

DIN ISO 15799



ICS 13.080.99

**Bodenbeschaffenheit –
Anleitung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Böden und
Bodenmaterialien (ISO 15799:2003)**

Soil quality –

Guidance on the ecotoxicological characterization of soils and soil materials
(ISO 15799:2003)

Qualité du sol –

Lignes directrices relatives à la caractérisation écotoxicologique des sols et des matériaux
du sol (ISO 15799:2003)

Gesamtumfang 40 Seiten

Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN

Die Internationale Norm ISO 15799:2003 „Soil quality — Guidance on the ecotoxicological characterization of soils and soil materials“ ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.

Nationales Vorwort

Diese Internationale Norm wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Bodenbeschaffenheit“ aufgestellt. Das zuständige nationale Gremium ist der Arbeitsausschuss NAW I 1 „Bodenschutz, Altlastensanierung und Entsorgung“ im Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Es ist erforderlich, bei den Untersuchungen nach dieser Norm Fachleute oder Facheinrichtungen einzuschalten.

Für die in den Literaturhinweisen zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 6341	siehe DIN EN ISO 6341
ISO 7346	siehe DIN EN ISO 7346-1 bis DIN EN ISO 7346-3
ISO 8692	siehe DIN EN 28692
ISO 10253	siehe DIN EN ISO 10253
ISO 10381-6	siehe DIN ISO 10381-6
ISO 11074-1	siehe DIN ISO 11074-1
ISO 11074-4	siehe E DIN ISO 11074-4
ISO 11267	siehe DIN ISO 11267
ISO 11268-1	siehe DIN ISO 11268-1
ISO 11268-2	siehe DIN ISO 11268-2
ISO 11269-1	siehe DIN ISO 11269-1
ISO 11269-2	siehe DIN ISO 11269-2
ISO 11348	siehe DIN EN ISO 11348-1 bis DIN EN ISO 11348-3
ISO 13829	siehe DIN 38415-3
ISO 14238	siehe DIN ISO 14238
ISO 14240-1	siehe DIN ISO 14240-1
ISO 14240-2	siehe DIN ISO 14240-2
ISO 15176	siehe DIN 19731
ISO 15685	siehe E DIN ISO 15685
ISO 16072	siehe DIN 19737
ISO 17155	siehe DIN ISO 17155

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN 19731, *Bodenbeschaffenheit — Verwertung von Bodenmaterial*.

DIN 38415-3, *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung — Suborganismische Testverfahren (Gruppe T) — Teil 3: Bestimmung des erbgutverändernden Potentials von Wasser mit dem umu-Test (T 3)*.

DIN EN 28692, *Wasserbeschaffenheit — Wachstumshemmtest mit den Süßwasseralgen *Scenedesmus subspicatus* und *Selenastrum capricornutum* (ISO 8692:1989); Deutsche Fassung EN 28692:1993*.

DIN EN ISO 6341, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der Hemmung der Beweglichkeit von Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea) — Akuter Toxizitäts-Test (ISO 6341:1996); Deutsche Fassung EN ISO 6341:1996.*

DIN EN ISO 7346-1, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der akuten letalen Toxizität von Substanzen gegenüber einem Süßwasserfisch [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] — Teil 1: Statisches Verfahren (ISO 7346-1:1996); Deutsche Fassung EN ISO 7346-1:1997.*

DIN EN ISO 7346-2, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der akuten letalen Toxizität von Substanzen gegenüber einem Süßwasserfisch [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] — Teil 2: Semistatisches Verfahren (ISO 7346-2:1996); Deutsche Fassung EN ISO 7346-2:1997.*

DIN EN ISO 7346-3, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der akuten letalen Toxizität von Substanzen gegenüber einem Süßwasserfisch [Brachydanio rerio Hamilton-Buchanan (Teleostei, Cyprinidae)] — Teil 3: Durchflußverfahren (ISO 7346-3:1996); Deutsche Fassung EN ISO 7346-3:1997.*

DIN EN ISO 10253, *Wasserbeschaffenheit — Wachstumshemmtest mit marinen Algen Skeletonema costatum und Phaeodactylum tricornutum (ISO 10253:1995); Deutsche Fassung EN ISO 10253:1998.*

DIN EN ISO 11348-1, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von Vibrio fischeri (Leuchtbakterientest) — Teil 1: Verfahren mit frisch gezüchteten Bakterien (ISO 11348-1:1998); Deutsche Fassung EN ISO 11348-1:1998.*

