen räumlich bestimmten Anwendungsbereich. In den allgemeinen Anforderungen wird ebenfalls auf die Nützlichkeit der Maßnahme verwiesen, insbesondere, da im Allgemeinen davon ausgegangen werden kann, dass im Bereich der Braunkohletagebaue Deutschlands die dort für Rekultivierungszwecke zur Verfügung stehenden Substrate geeignet sind, die vorgesehenen Folgenutzungen der Flächen zu ermöglichen. Aufgrund des Anwendungszweckes werden hier vor allem Anforderungen an eine bedarfsgerechte Nährstoffzufuhr gestellt (vgl. auch die Ausführungen zur organischen Substanz, s. w. o.). Diese beinhalten eine Gliederung in Nutzungsklassen mit maximalen Frachten an Stickstoff, Phosphor und Kalium. Hinsichtlich der Schadstoffgehalte sind der Einsatz von Biokompost und Klärschlamm zulässig, sofern die Schadstoffgehalte im Bodensubstrat/Abfallgemisch die Gehalte der vor dem Abbau vorhandenen Böden nicht überschreiten und die Bodengrenzwerte der AbfKlärV nicht überschritten werden. Für Gebiete mit regional erhöhten Hintergrundwerten können Ausnahmen zugelassen werden. Für die Schadstoffgehalte im Klärschlamm werden als Höchstgehalte die Werte der AbfKlärV angegeben, für Komposte die Werte des LAGA-Merkblattes M 10.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(42) Im Wesentlichen entspricht der Anwendungsbereich dieser Technischen Regel Teilen des Regelungsbereiches des § 12 BBodSchV. Insoweit rät der Beirat auch hier an, diese Technische Regel zurückzunehmen und einzelne Regelungen, vor allem bezüglich der bedarfsgerechten Nährstoffzufuhr, in ggf. überarbeiteter Form in eine Vollzugshilfe zur BBodSchV zu übernehmen.

#### **4.4.4 Weitere Regelwerke zur Verwertung von Abfällen**

Neben den im Folgenden aufgeführten Regelwerken liegen weitere Güte- und Prüfbestimmungen sowie Qualitätssicherungen vor oder befinden sich in Erarbeitung. Diese betreffen vor allem Güte- und Umweltzeichen für Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate und werden daher in Kapitel 4.6 erläutert.

**Musterverwaltungsvorschrift zur „Vermeidung und Verwertung von Abfällen nach § 5 (1) Nr. 3 BImSchG“**

Nach § 5 Abs. 1 Nr. 3 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) hat der Betreiber genehmigungsbedürftiger Anlagen die Pflicht, Abfälle zu vermeiden bzw. ordnungsgemäß und schadlos zu verwerten oder, soweit Vermeidung und Verwertung technisch nicht möglich oder zumutbar sind, die Abfälle ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu beseitigen. Vorschriften zur Erfüllung dieser Pflicht wurden vom Länderausschuss Immissionsschutz (LAI) in Form einer Musterverwaltungsvorschrift erarbeitet. Diese beinhaltet Vorgaben, wie Abfälle vermieden werden können und stellt bei der Abfallverwertung insbesondere auf die materiellen Anforderungen des KrW-/AbfG ab. Dabei wird allerdings auch von einer schadlosen Verwertung ausgegangen, sofern diese im Verhältnis zu einer technisch möglichen Vermeidung der Abfälle geringere Nachteile für die Umwelt aufweist (relative Schadlosigkeit). Weitere Regelungen der Musterverwaltungsvorschrift beziehen sich auf das Genehmigungs- und Überwachungsverfahren.

**Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(43) Der Beirat sieht in den Musterverwaltungsvorschriften zur Durchsetzung des § 5 (1) 3 BImSchG einen wichtigen Beitrag zum anlagenbezogenen Bodenschutz. Angesichts der Vielfalt schon vorgelegter Bodenschutz-Anforderungen in den Musterverwaltungsvorschriften regt der Beirat eine die Bodenaspekte zusammenfassende Darstellung an. Anderenfalls sieht der Beirat die Gefahr, dass das erreichte Niveau der bodenschutzfachlichen Anforderungen weitgehend unbekannt bleibt und den Bodenschutz-Vollzug kaum erreicht, weil die Musterverwaltungsvorschriften ein Instrument des Immissionsschutzes sind. Diese Zusammenfassung böte auch die Gelegenheit zu einer erweiterten bodenschutzfachlichen Kommentierung, die insbesondere dort zweckmäßig erscheint, wo sich die Anforderungen nicht aus dem Verweis auf bestehende Regelwerke (etwa die Technischen Regeln der LAGA zur Verwertung mineralischer Abfälle) ergeben, sondern wo selbstständige Anforderungen gestellt werden (etwa zu Kraftwerksaschen, oder zur Verwertung von Abfällen als Sekundärrohstoffdünger oder Bodenhilfsstoff).

**DIN 19731 – Verwertung von Bodenmaterial**

Bei der Erarbeitung der DIN 19731 „Verwertung von Bodenmaterial“ (DIN 1998) wurden Ergebnisse aus den oben aufgeführten Technischen Regelwerken der LAGA und LABO berücksichtigt. Da die Norm erst im Mai 1998 veröffentlicht wurde, konnten in die Erarbeitung ebenfalls Erkenntnisse aus der Erarbeitung von BBodSchG und BBodSchV einfließen. Da die Norm bei der Festlegung von Eignungsgruppen für die Verwer-

tung strengere Maßstäbe setzt als § 12 BBodSchV, ist bei Verwertung von Bodenmaterial nach DIN 19731 (DIN 1998) die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen an den vorsorgenden Bodenschutz sichergestellt.

**Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(44) Der Beirat begrüßt die breite Initiative zur Standardisierung bodenschutzfachlicher Anforderungen in DIN-Normen. Hierbei ist die DIN 19731 „Verwertung von Bodenmaterial“ (DIN 1998) ein besonderes Beispiel. Das wird auch dadurch unterstrichen, dass sie in Teilbereichen des § 12 BBodSchV zitiert wird. Sie hat dazu beigetragen, dass wesentliche Regelungsinhalte der Boden-Vorsorge in die BBodSchV Eingang finden konnten. Nach abgeschlossenen Verordnungsgebungsverfahren besteht nun allerdings die Notwendigkeit, in einer Überarbeitung der DIN 19731 (DIN 1998) auf die Regelungsinhalte der BBodSchV hinzuweisen und die DIN auch fortzuschreiben.

**Gütezeichen RAL – RG 501/2**

Auf Grundlage der Güte- und Prüfbestimmungen für die Aufbereitung zur Wiederverwendung von kontaminierten Böden und Bauteilen (RAL 1991) vergibt das RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. das Gütezeichen RAL-RG 501/2. Dieses Gütezeichen sieht zwei Güteklassen für Materialien vor. Materialien der Güteklasse 1 werden als generell einsetzbar bezeichnet, wenn dem keine standortspezifischen Bedingungen entgegenstehen. Die angegebenen Werte für Schwermetalle liegen z. T. in Höhe der Vorsorgewerte für die Bodenart Lehm/Schluff und teilweise auch deutlich oberhalb der Vorsorgewerte für die Bodenart Ton der BBodSchV. Die Materialien der Güteklasse 2 werden, mit im Vergleich zur Güteklasse 1 deutlich erhöhten Werten, als grundsätzlich geeignet für den Unterboden bezeichnet.

**Schlussfolgerungen und Empfehlungen / Vorschläge**

(45) Aufgrund der mit den Anforderungen der BBodSchV nicht übereinstimmenden Bewertung von kontaminierten Böden und Bauteilen hält der Beirat die Überarbeitung der Güte- und Prüfbestimmungen des RAL-Gütezeichens im Hinblick auf die Einhaltung rechtlicher Vorgaben für erforderlich.

**4.5 Begrenzung der Deposition luftgetragener Schadstoffe zum Schutz des Bodens**

Zur Erfüllung der Vorsorgepflicht nach § 7 BBodSchG wurden in der BBodSchV Werte für jährliche Frachten festgelegt, die auch nach Überschreitung der Vorsorgewerte zulässig sind (zulässige Zusatzbelastungen). Dabei sind die Einwirkungen auf den Boden über Luft und

Gewässer sowie durch unmittelbare Einträge zu beachten. Die zulässigen Zusatzbelastungen dienen als gebietsbezogenes Kriterium insbesondere zur immissionschutzrechtlichen Festlegung, welcher Emissionsmassenstrom einer Anlage nicht als ursächlicher Beitrag zum Entstehen schädlicher Bodenveränderungen anzusehen ist.

Bislang wurden nur zulässige Zusatzbelastungen für Schwermetalle, nicht aber für organische Schadstoffe festgelegt. Für Schadstoffe nach § 9 Abs. 1 Nr. 2 BBodSchV, bei deren erheblicher Anreicherung ebenfalls das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung zu besorgen ist, wurden keine zusätzlichen Eintragsfrachten als zulässig erklärt. Ihre Einträge sind sowohl für zu genehmigende als auch für in Betrieb befindliche Anlagen, soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar, zu begrenzen.

Neben der Festlegung von zulässigen Zusatzbelastungen in der BBodSchV liegen verschiedene Ansätze zur Begrenzung der Deposition luftgetragener Schadstoffe vor. Hierzu zählen u. a. die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPVwV), die Berechnung kritischer Eintragsraten im Rahmen des ESQUAD-Projektes (The Impact of Atmospheric Deposition of Non-Acidifying Pollutants on the Quality of European Forest Soils and the North Sea), Immissionswerte der TA Luft und die Ermittlung maximaler Immissionswerte nach VDI Richtlinie 3956. Nach SCHÜTZE und NAGEL (1998) ist allen Konzepten das Ziel, einen Beitrag zum vorsorgenden Bodenschutz zu leisten, immanent. Neben einem Abstimmungsbedarf hinsichtlich der Definition benutzter Begriffe ergeben sich allerdings Unterschiede z. B. im Grad der Verallgemeinerung, der Art der Werteableitung (wirkungsbezogen oder schematisch) und des berücksichtigten Zeitraums.

Um die Vorsorge im Bodenschutz zu gewährleisten, erscheinen die bisherigen Vorsorgekonzepte des Immissionsschutzrechtes allein nicht ausreichend. Das Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG – und die Richtlinie 96/61/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) sehen als geeignete Vorsorgemaßnahmen gegen Umweltverschmutzungen insbesondere den Einsatz von Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung nach Stand der Technik bzw. den Einsatz der besten verfügbaren Technik vor. Die Immissionswerte der Technischen Anleitung Luft (TA Luft Nr. 2.5.2) dienen dem Schutz vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und Belästigungen.

Die konzeptionelle Zusammenführung der Ansätze von Immissionsschutz und Bodenschutz ist erstmals in einer Arbeitsgruppe der Landesarbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) und der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz vorgenommen worden, wobei im

Ergebnis niederschlagsbezogene (Depositions-) Werte nach Nr. 2.5.2 der TA Luft zum Schutz des Bodens vorgeschlagen wurden (PRINZ und BACHMANN 1999). Die bereits bestehenden Werte für Cadmium, Blei und Thallium sollen dabei deutlich herabgesenkt werden, für weitere Metalle werden Werte vorgeschlagen. Weitere Verknüpfungen zwischen Immissionsschutz und Bodenschutz, auch zur Vorsorge, sind denkbar und sinnvoll.

Die Vorschläge für Immissionswerte nach 2.5.2 TA Luft sind so bemessen, dass es in einem bislang unbelasteten Gebiet (Bodengehalte in Höhe der Hintergrundwerte) nach dem für die Ableitung der Werte zugrunde gelegten Zeitraum von 200 Jahren zur Überschreitung von Prüfwerten nach BBodSchG kommen könnte. Daran zeigt sich, dass die Depositionswerte nach Nr. 2.5.2. der TA Luft in Übereinstimmung mit der Konzeption des BImSchG, keinen Vorsorgecharakter aufweisen, sondern vorwiegend auf die Abwehr von Gefahren ausgerichtet sind. Die Tatsache, dass eine stetige Schadstoffanreicherung zugelassen wird, die zu einer schädlichen Bodenveränderung führen kann, verdeutlicht die Notwendigkeit, vorsorgende Depositionswerte als bodenbezogene Vorsorgewerte oder Qualitätsziele auszuweisen.

Stoffeinträge sollen sich grundsätzlich nach den Grundregeln zur Vorsorge im Bodenschutz an den natürlichen Bodenfunktionen orientieren und diese nicht beeinträchtigen (Verschlechterungsverbot der natürlichen Bodenfunktionen). Zur Berechnung der Eintragsgrenzen liegen verschiedene fachliche Maßstäbe vor (BACHMANN 1997). Im Grundsatz wird eine Minimierung bis zum Null-Eintrag angestrebt. Soweit dies nicht erreichbar oder nicht risikoadäquat erscheint, liefert, bei natürlich im geochemischen Kreislauf vorkommenden Stoffen, der Vorrat dieser Stoffe im Boden, der nicht geändert werden soll, den fachlichen Maßstab für eine Eintragsbegrenzung. Dies führt zu noch akzeptablen Einträgen auf niedrigem Niveau, die im Gleichgewicht mit vorläufig tolerierbaren Austrägen stehen. Kann jedoch auch aus diesem Gleichgewicht noch kein unmittelbares Handlungsziel abgeleitet werden, besteht für bestimmte Schadstoffe zurzeit ersatzweise noch die Notwendigkeit, Minderungsmaßnahmen an einer Konvention über eine vorläufig tolerierbare Anreicherung unter definierten Randbedingungen auszurichten. Die Einträge über Luft, Düngung, Bewirtschaftung, Verwertung von Abfällen, Wasser etc. werden stoffspezifisch differenziert. Minderungsmaßnahmen können hierauf abgestimmt werden und differenzieren ihrerseits anhand

- der Größenverhältnisse der beobachteten Einträge (risikoproportional)
- der pfadspezifischen Minderungspotenziale (technikorientiert)
- umweltpolitischer Prioritäten und Nutzen-Wirksamkeits-Betrachtungen.

Im Rahmen der durch § 3 BBodSchG vorgesehenen Verknüpfung von Immissionsschutz und Bodenschutz ist immissionsschutzrechtlich festzulegen, welcher Emissionsmassenstrom „durch den Betrieb einer Anlage nicht als ursächlicher Beitrag zum Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung anzusehen ist“ (BBodSchG § 3 (3) Satz 2). Dazu ist dieser Anlage beziehungsweise diesem Anlagenkomplex ein geringer Anteil an den zulässigen Zusatzfrachten der BBodSchV, Anhang 2 Nr. 5, rechnerisch zuzuweisen.

Im Rahmen von Arbeiten zur international vereinbarten Luftreinhaltung werden auch Vorschläge für so genannte Critical Loads für Schwermetalle erörtert. Die von SCHÜTZE (1998) errechneten Eintragswerte bei hinnehmbaren Anreicherungen von Blei und Cadmium liegen für verschiedene Böden und Nutzungen häufig deutlich unterhalb der hinnehmbaren Anreicherung, die sich aus der Differenz zwischen Hintergrundwerten (LABO 1998a) und Vorsorgewerten nach BBodSchV, einer nutzungsspezifischen Bodentiefe und einem Anreicherungszeitraum von 200 Jahren berechnen lässt. Die Arbeiten der ECE an einem Konzept für die critical loads für Cadmium und Blei haben indessen erst begonnen; ein Ergebnis etwa in der von SCHÜTZE (1998) vorgeschlagenen Form ist noch nicht absehbar. Im Übrigen haben aber auch schon andere Arbeiten eine Quantifizierung der vorsorgenden Luftqualitätskriterien für den Schutz der Böden vorgeschlagen. So setzen die im Rahmen der TA Luft - Novellierung vom LAI vorgeschlagenen Werte zur Gefahrenabwehr nach Nr. 2.5.2 der TA Luft zum Beispiel für Blei  $100 \mu\text{g m}^2 \cdot \text{d}$  an, während die vorsorgeorientierte Qualitätsziele für die Deposition von Metallen nach KÜHLING und PETERS (1994) für Blei  $20 \mu\text{g m}^2 \cdot \text{d}$  vorschlagen.

Zur Ableitung von Vorsorgeanforderungen des Bodenschutzes an den Immissionsschutz erscheint die Erfassung weiterer prioritärer Stoffe notwendig. JENSEN und ENDRES (1999) haben die Liste prioritärer organischer Stoffe im Sinne der bei der Chemikalienzulassung üblichen Verfahrensweise fortgeschrieben, wobei mehrere Stoffe wegen unzureichender Datenlage zurückgestellt werden mussten. Einige organische Stoffe konnten für die vorgenommene Bewertung für den Boden- und Grundwasserschutz als nicht prioritär identifiziert werden. Mit der Erweiterung der zu erfassenden prioritären Stoffe und deren besonderen Eigenschaften werden, vor allem bei Organika, auch neue Erfassungsmethoden notwendig. Beispiele hierzu werden von MARTIN und GRATHWOHL (1999) und SCHARNWEBER et al. (1999) vorgestellt. Die Erstellung von Prioritätslisten erfolgt zielorientiert unter Verwendung relevanter Kriterien, Prioritätslisten enthalten „auffällige“ Stoffe, geben jedoch keine absolute Sicherheit, dass für den Bodenschutz wichtige Stoffe enthalten sind.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(46) Die Begrenzung luftgetragener Stoffeinträge in die Böden ist ein aus Sicht des Beirates wichtiges Thema,

das in verschiedenen Handlungsbereichen aufgegriffen werden sollte. Deshalb regt der Beirat an, nachdrücklich auf einen konzeptionellen Gleichschritt dieser verschiedenen Aktivitäten zu achten. Angesichts der in ECE-Arbeitsgruppen (United Nations Economic Commission for Europe) vorliegenden Überlegungen zu so genannten critical loads für Schwermetalle und der im Rahmen des VDI entwickelten Konzepte scheint dem Beirat eine solche, vorwiegend fachliche Koordinierungsfunktion sehr dringlich.

(47) Der Beirat empfiehlt, die Informationsgrundlagen über derzeit in Böden eingetragene Stofffrachten zu verbessern, um letztlich die nach BBodSchV und anderen Rechtsvorschriften eingeräumten Frachten auf ihre bodenschutzfachliche Zulässigkeit hin überprüfen zu können. Die Empfindlichkeit der Böden, weitere relevante Einträge (z. B. Säurebildner) und unterschiedliche Stoffeigenschaften (Mobilität, Abbaubarkeit, Persistenz, Toxizität) sollen dabei Beachtung finden. Arbeiten zur Ableitung kritischer Einträge (Critical Loads) und unschädlicher Anreicherungen (Critical Limits) (u. a. NAGEL und GREGOR 1999; SCHÜTZE et al. 1999 und SCHÜTZE und NAGEL 1998) stellen geeignete Grundlagen für die Begrenzung von Stoffeinträgen in Böden dar, wenn sie die Bodenschutzziele berücksichtigen. Bei der Untersuchung von Wirkungen aufgrund von im Boden vorhandenen Stoffen ist auf Bodenorganismen abzustellen, da aquatische Testsysteme keine hinreichenden Aussagen über die Wirkungen von Stoffen in Böden zulassen.

(48) Der Beirat sieht es als unmittelbar erforderlich an, die Arbeiten zur Verknüpfung der Fachkonzepte des Immissions- und Bodenschutzes einschließlich der erarbeiteten Depositionswerte in die Novellierung der TA Luft einzubeziehen.

(49) Ferner regt der Beirat an, die Wirkungen von zulässigen Stoffeinträgen in Böden im Rahmen der Bodendauerbeobachtung zu überprüfen. Es soll sichergestellt werden, dass weder durch den Eintrag dieser Stoffe, noch durch den gleichzeitigen Eintrag anderer Stoffe (z. B. Säurebildner) das Entstehen einer schädlichen Bodenveränderung zu besorgen ist. In diesem Zusammenhang ist die Vereinheitlichung und Fortentwicklung von Probennahme- und Analyseverfahren notwendig (vgl. u. a. LfU 1998 sowie LfU/UBA 1999) und, insbesondere für die Berücksichtigung der Anforderungen an den Immissionsschutz, eine ggf. stoffspezifische Quantifizierung der Eintragspfade.

(50) Die nach BBodSchV zulässigen Zusatzbelastungen sprechen alle Eintragspfade an. Der Beirat hält es für notwendig, hierzu konkretisierende fachliche Vorgaben zu erarbeiten (wie für die immissionsschutzrechtlichen Regelungen ja bereits vorgesehen). Ohne eine solche Konkretisierung sieht der Beirat die Gefahr, dass die zulässigen Eintragsfrachten, z. B. bei unzureichender

Datenlage über weitere Eintragspfade, bereits durch einen Eintragspfad ausgeschöpft werden könnten. Bei der Festlegung zulässiger Einträge über bestimmte Pfade sind vorhandene fachrechtliche Eintragsregelungen zu berücksichtigen.

(51) Zur weitgehenden Vermeidung von Schadstoffeinträgen in die Böden oder zumindest zum Erreichen eines Gleichgewichtes von Einträgen und unbedenklichen Austrägen auf möglichst niedrigem Niveau empfiehlt der Beirat eine Absenkung immissionsschutzrechtlicher Standards auch bei Einhaltung einer zulässigen Zusatzbelastung. Die hierzu notwendige Weiterentwicklung des Standes der Technik sollte dem Rechnung tragen.

#### **4.6 Güteanforderungen an im Boden eingesetzte Materialien und Produkte**

Materialien und Produkte, die in und auf Böden ein- oder aufgebracht werden, können die Böden in positiver und nützlicher Weise verändern oder beeinflussen. Sie können jedoch auch zu einer Beeinträchtigung der natürlichen Bodenfunktionen führen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um stoffliche Einwirkungen aufgrund der Schadstoffgehalte der Materialien und Produkte, es können aber auch physikalische Wirkungen, z. B. aufgrund der Einbringungstechnik, auftreten. So bekräftigt der SRU (1995) seine Forderung nach einer konsequenten Vorsorgepolitik, die vor allem bei den Stoffströmen ansetzt und damit auf den Produktionssektor einwirkt. Vor allem wegen der „Allmählichkeitsschäden“ hält er ein integriertes Vorsorgekonzept für erforderlich.

Güteanforderungen an Materialien und Produkte liegen in einer Vielzahl von rechtlichen Regelungen, Technischen Regeln, Normen und Merkblättern vor, wobei eine Bewertung der Schadstoffgehalte meist nur erfolgt, wenn es sich um Abfälle handelt oder um Produkte, die unter Verwendung von Abfällen zur Verwertung (Sekundärrohstoffe) hergestellt wurden.

Bei den im Folgenden dargestellten Güteanforderungen werden Materialien, die dem Abfallrecht unterliegen (Abfälle zur Verwertung), zusammen mit Produkten des gleichen Anwendungsbereiches erörtert. Hierdurch soll allerdings nicht einer rechtlich gebotenen Abgrenzung zwischen Abfall und Produkt vorgegriffen werden, sondern eine möglichst übersichtliche Darstellung aus Sicht des vorsorgenden Bodenschutzes ermöglicht werden. Indessen soll aber an dieser Stelle auf die rechtspolitische Dimension hingewiesen werden. Umweltaanforderungen an Produkte werden heute vorwiegend und in zunehmendem Maße in Regelwerken der Europäischen Gemeinschaften geregelt. Dies wird in Zukunft vor allem auch hinsichtlich der Umweltaanforderungen an Bodenmaterial und Materialien, die in Böden auf- oder eingebracht werden sollen, zu beachten sein. Diese europapolitische Dimension hat die deutschen Boden-

schutz-Diskussion noch nicht aufgegriffen. Konzepte des vorsorgenden Bodenschutzes sollen in Zukunft auch die Instrumente der EU mit berücksichtigen.

##### **4.6.1 Bodenmaterial**

Verwertbares Bodenmaterial (einschl. Baggergut) kann als unbelasteter Bodenaushub bei Baumaßnahmen oder als gereinigtes Bodenmaterial aus Bodenbehandlungsanlagen anfallen. Wesentliche Güteanforderungen werden in § 12 BBodSchV gestellt. Diese beinhalten insbesondere Anforderungen an Art und Menge sowie Nähr- und Schadstoffgehalte des auf- und einzubringenden Bodenmaterials, an die Schadstoffgehalte der Böden am Ort des Auf- und Einbringens, an die technische Durchführung der Maßnahme, an einen notwendigen Nutzen der Maßnahme sowie Vorgaben zum Vorgehen in Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten und zu bestimmten Böden, die von der Auf- und Einbringung ausgeschlossen werden sollen. Bei den Anforderungen an die Auf- und Einbringung wird insbesondere in Anforderungen bei der Herstellung durchwurzelbarer Bodenschichten im Rahmen von Rekultivierungsvorhaben und Anforderungen bei der Auf- und Einbringung auf landwirtschaftlich genutzten Böden differenziert.

Güteanforderungen an Bodenmaterial liegen in § 12 BBodSchV und in verschiedenen Regelwerken von LAGA, LABO, DIN und RAL vor.

##### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(52) Eine Harmonisierung der einschlägigen Regelwerke zum Umgang mit Bodenmaterial mit den Anforderungen der BBodSchV ist ein notwendiger nächster Schritt in Richtung auf ein ausgewogenes Konzept zur Bodenvorsorge bei der bodenbezogenen Verwertung von Abfällen. Eine gezielte Förderung der Verwertung von Bodenmaterial sieht der Beirat als erforderlich an. Im Hinblick auf eine sparsame und schonende Verwendung der Ressource Boden ist die Verwertung von Bodenmaterial und von anderen Abfällen mit „bodenähnlichen“ Eigenschaften oder einer bodenbezogenen Verwertung eine sinnvolle Strategie. „Bodenbörsen“ sind ein wichtiges Instrumentarium zur Verbesserung der Nutzung dieser Ressourcen. Der Beirat empfiehlt die Unterstützung und Vernetzung der schon bestehenden Ansätze zu Bodenbörsen.

##### **4.6.2 Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate**

###### **4.6.2.1 Düngemittelrechtliche Vorgaben**

BBodSchG und BBodSchV finden nach Maßgabe von § 3 Abs. 1 BBodSchG auf Düngemittel, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate nur Anwendung, soweit

Vorschriften des Düngemittelrechts Einwirkungen auf den Boden nicht regeln.

Grundlage des Düngemittelrechts stellt das Düngemittelgesetz (DMG) dar. Es findet Anwendung auf Düngemittel, Wirtschaftsdünger, Sekundärrohstoffdünger, Bodenhilfsstoffe, Kultursubstrate und Pflanzenhilfsmittel. Gemäß DMG dürfen Düngemittel nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie einem nach Rechtsverordnung zugelassenem Düngemitteltyp entsprechen. Hier-von ausgenommen sind u. a. Wirtschaftsdünger. Die Zulassung von Düngemitteltypen wird nur insoweit erteilt, als diese bei sachgerechter Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens und die Gesundheit von Menschen und Haustieren nicht schädigen, den Naturhaus-halt nicht gefährden sowie geeignet sind, das Wachstum von Nutzpflanzen wesentlich zu fördern, ihren Ertrag wesentlich zu erhöhen und ihre Qualität wesentlich zu verbessern.

Zur Umsetzung der Anforderungen des DMG wurde die Düngemittelverordnung (DMV) erlassen. Mit ihr wer-den vor allem die Zulassung von Düngemitteltypen und die Anforderungen an Düngemittel, Natur- und Hilfs-stoffe sowie deren Kennzeichnung geregelt. Zu den Natur- und Hilfsstoffen werden Bodenhilfsstoffe, Kul-tursubstrate und Pflanzenhilfsmittel sowie Wirtschaftsdünger (auch in Gemischen mit den vorgenannten Stoffen, mit Torf oder Wasser) gezählt. Stoffe, die bestimm-te Nährstoffgehalte überschreiten, dürfen nicht als Bo-denhilfsstoffe, Kultursubstrate oder Pflanzenhilfsmittel gewerbsmäßig in den Verkehr gebracht werden. In den Anlagen zur DMV werden die verschiedenen Düngemitteltypen und die sie bestimmenden Merkmale aufgelistet. Im Wesentlichen handelt es sich hierbei um Nähr-stoffmindestgehalte, typbestimmende Bestandteile sowie Angaben zur Bewertung, zur Zusammensetzung und zur Art der Herstellung. Angaben zu höchstzulässigen Schadstoffgehalten werden nur in wenigen Einzelfällen gemacht. Allerdings ist das gewerbsmäßige Inver-kehrbringen von Düngemitteln, Wirtschaftsdüngern, Sekundärrohstoffdüngern, Bodenhilfsstoffen, Kultursub-straten und Pflanzenhilfsmitteln, die als Ausgangsstoff Klärschlamm oder sonstige Bioabfälle enthalten, nur zulässig, wenn die Schadstoffgrenzwerte der AbfKlärV eingehalten bzw. die Bioabfälle gemäß BioAbfV für eine landbauliche Verwertung geeignet sind. An Sekun-därrohstoffdünger werden in Anlage 1, Abschnitt 3a zusätzliche Anforderungen gestellt, die u. a. die Aufbe-reitung der Stoffe und weitere Kennzeichnungspflichten enthalten. Die Zulassung der Sekundärrohstoffdüngemitteltypen der Anlage 1, Abschnitt 3a, endete zum 31. Oktober 1999.

Während die Anforderungen der DMV für alle ge-werbsmäßig in Verkehr gebrachten Düngemittel, Natur- und Hilfsstoffe gelten, wurde für die Anwendung von Düngemitteln auf landwirtschaftlich einschließlich gar-tenbaulich genutzten Flächen die Verordnung über die

Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung; DüngeV) erlassen. Hier werden Grundsätze der Düngemittelanwendung (im Besonderen auch der Wirtschaftsdünger) und der Düngebedarfser-mittlung sowie vorgeschriebene Nährstoffvergleiche geregelt. Wesentliche Anforderungen im Hinblick auf mögliche Beeinträchtigungen der Umwelt sind u. a. die an die Zeit und den Pflanzenbedarf angepasste Nähr-stoffausbringung, um Nährstoffverluste und damit ver-bundene Einträge in Gewässer weitestgehend zu ver-meiden und eine Begrenzung der Ausbringungszeit von Wirtschaftsdüngern und der mit ihnen auszubringenden Stickstofffracht. Schadstoffe werden in der Verordnung nicht geregelt. In Teilen dient die Verordnung der Um-setzung der Richtlinie des Rates zum Schutz der Gewäs-ser vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirt-schaftlichen Quellen (EG-Nitratrichtlinie).

Wie aus den Ausführungen deutlich wird, handelt es sich im Düngemittelrecht in der Regel um Anforderun-gen an die Nährstoffgehalte, im Rahmen der DüngeV auch um die Vermeidung schädlicher Umwelteinwir-kungen durch überhöhte oder zum falschen Zeitpunkt verabreichte Nährstoffgaben. Schadstoffgehalte werden nur in Einzelfällen bzw. im Rahmen der Einhaltung von AbfKlärV und BioAbfV geregelt.

Eine Arbeitsgruppe der Umwelt- und Agrarministerkon-ferenz erstellt derzeit ein fachliches Instrumentarium zur einheitlichen Bewertung aller Düngemittel. Diesem kommt im Rahmen der Boden-Vorsorge ein wichtiger Stellenwert zu. Der auf einem Workshop der Arbeits-gruppe vorgestellte Vorschlag für ein Bewertungsinstrumentarium basiert auf der Relation zwischen Schad-stoff- und Nährstoffgehalt der Düngemittel, also dem Verhältnis von Schaden zu Nutzen (NIEDERSÄCH-SISCHES UMWELTMINISTERIUM 1999). Durch diese Art der Bewertung wird der Landwirt bzw. der Anwender von Düngemitteln in die Lage versetzt, bei vorgegebenem Nutzen (Nährstoffbedarf) ein Düngemittel auszuwählen, das den geringsten Schaden für den Boden (Schaden hier im Sinne von Schadstoffeinträgen) verursacht. Im Falle der Wirtschaftsdünger könnte sich bei einer relativ hohen Schadstofffracht z. B. die Not-wendigkeit einer Veränderung der Futtermittelzusam-mensetzung ergeben.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(53) Da nicht nur mit Sekundärrohstoffdüngern, sondern auch mit mineralischen Düngemitteln und Wirtschaftsdüngern Schadstoffe in z. T. nicht unerheblichem Um-fang in Böden eingetragen werden, hält der Beirat es für erforderlich, die Schadstoffgehalte aller Düngemittel zu begrenzen. Eine hierfür notwendige Voraussetzung ist es, die Schadstoffgehalte verschiedener Düngemittel nach einheitlichen Maßstäben zu bewerten.



(54) Der Beirat rät dazu, die zurzeit laufenden Arbeiten zur integrierten Düngemittelbewertung in einen größeren Rahmen der Boden-Vorsorge zu stellen. Dabei erscheint es als eine wesentliche Komponente, dass die Vorgehensweise bei der stofflichen Beurteilung schädlicher Bodenauswirkungen auch auf parallele Fragestellungen anwendbar bleibt. Zum Beispiel ist derzeit das Verfahren der EU-Rechtsangleichung für Cadmium-Gehalte in Düngemitteln in Gang gekommen, das ebenfalls eine Risikoabschätzung für Cadmium in Ackerböden beinhaltet. Ferner erinnert der Beirat in diesem Zusammenhang an die seit Jahren laufenden Arbeiten zur EU-rechtlichen Regelung der Höchstmengen von Umweltschadstoffen in Lebensmitteln. Auch hier soll zum Beispiel das Cadmium, neuerdings als Kontaminant in Brotgetreide, Kartoffeln oder auch Gemüse, Beachtung finden.

Der Beirat hält es für notwendig, dass zur Risikobeurteilung von Cadmium in Ackerböden Deutschlands unter anderem auch auf die sehr breite Datenbasis zum Transfer von Cadmium aus dem Boden in die Nahrungs- und Futterpflanzen zurückgegriffen wird. Diese Datenbasis wurde von Bund und Ländern schon zur Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV, Anhang 2 Nr. 2, genutzt. Soweit ersichtlich, wäre ihre erneute Nutzung für die Beurteilung von Maßnahmen zur Begrenzung der Metallgehalte in Düngemitteln durchaus sinnvoll. Dies wäre auch ein Beitrag, den Deutschland sinnvoll in die europäische Diskussion einbringen könnte.

(55) Bei der Bewertung von Düngemitteln erscheint dem Beirat auch die Einbeziehung von Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln geboten. Für diese, teilweise in erheblichen Mengen auf Böden aufgebrachten Materialien (z. B. nährstoffarme Komposte mit < 0,5 % N, < 0,3 % P, < 0,3 % K als Bodenhilfsstoff), sind neue Bewertungssysteme zur Boden-Vorsorge zu entwickeln. Diese sollten nach Meinung des Beirates ebenfalls auf einer Relation zwischen Nutzen und Schaden basieren, wobei der Gesamteintrag an Schadstoffen eine tolerierbare Höchstgrenze nicht überschreiten darf. Die Nutzen-Quantifizierung muss für die spezifischen Produkte noch differenziert erarbeitet werden. So werden z. B. Komposte als Bodenhilfsstoff in der Regel aufgebracht, um den Gehalt an organischer Substanz im Boden zu erhöhen. Ein Nutzen kann allerdings nur vorausgesetzt werden, wenn im Boden ein Mangel an organischer Substanz vorliegt. Daher ist ein enger Zusammenhang mit der weiter oben angesprochenen Thematik der Richtwerte für die organische Bodensubstanz gegeben.

