

4.3 BODEN

4.3.1 EINLEITUNG

Der Boden ist eine endliche Ressource und kann eine Vielzahl von Funktionen, z. B. eine Lebensraum-, Filter-, Puffer-, Speicher-, Produktions- oder Archivfunktion erfüllen, sofern er in einem entsprechenden Zustand ist.

Die **ökologische Funktionsfähigkeit** der Böden wird durch anthropogene Einflüsse wie Stoffeinträge aus der Luft, durch Bewirtschaftung, Versiegelung und auch Bodennutzungen, welche die standortbedingte Leistungsfähigkeit übersteigen, gefährdet. Schädigungen des Bodens ziehen oft erst langfristig ersichtliche Auswirkungen nach sich, die meist irreversibel sind.

Der **Bodenzustand** in Österreich ist generell als gut zu beurteilen, jedoch gibt es einige Gebiete mit schadstoffbelasteten Böden, v. a. in den österreichischen Alpen. Dabei sind aufgrund der Höhenlage und der Filterwirkung des Waldes besonders Waldböden betroffen. Schadstoffaufnahme durch Pflanzen und Einträge ins Grundwasser sind mögliche Folgen. Erste bundesweite Auswertungen aus dem Bodeninformationssystem BORIS geben hier einen Überblick über ausgewählte Schadelementgehalte in den obersten Bodenschichten Österreichs.

Der Boden wird nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ beeinträchtigt. Der stetige Flächenverbrauch durch Verkehrsanlagen, Industrie, Gewerbe und Siedlungen, der langfristig nicht nachhaltig ist, entzieht den Boden dauerhaft für andere Nutzungen (siehe Kapitel 3.5.3.2). Neben der **Bodenversiegelung** stellt auch die **Bodenerosion**, vorwiegend in Ackerbaugebieten, eine erhebliche Belastung des Bodens dar. Unzureichender Erosionsschutz und ungünstige Bewirtschaftung führen mancherorts zu nicht akzeptablen Bodenverlusten, vor allem an humosen Oberböden, und damit auch zum Verlust an organischer Substanz und Nährstoffen im Boden. Erhöhter Düngerbedarf bzw. Ertragseinbußen in der Landwirtschaft sind die Folge. Neben dem Boden selbst ist dadurch auch das Umweltmedium Wasser beeinträchtigt, z. B. durch Nährstoff- und Schadstoffeinträge sowie durch verändertes Abflussverhalten der Böden.

Zur Verhinderung oder Minimierung dieser Bodenbeeinträchtigungen sind Zielvorgaben zu definieren und entsprechende Maßnahmen zu setzen, um diese – zumindest langfristig – zu erreichen.

4.3.2 UMWELTPOLITISCHE ZIELE

Ziele für den Bodenschutz werden auf verschiedenen administrativen Ebenen geschaffen. Auf EU-Ebene wird im **6. Umweltaktionsprogramm** (siehe Kapitel 1.1.2.2) zum Schutz von Natur und biologischer Vielfalt unter anderem die Förderung einer nachhaltigen Bodennutzung mit Schwerpunkt auf der Vermeidung von Erosion, Qualitätsminderung, Bodenbelastung und Wüstenbildung angestrebt. Zur Umsetzung dieses Zieles wird derzeit an der Entwicklung einer thematischen Strategie für den Bodenschutz gearbeitet, in der in Zukunft einige auch für Österreich relevante Ziele und Vorgaben enthalten sein werden. Diese Strategie hat die Vorbeugung unter anderem gegen Verschmutzung, Erosion, Wüstenbildung, Verarmung des Bodens, Flächenverbrauch und hydrogeologische Risiken unter Berücksichtigung regionaler Unterschiede, einschließlich der Besonderheiten von Berg- und Trockengebieten, zum Gegenstand.

Bereits jetzt relevant sind die Ziele des **Bodenschutzprotokolls der Alpenkonvention** (HASSLACHER, 2001), das im Dezember 2002 in Kraft getreten ist und von Österreich ratifiziert wurde. Darin sind allgemeine bodenrelevante Ziele wie die Verminderung der quantitativen und qualitativen Bodenbeeinträchtigungen, insbesondere durch Anwendung bodenschonender land- und forstwirtschaftlicher Produktionsverfahren, sparsamer Umgang mit Grund und Boden, Eindämmung von Erosion sowie Beschränkung der Versiegelung von Böden formuliert. Diese sollen durch die Kartierung flächenhafter von Erosion betroffener Alpengebiete, vorsorgliche Verringerung von Schadstoffeinträgen in Böden über Luft, Wasser, Abfälle und umweltbelastende Stoffe sowie die Einrichtung von Dauerbeobachtungsflächen umgesetzt werden.

In Österreich wurde "Bodenschutz" als Teilbereich des Umweltschutzes durch das Bundesverfassungsgesetz über den umfassenden Umweltschutz (BGBl. Nr. 491/1984) zum Staatsziel erklärt.

Im Leitziel 11 **der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie** ("Schutz der Umweltmedien und Klimaschutz", siehe Kapitel 1.1.2.3) wird der quantitative und qualitative Schutz des Bodens als Ziel festgeschrieben. Zur Konkretisierung ist ein bundesweites System von Umweltqualitätszielen erforderlich. Ansatzpunkte für einen effektiven Bodenschutz sind die Vermeidung einer weiteren Versiegelung, die Sicherung der Bodenfruchtbarkeit durch erosionshemmende Maßnahmen und eine ökologisch orientierte Landwirtschaft, die Verhinderung des Eintrags von Gefahrenstoffen (Schwermetalle, organische Schadstoffe) in Ökosysteme und in die Nahrungskette sowie die Begrenzung der von Deponien ausgehenden Gefahren durch die verpflichtende Vorbehandlung von Abfällen (BMLFUW, 2002). Zur Evaluierung dieser Ziele werden Indikatoren herangezogen.

Die fünf existierenden **Bodenschutzgesetze der Bundesländer** (siehe Kapitel 4.3.3.1) zielen primär auf die Erhaltung der Produktionskraft der landwirtschaftlichen Böden hin. Konkrete Ziele betreffen v. a. den Schutz vor Schadstoffeinträgen, die Vermeidung von Bodenerosion bzw. Bodenverdichtung und die Regelung der Anwendung von Klärschlamm. Erhebung und Kontrolle des Bodenzustands sind ebenfalls Gegenstand dieser Gesetze.

Im Jahr 2001 wurde als bisher Letztes das Salzburger Bodenschutzgesetz verabschiedet, das nicht nur landwirtschaftliche, sondern weitgehend alle Böden regulativ abdeckt. Ziele für die zukünftige Bodenschutzplanung werden konkretisiert wie die

Erhaltung der Bodenfunktionen, die Vermeidung von Bodenerosion und Bodenverdichtung sowie die nachhaltige landwirtschaftliche Bodennutzung und Umsetzung von Maßnahmen zur Bodenverbesserung und Bodensanierung.

Das derzeit in Entwicklung befindliche Wiener Bodenschutzgesetz zielt v. a. auf vorsorgenden Bodenschutz für alle Böden ab. Der Schutz der natürlichen Bodenfunktionen ist im Sinne der Sicherung und Wiederherstellung berücksichtigt. Der Gesetzesentwurf beinhaltet eine Melde- und Untersuchungspflicht bei Umgang mit Schadstoffen bzw. Gefährdung der Bodenfunktionen. Weiters ist die Festlegung von Prüf- und Maßnahmenschwellenwerten vorgesehen (derzeit ÖNORMEN), anhand derer sich zukünftig Sanierungspflichten orientieren. Zur Bodenzustandsbeobachtung wird der im dreijährigen Intervall durchgeführte Wiener Bodenschutzbericht zu einem Monitoringprogramm ausgebaut.

Bodenschutzziele sollen künftig auch vermehrt Eingang in Planungsverfahren finden und in Form von entsprechenden Bewertungsverfahren und Empfehlungen von Maßnahmen umgesetzt werden. Beispielhaft wird dies derzeit für Testgebiete in Österreich und Deutschland im Rahmen des Projektes TUSEC-IP (siehe Kapitel 4.3.3.4) auf kommunaler Ebene durchgeführt.

Aus der Sicht des Umweltbundesamtes sind zusammenfassend folgende wesentliche **Ziele zukünftiger Bodenschutzaktivitäten** anzuführen:

- die Erhaltung einer Vielfalt funktionsfähiger Böden
- eine an der Erhaltung der ökologischen Bodenfunktionen orientierte nachhaltige Nutzung des Bodens
- die Schaffung von einheitlichen Rahmenbedingungen und Regelungen für den Bodenschutz in Österreich
- die Schaffung und Vernetzung von entsprechenden Datengrundlagen und Indikatoren für flächendeckende Aussagen zum Bodenzustand.