DIN EN ISO 11348-2, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von Vibrio fischeri (Leuchtbakterientest) — Teil 2: Verfahren mit flüssig getrockneten Bakterien (ISO 11348-2:1998); Deutsche Fassung EN ISO 11348-2:1998.*

DIN EN ISO 11348-3, *Wasserbeschaffenheit — Bestimmung der Hemmwirkung von Wasserproben auf die Lichtemission von Vibrio fischeri (Leuchtbakterientest) — Teil 3: Verfahren mit gefriergetrockneten Bakterien (ISO 11348-3:1998); Deutsche Fassung EN ISO 11348-3:1998.*

DIN ISO 10381-6, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 6: Anleitung zur Entnahme, Behandlung und Lagerung von Boden für die Bestimmung aerober mikrobieller Prozesse unter Laboratoriumsbedingungen (ISO 10381-6:1993).*

DIN ISO 11074-1, *Bodenbeschaffenheit — Wörterbuch — Teil 1: Begriffe und Definitionen aus dem Bereich Bodenschutz und Bodenkontamination (ISO 11074-1:1996).*

E DIN ISO 11074-4, *Bodenbeschaffenheit — Wörterbuch — Teil 4: Begriffe und Definitionen zur Sanierung von Böden und Standorten (ISO 11074-4:1999).*

DIN ISO 11267, *Bodenbeschaffenheit — Hemmung der Reproduktion von Collembolen (Folsomia candida) durch Bodenschadstoffe (ISO 11267:1999).*

DIN ISO 11268-1, *Bodenbeschaffenheit — Wirkungen von Schadstoffen auf Regenwürmer (Eisenia fetida) — Teil 1: Verfahren zur Bestimmung der akuten Toxizität unter Verwendung von künstlichem Bodensubstrat (ISO 11268-1:1993).*

DIN ISO 11268-2, *Bodenbeschaffenheit — Wirkung von Schadstoffen auf Regenwürmer (Eisenia fetida) — Teil 2: Bestimmung der Wirkung auf die Reproduktionsleistung (ISO 11268-2:1998).*

DIN ISO 11269-1, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Wirkungen von Schadstoffen auf die Bodenflora — Teil 1: Verfahren zur Messung der Wurzelwachstumshemmung (ISO 11269-1:1993).*

DIN ISO 11269-2, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Wirkungen von Schadstoffen auf die Bodenflora — Teil 2: Wirkung von Schadstoffen auf Saataufgang und Wachstum höherer Pflanzen (ISO 11269-2:1995).*

DIN ISO 14238, *Bodenbeschaffenheit — Biologische Verfahren – Bestimmung der Stickstoffmineralisierung und -nitrifizierung in Böden und der Einflüsse von Chemikalien auf diese Prozesse (ISO 14238:1997).*

DIN ISO 14240-1, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der mikrobiellen Biomasse von Böden — Teil 1: Substrat-induziertes Respirationsverfahren (ISO 14240-1:1997).*

DIN ISO 14240-2, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der mikrobiellen Biomasse von Böden — Teil 2: Fumigations-Extraktionsverfahren (ISO 14240-2:1997).*

E DIN ISO 15685, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der potentiellen Nitrifizierung — Schnellverfahren mittels Ammoniumoxidation (ISO/DIS 15685:2001).*

DIN ISO 17155, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Abundanz und Aktivität der Bodenmikroflora mit Hilfe von Atmungskurven (ISO 17155:2002).*

Deutsche Übersetzung

Bodenbeschaffenheit — Anleitung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Böden und Bodenmaterialien