#### 4.6.2.2 Weitere Güteanforderungen

Neben den oben aufgeführten rechtlichen Anforderungen liegen für Bodenhilfsstoffe (oft, aber relativ unbestimmt und jedenfalls nicht rechtlich definiert als Bo-

denverbesserungsmittel bezeichnet) weitere Güteanforderungen auf freiwilliger Basis vor. Hierbei handelt es sich u. a. um die RAL-Gütezeichen für Kompost (RAL-GZ 251) und Rinde für Pflanzenbau (RAL-GZ 250/1-4), das RAL-Umweltzeichen für Bodenhilfsstoffe aus Kompost (RAL-UZ 45) sowie das EG-Umweltzeichen für „soil improver“ (wörtlich: Bodenverbesserer).

Die Nutzung dieser Güte- und Umweltzeichen kann kostenpflichtig beantragt werden. Die Nutzer verpflichten sich, die jeweiligen Güteanforderungen einzuhalten, was durch Eigenüberwachung und bei den RAL-Gütezeichen auch durch Fremdüberwachung nachzuweisen ist. Die Güteanforderungen beziehen sich in unterschiedlichem Maße auf Nähr- und Schadstoffgehalt, Gehalt an organischer Substanz, Hygiene, Gehalt an Fremd-/Störstoffen, zulässige Hilfsstoffe, weitere Qualitätskriterien, Kennzeichnungspflicht sowie auf Vorgaben zu Prüfbestimmungen. Richt- oder Grenzwerte liegen bei RAL-GZ 251 und RAL-UZ 45 für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Kupfer, Chrom, Nickel, Quecksilber und Zink vor, bei dem EG-Umweltzeichen zusätzlich auch für Molybdän, Selen, Arsen und Fluor. Hinsichtlich einer Begrenzung der Schadstoffeinträge in Böden mit der Anwendung von Kompost haben diese Güte- und Umweltzeichen mit der Verabschiedung der Bioabfallverordnung (BioAbfV) ihre Wirksamkeit in gewisser Weise verloren bzw. erscheint eine Überarbeitung der Richt- bzw. Grenzwerte notwendig. Zum einen beziehen sich die Schwermetallwerte des RAL-GZ 251 und RAL-UZ 45 auf einen Anteil von 30 % organischer Substanz in der Trockenmasse, während die Grenzwerte der BioAbfV sich auf den Gehalt in der Trockenmasse beziehen. Zum anderen wurden in der BioAbfV für zwei unterschiedliche Qualitäten Grenzwerte festgelegt, wobei die Werte der besseren Qualität in Höhe der Werte des RAL-UZ 45 und die der schlechteren Qualität in Höhe des RAL-GZ 251 liegen. Die Werte des EG-Umweltzeichens entsprechen, mit Ausnahme von Kupfer, den Werten der besseren Qualität nach BioAbfV. Somit dienen die Umweltzeichen dem Nachweis, dass relativ schadstoffarme Kompostqualitäten vorliegen, während das Gütezeichen lediglich die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen bestätigt (vorausgesetzt, es erfolgt eine Anpassung der Angaben an Gehalt in der Trockenmasse). Von den derzeit für vier Gruppen vorliegenden Güte- und Prüfbestimmungen „Rinde für Pflanzenbau“ enthalten nur die Bestimmungen für „Rindenerde“ (RAL-GZ 250/4) Werte für zulässige Schwermetallgehalte, die für Blei, Kupfer, Chrom, Nickel und Quecksilber unterhalb, für Zink in Höhe und für Cadmium oberhalb der Werte der BioAbfV (bessere Qualität) liegen. Für Lindan und Cypermethrin liegen in jeder Gruppe Anforderungen vor.

Für ein Kultursubstrat (Blumenerde) liegen zurzeit Güte- und Prüfbestimmungen als Entwurf (Stand Juli 1999) vor. Anforderungen an maximal zulässige Schadstoffgehalte sind in diesem Entwurf nicht vorgesehen.

Ebenfalls in Entwurfsfassung (Stand Juli 1999) liegen Allgemeine Qualitäts- und Prüfbestimmungen für Abfälle nach § 1 des Düngemittelgesetzes zur Verwertung als Sekundärrohstoffdünger, Bodenhilfsstoffe und Kultursubstrate der VDLUFA zur „Qualitätssicherung Landbauliche Abfallverwertung“ (QLA) vor. Die Qualitätssicherung ist in vier Kategorien vorgesehen, wobei für Ausgangsstoffe für eine Behandlung nach § 2 BioAbfV und Endprodukte drei Qualitätsstufen vorgesehen sind. In Bezug auf Schadstoffgehalte sind, ausgehend von den gesetzlichen Mindestanforderungen nach Abfall- und Düngerecht, in den besseren Qualitätsstufen Schadstoffrichtwerte unterhalb der gesetzlichen Anforderungen vorgesehen. Die Qualitätsprüfungen sollen durch unabhängige, akkreditierte und/oder staatlich notifizierte Prüflabore erfolgen. In den speziellen Qualitäts- und Prüfbestimmungen für aerob behandelte feste Abfälle (Komposte) liegen die vorgesehenen Schwermetallrichtwerte als Mindestanforderung in Höhe der Werte der BioAbfV „schlechtere Qualität“, mit Prädikat „Gut“ in Höhe oder unterhalb der Werte der BioAbfV „bessere Qualität“ und mit Prädikat „Sehr gut“ deutlich unterhalb der Anforderungen nach BioAbfV. Weitere Anforderungen (u. a. Nährstoffgehalt, Hygiene, Gehalt bestimmter organischer Schadstoffe) sind vorgesehen.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(56) Nach Meinung des Beirates sollte bei den verantwortlichen Stellen darauf hingewirkt werden, dass Produkte, die mit einem Umweltzeichen versehen sind, welches sie z. B. als schadstoffarm deklariert, Schadstoffgehalte deutlich unterhalb der gesetzlich zulässigen Gehalte aufweisen. Dies gilt im Besonderen auch für Produkte, die einer Güte- oder Qualitätssicherung unterliegen, da diese dem Verbraucher eine besondere Produktqualität suggerieren.

(57) Auch für Produkte, wie z. B. Kultursubstrate, die nicht dem Abfall- oder Bodenschutzrecht unterliegen, regt der Beirat aus Gründen der Vorsorge an, die in den jeweiligen Rechtsbereichen festgelegten Anforderungen an maximale Schadstoffgehalte einzuhalten, sofern die Produkte nach Gebrauch zu einer Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf beitragen können (z. B. getrennte Biomüllsammlung), die Möglichkeit einer direkten Aufbringung auf Böden besteht (z. B. alte Blumentopferde im Hausgarten) oder eine bodenähnliche Nutzung vorliegt, durch die Schutzgüter beeinträchtigt werden können (z. B. Kräuterzucht im Blumentopf). Ein solches Gebot der Vorsorge wird insbesondere bei gut gesicherten Produkten als notwendig erachtet.

#### **4.6.3 Pflanzenschutzmittel**

Anders als bei Düngemitteln, bei deren Anwendung es durch den Eintrag von Nebenbestandteilen bzw. Verunreinigungen zu negativen Auswirkungen auf die Boden-

funktionen kommen kann, wird dies bei Pflanzenschutzmitteln (nach NOLTING et al. (1994) je nach Anwendungsbereich, einzuteilen in Fungizide, Insektizide, Herbizide, Wachstumsregler, Nematizide, Akarizide, Rodentizide und Molluskizide), teils in Kauf genommen. Durch ihre angestrebte Wirkungsweise führen sie zur vollständigen Beseitigung oder mindestens zur Reduzierung von Schad- oder Konkurrenzorganismen. Dabei kann es sowohl zu negativen Wirkungen auf Nicht-Zielorganismen als auch zu einer Verlagerung in andere Umweltkompartimente kommen. Negative Auswirkungen auf die Bodenfunktionen sind grundsätzlich schon bei der Zulassung solcher Mittel zu betrachten und nach Möglichkeit zu vermeiden. Allerdings unterliegt die Zulassung immer auch einer Abwägung zwischen der sekundären Schädlichkeit und der primären Nützlichkeit im Sinne des gewünschten Effektes.

Rechtlich geregelt wird der Pflanzenschutz durch das Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz – PflSchG). Neben dem Schutz von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen ist es Zweck dieses Gesetzes, Gefahren abzuwenden, die durch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln oder durch andere Maßnahmen des Pflanzenschutzes, insbesondere für die Gesundheit von Mensch und Tier und für den Naturhaushalt, entstehen können. Diese Forderung ist ebenso Bestandteil der „Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz“, die aufgrund des PflSchG vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten erstellt und im Bundesanzeiger Nr. 220a vom 21.11.1998 bekannt gegeben wurden. Für Wirkstoffe erfolgt eine EU-weite Zulassung, sofern nicht die nationalen Umweltbedingungen dieser widersprechen. National werden Pflanzenschutzmittelpräparate zugelassen.

Ein Pflanzenschutzmittel und ein Pflanzenschutzmittelpräparat wird u. a. nur zugelassen, wenn die Prüfung des Pflanzenschutzmittels ergibt, dass es nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse und der Technik bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung oder als Folge einer solchen Anwendung keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier und auf das Grundwasser hat und keine sonstigen nicht vertretbaren Auswirkungen, insbesondere auf den Naturhaushalt sowie auf den Hormonhaushalt von Mensch und Tier festzustellen sind. Pflanzenschutzmittel dürfen u. a. nicht angewendet werden, soweit der Anwender damit rechnen muss, dass ihre Anwendung im Einzelfall schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier oder auf Gewässer und auf den Naturhaushalt hat.

Aus den oben genannten Anforderungen des PflSchG wird deutlich, dass die Abwehr von Gefahren für die Gesundheit von Mensch und Tier und für das Grundwasser im Vordergrund stehen. Hierfür liegen umfangreiche Kenntnisse über Wirkungen und Methoden zur

Risikoabschätzung vor (DFG 1994). Wirkungen auf den behandelten Boden werden allerdings erst berücksichtigt, sobald sie nicht mehr vertretbar sind und sobald es sich im Einzelfall um erhebliche schädliche Auswirkungen handelt. Dabei werden Wirkstoffe EU-weit und Pflanzenschutzmittelpräparate in der Regel für die Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland zugelassen. In den unterschiedlichen Böden kann es dadurch, je nach Bodeneigenschaften, zu erheblichen Unterschieden in der Abbaurate, der Festlegung im Boden, der Mobilität, der Grundwassergefährdung und der Austräge über Oberflächenabfluss kommen (KÖRDEL et al. 1997). Die Zulassungstests werden allerdings anhand von sorptionsarmen Böden mit (für den zu testenden Stoff) „ungünstigen“ Eigenschaften durchgeführt.

BBodSchG und BBodSchV finden zwar nach Maßgabe von § 3 Abs. 1 BBodSchG auf Pflanzenschutzmittel nur Anwendung, soweit Vorschriften des Pflanzenschutzrechts Einwirkungen auf den Boden nicht regeln, dies erscheint mit den oben genannten generellen Maßstäben jedoch nicht hinreichend zu geschehen. Allerdings sieht das Bodenschutzrecht derzeit keine Möglichkeit vor, erhebliche Auswirkungen bzw. nicht mehr vertretbare Auswirkungen durch Pflanzenschutzmittel auf Böden als Bestandteil des Naturhaushaltes zu bewerten.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(58) Der Beirat hält regionale Untersuchungen zum Verhalten von Pflanzenschutzmitteln weiterhin für erforderlich, insbesondere zu deren Abbau im Boden sowie über Auswirkungen auf Bodenorganismen durch die Wirkstoffe, deren Umwandlungsprodukte oder Formulierungshilfsstoffe und die kompletten Präparate, um die rechtlichen Anforderungen nach PflSchG zu erfüllen. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen wären bei der regelmäßigen Neubewertung (innerhalb von 10 Jahren) bzw. der Zulassung neuer Pflanzenschutzmittel zu berücksichtigen und könnten einer weiteren Konkretisierung der „Guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz“ und der Förderung des integrierten Pflanzenschutzes dienen.

#### **4.6.4 Bauprodukte**

Als typische Produkte, die Einwirkungen auf Böden hervorrufen können, sind Bauprodukte zu nennen, wie zum Beispiel Holzbaustoffe, die mit Holzschutzmitteln getränkt sind; Ziegel und Zementbausteine, die mit Abfällen zur Verwertung als Zuschlagstoffe hergestellt wurden; Injektionsmittel zur Baugrundabdichtung; Verwendung von Produkten mit Spritzasbest in der Landschaft; Rostschutzmittel; aus Bauprodukte, z. B. aus Recyclingmaterial; Bodenmaterial als Bauprodukt. Bauprodukte werden nach Bauproduktengesetz (BauPG) geregelt, durch das die EG-Bauproduktenrichtlinie umgesetzt wird. Nach BauPG sind Bauprodukte zum einen

alle Baustoffe, Bauteile und Anlagen, die hergestellt werden, um dauerhaft in bauliche Anlagen des Hoch- und Tiefbaus eingebaut zu werden. Weiterhin werden zu den Bauprodukten auch aus Baustoffen und Bauteilen vorgefertigte Anlagen, die als solche in den Verkehr gebracht werden, z. B. Fertighäuser, Fertiggaragen und Silos, gezählt.

Die EG-Bauproduktenrichtlinie basiert auf der neuen Konzeption auf dem Gebiet der technischen Harmonisierung und Normung der EU und enthält daher nur die wesentlichen sicherheitsrelevanten Anforderungen an Bauprodukte (mechanische Festigkeit und Standsicherheit; Brandschutz; Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz; Nutzungssicherheit; Schallschutz; Energieeinsparung und Wärmeschutz). Diese sollen im Rahmen der Europäischen Normung eine detaillierte technische Konkretisierung erfahren (BLOSS 1992). Außerdem wurde durch technische Ausschüsse zu jeder wesentlichen Anforderung ein so genanntes Grundlagendokument erarbeitet. Hinsichtlich des Umweltschutzes werden in dem EG-Grundlagendokument „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“ Anforderungen an die Einwirkung von Bauprodukten unter den Aspekten Umwelt im Inneren von Gebäuden, Wasserversorgung, Entsorgung von Abwasser und festen Abfällen sowie äußere Umwelt gestellt. Diese sind allerdings sehr allgemein und bedürfen einer weiteren Konkretisierung.

Die in Erarbeitung befindlichen Entwürfe von harmonisierten europäischen Normen zur Konkretisierung der Bauproduktenrichtlinie berücksichtigen Umwelanforderungen jedoch nur unzureichend. Beispielhaft zu nennen sind hier die Entwürfe zu den Normen „Gesteinskörnungen für Mörtel“ (prEN 13139), „Leichtzuschläge – Teil 1: leichte Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel“ (prEN 13055-1) oder „Gesteinskörnungen für Asphalte und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen“ (prEN 13043), in denen im Wesentlichen die physikalischen und chemischen Anforderungen hinsichtlich der Festigkeit und Nutzbarkeit normiert werden. Anforderungen an Schadstoffgehalte oder deren mögliche Freisetzung werden nicht gestellt. Von einer Projektgruppe des in Deutschland für die Zulassung von Bauprodukten zuständigen Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) wird zurzeit ein Merkblatt zur Bewertung der Boden- und Grundwassergefährdung durch Bauprodukte erarbeitet, das u. a. Vorsorgeanforderungen des Bodenschutzes berücksichtigen soll.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(59) Um die wesentliche Anforderung hinsichtlich Gesundheit und Umweltschutz der Bauproduktenrichtlinie in Bezug auf den Schutz der Böden zu konkretisieren, regt der Beirat die Erarbeitung von detaillierten Vorgaben aus Sicht eines vorsorgenden Bodenschutzes an. Zudem empfiehlt der Beirat zu prüfen, inwieweit auch

z. B. Schutzanstriche von Bauprodukten, die nicht in den Boden eingebracht werden, in derartige Bewertungen einbezogen werden können, da beispielsweise aus Rostschutzanstrichen Blei oder Zinkverbindungen ausgewaschen und in die umliegenden Böden eingetragen werden können. Auch Stoffeinträge, die auf Bauprodukte zurückgehen und über die Regenwasserversickerung in den Boden gelangen können, sind mit zu berücksichtigen. Der Beirat unterstreicht, dass zum vorsorgenden Bodenschutz insbesondere Anforderungen an den Schutz der Filter- und Pufferfunktion verschiedener Böden zu stellen wären; Verfahrenskonzepte der BBodSchV stellen einen ersten Ansatz dar, der jedoch erheblich ausgebaut werden muss.

#### 4.6.5 Sonstige Ansätze

Grundsätzliche rechtliche Regelungen im Hinblick auf die Umweltgefährdung durch schädliche Stoffe enthält das Gesetz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG) sowie die aufgrund dieses Gesetzes erlassenen Verordnungen, wie die Chemikalienverbotsverordnung (ChemVerbotsV) oder die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie die EG-Altstoffverordnung. Diese Regelungen betreffen gefährliche Stoffe und beziehen sich nicht auf bestimmte Produkte oder Produktgruppen. Durch die genannten Regelungen soll u. a. die Umwelt vor schädlichen Einwirkungen, die von diesen Stoffen ausgehen können, geschützt werden.

#### Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge

(60) Zum Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden vor stoffbedingten Schädigungen erscheint dem Beirat die Erarbeitung von Methoden und Verfahren zum Nachweis und Bewerten von Schädigungen durch gefährliche Stoffe dringend erforderlich. Wichtige Ansätze zu einer summenbezogenen (nicht einzelstofflichen) Bewertung sieht der Beirat z. B. in den Ergebnissen aus dem Verbundvorhaben „Ökotoxikologische Testbatterien“ (WILKE und FLEISCHMANN 2000), das im Rahmen des BMBF-Forschungsschwerpunktes „Biologische Verfahren zur Bodensanierung“ durchgeführt wird. Der Beirat regt an, weitere Forschungsarbeiten zur Bewertung gefährlicher Stoffe zu initiieren, um möglichst einfach handhabbare Methoden und Verfahren zur Untersuchung und Bewertung stoffbedingter Schädigungen von Bodenfunktionen einzufügen.

#### 4.7 Güteanforderungen an sonstige Materialien und Produkte

Neben den in Kapitel 4.6 diskutierten Anforderungen an Materialien und Produkte können auch die im Folgenden genannten Materialien und Stoffe Auswirkungen auf die Bodenfunktionen haben. Hierbei handelt es sich um solche Materialien bzw. Stoffe, deren Wirkungen erst

seit relativ kurzer Zeit im Zusammenhang mit der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen diskutiert werden.

##### 4.7.1 Arzneimittel, Tier-Arzneimittel, Futterzusatzstoffe

Arzneimittel werden im behandelten Organismus nur teilweise ab- oder umgebaut, häufig werden relativ hohe Anteile der ursprünglichen Wirksubstanz wieder ausgeschieden. In bestimmten Fällen weisen auch die Ab- oder Umbauprodukte noch spezifische Wirkungen auf. Der Eintrag in Böden erfolgt im Fall der Human-Arzneimittel als Rückstand in landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämmen, im Fall der Tier-Arzneimittel als Rückstand im Wirtschaftsdünger, in Gülle und durch direkte Ausscheidung bei Weidetieren.

Die nachfolgenden Darstellungen zu rechtlichen Regelungen von Arzneimitteln basieren auf dem „Bericht des BLAC zu Auswirkungen der Anwendung von Clorofibrinsäure und anderer Arzneimittel auf die Umwelt und Trinkwasserversorgung“ (BLAC 1998).

Human- und Tier-Arzneimittel werden nach dem „Gesetz über den Verkehr mit Arzneimitteln“ (Arzneimittelgesetz – AMG) zugelassen. Ausgenommen sind Tier-Arzneimittel, die gegen Tierseuchen eingesetzt werden und nach dem Tierseuchengesetz zugelassen werden müssen sowie Arzneimittel für Einzeltiere oder Tiere eines bestimmten Bestandes, die in Apotheken oder tierärztlichen Hausapotheken hergestellt werden. Nach § 2 AMG sind Arzneimittel Stoffe und Zubereitungen aus Stoffen, die dazu bestimmt sind, durch Anwendung am oder im menschlichen oder tierischen Körper u. a. Krankheiten, Leiden, Körperschäden oder krankhafte Beschwerden zu heilen, zu verhüten oder zu erkennen und Krankheitserreger, Parasiten oder körperfremde Stoffe abzuwehren, zu beseitigen oder unschädlich zu machen. Arzneimittel sind u. a. nicht Lebensmittel, Tabakerzeugnisse und kosmetische Mittel nach dem Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz, Stoffe oder Zubereitungen aus Stoffen, die ausschließlich dazu bestimmt sind, äußerlich am Tier zur Reinigung oder Pflege oder zur Beeinflussung des Aussehens oder des Körpergeruchs angewendet zu werden, soweit ihnen keine Stoffe oder Zubereitungen aus Stoffen zugesetzt sind, die vom Verkehr außerhalb der Apotheke ausgeschlossen sind sowie Futtermittel, Zusatzstoffe und Vormischungen im Sinne § 2 Abs. 1 Nr. 1 bis 3 des Futtermittelgesetzes.

Seit 1994 ist für Tier-Arzneimittel und seit 1998 (Siebtes Gesetz zur Änderung des AMG) auch für Human-Arzneimittel eine Prüfung der umweltrelevanten Eigenschaften bei der Neuzulassung von Arzneimitteln erforderlich. Unter den in § 25 Abs. 2 AMG aufgelisteten Versagungsgründen für eine Zulassung von Human-Arzneimitteln ist „Umweltschädlichkeit“ jedoch nicht

aufgeführt und stellt daher anscheinend kein gleichberechtigtes Zulassungskriterium dar. Der nach EG-Recht mögliche Versagungsgrund „bei bestimmungsgemäßem Gebrauch schädlich“ wird im AMG ausschließlich auf Erkenntnisse der medizinischen Wissenschaft bezogen.

Zur Durchführung der Prüfung der Umweltverträglichkeit von Tier-Arzneimitteln liegt eine Leitlinie vor, die allerdings keine Konsequenzen oder Maßnahmen für den Fall eines festgestellten Umweltrisikos vorgibt (EMA/CVMP: Note for Guidance: Environmental Risk Assessment for Veterinary Medicinal Products other than GMO-containing and Immunological Products; in Kraft seit 01.01.1998). In der nationalen Zulassungspraxis wird jedoch Umweltschädlichkeit bei Tierarzneimitteln als Zulassungskriterium berücksichtigt. Für Human-Arzneimittel liegt bisher nur der Entwurf für ein Bewertungskonzept vor.

Pharmakologisch wirksame Futtermittel-Zusatzstoffe (Stoffe, die u. a. zur Verhütung bestimmter, verbreitet auftretender Krankheiten von Tieren bestimmt sind) unterliegen in der EU und in Deutschland nicht dem Arzneimittelrecht (obwohl die Definition von Arzneimitteln auf bestimmte Zusatzstoffe angewendet werden könnte), sondern werden in Deutschland nach Futtermittelgesetz und -verordnung geregelt (Zulassung und Inverkehrbringen).

Für Futtermittel-Zusatzstoffe liegen EG-Bestimmungen zur Prüfung der umweltrelevanten Eigenschaften vor, die bisher nicht in das deutsche Futtermittelrecht übernommen wurden. Allerdings gibt es keine einzelstaatliche Zulassung von Futtermittelzusatzstoffen mehr, sodass dies ohne Bedeutung für die Zulassung ist. In den entsprechenden Richtlinien der EG handelt es sich im Hinblick auf Angaben zur Ökotoxizität jedoch um eine „Kannbestimmung“, d. h. die aufgelisteten Angaben müssen nicht gefordert werden.

Die Umsetzung der Anforderungen an die Zulassung von Human- und Tier-Arzneimitteln sowie von pharmakologisch wirksamen Futtermittel-Zusatzstoffen kommt nur langsam voran. Noch fehlen insbesondere für den Boden und die Bodenpassage geeignete fachliche Methoden. Pharmakologisch wirksame Stoffe werden nur zu einem geringen Teil im Zielorganismus um- oder abgebaut, häufig wird der überwiegende Anteil in ursprünglicher Form oder metabolisiert wieder ausgeschieden (RÖMBKE et al. 1996). Über Abwasser und Klärschlamm können Human-Arzneimittel und über Wirtschaftsdünger (bzw. durch direkte Ausscheidung auf der Weide) können Tier-Arzneimittel auf und in die Böden gelangen.

Endokrin wirksame Stoffe, insbesondere synthetische Hormone, werden sowohl in der Human- wie in der Tiermedizin eingesetzt und haben in jüngster Zeit zu umfangreichen Diskussionen und Forschungsaktivitäten

geführt. Auch sonstige Chemikalien können endokrin wirksam sein (BRUHN et al. 1999; RÖMBKE et al. 1996; GÜLDEN et al. 1997). Höchstes Wirkpotenzial haben jedoch die eingesetzten Hormone oder unmittelbare Abwandlungsprodukte (z. B. Kontrazeptiva), die in Oberflächengewässern und Klärschlamm nachgewiesen wurden (WENZEL et al. 1998).

Zunehmende Antibiotika-Resistenz bereitet in der Humanmedizin aktuelle Probleme. Europaweit wird etwa die Hälfte der Antibiotika in der Tierproduktion, einschließlich Fischzucht (35 % Therapie, 15 % Wachstumsregler), und ebenfalls die Hälfte in der Humanmedizin eingesetzt. Als Ergebnis einer umfangreichen comprehensiven Auswertung der gesamten Literatur zu dieser Problematik wurde empfohlen, in der Humanmedizin Antibiotika nur nach sorgfältiger Diagnose einzusetzen und in dem Tierproduktionsbereich alternative Maßnahmen zum Einsatz als Wachstumsregler zu ergreifen. Durch Verbesserung der hygienischen Bedingungen kann der Einsatz ebenfalls vermindert werden. Ob die Antibiotika-Resistenz Auswirkungen auf die Bodenökologie hat, wird kontrovers diskutiert. Eindeutige Befunde liegen nicht vor (SSC 1999).

Die Beeinträchtigung der Umwelt durch Arzneimittel wird erst in jüngster Zeit diskutiert, insbesondere als Folge der Zunahme von Antibiotika-Resistenzen und der ökotoxikologischen Wirkungen hormonell wirksamer Substanzen. Deshalb liegen Erkenntnisse über Einträge in Böden, Verbleib und Wirkung auf die Bodenfunktionen erst in geringem Umfang vor. Ergebnisse des Fachgesprächs „Klärung des Handlungsbedarfs bei Rückständen von Tier-Arzneimitteln“ am 28.04.1997 im Niedersächsischen Umweltministerium und der Arbeitsgruppe „Beurteilung von potenziellen Schadorganismen und Stoffen in Futtermitteln sowie tierischen Fäkalien“ der DFG-Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft (DFG 1997) zeigen für Tier-Arzneimittel einen dringenden Forschungs- und Handlungsbedarf auf, auf den auch das Forschungsvorhaben des BMU/UBA zur „Charakterisierung und Verwertung von Abfällen aus der Massentierhaltung unter Berücksichtigung verschiedener Böden“ aufmerksam macht.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(61) Der Beirat empfiehlt, die weiteren Arbeiten zu Einträgen und Wirkungen von Tier-Arzneimitteln auch unter expliziter Berücksichtigung des Bodens und der natürlichen Bodenfunktionen voranzutreiben. Es liegen spezifisch bodenbezogene Expositionswege vor, die eine detaillierte Gefährdungsabschätzung unumgänglich machen. Anforderungen des Bodenschutzes an die Arzneimittelzulassung wären eine nahe liegende Folge, denn bodenbezogene Parameter müssen in der Lage sein, die Schadlosigkeit der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung bzw. einer umweltverträglichen

Düngung sicherzustellen. Der Beirat empfiehlt, dass auch für Human-Arzneimittel die Umsetzung der in der 9. Novelle des AMG vorgesehenen Umweltverträglichkeitsprüfung neuer und nachzulassender Arzneimittel vorangetrieben wird. Dabei sollte schädlichen Bodenveränderungen ein hoher Stellenwert zugeordnet werden. Die Variabilität von Bodeneigenschaften und die unterschiedliche Empfindlichkeit von Böden ist in einem Bewertungskonzept zu berücksichtigen. Nationale Richtwerte für den Eintrag derartiger Substanzen sollten nicht auf Basis nationaler Durchschnittswerte abgeleitet werden. Besonderer Beachtung bedürfen dabei aus Sicht des Bodenschutzes persistente und hochwirksame endokrine Modulatoren und persistente Antibiotika.

(62) Aus Vorsorgegründen ist nach Meinung des Beirates in der Tierproduktion der Einsatz von hormonell oder antibiotisch wirksamen Substanzen, insbesondere als Leistungsförderer, so weit wie möglich zu vermeiden und auf den Einsatz von Arzneimitteln zur Prophylaxe zu verzichten, sofern z. B. technische Maßnahmen ebenfalls zur Vermeidung oder deutlichen Reduzierung des Krankheitsbegriffs von Tierbeständen eingesetzt werden können.

#### 4.7.2 Gentechnisch veränderte Organismen und deren Rückstände

Bei gentechnisch veränderten Organismen (GVO) wird seit einiger Zeit eine mögliche Beeinträchtigung von Bodenfunktionen diskutiert. GVO werden meist patentrechtlich geschützt und daher in dem hier behandelten Zusammenhang als Produkt angesehen. Gentechnische Anlagen und Arbeiten sowie das Freisetzen und Inverkehrbringen von GVO werden durch das Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz – GenTG) geregelt. Zweck dieses Gesetzes ist u. a., Leben und Gesundheit von Menschen, Tieren, Pflanzen sowie die sonstige Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge und Sachgüter vor möglichen Gefahren gentechnischer Verfahren und Produkte zu schützen und dem Entstehen solcher Gefahren vorzubeugen. Vor Errichtung oder Betrieb gentechnischer Anlagen, vor Durchführung gentechnischer Arbeiten und vor Freisetzung oder Inverkehrbringen von GVO sind die damit verbundenen Risiken nach dem Stand der Wissenschaft umfassend zu bewerten, wobei auch die Auswirkungen auf die Umwelt zu berücksichtigen sind. Die Freisetzung von GVO oder das Inverkehrbringen von Produkten, die GVO enthalten, bedarf einer Genehmigung. Diese Genehmigung ist zu erteilen, wenn u. a. nach dem Stand der Wissenschaft im Verhältnis zum Zweck der Freisetzung bzw. des Inverkehrbringens unvermeidbare schädliche Einwirkungen auf die oben genannten Rechtsgüter nicht zu erwarten sind. Betreiber einer gentechnischen Anlage, in der gentechnische Arbeiten der Sicherheitsstufe 2 bis 4 (gemäß § 7 GenTG) durchgeführt werden sollen, und diejenigen, die Freisetzungen vornehmen, sind per Rechtsverordnung

zu verpflichten, zur Deckung der Schäden Vorsorge zu treffen, die durch Eigenschaften eines Organismus, die auf gentechnischen Arbeiten beruhen, verursacht werden. Diese Deckungsvorsorge kann insbesondere durch eine Haftpflichtversicherung oder eine Freistellungs- oder Gewährleistungsverpflichtung des Bundes oder eines Landes erbracht werden. Diese Rechtsverordnung wurde noch nicht erlassen. Die Überwachung der Durchführung des GenTG obliegt den Bundesländern.

Freisetzung von GVO und Inverkehrbringen von Produkten, die GVO enthalten, weisen auch unter Bodenschutzgesichtspunkten eine hohe Relevanz auf. Freisetzungen betreffen im Wesentlichen gentechnisch veränderte Pflanzen, wobei Veränderungen vor allem hinsichtlich Herbizid- und Schädlingsresistenz, männlicher Sterilität und veränderter Inhaltsstoffe vorgenommen werden. Sekundärmetaboliten als erhöhte Anteile natürlicher Pflanzenbestandteile, aber auch neue unbeabsichtigte Pflanzeninhaltsstoffe können für den Bodenschutz relevant sein. Während die molekularbiologischen Konsequenzen gentechnisch veränderter DNA im Boden untersucht und bewertet werden, ist die Persistenz, d. h. die Dauer möglicher Einwirkungen, bisher unbeachtet. Besondere Beachtung sollte auch den so genannten sekundären Effekten, d. h. Änderungen in der allgemeinen landwirtschaftlichen Praxis, geschenkt werden, wie z. B. Änderung der Sortenvielfalt, der Menge und Qualität eingesetzter Pflanzenschutzmittel, der Nutzungssintensität von Böden oder der Erweiterung von Anbauflächen.

BBodSchG und BBodSchV finden nach Maßgabe von § 3 Abs. 1 BBodSchG auf GVO nur Anwendung, soweit Vorschriften des GenTG Einwirkungen auf den Boden nicht regeln. Unter bodenschutzfachlichen Gesichtspunkten reichen die generellen Maßstäbe jedoch nicht für eine konkrete bodenbezogene Vorsorge aus.

Die Auswirkungen von in Böden eingebrachten GVO auf die Bodenorganismen, die Wirkung isolierter DNA und die Wirkung von Stoffwechselprodukten transgener Pflanzen (Toxine, Enzyme) z. B. auf den Abbau der organischen Bodensubstanz sind nur in ersten Umrissen bekannt oder wenigstens grob abschätzbar. So wurde aufgrund mangelnden Wissens über die Folgen eingeführter Antibiotika-Resistenzen, über die Folgen des Herbizideinsatzes oder über die toxische Wirkung auf Nicht-Zielorganismen in einzelnen Mitgliedsstaaten der EU Widerspruch gegen die Zulassung von GVO-Produkten eingelegt. Außerdem wurden Moratorien für den kommerziellen Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen eingeführt, um Zeit für das Schließen von Wissenslücken in der Sicherheitsforschung zu gewinnen (DÜRKOP et al. 1999). Auch der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) hält Maßnahmen für erforderlich, um die unterschiedlichen Risikoqualitäten der gentechnischen Eingriffe angemessen bewerten und mögliche langfristige Auswirkungen auf Menschen und

Umwelt erkennen zu können (SRU 1998). Ebenfalls sollte nach Ansicht des SRU spätestens bei Inverkehrbringen von transgenen Pflanzen oder Mikroorganismen auf Marker-Gene mit Antibiotika-Resistenz verzichtet werden, um keine zusätzlichen Risiken aufkommen zu lassen. Eine Abschätzung der Einwirkungen gentechnisch veränderter Kulturpflanzen auf den Boden, vor allem auf die organische Bodensubstanz, konnte als Basis für eine erste Aufstellung von potenziellen Wirkungsszenarien genutzt werden (LABES et al. 1999), aus denen der weitere Bedarf an wissenschaftlicher Aufklärung der wirkungsbezogenen Fragestellungen zum Bodenschutz und an Verbesserung der Informationsgrundlagen hervorgeht. Der generelle (also nicht bodenspezifische) Handlungs- und Forschungsbedarf im Hinblick auf eine umweltverträgliche Nutzung der Gentechnik wird von DÜRKOP et al. (1999) ausführlich erläutert.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(63) Der Beirat unterstützt den Vorschlag des SRU, nach Inverkehrbringen von transgenen Pflanzen eine ökologische Dauerbeobachtung zu etablieren. Dies gilt insbesondere, wenn zukünftig mehr Fremd-Gene eingesetzt werden sollten, die umweltrelevante Eigenschaften aufweisen (Persistenz von gentechnisch veränderter DNA in Böden, Überleben der Pflanzen unter extremen Umweltbedingungen, wie z. B. Hitze, Kälte und Trockenheit) und die eine erfolgreiche Einbürgerung und Ausbreitung erwarten lassen. Ein zusätzliches Thema sollte dabei neben den Fragen des Gentransfers, insbesondere die Persistenz der gentechnisch modifizierten DNA im Boden sein. Der Anforderungskatalog des GVO-Monitoring sollte insbesondere auch Bodeneigenschaften berücksichtigen; Beobachtungsziel sollen solche Böden sein, von denen angenommen werden muss, dass DNA-Reste oder andere Materialien eingetragen werden und für die eine spezifische Empfindlichkeit angenommen werden muss. Dies sind zum Beispiel Ackerrandböden, da dort die Möglichkeit der Beeinflussung von Wildpflanze und Tieren in besonderen Maße besteht.