4.3.3 SITUATION UND TRENDS

4.3.3.1 Rechtssituation des Bodenschutzes in Österreich

Zum Schutz des Bodens tragen in Österreich eine **Vielzahl rechtlicher Regelungen** bei, wie z. B. die Bodenschutzgesetze und die Klärschlamm- und Müllkompostverordnungen der Länder, die Kompost- und die Düngemittelverordnung, das Pflanzenschutzmittelgesetz oder auch die Regelungen zur Luftreinhaltung und zum Wasserschutz. Jedoch gibt es bislang keine bundeseinheitlichen Vorgaben zum Bodenschutz, wie z. B. zur Begrenzung der Bodenerosion oder des maximalen Schadstoffeintrags.

Regelungen zum Bodenschutz liegen, anders als z. B. in Deutschland (Bundesbodenschutzgesetz) in der **Kompetenz der Bundesländer**. Derzeit existieren fünf Bodenschutzgesetze der Bundesländer Burgenland, Niederösterreich, Oberösterreich, Steiermark und Salzburg. Für Wien liegt aktuell ein von der MA 22/Umweltschutz in Kooperation mit weiteren Bodenexperten erarbeiteter Entwurf vor, der 2004 in Kraft treten soll (siehe Kapitel 4.3.2).

Box 4.3-1_E:
Regelwerke zu Bodenschutz

Generell sind in den Bodenschutzgesetzen primär landwirtschaftliche Interessen abgedeckt. Der Trend ist jedoch – wie bereits beim zuletzt verabschiedeten Salzburger Bodenschutzgesetz – dahin gehend, Bodenfunktionen mit einzubeziehen, Schädigungen der Böden zu vermeiden und konkrete Maßnahmen- und Sanierungsvorschläge zur Bodenverbesserung zu integrieren.

4.3.3.2 Bodenerhebungssysteme und Bodeninformationssystem in Österreich

Standorts- und bodenbezogene Informationen erlangen im Sinne eines umfassenden Umweltschutzes und nachhaltigen Umganges mit der Ressource Boden immer größere Bedeutung. Eine wichtige Grundlage dafür stellen die Ergebnisse der unterschiedlichen in Österreich durchgeführten Bodenerhebungen dar. Die einzelnen Bodenerhebungssysteme und die vielfältigen Einsatzbereiche der daraus gewonnenen Informationen sind in der Publikation ‚Bodenaufnahmesysteme in Österreich‘ (ÖSTERREICHISCHE BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT & UMWELTBUNDESAMT, 2001) ausführlich beschrieben und wurden bereits im sechsten Umweltkontrollbericht (UMWELTBUNDESAMT, 2001) umfassend dargestellt. Nachfolgend sind die Bodenerhebungssysteme kurz erläutert und die Neuerungen erwähnt.

Flächige Bodeninformationen

Box 4.3-2_T:
Flächenbezogene Bodeninformationen und Bodenkarten

Diese werden vor allem im Rahmen der forstlichen Standortkartierung, der landwirtschaftlichen Bodenkartierung und der Finanzbodenschätzung erhoben.

Box 4.3-3_T:
Erhobene Parameter bei flächenhaften Kartierungen

Forstliche Standortkartierungen wurden in Österreich seit Ende der 50er Jahre von mehreren staatlichen und privaten Stellen durchgeführt, wobei vor allem der Sammlung und Inventur vorhandener Kartierungswerke große Bedeutung zukommt. Das Bundesamt und Forschungszentrum für Wald (BFW) arbeitet derzeit am Aufbau einer entsprechenden Meta-Datenbank (METAMAP). Standortkartierungen liegen derzeit für ca. 15 % (ca. 600.000 ha) des österreichischen Waldgebietes vor.

Die **landwirtschaftliche Bodenkartierung** wird im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) durchgeführt. Mit der systematischen Kartierung wurde 1958 begonnen, veröffentlicht werden die Bodenkarten im Maßstab 1:25.000. Die Karten und Erläuterungsbände sind größtenteils publiziert und können über das Bundesamt und Forschungszentrum für Wald mittlerweile auch in digitaler Form bezogen werden.

Im Rahmen der **Finanzbodenschätzung** wird die natürliche Ertragsfähigkeit und Qualität landwirtschaftlicher Böden in Österreich seit dem Jahre 1947, primär für steuerliche Zwecke, ermittelt. Die Daten sind in den Schätzungsbüchern und Schätzungskarten, die auch bei den jeweilig zuständigen Finanzämtern zur Einsicht aufliegen, festgehalten. Derzeit wird vom Bundesamt für Vermessungswesen an der Digitalisierung der Karten gearbeitet.

Punktbezogene Bodeninformationen

Neben den umfassenden Flächendatenbeständen verfügt Österreich über eine Vielzahl an punktbezogenen Bodendaten, die aus unterschiedlichsten Erhebungen stammen und unter verschiedenen Zielsetzungen erhoben wurden (z. B. Bodenzustandsinventuren, österreichweite Radio-Cäsiumerhebung...).

Die Rasteruntersuchungen (insgesamt ca. 6.000 Standorte) stammen von den landwirtschaftlichen **Bodenzustandsinventuren (BZI)** der Bundesländer und der bundesweiten **Waldboden-Zustandsinventur (WBZI)**, die innerhalb der letzten zwei Jahrzehnte von den Ämtern der Landesregierungen bzw. von Bundesstellen (Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit – AGES, BFW) durchgeführt wurden. Ziel dieser Untersuchungen war die Erfassung und Bewertung des Bodenzustandes im Hinblick auf die Nährstoffversorgung und Schadstoffbelastung bzw. auf mögliche Auswirkungen anthropogener saurer Depositionen an Waldstandorten.

Wiederholungsaufnahmen von Bodenzustandsinventuren liegen derzeit für ausgewählte Standorte der Bodenuntersuchung in Tirol vor. In der Steiermark erfolgte die Bodenprobenahme nach Untersuchungsregionen, wobei im Folgejahr die Oberböden nochmals beprobt wurden und Kontrolluntersuchungen im 10-Jahresabstand durchgeführt werden. In Wien wurde 1992 mit einer flächendeckenden Beprobung des Bodens auf Schwermetalle begonnen, die in periodischen Abständen wiederholt wird (siehe Kapitel 4.3.3.4). Für die Waldboden-Zustandsinventur war für 2003 der Start für die erste Wiederholungsaufnahme, rund 16 Jahre nach der Ersterhebung, geplant gewesen. Dabei sollten Kontinuität und Vergleichbarkeit bei gleichzeitiger Verbesserung der Methodik gewahrt sowie durch Einbeziehung zusätzlicher Untersuchungen eine vielschichtige Datengrundlage für neue, umweltrelevante Fragestellungen geschaffen werden. Obwohl das Bewusstsein über die Wichtigkeit des Aufbaus von Bodeninformationen national wie auch international gegenwärtig ist, konnte dieses Vorhaben aufgrund erst im Aufbau befindlicher internationaler Harmonisierung (EU-Papier: „Hin zu einer spezifischen Bodenschutzstrategie“) noch nicht realisiert werden.

Die Ergebnisse der Bodenzustandsinventuren sind den Bodenzustandsinventurberichten der einzelnen Bundesländer, dem Bericht über die Waldboden-Zustandsinventur (FBVA, 1992) sowie früheren Umweltkontrollberichten (UMWELTBUNDESAMT, 1993, 1996, 1998b) zu entnehmen. Zusammenfassende Ergebnisse sind in DANNEBERG et al. (1997) und AICHBERGER (2000) enthalten. Erste bundesländerübergreifende Auswertungen aus dem Bodeninformationssystem BORIS sind im 6. Umweltkontrollbericht (UMWELTBUNDESAMT, 2001) dargestellt.

Weitere punktbezogene Bodeninformationen werden im Rahmen der **Bodendauerbeobachtungsflächen** erhoben.

Bodendauerbeobachtung hat zum Ziel, den Boden(zustand) bzw. charakterisierende Merkmale periodisch zu erfassen und damit Aussagen über zeitliche Veränderungen und Risikoabschätzungen zu ermöglichen. Bodendauerbeobachtungsflächen werden in Österreich vom Bundesamt und Forschungszentrum für Wald, vom Umweltbundesamt und von einzelnen Bundesländern betreut.

Box 4.3-4_T:
Übersicht Punktdaten-sätze

Box 4.3-5_E/T:
Bodendauerbeobachtung in Österreich

Bodeninformationssystem BORIS (**B**Oden: **R**echnergestütztes **I**nformations**S**ystem)

Österreichweite Informationen über den Zustand der österreichischen Böden und deren Belastung mit Schadstoffen wurden vom Umweltbundesamt mittels BORIS erstmals vereinheitlicht und zusammengeführt. Diese umfangreiche Datensammlung beinhaltet wesentliche Bodenuntersuchungen aus Österreich, wie die Daten der Bodenzustandsinventuren der Bundesländer, der österreichischen Waldboden-Zustandsinventur, der bundesweiten Radio-Cäsiumerhebung sowie Daten von über 30 weiteren lokalen Untersuchungen zu speziellen Fragestellungen und Problematiken (Ballungsräume, Industriestandorte usw.) und wird laufend erweitert.