Inhalt

	Seite
Vorwort	6
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Begriffe	7
2.1 Boden und Bodenmaterial	7
2.2 Begriffe zu Bodeneigenschaften	8
2.3 Fläche und Standorte	9
3 Anwendungsbereich	9
3.1 Böden und Standorte, für die ökotoxikologische Prüfverfahren berücksichtigt werden sollten	9
3.2 Böden und Standorte, bei denen ökotoxikologische Prüfungen nicht erforderlich sind (vorausgesetzt, dass eine Grundwasserverunreinigung ausgeschlossen werden kann)	9
4 Auswahl der Prüfverfahren unter Berücksichtigung der Verwertung/ Wiederverwendung von Böden und Bodenmaterial und von Bodenfunktionen	10
4.1 Die Anwendung von Ökotoxizität-Prüfreiheiten	10
4.2 Allgemeine Kriterien für die Auswahl von Prüfungen	10
4.3 Berücksichtigungen bei der Untersuchung von Bodenfunktionen	11
4.3.1 Rückhaltefunktion/Eliminierungspotential	11
4.3.2 Lebensraumfunktionen	11
5 Probenahme, Transport, Lagerung und Probenvorbehandlung	14
6 Anwendungsbeschränkungen der vorgeschlagenen biologischen Prüfverfahren für Böden/Bodenmaterialien	14
Anhang A (informativ) Vereinheitlichte Datenblätter zu empfohlenen Prüfverfahren	15
A.1 Terrestrische Prüfverfahren	15
A.1.1 Bodenfauna	15
A.1.2 Bodenflora	20
A.1.3 Bodenmikroorganismen	22
A.2 Aquatische Prüfverfahren	27
A.2.1 <i>Daphnia magna</i> Straus – Bewegungsfähigkeitshemmtest	27
A.2.2 Süßwasseralgen – Wachstumshemmtest	28
A.2.3 <i>Lemna minor</i> – Wachstumshemmtest	29
A.2.4 Süßwasserfische – Akuter Toxizitätstest	30
A.2.5 Marine-Algen – Wachstumshemmtest	31
A.2.6 <i>Daphnia magna</i> – Reproduktionstest	32
A.2.7 <i>Vibrio fischeri</i> – Leuchtbakterientest	33
A.2.8 Marine Copepoden – Akuter Toxizitätstest	34
A.3 Gentoxizitätstests	35
A.3.1 <i>Pleurodeles waltl</i>	35
A.3.2 umu-Test	36
A.3.3 Salmonella/Microsome-Test	37
Literaturhinweise	38

Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist die weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedskörperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitgliedskörperschaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale (staatliche und nichtstaatliche) Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt. Die ISO arbeitet bei allen Angelegenheiten der elektrotechnischen Normung eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Internationale Normen werden in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2, erstellt.

Die Hauptaufgabe von Technischen Komitees ist das Erarbeiten von Internationalen Normen. Die von den Technischen Komitees verabschiedeten Norm-Entwürfe werden den Mitgliedskörperschaften zur Abstimmung vorgelegt. Die Veröffentlichung als Internationale Norm erfordert Zustimmung von mindestens 75 % der abstimmenden Mitgliedskörperschaften.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Möglichkeit besteht, dass einige Teile dieser Internationalen Norm Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Internationale Norm ISO 15799 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Bodenbeschaffenheit“, Unterkomitee SC 7 „Boden- und Standortuntersuchung“, erarbeitet.

Einleitung

Die Mehrzahl der vorhandenen genormten „ökotoxikologischen“ Prüfverfahren (Biotests) wurden erarbeitet, um das ökotoxische Potential einer Prüfsubstanz, die einem Boden oder Bodenmaterial zugegeben wurde, zu beschreiben. Diese Verfahren können mit einigen Änderungen auch zur ökotoxikologischen Beschreibung von Böden und Bodenmaterial mit Bezug auf deren Funktion in Abhängigkeit von der beabsichtigten Nutzung eingesetzt werden. In diesem Fall sollte den Anwendern bewusst sein, dass diese Verfahren insofern nicht ausreichend validiert sind.

Biotests stellen eine Ergänzung zur herkömmlichen chemischen Analyse dar. Ergebnisse chemischer Untersuchungen können für ökotoxikologische Untersuchungen herangezogen werden, wenn Informationen zu Einzelsubstanzen vorliegen, einschließlich der Eigenschaften der Chemikalien, z. B. über das Bioakkumulationspotential. Diese Art der Information ist häufig gering (falls sie überhaupt vorhanden ist) und enthält keine Angaben zu möglichen Interaktionen (Synergismen/Antagonismen) zwischen den Chemikalien und der komplexen Bodenmatrix. Darüber hinaus ist eine umfassende Bestimmung und Quantifizierung von Substanzen praktisch nicht durchführbar. Deshalb können ökotoxikologische Prüfungen von Böden zur Untersuchung der potentiellen Toxizität der komplexen Mischung von Chemikalien verwendet werden. Die Extrapolation von der Laboratoriumsprüfung zu den tatsächlichen Umweltbedingungen erfordert die angemessene Berücksichtigung wesentlicher Umweltfaktoren bei den Prüfungsbedingungen sowie die Auswahl geeigneter ökotoxikologischer Endpunkte.