(64) Der Beirat regt die Erarbeitung von Anforderungen aus Sicht des Bodenschutzes an, um möglichen Gefahren durch gentechnische Verfahren und Produkte entgegenzuwirken und um dem Entstehen solcher Gefahren vorzubeugen. Diese Anforderungen sind den an der Erarbeitung von Konzepten zum Monitoring von gentechnisch veränderten Organismen beteiligten Länder-Arbeitsgemeinschaften Gentechnik (LAG) und Naturschutz (LANA) sowie den für die Zulassung zuständigen Behörden zur Konkretisierung der Anforderungen zum Schutz der Umwelt in ihrem Wirkungsgefüge zur Verfügung zu stellen. Dem Beirat ist dabei bewusst, dass hierzu teils umfassende Forschungsinitiativen erforderlich sind, die partiell auch den Charakter von Grundlagenforschung haben müssen, etwa, wenn es um die Methoden zur bodenbiologischen Differenzierung von

DNA-Resten, Bodenbiota und Huminstoffen geht oder wenn geeignete Wirkungstests für die terrestrische Ökotoxikologie entwickelt werden müssen.

#### **4.7.3 Prionen**

Pflanzenkrankheiten, die aus dem Boden auf Kulturpflanzen übertragen werden, sind ein seit langem existierendes Problem des landwirtschaftlichen Pflanzenschutzes und beeinträchtigen in hohem Maße die Produktionsfunktion von Böden. Ihre Anwesenheit und zum Teil ihre Vermehrung in Böden erfordern den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, um die Beeinträchtigung der Bodenfunktion zu kompensieren.

Konventionelle Krankheitserreger für Tier und Mensch sind aufgrund der eingeführten hygienischen Regelungen im Hinblick auf den Pfad Boden zu Tieren bzw. Mensch kein gravierendes Problem, zumal sie nicht dauerhaft in infektiösen Konzentrationen in Böden vorkommen.

Unter Einsatz moderner molekularbiologischer Methoden hat sich aus einer Reihe von Hypothesen herauskristallisiert, dass Prionen die Erreger von TSEs (Transmissible Spongiform Encephalopathies) sind. BSE (Bovine Spongiform Encephalopathie) ist die Spezialform als Erkrankung bei Rindern. Prionen sind reine Proteine. Sie assoziieren sich an ein endogenes Gen (PrP encoding gene), ohne dass sie selbst DNA enthalten und vermehren sich auf diese Weise. Anders ist die Situation mit infektiösen, im Boden persistenten, erst in jüngerer Zeit bekannt gewordenen Biomolekülen, welche TSEs in vielen Tierarten, Schafen, Ziegen, Rindern, Haus- und Zootieren, aber auch wild lebenden Tieren hervorrufen. Obwohl durch sie verursachte Krankheiten, insbesondere Scrapie bei Schafen und Ziegen, seit Jahrzehnten bekannt sind und seit den 50er-Jahren Untersuchungen zur Ursache dieser Erkrankungen durchgeführt wurden, hat erst die BSE-Krise zu einer intensiven Bearbeitung der Thematik geführt. Prionen sind in Warmblütern und in Hefen nachgewiesen worden, also in Eiweißen einer Vielzahl von Organismen. Ihre physiologische Bedeutung ist noch Gegenstand von Spekulationen. Sie existieren in mindestens zwei ISO-Formen bzw. Konformationen, einer nicht-pathogenen natürlichen Form (PrP<sup>sen</sup>) und der entarteten letalen Form (PrP<sup>res</sup>). Bezüglich Krankheitsübertragung ist die Übertragung zwischen Spezies möglich, obwohl Barrieren bestehen. Die minimal infektiöse Dosis ist nur unter experimentellen Bedingungen für Labortiere bekannt. Infektionswege können vertikal auf Nachkommen und wesentlich durch orale Aufnahme der Erreger sein. Die Krankheitsentwicklung hat lange Inkubationszeiten, bei Schafen etwa zwei Jahre. Für die mit BSE in Zusammenhang gebrachte neue Variante der Creutzfeldt-Jakob-Erkrankung sind infektiöse Dosis und Inkubationszeit unbekannt. Scrapie kommt quasi weltweit vor, wobei es nicht sicher ist, dass selbst krankheitsresistente Zuchtlinien nicht doch Träger

der Erreger sind. Die BSE-Erkrankung von Rindern ist nicht auf das Vereinigte Königreich beschränkt (IRL, P, F, CH). Wenn in Deutschland bisher auch nur sechs klinische BSE-Fälle importierter Kühe aufgetreten sind, und die Tierhaltung BSE-frei ist, so ist das Ausbreitungsrisiko der BSE-Erreger aufgrund Import tierischer Materialien aus nicht-BSE-freien Ländern, und auch des Transports lebender Tiere nicht absolut Null.

Für den Bodenschutz relevant ist die Persistenz der lethalen Prionenform, die zu einer langfristigen Infektiösität von Böden führen kann. Anders als PrP-sen sind PrP-res nicht durch Proteasen im Stoffwechsel abbaubar, sie sind nicht quantitativ inaktivierbar durch Hitze (300°C, 1 h), pH-Veränderungen, Tenside, 1 M NaOH, 10 % Formaldehyd und andere üblicherweise Proteine denaturierende Einflüsse.

So wird angenommen, dass bei den technologisch optimalen Bedingungen der Tierkörperverwertung (133 °C, 3 bar, 20 Min.), wie sie in Deutschland eingeführt sind, die Infektiösität von PrP-res um mehrere Größenordnungen vermindert wird. Es ist sicher, dass der Abbau nicht quantitativ ist (SSC 1999). Wenn Infektiösität des Ausgangsmaterials nicht sicher auszuschließen ist, bedeutet die Verwendung der erhaltenen Produkte, z. B. auch als Dünger, eine Verbreitung der Infektionsträger. Dies ist umso ernster zu nehmen, als aufgrund der langjährigen Erfahrung mit Scrapie lange empirisch bekannt ist, dass die Scrapie-Erreger auf nicht benutzten Weiden drei Jahre oder länger infektiös bleiben können (VETERINÄRMEDIZINISCHE BERATUNG, BEISPIEL, L.D. BREEDEN 1990). Auch experimentell konnte nachgewiesen werden, dass die Infektiösität des Scrapie-Erregers nach drei Jahren im Boden noch vorhanden war (BROWN, P. und GAJDUSEK, D.C. 1991). Die Versickerung von Prionen, z. B. aus Deponien ist ebenfalls erkannt, und Maßnahmen zur Risikominimierung sind vorgeschlagen (SSC 1999). Es ist zu prüfen, wie die Persistenz der Infektiösität im Boden, zum Beispiel dem Boden unter Weidenutzung, einzuschätzen ist. Obwohl valide Versuche hierzu, die dem üblichen Standard von Versuchen zur Persistenz von Chemikalien Stand halten, nicht vorliegen, besteht hier nach Auffassung des Beirates ein erheblicher Grund zur Besorgnis. Zurzeit sind eine Reihe von im Wesentlichen immunologischen Methoden in Entwicklung und Validierung, die die geforderte ausreichende Empfindlichkeit aufweisen werden. Inwieweit PrP-res im Boden nur eine Gefährdung für die Infektion von Weidetieren darstellen, oder ob ein Transfer in andere Organismen, z. B. Bodenpilze oder Mikroorganismen mit potenziellen ökologischen Auswirkungen, möglich ist, wurde bisher nicht untersucht.

Zusätzlich zur Prionenproblematik, insbesondere dem kurzfristigen Entstehen des BSE-Erregers, bestehen zurzeit Fragen über das zusätzliche Aufkommen neuer gefährlicher Biomoleküle, Viren, Virinos u. a. Ob derar-

tige Moleküle bodenschutzrelevant sein werden, ist zwangsläufig heute nicht abzusehen.

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(65) Aufgrund der Erfahrungen mit der BSE-Krise, die mit Vorsorge vermeidbar gewesen wäre, empfiehlt der Beirat sicherzustellen, dass Einträge von TSE-Erregern auf Böden ausgeschlossen werden. Um die vorsorgenden Bodenschutzbelange bei dieser Thematik wahrzunehmen, empfiehlt der Beirat fernerhin, die Initiative für eine wissenschaftliche Veranstaltung zu ergreifen, in der die Fragen Persistenz von Proteinen (insbesondere von Prionen und DNA) in Böden, ihre Übertragung auf Bodenorganismen und die potenziellen Wirkungen auf die Bodenzönose diskutiert werden und eine Strategie für die Bearbeitung prioritärer Fragen entworfen wird. Flächen mit dem Verdacht auf Kontamination durch TSE-Erreger sollten unter Quarantäne gestellt werden bis Methoden zur Verfügung stehen, ihre Ungefährlichkeit zu bestätigen.

### **4.8 Fortentwicklung der Kriterien der „Guten fachlichen Praxis der Bodenbewirtschaftung“**

Etwa die Hälfte der Fläche Deutschlands wird landwirtschaftlich genutzt. Durch Einhaltung der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft wird auf dieser Fläche gemäß § 17 BBodSchG die Vorsorgepflicht erfüllt. Die bislang vorliegenden Anforderungen an die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft berücksichtigen insbesondere die ackerbauliche Bodennutzung, aber auch andere Formen der landwirtschaftlichen und nichtlandwirtschaftlichen Bodennutzung können schädliche Auswirkungen auf die Böden haben. Der Beirat greift in diesem Kapitel vorrangig die Fragen der Bodenbewirtschaftung auf. Er sieht gleichwohl, dass insbesondere die Nährstoffüberlastung der Böden und des Grundwassers und der Eintrag von Nährstoffen in sensible nährstoffarme Ökosysteme weitere Bedrohungen der Böden darstellen, die jedoch an dieser Stelle nicht behandelt werden, weil neue Erkenntnisse dem derzeitigen Sachstand kaum hinzugefügt werden könnten (vgl. z. B. SRU 1996).

#### **4.8.1 Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft**

Anforderungen an die gute fachliche Praxis, die vor allem im Bereich der Landwirtschaft (insbesondere im Ackerbau) Anwendung finden, wurden aufgrund verschiedener Gesetze durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten erarbeitet. Hierbei handelt es sich um die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (DüngeV, auf Grundlage des Düngemittelgesetzes), um die Grundsätze für die



Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz (auf Grundlage des Pflanzenschutzgesetzes) und um die Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung (Bundesanzeiger Nr. 73 vom 20.04.1999; auf Grundlage § 17 Bundes-Bodenschutzgesetz). Daneben liegen auch auf Ebene der Bundesländer, durch Beschluss der Agrarministerkonferenz, Grundsätze einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung vor, die u. a. auch Vorgaben für Grünland, Niedermoor oder Weidhaltung enthalten (ANONYM 1996).

Die Düngeverordnung gilt nur für die Anwendung von Düngemitteln auf landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Flächen. Mit ihr werden die Grundsätze der Düngemittelanwendung, im Besonderen auch der Anwendung von Wirtschaftsdüngern, und der Düngebedarfsermittlung sowie vorgeschriebene Nährstoffvergleiche geregelt. Wesentliche Anforderungen im Hinblick auf mögliche Beeinträchtigungen der Umwelt sind u. a. die an die Zeit und den Pflanzenbedarf angepasste Nährstoffausbringung, die weitgehende Vermeidung von Nährstoffverlusten und damit verbundener Einträge in Gewässer und eine Begrenzung der Ausbringungszeit von Wirtschaftsdüngern und der mit ihnen auszubringenden Stickstoff-Fracht (maximal 210 kg N/ha·a auf Grünland und 170 kg N/ha·a auf Ackerland). Im Hinblick auf die Zufuhr der Nährstoffe Phosphor und Kalium dürfen Wirtschaftsdünger bis zur Höhe des Phosphor- und Kaliumentzuges des Pflanzenbestandes auch auf Böden aufgebracht werden, die sehr hoch mit Kalium und Phosphor versorgt sind. Schadstoffe werden in der Verordnung nicht geregelt. Bei der Düngebedarfsermittlung sind, neben dem Nährstoffbedarf der Pflanzen, vor allem die Standort- und Anbaubedingungen, die erwarteten Erträge und Qualitäten, die während der Vegetationszeit zusätzlich pflanzenverfügbar werdenden Nährstoffmengen und die Nährstofffestlegung zu berücksichtigen.

Die Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz berücksichtigen die dem Standort und der Situation angepassten Möglichkeiten zur Schadensabwehr und schließen nur Methoden ein, die wirksam und bewährt und unter wirtschaftlichen Aspekten anwendbar sind. Nach PflSchG gehört zur guten fachlichen Praxis auch die Berücksichtigung der Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes und der Schutz des Grundwassers. Der hohe Anspruch des Konzeptes des integrierten Pflanzenschutzes hebt sich allerdings von den derzeitigen Anforderungen der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz ab (BML 1998).

Die gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz beinhaltet als allgemeine Grundsätze, dass u. a.:

- Pflanzenschutzmaßnahmen standort-, kultur- und situationsbezogen durchzuführen und die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das notwendige Maß zu beschränken sind,

- bewährte kulturtechnische und andere nichtchemische Maßnahmen zur Schadensminderung zu nutzen sind, sofern sie praktikabel und wirtschaftlich sind und
- der Befall durch geeignete Maßnahmen so zu reduzieren ist, dass kein wirtschaftlicher Schaden entsteht, wobei keine vollständige Vernichtung der Schadorganismen anzustreben ist.

Weiterhin beinhaltet sie Maßnahmen, die einem Befall durch Schadorganismen vorbeugen (Anbausysteme, Kulturarten und Fruchtfolgen, Bodenbearbeitung, Auswahl der Sorten und Herkünfte, Hygiene, Saat- und Pflanzzeiten, Kultur- und Pflegemaßnahmen sowie Nährstoffversorgung), Grundsätze für die Einschätzung und Bewertung des Schadens sowie für die Auswahl der Abwehr- und Bekämpfungsmaßnahmen, Grundsätze für die sachgerechte Anwendung nichtchemischer Pflanzenschutzmaßnahmen (Umgang mit Nützlingen, Beratung zu nichtchemischen Verfahren) sowie Grundsätze für die bestimmungs- und sachgerechte Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, für den bestimmungsmäßigen und sachgerechten Einsatz von Pflanzenschutzgeräten, für das Lagern, die Entsorgung und den sonstigen Umgang mit Pflanzenschutzmitteln und für die Erfolgskontrolle und Dokumentation von Pflanzenschutzmaßnahmen.

Die Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung beruhen auf den Vorgaben von § 17 BBodSchG und dienen der nachhaltigen Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürlicher Ressource. Nach § 17 BBodSchG gehören zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis insbesondere, dass

1. die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung grundsätzlich standortangepasst zu erfolgen hat,
2. die Bodenstruktur erhalten oder verbessert wird,
3. Bodenverdichtungen, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks so weit wie möglich vermieden werden,
4. Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung möglichst vermieden werden,
5. die naturbetonten Strukturelemente der Feldflur, insbesondere Hecken, Feldgehölze, Feldraine und Ackerterrassen, die zum Schutz des Bodens notwendig sind, erhalten werden,
6. die biologische Aktivität des Bodens durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung erhalten oder gefördert werden und

7. der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität erhalten wird.

Die hierzu ausgeführten Konkretisierungen des BML stellen ein Grundlagengerüst dar und sollen Landwirtschaft, Gartenbau und Beratung zu einem praxisrelevanten Bodenschutz motivieren, bei dem die spezifische Situation auf dem Feld erkannt und berücksichtigt werden muss und der auf Grundlage des wissenschaftlichen Fortschritts weiterzuentwickeln ist. Dabei sollen die Grundsätze und Handlungsempfehlungen standortangepasst, wissenschaftlich abgesichert und aufgrund praktischer Erfahrungen geeignet, durchführbar, als notwendig anerkannt und wirtschaftlich tragbar sein (BML 1999). Die ENQUETE-KOMMISSION (1994b) und der SRU (1996b) halten die bisherigen Vorgaben allerdings für unzureichend, um eine nachhaltige Bodenbewirtschaftung durchzuführen und schlagen verschiedene, teils restriktive Maßnahmen zum Schutz der Böden vor. Hierbei handelt es sich um Bewirtschaftungsauflagen, Pflichten zur Bodenbearbeitung, Anbaubeschränkungen, Nutzungsbeschränkungen und Rücknahme bestimmter Maßnahmen der Flurbereinigung. Der Stand des Wissens, insbesondere in Hinsicht auf die durch Bodenbearbeitung stattfindenden Einwirkungen auf Böden (Erosion, Schadverdichtung, biologische Aktivität, Nährstoffaustrag) sowie hiervon abgeleitete Schlussfolgerungen zur guten fachlichen Praxis, liegt in aktueller Form vor (KTBL 1998).

Übergreifend lässt sich feststellen, dass die bisherigen Anforderungen an die gute fachliche Praxis auf eine standort- und situationsbezogene Bewertung abzielen, in der insbesondere auch die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen ein wichtiges Kriterium darstellt, in der Aspekte des Bodenschutzes aber noch nicht hinreichend konkret berücksichtigt werden.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(66) Um die positiven Ansätze der „Regeln der guten fachlichen Praxis“ der Bodenbewirtschaftung zu stärken und weiter zu entwickeln, regt der Beirat eine Konkretisierung dieser Regeln an. In diesem Rahmen sollten auch fallbezogene Positiv- und Negativbeispiele zusammengetragen werden.

(67) Als Beispiele für bereits als wichtig erkannte Themen hinsichtlich der Konkretisierung bestehender bzw. der Erarbeitung weiterer Anforderungen an die landwirtschaftliche Bodennutzung sieht der Beirat die Untersuchungen zum optimalen Gehalt an organischer Bodensubstanz und die Berücksichtigung von Schadstoffeinträgen durch die landwirtschaftliche Bodennutzung. Als weitere aktuelle Themen sind der Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen und Anforderungen an den Anbau nachwachsender Rohstoffe zu nennen. An-

sätze für Beurteilungskriterien und Messparameter wichtiger Problembereiche im nicht-stofflichen Bodenschutz (Wasser- und Winderosion, Schadverdichtungen, Minderung der biologischen Aktivität) liegen bereits vor (FRIELINGHAUS et al. 1997). Diese Ansätze sind in verbindlichen Regeln praxisgerecht umzusetzen.

(68) Weiterhin regt der Beirat an, die nach anderen Rechtsvorschriften bestehenden Anforderungen an die gute fachliche Praxis kritisch zu überprüfen. So ist gemäß Düngeverordnung erlaubt, dass Wirtschaftsdünger bis in Höhe des Phosphat- oder Kaliumentzuges des Pflanzenbestandes auch auf Böden aufgebracht werden, die sehr hoch mit Phosphat oder Kalium versorgt sind, wenn schädliche Auswirkungen auf Gewässer nicht zu erwarten sind. Diese Ausnahmeregelung für Wirtschaftsdünger ist fachlich nicht nachzuvollziehen, da bei den allgemein anerkannten Nährstoffgehaltsklassen üblicherweise bereits eine reduzierte und bei sehr hohen Nährstoffgehalten gar eine Unterlassung der Düngung empfohlen wird. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus Untersuchungen zur Bewertung der Auswirkungen von z. B. hohen Nährstoffgehalten auf die Lebensraumfunktion von Böden ist eine Überarbeitung dieser Sonderregelung für Wirtschaftsdünger wünschenswert. Zudem liegen auch für Phosphor und Kalium Erkenntnisse vor (RÖMER 1999; WALTHER 1999b), dass erhöhte Einträge dieser Nährstoffe das Adsorptionsvermögen der Böden überschreiten können, was zu einer Tiefenverlagerung und zu Einträgen ins Grundwasser führen kann. Die Folgen sind derzeit nicht absehbar.

(69) Zur Unterstützung der landwirtschaftlichen Beratungsstellen und zur Sicherstellung eines vorsorgenden Bodenschutzes erscheint es dem Beirat notwendig, die aus den Blickwinkeln der jeweiligen Rechtsbereiche erstellten Anforderungen an die gute fachliche Praxis, auf gegenläufige Regelungen zu überprüfen. Als Beispiel sei hier die „konservierende Bodenbearbeitung mit Mulchsaat“ zur Vermeidung von Bodenerosion genannt, die oftmals einen erhöhten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bedeutet. Hier sind anhand ausgewählter, typischer Szenarien Handlungs- bzw. Beratungskonzepte zu erarbeiten, die eine weitgehende Minimierung von negativen Einwirkungen auf die Bodenfunktionen gewährleisten.

(70) Nicht zuletzt ist die Umsetzung der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung auch von der Agrarpolitik und dem Konsumverhalten abhängig. Die Maßnahmen der „Agenda 2000“ der EU-Kommission, insbesondere die Reduzierung der Interventions- bzw. Stützpreise für Getreide, Rindfleisch und Milch bei gleichzeitiger Erhöhung von Flächen- bzw. Tierprämien (Erhöhung des produktionsunabhängigen Einkommens), stellen aus Sicht des Beirates erste positive Ansätze dar. Insbesondere im Rahmen der „Politik zur Entwicklung des ländlichen Raumes“ wären auch vonseiten des Bodenschutzes Vorschläge für

Förderkriterien zu erarbeiten, die sich an messbaren Umweltleistungen orientieren sollten. Denkbar wären z. B. regional unterschiedliche Prämien für an den jeweiligen Standort besonders angepasste und damit bodenschonend zu bewirtschaftende Kulturen. Bodenschutz-Kriterien sollten erarbeitet werden, die als Grundlage für eine zukünftige, flächenbezogene Agrarmarktpolitik herangezogen werden können. Konkrete Umsetzungsmöglichkeiten sind allerdings auch schon jetzt gegeben, wenn der politisch-administrative Wille besteht, Bodenschutz-Aspekte in die heute gegebenen Förderstrukturen zum Beispiel der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur“ einzubringen und Finanzmittel, die derzeit z. B. für Kulturlandmaßnahmen, den landwirtschaftlichen Wegebau oder die wasserwirtschaftlichen Baumaßnahmen zur Verfügung stehen, heranzuziehen.

(71) In diesem Zusammenhang sieht der Beirat Prämien für Flächenstilllegungen als kritisch an, da es durch die Stilllegung zu einer verstärkten Nährstofffreisetzung und nachfolgender Verlagerung in Richtung Grundwasser kommen kann. Zum anderen ist davon auszugehen, dass es auf den nicht stillgelegten Flächen teilweise zu einer weiteren Intensivierung des Anbaus kommt. Weitere Auswirkungen sind im Sondergutachten „Konzepte zur dauerhaft-umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume“ beschrieben (SRU 1996b). Der Beirat folgt der Ansicht der ENQUETE-KOMMISSION (1994b), dass eine flächendeckende Extensivierung für eine umweltverträgliche Landwirtschaft notwendig wäre. Er regt daher an, zu überprüfen, inwieweit das Instrument der Stilllegungsprämien durch Extensivierungsprämien ersetzt werden kann.

#### **4.8.2 Vorsorge-Anforderungen an weitere Bodenbewirtschaftungen**

Die für die landwirtschaftliche Bodenbewirtschaftung dargestellten Grundsätze der guten fachlichen Praxis beziehen sich in der Regel auf „normale“ ackerbauliche Nutzung (Feldfrüchte, Feldfutter), z. T. auch auf Gartenbau oder Grünland. Ein vorsorgender Bodenschutz sollte jedoch alle Bodenbewirtschaftungen berücksichtigen, da grundsätzlich von jeder Form der Bodennutzung Auswirkungen auf die Bodenfunktionen zu erwarten sind.

Der Bundesverband Deutscher Gartenfreunde e.V. hat sich des Themas „Boden und Kleingarten“ angenommen und eine Serie von Merkblättern zum Bodenschutz in der kleingärtnerischen Praxis erstellt, die sowohl über die gesetzlichen Anforderungen informiert als auch konkrete Hinweise etwa zur Probennahme gibt (BDG o. D. (1999)).

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

(72) Der Beirat schlägt vor, auch für andere relevante Bodennutzungen (Sonderkulturen, Erwerbsgartenbau,

Kleingärten) Grundsätze für die gute fachliche Praxis zu erarbeiten. Hierfür sind vonseiten des Bodenschutzes für die als relevant identifizierten Nutzungen Anforderungen aus Sicht der Vorsorge abzuleiten.

(73) Als relevante Nutzung im Bereich der Landwirtschaft sieht der Beirat die Tierzucht, insbesondere die Intensiv-Tierhaltung an. Regional kann es, je nach Haltungssystem (Freiland oder Stall) und Tierart, zu erheblichen Einwirkungen auf die Böden kommen. Problematisch wird hier der teilweise sehr hohe Anfall von Wirtschaftsdünger sowie der Einsatz von Tier-Arzneimitteln, pharmakologisch wirksamen Futtermittelzusätzen sowie Desinfektions- und Reinigungsmitteln gesehen. Für einen vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz sowie für eine Reduzierung anderer Umweltschäden hält der Beirat es u. a. für notwendig, die Bestände in der Tierproduktion streng an die Flächen zu binden. Er unterstützt damit die Forderung der ENQUETE-KOMMISSION (1994b), die diese Maßnahme in Verbindung mit einer Zurückdrängung der Güllewirtschaft als eine wesentliche Maßnahme zur Reduzierung klimarelevanter Emissionen ansieht.

(74) Auch für Flächenstilllegung, Extensivierung oder Nutzungsänderung sind Anforderungen eines vorsorgenden Bodenschutzes, teilweise auch des Gewässerschutzes, wünschenswert, da es, je nach Ausgangssituation, zu erheblicher Nährstofffreisetzung und Verlagerung in Richtung Grundwasser oder auch zu Bodenerosion kommen kann.

(75) Mit einem Anteil von etwa 30 % an der Gesamtfläche Deutschlands stellt die Wald- und Forstwirtschaft ebenfalls eine relevante Bodennutzung dar. Dabei unterscheidet sich die Forstwirtschaft im Hinblick auf Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz deutlich von der landwirtschaftlichen Bodennutzung (Ackerbau). Bei Holzernte, Neuanpflanzung oder Pflege der Bestände kann es aber auch hier zu Einwirkungen auf die Bodenfunktionen kommen. Die möglichen Einwirkungen sind nach Ansicht des Beirates zu identifizieren und zu bewerten, um nachfolgend Vorsorgeanforderungen an eine „gute fachliche Praxis der forstwirtschaftlichen Bodennutzung“ stellen zu können, die im Sinne von § 1 Bundeswaldgesetz auch dem Erhalt und der nachhaltigen Nutzung des Waldes dient.

#### **4.9 Vorsorgender Schutz der Archivfunktion und des Bodens als Naturgut**

Alle Böden haben eine charakteristische Gestalt, die im Bodenprofil an einer vertikalen Folge von Bodenhorizonten erkennbar ist. Die aktuelle Ausprägung eines Bodens ist das Ergebnis einer meist Jahrhunderte bis Jahrtausende andauernden Bodenentwicklung, in deren Verlauf unter dem steuernden Einfluss der Faktoren der Bodenbildung das Ausgangsgestein durch Prozesse der

Bodenbildung verändert wurde. Da die Konstellation der Faktoren der Bodenbildung (Ausgangsgestein, Klima, Organismen und wirtschaftender Mensch) kleinräumig variiert, ist die feste Erdoberfläche von einem Muster von Böden mit regionalspezifischer Eigenart bedeckt.

Ein genereller vorsorgender Schutz der Eigenart von Böden ist wegen der konkurrierenden Nutzungsansprüche nicht sinnvoll und daher konsequenterweise weder im BBodSchG noch im BNatSchG vorgesehen. Der Schutz der Eigenart von Böden ist jedoch unter speziellen Teilaspekten direkt oder indirekt in beiden Gesetzen von Bedeutung. Direkt angesprochen wird der Schutz der Eigenart von Böden in § 1 BBodSchG, nach dem eine Beeinträchtigung „seiner Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte so weit wie möglich vermieden“ werden soll. Indirekt ergibt sich der Schutz der Eigenart von Böden aus dem Schutzauftrag der Funktion „Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen“, weil die Vielfalt der Böden ein wesentlicher Faktor der Biodiversität ist. Nach BNatSchG sind Natur und Landschaft so zu schützen, dass u. a. die Vielfalt, Eigenart und Schönheit nachhaltig gesichert wird (§§ 1 ff.). Als Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege werden u. a. der Erhalt des Bodens sowie der Erhalt von historischen Kulturlandschaften und -landschaftsteilen von besonders charakteristischer Eigenart (einschließlich der Umgebung von Bodendenkmälern) genannt. Eingriffe in Natur und Landschaft sind unter bestimmten Voraussetzungen auszugleichen, sofern sie nicht zu vermeiden sind (naturschutzrechtliche Eingriffsregelung), und Teile von Natur und Landschaft können zu besonderen Schutzgebieten erklärt werden.

Der Schutz der Eigenart von Böden ist daher für die Archivfunktion und den Erhalt einer vielfältigen Natur und Landschaft von Bedeutung.

Der Aufbau und die Eigenschaften von Böden geben vielfältige Auskunft über die natürliche Entstehungsgeschichte und die anthropogenen Überprägungen eines Gebietes. Sie werden so zum Archiv der Natur- und Kulturgeschichte. Ihr Schutz umfasst mehrere Aspekte:

- Aufbau eines Archivs charakteristischer Böden der Bodenlandschaften Deutschlands; Dokumentation und Schutz von Referenzflächen

Ein wesentlicher Baustein zur Nutzung von Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte ist die Dokumentation der charakteristischen Böden einer Region. Unter charakteristischen Böden sind hier die typischen Böden der Bodengesellschaften eines größeren Landschaftsausschnittes, einschließlich ihrer anthropogenen Veränderungen durch die regional typische Nutzung (z. B. Land- und Forstwirtschaft) gemeint. Die Dokumentation dient gleichzeitig als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte einer Region und stellt einen Referenzzustand des aktuellen Bodenzustandes dar.

Um ein regionales Archiv der Böden aufzubauen, müssen Beispiele für die charakteristischen Bodenformen der regionalen Bodeneinheiten ausgewählt und detailliert untersucht werden. Um die Funktion der Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte zu erhalten, sollen die ausgewählten in einer konkret definierten Referenzfläche geschützt werden, ohne die regional typische Nutzung einzuschränken. Dabei ist die charakteristische Ausprägung der Böden ggf. durch geeignete Pflegemaßnahmen (z. B. Bearbeitung, Humuswirtschaft) zu erhalten. Unter Umständen müssen Maßnahmen ergriffen werden, um eine charakteristische Bodenform wiederherzustellen (z. B. Rücknahme einer Dränung).

Um repräsentative Beispiele charakteristischer Böden auswählen zu können, ist eine Typisierung der Böden erforderlich. Für die Zwecke der Archivfunktion stellt die Bodenform (eine hierarchisch gegliederte Kombination aus pedogenen und lithogenen Merkmalen, AG BODEN 1994), eine geeignete Betrachtungsebene dar. Regional müssen die Böden von Gebieten zusammengefasst werden, in denen Gemeinsamkeiten von Ausgangsgestein, Relief und Klima ein typisches Muster der Bodenformen ergeben.

Für die Umsetzung dieses Zieles gibt es umfangreiche, wenngleich keine flächendeckenden Vorarbeiten. Die bodenkundlichen Abteilungen der geologischen Landesämter haben Kartierungen in geeigneten Maßstäben durchgeführt sowie Referenzprofile ausgewählt und untersucht, die z. T. als Basis für die hier vorgeschlagenen Referenzstandorte dienen können. Die Definition von geeigneten regionalen Bezugseinheiten ist Ziel der Weiterentwicklung der Bodenübersichtskarte 1 : 1 000 000 der Bundesrepublik Deutschland. Möglicherweise kann auch ein Teil der Bodendauerbeobachtungsflächen Verwendung finden.

- Schutz der Archivfunktion naturnaher Böden

Naturnahe Böden sind durch Nutzung wenig oder nicht verändert. Unter dem Aspekt der Archivfunktion repräsentieren sie den Verlauf der Bodenentwicklung, wie sie weitgehend ohne Einfluss des Menschen verläuft und stellen einerseits eine besonders reine Form des „Archivs der Naturgeschichte“ dar und bilden andererseits eine Referenz für die Einwirkung des Menschen auf die Bodenmerkmale.

Derzeit werden mehrere Methoden zur Erfassung und Bewertung der Naturnähe diskutiert (BVB 1999; GRÖNGRÖFT et al. 1999). Beispiele zur Ausweisung von Flächen mit weitgehend naturnahen Bodenpotentialen geben SCHRAPS und SCHREY 1997 und KNEIB in KOMMUNALVERBAND RUHRGEBIET 1997).

- Schutz der Archivfunktion seltener Böden

Seltene Böden können entweder durch eine ungewöhnliche Kombination bodenbildender Faktoren bedingt sein oder Reste von fossilen bzw. reliktschen Böden darstellen. Beide Formen sind Archive der Natur- bzw. Kulturgeschichte. Ihre Verbreitung ist so gering, daß sie flächenhaft geschützt werden sollen. Problematisch bleibt die Bezugsgröße zur Festlegung der Seltenheit. Eine Bodenform kann gleichzeitig bezogen auf eine regionale Bodengesellschaft einen erheblichen Flächenanteil einer Bodengesellschaft einnehmen und bezogen auf eine größere Einheit (z. B. Deutschland) sehr selten sein. Erschwert wird die Beurteilung durch das Fehlen einer flächendeckenden und methodisch einheitlichen Bodenkartierung auf mittelmaßstäbiger Ebene (BOSCH 1994). Ansatzpunkte für eine Bewertung seltener Böden sind der Entwurf einer „Roten Liste“ seltener Böden von BOSCH (1994b) für die Gesamtfläche Deutschlands und die Vorschläge von SCHRAPS und SCHREY 1997; KNEIB im KOMMUNAL-VERBAND RUHRGEBIET 1997; MIEHLICH et al. 1997 und HAPPE et al. 1999.