Im Zuge der Zusammenführung der Daten wurden methodische Unterschiede geprüft (Datenschlüssel Bodenkunde, UMWELTBUNDESAMT, 1999), sodass nun die Ergebnisse der verschiedenen Erhebungen gut miteinander vergleich- und auswertbar sind.

Die so aufbereiteten Informationen können vielfältig für wesentliche Aufgaben des Bodenschutzes genutzt werden, z. B. Bodenerosionsabschätzung, Entscheidungshilfe bei Klärschlammausbringung, Beweissicherung für UVE, Abschätzung von ‚Critical loads‘ für Schadstoffeinträge oder für die Waldschadensforschung (UMWELTBUNDESAMT, 2001).

Box 4.3-6_T/E: **Überblick Datenbestand BORIS**

BORIS beinhaltet detaillierte Angaben über Standorte, Bodenprofile und Daten chemischer, physikalischer und mikrobiologischer Bodenuntersuchungen. Derzeit sind über 1,5 Mio. Einträge zu über 10.000 Standorten in der Datenbank.

Box 4.3-7_G: **Standorte in BORIS nach Nutzungen**

Die Qualität der Daten wird durch ein definiertes Datenqualitätsmanagement (UMWELTBUNDESAMT, 2001) gesichert, im Rahmen dessen die fachliche Datenwartung, Plausibilitätsprüfungen, Datenimporte und -exporte und die Neuaufnahme von Parametern u. ä. erfolgen.

Box 4.3-8_E: **Datenbereitstellung BORIS**

Die Verfügbarkeit und Bereitstellung von Bodendaten gewinnt sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene zunehmend an Bedeutung. Im Rahmen von BORIS wurde die Datenbereitstellung via Internet bereits in einem ersten Schritt mit der Entwicklung von zwei internetbasierten Programmen zur Datenabfrage (BORIS INFO, BORIS EXPERT) für verschiedene Nutzergruppen realisiert:

<http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/boden/boris/>

4.3.3.3 Bodenzustand in Österreich – Darstellung anhand ausgewählter Schadstoffe und Bodenkenwerte

Anorganische Schadstoffe in Böden

Der Schwermetallgehalt von Böden wird durch natürliche Prozesse und anthropogene Einflüsse bestimmt. Geogen bedingt können durch Verwitterungsvorgänge und Prozesse der Bodenbildung und -entwicklung in regional begrenzten Bereichen erhöhte Schwermetallkonzentrationen in Böden vorkommen. Böden auf karbonatischem Grundgestein weisen z. B. tendenziell höhere Blei- und Cadmiumgehalte auf als andere Böden.

Zudem stellen Böden eine bedeutende Senke für luftgetragene Schadstoffverfrachtungen und Einträge aus direkter Ausbringung dar, z. B. von Klärschlamm, Kompost, Gülle. Die Ergebnisse des in Österreich an über 200 Standorten durchgeführ-



ten **Moosmonitorings** auf Schwermetalleinträge über die Luft haben ergeben, dass bei Blei und Cadmium von 1995 bis 2000 ein starker Rückgang erfolgte. Der Eintrag von Nickel hat leicht abgenommen, bei Chrom war er gleich bleibend, während er bei Zink bzw. Kupfer zunehmend war (UMWELTBUNDESAMT, 2004b). Depositionsmessungen auf landwirtschaftlichen Flächen in Ostösterreich lassen vermuten, dass mit Einträgen aus der Luft in folgenden Größenordnungen (in g pro ha und Jahr) zu rechnen ist:

Blei (Pb): 25	Chrom (Cr): 15
Cadmium (Cd): 2	Kupfer (Cu): 100
Nickel (Ni): 50	Zink (Zn): 330

Bei Pb, Cd und Ni macht der Eintrag aus der Luft einen wesentlichen Anteil am Eintrag in den Boden aus. Bei Cr, Cu und Zn kommen höhere Mengen über die Ausbringung von Materialien (z. B. Wirtschaftsdünger, Klärschlamm, Kompost) auf die landwirtschaftlichen Böden (SPIEGEL et al., 2003). In verkehrsnahen Bereichen könnte durch den vermehrten Einsatz von Platingruppenelementen (Platin, Palladium, Rhenium, Ruthenium, Iridium, Osmium) in der Fahrzeugtechnologie eine Anreicherung dieser Elemente in der Umwelt und damit in den Böden erfolgen (UMWELTBUNDESAMT, 2004a und 2004b).

Von den vier für die Darstellung der Schadstoffbelastung der Böden ausgewählten Schwermetallen erfüllen Quecksilber, Blei und Cadmium keine Funktion in Organismen. Alle drei haben ein bedeutendes human- und umwelttoxikologisches Potential. Kupfer ist ein in geringen Mengen von Lebewesen benötigtes Spurenelement, ist aber in erhöhter Konzentration ebenfalls toxisch.

Ein Überblick über die **Belastungssituation von Oberböden** (gewichtete Mittelwerte der Tiefenstufe 0-20 cm) betreffend ausgewählte Schwermetalle wie Blei, Cadmium, Quecksilber und Kupfer wurde bereits im 6. Umweltkontrollbericht gegeben. Seitdem konnten die Daten der Bodenzustandsinventuren von Salzburg und Vorarlberg in das Bodeninformationssystem BORIS des Umweltbundesamtes integriert werden, sodass nun erstmals bundesweite Auswertungen dieser Bodeninformationen möglich sind. Die Daten der Wiener Bodenuntersuchungen sind aufgrund methodischer Abweichungen bei der Probenahme nicht vergleichbar und wurden in diese Auswertungen nicht einbezogen.

Um für Österreich repräsentative Aussagen zur Schwermetallbelastung in Böden treffen zu können, wurden aus dem Datenkollektiv der Bodenzustandsinventuren jene Standorte ausgewählt, die im Wald nach einem Raster von 8,7 x 8,7 km (WBZI-Daten) und im Grünland und Acker nach einem Raster von ca. 4 x 4 km beprobt wurden (Basisrasterstandorte). Für die folgenden Auswertungen wurden, ebenso wie im letzten Umweltkontrollbericht (UMWELTBUNDESAMT, 2001), die Elemente Quecksilber, Cadmium, Blei und Kupfer ausgewählt. Die angeführten Werte beziehen sich auf eine Mineralbodentiefe von 0-20 cm (gewichtete Mittelwerte).

Quecksilber (Hg) gehört zu jenen Elementen, die bei einigen Umweltprogrammen auf EU-Ebene als prioritär eingestuft werden. Es wirkt hoch toxisch und ist in Böden kaum mobil. Aus den Auswertungen aus BORIS geht hervor, dass insgesamt auf 0,4 % der untersuchten Böden der in der ÖNORM L 1075 (Anorganische Schadstoffe in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden; 1993) festgesetzte Richtwert von 1 mg Hg/kg überschritten wird. Das betrifft einen Ackerstandort in Tirol, drei Grünlandstandorte in Salzburg, zwei in der Steiermark und einen in Tirol.

Box 4.3-9_E/G:
Klärschlammausbringung auf landwirtschaftlichen Flächen

Box 4.3-10_G:
Quecksilber in Oberböden

Die Mediane der Quecksilbergehalte in den untersuchten Böden liegen für Grünland- und Ackerstandorte bei 0,12 bzw. 0,14 mg Hg/kg (siehe Tabelle 4.3-1). Auch die übrigen Perzentilwerte der Hg-Gehalte der beiden Landnutzungen weichen nur geringfügig voneinander ab. Das 95. Perzentil (nur 5 % der Werte liegen über diesem Wert) liegt mit 0,35 bzw. 0,36 mg Hg/kg deutlich unter dem genannten Richtwert. Der Maximalwert von 5,75 mg Hg/kg Boden liegt in der Steiermark und ist laut Profilanalysen auf anthropogene Einträge zurückzuführen, die sich zum geogenen Gehalt addieren.

Tab. 4.3-1: Quecksilbergesamtgehalte (mg/kg) in Oberböden (0-20cm) nach Nutzung.

Nutzung	Anzahl der Standorte	Median	Min	Max	25. Perzentil	75. Perzentil	90. Perzentil	95. Perzentil
Wald	-	-	-	-	-	-	-	-
Grünland	841	0,12	<NG	5,75	0,07	0,20	0,29	0,36
Acker	993	0,14	<NG	1,28	0,08	0,22	0,28	0,35

NG: Nachweisgrenze

Datenquelle: Basisrasterstandorte der BZIs und WBZIs aus BORIS 2003.