Diese Internationale Norm gehört zu einer Reihe von Normen, die Anleitungen zur Charakterisierung von Böden und Bodenmaterial mit Bezug zu bestimmten Funktionen und Nutzungen enthalten, einschließlich Naturschutz. Diese Internationale Norm sollte in Verbindung mit den anderen Normen dieser Reihe betrachtet werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm enthält eine Anleitung für die Auswahl der Untersuchungsverfahren zur Bestimmung des ökotoxikologischen Potentials von Böden und Bodenmaterial (z. B. Bodenaushub, saniertes Bodenmaterial, Verfüllmaterial, Aufschüttungen) mit Berücksichtigung ihrer vorgesehenen Nutzung sowie möglicher schädlicher Wirkungen auf aquatische Lebewesen und Bodenlebewesen. Dies ist ein Abbild der Wirksamkeit der Lebensraum- und Rückhaltefunktion.

Diese Anleitung enthält keine Prüfverfahren zur Bestimmung der Bodenakkumulation. Prüfungen zur Gentoxizität unter Verwendung von eukaryonten Organismen in Böden sind noch nicht verfügbar. Diese Norm ist nicht für die ökologische Bewertung von nicht verunreinigten Böden mit naturnaher, landwirtschaftlicher oder forstwirtschaftlicher Nutzung anwendbar. Solche Böden sind jedoch von Interesse als Referenzböden für die Bewertung von Böden aus verunreinigten Standorten. Die Auswertung von Ergebnissen, die nach den Verfahren dieser Internationalen Norm erhalten werden, ist nicht Gegenstand dieser Norm.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die folgenden Begriffe.

2.1 Boden und Bodenmaterial

2.1.1

Boden

obere Schicht der Erdrinde, die aus mineralischen Teilchen, organischer Substanz, Wasser, Luft und lebendigen Organismen besteht

[ISO 11074-1:1996, Begriff 5.4]

2.1.2

Bodenmaterial

Bodenaushub, Baggergut, künstlich hergestellte Böden, sanierte Böden und Auffüllungsböden

[ISO 15176:2002, Begriff 3.1.4]

2.1.3

Bodenaushub

jedes natürliche Material, das ausgehoben wurde und üblicherweise bei Baumaßnahmen anfällt, einschließlich Oberboden, Unterboden, verwittertes Ausgangsgestein sowie das Ausgangsgestein selbst

ANMERKUNG Bodenaushub fällt üblicherweise bei Baumaßnahmen an.

[ISO 15176:2002, Begriff 3.1.5]

2.1.4

Standardboden

im Feld entnommener Boden, dessen wesentliche Eigenschaften (z. B. pH-Wert, Gehalt an organischer Substanz) innerhalb eines bekannten Bereichs liegen

BEISPIEL Eurosoils [34].

2.2 Begriffe zu Bodeneigenschaften

2.2.1

Lebensraumfunktion

Eigenschaft von Boden/Bodenmaterialien, als Lebensraum für Mikroorganismen, Pflanzen, Bodenlebewesen und deren Interaktionen (Biozönose) zu dienen

2.2.2

Rückhaltefunktion

Eigenschaft von Böden/Bodenmaterialien, Schadstoffe so zu absorbieren, dass diese nicht über den Wasserpfad mobilisiert und in die Nahrungskette verlagert werden können

ANMERKUNG Die Lebensraum- und Rückhaltefunktionen schließen die folgenden Bodenfunktionen nach ISO 11074-1 ein:

- Steuerung von Stoff- und Energiekreisläufen als Kompartiment von Ökosystemen;
- Grundlage für das Leben von Pflanzen, Tieren und Menschen;
- Träger von genetischem Reservoir;
- Grundlage für den Ertrag landwirtschaftlicher Produkte;
- Pufferung der Verlagerung des Wassers, von Kontaminanten oder anderen Substanzen in das Grundwasser.

2.2.3

bodengefährdender Stoff

Stoff oder Wirkstoff im Boden, von dem auf Grund seiner Eigenschaften, Menge oder Konzentration eine Beeinträchtigung der Bodenfunktion und der Bodennutzung ausgeht

Siehe auch Kontaminant (2.2.4) und potentieller Schadstoff (2.2.5).

[ISO 15176:2002, Begriff 3.2.7]

ANMERKUNG Siehe auch Einleitung in ISO 11074-1:1996.