- Schutz der Archivfunktion im Bereich archäologische Fundstätten

Die Böden im Umfeld archäologischer Fundstätten stellen in mehrfacher Hinsicht Archive der Kulturgeschichte dar. Im unmittelbaren Bereich der Fundstätten geben die Eingriffe in den Bodenaufbau Informationen z. B. über die Bauweise der Gebäude oder auf Formen der Bodenbewirtschaftung. Ggf. können Böden, die sich oberhalb der Fundlagen gebildet haben, Hinweise für die Datierung geben. Aus den unzerstörten Böden des nahen Umfeldes der Fundstätten können Erkenntnisse über die bevorzugte Lage von Siedlungen und die Lebensumstände zurzeit der historischen oder prähistorischen Eingriffe gewonnen werden. Der hier vorgestellte Ansatz geht über den derzeit im Rahmen der Bodendenkmalspflege vorgesehenen Schutz von Böden deutlich hinaus.

- Schutz der Archivfunktion anthropogen stark überprägter Böden

Historische Formen der Landnutzung bewirken teilweise eine solch starke anthropogene Veränderung des Bodens, dass sie bodensystematisch in getrennten Klassen zusammengefasst werden (z. B. terrestrische anthropogene Böden, AG BODEN 1994). Beispiele sind Plaggenesche, Hortisole oder Rigosole. Sie stellen heute wichtige Archive der Landeskultur dar. Regionalspezifische Formen sollten daher an Referenzstandorten geschützt werden. Auch die anthropogen stark überformten Böden der besiedelten Bereiche sind Archive der Kulturgeschichte, für deren Schutz Kriterien entwickelt werden sollten.

- Vorsorgender Schutz des Bodens als Grundlage einer vielfältigen Natur und Landschaft

Die natürliche Bodenentwicklung hat ein meist kleinräumlich wechselndes Mosaik unterschiedlicher Böden geschaffen, dessen Merkmalsvielfalt, die Bodendiversität, eine wesentliche Grundlage für die Ausbildung vielfältiger Tier- und Pflanzengemeinschaften ist. Regionale Unterschiede natürlicher Böden tragen zur charakteristischen Ausprägung unterschiedlicher Landschaften bei. Menschliche Aktivitäten neigen dazu, die natürliche Bodenvielfalt einzuschränken. Bei der Anlage von Siedlungen und Verkehrsflächen werden Böden zum Beispiel durch Versiegelung meist so stark gestört, dass sie die oben geschilderten Funktionen auf großen Flächenanteilen nicht mehr erfüllen können. Darüber hinaus haben neu in Siedlungen angelegte Böden (häufig Mutterboden über technogenen oder natürlichen Substraten) meist eine sehr geringe Bodendiversität. Aber auch im landwirtschaftlich genutzten Bereich hat die Bodenvielfalt in den vergangenen Jahrzehnten dramatisch abgenommen. Ursachen sind die Vergrößerung der Schläge und der Einbezug bislang ungenutzter Bereiche in die Schläge, die Krumenvertiefung, eine großflächig einheitliche Düngung und Maßnahmen zur Regulierung des Wasserhaushaltes, durch die aus einer vielfältigen Bodenlandschaft großflächig Böden mit weitgehend einheitlichen Eigenschaften werden.

Der Verlust an Bodenvielfalt hat erheblichen Einfluss auf den Rückgang der Biodiversität einer Landschaft. Da die natürlichen Eigenschaften der Böden nicht oder nur unvollkommen wiederherstellbar sind, ist der Verlust an Bodendiversität weitgehend irreversibel. Umso dringlicher ist der Schutz verbleibender Reste seltener und naturnaher Böden in Siedlungen und landwirtschaftlich genutzten Gebieten (NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM 1996; ENQUETE-KOMMISSION 1997).

Entscheidend für den Erhalt der Bodendiversität und damit für die Biodiversität ist die Reduzierung der Nutzung von Böden als Siedlungsfläche. Im Rahmen von Überlegungen zur Strategie einer nachhaltigen umweltgerechten Entwicklung hat der BMU das Umweltziel vorgeschlagen, die Umwidmungsrate von derzeit 120 ha pro Tag langfristig auf ca. 30 ha/Tag zu reduzieren. Ansätze zur Umsetzung dieses Zieles sind noch nicht zu erkennen.

### Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge

(76) Der Beirat empfiehlt die hier vorgeschlagene Dokumentation charakteristischer Böden und den Schutz ausgewählter Referenzflächen als Kriterium zur Beschreibung der Archivfunktion von Böden aufzunehmen und einheitliche Kriterien zur Bewertung und zum Schutz von Böden als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte zu entwickeln.

(77) Der Beirat hält die erheblichen Möglichkeiten, die das Naturschutzrecht und die Landschaftsplanung für eine aktive Vorsorgestrategie zum Schutz des Bodens bieten, für noch lange nicht ausgeschöpft. Vielmehr ist es notwendig, dass den Böden als wichtiger Bestandteil von Natur und Landschaft im Rahmen der Boden-Vorsorge zukünftig mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird. Als Grundlage für dieses Schutzziel ist zunächst die Erarbeitung einheitlicher Bewertungskriterien notwendig. Auch sollten Anstrengungen unternommen werden, damit das Naturgut Boden im Rahmen von Planungs- und Zulassungsverfahren sowie bei der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung und der Ausweisung von Schutzgebieten in stärkerem Maße als bisher berücksichtigt wird. Der Beirat regt an, gemeinsam mit den Naturschutzbehörden der Länder einen Positivkatalog von Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen zu erstellen, die für die Boden-Vorsorge vorbildlich sind. Der Beirat unterstützt nachdrücklich das Umweltziel einer Reduzierung der Flächeninanspruchnahme auf ca. 30 ha/Tag. Er empfiehlt, ein Handlungskonzept zu entwickeln, das Elemente der Raumplanung, der steuerlichen und finanzwirtschaftlichen Instrumente, der bodenbezogenen Schutzziele zur Biodiversität und zur Archivfunktion aufgreift und entwickelt.

#### 4.10 Einwirkungen durch Verkehr

Durch die Beschlüsse der Europäischen Union aus dem Jahre 1998 zur Reduzierung der Abgas-Grenzwerte für PKW und LKW sowie der Festlegung von Anforderung an Benzin- und Dieselmotoren sollen weitreichende Minderungen in den Schadstoffbelastungen in den nächsten Jahren erreicht werden. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Gesamt-Emission des Verkehrs insgesamt in der zunächst erwarteten Weise vermindert wird, denn eine Erhöhung der Effizienz der Motoren allein bringt nicht den gewünschten Erfolg der Umweltentlastung. So sind die Stickstoff-Emissionen in der Vergangenheit stärker als die Verkehrsentwicklung insgesamt gestiegen. Trotz der Effizienzsteigerung (die Emissionen an Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen sinken) sind die Stickstoffemissionen wegen der höheren Verbrenungsdrücke und -temperaturen gestiegen. Positiv auf die Stickstoff-Emissionen wirken sich vor allem Tempobegrenzungen und eine angepasste Fahrweise im PKW-Verkehr aus. Hiervon sind einige Teile des Verkehrs, wie z. B. der Flugverkehr, naturgemäß ausgenommen (vgl. UBA 1998).

Neben der Schadstoffgruppe der flüchtigen Kohlenwasserstoffe (VOC, volatil organic compounds) aus Verkehrsabgasen spielen als verkehrsbedingte Schadstoffeinträge auch Platin und Platingruppenelemente eine Rolle. Je nach Art des Katalysators können aus Katalysatoren mit Platinmetallen variable Mengen von Platingruppenelementen ausgestoßen werden. Die Freisetzung, insbesondere von Platin, erfolgt aufgrund der

mechanischen und thermischen Beanspruchung beim Betrieb von Katalysatoren. Die Emissionsrate wird nach Aussage von (in der Mehrzahl älteren) Literaturstellen mit 1-2 µg Pt/ km angegeben. Davon gehen ca. 10% in Lösung, der Rest der emittierten Platingruppenelemente wird vermutlich an das Trägerelement gebunden und in unmittelbarer Nähe der Fahrbahn deponiert. (UBA 1998; BÄRTSCH und SCHLATTER 1988; ROSNER und HERTEL 1986). Auch andere Emittenten, wie Treibstoffinhaltsstoffe, Abrieb von Reifen und Straßenbelägen müssen berücksichtigt werden (ALT et al. 1993). Neben Platin wird auch Palladium aus Katalysatoren in nicht unerheblichen Umfang emittiert.

Die Schadstoffgehalte von Böden in der Nähe der Verkehrsflächen nehmen mit zunehmender Entfernung zur Fahrbahn ab. In straßennahen Böden kommt es in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen (Menge, Zeit) zu relativ hohen Schadstoffgehalten; dies ist ausführlich bei UNGER und PRINZ (1997) beschrieben. Das Bankett (der direkt begleitende Bereich der Fahrbahn) wird in regelmäßigen Abständen im Rahmen von Straßenunterhaltungsmaßnahmen „geschält“. Dabei fällt schadstoffhaltiges Bodenmaterial an; teils liegen hohe Schadstoffgehalte vor (GALLENKEMPER, BECKER, FRITSCH 1993).

Der Großteil der Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen, vorwiegend mit Mineralölprodukten, tritt bei dem Transport auf. Die Gefahr, die für Boden und Wasser von diesen Unfällen ausgeht, wird auf der Grundlage von anerkannten Verfahren der Gefährdungsabschätzung durch Einstufung der Stoffe in Wassergefährdungsklassen (UBA 1996) bestimmt. Der Zweck der Einstufung ist die Festlegung abgestufter Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gemäß § 19g WHG. Die Wassergefährdungsklassen werden nach einem Verfahren zur Bewertung der Säugetiertoxizität, der aquatischen Toxizität sowie von Abbau, Kanzerogenität und Mutagenität bestimmt. Die natürlichen Bodenfunktionen werden dabei nur indirekt und teilweise mit erfasst. Eine Überprüfung der als wassergefährdend eingestuften Stoffe hinsichtlich ihres Gefährdungspotenzials für die Bodenfunktionen ist noch nicht abgeschlossen; allerdings weisen wesentliche Teilergebnisse bereits den Bedarf auf, für bestimmte Stoffe bodenspezifische Untersuchungen zu den möglichen Wirkungen auf die terrestrische Ökotoxizität durchzuführen (STÜTZER et al. 1998).

Von Gleisanlagen gehen neben unfallbedingten Belastungen auch Gefahren aus dem Betrieb und der Unterhaltung der Gleisanlagen für den Boden aus. Zur Bewuchshemmung werden auf den Schienentrassen Pflanzenschutzmittel gesprüht, die mit dem Niederschlagswasser in den Boden verlagert, im Feinbodenmaterial akkumulieren und in das Grundwasser eingetragen werden können. Der Schadstoffgehalt im Feinboden erschwert auch die Wiederverwendung von Gleisschotter.

Untersuchungen des Grundwassers haben eine Belastung mit Trichloressigsäure (TCA) und anderen organischen Stoffen ergeben, die auf Einträge aus der Atmosphäre zurückgeführt werden (SCHLEYER 1996). Der Verkehr ist als Quelle dieser Stoffe nicht auszuschließen. Im Boden und in der Bodenpassage unterlagen die Verbindungen den Umwandlungsprozessen mit entsprechender Metabolitenbildung. Die daraus resultierenden Folgen für die Lebensraumfunktion des Bodens sind noch nicht geklärt.

Für die Feststellung der Verkehrswegeprojekte des Bundesverkehrswegeplans gibt es bislang keine ausreichende Systematik, die den Bedarf an Bodenflächen und die Boden-Einwirkungen beschreibt. Woraus sich die Notwendigkeit und Eignung der Projektvorschläge ableitet, wird bei der Anmeldung nicht dargelegt. Dieser Mangel an Transparenz wird sowohl vom Umweltressort als auch vom Wissenschaftlichen Beirat beim Bundesminister für Verkehr seit langem kritisiert und sollte durch eine Schwachstellenanalyse zur Identifizierung geeigneter Projekte behoben werden. Ein solcher Vorschlag wurde vom Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe im Rahmen eines Vorhabens des Umweltbundesamtes gemacht (UBA 1998). Aus Sicht des Bodenschutzes ist eine Reduzierung der Verkehrsfläche nicht nur hinsichtlich der von dem Verkehr ausgehenden Schadstoffbelastungen von Interesse. Eine grundsätzliche Verringerung der Versiegelung durch Verkehrswege ist zu befürworten. Zum einen wirkt sich die Verringerung der versickerungsfähigen Fläche negativ auf den Wasserhaushalt aus. Zum anderen spielt die Qualität der zu versiegelnden Böden in der Planung der Verkehrswege nur eine untergeordnete Rolle. So werden für Verkehrsflächen oder als Ausgleichs- und Ersatzmaßnahme häufig landwirtschaftlich wertvolle Böden versiegelt.

#### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

**(78)** Der Beirat hält eine Reduzierung der Versiegelung durch Verkehrswege für erforderlich.

Er räumt ein, dass technische Verbesserungen an den Kraftfahrzeugen spezifisch eine Reduktion der Schadstoffemissionen erbracht haben; die ständige Steigerung der Anzahl der Fahrzeuge hebt die vorteilhafte Entwicklung teilweise wieder auf. Neuartige Antriebe z. B. die Brennstoffzelle könnten hier auch im Blick auf die Deposition von Immissionen aus dem Verkehr von Vorteil sein.

#### **4.11 Boden in der Umweltverträglichkeitsprüfung**

Nach Maßgabe des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) ist für eine wirksame Umweltvorsorge sicherzustellen, dass bei bestimmten, im

Gesetz aufgeführten Vorhaben u. a. die Auswirkungen auf die Umwelt nach einheitlichen Grundsätzen frühzeitig und umfassend ermittelt, beschrieben und bewertet werden. Dabei sind Auswirkungen des Vorhabens auf Menschen, Tiere und Pflanzen, Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft, einschließlich der jeweiligen Wechselwirkungen sowie Kultur- und sonstige Sachgüter zu berücksichtigen. Zu den Unterlagen, die der Träger des Vorhabens zur Prüfung über die Umweltverträglichkeit vorzulegen hat, gehören zumindest

- die Beschreibung von Standort, Art und Umfang des Vorhabens sowie Bedarf an Grund und Boden,
- die Beschreibung von Art und Menge der zu erwartenden Emissionen und Abfälle,
- die Beschreibung von Maßnahmen, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen der Umwelt vermieden, vermindert oder, soweit möglich, ausgeglichen werden, sowie den Maßnahmen, mit denen nicht ausgleichbaren Eingriffen in Natur und Landschaft ersetzt werden (Ersatzmaßnahmen),
- die Beschreibung der zu erwartenden erheblichen Auswirkungen des Vorhabens auf die Umwelt.

Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPVwV) beinhaltet u. a. Vorschriften zu den im UVPG aufgeführten Vorhaben sowie Vorgaben zur Ermittlung, Beschreibung, zusammenfassenden Darstellung und Bewertung der Umweltauswirkungen. Demnach ist der Bewertung von Auswirkungen auf die stoffliche Bodenbeschaffenheit zu Grunde zu legen, dass der Boden in seinen natürlichen Funktionen und seinen Nutzungsfunktionen in seiner Leistungsfähigkeit erhalten werden soll. Hierzu wird zunächst festgelegt, dass für bestimmte Stoffe eine durch das Vorhaben verursachte prognostizierte Zusatzbelastung unbeachtlich ist, wenn

- diese kleiner als 2 % der in einer Tabelle aufgeführten Werte ist, bezogen auf eine Bodentiefe von 30 cm, oder
- durch Sanierungsmaßnahmen und/oder natürlichen Abbau die Vorbelastung innerhalb eines angemessenen Zeitraumes im Umfang der Zusatzbelastung vermindert wird.

Erst nach Überschreitung der unbeachtlichen Zusatzbelastung sowie bei bestehenden Anhaltspunkten für eine nachhaltige Veränderung der Bodenfunktionen durch das Vorhaben ist der Gehalt der in der UVPVwV aufgeführten Stoffe im Boden zu ermitteln. Aufgrund weiterer Festlegungen ist festzustellen, ob davon ausgegangen werden kann, dass die natürlichen Bodenfunktionen nicht beeinträchtigt sind oder ob dies im Einzelfall zu prüfen ist. Ergibt sich eine nachhaltige Beeinträchtigung

der natürlichen Bodenfunktionen, ist weiterhin zu prüfen, ob unter Berücksichtigung der Nutzungsfunktionen, nach Prägung des Gebietes oder den planerischen Festlegungen diese nachhaltige Beeinträchtigung durch die Zusatzbelastungen mit den gesetzlichen Umwelanforderungen zu vereinbaren ist. Die Tabellenwerte der UVPVwV und die sich aus ihnen ergebende unbeachtliche Zusatzbelastung sowie Stoffgehalte, bei denen die

natürlichen Bodenfunktionen nicht beeinträchtigt sind (Vorsorgewerte), werden in Tabelle 7 dargestellt. Die Werte beziehen sich auf Ackerböden mit einem Tongehalt von ca. 12-18 %. Empfindlichere Böden oder andere Nutzungen werden nicht berücksichtigt. Für sie müsste im Rahmen der Bewertung eine Umrechnung erfolgen.

**Tabelle 8: Tabellenwerte der UVPVwV und aus ihnen nach UVPVwV hervorgehende Vorsorgewerte sowie unbeachtliche Zusatzbelastungen**

|                   | Tabellenwert UVPVwV<br>[mg/kg TS] | Vorsorgewert UVPVwV<br>[mg/kg TS] | unbeachtliche<br>Zusatzbelastung* [g/ha·a] |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|
| Arsen             | 40                                | 24                                | 90                                         |
| Blei              | 100                               | 60                                | 225                                        |
| Cadmium           | 1,5                               | 0,9                               | 3,4                                        |
| Chrom             | 100                               | 60                                | 225                                        |
| Kupfer            | 60                                | 36                                | 135                                        |
| Nickel            | 50                                | 30                                | 113                                        |
| Quecksilber       | 1,0                               | 0,6                               | 2,3                                        |
| Thallium          | 1,0                               | 0,6                               | 2,3                                        |
| Zink              | 200                               | 120                               | 450                                        |
| PAK ges. nach EPA | 10                                | 3                                 | 23                                         |
| Benz(a)pyren      | 1,0                               | 0,3                               | 2,3                                        |

\* Einwirkungsdauer 40 Jahre; Dichte des Bodens 1,5 g/cm<sup>3</sup>

Die o. g. Bewertungskriterien stellen nur für bestimmte Nutzungen bzw. Bodenfunktionen Anforderungen an die Vorsorge dar, wodurch es z. B. bei gleichen Stoffeinträgen in Böden ohne Bearbeitung (Wald oder Grünland) zu einer deutlich höheren Anreicherung von Schadstoffen insbesondere in Oberböden kommen kann. Außerdem liegen die als unbeachtlich dargestellten Zusatzbelastungen für eine Anlage bzw. ein spezielles Vorhaben in der Größenordnung der zulässigen Zusatzbelastung nach BBodSchV, für die die jährlichen Gesamtfrachten über alle Wirkungspfade zu berücksichtigen sind.

Mit dem In-Kraft-Treten des BBodSchG und der BBodSchV entsprechen die dargestellten Anforderungen der UVPVwV in wesentlichen Punkten nicht mehr dem geltenden Fachrecht. Nunmehr sind gemäß der Ziffer 0.6.1.2 UVPVwV und § 4 UVPG für die Bewertung von Umweltauswirkungen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen die rechtsverbindlich festgelegten Vorsorgewerte und weitergehenden Vorsorgeanforderungen von BBodSchG und BBodSchV heranzuziehen. Die Unbeachtlichkeit einer Zusatzbelastung durch den Betrieb einer Anlage (immissionsschutzrechtliche Vorsorgepflicht) ist im Übrigen gemäß § 3 BBodSchG in einer Rechtsverordnung oder Verwaltungsvorschrift zu bestimmen.

Das UVPG verpflichtet zur Beschreibung von Maßnah-

men, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen der Umwelt vermieden, vermindert oder soweit möglich ausgeglichen werden können. Einwirkungen auf Böden durch bestimmte Vorhaben sind oftmals nicht ausgleichbar und führen „nur“ zu Kompensationsmaßnahmen, die nur Ersatzfunktion übernehmen können (KARL 1997; LABO 1995b). Eine Effektivierung des Vollzugs der Vermeidungspflicht könnte daher einen größeren Beitrag zum Bodenschutz im Rahmen von Zulassungsverfahren leisten als umfangreiche Ausgleich- und Ersatzmaßnahmen. Verbleibende, unvermeidbare Beeinträchtigungen ließen sich dann gegebenenfalls auch fachlich sinnvoll kompensieren.

Die Vorgabe des UVPG, die Bewertung der Umweltauswirkungen nach Maßgabe der geltenden Gesetze durchzuführen, führt zwar dazu, dass in soweit kein dringender rechtlicher Harmonisierungsbedarf zwischen BBodSchG / BBodSchV und UVPG besteht, wenn die Bodenwerte der UVPVwV quasi „automatisch“ durch die fachrechtliche Vorrangstellung obsolet werden. Allerdings wird diese Vorrangstellung auch zu Recht kritisch kommentiert: Da nach den Zulassungsvoraussetzungen der einzelnen Fachgesetze die Umweltauswirkungen in der Regel nur getrennt nach Umweltmedien geprüft werden, bleibt für die medienübergreifenden Aspekte der Umweltverträglichkeitsprüfung nur wenig Raum (LELL und HAGENAH 1997).



### Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge

(79) Im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen sollte nach Ansicht des Beirates vor allem der Vollzug der Vermeidungspflicht intensiviert werden, um die Beeinträchtigung von Böden und von Bodenfunktionen auf ein unvermeidbares Maß zu beschränken. Hierfür ist ein Fachkonzept für ein abgestuftes System von Vorrangausweisungen für Bodenfunktionen zu erarbeiten.

(80) Zur Bewertung der Wechselwirkungen zwischen Boden und anderen Schutzgütern empfiehlt der Beirat eine weitere Konkretisierung und Vereinheitlichung der Anforderungen des Bodenschutzes an Vorhaben, für die eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist. Der Beirat weist auf den Bedarf hin, das UVP-Regelwerk an die Maßstäbe des Bodenschutzrechtes anzupassen.

#### **4.12 Bewertung von Böden bei raumbeanspruchenden Maßnahmen**

##### **4.12.1 Bodenschutzplanung und Integration in Fachplanungen**

Böden stellen auch als Flächenressource ein knappes Gut dar, wobei sich die verschiedenen Nutzungsarten überlagern und gegenseitig beeinflussen. Die Nutzungen stehen dabei nicht nur in Verdichtungsräumen, sondern auch in ländlichen Gebieten miteinander in Konkurrenz, wobei es durch die Ausweitung einer Nutzungsart in der Regel zur Einschränkung anderer Nutzungsarten kommt (ENQUETE-KOMMISSION 1997).

Die Entwicklung der Flächennutzung ist wesentlich geprägt durch stetige Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsflächen, insbesondere der Gebäudefläche. Für die zeitliche Entwicklung von 1950 bis 1985 ergibt sich eine Zunahme des Siedlungsflächenanteils an der Gesamtfläche der Bundesrepublik Deutschland von 7,5 % auf 12,5 %. Dabei erfolgt die Zunahme der Gebäude- und Verkehrsflächen – der so genannte Landschaftsverbrauch – überwiegend zulasten der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Dieser Landschaftsverbrauch betrug Anfang der neunziger Jahre etwa 90 ha/Tag und dürfte heute aufgrund einer weiterhin steigenden Flächennachfrage für Wohnungsbau und Wirtschaft zwischen 100 ha/Tag und 120 ha/Tag betragen (HAPPE et al. 1999; UMWELTBUNDESAMT 1994).

Grundlage für die Flächennutzung sind das Baugesetzbuch (BauGB), mit den Regelungen zur Bauleitplanung, der Baunutzungsverordnung (BauNVO) und der Planzeichenverordnung 1990 (PlanzV 90), sowie das Raumordnungsgesetz (ROG). Einfluss auf die Flächennutzung hat außerdem auch das BNatSchG mit den Regelungen zur Landschaftsplanung, zur naturschutzrechtlichen Ein-

griffsregelung und zur Ausweisung von bestimmten Schutzgebieten.

Im Planungsrecht bestehen verschiedene Grundsätze und Vorgaben zum Schutz der Böden, wobei die Belange des Umweltschutzes generell mit anderen Belangen gleichberechtigt abzuwägen sind und keine besondere Gewichtung erfahren. Grundsätze der Raumordnung im Sinne einer nachhaltigen Raumentwicklung sind u. a., dass

- die Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes im besiedelten und unbesiedelten Bereich zu sichern ist,
- der Wiedernutzung brachgefallener Siedlungsflächen der Vorrang vor der Inanspruchnahme von Freiflächen zu geben ist,
- Freiräume in ihrer Bedeutung u. a. für funktionsfähige Böden zu sichern oder in ihrer Funktion wiederherzustellen sind,
- die Naturgüter, insbesondere Wasser und Boden, sparsam und schonend in Anspruch zu nehmen sind und
- bei dauerhaft nicht mehr genutzten Flächen der Boden in seiner Leistungsfähigkeit erhalten oder wiederhergestellt werden soll.

Als umweltschützende Belange in der Abwägung zur Bauleitplanung wird im BauGB vor allem der sparsame und schonende Umgang mit Grund und Boden genannt, wobei Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen sind. Aus dieser Vorgabe könnte weitergehend die Forderung abgeleitet werden, dass „gebrauchter“ Boden in größtmöglichem Umfang einer erneuten Nutzung zugeführt werden soll (Flächenrecycling), wie dies auch im ROG im Grundsatz gefordert wird. Weiterhin sind in der Abwägung zu berücksichtigen: Landschaftspläne und sonstige Pläne, die Vermeidung und der Ausgleich der zu erwartenden Eingriffe in Natur und Landschaft (naturschutzrechtliche Eingriffsregelung), die ermittelten und beschriebenen Auswirkungen eines Vorhabens auf die Umwelt (Umweltverträglichkeitsprüfung) sowie Erhaltungsziele und Schutzzweck der Gebiete von nationaler und internationaler Bedeutung. Möglichkeiten zum Einfluss auf die Art der Bauweise bestehen durch Steuerung der Art und des Ausmaßes der baulichen Nutzungen im Rahmen der Flächennutzungs- und Bebauungspläne in Verbindung mit der BauNVO. Im Rahmen des besonderen Städtebaurechts sieht das BauGB außerdem ein Rückbau- und Entsiegelungsgebot vor, durch das der Eigentümer unter bestimmten Bedingungen verpflichtet werden kann, die Beseitigung von baulichen Anlagen oder die sonstige Wiedernutzbarmachung dauerhaft nicht mehr genutzter Flächen zu dulden.

Die Landschaftsplanung gemäß BNatSchG dient der Darstellung der Erfordernisse und Maßnahmen zur Verwirklichung der Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege. In Landschaftsplänen sind der vorhandene Zustand von Natur und Landschaft darzustellen und zu bewerten sowie der angestrebte Zustand und dafür erforderliche Maßnahmen (z. B. Schutzgebietsausweisungen) darzustellen. Dabei sind die Ziele der Raumordnung zu beachten, und auf die Anforderungen der Bauleitplanung ist Rücksicht zu nehmen. Die Verbindlichkeit der Landschaftspläne für die Bauleitplanung wird von den Ländern geregelt.

Auf Grundlage des Planungsrechts könnten bereits wesentliche Anforderungen eines vorsorgenden nicht-stofflichen Bodenschutzes umgesetzt werden. Hierbei handelt es sich um die sparsame und schonende Inanspruchnahme von Böden, die weitgehende Minimierung von Versiegelungen, die Entsiegelung nicht mehr genutzter bzw. planungsrechtlich nicht zulässig genutzter Böden, der Vorrang der Wiedernutzung „gebrauchter“ Böden (Flächenrecycling) und der Schutz von Böden als Naturgut.

Die Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) stellt jedoch eine unzureichende Umsetzung von Bodenschutzzielen in der Planungspraxis fest (LABO 1995b). Daher fordert die LABO u. a. eine weitere Konkretisierung der gesetzlichen und untergesetzlichen Regelungen, die Beachtung der Bodenschutzplanung auf allen Ebenen der räumlichen Planung und eine stärkere Berücksichtigung der Bodeneigenschaften und Bodenfunktionen bei Planungen und Baugenehmigungen. HAPPE et al. (1999) stellen die Regelungsmöglichkeiten der Bebauungsplanung unter Bodenschutzzielen detailliert dar und schlagen einen Leitfaden (Checklisten) für die systematische Prüfung zur Berücksichtigung des Bodenschutzes in Planungsverfahren vor. Ansätze zur funktionalen Bewertung von Böden in Planungsprozessen sind bereits vorhanden (z. B. GRÖNGRÖFT et al. 1999; UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1995; LEHLE 1997).

Bereits in den Bundesländern vorhandene Ziele der Raumordnung und Landesplanung zum Bodenschutz wurden von der LABO (1997) beispielhaft zusammengestellt. Wesentliche Anforderungen bei der planerischen Beurteilung von Böden hat die Akademie für Raumordnung und Landeskunde (ARL) formuliert. Sie weist dabei u. a. auf die Wichtigkeit von Bodenvorrangflächen als „Tabu“-Flächen für die Siedlungsentwicklung hin (ARL, 1999). Die von der LABO (1998d) zusammengestellten Grundsätze können als Grundlage für eine einheitliche Bodenbewertung im Vollzug herangezogen werden (vgl. auch BLOSSEY und LEHLE 1998):

- Zur Bewertung der Leistungsfähigkeit von Böden muss zunächst geprüft werden, ob Hinweise auf anthropogene stoffliche oder strukturelle Verän-

derungen vorliegen, die nach Art und Ausmaß geeignet sind, Böden und deren Funktionen erheblich oder nachhaltig zu beeinträchtigen. Dabei ist insbesondere auch zu prüfen, ob eine beabsichtigte Nutzung mit den Stoffgehalten bzw. der Mobilität der Schadstoffe im Boden vereinbar ist.

- Flächenrecycling und Innenverdichtung haben Vorrang vor der Inanspruchnahme nicht beeinträchtigter Böden.
- Besonders leistungsfähige und wertvolle Böden sind vorrangig zu erhalten. Die Schutzwürdigkeit von Böden ergibt sich somit aus ihrer Leistungsfähigkeit sowie aus ihrem Wert als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte.
- Empfindliche Böden sind besonders schutzbedürftig, ihre Beeinträchtigung ist zu vermeiden oder zu mindern. Vorrangiges Ziel auf empfindlichen Standorten ist es, Beeinträchtigungen durch Bodenerosion, Bodenverdichtung, Stoffeinträge etc. zu verhindern oder durch entsprechende Maßnahmen zu mindern.

In dem LABO-Bericht werden die in den Bundesländern angewendeten Kriterien und Parameter zur Beschreibung und Bewertung der Bodenfunktionen und der hierfür verwendbaren Datengrundlagen dargestellt und ein Kriterienkatalog zur einheitlichen Bewertung der ökologischen Leistungsfähigkeit von Böden vorgelegt. Dabei sind für eine abschließende Bewertung der Böden regionale Besonderheiten zu beachten.

Auch im Zusammenhang mit der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung liegen verschiedene Vorschläge zum Vorgehen und zur Bewertung von Eingriffen in die Bodenfunktionen vor (u. a. KARL 1997; KIEMSTEDT et al. 1996; ADAM, NOHL, VALENTIN 1987 zit. in HAPPE et al. 1999). Eingriffe im Rahmen von Baumaßnahmen sind oftmals fachlich nicht ausgleichbar. Eine Effektivierung des Vollzugs der Vermeidungspflicht könnte daher einen größeren Beitrag zum Bodenschutz im Rahmen von Planungs- und Zulassungsverfahren leisten als umfangreiche Ausgleich- und Ersatzmaßnahmen (KARL 1997; KIEMSTEDT 1996; LABO 1995b). So fordern auch LEHLE und HAUFFE (1997), dass die Bodenaushubmenge zu minimieren sei.

Die Möglichkeit zur vergleichenden Bewertung von Naturflächen und revitalisierten Altstandorten zeigen DOETSCH und RÜPKE (1998) auf, wobei sie anhand von Praxisbeispielen belegen, dass Brachflächenrecycling die deutlich bessere Alternative darstellt. Obwohl die Flächenpotenziale zur Revitalisierung durchschnittlich bei etwa 4,5 % der Gesamtfläche von Gemeinden liegen und damit der gesamte Flächenbedarf für Industrie- und Gewerbe neuansiedlung gedeckt werden könnte, gehen die Autoren davon aus, dass es erst durch öffentliche Fördermaßnahmen (In-Wert-Setzung der

Brachflächen) sowie durch Handlungs- und Entscheidungshilfen zu einer verstärkten Nutzung von Altflächen kommen wird. Sowohl zeitliche als vor allem auch wirtschaftliche Argumente führen derzeit bei Investoren und kommunalen Entscheidungsträgern noch dazu, häufig Freiflächen zu bevorzugen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist noch nicht klar erkennbar, ob sich eine Bodenschutzplanung entwickeln wird, die aufgrund ihrer spezifischen Inhalte bei der Ausweisung von Bodenbelastungsgebieten und im Umgang mit erhöhten Stoffgehalten im Boden eine „eigene“ Fachplanung darstellt, die neben die bestehenden fachplanerischen Ansätze gestellt wird, und ob sich hieraus eine Konkurrenz insbesondere zum Naturschutz ergeben kann. Alternativ hierzu wären die fachlichen Inhalte des Bodenschutzes in bestehende Planungsinstrumente einzubringen.

Das BBodSchG enthält keine Anforderungen zur räumlichen Planung, obwohl die Raumplanung gerade für den Schutz des Bodens hohe Bedeutung haben kann. Hier sind die Bundesländer in ihrer Zuständigkeit gefragt. Insofern spiegelt die „Regulation“ des Bodenschutzes die föderale Verfassungsstruktur wieder. Die Länder haben wichtige und zunehmend mehr Rechtskompetenzen in der Umweltpolitik erlangt. Beim Bodenschutz nimmt jedoch der Bund die konkurrierende Gesetzgebungskompetenz wahr. Weil dies rechtspolitisch nicht unumstritten war, formuliert das BBodSchG dort sehr vorsichtig und zurückhaltend, wo es Schnittstellen mit länderspezifischen Regelungsbereichen nahe kommt. Das gilt auch hinsichtlich von Festlegungen zum planerischen Bodenschutz, die den Ländern überlassen bleiben. Bodenschutz greift also das Thema Flächen- oder Landschaftsverbrauch hinsichtlich des Instrumentariums des Bundes beim Baugesetzbuch und der Länder in der Planungspraxis des Naturschutzes und der Flächennutzung und Landesplanung auf. Streitbar ist allerdings, ob hier die richtigen Akzente für eine nachhaltige Bodennutzung und Siedlungsentwicklung gesetzt werden (können).