Blei (Pb) ist ebenso wie Quecksilber in Böden kaum mobil. Erhöhte Bleigehalte treten vor allem entlang der nördlichen Kalkalpen, in Tirol und in Kärnten auf. Dies kann sowohl durch Nahimmissionen (z. B. im Inntal) als auch durch Ferntransport und Eintrag vor allem nördlich des Alpenhauptkammes und am Südrand der Alpen erklärt werden, wobei vor allem Waldstandorte – aufgrund der hohen Filterwirkung der Waldbestände – erhöhte Bleigehalte aufweisen. Nur an einzelnen Standorten treten Vererzungen mit Bleiglanz auf, die zu einer geogenen Anreicherung in den Böden führen können. Der Richtwert für Blei in Böden liegt nach der ÖNORM L 1075 bei 100 mg/kg und wird auf 0,5 % der Ackerstandorte, 2,8 % der Grünlandstandorte und 8,2 % der Waldstandorte überschritten.

Der Median der Bleigehalte in den untersuchten Böden liegt für die Waldböden mit 40 mg Pb/kg deutlich über jenen der Grünland- und Ackerböden (29 mg Pb/kg bzw. 17 mg Pb/kg). Noch stärker werden die landnutzungsbedingten Unterschiede beim 95. Perzentil deutlich.

Tab. 4.3-2: Bleigesamtgehalte (mg/kg) in Oberböden (0-20cm) nach Nutzung.

Nutzung	Anzahl der Standorte	Median	Min	Max	25. Perzentil	75. Perzentil	90. Perzentil	95. Perzentil
Wald	488	40	1,5	604	28	63	95	132
Grünland	1.090	29	0,8	2616	20	41	58	79
Acker	1.149	17	0,2	4099	12	22	29	38

Datenquelle: Basisrasterstandorte der BZIs und WBZIs aus BORIS 2003.

Hohe Gehalte an **Cadmium (Cd)** treten in den nördlichen Kalkalpen und in Südkärnten auf. Dies gibt ebenfalls wesentliche Hinweise auf den meteorologischen Stauereffekt der nördlichen und südlichen Randalpen und den daraus resultierenden höheren Einträgen in die Böden. Höhere Cadmiumgehalte auf karbonathaltigem Ausgangsmaterial lassen sich auch teilweise durch Bodenbildungsprozesse erklä-

ren. An 0,3 % der Acker-, 6,1 % der Grünland- und 15 % der Waldstandorte liegen die Cadmiumgehalte über dem Richtwert von 1 mg Cd/kg Boden.

Die Mediane der drei Landnutzungsklassen liegen sehr einheitlich zwischen 0,20 und 0,27 mg Cd/kg Boden. Ab dem 75. Perzentil zeigt sich wiederum deutlich der höhere Eintrag luftgetragener Schadstoffe auf Waldböden aufgrund der hohen Filterwirkung der Bäume.

Tab. 4.3-3: Cadmiumgesamtgehalte (mg/kg) in Oberböden (0-20cm) nach Nutzung.

Nutzung	Anzahl der Standorte	Median	Min	Max	25. Perzentil	75. Perzentil	90. Perzentil	95. Perzentil
Wald	488	0,22	0,01	8,37	0,13	0,54	1,54	2,32
Grünland	1.090	0,27	< NG	28,4	0,18	0,47	0,85	1,11
Acker	1.149	0,20	0,01	13,5	0,15	0,28	0,36	0,44

Datenquelle: Basisrasterstandorte der BZIs und WBZ aus BORIS 2003.

Bodenbelastungen mit **Kupfer** (Cu) treten meist in der Umgebung von Kupfererz verarbeitenden Betrieben (z. B. Brixlegg) auf. Ebenso kann in Gebieten mit intensiver Tierhaltung durch das Ausbringen von großen Mengen an Schweinegülle, die durch die Verwendung von kupferangereichertem Fertigfutter oft hohe Kupfergehalte aufweist, zu einer Kupferbelastung der Böden führen (SCHEFFER et al., 1992). Weitere Quellen für Kupfereinträge in den Boden stellen Klärschlamm und Kompost sowie die Anwendung Cu-haltiger Pflanzenschutzmittel dar.

Die Auswertungen aus BORIS zeigen, dass auf 0,4 % der Waldstandorte, 0,2 % der Grünland- und 0,8 % der Ackerstandorte Kupfergehalte über dem Richtwert von 100 mg Cu/kg Boden nach der ÖNORM L 1075 liegen. Der Median der Waldstandorte liegt mit 16,5 mg Cu/kg etwas unter jenen für Grünland und Acker (21,5 bzw. 21,2 mg/kg). Das 95. Perzentil liegt für alle drei Landnutzungsarten deutlich unter dem empfohlenen Richtwert. Daraus kann abgeleitet werden, dass Kupferkontaminationen nur in sehr lokal begrenzten Bereichen auftreten.

Tab. 4.3-4: Kupfergesamtgehalte (mg/kg) in Oberböden (0-20cm) nach Nutzung.

Nutzung	Anzahl der Standorte	Median	Min	Max	25. Perzentil	75. Perzentil	90. Perzentil	95. Perzentil
Wald	488	16,5	1	137	9,625	24,0	35,5	47,5
Grünland	1.090	21,5	<NG	135	14,409	31,0	41,0	48,4
Acker	1.149	21,2	4,8	197	16,800	27,5	36,0	47,5

Datenquelle: Basisrasterstandorte der BZIs und WBZ aus BORIS 2003.

Organische Schadstoffe in Böden

Im Gegensatz zu anorganischen Schadstoffen gelangen organische Schadstoffe fast ausschließlich durch anthropogene Tätigkeiten in einer Vielzahl unterschiedlichster Verbindungen in die Umwelt. Vor allem industrielle Prozesse und Verbrennungsvorgänge tragen zur Entstehung organischer Verbindungen bei, die insbesondere in industrienahen, urbanen Gebieten zu einer erhöhten Bodenbelastung führen können. Aber auch in emittententfernen Regionen kann es durch weiträumige Luftverfrachtungen zu einer ubiquitären (überall verbreiteten) Belastung mit or-

ganischen Schadstoffen kommen (siehe Kapitel 4.2.3.10). Neben den emissionsbedingten Einträgen stellt die gezielte Ausbringung organischer Chemikalien und Sekundärrohstoffe (z. B. Pestizide, Klärschlämme) vor allem auf landwirtschaftlich genutzten Böden eine weitere Belastungsquelle für Böden dar.

Besondere Bedeutung kommt den **persistenten** (schwer abbaubaren) **organischen Schadstoffen** (persistent organic pollutants – POPs) zu, da sie ein hohes Anreicherungsvermögen in Böden aufweisen und sowohl ökotoxikologische als auch humantoxikologische Relevanz besitzen. Zu dieser Schadstoffgruppe zählen polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) und organische Halogenverbindungen wie Pentachlorphenol (PCP), polychlorierte Biphenyle (PCB) und Dibenzodioxine und Dibenzofurane. Zahlreiche dieser Verbindungen haben mutagene (erbgutverändernde) bzw. karzinogene (krebserregende) Wirkung.

In Österreich wurden einige regionale Untersuchungen zu POPs in Böden durchgeführt, die meist auf spezielle Umweltprobleme ausgerichtet waren (z. B. Linz, Brixlegg). In Linz wurden z. B. erhöhte PAH- und PCB-Gehalte im Nahbereich eines Industriegeländes festgestellt (Maximum: 79 mg PAH/kg bzw. 95 µg PCB/kg). Ein auffällig hoher PAH-Wert auf einem Spielplatz führte zu umfangreichen Folgeuntersuchungen und zur Sanierung dieses Geländes.

Für die Beschreibung der allgemeinen Belastungssituation von Böden mit POPs eignen sich allerdings nur großräumige Rasteruntersuchungen, wie sie bislang erst im Rahmen der Bodenzustandsinventuren Kärnten, Oberösterreich und Steiermark für vereinzelte organische Schadstoffe bzw. für Waldböden an Hintergrundstandorten in ganz Österreich (UMWELTBUNDESAMT, 1998a) durchgeführt wurden.

**Box 4.3-11_T:
Untersuchungen in
BORIS zu organischen
Schadstoffen**

Bei den genannten Bodenzustandsinventuren wurden an insgesamt 368 Standorten polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Oberböden (Acker 0-20 cm, Grünland 0-5 cm Bodentiefe) bestimmt. Da nur für Oberösterreich und Kärnten Daten über die 16 wichtigsten PAH-Verbindungen nach der Liste der EPA (US-Environmental Protection Agency Priority Pollutant List) vorliegen, wurde nur **Benzo(a)pyren**, welches häufig als Leitkomponente für das Auftreten von PAHs herangezogen wird und stark karzinogen wirkt, ausgewertet.

Es zeigt sich, dass der Gehalt an Benzo(a)pyren nur an zwei Grünlandstandorten (ein Standort in Oberösterreich und einer in Kärnten) den von EIKMANN und KLOKE (1993) festgelegten Richtwert für multifunktionale Nutzung von 1.000 µg/kg überschreitet. Bereits das 95. Perzentil liegt deutlich unter diesem Wert (siehe Tabelle 4.3-5).