2.2.4

Kontaminant

Stoff oder Wirkstoff im Boden als Ergebnis menschlicher Tätigkeit

Siehe auch bodengefährdender Stoff (2.2.3), potentieller Schadstoff (2.2.5).

ANMERKUNG In dieser Definition wird nicht davon ausgegangen, dass Schäden auf Grund des Vorhandenseins des Kontaminanten auftreten.

[ISO 15176:2002, Begriff 3.2.6]

2.2.5

potentieller Schadstoff

Stoff, der bei Vorliegen ausreichender Konzentration oder Menge schädlich für Menschen und die Umwelt sein kann

ANMERKUNG Er kann als Ergebnis menschlicher Tätigkeit [Kontaminant (2.2.4)] oder natürlich vorliegen.

[ISO 15176:2002, Begriff 3.2.8]

2.3 Fläche und Standorte

2.3.1

Wiederverwendung

nützliche und schadlose Verwendung von Bodenmaterialien

ANMERKUNG Für die Zwecke dieser Internationalen Norm wird unter Wiederverwendung die Verbringung von Bodenmaterial zu einem anderen Standort zur Anwendung in der Landwirtschaft, im Gartenbau, in der Forstwirtschaft, in Parks, in Erholungsbereichen und bei Baumaßnahmen verstanden.

[ISO 15176:2002, Begriff 3.4.1]

3 Anwendungsbereich

3.1 Böden und Standorte, für die ökotoxikologische Prüfverfahren berücksichtigt werden sollten

- Prüfung der Eigenschaft eines Bodens, natürliche Biozönosen oder landwirtschaftliche Nutzung nachhaltig sicherzustellen.
- Prüfung der kombinierten Ökotoxizität aller in Böden oder Bodenmaterialien vorhandenen bioverfügbaren Kontaminanten.
- Prüfung der Ökotoxizität potentieller Schadstoffe in Fällen, wo Boden/Bodenmaterial Grund- und Oberflächenwasser beeinträchtigen kann.
- Prüfung der Ökotoxizität von gering kontaminierten Böden oder Bodenmaterialien (Verfüllungen, Aufschüttungen) (bis 1 m Tiefe), die ohne weitere Behandlung am Standort verbleiben können.
- Nachweis der potentiellen Ökotoxizität, die nicht über chemische Analysen erfasst werden kann.
- Überwachung und Steuerung des Erfolgs der Bodenbehandlung (Off-Site, On-Site, In-situ).
- Überwachung und Steuerung von Böden/Bodenmaterialien, die gereinigt wurden und an der Oberfläche wieder eingebaut werden können.

3.2 Böden und Standorte, bei denen ökotoxikologische Prüfungen nicht erforderlich sind (vorausgesetzt, dass eine Grundwasserverunreinigung ausgeschlossen werden kann)

- bei verunreinigten Böden, die als gefährlicher Abfall eingestuft sind oder eindeutig durch chemische/analytische Parameter gekennzeichnet sind. In solchen Fällen kann eine ökotoxikologische Prüfung im Rahmen einer Abschlussuntersuchung nach Sanierung und zur Prozesskontrolle bei der biologischen Reinigung (Remediation) sinnvoll sein;
- bei gewerblich/industriell genutzten Flächen ohne Absichten, diese einer gartenbaulichen/ landwirtschaftlichen Nutzung zuzuführen;
- bei Bodenmaterial oder Verfüllungsmaterialien in einem Bereich, der wirksam versiegelt wird durch Überbauung oder andere Arten geringdurchlässiger Abdeckungen, wie Beton, Teer oder Asphalt.

4 Auswahl der Prüfverfahren unter Berücksichtigung der Verwertung/ Wiederverwendung von Böden und Bodenmaterial und von Bodenfunktionen

4.1 Die Anwendung von Ökotoxizität-Prüfreiheiten

Toxische Stoffe können verschiedene Arten (in einigen Fällen Genotypen) in einem Ökosystem bei unterschiedlichen Konzentrationen beeinflussen. Der ideale Ansatz für eine vollständige ökotoxikologische Charakterisierung von Schadstoffen ist, eine Reihe von Prüfungen mit mehreren Arten, die zu verschiedenen taxonomischen und trophischen Gruppen gehören, zu verwenden, um falsche negative Ergebnisse durch Anpassung eines Prüfsystems (genotypische Veränderungen) an einen speziellen Schadstoff im Vergleich mit nicht verunreinigten Böden zu vermeiden. Solche Untersuchungen unter Feld- oder ähnlichen Bedingungen werden selten durchgeführt und können sehr teuer sein.