### **Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge**

**(81)** Die Beachtung der Bodenschutzplanung auf allen Ebenen der räumlichen Planung sieht der Beirat als wichtigen Bestandteil des Bodenschutzes an, um insbesondere den schonenden und sparsamen Umgang mit Böden sicherzustellen, die Bodenversiegelungen auf ein unbedingt notwendiges Maß zu begrenzen und die Wiedernutzung brachgefallener Siedlungsflächen (Flächenrecycling) zu fördern. Der Beirat rät dringend dazu, die fachlichen und rechtlichen Kriterien für die von den Ländern bodenschutzrechtlich vorgesehene Ausweisung von Bodenschutzgebieten abzustimmen und möglichst einheitlich auszugestalten.

**(82)** Der Beirat empfiehlt verstärkt darauf hinzuwirken, dass im Rahmen der Regionalplanung in größerem Umfang als bisher Bodenvorrangflächen als „Tabu“-Flächen für die Siedlungsentwicklung ausgewiesen werden. Besonders empfindliche oder seltene Böden sollten ebenso berücksichtigt werden wie Böden mit besonderer Ausprägung der natürlichen Bodenfunktionen (z. B. als Faktor der Biodiversität und als wichtiger Bestandteil des Wasserkreislaufs). Dabei sind landwirtschaftlich genutzte Böden nicht als ubiquitäre Flächenressource anzusehen, da ihnen als landwirtschaftliche Produktionsgrundlage vor allem in Ballungsrandgebieten große Bedeutung zukommt (nachhaltige landwirtschaftliche Produktion). Ihre Bewertung sollte auf Grundlage der Leistungsfähigkeit, d. h. der natürlichen Fruchtbarkeit, im regionalen Vergleich erfolgen. Dies ist notwendig, da Böden, die absolut gesehen wenig leistungsfähig sind, im regionalen Vergleich zu den leistungsfähigsten und damit schutzwürdigen Böden zählen können.

**(83)** Weiterhin sieht der Beirat es als wichtig an, den Vollzug der Vermeidungspflicht im Rahmen von Planungs- und Zulassungsverfahren zu intensivieren, um die Beeinträchtigung von Böden und von Bodenfunktionen auf ein unvermeidbares Maß zu beschränken. Hierzu gehören auch Planungen zur Vermeidung von Bodenverdichtungen im Umfeld von Baumaßnahmen (Zufahrtswege, Abstellflächen für Baufahrzeuge etc.).

**(84)** Bei Umnutzungen von nicht oder wenig beeinträchtigten Böden sieht der Beirat den Erhalt vielfältiger und hochwertiger Nutzungsmöglichkeiten, d. h. die Reversibilität des Eingriffes, als besonders wichtig an. Hierbei kann es zu Nutzungskonflikten aufgrund unterschiedlicher Schutzansprüche kommen (z. B. Schutz der Produktionsfunktion/Schutz seltener und naturnaher Böden), vor allem aber aufgrund des Erhalts von Bodenressourcen und ihrer Inanspruchnahme für Gewerbe-, Siedlungs- und Verkehrszwecke.

**(85)** Der Beirat regt an, verbindliche Vorgaben für die Regionalplanung zu erarbeiten. Durch die Ausweisung von schützenswerten und/oder empfindlichen Böden soll Bodenschutz als gleichberechtigter Belang in regionalplanerische Abwägungsprozesse eingebracht werden. Zur Bewertung von Böden in der Regionalplanung empfiehlt der Beirat eine weitere Vereinheitlichung der Kriterien und Parameter, die ebenfalls zur Beurteilung von Eingriffen und Kompensationsmaßnahmen im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen und der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung herangezogen werden sollten. Der Vorsorgegedanke richtet sich sowohl auf die Grenzen/Endlichkeit von Flächeninanspruchnahmen insbesondere in urbanen Räumen, als auch auf die mit jeder Flächeninanspruchnahme für Siedlungs-, Gewerbe- und Verkehrsflächen verbundenen Gefährdungen wichtiger natürlicher Bodenfunktionen.

In der lokalen Agenda 21 sollte der Gedanke einer sparsamen und schonenden Flächeninanspruchnahme berücksichtigt werden.

#### 4.12.2 Bodenvorratspolitik

Der Begriff Bodenvorratspolitik ist der Fiskalpolitik entnommen. Er beschreibt den Umgang mit Boden als Flächenressource.

Um Handlungsspielraum für die regionale und kommunale Bodenordnung und Bodenbewirtschaftung zu erhalten und insbesondere auch die Aspekte des Bodenschutzes besser in die Flächennutzung zu integrieren, ist das Instrument einer aktiven Flächenbevorratung der öffentlichen Hand geeignet. Es kann unter Bodenschutzgesichtspunkten weiter ausgebaut werden. Kommunale und soziale Aufgaben, vor allem die Durchsetzung der kommunalen Planungshoheit sowie die Daseinsvorsorge standen bisher im Vordergrund. Heute stehen Aufgaben der Wiedernutzung von Gewerbebrachen und der Erschließung von nicht sachgerecht genutzten städtischen Freiräumen mindestens als gleichrangige Aufgaben an, in Kombination mit Konzepten zur Bodenentsiegelung. Die gezielte Bodenvorratswirtschaft kann Ziele zum sparsamen und schonenden Umgang mit Boden, z. B. zur Vermeidung des Bauens auf der „grünen Wiese“ und zum Ausgleich bei Eingriffen in Böden oder beim Flächenrecycling, unterstützen.

Bei angespannten öffentlichen Haushalten gibt es einen Trend zur fiskalisch begründeten Veräußerung von Bodenflächen. Das dadurch der kommunale Flächenvorrat erschöpft ist, ist indessen keine zwingende Entwicklung, wenn ein Flächenerwerb frühzeitig und in Vorausschau der Entwicklungstrends erfolgen würde. Insofern kommt oft der Erwerb landwirtschaftlich gut nutzbarer, ertragreicher Böden in Frage, weil deren ökonomischer Wert am höchsten ist. Auch der Naturschutz ist an solchen Flächen interessiert, um auf dem Weg von Flächentausch bei Ausgleichsmaßnahmen zu Biotopflächen in landwirtschaftlichen Intensivzonen zu kommen. Dies ist aus Sicht des Bodenschutzes allerdings ein ökologischer Zielkonflikt, denn Bodenschutz will landwirtschaftlich produktive Böden für Erzeugungszwecke erhalten, um sicherzustellen, dass eine nachhaltige Landwirtschaft und Ernährungssicherung in Zukunft auf diese Flächen zurückgreifen kann. Die noch in den 60er- und 70er-Jahren diskutierten „Selbstversorgungsgrade“ erscheinen aus heutiger Sicht nicht als „harte“ politische Zielstellung, sondern sind als geeigneter Indikator (neben anderen Indikatoren) relevant, um die zukünftigen Anforderungen des Bodenschutzes und der Bodenerhaltung näher zu quantifizieren.

Eine bodendienliche Erneuerung der Bodenvorratspolitik kann indessen nur ein erster, wichtiger Schritt zur umfassenden Nutzung ökonomischer Instrumente im Bodenschutz sein. Weitere Vorschläge hierzu macht

TROGE (2000), indem er ein Konzept vorschlägt, das bestehende Instrument der Grundsteuer nach bodenschutzbezogenen Kriterien neu zu gestalten. Von einer Flächennutzungssteuer kann im Rahmen einer ökologischen Finanzreform eine Lenkungswirkung zugunsten einer flächensparenden und bodenschonenden Landnutzung ausgehen.

#### Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge

(86) Der Beirat spricht sich dafür aus, die kommunale Vorratspolitik nicht mehr allein als fiskalisches Instrument anzusehen. Er verweist auf den Zuwachs an kommunalpolitischem Handlungsspielraum, wenn die Kommunen dieses Instrument auch zum Verfolgen anderer Ziele, insbesondere der des Bodenschutzes und des Naturschutzes nutzen. Die naturschutzrechtliche Ausgleichsregelung erhält durch das so genannte „Flächenpooling“ neue Handlungsmöglichkeiten, die jedoch der Ergänzung um bodenschutzbezogene Kriterien bedürfen.

#### 4.13 Rohstofflagerstätten

Bestimmte Böden haben auch eine Funktion als Rohstofflagerstätte. Der weite Boden-Begriff des BBodSchG schließt auch diese Funktion ein. Sie wird durch § 2 BBodSchG, aber insbesondere durch die „Rohstoffsicherungsklausel“ im Bundes-Berggesetz (§ 48 Abs.1 Satz 2 BBergG) geschützt, da Boden, und damit auch die als Rohstoff nutzbaren Bodensubstrate, ein nicht vermehrbares Gut darstellen.

Der Abbau bzw. die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Tagebau) führt vor allem zur Beeinträchtigung der Böden. Bei diesen oberflächennahen Rohstoffen ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen Rohstoffen, die das eigentliche Bodensubstrat darstellen und durch deren Abbau die Böden vernichtet werden (wie Sand, Kies, Torf) und Rohstoffen, für deren Gewinnung die oberen Bodenschichten abgetragen werden müssen (wie Braunkohle, Kalk, Gips, Ton, Naturstein), wobei es je nach Standort zu fließenden Übergängen kommen kann.

Durch den Abbau und die Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe kommt es häufig zu konkurrierenden Nutzungsansprüchen, d. h. zu Konflikten zwischen der Bodenfunktion als Lagerstätte und allen übrigen natürlichen Funktionen und den anderen Nutzungsfunktionen. So werden mit dem Abbau der Bodensubstrate oberhalb des Grundwassers vor allem die natürlichen Bodenfunktionen mehr oder minder stark beeinträchtigt. Ihre mögliche Wiederherstellung im Rahmen von Rekultivierungsmaßnahmen ist umstritten, wie am Beispiel des Gipsabbaus in Niedersachsen deutlich wird (NLÖ 1997). Geht der Abbau bis in grundwasserführende Schichten (z. B. viele Kiesabbaue), werden sämtliche Bodenfunktionen zerstört; auch eine Nutzung der Fläche ist nicht mehr möglich.

In der Diskussion um eine nachhaltig zukunftsverträgliche Entwicklung wurden von der ENQUETE-KOMMISSION (1994a) grundsätzliche Regeln abgeleitet, die für die Nutzung nicht erneuerbarer Ressourcen besagen, dass diese nur in dem Umfang genutzt werden sollen, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der erneuerbaren sowie der nicht-erneuerbaren Ressourcen geschaffen wird. Aus den grundlegenden Regeln hat die Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt“ (ENQUETE-KOMMISSION 1997) Bodenschutz-Ziele abgeleitet. Sie nennt u. a. das Umweltqualitätsziel „Sparsame Nutzung bodennaher Lagerstätten und Schonung des Oberbodens“, gefolgt von den Umwelthandlungszielen:

- „Substitution von Boden-Rohstoffen durch Recyclingprodukte oder industrielle Reststoffe so weit möglich“

und

- „Abbau von Lagerstätten so, dass Böden als Deckflächen so weit wie möglich unberührt oder in ihren Funktionen unbeeinträchtigt bleiben“.

Das Umweltqualitätsziel „nachhaltige Bewirtschaftung“ ist noch nicht mit materiellen Kriterien unterlegt, die landesrechtliche Praxis bei ressourcenwirtschaftlichen Entscheidungen (Ausweisung planerischer Vorranggebiete, Planfeststellungsverfahren, Abbauleitpläne) ist sehr uneinheitlich. Partiiell werden außerhalb rechtlicher Handlungsmöglichkeiten bereits Mediationsverfahren genutzt (NLÖ 1997).

Nach Einschätzung des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung (NLFB 1998) ist das Recycling der meisten oberflächennahen Rohstoffe nicht möglich, allerdings können sie meist substituiert werden (in unterschiedlichem Umfang). Bei der Substitution durch andere Rohstoffe schlägt FLECKENSTEIN (1988) am Beispiel der Substitution von Kies durch gebrochenen Naturstein eine vergleichende Umweltverträglichkeitsprüfung vor, die allerdings standortbezogen durchgeführt werden muss, da die ökologischen Auswirkungen in Abhängigkeit der Standortwahl differieren.

In Entscheidungen zur Rohstoffnutzung werden materiell ähnliche Stoffströme, die durch abfallwirtschaftliche Vorgaben ausgelöst werden, meist nicht in die Abwägung und Bedarfsermittlung einbezogen. So wird zwar die Gesamtmenge des anfallenden REA-Gipses in der Zement- und Gipsindustrie verwertet (NLFB 1998), dennoch kommt es zur Deponierung von Bodenaushub und anderen Abfällen zur Verwertung wie z. B. Bauschutt, Gießerei-Sand, Aschen und Schlacken. Da diese Stoffströme nur partiell aufeinander abgestimmt sind, kann es zu unerwünschten und teils auch schädlichen Effekten kommen. Auf der einen Seite werden Kies und Sand abgebaut, während Bodenaushub und mineralische Abfälle deponiert werden (zum Teil Mono-Erdaushub-Deponien), die jedoch gleichermaßen baustofflich ver-

wendbar wären. Andererseits drängt schwach und mittel kontaminiertes Bodenmaterial aus Altlasten in die Verwertung im Deponiebau bzw. im Landschafts-, Erd-, Wege- und Straßenbau anstatt in bereitstehenden, geeigneten Anlagen behandelt zu werden, da die direkte Verwertung unter Beachtung bestimmter Sicherungsmaßnahmen betriebswirtschaftlich kostengünstiger ist als die Behandlung. Umweltpolitisch sollte – jedenfalls bei diesen Materialien – der Behandlung der Vorzug eingeräumt werden.

Die Mengen der Stoffströme sind erheblich. So wurden 1995 nach Angaben des Bundesverbandes der Deutschen Kies- und Sandindustrie (BDKS 1997) von den etwa 1 780 Unternehmen der Kies- und Sandindustrie an ca. 3 480 Gewinnungsstellen knapp 430 Mio. t Kies und Sand gewonnen. Die Produktion von Torf-Produkten betrug in Niedersachsen 1995 etwa 8,9 Mio. m<sup>3</sup> (NLFB 1998). Gleichzeitig fallen erhebliche Mengen an Abfällen an, so z. B. etwa 140 Mio. Tonnen Bauschutt, Straßenaufbruch und Bodenaushub (Angaben für 1990; UMWELTBUNDESAMT 1994) und jährlich 3 bis 4 Mio. Tonnen Trockensubstanz an Biokompost (REINOLD 1999), die bisher erst teilweise zur Substitution der Rohstoffe herangezogen werden.

### Schlussfolgerungen und Empfehlungen/Vorschläge

(87) Zur nachhaltigen Sicherung von Rohstofflagerstätten und dem Schutz konkurrierender Bodenfunktionen erscheint es dem Beirat umweltpolitisch erforderlich und bauwirtschaftlich zweckmäßig, Bilanzierungs- und Bewertungsansätze der Bodenfunktion als Lagerstätte von oberflächennahen Rohstoffen zu überprüfen und mit einheitlichen Vorgaben fortzuentwickeln. Dabei sollte eine Optimierung der baustofflichen Nutzung unter den Aspekten Bedarf und ökologische Auswirkungen der Rohstoffentnahme, abfallwirtschaftliche Verwertung vergleichbarer Abfälle wie z. B. Bodenaushub, getrennt erfasster Bauschutt etc. sowie betriebsbezogener und sozialer Aspekte angestrebt werden. Wichtige Ziele sieht der Beirat sowohl in der Bedarfs- als auch in der Angebotssteuerung. So sollte eine verbesserte Ausnutzung der Lagerstätten/Gewinnung der Restvorkommen als auch eine verbesserte Nutzung der Rohstoffe bei der Produktion beziehungsweise eine weitgehende Substitution von Primärrohstoffen durch andere Primärrohstoffe mit geringeren ökologischen Auswirkungen oder durch geeignete Sekundärrohstoffe (Abfälle zur Verwertung) angestrebt werden. Die geologische Erkundung sollte für diese Fragestellungen verbessert werden. Auf ihrer Grundlage sollte es möglich sein, die Umweltansprüche des Lagerstättenschutzes konkreter zu beschreiben, sodass nicht bei allen auch nur entfernt möglichen Abgrabungsvorhaben eine Nutzungsblockade errichtet wird. Als Ergebnis der Bestrebungen hält der Beirat eine Verwaltungshilfe zur Berücksichtigung der genannten Aspekte im Rahmen von Planungs- und Zulassungsverfahren für zweckmäßig.

(88) Der Beirat regt die Erarbeitung eines Steuerungsinstrumentes an, mit dem die seitens der Wirtschaft bereits mit Nachdruck betriebene Verwertung von Abfällen zu einem Instrument für die nachhaltige Entwicklung und den Schutz des Bodens gelenkt werden kann. In diesem Zusammenhang sieht der Beirat eine Analyse der Substitutionsmöglichkeiten und der mit ihnen verbundenen ökologischen Auswirkungen für erforderlich an. Hierbei sollten auch solche Abfälle berücksichtigt werden, die potenziell als Substituent einsetzbar wären. So sollten, in Ergänzung zu den bereits vorhandenen Boden-Börsen, auch Börsen für weitere Materialien eingerichtet werden. Eine Förderung dieser Börsen wäre beispielsweise durch Einführung eines spezifischen Gütemerkmals (z. B. Zertifikat) für die gemakelten Materialien möglich. Für Bodenmaterialien liegt ein solches Gütemerkmal noch nicht vor. Gerade für Bodenmaterialien wäre die Einrichtung eines auf die Belange des vorsorgenden Bodenschutzes ausgerichteten Gütezeichens oder einer analogen Gütesicherung eine wertvolle Hilfe für die Umsetzung umweltpolitischer Zielstellungen zum Schutz und zur Wiederverwertung von abgeschobenen, ausgehobenen oder sonstig angefallenen Bodenmaterialien. Sie könnte auch eine sinnvolle Ergänzung zur Umsetzung von § 12 BBodSchV sein, um ein klares Kriterium anzugeben, welche Untersuchungsanforderungen für welche Bodenmaterialien geltend gemacht werden. Voraussetzungen hierzu sind allerdings nicht nur durch materielle Fachkriterien, sondern auch durch politikwissenschaftliche Überlegungen zur Interaktion der verschiedenen angesprochenen Akteursgruppen zu entwickeln. Hierbei liegt die Vorstellung zugrunde, dass eine nachhaltige Ressourcennutzung kein Thema für ausschließlich ordnungsrechtliche Festsetzungen und die Formulierung von staatlichen Vollzugsaufgaben ist und in der Vergangenheit nur sehr bedingt durch ökonomische Instrumente steuerbar erschien. Vielmehr erscheint die Formulierung von politischen Zielvorgaben notwendig, die mit fachlichen Kriterien praxisgerecht unterlegt werden. Hierin wird auch ein geeignetes Instrument gesehen, um Innovationen, zum Beispiel in der Bauwirtschaft, auszulösen.

(89) Für notwendige Rohstoff-Abbauvorhaben hält der Beirat eine Einbeziehung der verschiedenen Umwelt-schutzbelange bereits in der Planungsphase für unumgänglich, um so die Beeinträchtigungen zu minimieren und bereits vor dem Eingriff Vorgaben für die Rekultivierung festzulegen, die bei der Durchführung des Abbaus ggf. zu berücksichtigen sind.

## **5 Akteure im Bodenschutz**

### **5.1 Beziehungsgeflecht der Boden-Vorsorge und „Akteursmanagement“**

Bei den bisherigen umweltrechtlichen Regelungen und umweltpolitischen Aktivitäten handelt es sich oftmals

um scharf abgegrenzte Anforderungen, deren Hintergrund und Ziel nur auf die unmittelbar Betroffenen und Pflichtigen ausgerichtet ist, aber für den Kreis der am Bodenschutz Beteiligten oftmals nicht erkennbar ist. Aufgrund der vielfältigen fachlichen, politischen und wirtschaftlichen Zusammenhänge müssen die Zielstellungen klar nachvollziehbar sowie (möglichst) im Konsens erarbeitet und festgelegt werden. Es ist eine Voraussetzung, dass alle beteiligten Akteure im Zeitverlauf lernen und die vorgegebenen Ziele akzeptieren. Dabei kommt flexibel verwendbaren Instrumenten des Bodenschutzes (wie z. B. Sanierungsverträge, Beratung) große Bedeutung zu. Sie fördern den Aufbau von Kapazitäten und entwickeln Netzwerke.

Unter politikwissenschaftlichen Aspekten beschreiben JÄNICKE et al. (1999) die ordnungsrechtlich geprägten Umweltstrategien als Strategien mit „vagen Ziele“ aber präzisen „Instrumenten“. Der Bodenschutz geht hier mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz einen anderen Weg. Offenbar hat sich der Gesetzgeber beim Bodenschutz mit weitgehenden und vagen Zielen zurückgehalten und dagegen eher auf präzise und quantifizierbare Ziele zur Gefahrenabwehr und zur Vorsorge gesetzt, wie sie z. B. durch Prüf- und Vorsorgewerte angegeben werden. Dagegen sind es im Bodenschutz die Instrumente, die mit relativ vagen Vorgaben viel Spielraum für den Vollzug lassen. Im Übrigen setzt das Bodenschutzrecht auch wesentlich auf die Wirksamkeit des Bodenmarktes, der beim Eigentumsübergang auch den schadstoffbezogenen Zustand der Böden zunehmend beachtet und insofern indirekte instrumentelle Möglichkeiten zur Durchsetzung des Bodenschutzes bietet.

Als eine wesentliche Aufgabe im Rahmen der Bodenschutzpolitik hat der Staat für eine durchgängige Informationsbasis zu sorgen. Informationen sind notwendig über die Art und Weise der Untersuchung von Böden und der Bewertung der Untersuchungsergebnisse, auch im Zusammenhang mit z. B. natürlichen Schadstoffgehalten von Böden. Der Beirat unterstützt daher den Vorschlag des SRU (1998), regelmäßig einen Bodenzustandsbericht zu veröffentlichen sowie ein bundesweites Bodeninformationssystem (BIS) einzurichten. Insbesondere bei dem hochgradig in persönlichem Eigentum befindlichen Naturgut Boden wird dies als nötig erachtet. Anders als bei Wasser, Luft und Biotopen obliegt die Bodennutzung nicht einem staatlichen Erlaubnisvorbehalt. Daher hat der Staat nur eingeschränkte Möglichkeiten, für eine angemessene Bewirtschaftung zu sorgen. Gleichwohl soll er die ökologische Angemessenheit der Boden-Vorsorge sicherstellen. Auch hierfür bedarf es jedoch einer geeigneten Informationsbasis, die sowohl präzise Bodenschutz-Ziele darstellt als auch auf mögliche Instrumente eingeht. Aufgrund der Rechtseigenschaft des Bodens als Privateigentum sollten diese Instrumente in besonderem Maße einzelfallgerecht einsetzbar sein. Hierbei sollen auch marktwirtschaftliche Lösungen geprüft werden.

**Tabelle 10: Aufstellung wichtiger Instrumente der Bodenschutz-Vorsorge**

| <b>Instrument</b>                | <b>Gegenstand der Boden-Vorsorge (Beispiele)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Information, Beratung            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Information, Beratung durch staatliche Einrichtungen und durch landwirtschaftliche Officialberatung</li> <li>• Umweltzeichen für Boden-Produkte, bodenrelevante Produkte</li> <li>• Kennzeichnung</li> </ul>                                                                        |
| Umweltbildung                    | „Bodenbewusstsein“                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ordnungsrecht                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rechtspflichten, Verhaltensgrundsätze</li> <li>• Ge- und Verbote, Grenzwerte</li> <li>• Genehmigungen, Erlaubnisvorbehalte</li> <li>• Produktstandards (Bodenmaterial, Bodenhilfsstoffe, Düngemittel etc.)</li> <li>• Boden im Umweltstrafrecht und in der Umwelthaftung</li> </ul> |
| marktwirtschaftliche Instrumente | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstverpflichtungen zur Produktqualität (z. B. Düngemittel)</li> <li>• Forschungsförderung</li> <li>• Abgabelösungen z. B. für Versiegelung</li> <li>• Boden als Gegenstand von Versicherungen</li> <li>• Betriebliches Boden- und Standortmanagement</li> </ul>                  |
| Boden im Produktdesign           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nutzervorteile durch Vermarktungschancen</li> <li>• positives Produktmanagement (vor allem im Ackerbau: gutes Produkt aus gutem Boden)</li> </ul>                                                                                                                                   |
| Kapazitätsaufbau                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Netzwerke der Akteure schaffen</li> <li>• wissenschaftlich-technischen Sachverstand aufbauen und entwickeln</li> <li>• technische Richtlinien erarbeiten</li> <li>• Transferbrücke Wissenschaft Praxis verbessern</li> </ul>                                                        |
| Berichtspflichten                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bericht zur Bodeninanspruchnahme für Siedlungszwecke</li> <li>• Bericht zur Bodenqualität</li> <li>• Kennziffern für die räumliche Planung</li> </ul>                                                                                                                               |

Aus politikwissenschaftlichen Analysen geht hervor, dass die Entstehung des Bodenschutz-Denkens und seine „Politisierung“ bis hin zur Schaffung rechtspolitischer Grundlagen nicht in erster Linie Ergebnis öffentlicher Debatten und der Arbeit von Bürgerinitiativen oder Lobby-Gruppen war, wie dies in anderen Feldern der Umweltpolitik häufig der Fall ist. Für den Bodenschutz wird eine vorwiegend administrative Steuerung angenommen (BÜCKMANN et al. 1999b).

Weitere staatliche Aufgaben im Bodenschutz betreffen die Handlungskompetenz beispielsweise für die Anordnung von Maßnahmen zur Vorsorge oder zur Abwehr von Gefahren und die Berücksichtigung bodenschützender Belange in anderen Rechtsbereichen. Neben der notwendigen Integration des Bodenschutzes in andere relevante Rechtsbereiche ist hier vor allem die Ausstrahlungswirkung des Bodenschutzrechts in andere rechtliche Regelungen zu prüfen und für ein harmonisiertes, d. h. ein in sich widerspruchsfreies Umweltrecht, Sorge zu tragen.

Bodenschutz stellt ein relativ neues Thema der Politik, aber auch der wissenschaftlich-technischen Forschung dar. Die mit dem Bundes-Bodenschutzgesetz und der zugehörigen Verordnung geschaffenen Regelungen

bedürfen noch der Prüfung hinsichtlich Praktikabilität und Anwendbarkeit. Hierfür sind zum einen der Vollzug des Bodenschutzrechtes kritisch zu begleiten und zum anderen die Vollzugserfahrungen auszuwerten.

Weiterhin gilt es, alle am Bodenschutz Beteiligten bzw. von Belangen des Bodenschutzes Betroffenen aktiv in die weiteren Arbeiten einzubeziehen oder diesen zumindest ihre Chance bewusst zu machen, dass sie sich in zukünftige Arbeiten zum Bodenschutz einbringen können. Wichtige „Akteure“ sind in diesem Rahmen z. B. die wissenschaftliche Forschung, die zukünftig in stärkerem Maße auf die speziellen Fragestellungen zum Bodenschutz eingehen sollte, oder auch die wissenschaftlich-technischen Verbänden. Erfahrungen aus anderen Rechtsbereichen zeigen, dass es sinnvoll ist, das Know-how der Verbände zu nutzen, um einerseits Fachthemen und Probleme auf Expertenebene zu diskutieren und andererseits, im Rahmen einer angestrebten Deregulierung, Methoden und Verfahren zu erarbeiten bzw. auf dem neuesten Kenntnisstand weiter zu entwickeln. Bei Nutzung der wissenschaftlich-technischen Bodenverbände als neue Beratungsgremien und zur Regelsetzung ist allerdings die Frage der Finanzierung solcher Arbeiten noch zu beantworten.

Aufgrund der Rechtseigenschaft des Bodens als Privateigentum ist Bodenschutz im besonderen Maße eine Aufgabe des Einzelnen, d. h. des Grundstückseigentümers. Diese Bodenschutzpflicht ergibt sich auch aus Art. 14 GG, in dem geregelt wird, dass der Gebrauch von Eigentum zugleich dem Wohl der Allgemeinheit dienen soll, worunter auch die Vorsorge vor schädlichen Beeinträchtigungen der Umweltmedien zu verstehen ist. Dabei erscheint es notwendig, auch die Verantwortung für Fremdbesitz sowie für gemietete oder gepachtete Flächen in den Vordergrund zu rücken, da auch der Inhaber der tatsächlichen Gewalt über ein Grundstück zur Vorsorge verpflichtet ist. Als Beispiel für ein mangelndes Verantwortungsgefühl kann das teilweise vorkommende Verhalten bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm dienen, den Schlamm nur auf gemietete/gepachtete Flächen nicht aber die in Eigentum befindlichen Flächen aufzubringen.

Boden als Privatbesitz verpflichtet auch zur Vorsorge gegenüber anzunehmenden oder zu erwartenden Schäden. Bodenschutz bedeutet auch die Wahrnehmung von Verantwortung für die Reinhaltung von Böden und den Erhalt der Bodenfunktionen auf Böden in Fremdbesitz, die als gemietete oder gepachtete Flächen genutzt werden.

Der Begriff „Vorsorge“ wurde schon im Sofortprogramm der Bundesregierung von 1970 von dem der Gefahrenabwehr abgehoben. Besonderes Gewicht bekam der Begriff des Vorsorgeprinzips in der Diskussion um das Bundes-Immissionsgesetz (1974).

Die Diskussion um dieses Prinzip fanden ihren Niederschlag in den Leitlinien der Bundesregierung von 1986. Diese Leitlinien legten einen weiten Vorsorgebegriff zugrunde, der neben der Gefahrenabwehr und der Risikominimierung auch die Zukunftsvorsorge umfasste. Zukunftsvorsorge bedeutet nach den Leitlinien „vorausschauende Gestaltung der menschlichen Lebensformen, um unsere natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen und zu entwickeln und um dadurch Freiräume für die Entfaltung zukünftiger Generationen zu erhalten.“

Über die Argumente der Vorsorge im Umweltschutz existieren zahlreiche Veröffentlichungen, wobei hinsichtlich Inhalt und Funktion der Vorsorge verschiedene Auslegungen anzutreffen sind (ausführlich in PETERSEN (1993)). Die verschiedenen Auslegungen gehen von zwei unterschiedlichen Ansätzen aus.

Gemäß eines Ansatzes soll das Risiko, das mit der Nutzung und Beeinträchtigung der Schutzgüter verbunden ist, möglichst gering gehalten werden. Gemäß des zweiten Ansatzes sollen Optionen – auch als Freiräume bezeichnet – für eine künftige Nutzung der Schutzgüter erhalten oder geschaffen werden. Danach wird zwischen

der Funktion der Risikosteuerung und der Planungsfunktion als die beiden Charakteristika der Vorsorge im Umweltschutz unterschieden.

Bei der Funktion der Risikosteuerung geht es darum, dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen. Zur Risikominimierung gehört auch, Risiken entgegenzuwirken, die durch noch unvollständige bzw. noch nicht eindeutige Klärung der Auswirkungen, z. B. Mehrfachwirkungen durch Kumulation der Beeinträchtigungen für die Schutzgüter, auftreten können und Gründe für die Annahme bestehen, dass die Einwirkungen möglicherweise zu schädlichen Umwelteinwirkungen führen (Ignoranztheorie nach VON LERSNER (1997)).

Die Ausfüllung der Planungs- bzw. Freiraumfunktion ist angesichts der zunehmenden Verdichtung unserer Lebensräume unabdingbar. Es geht darum, die Kapazität der Natur an Belastbarkeit durch menschliche Eingriffe nicht auszuschöpfen, um weiteres Wachstum der Gesellschaft zu ermöglichen und um wenig belastete Freiräume zur Regeneration zu erhalten (auch SRU 1994).

Sowohl die Funktion der Risikosteuerung als auch die Planungsfunktion werden bei den Vorsorgepflichten im Umweltschutz im Einzelnen als auch beide gemeinsam zur Begründung der Vorsorgepflicht angewandt. Die Gleichrangigkeit der beiden Funktionen wurde vom Bundesverwaltungsgericht bestätigt (URTEIL 1982).

Das Bundes-Bodenschutzgesetz regelt unter Einbeziehung der Bundes-Bodenschutzverordnung die Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen.

Sowohl hier aber auch in der vom Wissenschaftlichen Beirat Bodenschutz erarbeiteten erweiterten Bodenvorsorge werden beide oben genannten Funktionen zur Begründung der Vorsorgepflicht angewandt. Die im Gutachten dargestellten Leitideen, Grundregeln und Vorschläge zur Bodenvorsorge werden im Gutachten durch die beiden Leitbilder

- Keine Verschlechterung der natürlichen Bodenfunktionen
- Freiraumsicherung für spätere Generationen

als Grundpositionen bestimmt.

Generell ist festzustellen, dass Vorsorge auch im Bodenschutz nicht unbeschränkt gefordert werden kann. Der im Verfassungsrecht festgelegte Grundsatz der Verhältnismäßigkeit von Mittel und Zweck ist stets zu beachten. Dabei sind insbesondere die Auswirkungen möglicher Vorsorgemaßnahmen und ihre Kosten abzuwägen (URTEIL BUNDESVERWALTUNGSGERICHT V. 17.02.1984).



## 6 Anregungen und Vorschläge zur Umsetzung der Empfehlungen

Die Empfehlungen und Vorschläge des Beirates sollen, zusammen mit den oben dargelegten Überlegungen zu Leitbildern, eine Anregung zur Umsetzung der vielfältigen Bodenschutzanforderungen sowohl im unmittelbaren Regelungsbereich des Bodenschutzes als auch in anderen Politikbereichen sein. Zur Umsetzung der vom Beirat als notwendig erachteten Bodenschutz-Ziele könnte ein abgestuftes „Handlungsprogramm Bodenschutz“, beispielsweise für die nächsten zehn Jahre, ein wichtiges Instrument darstellen. In diesem Programm wären geplanter Zeitpunkt und Umfang von notwendigen Vorsorgeregulungen darzulegen. Der Beirat ist sich bewusst, dass seine Empfehlungen und Vorschläge zu einer erweiterten Vorsorge im Bodenschutz in ihrer Gesamtheit nicht „von heute auf morgen“ umgesetzt werden können. Planungen zur kurz-, mittel- und langfristigen Umsetzung von Bodenschutzzielen sind ebenso notwendig, wie die Identifizierung der unterschiedlichen Adressaten, an die Vorsorgeanforderungen zu richten sind. Man muss aber heute schon mit der Umsetzung beginnen.