Tab. 4.3-5: Benzo(a)pyren (µg/kg) in Oberböden nach Nutzung.

	Anzahl der Standorte	Median	Min	Max	90. Perzentil	90. Perzentil	95. Perzentil
Grünland (0-5 cm)	356	4,5	< BG	2.349	38,0	38,0	72,4
Acker (0-20cm)	290	4,0	< BG	999	999	29,0	51,9
Sonstige (0-5 cm)	22	4,5	< BG	239	239	64,3	213,7

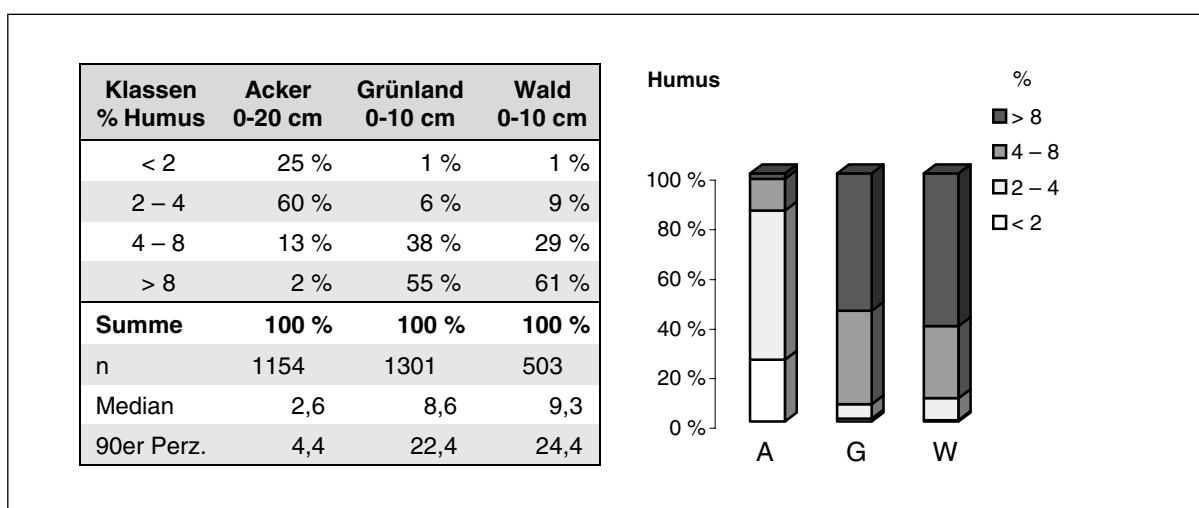
Datenquelle: Rasterstandorte der BZI K, OÖ, Stmk. aus BORIS 2003.

Untersuchungen zu organischer Substanz und Kohlenstoff in Böden Österreichs

Die organische Substanz (C_{org}) umfasst alle im Boden vorkommenden organischen Stoffe und somit sowohl lebendes als auch totes organisches Material (ÖNORM L 1050). Der Kohlenstoffgehalt in C_{org} variiert, liegt aber meist über 50 % (SCHEFFER et al., 1989; BMLF & BMWVK, 1996). Die organische Substanz steht mit einer Reihe von Bodeneigenschaften wie Bodenart, Bodenfauna, Nährstoff-, Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt in Wechselwirkung und trägt bei einem standortstypischen Gehalt in Böden wesentlich zur Erfüllung und Erhaltung der Bodenfunktionen (z. B. Filter- und Speicherfunktion) bei. Der Humus umfasst die tote organische Substanz im Boden, Wurzeln und Bodentiere werden nicht dazu gerechnet. Mittels eines Faktors können Humus und C_{org} näherungsweise ineinander umgerechnet werden. Die Bewirtschaftungsart hat einen starken Einfluss auf den Humusgehalt des Bodens, so können z. B. mangelnde Streuauflagen und intensive Bearbeitung den Humusgehalt herabsetzen. In Wald- und Grünlandböden sind die Gehalte an Humus respektive C_{org} deshalb tendenziell höher als in Ackerböden. Der Hauptanteil an C_{org} wird in den Oberböden gespeichert, weshalb C_{org} in Unterböden durch aktuelle Landnutzungen geringer beeinflusst wird (GERZABEK et al., 2002).

Eine Auswertung zur organischen Substanz aus BORIS zeigt anhand von **Humusgehalten in Oberböden** (Acker (A): 0-20 cm, Grünland (G): 0-10 cm, Wald (W): 0-10 cm Bodentiefe) diese Verteilung für Österreich je Landnutzung (siehe Abbildung 4.3-1). Die Klassifizierung der Werte erfolgt nach Schemata von DANNEBERG et al. (1997) bzw. SCHEFFER et al. (1989).

Die Ergebnisse zeigen bei mehr als der Hälfte aller Grünland- und Waldstandorte einen Humusgehalt von über 8 %, bei Ackerstandorten sind dies nur zwei Prozent. Bei einem Viertel der Ackerstandorte sind sehr geringe Humusgehalte (< 2 %) zu finden. Hinsichtlich der Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen ist in diesen Böden langfristig eine Gefährdung abzusehen.



Datenquelle: Basisrasterpunkte der Bodenzustandsinventuren und der Österreichischen Waldboden-Zustandsinventur aus BORIS.

Abb. 4.3-1: Prozentuelle Verteilung und statistische Kenngrößen der Humusgehalte in Oberböden Österreichs, gegliedert nach Landnutzung.

**Box 4.3-12_G:
Humusgehalte in Ober-
böden Österreichs**

Bezogen auf ganz Österreich zeigen sich signifikante regionale Unterschiede insofern, als es einen deutlichen Anstieg der Humusgehalte von Ost nach West gibt. In den Böden der im Osten Österreichs dominierenden Ackerbaugebiete sind geringere Humusgehalte zu finden. In den Regionen mit Wald- und Grünland-Nutzungen im Alpenvorland von Niederösterreich und Oberösterreich bzw. den alpinen Bereichen in West- und Zentralösterreich zeigen die Böden entsprechend höhere Humusgehalte. In den alpinen Bereichen können diese durch die Almbewirtschaftung bzw. durch die temperaturgesteuerten geringeren Mineralisierungsraten bedingt sein. Eine weitere zentrale Rolle kommt dem Kohlenstoff im Boden im Rahmen der dynamischen Kohlenstoffbilanz zu, da er einerseits ein bedeutendes Kohlenstoffreservoir darstellt und andererseits auch eine Treibhausgasquelle (CO_2 , CH_4 , N_2O) sein kann. Der Kohlenstoffvorrat im Boden und seine Veränderungen stellen daher eine potentiell bedeutende Größe in der Treibhausgasbilanz dar, da CO_2 eines der klimarelevanten Gase ist (siehe Kapitel 6.1).

**Box 4.3-13_E/T:
Quantifizierung des Koh-
lenstoffpools**

Für den österreichischen Wald wurde der **Kohlenstoffvorrat** und dessen Veränderung für die Waldbiomasse und den Waldboden ermittelt (UMWELTBUNDESAMT & FBVA, 2000) (siehe Kapitel 5.4.3.2). Für die Berechnungen wurden unter anderem die Daten der Österreichischen Waldboden-Zustandsinventur (FBVA, 1992) herangezogen. Nach diesen Berechnungen beträgt der mittlere Vorrat an organischem Kohlenstoff im Mineralboden (0-50 cm) des österreichischen Waldes $106 \text{ t C}_{\text{org}}/\text{ha}$, unter Einbeziehung des Auflagehumus ergibt sich ein mittlerer Vorrat von $121 \text{ t C}_{\text{org}}/\text{ha}$. Der Vorrat im Waldboden macht rund 60 % des gesamten Kohlenstoffvorrates des Waldes aus. In Ackerböden ist ein Erhöhungspotential des Kohlenstoffvorrates vorhanden, da ein Viertel humusarm ist (siehe Abbildung 4.3-1), jedoch wäre der absolute Beitrag zur Kohlenstoffbilanz gering. Die Umwandlung von Ackerböden in Grünlandböden würde eine deutlichere Erhöhung des Kohlenstoffvorrates bewirken.

4.3.3.4 Aktivitäten zu aktuellen bodenrelevanten Fragestellungen

Urbane Böden

Die Böden in urban-industriellen Räumen – besonders in den Ballungsgebieten – sind gegenüber den Böden in Natur- und Kulturlandschaften großflächig in verschiedenster Weise verändert. Sie zeigen z. T. spezielle Merkmale, die durch Auftrag und Durchmischung von natürlichen und technogenen Substraten (Müll, Schlacken, Ziegel, Beton,...), durch Grundwasserabsenkungen, Nähr- und Schadstoffeinträge, Teilabgrabungen, Verdichtungen und Versiegelungen bedingt sind. Generell ist bei Stadtböden mit einem höheren Humusgehalt und pH-Wert zu rechnen. Gründe dafür liegen darin, dass viele Böden früher gärtnerisch genutzt waren oder es beim Abbruch von Häusern zur Freisetzung von Calcium durch Mörtel kommt, wodurch der pH-Wert des Bodens erhöht wird. Staubeinträge stellen eine weitere Calciumquelle dar, sind jedoch auch mit ein Grund für häufig erhöhte Schwermetallgehalte in Oberböden (ARBEITSKREIS STADTBÖDEN, 2001).