Der Beirat empfiehlt, die Erfahrungen aus der Umsetzung der Vorsorgeanforderungen der BBodSchV gezielt aufzuarbeiten. Im Ergebnis könnte, sofern dies erforderlich ist, eine Hilfe für den Vollzug erstellt werden. Auf dieser Basis sollte dem Anliegen des Bundesrates zur Überprüfung der vorhandenen Vorsorgewerte und der Werte für zulässige Zusatzbelastungen nachgekommen sowie die Ableitung von Werten für weitere relevante Stoffe in Angriff genommen werden. Hierbei sollte zum einen berücksichtigt werden, inwieweit einschlägige Regelungen anderer fachrechtlicher Anforderungen eine Vorsorge auch hinsichtlich der Böden und der Bodenfunktionen gewährleisten und zum anderen, in welchem Ausmaß und vor allem für welche Stoffe in anderen Rechtsbereichen eine Konkretisierung der Vorsorgeanforderungen notwendig ist. In diesem Zusammenhang sieht der Beirat erheblichen Koordinierungsbedarf auf der Seite der mit Bodenschutz beschäftigten Bundesbehörden und hinsichtlich der Aktivitäten anderer Einrichtungen. Auch die Notwendigkeit weiterer Forschungsanstrengungen ist zu unterstreichen, wobei in der zukünftigen Wirkungsforschung stärker als bisher auf die nach Böden und Bodenstandorten zu differenzierende Artenausstattung einzugehen ist. Konkrete, rechtliche Vorgaben in Form von Vorsorgewerten liegen bisher nur für eine geringe Anzahl von Stoffen vor. Zur einheitlichen Bewertung anderer gefährlicher Stoffe, als Voraussetzung für einen einheitlichen Vollzug von Vorsorgemaßnahmen (z. B. auch in Regionen mit naturbedingt erhöhten Stoffgehalten) und zur Konkretisierung von Anforderungen anderer Rechtsbereiche erscheint dem Beirat eine einheitliche Fachgrundlage zur Ableitung von Vorsorgeanforderungen nach BBodSchV für alle denkbar relevanten Stoffe als dringend erforderlich. Die Ablei-

tungsmaßstäbe könnten in Analogie zu der Bekanntmachung der Ableitungsmaßstäbe für die Prüfwerte entwickelt werden.

Als ebenfalls mittelfristiges Ziel rät der Beirat zur Validierung der Anforderungen und beabsichtigten Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung nicht-stofflicher Beeinträchtigungen von Bodenfunktionen auf geeigneten Standorten. Eine fachlich hinreichende Begründung und insbesondere der Nachweis einer praxistauglichen Anwendbarkeit erscheinen dem Beirat vor Festlegung rechtlicher Regelungen, auch hinsichtlich der Akzeptanz bei den Betroffenen, als geboten.

Erst nach Vorliegen der Ergebnisse dieser Aktivitäten ist nach Ansicht des Beirates eine Novellierung der Bundes-Bodenschutzverordnung zu prüfen, in die maßgebend auch die Erfahrungen aus der Umsetzung der Anforderung an die Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen sowie die Befassung mit den Entschliefungen der Bundesrates (BR-Drs. 244/99 vom 19.4.1999) eingehen sollten.

Die Etablierung von Leitbildern, Leitideen und Grundregeln des Bodenschutzes und insbesondere eine intensive Information über den Wert des Bodens als natürliche Lebensgrundlage und der Wechselbeziehungen zwischen den Umweltmedien stellen für den Beirat vor allem langfristige Ziele des Bodenschutzes dar. Hierfür sind zunächst differenzierte Konzepte zu erarbeiten, um alle Politikbereiche sachgerecht berücksichtigen zu können. Neben den unmittelbaren Umweltpolitikbereichen wie Immissions-, Wasser- und Naturschutz sowie Landwirtschaft, Städtebau und Raumplanung, ist dabei auch besonderes Gewicht auf Bereiche mit mittelbarem Einfluss auf die Umwelt zu legen, wie die Finanzpolitik (z. B. Abbau umweltschädlicher Subventionen) oder die Bildungspolitik (z. B. stärkere Berücksichtigung von Böden im naturwissenschaftlichen Unterricht). Nicht zuletzt ist auch die Öffentlichkeit in stärkerem Ausmaß über den Wert und die Empfindlichkeit der Böden in geeigneter Form zu informieren, um das Verständnis für das „lange Gedächtnis“ der Böden zu fördern.

Zur Umsetzung der oben skizzierten Maßnahmen zur Etablierung eines vorsorgenden Bodenschutzes in allen Bereichen der Politik ist eine breite Zusammenarbeit verschiedener Ressorts und Fachgebiete notwendig.

Für die Umsetzung der Anforderungen des Bodenschutzes in den anderen Politikbereichen (Ausstrahlungswirkung) rät der Beirat zu einem zeitlich und fachlich gestuften Vorgehen. Zunächst ist sicherlich eine Phase der umfassenden Information über die Regelungen von Bundes-Bodenschutzgesetz und -Verordnung sowie grundlegende naturwissenschaftliche Kenntnisse zum Verständnis dieser Regelungen auf allen Ebenen der Politik in Bund und Ländern erforderlich. In weiteren

Schritten könnten die bereits bestehenden Anforderungen des Bodenschutzes unter Berücksichtigung der rechtlichen Zuständigkeiten fortentwickelt werden.

Der Beirat empfiehlt dem BMU, die Information und die Durchführung gemeinsamer Aktivitäten der Ressorts und ihrer nachgeordneten Bereiche zu intensivieren. Dies würde nach Ansicht des Beirates zu einer deutlichen Erleichterung der Implementierung des Bodenschutzes führen. Zu intensivieren ist eine Zusammenarbeit der Umweltseite insbesondere mit den Ressorts BMBau, BMBF, BMWi, BMF, BMV, BMVg und dem BMG sowie deren nachgeordneten Behörden und den sonstigen Einrichtungen, wie dem DIN, dem RAL und verschiedenen Gütegemeinschaften. Der Beirat hält eine fachliche Koordinierung dieser vielfältigen Aktivitäten, insbesondere bei Regelungen, die mehrere Ressorts oder Fachgebiete betreffen, für unbedingt notwendig. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass zum einen alle für bestimmte Regelungen notwendigen Adressaten in die Diskussion einbezogen werden und zum anderen, dass durch einen intensiven Informationsaustausch eine große Akzeptanz für neue Regelungen geschaffen wird.

Außerdem regt der Beirat einen regelmäßigen Austausch der Erfahrungen der Vollzugsbehörden an. Hierdurch können Vollzugsprobleme, die ggf. zulasten des Bodenschutzes gehen, rechtzeitig erkannt werden. Für bestimmte Bodenschutzbelange, beispielsweise in Planungs- und Zulassungsverfahren, sieht der Beirat auch Handlungsleitfäden zur Berücksichtigung der Böden als weitreichende und wichtige Hilfestellung für die zuständigen Behörden an.

Der Schutz der Böden ist nur selten Thema der öffentlichen Diskussion, meist nur in Zusammenhang mit Altlasten und der von ihnen ausgehenden Gefahren. Die Geringschätzung des Bodens geht mit einem mangelnden Verständnis der Entstehung von Böden und ihrer Funktionen einher. Sie hat nach Ansicht des Beirates auch eine geringe Akzeptanz für vorsorgende Bodenschutzmaßnahmen zur Folge.

Um der Wertschätzung von Böden größere Aufmerksamkeit zu schenken, regt der Beirat an, auf ausgewählten Liegenschaften des Bundes die komplexen Einwirkungen auf die verschiedenen Böden und die Maßnahmen zur Vorsorge im Bodenschutz, soweit dies fachlich und technisch auf den jeweiligen Flächen möglich ist, anschaulich darzustellen und als Modellvorhaben durchzuführen. Durch eine wissenschaftliche Betreuung und Auswertung von begleitenden Untersuchungen werden weitere wesentliche Erkenntnisse über schädliche Wirkungen auf Böden und möglicher Gegenmaßnahmen erwartet. Durch eine geeignete Form der Dokumentation dieser Vorhaben wird zum anderen aber auch mit einer deutlichen Akzeptanzsteigerung, insbesondere durch die Vorbildfunktion des Staates, gerechnet.

Die mit diesem Gutachten empfohlenen Wege zu einer erweiterten Vorsorge im Bodenschutz gehen weit über

die in der Koalitionsvereinbarung der Bundesregierung formulierten Ziele im Bodenschutz hinaus. Der Beirat regt daher eine grundlegende Information über den neuen Rechtsbereich Bodenschutz und der von ihm ausgehenden Ausstrahlungswirkung, insbesondere der Vorsorge auf andere Umweltnutzungen und Rechtsbereiche, an. Diese Basisinformation beschreibt den Ist-Zustand und dient als „Aufaktinformation“ zur Aktivierung der beteiligten Kreise an der Erörterung und Umsetzung der vom Beirat vorgeschlagenen Empfehlungen. Im Übrigen verweist der Beirat darauf, dass eine breite Erörterung des aufgezeigten Handlungsbedarfes auch erhebliche politische Implikationen hat. Insofern wäre es angezeigt, geeignete Wege zur Einbeziehung auch des parlamentarischen Raumes zu prüfen. Ferner erscheint eine Erörterung der Zukunftsaufgaben des Bodenschutzes auch im Zusammenhang mit den jüngst entwickelten Vorstellungen zu einem „Nachhaltigkeits-Beirat“ zweckmäßig.

## **7 Anhang**

### **7.1 Bodenschutz im internationalen Vergleich**

#### **7.1.1 Einleitung**

Der vorliegende Überblick basiert auf der Auswertung der Länderberichte zur Konferenz „Soil Protection Policies within the European Union“, die vom 9. bis 11. Dezember 1998 in Bonn stattfand. Weiterhin werden die Beiträge des ersten Europäischen Bodenforums herangezogen, das vom 24. bis 26. November 1999 in Berlin tagte (BMU 1999c); der Überblick zielt nicht auf eine vollständige Wiedergabe aller Bodenschutz-Elemente in den europäischen Staaten ab, sondern hebt lediglich wesentliche Trends hervor. Das Europäische Bodenforum hat die Entwicklung einer eigenständigen Bodenschutzpolitik erstmals zum Diskussionsgegenstand auf europäischer Ebene erhoben. Als vordringlich werden auf nationaler Ebene vor allem Maßnahmen zur Erosion, Verdichtung, Versiegelung und Flächenverbrauch sowie zur Belastung durch Chemikalien und Altlasten genannt.

#### **7.1.2 Bodenbelastungen und nationale Lösungsansätze in Europa**

##### **7.1.2.1 Erosion**

Die Bodenerosion ist im Mittelmeerraum sowie in Mittel- und Osteuropa ein weitreichendes, zum Teil das bedeutendste Umweltproblem. Die Gründe hierfür liegen in ungeeigneten Landnutzungsstrategien sowie unangepassten Technologien und Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Land- und Forstwirtschaft. In Regionen

mit starker Hangneigung besteht ein hohes Risiko für vermehrten Oberflächenabfluss, Rinnenerosion und Hangrutsch sowie hieraus resultierenden Folgeschäden. In den meisten Ländern entstehen Erosionsschäden in erster Linie durch Wassererosion. Jedoch sind Böden in zunehmendem Maße auch durch Winderosion gefährdet. Die Folgeschäden durch Erosion werden je nach Land unterschiedlich eingeschätzt und bewertet. Als vorrangiges Problem stellt sich der Verlust der Bodenfruchtbarkeit durch den Abtrag wertvollen nährstoffreichen Bodenmaterials. Schädigungen können jedoch auch am Ort der Ablagerung auftreten, da mit dem Bodenmaterial Schadstoffe weggeschwemmt und an anderer Stelle wieder abgelagert werden. Ferner soll zum Beispiel im Vereinigten Königreich (UK) verhindert werden, dass Boden auf die Straße oder benachbarte Grundstücke gespült wird. In Belgien regelt die Gesetzgebung, dass Kanäle, die mit erodiertem Bodenmaterial beladen wurden, freigeräumt werden müssen.

In Spanien wurde im Jahre 1991 ein „Nationaler Plan zur Wiederherstellung des Wasserhaushaltes in Wäldern“ aufgestellt, um die Erosion als das schwerwiegendste Umweltproblem in Spanien einzudämmen; wichtige Eckpunkte sind dabei: Evaluierung des Ausmaßes der Erosionsschäden, Ermittlung des Aufwandes zur Beseitigung von Erosionsschäden, Prioritätsindikatoren, Aufdecken von Vollzugsproblemen, administrative Vorgehensweisen, rechtliche Instrumente, Partizipation der Eigentümer.

Norwegen hat 1991 eine zielorientierte Subvention eingeführt, um konservierende Bodenbearbeitung auf erosionsgefährdeten Standorten zu fördern und das Pflügen von Sommergetreideäckern im Herbst zu vermeiden. 40 bis 45% der Fläche mit Sommergetreideanbau werden dadurch nur noch im Frühjahr gepflügt. Parallel lässt sich jedoch ein erhöhter Herbizideinsatz feststellen. Infolgedessen wurde ein spezielles Programm zur Verbesserung der Anwendung und Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln eingeführt.

Ähnlich wie in Deutschland gibt es in einigen Ländern, z. B. Großbritannien und Portugal, Kodizes zur guten landwirtschaftlichen Praxis mit speziellen zum Teil sehr ausführlichen Anforderungen zur Erosionsminderung. Diese besitzen Empfehlungscharakter und sind nicht rechtsverbindlich. Die Schweiz setzt neben Beratungsinstrumenten auch auf einen ordnungsrechtlichen Rahmen, in dem Richtwerte für den durchschnittlichen Bodenabtrag in der Verordnung über die Belastung des Bodens festgelegt worden sind (Bundesgesetz über den Umweltschutz, Kapitel 5 Belastungen des Bodens sowie Art. 6 und Anhang 2 der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo)).

Ferner wird Erosion in Österreich in den einzelnen Länder-Bodenschutzgesetzen sowie im Forstgesetz (Erhalt von Windbrechern) berücksichtigt, in Norwegen im

Land Act 95, in Ungarn im Act on Arable Land, in Großbritannien im Highways Act und im Umweltrecht. Einige andere Länder prüfen derzeit eine gesetzliche Regelung zu „Bodenschutz und Erosion“, so die Tschechische Republik und Bulgarien mit der Überarbeitung des Agrarflächengesetzes.

#### **7.1.2.2 Desertifikation und Bodenverdichtung**

Unter Desertifikation versteht man die Bodenverschlechterung durch Wüstenbildung unter bestimmten klimatischen, so genannten ariden oder semi-ariden Bedingungen. Die Ursachen für Desertifikation liegen vornehmlich in Versalzung, Bränden und Überweidung. In einem erweiterten Verständnis von Desertifikation werden häufig auch Bodenschäden als Folge von Verstädterung, Verschmutzung und Bergbau verstanden.

Bodenverdichtung ist auch in vielen europäischen Ländern ein ernstes Problem. Die Ausprägung ist regional sehr unterschiedlich. Obwohl Bodenverdichtung in vielen europäischen Ländern ein anerkanntes Problem darstellt, finden sich kaum Lösungsansätze und gesetzliche Regelungen in diesem Bereich. Lediglich in der Schweiz ist die Vermeidung von Verdichtungen gesetzlich vorgeschrieben. In einigen Ländern werden, wie auch für die Erosion, Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Verdichtung in Kodizes zur guten landwirtschaftlichen Praxis festgelegt.

#### **7.1.2.3 Versiegelung und Flächenverbrauch**

Der Flächenverbrauch für Infrastruktur, Siedlungs- und Gewerbeflächen sowie Industrie nimmt in fast allen europäischen Ländern stetig zu. Insbesondere in den Industrieländern ist der Flächenverbrauch an das wirtschaftliche Wachstum gekoppelt. Problematisch ist in bestimmten Regionen, dass es häufig zu unkontrollierten Siedlungstätigkeiten infolge mangelnder Raumplanung kommt. Überwiegend richten sich vorhandene Regelungen nicht an die Versiegelung, sondern an das Ziel, hochwertige Agrarflächen sowie Natur- und Wasserschutzgebiete zu schützen.

In der Schweiz wird Bodenversiegelung und der damit verbundene Flächenverbrauch über das Raumplanungsgesetz gesetzlich geregelt. Als Grundsatz gilt der haushälterische Umgang mit Grund und Boden. Die Flächeninanspruchnahme wird, ähnlich wie in Deutschland, instrumentell über die planungsrechtlich vorgeschriebenen Nutzungspläne geregelt, zum Beispiel mit der Ausweisung von Bau-, Landwirtschafts- und Schutzzonen.

#### **7.1.2.4 Belastung mit Chemikalien**

Industrielle Emissionen von Schadstoffen stellen ein komplexes Umweltproblem dar. Wesentliche Quellen

sind Verbrennungsprozesse und Unfälle, das Ausbringen von Agro-Chemikalien und Klärschlamm sowie die Abfallverwertung. Von besonderer Bedeutung sind Schwermetalle und persistente organische Stoffe. Die Versauerung von Böden wird durch die Emission von Schwefeloxiden, Stickoxiden und Ammonium durch Industrie, Verkehr, Viehhaltung und natürliche Prozesse ausgelöst.

Staatliche Maßnahmen zur Eindämmung der stofflichen Bodenbelastung haben allesamt vorsorgenden Charakter. Sie umfassen die Erhebung und Auswertung von Daten, die Festlegung von Grenzwerten, Vorschriften bei der Ausbringung von Düngern und ökonomische Instrumente. Die Einschätzung und Bewertung der stofflichen Bodenbelastung in Österreich erfolgt über umfassende Bodenbeobachtungs- und Bodeninformationssysteme (Bodeninformationssystem BORIS). Dänemark verfügt über ein gesetzlich festgelegtes Monitoring-Netzwerk von 800 Beobachtungsflächen zur Erfassung von Stickstoffgehalten im Boden. In der Schweiz ist die Beobachtung, Überwachung und Beurteilung von Bodenbelastungen über ein nationales Referenznetz zur Beobachtung der Belastungen des Bodens (NABO) gesetzlich vorgeschrieben. Steht fest, dass in bestimmten Gebieten Bodenbelastungen vorhanden sind, geht die Überwachungskompetenz vom Bund auf die Kantone über.

In Slowenien erfolgt der Schutz vor chemischer Bodenbelastung und Kontamination, ähnlich wie in Deutschland, mit Hilfe von rechtlich festgelegten Grenzwerten. Hierfür wurden Konzentrationen für eine große Anzahl von Schadstoffen festgelegt; weiterhin sind Grenzwerte für den jährlichen Eintrag an Schwermetallen in den Boden sowie für den jährlichen Eintrag an Nährstoffen in Verbindung mit Wirtschaftsdüngern oder Klärschlamm festgelegt. Die Schweizer Bodenschutzstrategie basiert auf einem Drei-Werte-System, das in der „Verordnung über Belastungen des Bodens“ mit Richt-, Prüf- und Maßnahmewerten konkretisiert ist. Mit Hilfe von Richtwerten soll die Bodenfruchtbarkeit auf lange Sicht erhalten werden. In den Niederlanden definiert sich der vorsorgende Bodenschutz i. W. über die Vermeidung chemischer Belastungen des Bodens. Ist die Forderung einer Nullimmission nicht umsetzbar, so soll die unvermeidliche Fracht so niedrig wie auf zumutbare Weise nach dem technisch möglichen Stand (ALARA = as low as reasonable achievable) festgelegt sein.

Länderübergreifend wird der Eintrag von Schwermetallen in den Boden durch die Umsetzung der EU-Klärschlammrichtlinie (86/278/EEC) bzw. für den Eintrag von Stickstoff durch die Umsetzung der Nitratrichtlinie (91/676/EEC) geregelt. Österreich regelt den bewirtschaftungsbedingten Schwermetalleintrag über das Düngemittelgesetz (BGBl. 1994/513) und die Düngemittelverordnung (BGBl. 1994/1007-1010). In Slowenien schreibt eine Verordnung vor, den Eintrag von Nährstoffen auf die Aufnahmekapazität der Pflanzen

abzustimmen, Dünger in der Wachstumsperiode auszubringen und zur Minimierung von Nährstoffverlusten Winterfrüchte zu säen. Das Ausbringen von Schlämmen, Kompost und Wirtschaftsdünger ist in definierten Gebieten verboten. In Flandern erfolgt der Schutz vor Schadstoffeintrag in den Boden über Produktregulierungen und anlagenbezogene Umweltgenehmigungen. In den Niederlanden wird die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern zum Schutz vor Grundwasserverunreinigung über das Düngerecht gesetzlich geregelt. In Dänemark sind die Landwirte dazu verpflichtet, jährlich einen Düngeplan vorzulegen, der den Stickstoffverbrauch durch Feldfrüchte dem Stickstoffangebot gegenüberstellt. In Frankreich werden zukünftig Steuern auf Pestizide und Dünger erhoben; Schweden erhebt bereits Steuern für Düngemittel, Dänemark für Pestizide. Vor der Unabhängigkeit Estlands und Lettlands wurden die dort vorherrschenden sauren Böden im Rahmen von Kalkungsprogrammen aufgewertet. Aufgrund der gegenwärtigen finanziellen Situation in diesen Ländern wurden die Maßnahmen weitgehend eingestellt.

#### 7.1.2.5 Kontaminierte Böden, Altlasten

Kontaminierte Böden, industrielle Brachflächen und Altlasten stellen sich in den meisten europäischen Ländern als ernstes Problem dar. Es werden geeignete Strategien zur Lösung dieser Problematik gesucht. Schwierigkeiten bereiten dabei vor allem die Risikoabschätzung und Grenzwertfindung, die Festlegung von Verantwortlichen (sowohl den politisch Verantwortlichen als auch den Überwachungs- und den Sanierungspflichtigen) und die Finanzierung von Sanierungen. Altlasten befinden sich auf alten Industriestandorten und auf Abfalldeponien. Manche Länder, z. B. Deutschland, zählen ehemalige Militärliegenschaften zu den altlastenverdächtigen Flächen; in anderen Ländern werden diese nicht gesondert erwähnt.

In vielen europäischen Ländern gibt es bereits eine weitreichende Gesetzgebung zur Altlastenproblematik. Dabei ist das Verursacherprinzip in den meisten Ländern in unterschiedlicher Konkretisierung implementiert. In der Regel wird zwischen historischen und neuen Altlasten, bzw. Altlasten, die vor und nach In-Kraft-Treten des Gesetzes verursacht wurden, differenziert. Dementsprechend greift das Verursacherprinzip im Falle neuer Altlasten, während sich die Zuordnung von Verantwortlichen oder Verursachern im Falle historischer Altlasten oftmals an den relevanten Regelungen zum Zeitpunkt der Entstehung der Altlast orientiert. In Flandern besteht die gesetzlich festgelegte Verpflichtung, vor der Übertragung eines Grundstücks eine Bodenuntersuchung durchzuführen, wenn ein entsprechender Verdacht besteht. Im Zuge der Privatisierung in Estland wird zunächst der Belastungsgrad einer Fläche bestimmt und die daraus sich ergebenden Pflichten für den Neueigentümer festgelegt. In Österreich werden öffentliche

Fördermittel eingesetzt, die über eine Steuer auf Hausmüll und Gefahrenabfälle erhoben werden.

### 7.1.3 Bodenschutz in der internationalen Umweltpolitik

Auf internationaler Ebene ist der nachhaltige Umgang mit Böden in mehreren Aktionsprogrammen, z. B. in der Agenda 21, verankert oder auch Gegenstand rechtlich unverbindlicher Instrumente, z. B. die Europäische Boden-Charta und die Welt-Boden-Charta (FAO 1982). Internationale Initiativen und Programme der OECD, der FAO und des Europarates haben diese „Empfehlungen“ aufgenommen. Die Europäische Union hat eine Reihe von Regelwerken erlassen, die direkt oder indirekt auf den Schutz und das Management der Böden in der Europäischen Gemeinschaft Einfluss nehmen. Zusammengefasst bilden sie den „acquis communautaire“ in der Bodenschutzpolitik. Das Fünfte Umweltaktionsprogramm richtet sich an Bodenbelange wie Bodendegradierung, Erosion, Versauerung, Abfallmanagement u. a. und stellt den Zusammenhang zwischen Hauptakteuren des Bodenschutzes und verschiedenen Sektoren her. Weiterhin wird die verstärkte Anwendung ökonomischer Instrumente empfohlen.

Das Programm CORINE (Coordination of Information on the Environment) ist eine von der Europäischen Kommission im Jahr 1985 begründete Erfassung von Umweltdaten. Im Rahmen dieses Programms werden u. a. Daten zur Ermittlung des Erosionsrisikos in den südlichen Mitgliedsstaaten zusammengetragen und in Informationssystemen verarbeitet. Das daraus hervorgehende Kartenmaterial dient der Entwicklung politischer Strategien.

Die UN-Konvention zur Bekämpfung von Desertifikation wurde inzwischen von einer Reihe von Mittelmeerlandern ratifiziert. Im Zuge der letzten Rahmenprogramme hat die Europäische Kommission die Probleme der Desertifikation erkannt und berücksichtigt. Ziel ist es, mit Hilfe von Projekten wie MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use) und EFEDA (European Field Experiment in Desertification Threatened Areas) Lösungsstrategien durch grenzüberschreitende Zusammenarbeit von europäischen Universitäten, Unternehmen und Forschungszentren zu fördern.

Raumplanerische Fragen, so auch der Flächenverbrauch, werden im „Green Paper on Urban Environment“ (COM90/218) und im Entwurf der „European Spatial Development Perspective“ angesprochen. Darüber hinaus sollen Bodenversiegelung und -verdichtung durch die Richtlinie zur Umweltverträglichkeitsprüfung (85/337/EC) minimiert werden.

Hinsichtlich der Bodenbelastung mit Chemikalien schließen zahlreiche europäische Richtlinien in den

Bereichen Abfall, Wasser und Luft auch den Schutz von Böden ein. Im Rahmen der europäischen Abfallwirtschaft sind folgende Richtlinien mit Belang für den Boden zu nennen: Abfallrichtlinie (75/442/EWG), Richtlinie über gefährliche Abfälle (91/689/EEC), Richtlinie über Altölbeseitigung (75/439/EWG), Klärschlammrichtlinie (86/278/EEC), Verordnung zur Überwachung und Kontrolle der Verbringung von Abfällen in die und aus der europäischen Gemeinschaft (Nr. 259/93).

Um das Problem der Versauerung zu lösen, hat die Europäische Gemeinschaft 1997 eine Strategie zur Bekämpfung der Versauerung entwickelt. Zur Vermeidung der Umweltbelastung durch emittierende Anlagen ist ferner die IVU-Richtlinie (96/91/EG; Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) von Belang. Auch die Luftreinhalteabkommen der ECE und die damit verbundenen Protokolle besitzen teilweise einen direkten Einfluss auf den Boden. Als Beispiel für eine regionale Vereinbarung gilt das Bodenschutz-Protokoll der Alpenkonvention, das Bodenschutzmaßnahmen in Österreich, Schweiz, Frankreich, Italien und Deutschland vereinbart und harmonisiert.

Zur Altlastenproblematik hat die Europäische Gemeinschaft bislang von politischen oder rechtlichen Maßnahmen auf der Gemeinschaftsebene abgesehen. Vielmehr wurde der Austausch von Informationen und fachlicher Konzepte gefördert. 45 Organisationen aus 16 europäischen Ländern haben von 1996 bis 1998 das Gemeinschaftsprogramm CARACAS (Concerted Action on Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe) durchgeführt. Das Ziel von CARACAS war es, den aktuellen Stand des Wissens bei der Risikobewertung von Altlasten in Europa festzuhalten und den prioritären Forschungsbedarf auf diesem Gebiet zu definieren. Ferner wurden die nationalen Rahmenbedingungen der Altlastenbehandlung in den Europäischen Ländern zusammengefasst. Als Nachfolgeprojekt läuft derzeit CLARINET (Contaminated Land Rehabilitation Network for Environmental Technologies). Zu nennen sind hierbei auch das parallel und ergänzend von der Industrie veranstaltete Programme NICOLE und die Tätigkeit des Ausschusses der NATO-CCMS (CCMS = Committee on Challenges of Modern Society, Komitee zu den Herausforderungen der modernen Gesellschaft), die ebenfalls ein Altlastenprogramm umfassen.

### 7.1.4 Fazit

Die Belastung der Böden ist im europäischen Maßstab vergleichsweise ähnlich, allerdings mit wesentlichen regionalen Schwerpunkten, die den Unterschieden hinsichtlich der Bodeneigenschaften, des Klimas und der Landnutzung folgen. Unterschiede gibt es daneben auch in den Lösungsansätzen, Instrumenten und Maßnahmen hinsichtlich des (vorsorgenden) Bodenschutzes, die

ihrerseits nationale Unterschiede in rechtlichen und umweltpolitischen Ansätzen offenbaren. Dies macht auf einen erhöhten Informationsbedarf und den Austausch von Konzepten und Verfahrensweisen aufmerksam; es ist offenbar, dass die Bodenschutz-Konzepte der europäischen Staaten wesentlich auf bewährte Instrumente des Ordnungsrechtes wie z. B. Grenzwerte sowie auf (landwirtschaftliche) Beratung und auf planerische Instrumente abstellen, während es kaum Neigung zur Schaffung völlig neuer Instrumente etwa zum Genehmigungsrecht gibt. Inwieweit sich hieraus schon auf eine Bodenschutzpolitik „europäischen Typs“ schließen lässt, ist noch offen.

In der europäischen Umweltpolitik („acquis communautaire“) wird Boden von einer Reihe von Richtlinien direkt oder indirekt berücksichtigt. Der „acquis communautaire“ ist jedoch nicht explizit auf den Bodenschutz

ausgerichtet und bietet keine konzeptionelle Zusammenfassung der verschiedenen bodenschutzdienlichen Rechtsinstrumente der Gemeinschaft. Insbesondere gibt es bisher keine kohärente Zielvorgabe zur Integration der Bodenbelange in die Sektropolitiken zu Landwirtschaft, Industrie und Binnenmarkt. Allerdings bietet der in den europäischen Staaten mittlerweile erreichte Diskussionsstand (EU/BMU/UBA 1998) es an, nach Konzepten zum Bodenschutz zu suchen, die auch strategische Verknüpfungen zwischen Agrarmarkt, Entwicklung der ländlichen Räume, Ernährungspolitik, Urbanisierung und Schadstoffmanagement thematisieren können.

Dem Beirat erscheint es wichtig, im internationalen Bereich im Rahmen einer Diskussion der Interpretation und Akzeptanz von Risiken bei der Nutzung von Böden eine inhaltliche Anfüllung über eine vorsorgende Bodennutzung zu erarbeiten.

## 8. Quellen

### Rechts- und Verwaltungsvorschriften, Technische Regeln, Normen u. ä. in Deutschland

AbfKlärV: Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15. April 1992. BGBl I, Nr. 21, S. 912-934.

BauGB: Baugesetzbuch vom 27. August 1997 (BauGB). BGBl I, S. 2141, ber. BGBl I, 1998, S. 137.

BauNVO: Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke vom 23. Januar 1990 (Baunutzungsverordnung – BauNVO). BGBl I, S. 132, zuletzt geändert am 22.4.1993, BGBl I, S. 466.

BauPG: Gesetz über das Inverkehrbringen von und den freien Warenverkehr mit Bauprodukten zur Umsetzung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte (Bauproduktengesetz – BauPG) vom 10. August 1992. BGBl I, S. 1495.

BBodSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) vom 17. März 1998. BGBl I, Nr. 16, S. 502-510.

BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999. BGBl I, Nr. 36, S. 1554-1582.

BImSchG: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) vom 14. Mai 1990. BGBl I, S. 880, zuletzt geändert am 17.3.1998, BGBl I, S. 502.

BioAbfV: Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung – BioAbfV) vom 21. September 1998. BGBl I, Nr. 65, S. 2955-2981.

BNatSchG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz – BNatSchG) vom 21. September 1998. BGBl I, S. 2994.

Bundeswaldgesetz: Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz) vom 2. Mai 1975. BGBl I, S. 1037, geändert am 27.7.1984, BGBl I, S. 1034.

ChemG: Gesetz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz – ChemG) vom 25. Juli 1994. BGBl I, S. 1703, zuletzt geändert am 14.5.1998, BGBl I, S. 950.

ChemVerbotsV: Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalienverbotsverordnung – ChemVerbotsV) vom 19. Juli 1996. BGBl I, S. 1151, zuletzt geändert am 9.10.1996, BGBl I, S. 1498.

DMG: Düngemittelgesetz vom 15. November 1977. BGBl I, S. 2134, zuletzt geändert am 27.9.1994, BGBl I, S. 2705.

DMV: Düngemittelverordnung vom 9. Juli 1991. BGBl I, Nr. 42, S. 1450, zuletzt geändert am 16.7.1997, BGBl I, S. 1835.

DüngeV: Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) vom 26. Januar 1996. BGBl I, Nr. 6, S. 118.

GefStoffV: Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 26. Oktober 1993, BGBl I, S. 1782, zuletzt geändert am 12.6.1998, BGBl I, S. 1286.

GenTG: Gesetz zur Regelung der Gentechnik (Gentechnikgesetz - GenTG) vom 16. Dezember 1993. BGBl I, S. 2066, zuletzt geändert am 21.9.1997, BGBl I, S. 2390, ber. S. 2756.

Grundwasserverordnung: Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung) vom 18. März 1997. BGBl I, S. 542.

KrW-/AbfG: Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz vom 27. September 1994. BGBl I, S. 2705, zuletzt geändert am 22.06.1998. BGBl I, S. 1485.

PflSchG: Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen (Pflanzenschutzgesetz - PflSchG) vom 14. Mai 1998. BGBl I, S. 971, ber. S. 1527.

PlanzV 90: Verordnung über die Ausarbeitung der Bauleitpläne und die Darstellung des Planinhalts (Planzeichenverordnung 1990 – PlanzV 90) vom 18. Dezember 1990. BGBl I, 1991, S. 58. RAL-GZ 250/1-4: Gütezeichen Rinde für Pflanzenbau – RAL-GZ 250 (Gruppe 1 RindenMulch, Gruppe 2 RindenHumus, Gruppe 3 RindenKulturSubstrat, Gruppe 4 RindenErde). Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (RAL), Ausgabe Januar 1991, Bonn.

RAL-GZ 251: Gütezeichen Kompost – RAL-GZ 251. Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (RAL), Bonn.

RAL-UZ 45: Umweltzeichen für Bodenverbesserungsmittel/ Bodenhilfsstoffe aus Kompost – RAL-UZ 45. Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (RAL), Bonn.

RAL-RG 501/2: Gütezeichen für Recyclingbaustoffe aus kontaminierten Böden und Bauteilen – RAL-RG 501/2. Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V. (RAL), Bonn.

ROG: Raumordnungsgesetz (ROG) vom 18.8.1997. BGBl I, S. 2081, geändert am 15.12.1997, BGBl I, S. 2902.

TA Luft: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 27.2.1986. GMBL Nr. 7, S. 95-143, ber. am 4. April 1986, GMBL Nr. 11, S. 202.

UVPG: Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 12. Februar 1990. BGBl I, S. 205, zuletzt geändert am 18.8.1997, BGBl I, S. 2081.

UVPVwV: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung vom 18. September 1995. GMBL 1995, Nr. 32, S. 671-694.