Durch die starke Beeinflussung werden v. a. die ökologischen Funktionen urbaner Böden oft stark eingeschränkt oder sogar zerstört, im schlimmsten Fall sind die Böden durch Anreicherung und Wiederabgabe von Schwermetallen, Nitrat, Pestiziden und organischen Schadstoffen zu schädlichen Quellen für die menschliche

Gesundheit geworden (DBG & ARBEITSKREIS STADTBÖDEN, 1997). Deshalb müssen eine **bodenökologische Bewertung** im urbanen Raum bzw. Nutzungsvorschläge für Stadtböden anderen Kriterien unterliegen, als bei Böden in anderen Natur- und Kulturräumen. Voraussetzung für die zukünftige Bodenbewertung, die Entwicklung von Maßnahmen und die Umsetzung in der kommunalen Planung ist es, Kenntnis über die urbanen Böden zu erlangen und entsprechende Grundlagendaten bereitzustellen, respektive zu erheben. In Österreich gibt es einige Untersuchungen, die den Bodenzustand in städtischen Bereichen vor allem hinsichtlich der Schadstoffbelastung behandeln.

Für den industriellen Ballungsraum **Linz** wurde die (v. a. immissionsbedingte) Belastung der lokalen Böden mit schwer abbaubaren Schadstoffen erhoben, wobei 26 Grünland- und 2 Waldstandorte untersucht wurden. Für einige Schwermetalle konnte eine deutliche anthropogen bedingte Belastung festgestellt werden, Sanierungsmaßnahmen waren aber nicht erforderlich (UMWELTBUNDESAMT, 1992). Weiters wurden vom Magistrat Linz im Jahr 1988 Ackerböden und im Jahr 1989 Böden in Kleingärten auf deren Schadstoffgehalte untersucht. Aus den Untersuchungen des Magistrats Linz zeigte sich, dass die Gehalte an Schwermetallen (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Te, Zn) in Ackerböden überwiegend im Bereich des jeweiligen oberösterreichischen Durchschnittswertes lagen. Nur vereinzelt wurden in Ackerböden höhere Gehalte bei den Elementen Kupfer, Blei, Zink, Quecksilber und Arsen festgestellt. Die Gartenböden waren zur Hälfte mit Schwermetallen belastet, wobei die mittleren Gehalte von Blei, Cadmium, Quecksilber und Zink deutlich (mehr als 2-fach) über den oberösterreichischen Durchschnittsgehalten lagen (MAGISTRAT LINZ – AMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 1989 und 1990).

Für **Wien** wird von der MA 22 - Umweltschutz periodisch der Wiener Bodenschutzbericht (1992, 1994, 1997, 2000, 2003) erstellt. In diesem Rahmen erfolgen flächendeckende Bodenuntersuchungen hinsichtlich Schwermetallkontamination an 286 Probepunkten in speziellen Bereichen (z. B. Kinderspielplätze, Straßenzüge) von Wien. Dabei zeigte sich, dass es keine Besorgnis erregenden Schermetallbelastungen gibt und die Bleikonzentrationen rückläufig sind (MA 22, 2001). Im Rahmen der letzten Erhebung 2003 wurde der Analysenumfang auch auf die Bestimmung organischer Schadstoffe (PAH, PCB) ausgeweitet.

Im Land **Salzburg** wurden im Jahr 1996 Kinderspielplätze (Böden und Sand) auf Kontamination mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen (PAH, PCB, Dioxine) und hinsichtlich einer potentiellen Gesundheitsgefährdung untersucht. Arsen erwies sich dabei als das Problemelement, der Arsengehalt im Boden wurde bei 14 % der untersuchten Spielplätze als bedenklich eingestuft. Hohe Arsengehalte können in den österreichischen Alpen geogen bedingt sein bzw. auf historische Bergbaustandorte zurückgeführt werden. Entsprechende Sicherungsmaßnahmen aus bodenkundlicher und umwelthygienischer Sicht, wie z. B. die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der durchgehenden Vegetationsdecke, eine Überdeckung des belasteten Bodens mit unbelastetem Material oder der Abtrag des belasteten Materials wurden den zuständigen Behörden vorgeschlagen. Bei den organischen Schadstoffen wurden Richtwerte, die eine Sanierung erfordern würden, in keinem Fall überschritten (AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG, 1997).

Ein weiterer wesentlicher Faktor bei urbanen Böden ist die Entwicklung von Konzepten zum nachhaltigen Umgang mit dem **Flächenverbrauch** (siehe Kapitel 3.5.3.2), denn Boden ist eine endliche Ressource, besonders in Ballungsräumen. So wurde beispielsweise für das Stadtgebiet Stuttgart errechnet, dass bei unverän-

derter Flächeninanspruchnahme der Bodenvorrat bis 2050 aufgebraucht sein wird (AMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 2001).

**Box 4.3-14_E:
Moland-Murbandy-
Projekt**

Auf internationaler Ebene wurde seitens der EEA (European Environmental Agency) und des JRC (Joint Research Centre) im Rahmen des Projektes Moland/Murbandy (Monitoring Urban Dynamics/Monitoring Land Use Changes) ein Bericht zur Erfassung und Bewertung der Entwicklung von 25 Städten bzw. städtischen Bereichen in Europa erstellt (LAVALLE et al., 2002).

**Box 4.3-15_G:
Städtische Entwicklung
von Wien 1958-1997**

Für Wien zeigt sich bei den erfassten Daten von 1958 bis 1997 eine Zunahme der urbanen Fläche um knapp 11 % sowie ein Anstieg der Versiegelung um knapp 10 %. Natürliche und v. a. landwirtschaftliche Flächen (ca. 8 %) haben abgenommen, in etwa gleichbleibend sind die Flächenanteile am Straßen- und Eisenbahnnetz.

**Box 4.3-16_E:
Bodenbündnis europäi-
scher Städte, Kreise und
Gemeinden**

Ein Schritt um den Bodenschutz auf kommunaler Ebene zu verstärken wurde durch die Einrichtung des europäischen Bodenbündnisses im Jahre 2002 getan. Dies ist ein Zusammenschluss von Städten und Gemeinden in Europa, die sich zum Ziel gesetzt haben, sich gemeinsam für einen nachhaltigen Umgang mit Böden einzusetzen.

**Box 4.3-17_E:
INTERREG-Projekt
TUSEC-IP**

Im Rahmen des dreijährigen INTERREG-Projektes TUSEC-IP (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions – Implementation in Planning Procedures) soll ein länderübergreifendes Verfahren zur (Stadt-) Bodenbewertung in Kommunen entwickelt und Möglichkeiten zu dessen Umsetzung in das kommunale Planungshandeln erarbeitet werden.

Bodenerosion

**Box 4.3-18_E/T:
Bodenerosion in Öster-
reich**

Bodenerosion ist nach wie vor ein aktuelles Thema, jedoch muss in Zusammenhang mit der Abschätzung der Situation in Österreich auf den 6. Umweltkontrollbericht (UMWELTBUNDESAMT, 2001) verwiesen werden, da bislang keine neuen Daten zu Flächenausmaß, Gefährdungsklassen oder Lokalisierung von Problemgebieten vorliegen.

**Box 4.3-19_E:
Projekt ÖPUL-Erosion**

Im Zuge der Halbzeit-Evaluierung des Österreichischen Programms zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL 2000, siehe Kapitel 3.1.3.5) wurden Wirkung und Effizienz von in diesem Förderprogramm angebotenen Erosionsschutzmaßnahmen untersucht. Den Ergebnissen zufolge kann der Bodenabtrag durch erosionsmindernde Maßnahmen, wie Mulch- oder Direktsaat bzw. Begrünung deutlich reduziert werden. Allerdings werden diese Fördermaßnahmen bislang relativ selten in Anspruch genommen.

Bundeseinheitliche Regelungen

Obwohl es derzeit keine Kompetenzgrundlage für ein umfassendes und einheitliches Bundesbodenschutzgesetz gibt (RASCHAUER, 2002), wurde 2002 im Lichte der Umsetzung des deutschen Bundesbodenschutzgesetzes und der zukünftigen EU-Bodenstrategie in einer Veranstaltung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft die Möglichkeit für eine Bundesrahmenkompetenz zum Boden diskutiert. In manchen Fragen zum Thema Boden wird eine bundeseinheitliche Regelung oder zumindest eine nationale Abstimmung für sinnvoll erachtet. So wird derzeit in



einer österreichischen Arbeitsgruppe eine einheitliche Vorgangsweise für Orientierungswerte für Schadstoffgehalte in Böden (z. B. Vorsorge-, Prüf- oder Maßnahmenwerte) erarbeitet.