VDI 3956: Ermittlung von Maximalen Immissions-Werten. VDI-Richtlinie 3956 vom Dezember 1997. Verein Deutscher Ingenieure (VDI). VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1a. Beuth Verlag, Berlin.

WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 12. November 1996. BGBl I, S. 1695, geändert am 30.4.1998, BGBl I, S. 823.

### **Rechtsvorschriften der Europäischen Union**

EG-Altstoffverordnung: Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates vom 23. März 1993 zur Bewertung und Kontrolle der Umweltrisiken chemischer Altstoffe. ABl. EG Nr. L 84, S. 1, ber. ABl. EG Nr. L 224, S. 34.

EG-Bauproduktenrichtlinie: Richtlinie 89/106/EWG des Rates vom 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Bauprodukte. ABl. EG Nr. L 40, S. 12.

EG-Grundlagendokument „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“: Grundlagendokument. Wesentliche Anforderung Nr. 3 „Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz“. ABl. EG Nr. C 62, S. 73

EG-Nitratrichtlinie: Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. ABl. EG Nr. L 375, S. 1.

EG-Umweltzeichen: Entscheidung der Kommission vom 7. April 1998 zur Festlegung der Umweltkriterien für die Vergabe des EG-Umweltzeichens für Bodenverbesserungsmittel (98/488/EG). ABl. EG Nr. L 219, S. 39.

IVU-Richtlinie: Richtlinie 96/61/EG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung vom 24. September 1996, ABl. EG Nr. L 257, S. 26.



**Literatur**

- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (4. Aufl.). Herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- AHLERS, J. und KRÄTKE, R. (1998): Das EU-Konzept zur Bewertung der Umweltgefährlichkeit von Chemikalien in Böden, in: ROSENKRANZ et al. (Hrsg.), Bos., Erich Schmidt Verlag, Berlin Kennziffer 5410, 26 S.
- ALT, F.; BAMBAUER, A.; HOPPSTOCK, K.; MERGLER, B.; TÖLG, G. (1993): Platinum traces in airborne particulate matter. Determination of whole content, particle size distribution and soluble platinum. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 346 (6/9): 693-696.
- AMLINGER, F. (1998): Rechtlicher Rahmen der Kompostierung biogener Abfälle in Europa, in: Tagungsband: EU-Symposium „Compost – Quality Approach in the European Union“, Wien, 29.-30.10.1998, edited by Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Wien.
- ANONYM (1996): Leitlinien vom 10. September 1996 zur ordnungsgemäßen landwirtschaftlichen Bodennutzung. Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung und Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg.
- ARGEBAU – Fachkommission „Städtebau“ (1991): Mustererlass „Berücksichtigung von Flächen mit Altlasten bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren“, zit. nach ROSENKRANZ et al. (Hrsg.), Bos., Erich Schmidt Verlag, Berlin. Kennzahl 8820, Berlin.
- ARGUS (1999): Bundesweite Erhebung von mineralischen Abfällen und Nebenprodukten nach Art, Menge und Zusammensetzung, die pflanzenbaulich (vor allem in der Landwirtschaft) verwertet werden. Abschlussbericht eines Forschungsvorhabens der Arbeitsgruppe Umweltstatistik an der Technischen Universität Berlin (ARGUS) im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- ARL (1999): Operative nutzungs- und schutzgutbezogene Ziele – Böden, Bericht des Arbeitskreises „Nachhaltigkeit in der Regionalplanung“ der Akademie für Raumordnung und Landeskunde (ARL). Veröffentlichung in Vorbereitung.
- ATV (1990): Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser. Arbeitsblatt A 138 der Abwassertechnischen Vereinigung e.V. (ATV).
- AUERSWALD, K. und KAINZ, M. (1998): Erosionsgefährdung (C-Faktor) durch Sonderkulturen. *Bodenschutz* 3/98, S. 98-102. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- AUERSWALD, K. und SCHWERTMANN, U. (1988): Modelle zur Erosionsvorhersage als Entscheidungsgrundlage des Bodenschutzes. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G., HARREß, H.-M. (Hrsg.): *Bodenschutz*. Kennziffer 4085. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BACHMANN, G. und DINKELBERG, W. (1995): Soil Background Values in Germany, in: van den BRINK, W.J., BOSMAN, R., ARENDT, F. (eds.): *Contaminated Soil '95*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 347-356.
- BACHMANN, G.; FREIER, K.; KONIETZKA, R. (1995): Soil Levels Based on the German Soil Protection Legislation (Draft), in: van den BRINK, W.J., BOSMAN, R., ARENDT, F. (eds.): *Contaminated Soil '95*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 711-719.
- BACHMANN, G. (1996): Boden – Stoffeinträge und Bodenqualitätsziele. Beitrag zur Anhörung „Boden – Resource, Stoffeinträge“ der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen für eine nachhaltige zukunftsverträgliche Entwicklung“, am 15. April 1996, unter Mitarbeit von K. Tertyze, C.G. Bannick, B. Werner, T. Kaiser, E. Giese, M. Gorny, J. Ahlers und K.-O. Henseling. Umweltbundesamt, Berlin.
- BACHMANN, G. (1997): Anforderungen des Bodenschutzes an den Immissionsschutz. In: LFU/UBA (1997): *Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden. Nutzung neuer Sammel- und Nachweisverfahren – Fachgespräch am 27. November 1996*.

- BACHMANN, G.; BANNICK, C.-G.; GIESE, E.; GLANTE, F.; KIENE, A.; KONIETZKA, R.; RÜCK, F.; SCHMIDT, S.; TERYTZE, K.; VON BORRIES, D. F. (1997a): Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes, in: ROSENKRANZ et al. (Hrsg.), Bos. Erich Schmidt Verlag, Berlin Kennziffer 3500, S. 121 S.
- BACHMANN, G.; BERTGES, W.D.; KÖNIG, W. (1997b): Eckpunkte für Prüfwerte zur Gefahrenbeurteilung von belasteten Böden, Zs. Bodenschutz, 1, S. 6 - 12.
- BACHMANN, G.; von BORRIES, D.F.; KÖNIG, W. (1997): Standards for Soil Contamination: Results of a Federal / State Working Group, Intern. Journal of Toxicology, 16: 487-494, Taylor , Francis.
- BACHMANN, G.; BANNICK, C.G.; GIESE, E.; GLANTE, F.; KIENE, A.; KONIETZKA, R.; RÜCK, F.; SCHMIDT, S.; TERYTZE, K. , von BORRIES, D. (1998): Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. Bodenschutz und Altlasten, Band 4, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BACHMANN, G. und KONIETZKA, R. (1999): Ableitung von Grenzwerten (Umweltstandards) – Boden, in: WICHMANN / SCHLIPKÖTER / FÜLGRAFF, Handbuch Umweltmedizin, ecomed, München, 16. Erg.-Lfg. 8/99.
- BACHMANN, G. (1999): Boden: Vom letzten Dreck zum Schutzgut, in: WEILAND (Hrsg.), 1999, S. 273-284.
- BAGS (1995): Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales, Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene, Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamtinnen und -beamten der Länder, Standards zur Expositionsabschätzung, Hamburg, 1995.
- BARKOWSKI, D.; GÜNTHER, P.; KRAUSE, H.; MACHTOLF, M. (1999): Methoden und Ergebnisse zur Resorptionsverfügbarkeit relevanter Schadstoffe in kontaminierten Böden und Materialien, UBA-Texte 6/99, Berlin.
- BARTH, H. und L'HERMITE, P.(1985): Scientific Basis for Soil Protection in the European Community, Elsevier Applied Science, London and New York, 630 p.
- BÄRTSCH, A. und SCHLATTER, C. (1988): Platinemissionen aus Automobil-Katalysatoren. Eine toxikologische Beurteilung. Literaturstudie, Schriftenreihe Umweltschutz (Gesellschaft Österreichischer Chemiker ) 95: 58 S.
- BDG, (o.D., (1999)): Bund Deutscher Gartenfreunde, Bodenschutz – Merkblätter, Bonn (net: \\ www.kleingarten-bund.de).
- BDKS (1997): Bundesverbands der Deutschen Kies- und Sandindustrie e. V., Geschäftsbericht 95/96.
- BENNETT, D. 1998: Recent Developments in the EPA Superfund Approach for Risk Assessment, in: VISSER (1993), S. 23-32.
- BERTGES, W.-D.; EWERS, U.; VIERECK-GÖTTE, L. (1994): Erarbeitung von Vorschlägen für länderübergreifende schutzgut- und nutzungsbezogene Bodenprüfwerte, altlastenspektrum Heft 4, S. 217 - 230.
- BEUCKER, S. und MAERTINS, C. (1998): Nachhaltige Entwicklung von Regionen – Erfordernisse und Möglichkeiten bürgerlicher Mitwirkung am Beispiel des Raumes Bitterfeld, Wolfen und Dessau. Institut für technischen Umweltschutz, Technische Universität, Berlin.
- BIELERT, U.; HEINRICHS, H.; BECKER, K.-W. (1999): Validierung von Boden-Eluatgehalten zur Prognose von Inhaltsstoffen des Bodensickerwassers für das untergesetzliche Regelwerk / BBodSchV. UBA-Texte Nr. 86/99, Berlin.
- BLAC (1998): Auswirkungen der Anwendung von Chlorfibrinsäure und anderer Arzneimittel auf die Umwelt und Trinkwasserversorgung. Bericht des Bund-/ Länderausschusses Chemiekaliensicherheit (BLAC) an die 50. Umweltministerkonferenz.
- BLOSS, W. (1992): Umsetzung der EG-Bauproduktenrichtlinie durch das Bauproduktengesetz. BBauBl, Heft 11/92, S. 802-810.

- BLOSSEY, S. und LEHLE, M. (1998): Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Bodenschutz 4/98, S. 131-133, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BLUME, H.-P.; EGER, H.; FLEISCHHAUER, E.; HEBEL, A.; REIJ, C.; STEINER, G. (Hrsg.) (1998): Towards Sustainable Land Use. Furthering cooperation between people and institutions. Volume I. Selected papers of the 9<sup>th</sup> conference of the International Soil Conservation Organisation (ISCO). Advances in GeoEcology 31, Catena Verlag, Reiskirchen.
- BMI (1983): Bundesminister des Innern, Abschlussbericht der Projektgruppe „Aktionsprogramm Ökologie“. Argumente und Forderungen für eine ökologisch ausgerichtete Umweltvorsorgepolitik, Umweltbrief Nr. 29, Bonn, 127 S.
- BML (1996): Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Deutscher Waldbodenbericht 1996. Band 1., Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn.
- BML (1998): Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz. Broschüre des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten mit dem Wortlaut der im Bundesanzeiger Nr. 220a vom 21.11.1998 bekanntgegebenen Grundsätze für die Durchführung der guten fachlichen Praxis im Pflanzenschutz.
- BML (1999): Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Grundsätze und Handlungsempfehlungen zur guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung nach § 17 Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17. März 1998. Bekanntmachung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten vom 23.2.1999. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 8021. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BMU (1986): Leitlinien der Umweltvorsorge, BT-Drucksache 10/6028 bzw. Der Umweltbrief No 33, Bonn
- BMU (1999a): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bekanntmachung über Methoden und Maßstäbe für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 18. Juni 1999. Bundesanzeiger Nr. 161a, ausgegeben am 28. August 1999.
- BMU (1999b): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Einsatz von Kompost als Sekundärrohstoffdünger, Bodenhilfsstoff und Kultursubstrat. BMU-Umwelt Nr. 1/1999, S. 30-32.
- BMU (1999c): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Environmental Policy. Soil Protection Policies within the European Union. Proceedings of a Workshop, December 9 – 11 1998, Bonn, 508 S.
- BMU / UBA (1998): Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - AG WA I 5 / Umweltbundesamt, Basisdaten Toxikologie für umweltrelevante Stoffe zur Gefahrenbeurteilung bei Altlasten. Grundlage für untergesetzliche Regelungen zum Bundes-Bodenschutzgesetz. BMU – Umwelt Nr. 7 / 8 1998, S. 346 - 348.
- BOLLER, M. und HÄFLIGER, M. (1996): Verbleib von Schwermetallen bei unterschiedlicher Meteorwasserentsorgung. Gas – Wasser – Abwasser 1/96, S. 3-15.
- BORK, H.-R. (1991): Bodenerosionsmodelle – Forschungsstand und Forschungsbedarf. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, 205. Sonderheft: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Band 3: Bodenerosion, Verlag Paul Parey, Berlin, S. 51-67.
- BORK, H.-J.; BORK, H.; DALCHOW, C.; FAUST, B.; PIORR, H.-P.; SCHATZ, T. (1998): Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa. Wirkungen des Menschen auf Landschaften, Klett – Perthes, Gotha und Stuttgart, 328 S.
- BOSCH, C. (1994a): Ökologische Bodenfunktionen: Beiträge der Bodenökologie zum Bodenschutz. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 1480. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BOSCH, C. (1994b): Versuch einer „Roten Liste natürlicher Böden“ zum Schutz von Seltenheit und Naturnähe von Böden. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 7050. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

- BRANDT, E. und SANDEN, J. (1999): Verstärkter Bodenschutz durch die Verzahnung zwischen Bau- und Raumordnungsrecht und Bodenschutzrecht, in: UPR 1999/10, S. 367 - 374.
- BROWN, P. und GAJDUSEK, D.C. (1991): Survival of Scrapie Virus After Three Years Interment. *Lancet* 1991; 337:269-270.
- BROWN, L.R. und KANE, H. (1994): Full House. Reassessing the Earth's Population Carrying Capacity. W•W•Norton und Company, New York.
- BRUHN, T.; GÜLDEN, M.; LUDEWIG, S.; SEIBERT, H. (1999): Einstufung von Schadstoffen als endokrin-wirksame Substanzen. UBA Texte 65/99, ISSN 0722-186X.
- BRUNOTTE, J.; WINNIGE, B.; FRIELINGHAUS, M.; SOMMER, C. (1999): Der Bodenbedeckungsgrad – Schlüssel für gute fachliche Praxis im Hinblick auf das Problem Bodenabtrag in der pflanzlichen Produktion. *Zeitschrift Bodenschutz* 2/99, S. 57-61. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BUCHWALD, K. und ENGELHARDT, W. (Hrsg.) (1999): Schutz des Bodens. Reihe Umweltschutz – Grundlagen und Praxis, Band 4, Economica Verlag, Bonn.
- BÜCKMANN, W.; JORDAN, K.; ROGALL, H.; WOLFF, J. (1999a): Regionaler Bodenschutz in der Bundesrepublik Deutschland. Heymanns, Berlin.
- BÜCKMANN, W.; JÄNICKE, M.; HEUI LEE, Y.; TIETZ, W.; WOLFF, J.; ZIESCHANK, R. (1999b): Steuerungsfunktion von Recht, Politik, Planung und Information am Beispiel des Bodenschutzes, hrsg. Von FAGUS (Interdisziplinäre Forschungsarbeitsgemeinschaft für Gesellschaft, Umwelt und Siedlung) der Technischen Universität Berlin, FAGUS-Schriften Band 8, Berlin, 277 S.
- BUNDES-BODENSCHUTZGESETZ (1998): BGBl. I, G5702 Nr. 16 vom 24.3.1998, S. 502-510.
- BUNDESREGIERUNG (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung, Verlag Kohlhammer, Bonn.
- BUNDESVERWALTUNGSGERICHT: BVerw. GE 69, 37, 44; DVBL. 84, 476 = NVwZ. 89, 371ff.
- BUNZEL, A.; FRERICH, S.; HINZEN, A.; KAHMANN, B.; OHLIGSCHLÄGER, G. (1998): Umweltschutz im Baugenehmigungsverfahren, herausgegeben vom Umweltbundesamt, Raabe Verlag Düsseldorf, 224 S.
- BVB (1997): Bundesverband Boden (Hrsg.), Bodenschutz in der Planung, Skript zur Jahrestagung 1997, Berlin, 94 S.
- BVB (1999a): Bundesverband Boden, Regenwasserversickerung und Bodenschutz. BVB-Materialien, Band 2, mit Beiträgen der Fachtagung des Fachausschusses Regenwasserversickerung im Bundesverband Boden e.V. (BVB), Berlin.
- BVB (1999b): Bundesverband Boden, Grundsätze des Bodenschutzes bei der nützlichen und schadlosen Verwertung von Abfällen. Entwurf der Fachgruppe 2 „Fachtechnik“ des Bundesverbandes Boden e.V. (BVB). Veröffentlichung in Vorbereitung.
- CAMEROUN, J. und ABOUCHAR, J. (1991): The Precautionary Principle: A fundamental Principle of Law and Policy for the Protection of the Global Environment. *Boston College International and Comparative Law Review* 14, (1), S. 1-27.
- CONSULAQUA (1998): Erprobung und Validierung eines Klassifizierungssystems für das Mobilitätspotenzial von Stoffen in Boden und Grundwasser. Gutachten der Firma Consulaqua GmbH, Hamburg, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.
- DELSCHEN, T. und RÜCK, F. (1997): Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung von belasteten Böden im Hinblick auf den Pfad Boden / Pflanze, *Zs. Bodenschutz* 4, S. 114-121.
- DENNEMANN, C. (1998): Standard Setting and Risk Assessment Based on the Dutch Soil Protection Act, in: VISSER (1993), S. 37-52.
- DFG (1994): Deutsche Forschungsgesellschaft Ökotoxikologie von Pflanzenschutzmitteln. Sachstandsbericht der Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft. Mitteilung 1, VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.

- DFG (1997): Deutsche Forschungsgesellschaft, Potentielle Schadorganismen und Stoffe in Futtermitteln sowie in tierischen Fäkalien. Sachstandsbericht (Kurzfassung) der Arbeitsgruppe „Beurteilung von potenziellen Schadorganismen und Stoffen in Futtermitteln sowie tierischen Fäkalien“ der DFG-Senatskommission zur Beurteilung von Stoffen in der Landwirtschaft. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Bonn.
- DIETER, H.H. und KONIETZKA, R. (1995): Which Multiple of a Safe Body Dose Derived on the Basis of Default Factors Would Probably Be Unsafe? *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 22, 262-267.
- DIN (1998): Deutsches Institut für Normung e.V., Deutsche Norm: Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial. DIN 19731 vom Mai 1998. Berlin.
- DOETSCH, P. und RÜPKE, A. (1998): Revitalisierung von Altstandorten versus Inanspruchnahme von Naturflächen. Texte 15/98 des Umweltbundesamtes, Berlin.
- DUNGER, W. (1998): Die Bindung zwischen Bodenorganismen und Böden und die biologische Beurteilung von Böden. *Zeitschrift Bodenschutz* 2/98, S. 62-68. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- DÜRKOP, J.; DUBBERT, W.; NÖH, I. (1999): Beitrag der Biotechnologie zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Texte 1/99 des Umweltbundesamtes, Berlin.
- DÜRR, H.-J.; PETELKAU, H.; SOMMER, C. (1995): Literaturstudie „Bodenverdichtung“. Texte 55/95 des Umweltbundesamtes.
- DVWK (1996): Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Bodenerosion durch Wasser. Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen. Merkblätter zur Wasserwirtschaft, 239/1996, Bonn.
- EIKMANN, T.; HEINRICH, U.; HEINZOW, B.; KONIETZKA, R. (Hrsg.) (1999): Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen, ergänzbares Handbuch toxikologischer Basisdaten und ihre Bewertung; Grundwerk; Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- EIKMANN, T. und KLOKE, A. (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden – Eikmann-Kloke-Werte – in: ROSENKRANZ et al. (Hrsg.), Bos., 14. Lfg., Kennzahl 3590, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- ENQUETE-KOMMISSION (1994a): Die Industriegesellschaft gestalten – Perspektiven für einen nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen. Bericht der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Bewertungskriterien und Perspektiven für umweltverträgliche Stoffkreisläufe in der Industriegesellschaft“ des 12. Deutschen Bundestages. Economica Verlag, Bonn.
- ENQUETE-KOMMISSION (1994b): Schutz der Grünen Erde. Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Dritter Bericht der Enquête-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages. Economica Verlag, Bonn.
- ENQUETE-KOMMISSION (1997): Konzept Nachhaltigkeit. Fundamente für die Gesellschaft von morgen. Zwischenbericht der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen Bundestages. Zur Sache 1/97, Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn.
- ENQUETE-KOMMISSION (1998): Konzept Nachhaltigkeit. Vom Leitbild zur Umsetzung. Abschlussbericht der Enquête-Kommission „Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung“ des 13. Deutschen Bundestages. Zur Sache 4/98, Deutscher Bundestag, Referat Öffentlichkeitsarbeit, Bonn.
- EU/BMU/UBA (1998): Europäische Union/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt: The Bonn Memorandum on Soil Protection Policies in Europe. Memorandum of the International Workshop „Soil Protection Policies within the European Union“, Bonn, 9 to 11 December 1998.
- EWERS, U.; VIERECK-GÖTTE, L.; HERGET J. (1994): Bestandsaufnahme der vorliegenden Regelwerke zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen und synoptische Darstellung der diesen Werten zugrunde liegenden Ableitungskriterien und -modelle, erstellt im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin in Verbindung mit dem Altlastenausschuss der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA-ALA), UBA-Texte 35 / 94, Berlin.

- EWERS, U.; VIERECK-GÖTTE, L.; KOUROS, B. (1995): Regelwerke und Handlungsempfehlungen zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen und zum Umgang mit kontaminierten Böden, in: WICHMANN, E., SCHLIPKÖTER, H.-W., FÜLGRAFF, G., Handbuch Umweltmedizin, 7. Erg.Lfg. 11 / 95, 23. S.
- FABER, J. H. (1998): Ecological Risks of Soil Technische Commissie Bodembescherming. The Hague, NL.
- FAO (1982): World Soil Charta. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Rom, C 81/27 FAO.
- FEDERAL MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, NATURE CONSERVATION AND NUCLEAR SAFETY AND FEDERAL ENVIRONMENTAL AGENCY (eds.) (1998): Risk Assessment Models and Risk Management for Contaminated Sites. Final Report. Concerted Action for Contaminated Sites in European Union funded by EC - DG XII, Berlin.
- FEGER, K.-H. (1997): Boden- und Wasserschutz in mitteleuropäischen Wäldern. II. Gefährdungspotenziale und Bewertung. Bodenschutz 4/97, S: 134-138, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- FERGUSON, C. C. (1998a): „Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe“ Volume 1 – Scientific Basis. Concerted Action for Contaminated Sites in European Union 1996-1998, LQM Press, Nottingham.
- FERGUSON, C.C. (1998b): „Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe“ Volume 2 – Policy Frameworks. Concerted Action for Contaminated Sites in European Union 1996-1998, LQM Press, Nottingham.
- FERGUSON, C. C. (1999): Assessing Risks from Contaminated Sites: Policy and Practice in 16 European Countries, in: Land Contamination and Reclamation, 7 ( 2) 1999, P. 87-108.
- FINCK, A. (1991): Pflanzenernährung in Stichworten. Gebrüder Borntraeger, Stuttgart.
- FISCHER, M. (1996): Vergleich und Bewertung des Krebsrisikos durch Luftverunreinigungen, in: Umweltbundesamt, Berichte 6/96, S. 54 ff., Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- FLECKENSTEIN, K. (1988): Kies- und Natursteinabbau – Argumente für eine vergleichende Umweltverträglichkeitsprüfung. Natur und Landschaft, Heft 2 (1988), S. 62-65.
- FRIELINGHAUS, M.; BEESE, F.; ELLERBROCK, R.; MÜLLER, L.; ROGASIK, H. (1999): Risiken der Bodennutzung und Indikation von schädlichen Bodenveränderungen in der Gegenwart. In: BUCHWALD, K. ; ENGELHARDT, W. (Hrsg.) (1999): Schutz des Bodens. Economica Verlag, Bonn.
- FRIELINGHAUS, M.; MÜLLER, L.; SCHRADER, A.; WERNER, A.; BACHINGER, J. (1997): Maßstäbe bodenschonender landwirtschaftlicher Bodennutzung – Erarbeitung von Beurteilungskriterien und Messparametern als Grundlagen für fachliche Regelungsansätze. Bericht zum Teil I des Forschungsvorhabens Nr. 207 02 009 des Umweltbundesamtes.
- FÜRCHTENICHT, K. (1998): Problematik hochaufgedüngter Böden. In: Arbeitshefte Boden 1/1998: „Bodennutzung und Bodenschutz“, S. 35-45. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFb), Hannover.
- GALLENKEMPER, B.; BECKER, G.; FRITSCHKE, M. (1993): Schadstoffgehalte von Bankettschäl- und Kehr- gut und deren umweltfreundliche Entsorgung. Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik, Heft 664, Bonn.
- GIESE, E. (1999): Geoökologische Aspekte der Infiltration von Niederschlagsabflüssen unter besonderer Berücksichtigung des Bodenschutzes, Diplomarbeit Universität Potsdam, Potsdam.
- GLIESCHE, C.G. (1999): Mikrobielle Diversität und Aktivität im Sickerraum und oberflächennahen Grundwasser. In: WALTHER, W. (Hrsg.) (1999a): Umsatz von Nährstoffen und Reaktionspartnern unterhalb des Wurzelraumes und im Grundwasser – Bedeutung für die Wasserbeschaffenheit. Institut für Grundwasserwirtschaft, Technische Universität Dresden, Mitteilung, Heft 2.
- GORE, A. (1992): Earth in the Balance. Ecology and the human spirit. Houghton Mifflin Company, Boston.
- GOBIERNO VASCO 1998: Valores máximos admisibles en suelos (vie - B) para la protección de la salud, IHOBE, Bilbao

- GRATHWOHL, P. (1999): Handbuch Bodenschutz 2000.
- GRÖNGRÖFT, A.; HOCHFELD, B.; MIEHLICH, G. (1999): Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen. Kurzfassung eines Gutachtens im Auftrag der Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg.
- GROTEHUSMANN, D. (1997): Schadstoffe im Regenwasser und Auswirkungen auf die Versickerung. 3R international, Heft 11, S. 651-653.
- GÜLDEN, M.; TURAN A.; SEIBERT H. (1997): Substanzen mit endokriner Wirkung in Oberflächengewässern. Forschungsbericht des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 46/97.
- HACK, A.; KRAFT, M.; MACKRODT, P.; SELENKA, F.; WILHELM, M. (1998): Mobilisierung von Blei und Quecksilber aus real kontaminiertem Bodenmaterial durch synthetische Verdauungssäfte unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Lebensmitteln. Methodenvergleich, Umweltmed. Forsch. Prax. 3 (5) 297-305, ecomed, Landsberg.
- HACK, A.; KRAFT, M.; SELENKA, F. (1997): Erfassung und Bewertung von Daten zur biologischen Verfügbarkeit altlastenrelevanter Stoffe, Teilprojekt Bioverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus Böden, Abschlussbericht.
- HADLOW, J. W.; KENNEDY, R. C.; RACE, R. E.; EKLUND, C. M. (1979). Natural infection of the sheep with scrapie virus. Slow Transmissible Diseases of the Nervous System. S. B. Prusiner and W. J. Hadlow. New York, Academic Press. 2: 331-356.
- HADLOW, W. J.; KENNEDY, R. C.; RACE, R. E. (1982). Natural infection of Suffolk sheep with scrapie virus. Journal of Infectious Disease 146: 657-664.
- HAIGH, N. (1993): The Precautionary Principle in British Environmental Policy. Institute for European Environmental Policy, London.
- HANSMANN, K. (1991): Vorsorgepflichten bei nichtgenehmigungspflichtigen Anlagen. In: Neuere Entwicklungen im Immissionsschutzrecht S. 10. Düsseldorf: MURL
- HANUS, H. und HORN, R. (1992): Bodenverdichtung. In: BLUME, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. 2. Auflage 1992, S. 161ff, Ecomed Verlag.
- HAPPE, M.; MOHS, B.; OHLIGSCHLÄGER, G.; GRABE, CH. ; KASCHLUN, W. (1999): Bodenschutz und Landschaftsverbrauch. Texte Nr. 15/99 des Umweltbundesamtes.
- HÄRDTLEIN, M.; KALTSCHMITT, M.; LEWANDOWSKI, I.; WURL, H. N. (Hrsg.) (1999): Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft. Landwirtschaft im Spannungsfeld zwischen Ökologie, Ökonomie und Sozialwissenschaften, Erich Schmidt Verlag Berlin, 421 S.
- HARTKOPF, G. und BOHNE, E. (1983): Umweltpolitik. Band 1. Grundlagen, Analysen und Perspektiven. Opladen, Westdeutscher Verlag, 478 S.
- HARTKOPF, G. (1972): Das Umweltprogramm der Bundesregierung. Rede anlässlich des 14. Mainauer Gespräches am 20.4.1972. In: BMI (Hrsg.) (1979): Günter Hartkopf, Reden 1969 – 1979, Bonn.
- HELD, M.; KÜMMERER, K.; BRANDT, K. (1998): Preserving Soils for Life. Proposal for a „Convention on Sustainable Use of Soils“ (Soil Convention)/ Böden als Lebensgrundlage erhalten. Vorschlag für ein „Übereinkommen zum nachhaltigen Umgang mit Böden“ (Bodenkonvention). Schriftenreihe zur politischen Ökologie, Heft 5, ökom verlag, München.
- HINDEL, R.; GEHRT, E.; KANTOR, W.; WEIDNER, E. (1998): Spurenelementgehalte in Böden Deutschlands: Geowissenschaftliche Grundlagen und Daten, in: ROSENKRANZ et al. (Hrsg.), Bos. 25. Lfg., Erich Schmidt Verlag, Berlin, 75 S.
- HOFSTÄTTER, A. und MOCHE, P. (1999): Durstige Dächer. Umweltmagazin, April 1999, S. 50-53.
- HOLZWARTH, F.; RADTKE, H.; HILGER, B.; BACHMANN, G. (1999): Bundes-Bodenschutzgesetz und Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Handkommentar, 2. erweiterte und neu bearbeitete Auflage, Erich Schmidt Verlag, Reihe Bodenschutz und Altlasten Nr. 5, Berlin.

- HORN, R. (1999): Verdichtung von Böden - Überlegungen zum Prozess und zur Prognose der mechanischen Belastbarkeit. Wasser und Boden, 51/5, S. 9-13, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin.
- HOUGHTON, Sir John (1996): Sustainable Use of Soil, 19th Report by The Royal Commission on Environmental Pollution, London. JÄNICKE, M., P. KUNIG, M. STITZEL (1999): Lern- und Arbeitsbuch Umweltpolitik; Politik, Recht und Management des Umweltschutzes in Staat und Unternehmen. Dietz-Verlag, Bonn, 432 S.
- HÜBLER, K.-H. (1997): Raum und Siedlungsstrukturen im Wandel. Überarbeitetes Manuskript eines Vortrages anlässlich der Tagung „Zukunftsfähige Verkehrsentwicklung“ der TU Berlin, 24.04.1997.
- HÜBLER, K.-H. und BACHMANN, G. (1984): Funktionsgruppe Land- und Forstwirtschaft, in: Arbeitskreis Funktionsräumliche Arbeitsteilung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Forschungs- und Sitzungsbericht Bd. 153, Hannover, S. 1-36.
- HÜBLER, K.-H.; SCHARMER, E.; WEICHTMANN, K.; WIRZ, S. (1980): Zur Problematik der Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse. Veröffentlichung der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, ARL - Abhandlungen Bd. 80, Hannover.
- HUND, K. und KÖRDEL, W. (1999): Möglichkeiten zur Ableitung von „Regelungswerten“ im Bundes-Bodenschutzgesetz auf Grundlage mikrobiologischer Untersuchungen (Stoffumwandlungsfunktion), Chemosphäre, im Druck.
- IHME, W. (1994): Allgemeines Modell zur Quantifizierung der Exposition des Menschen durch kontaminierte Böden (Diss.), Verlag Shaaker, Aachen.
- JÄNICKE, M.; KUNIG, P.; STITZEL, M. (1999): Lern- und Arbeitsbuch Umweltpolitik. Politik, Recht und Management des Umweltschutzes in Staat und Unternehmen, Verlag J.H.W. Dietz Nachf., Bonn, 431 S.
- JENSEN, I. und ENDRES, F. (1999): Luftbürtige Stoffe mit Relevanz für den Boden. In: LfU/UBA (1999): Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden.
- JOSCHKO, M. (1990): Bodentiere und Bodenphysik. In: Bodenorganismen und Bodenschutz - Flächenstilllegung und Extensivierung in der Landwirtschaft. Berichte der Norddeutschen Naturschutzakademie (NNA), Heft 2, 1990, S. 65-68.
- JÜTTNER, W. (2000): Bodenschutz im Spannungsfeld zwischen Vor- und Nachsorge. Festvortrag des niedersächsischen Umweltministers W. Jüttner auf der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft am 8.9.1999 in Hannover. Veröffentlichung in Vorbereitung.
- KAHLENBORN, W.; DIERKES, M.; KREBSBACH-GNATH, C.; MÜTZEL, S.; ZIMMERMANN, K.W. (1995): Berlin – Zukunft aus eigener Kraft. Ein Leitbild für den Wirtschaftsstandort Berlin. Forum GKB. FAB-Verlag, Berlin.
- KAISER, T. (1999): Überprüfung eines einfachen, schnellen und rationellen Verfahrens zur groben Abschätzung der langjährigen Verdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter Böden in Landwirtschaftsbetrieben. Anhang 1 (Teilvorhaben) zum Abschlussbericht des Forschungsvorhabens 295 74 022 des Umweltbundesamtes „Anpassung und Anwendung von Beurteilungskriterien und Messparametern für nutzungsbezogene Bodenqualitätsziele“.
- KAISER, T.; SCHWARZ, W.; FROST, M.; PESTEMER, W. (1998): Evaluierung des Gefährdungspotenzials bisher wenig beachteter Stoffeinträge in Böden, UBA - Texte 60/1998, Berlin.
- KALBERLAH, O. (1990): Tiere im Boden und ihre Bedeutung – Aspekte bodenbiologischer Zusammenhänge. In: Bodenorganismen und Bodenschutz - Flächenstilllegung und Extensivierung in der Landwirtschaft. Berichte der Norddeutschen Naturschutzakademie (NNA), Heft 2, 1990, S. 59-64.
- KARL, J. (1997): Bodenbewertung in der Landschaftsplanung. Methode zur Bilanzierung von Eingriffen in das Schutzgut Boden und den Bodenwasserhaushalt. Naturschutz und Landschaftsplanung 29, (1), S. 5-17.
- KIEMSTEDT, H. (†); MÖNNECKE, M.; OTT, St. (1996): Methodik der Eingriffsregelung. Vorschläge zur bundeseinheitlichen Anwendung von § 8 BNatSchG. Naturschutz und Landschaftsplanung 28, (9), S. 261-271.