Internationale Aktivitäten

Wie in Kapitel 4.3.2 erwähnt, wird auf EU-Ebene an der Entwicklung einer thematischen Strategie für den Boden gearbeitet. Als nächste Schritte sollen 2004 eine neue EU-Mitteilung zu Bodenerosion, Verminderung der organischen Substanz und Bodenkontamination sowie ein Entwurf zu einer Bodenbeobachtungsrichtlinie erstellt werden. Zu diesem Zweck wurden ein Beirat und fünf Arbeitsgruppen (Kontamination, Erosion, Organische Substanz, Monitoring und Forschung) eingerichtet, wobei Österreich in allen Gremien vertreten ist und dadurch die Möglichkeit zur Wahrung der österreichischen Interessen hat.

Die europäische Umweltagentur (European Environment Agency – EEA) unterstützt diesen Prozess auf EU-Ebene und erarbeitet zahlreiche politikrelevante Informationen zum Boden. Anlässlich der Umweltministerkonferenz in Kiev 2003 wurde von der EEA ein paneuropäischer Umweltbericht erstellt, der dem Boden und seinen Belastungen ein eigenes Kapitel widmet (EEA, 2003).

Die Inhalte zu diesem Kapitel wurden hauptsächlich vom europäischen Themenzentrum "Terrestrial Environment" (ETC-TE) zusammengestellt. Dieses Themenzentrum, in dem das Umweltbundesamt mitarbeitet, ist im Bereich Boden vor allem mit der Erarbeitung von Indikatoren für verschiedene Formen der Bodendegradation, z. B. Bodenkontamination und Bodenversiegelung, beschäftigt. Diese Indikatoren bilden vielfach die Grundlage für die Berichte der EEA. So wurden z. B. Indikatoren zur lokalen Bodenkontamination für die jährlichen Indikatorenberichte und den Kiev-Bericht verwendet (EEA, 2001 & 2003).

Box 4.3-20_E:
EU-Bodenstrategie

Box 4.3-21_E:
Kiev-Bericht

Box 4.3-22_E:
ETC-TE

Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikationsmittel im Bereich Boden

Fachwissen, Bodenfachleute, Aktivitäten und Informationen rund um den Boden sind auf viele unterschiedliche Institutionen in ganz Österreich verteilt. Daraus entsteht der Bedarf nach erleichteter Kommunikation und optimalem Informationsaustausch unabhängig von den z. T. großen Distanzen. Weiteren starken Bedarf gibt es nach vermehrter Aufbereitung des Themas Bodens für die Öffentlichkeit, um Bodenbelange entsprechend transportieren zu können.

Dazu hat die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft gemeinsam mit dem Umweltbundesamt zwei Initiativen gestartet:

- Einrichtung des Bodenstammtisches zum Informationsaustausch für Bodenexperten
- Einrichtung und Führung einer Informationsplattform zum Thema Boden im Internet („Bodeninformationsdrehscheibe“).

Desgleichen wird durch medienpräzente Veranstaltungen zum Thema Boden und Bodenschutz wie beispielsweise die Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 2002 in Wien das Bewusstsein für Bodenbelange gefördert.

Box 4.3-23_E:
Bodenplattform im Internet & Bodenstammtisch

4.3.4 ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG UND AUSBLICK

Um die Wirksamkeit der in bestehenden Regelungen verankerten Vorgangsweisen (Ziele, Maßnahmen, Richtwerte etc.) zum Schutz des Bodens überprüfen zu können, ist eine regelmäßige Kontrolle des Bodenzustandes erforderlich. Dazu dienen verschiedene in Österreich eingerichtete Erhebungssysteme. Die erhobenen Daten können für Bewertungen und Aussagen über den Bodenzustand herangezogen werden, allerdings fehlen bislang Zeitreihen. Daher können künftige Entwicklungen des Bodenzustands nur anhand von Trends verschiedener Bodenbelastungen grob abgeschätzt werden. Zukünftig wird dies auch vermehrt mit Hilfe von Indikatoren erfolgen, die derzeit auf nationaler und internationaler Ebene entwickelt werden.

Anorganische Schadstoffe

Box 4.3-24_T:
Zulässige Grenzwerte
(Richtwerte) für Schad-
stoffe in Klärschlamm
und Boden

Für die Bewertung von Schwermetallgehalten in Böden sind in den Klärschlammverordnungen einzelner Bundesländer bzw. in der ÖNORM L 1075 Richtwerte festgelegt. Aus den Daten der Bodenzustandsinventuren der Bundesländer (ausgenommen Wien) und der Waldbodenzustandsinventur geht hervor, dass insgesamt an 374 Standorten (13,7 %) eine Richtwertüberschreitung eines der Elemente Cd, Pb, Hg oder Cu vorliegt.

Es ist anzunehmen, dass sich die Einträge zumindest von Blei und Cadmium im Boden verringern werden, da die Emissionen (siehe Kapitel 4.2.3.9) und damit die Depositionen weiter rückläufig sind. Aufgrund der sich nur langsam ändernden Bodeneigenschaften und der überwiegend starken Bindung von anorganischen Schadstoffen in Böden kann allerdings nicht davon ausgegangen werden, dass die Schwermetallgehalte in Böden in absehbarer Zeit abnehmen werden. Bei überhöhten Gehalten muss in Einzelfällen abgeschätzt werden, ob ein Risiko für Mensch und Umwelt besteht und es müssen gegebenenfalls risikominimierende Maßnahmen ergriffen werden, wie z. B. Änderung bzw. Beschränkung der derzeitigen Bodennutzung oder Bodenaustausch.

Organische Schadstoffe

In Österreich liegen nur wenige systematische Daten über persistente organische Schadstoffe vor. Aus den Daten der Bodenzustandsinventuren Kärnten, Oberösterreich und Steiermark geht hervor, dass die PAH-Gehalte in Oberböden weitestgehend im niedrigen Konzentrationsbereich liegen. Für Benzo(a)pyren, das häufig als Leitkomponente für das Auftreten von PAHs herangezogen wird, konnten nur an 2 Grünlandstandorten Überschreitungen des nach EIKMANN und KLOKE (1993) festgesetzten Richtwertes für multifunktionale Nutzung von 1 mg/kg festgestellt werden. Höhere Belastungen von Böden mit persistenten organischen Schadstoffen treten jedoch in Ballungsräumen und in Nahbereichen von Industrien auf (z. B. Linz, Brixlegg).

Die Emissionen persistenter organischer Schadstoffe wurden in den letzten Jahren in Österreich deutlich reduziert (siehe Kapitel 4.2.3.10), sodass mit einer geringeren Schadstoffanreicherung in Böden zu rechnen ist. Aufgrund der hohen Persistenz und teilweise geringen Mobilität einiger organischer Schadstoffe wird jedoch die Be-



lastungssituation von Böden mit diesen Substanzen, auch hinsichtlich neuer, derzeit noch nicht berücksichtigter chemischer Verbindungen, künftig mehr an Bedeutung gewinnen.

Organische Substanz

In Bezug auf die organische Substanz in Böden ist aufgrund der Bestrebungen, vermehrt organische Bodenhilfsstoffe in landwirtschaftliche Böden einzubringen, Begrünungen anzulegen, Ernterückstände am Feld zu lassen und die Möglichkeit der Speicherung von Kohlenstoff in Böden auszunutzen, anzunehmen, dass es zu keiner Abnahme der organischen Substanz in Österreichs Böden kommt, sofern keine stärkeren nachteiligen Landnutzungsänderungen (z. B. Umwandlungen in Bauland, Grünland in Acker) bzw. Änderungen der klimatischen Bedingungen stattfinden. Die Erhaltung eines standortgerechten Gehaltes an organischer Substanz in den Böden ist für die Aufrechterhaltung der Bodenfunktionen (Filter- und Pufferkapazität, Nährstoffspeicherung) notwendig.

Bodenerosion

Hinsichtlich der Bodenerosion ist bei einer weiterhin zunehmenden Akzeptanz von Erosionsschutzmaßnahmen in der Landwirtschaft und der Anwendung geeigneter Fruchtfolgen (inkl. Feldfutterbau und Wechselwiesen) von einer Reduktion der Bodenabträge bzw. der erosionsgefährdeten Flächen auszugehen. Die Vermeidung von ungünstigen Landnutzungsänderungen ist dabei Voraussetzung (siehe Kapitel 3.5.3.4). Für eine umfassende Bewertung fehlen noch detaillierte Ergebnisse über die Erosionssituation in Österreich.

Aufbereitung und Bereitstellung von Bodeninformationen

Die Schaffung von Schnittstellen zur gemeinsamen Auswertung von nationalen Bodendatenbeständen ist weiterzuentwickeln. Sowohl nationale (z. B. Erosionsgefährdung, Planungsverfahren) als auch v. a. transnationale Aktivitäten (Projekt TUSEC-IP, Bereitstellung von Bodeninformationen für EU-Institutionen etc.) erfordern eine möglichst umfassende Datenlage in Österreich. In Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des BORIS wird Folgendes angestrebt:

- weitere Zusammenführung und Aufbereitung vorliegender Bodendatenbestände
- Verknüpfung von Punktdaten mit Flächendaten aus z. B. Bodenkartierungen
- Weiterentwicklung der Möglichkeiten zur Datenbereitstellung via Internet (siehe Kapitel 4.3.3.2)
- Nutzung des Datenschlüssels Bodenkunde als Grundlage für neue Erhebungen
- verstärkte Zusammenarbeit von Landes- und Bundesdienststellen zur gemeinsamen Datenerfassung und Nutzung.

4.3.5 EMPFEHLUNGEN

Für bessere Risikoabschätzung und Darstellung von Trendentwicklungen für Schadstoffbelastungen in Böden sollten **weitere Bodenuntersuchungen** durchgeführt werden (z. B. Wiederholungen von Bodenzustandsinventuren durch die Bundesländer und das Bundesamt und Forschungszentrum für Wald). Ebenso ist der Ausbau bestehender und die Einrichtung neuer **Bodendauerbeobachtungsflächen** zu forcieren, primär in jenen Bundesländern, die über noch keine oder wenige dieser Flächen verfügen. Dies würde auch zur Umsetzung des Bodenschutzprotokolls der Alpenkonvention beitragen und die Erfüllung der zukünftigen EU-Richtlinie zum Bodenmonitoring erleichtern.

Die Ergebnisse der vorliegenden BORIS-Auswertungen zeigen deutlich, dass die alpinen Böden durch den Eintrag von Luftschadstoffen besonders gefährdet sind und nur durch **Emissionsminderungen** auf internationaler Ebene wirksam geschützt werden können (z. B. durch Einhaltung von EU-Regelungen und Umsetzung der Alpenkonvention). Der Eintrag von Schwermetallen und auch organischen Schadstoffen über die Luft muss daher aus Umwelt-Vorsorgegründen möglichst gering gehalten werden. Zusätzlich ist der **Eintrag über Düngemittel und Sekundärrohstoffe** (Klärschlamm, Gärrückstände aus der Biogasproduktion und Kompost) verstärkt zu kontrollieren und Schadstoffgehalte in den Ausgangsmaterialien für deren Herstellung zu minimieren.

Für **organische Schadstoffe** ist die Datenlage an Erstuntersuchungen noch unzureichend. Darüber hinaus besteht noch keine Einigung über eine Liste von persistenten organischen Schadstoffen als Mindestanforderung für Bodenzustandsinventuren bzw. Bodendauerbeobachtungsflächen. Die Erstellung einer derartigen Liste sowie die Festlegung vergleichbarer Probenahme, Probebehandlung und chemischer Analytik und die Erarbeitung geeigneter Referenzwerte für POPs in Böden durch ein Expertengremium ist notwendig.

Die **Festlegung von Referenzwerten** sollte in Hinblick auf die EU-Bodenstrategie bundeseinheitlich erfolgen. Dies könnte über die Abgleichung bundesländerspezifischer Regelungen (z. B. Bodenschutz- bzw. Klärschlammgesetze und -verordnungen) und die Einrichtung gemeinsamer Arbeitsgruppen unter Einbeziehung der Wissenschaft erreicht werden.

Bodenschutzziele sind derzeit in **bodenrelevanten Regelungen** (z. B. Bodenschutzgesetze der Bundesländer) meist sehr allgemein und primär für landwirtschaftliche Interessen formuliert. Hier gibt es Bedarf an Konkretisierung und Ausweitung des Schutzzumfanges und von Maßnahmen, Berücksichtigung von Bodenfunktionen und Verankerung einer nachhaltigen Bewirtschaftung.

Zunehmend größere Bedeutung wird zukünftig auch die Vernetzung und bestmögliche Nutzung von vorhandenen **Bodeninformationen** haben. Dazu ist es erforderlich, die in unterschiedlichen Einrichtungen vorliegenden Daten entsprechend benutzerfreundlich aufzubereiten und für die Umsetzung des Bodenschutzes verfügbar zu machen. Einige Institutionen haben dies bereits erfolgreich umgesetzt (z. B. Landesumweltinformationssystem Steiermark, BORIS des Umweltbundesamtes) bzw. arbeiten an entsprechenden Lösungen. Ein weiterer wesentlicher Aspekt ist die Zusammenführung von Punkt- und Flächendatenbeständen, um Bewertungen des Bodenzustandes zu erleichtern. Dazu sind geeignete Methoden der Zusammenführung zu entwickeln. Um komplexe Zusammenhänge und Auswirkungen auf

den Boden aufzuzeigen und bewerten zu können ist es zunehmend notwendig, Daten zu anderen Umweltmedien, Landschaft (Geodaten) und den Wirtschaftssektoren zu integrieren. Eine entsprechende Verfügbarkeit dieser Daten in ausreichender Auflösung ist national zu gewährleisten.

Handlungsbedarf für zukünftige Bewertungen und Planungen im städtischen Bereich ist bei der Schaffung von weiteren kommunalen Datengrundlagen zu **Stadtböden** gegeben („Stadtbodenkartierung“). Weiters ist bei der Festlegung von zu erhebenden Parametern ein Schwerpunkt auf spezielle Merkmale städtischer Böden zu legen – wie z. B. der Beschreibung der vorliegenden Bodenmaterialien – und baulich bedingte Beeinflussungen – wie eingebrachte Fremdmaterialien – umfassend zu dokumentieren.

In bisherigen Planungsprozessen wird der Boden meist lediglich als Schutzgutverlust dokumentiert. Deshalb wird es zukünftig erforderlich sein, qualitative (ökologischer Umgang mit Boden) und quantitative Ziele (ökonomischer Umgang mit Boden) sowie Steuergößen (Indikatoren) respektive Bewertungsverfahren und Maßnahmenempfehlungen für verschiedene Planungsebenen zu formulieren. Durch diese Integration von Bodenschutzzielen kann die praktische Umsetzbarkeit bei planerischen Entscheidungen gewährleistet werden. **Indikatoren** tragen zur Erreichung und Evaluierung der gesetzten Ziele bei und fördern eine effizientere, weil zielorientiertere Datenerhebung.

Zur Gewährleistung der vielfältigen Leistungen des Bodens für unterschiedliche Nutzungen ist es neben der Minimierung des Schadstoffeintrags erforderlich, durch geeignete landwirtschaftliche **Bewirtschaftungsmaßnahmen** (z. B. Erhöhung der Bodenbedeckung vor allem im Winter, Einsatz bodenschonender Anbauverfahren) den Bodenabtrag durch Erosion zu minimieren und die Erhaltung bzw. Wiederherstellung von ausreichender organischer Substanz im Boden sicherzustellen (z. B. durch Förderung des biologischen Landbaus und vermehrten Einsatz von Begrünungsmaßnahmen bzw. Umwandlung von Acker- in Grünlandflächen). Zur Identifizierung der Gebiete mit Handlungsbedarf ist eine bundesweite Abschätzung auf Basis von Modellen erforderlich.

Zum Schutz des Bodens ist es erforderlich, den Abbau und die Verbringung von Bodenmaterial national zu beschränken, aber auch den **Flächenverbrauch** zu reduzieren, um die Bodenversiegelung einzudämmen. Letzteres kann z. B. durch vermehrte Innenverdichtung in Städten, Verringerung des Straßenbaus und Berücksichtigung der Bodenqualität in der überörtlichen und örtlichen Raumplanung sowie maßvolle Flächenausweisung für Siedlungen und Industriegebiete erreicht werden.

Neben der Vorsorge sollen auch **Maßnahmen zur Wiederherstellung** und Nachbesserung getroffen werden, etwa durch Rückbau überdimensionierter Anlagen, Entsiegelung und Renaturierung überformter Flächen, Brachflächenrecycling und Altlastensanierung, die zu einer Verbesserung des Bodenzustandes beitragen.

Generell ist auch für den Boden das Prinzip der **Umweltverantwortung** anzuwenden, d. h. es sollte ein Verschlechterungsverbot für den Grundbesitzer gelten, um den Nachfolgern eine nachhaltige Bodennutzung zu ermöglichen.

Langfristig ist ein stärkeres **Verantwortungsbewusstsein** gegenüber dem Boden und seinem Schutz aufzubauen. Dabei wird es eine zunehmend wichtige Aufgabe sein, Bodenbelange entsprechend aufbereitet an verschiedene Zielgruppen (z. B. politische Entscheidungsträger, Lehrer, interessierte Öffentlichkeit) aktiv heranzu-



tragen. Geeignete Maßnahmen dazu wären Einbeziehung der Bodenproblematik in die Erwachsenenbildung und in den Schulunterricht, Einrichtung von Lehrpfaden und Ausstellungen sowie Medienarbeit und Information via Internet.