- KLAUER, B. (1999): Was ist Nachhaltigkeit und wie kann man eine nachhaltige Entwicklung erreichen? Zeitschrift für angewandte Umweltforschung 12 (1), S. 86-97.
- KLOKE, A. (1980): Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitteilungen VDLUFA, H. 1-3, S. 9-11.
- KLOKE, A. (1993): Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Richtwerte 1980 von Prof. Adolf Klope. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9300. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- KLOKE, A. (1999): Kreislaufwirtschaft contra Bodenschutz. Bodenschutz 2/99, S. 47-52.
- KNOCH, H.; BRAND, P.; VIERECK-GÖTTE, L.; BÖKEN, H. (1998): Schwermetalltransfer Boden-Pflanze, Ergebnisse der Auswertungen hinsichtlich der Königswasser- und Ammoniumnitratextraktion anhand der Datenbank TRANSFER, UBA-UFOPLAN, Veröffentlichung in Vorbereitung.
- KOEHLER, H., MATHES, K., BRECKLING, B. (Hrsg.) (1999): Bodenökologie interdisziplinär, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 241 S.
- KOHL, R.; BANNICK, C.G.; MEYER-STEINBRENNER, H. (1997): Anforderungen an die Verwertung von kultivierbarem Bodenmaterial. Empfehlungen zu Technischen Regeln aus der Arbeit der Bund-/ Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 7210, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- KONIETZKA, R. und DIETER, H.H. (1998): Ermittlung gefahrenbezogener chronischer Schadstoffdosen zur Gefahrenabwehr beim Wirkungspfad Boden – Mensch, in: ROSENKRANZ et al. (Hrsg.), Bos., Kennzahl 3530, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- KÖRDEL, W.; HERRCHEN, M.; KLEIN, M.; KLEIN, W. (1997): Einfluss von Pflanzenschutzmitteln auf die Qualität landwirtschaftlicher Böden und angrenzender Ökosysteme. Bodenschutz 1/97, S. 6-9. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- KÖRSCHENS, M. und SCHULZ, E. (1999a): Die organische Bodensubstanz – Dynamik – Reproduktion – ökonomisch und ökologisch begründete Richtwerte. Bericht Nr. 13 des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle (UFZ).
- KÖRSCHENS, M. und SCHULZ, E. (1999b): Bestimmung optimaler C- und N-Gehalte in Ackerböden. Teilbericht im Rahmen des Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes „Anpassung und Anwendung von Beurteilungskriterien und Messparametern für nutzungsbezogene Bodenqualitätsziele“ (TLL 1999).
- KTBL (1998): Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Schlussfolgerungen für die gute fachliche Praxis. Arbeitspapier 266, Darmstadt (Hrsg.). Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.
- KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G.; SCHWERDTFEGGER, G. (1988): Bodenkunde. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- KÜHLING, W.; PETERS, H.-J. (1994): Die Bewertung der Luftqualität bei der Umweltverträglichkeitsprüfung, Bewertungsmaßstäbe und Standards zur Konkretisierung einer wirksamen Umweltvorsorge, UVP-Spezial 10, Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur
- LABES, G.; DANNEBER, G.; SIMON, R. (1999): Abschätzung der Einwirkungen gentechnisch veränderter Kulturpflanzen auf den Boden, vor allem auf die organische Bodensubstanz als Träger der Lebensraumfunktion – Darstellung des Kenntnisstandes und Abschätzung von Wirkungsszenarien, UBA – Texte 34 / 99, Berlin, 217 S.
- LABO (1995a): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Anforderungen an den Einsatz von Biokompost und Klärschlamm bei der Rekultivierung von langjährig devastierten Flächen der Braunkohletagebaue in den neuen Bundesländern. Bericht der LABO/LAGA-AG „Abfallverwertung auf devastierten Flächen“. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9007, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

- LABO (1995b): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Empfehlungen der LABO zur planerischen Umsetzung von Bodenschutzzielen. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9005, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LABO (1997): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Ausgewählte Ziele der Raumordnung und Landesplanung zum Bodenschutz. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9008, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LABO (1998): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden, 2. ergänzte und überarbeitete Auflage, in: ROSENKRANZ et al. (Hrsg.), Bos., Erich Schmidt Verlag, Kennziffer 9006, Berlin, 1998.
- LABO (1998a): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. Zweite überarbeitete und ergänzte Auflage der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9006, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LABO (1998b): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Versiegelung und Entsiegelung von Böden. Bericht der Ad-hoc-AG „Bodenversiegelung/ -entsiegelung“ des Arbeitskreises 3 der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). (Veröffentlichung geplant Ende 1999).
- LABO (1998c): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Ökonomische Instrumente zum Schutz des Bodens. Unveröff. Abschlussbericht der Ad-hoc-AG des Arbeitskreises 3 der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). Stand: 30. Oktober 1998.
- LABO (1998d): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Eckpunkte zur Bewertung von natürlichen Bodenfunktionen in Planungs- und Zulassungsverfahren. Sachstand und Empfehlungen der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9010, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LABO (1999): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden, Niederschrift über die 16. Sitzung der Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) am 06./07.09.1999 in Potsdam zu TOP 17 „AG Abfallverwertung auf devastierten Flächen des Braunkohletagebaus“.
- LABO / LAGA (1996): Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Boden/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfades Bodenverunreinigungen/Altlasten – Mensch (Direkter Übergang), unveröffentlicht.
- LAGA (1997): Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln. Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), Nr. 20, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LAI (1992): Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen.
- LAI (1996): Länderausschuss für Immissionsschutz (Hrsg.), Immissionswerte für Quecksilber/Quecksilberverbindungen. Bericht des Unterausschusses „Wirkungsfragen“ des LAI. LAI-Schriftenreihe, Band 10, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LAWA (1998): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Geringfügigkeitsschwelle (Prüfwerte) zur Beurteilung von Grundwasserschäden und ihre Begründung. Fassung vom 19.06.1998. Ad-hoc-AG „Prüfwerte“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).
- LAWA / LABO / LAGA (1997): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser / Bund / Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz / Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, „Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser“, Entwurf des Abschlussberichts, Januar 1997.
- LAWA/LABO/LAGA (1998): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser / Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz / Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, Gefahrenbeurteilung von Bodenverunreinigungen/Altlasten als Gefahrenquelle für das Grundwasser. Entwurf der gemeinsamen Arbeitsgruppe „Gefahrenbeurteilung Boden/ Grundwasser“, Stand 17. Juni 1998.

- LEHLE, M. und HAUFFE, H.-K. (1997): Bodenschutz im kommunalen Bereich. Bodenschutz 2/97, S. 38-41, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LEHLE, M. (1997): Bewertung von Böden in Planungsprozessen – Fachliche Instrumente, in: BVB (1997), S. 6-19.
- LELL, O. und HAGENAH, E. (1997): Inhaltliche (materielle) Kriterien für medienübergreifende Betrachtungen für die IVU-Richtlinie und die UVP-Änderungsrichtlinie. Interner Bericht des Umweltbundesamtes.
- LEUCHS, W. und BISTRY, T. (1998): Das Konzept der Gefahrenbeurteilung von Böden und Altlasten zum Schutz des Grundwassers aus Sicht von LAWA, LABO und LAGA, in: FRANZIUS, V., BACHMANN, G. (Hrsg.) 1998: Sanierung kontaminierter Standorte und Bodenschutz 1998, Pro und Contra zu neuen rechtlichen Regelungen und Techniken, Erich Schmidt Verlag, Berlin, S. 31-42.
- LFU (1998): Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Literaturstudie zum Transfer von organischen Schadstoffen im System Boden/Pflanzen und Boden/Sickerwasser, Texte und Berichte zum Bodenschutz 5/98, Karlsruhe.
- LFU (1999): Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Bodenaushub ist mehr als Abfall, Schriftenreihe „Bodenschutz“ Heft 3, Karlsruhe, 80 S.
- LFU/UBA (1997): Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg / Umweltbundesamt, Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden. Nutzung neuer Sammel- und Nachweisverfahren – Fachgespräch am 27. November 1996. Handbuch Boden, Berlin.
- LFU/UBA (1999): Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg / Umweltbundesamt (Hrsg.), Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden. Nutzung neuer Sammel- und Nachweisverfahren – Verbundvorhaben Ergebnisse 1998. Bodenschutz 2, Karlsruhe / Berlin.
- LIESEGANG, W. und ZULLEI-SEIBERT, N. (1996): Organische Spurenstoffe im Sicker- und Grundwasser bei landwirtschaftlicher Nutzung von Klärschlamm. Bericht zum gleichnamigen Forschungsvorhaben Nr. 102 02 618 des Umweltbundesamtes.
- LITZ, N.; STRUPPE, T.; MÜLLER-WEGENER, U. (1998): Modellhafte Abschätzung von Stoffgehalten im Sickerwasser am Ende der Sickerstrecke als Grundlage zur Prioritätensetzung hinsichtlich zu ergreifender Maßnahmen. Bodenschutz 4/98, S. 144-148, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- LORENZ, F. (1998): Veränderung der Nährstoffflüsse durch organische Düngung. In: Arbeitshefte Boden 1/1998: „Bodennutzung und Bodenschutz“, S. 25-34, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFb), Hannover.
- MARTIN, H. und GRATHWOHL, P. (1999): Entwicklung von Adsorptionsfiltern zum Monitoring der Deposition hydrophober organischer Schadstoffe. In: LFU/UBA (1999): Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden.
- MCKONE, T.E. und R. L. MADDALENA (1997): Soil Contamination and Human Exposure: A Comprehensive Assessment Framework, Intern. Journal of Toxicology, 16: 319-338.
- MIEHLICH, G.; CRÖßMANN, G.; LUX, W. (1994): Herkunft und Vorkommen von Blei, Cadmium und Arsen in Böden von Ballungsräumen, in: KREYSA, G.; WIESNER, J. (1994): Beurteilung von Schwermetallen in Böden von Ballungsgebieten: Arsen, Blei und Cadmium; Resümee der DECHEMA-Arbeitsgruppe „Bewertung von Gefährdungspotenzialen im Bodenschutz“, DECHEMA, Frankfurt/M, S. 59-78.
- MIEHLICH, G.; KIENE, A.; GRÖNGRÖFT, A.; NEUSCHMIDT, O.; FRANKE, S.; GRAACK, G. (1997): Fachgutachten Schutzgut Boden. Materialband V der Umweltverträglichkeitsuntersuchung „Anpassung der Fahrwinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt“. Unveröff. Endbericht, erstellt im Auftrag der Planungsgruppe für Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg, 343 S. + Anhang.
- MOHS, B. (1997): Regenwasserversickerung im Spannungsfeld zwischen Wasserwirtschaft und Bodenschutz. Bodenschutz 2/97, S. 42-47, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- MOHS, B. (1999): Was der Boden alles schluckt. Umweltmagazin, April 1999, S. 48.
- MOLTKE, K. von (1987): The Vorsorgeprinzip in West German Environmental Policy.

- MOORMANN, F.-J. (1998): Das neue Bodenschutzrecht – Konsequenzen für den Immissionsschutz. VDEW-Fachtagung „Das neue Bodenschutzrecht“, 23. September 1998, Darmstadt.
- MOSIMANN, TH. und RÜTTIMANN, M. (1996): Abschätzung der Bodenerosion und Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit. Grundlagen zum Schlüssel für Betriebsleiter und Berater. Amt für Umweltschutz und Energie, Liestal (CH).
- MOSIMANN, TH. (1995): Schätzung der Bodenerosion in der Praxis und Beurteilung der Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit durch Bodenabtrag. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 4070, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- MURL, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (o.D., 1999): Prüf- und Maßnahmenwerte für Bodenverunreinigungen und Altlasten. Mit Schadstoffen im Boden gefahrlos leben? Bodenwerte und ihre Grenzen. Broschüre, 48 S.
- NAGEL, H.-D. und GREGOR, H.-D. (Hrsg.) (1999): Ökologische Belastungsgrenzen – Critical Loads and Levels. Ein internationales Konzept für die Luftreinhaltepolitik. Springer Verlag, Berlin.
- NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1996): Stickstoff-Minderungsprogramm. Bericht der Arbeitsgruppe aus Vertretern der Umwelt- und Agrarministerkonferenz, Stand: September 1996.
- NIEDERSÄCHSISCHES UMWELTMINISTERIUM (1999): Cadmiumanreicherung in Böden – Einheitliche Bewertung von Düngemitteln. Tagungsband des Fachgespräches am 5. Mai 1999 in Hannover.
- NIJHOF, A.G. (1998): Assessing Risks from Soil Pollution: Bottlenecks and Solutions, Wageningen, The Netherlands Integrated Soil Research Programme, vol 15 (project implemented by TAUW Milieu BV).
- NLFB (1998): Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Rohstoffsicherungsbericht Niedersachsen 1998, Hannover.
- NLÖ (1997): Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Stoffstrommanagement Gips als Beitrag zum nachhaltigen Ressourcenschutz in Niedersachsen – Vorstudie. Nachhaltiges Niedersachsen – Dauerhaft umweltgerechte Entwicklung, 4, Hildesheim.
- NOLTING, H.-G.; HERRMANN, M.; GOTTSCHILD, D. (1994): Gezielte Einträge durch Anwendung. In: DFG (1994): Ökotoxikologie von Pflanzenschutzmitteln. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim.
- OBERTHÜR, S. (1997): Umweltschutz durch internationale Regime. Leske und Budrich, Opladen.
- OSSENBÜHL, F. (1986): Vorsorge als Rechtsprinzip im Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutz, in: NVwZ 1986, Heft 3, S. 161-171.
- PEINE, F.-J. (1998): Bodenschutzrecht und Wasserrecht – Voraussetzungen und Inhalte von Maßnahmen zur Gefahrenabwehr und Vorsorge. VDEW-Fachtagung „Das neue Bodenschutzrecht“, 23. September 1998, Darmstadt.
- PETELKAU, H. (1998): Bodenbearbeitung und Bodenschadverdichtungen. In: Bodenbearbeitung und Bodenschutz. Schlussfolgerungen für die gute fachliche Praxis. Arbeitspapier 266 des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt.
- PETERSEN, F. (1993): Schutz und Vorsorge. in: Schriften zum Umweltrecht, Bd. 30. Berlin: Dunker & Humblot Verlag.
- PRINZ, B. und BACHMANN, G. (1999): Ableitung niederschlagsbezogener Werte zum Schutz des Bodens. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 5680, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- RAL (1991): Güte- und Prüfbestimmungen für die Aufbereitung zur Wiederverwendung von kontaminierten Böden und Bauteilen des RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., RAL-RG 501/2. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 9500, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- REHBINDER, E. (1989): Das Vorsorgeprinzip im internationalen Vergleich. Umweltrechtliche Studien. Band 12. Werner-Verlag, Düsseldorf.

- REHBINDER, E. (1997): Rechtlicher Hintergrund von Prüfwerten nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz, in: altlastenspektrum, 6. Jg., Heft 6, 1997, S. 263 ff.
- REINOLD, J. (1999): Gütezeichen Kompost - ein Zeichen für den Bodenschutz? Beitrag zur Fachtagung „Verwertung von Abfällen in und auf Böden“ des Bildungszentrums für Entsorgungs- und Wasserwirtschaft GmbH (BEW) und des Bundesverbandes Boden e.V. (BVB), 23. bis 24. Juni 1999, Duisburg.
- REMMLER, F. und SCHÖTTLER, U. (1998): Qualitative Anforderungen an eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung aus Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes. In: SIEKER, F. (Hrsg.) (1998): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung. Stadtökologie, Band 1, Analytica Verlagsgesellschaft, Berlin.
- RHEINGANS, A. (1997): Den Spiegel nach innen kehren. Leitbildanalyse ermöglicht vertieften Blick auf lokale Agenda 21-Initiativen. In: Politische Ökologie, Nr.52.
- RICHTER, G. (Hrsg.) (1998): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- RÖMBKE, J. und DREHER, P. (1999): Bodenbiologische Bodengüte-Klassen. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens Nr. 207 05 006 des Umweltbundesamtes unter Mitarbeit von L. Beck, W. Hammel, K. Hund, H. Knoche, W. Kördel, W. Kratz, T. Moser, S. Pieper, A. Ruf, J. Spelda und S. Woas.
- RÖMBKE, J.; KNACKER, TH.; STAHLSCHEIDT-ALLNER, P. (1996): Umweltprobleme durch Arzneimittel – Literaturstudie. Reihe Texte, Nr. 60/96 des Umweltbundesamtes, Berlin.
- RÖMBKE, J.; BECK, L.; FÖRSTER, B.; FRÜND, C.-H.; HORAK, F., RUF, A.; ROSCICZEWSKI, K.; SCHEUNERT, M.; WOAS, S. (1997): Boden als Lebensraum für Bodenorganismen und die bodenbiologische Standortklassifikation: Eine Literaturstudie – Texte und Berichte zum Bodenschutz 4 / 97. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 390 S.
- RÖMBKE, J.; BECK, L.; FÖRSTER, B.; RUF, A. (1998): Aspekte der Untersuchung und Bewertung bodenbiologischer Zustandsparameter, in: Bayer. Akad. Natursch. Landschaftspf., Das Schutzgut Boden in der Naturschutz- und Umweltplanung, Laufener Seminarbeiträge 5 / 98, S. 63 - 70, Laufen / Salzach.
- RÖMER, W. (1999): Hohe Boden-Phosphor-Gehalte und die Gefahr des P-Eintrages in das Medium Wasser. In: WALTHER, W. (Hrsg.) (1999a): Umsatz von Nährstoffen und Reaktionspartnern unterhalb des Wurzelraumes und im Grundwasser – Bedeutung für die Wasserbeschaffenheit. Institut für Grundwasserwirtschaft, Technische Universität Dresden, Mitteilung, Heft 2.
- ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARRESS, H.-M. (Hrsg.) (1988 ff.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- ROSNER, G. und HERTEL, R. F. (1986): Gefährdungspotenzial von Platinemissionen aus Automobilabgas-Katalysatoren, in: Staub, Reinhaltung der Luft (Air Quality Control) 46(6), 281-285.
- ROYAL COMMISSION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION (1996): Nineteenth Report: Sustainable Use of Soil, London, 1996.
- RUF J. (1997a): Bodenschutz und Grundwasserschutz, Gemeinsame Grundsätze bei der Gefahrenbeurteilung und Vorsorge, Zs. Bodenschutz, Erich Schmidt Verlag, Berlin, Nr. 2, S 52-57.
- RUF, J. (1997b): Bodenschutz und Grundwasserschutz - Widerspruch oder Ziehen am gleichen Strang?, in: FRANZIUS, V., BACHMANN, G. (Hrsg.) 1997: Sanierung kontaminierter Standorte und Bodenschutz 1997, Erich Schmidt Verlag Berlin, S. 25-36.
- SANDEN, J. und SCHOENECK, S. (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz, Kurzkommentar, C.F. Müller Verlag, Heidelberg.
- SCHACHTSCHABEL, P.; BLUME, H.P.; BRÜMMER, G.; HARTGE, K.H.; SCHWERTMANN, U. (1992): Scheffer/Schachtschabel – Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHÄFER, K. (1975): Die Leitbild-Konzeption der Raumordnung und ihre Konkretisierung in Plänen der Länder, Dissertation, Hochschule für Verwaltungswissenschaft, Speyer, 303 S.

- SCHARNWEBER, T.; KNOPP, D.; NIESSNER, R. (1999): Erprobung von Immunadsorbentien für organische Schadstoffe im Niederschlagswasser. In: LFU/UBA (1999): Ermittlung atmosphärischer Stoffeinträge in den Boden.
- SCHEFFER, B. (1998): Nitrataustrag ins Grundwasser bei unterschiedlicher Nutzung. In: Arbeitshefte Boden 1/1998: „Bodennutzung und Bodenschutz“, S. 46-54, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFb), Hannover.
- SCHLABACH, E. (1998): Bodenversiegelung und BBodSchG. Zeitschrift Bodenschutz 2/98, S. 52-53. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- SCHLEYER, R. (1996): Beeinflussung der Grundwasserqualität durch Deposition anthropogener organischer Stoffe aus der Atmosphäre, WaBoLu Heft 10/1996, Berlin.
- SCHMIDT, F. und WITTMANN, O. (o.J.): K-Faktoren und Toleranzgrenzen verbreiteter Böden Bayerns. In: SCHWERTMANN, U. (o.J.): Die Vorausschätzung des Bodenabtrags durch Wasser in Bayern.
- SCHMIDT, J. (1995): Anwendung des Modells Erosion-2D im Rahmen bodenschutzorientierter Planungsvorhaben. Prognose von Bodenerosion – Materialien zum Bodenschutz, Band 4, der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) Baden-Württemberg.
- SCHMIDT, W. (1999): Tolerierbarer Bodenabtrag – kein Beitrag für einen wirksamen Bodenschutz. Vortrag auf der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 1999 „Nachhaltige Bodennutzung im 3. Jahrtausend“, vom 4. bis 12. September 1999, Hannover.
- SCHOLZ, K.-N. (1997): Eckpunkte zur Bewertung einer schädlichen Bodenveränderung durch Erosion. Unveröffentlichter Bericht des Umweltbundesamtes.
- SCHRADER, C. (1998): Bodenschutz nach novelliertem BauGB und Bundes-Bodenschutzgesetz, in: Der Landkreis 12/1998.
- SCHRAPS, W.-G. und H.-P. SCHLEY (1997): Fachbeitrag über schutzwürdige Böden zur Gebietsentwicklungsplanung in Nordrhein-Westfalen, in: BVB (1997), S. 20-31 SCHRÖDER, D. (1991): Ursachen und Ausmaß der Erosion. Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, 205. Sonderheft: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit, Band 3: Bodenerosion, Verlag Paul Parey, Berlin, S. 16-27.
- SCHRÖDER, M.H.; van der PLOEG, R.R.; MOSIMANN, TH.; ALTERMANN, M. (1998): Einschätzung der räumlichen Standortbedingungen für eine dezentrale Regenwasserversickerung. Wasser und Boden 2/1998, S. 57-61, Parey Buchverlag, Berlin.
- SCHÜTZE, G. und NAGEL, H.-D. (1997): Berechnung kritischer Schwermetalleinträge in den Boden unter dem Aspekt der Vorsorge. Bodenschutz 1/97, S. 14-17. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- SCHÜTZE, G. und NAGEL, H.-D. (1998): Kriterien für die Erarbeitung von Immissionsminderungszielen zum Schutz der Böden und Abschätzung der langfristigen räumlichen Auswirkungen anthropogener Stoffeinträge auf die Bodenfunktion. Texte 19/98 des Umweltbundesamtes.
- SCHÜTZE, G. (1998): Methodik zur Beurteilung von flächenhaften Einträgen von Blei und Cadmium. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 5660, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- SCHÜTZE, G.; SCHLUTOW, A.; NAGEL, H.-D. (1999): Methodische Ansätze zur Bestimmung von Critical Loads für Schwermetalle und persistente organische Verbindungen in Vorbereitung von UN/ECE-Protokollen. Zwischenbericht zum F+E-Vorhaben „Kartierung von Critical Loads für den Eintrag von Säure, eutrophierendem Stickstoff, Schwermetallen und persistenten Organika in Waldökosysteme und naturnahe waldfreie Ökosysteme zur Unterstützung von UN/ECE-Protokollen“ des Umweltbundesamtes.
- SCHWERTMANN, U.; VOGL, W.; KAINZ, M. (1987): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- SÖCHTIG, W. (1990): Auswirkungen landwirtschaftlicher Bearbeitungsverfahren auf die Meso- und Makrofauna des Bodens. In: Bodenorganismen und Bodenschutz - Flächenstilllegung und Extensivierung in der Landwirtschaft. Berichte der Norddeutschen Naturschutzakademie (NNA), Heft 2, 1990 S. 69-72.

- SOMMER, C. (1998): Ein Konzept zur Vorbeugung von Bodenschadverdichtungen in der pflanzlichen Produktion. Zeitschrift Bodenschutz 1/98, S. 12-16, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- SOMMER, C. (1999): Konservierende Bodenbearbeitung – ein Konzept zur Lösung agrarrelevanter Bodenschutzprobleme. Bodenschutz 1/99, S. 15-19. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- SRU (1974): Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Umweltgutachten 1974. hrsg. Vom BMI, Bonner Universitätsdruckerei, Bonn, 320 S.
- SRU (1994): Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart, 375 S.
- SRU (1995): Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Altlasten II. Sondergutachten 1995. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SRU (1996a): Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Umweltgutachten 1996, Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SRU (1996b): Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Konzepte einer dauerhaft-umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume. Sondergutachten, Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SRU (1998): Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Umweltgutachten 1998. Umweltschutz: Erreichtes sichern – neue Wege gehen. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SRU (1998b): Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz. Ein Schritt zur dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Sondergutachten, Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SSC (1999): Scientific Report on the risks of non conventional Transmissible agents conventional infectious agents or other hazards such as toxic substances entering the human food or animal feed chains via raw material from fallen stock and dead animals (including also: ruminants, pigs, poultry, fish, wild/exotic/zoo animals, fur animals, cats, laboratory animals and fish) or via condemned materials. Submitted to the Scientific Steering Committee at its meeting of 24-25 June 1999 net: [www.europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/ssc/out58\\_en.html](http://www.europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/ssc/out58_en.html).
- SSC (1998): Scientific Opinion – The safety of meat and bone meal from mammalian animals, naturally or experimentally susceptible to Transmissible Spongiform Encephalopathies. Adopted by the Scientific Steering Committee at its meeting of 26-27 March 1998 following a public consultation on the preliminary opinion adopted on 19-20 February 1998 [www.europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/ssc/out10\\_en.html](http://www.europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/ssc/out10_en.html).
- SSC (1999b): Opinion of the Scientific Steering Committee on Antimicrobial Resistance. [www.europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/ssc/out50\\_en.html](http://www.europa.eu.int/comm/dg24/health/sc/ssc/out50_en.html).
- STEENKEN, B. (1998): Die Grundwasserfauna: Ein Vergleich zweier Grundwasserlandschaften in Baden-Württemberg, Verlag ecomed, Landsberg, 160 S.
- STUBENRAUCH, S.; KOSCHMIEDER, H.-J.; BAUER, D.; DOETSCH, P.; GRÜNHOF, D.; HEMPFLING, R.H.; MAHR, A. (1997): The UMS System for Exposure Assessment in Soil, Intern. Journal of Toxicology, 16: 375-390.
- STÜTZER, M.; HOFFMANN, K.; WATZKE, R.; HEINZEL, J.; SONNENBERGER, R.; JOHNE, S. (1998): Untersuchung der in Wassergefährungsklassen 0 und 1 eingestuften Stoffe hinsichtlich ihrer Bodengefährdung, UBA – Forschungsbericht 207 01 035, Berlin.
- TLL (1999): Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Anpassung und Anwendung von Beurteilungskriterien und Messparametern für nutzungsbezogene Bodenqualitätsziele. Entwurf des Abschlussberichtes zum Forschungsvorhaben 295 74 022 des Umweltbundesamtes.
- TROGE, A. (2000): Was heißt zeitgemäßer Bodenschutz ?, Vortrag zu der 32. Hohenheimer Umwelttagung am 28.1.2000, Stuttgart Hohenheim.
- UBA (1994): Umweltbundesamt, Daten zur Umwelt 1992/93. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- UBA (1996): Umweltbundesamt, Katalog wassergefährdender Stoffe, LTWS Nr. 12, Mai 1996.

- UBA (1997): Umweltbundesamt, Nachhaltiges Deutschland – Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Erich Schmidt Verlag, 353 S.
- UBA (1998): Umweltbundesamt, Jahresbericht, 1997.
- UBA (1999): Umweltbundesamt, Jahresbericht 1998, Berlin.
- UBA (1999b): Umweltbundesamt (Hrsg.), Berechnung der Prüf- und Maßnahmenwerte der Bodenschutz- und Altlastenverordnung aufgrund der Ableitungsmaßstäbe für Prüf- und Maßnahmenwerte gemäß Bekanntmachung des BMU im Bundesanzeiger, Ergänzbare Handbuch, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995) (Hrsg.): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestaltungsverfahren. (Bearbeiter: Lehle, M., J. Bley, E. Mayer, R. Vett-Maya und W. Vogl), Stuttgart, 34 S.
- UNGER, H.-J.; PRINZ, D. (1997): Bodenbelastung an Straßen mit Schwermetallen und organischen Fremdstoffen, in: ROSENKRANZ et al. (Hrsg.), Bos., Kennzahl 7320, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- US - EPA (1992): US-Environmental Protection Agency, Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications, Interim Report, Washington, D.C.
- US - EPA (1996a): US-Environmental Protection Agency, Soil Screening Guidance: Fact Sheet, EPA/540/F-95/041 PB96-963501, Washington, D.C.
- US - EPA (1996/b): US-Environmental Protection Agency, Soil Screening Guidance: User's Guide, EPA/540/R-96/018 PB96-963505, Washington, D.C.
- US - EPA (1996/c): US-Environmental Protection Agency, Soil Screening Guidance: Technical Background Document, EPA/540/R-95/128 PB96-963502, Washington, D.C.
- US - EPA (1997): US-Environmental Protection Agency, Exposure Factors Handbook, Volume I, General Factors, Washington, D.C.
- UTERMANN, J.; DÜWEL, O.; FUCHS, M.; GÄBLER, H.-E.; GEHRT, E.; HINDEL, R.; SCHNEIDER, J. (1999): Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden, Abschlussbericht UBA-F+E-Vorhaben 297 71 010, Hannover.
- VAN LEEUWEN, C.J.; BRO-RASMUSSEN, F.; FEJTEL, T.C.J.; ARNDT, R.; BUSSIAN, B.M.; CALAMARI, D.; GLYNN, P.; GRANDY, N.J.; HANSEN, B.; VAN HEMMEN, J.J.; HURST, P.; KING, N.; KOCH, R.; MÜLLER, M.; SOLBÉ, J.F.; SPEIJERS, G.A.B.; VERMEIRE, T. (1996): Risk assessment and management of new and existing chemicals, Environmental Toxicology and Pharmacology 2, Elsevier Science B.V., p. 243 - 299.
- VEGTER, J.J. (1998): Developments of Risk Assessment and Risk Management, in: TNO Conference on Contaminated Soil, 1988.
- VETERINÄRMEDIZINISCHE BERATUNG, BEISPIEL, LOWELL D. BREEDEN, (1990) [www.oznet.ksu.edu/library/lvstk2/samplers/mf968.htm](http://www.oznet.ksu.edu/library/lvstk2/samplers/mf968.htm).
- VISSER, W.J.F. (1993): „Contaminated land policies in some industrialized countries“, Technische Commissie Bodembescherming. The Hague, NL.
- VOGT, G. (1997): Wissenslücken und Umsetzungshemmnisse bei dezentraler Regenwasserversickerung sowie Vorschläge zu deren Behebung. Wasser und Boden 10/1997, S. 31-34, Parey Buchverlag, Berlin.
- VON DER TRENCK, K.TH.; MARKARD, CH.; KÜHL, CH.; SLAMA, H.; RÖDER, R. (1999): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen zur Beurteilung von lokal begrenzten Grundwasserverunreinigungen. In: ROSENKRANZ, D.; BACHMANN, G.; EINSELE, G.; HARREß, H.-M. (Hrsg.): Bodenschutz. Kennziffer 3605, Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- VON DER TRENCK, K.D. (1997): Verunreinigte Böden. Prüfwerte und Konzepte – Ein kritischer Überblick. USWF - Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 9 (2), S. 97 - 106.
- VON LERSNER, H. (1994): Vorsorgeprinzip. in: Kimminich, O., von Lersner, H. u. Storm, PC. (Hrsg.) Handbuch des Umweltrechtes. S. 2703 Berlin: Erich Schmidt Verlag.



- WALTHER, W. (Hrsg.) (1999a): Umsatz von Nährstoffen und Reaktionspartnern unterhalb des Wurzelraumes und im Grundwasser – Bedeutung für die Wasserbeschaffenheit. Vorträge des Werkstattgespräches am 25./26. März 1999 in Dresden. Institut für Grundwasserwirtschaft, Technische Universität Dresden, Mitteilung, Heft 2.
- WALTHER, W. (1999b): Umsatz von Stoffen in der Dränzone und im Grundwasser und Gewässerbelastung, eine Einführung. In: WALTHER, W. (Hrsg.) (1999a): Umsatz von Nährstoffen und Reaktionspartnern unterhalb des Wurzelraumes und im Grundwasser – Bedeutung für die Wasserbeschaffenheit. Institut für Grundwasserwirtschaft, Technische Universität Dresden, Mitteilung, Heft 2.
- WALTHER, W. (1999c): Diffuser Stoffeintrag in Böden und Gewässer. Teubner-Reihe Umwelt. Verlag B.G. Teubner, Stuttgart und Leipzig, 310 S.
- WBB (2000): Wissenschaftlicher Beirat Bodenschutz beim BMU, Empfehlungen zur Fortentwicklung der Methoden und Verfahren zur Sickerwasserprognose, Dezember 1999.
- WBGU (1994): Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen, Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden. Jahresgutachten 1994, Economica-Verlag, Bonn.
- WEILAND, U. (Hrsg.) (1999): Perspektiven der Raum- und Umweltplanung angesichts Globalisierung, Europäischer Integration und Nachhaltiger Entwicklung. Festschrift für Karl-Hermann Hübler, Verlag VWF, Berlin, 406 S.
- WENDLAND, F.; ALBERT, H.; BACH, M.; SCHMIDT, R. (Hrsg.) (1993): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Springer Verlag, Berlin.
- WENZEL, A. et al.; (1998): Konzentrationen östrogen wirkender Substanzen in Umweltmedien. Forschungsbericht des Umweltbundesamtes.
- WHO, (1994): Weltgesundheitsorganisation, Assessing human health risk of chemicals. Derivation of guidance values for health based exposure limits. WHO, Genf.
- WICHMANN, H.-E.; TREPKA, M.J.; HEINRICH, J.; IHME, W.; MEKEL, O.; LIN, J. (1997): From Epidemiologic Exposure and Risk Assessment to Probabilistic Models: Experience with the Investigation of Health Effects of Soil Contamination in Germany, Intern. Journal of Toxicology, 16: 391-418.
- WIEGMANN, S. (1999): Natürliche Schwermetallgehalte als planungs- und umweltrechtsrelevante Bewertungsgrundlage der Belastung norddeutscher Ackerböden, Cuvillier Verlag Göttingen, 146 S.
- WILKE und FLEISCHMANN (2000), persönliche Mitteilung.
- WILLIAMSON, G.H. und HULPKE, H. (2000): Das Vorsorgeprinzip. Internationaler Vergleich, Möglichkeiten und Grenzen, Lösungsvorschläge. UWSF 12 (1) 27-39 (2000).
- WISCHMEIER, W. und SMITH, D.D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses – a Guide to Conservation Planning. U.S. Dept. Agric., Agric. Handbook 537.
- WOLTER, R. (1999): Übersicht über die Belastung des Grundwassers in Deutschland. In: WALTHER, W. (Hrsg.) (1999a): Umsatz von Nährstoffen und Reaktionspartnern unterhalb des Wurzelraumes und im Grundwasser – Bedeutung für die Wasserbeschaffenheit. Institut für Grundwasserwirtschaft, Technische Universität Dresden, Mitteilung, Heft 2.
- ZIESCHANK, R. (1999): Bodenschutz – Problemstruktur und Restriktionen in Deutschland aus politikwissenschaftlicher Sicht. Symposium Bodenschutz – Steuerungsfunktionen von Recht, Politik, Planung und Information. 4. und 5. Juni 1999 in Berlin.