Die ideale Situation kann vereinfacht durch die Einführung einfacherer Prüfstrategien und der Anwendung von Sicherheitsfaktoren für die erhaltenen Ergebnisse erhalten werden. Die Diversität der Arten in Bezug auf die Sensibilität gegenüber toxischen Stoffen ist jedoch so wichtig, dass sie zu einer hohen Unsicherheit der Ergebnisse führt, wenn die Prüfung nur an einer Art oder Funktion durchgeführt wird. Es wird deshalb empfohlen, die Prüfung mindestens unter Berücksichtigung eines mikrobiellen Prozesses, einer Art des Pflanzenreichs und einer Art des Tierreichs, bei Letzterer wird dies üblicherweise eine saprophage/detrivore Art sein, auszuführen; werden mehrere Arten geprüft, dann sollte eine predatore Art in die Prüfreihe einbezogen werden. Die Mindestanzahl der zu prüfenden Arten hängt von den Regelungen ab, denen die Prüfreihe entsprechen muss. Diese Internationale Norm beschreibt nur die Grundlagen ihrer Anwendung. Weitere Betrachtungen für die Auswahl für Prüfungen, die Bodenorganismen verwenden, enthält 4.3.

4.2 Allgemeine Kriterien für die Auswahl von Prüfungen

Kriterien für die Auswahl von Ökotoxizitätstests wurden im Zusammenhang mit Gefährdungsabschätzungen und der Klassifikation von Chemikalien aufgestellt. Diese Kriterien sollten ebenfalls für die ökotoxikologische Charakterisierung von verunreinigten Böden angewendet werden. Kriterien waren: wissenschaftliche Validierung, ökologische Bedeutung, Praktikabilität und Akzeptanz. Siehe [30] und [40].

Die grundlegenden Anforderungen, die Prüfverfahren erfüllen müssen, um als Internationale Normen akzeptiert werden zu können, sind die Reproduktionsleistung, die statistische Validierung, die allgemeine Akzeptanz und Durchführbarkeit.

Die Wichtigkeit eines Kriteriums hängt von der jeweiligen Situation ab. Entscheidungen sind dahingehend zu treffen, welche Kriterien sehr wichtig sind oder durch praktische Überlegungen verändert werden müssen, z. B. die einfache Zucht von Prüforganismen im Laboratorium oder die Verfügbarkeit verschiedener Lebensstadien für eine Prüfung im Jahresverlauf.

Die in dieser Anleitung enthaltenen und empfohlenen Prüfverfahren wurden für Gefährdungsabschätzungen von Chemikalien erarbeitet und international harmonisiert (z. B. durch ISO, OECD und EU). In den meisten dieser Prüfverfahren wurde die Möglichkeit der Anpassung des Prüfschemas für Zwecke, wie im Anwendungsbereich dieser Internationalen Norm beschrieben, vorgesehen. Dennoch ist es in einigen Fällen erforderlich, Erfahrungen in der Anwendung dieser Prüfverfahren zur Charakterisierung der Bodenbeschaffenheit zu sammeln. Zusätzlich hängt die Auswahl der ökotoxikologischen Prüfverfahren zur Untersuchung von Böden/Bodenmaterialien von ihrer beabsichtigten Verwertung/Wiederverwendung und den schützenswerten Bodenfunktionen ab, insbesondere der Rückhalte- und der Lebensraumfunktion.

Tabelle 1 enthält ein Beispiel für ein Entscheidungsschema auf der Grundlage der relevanten Funktionen.

**Tabelle 1 — Anwendbarkeit ökotoxikologischer Prüfverfahren
in Abhängigkeit von der beabsichtigten Wiedernutzung des Bodens**

Verwertung von Böden	Bodenfunktion		
	Rückhaltefunktion	Lebensraumfunktion	
	Aquatische Organismen	Pflanzenwachstum	Bodenbiozönose
	Bestimmung biologischer Wirkungen		
Unterhalb versiegelter Flächen	gering ^a	gering	gering
Gewerbliche und industriell genutzte unversiegelte Flächen	hoch	gering	gering
Deponieabdeckung	hoch	hoch	gering
Grünflächen, Parks und Erholungsgebiete	hoch	hoch	hoch
Gärtnerisch und landwirtschaftlich genutzte Flächen	hoch	hoch	hoch
^a Nur für die ungesättigte Zone anwendbar.			

4.3 Berücksichtigungen bei der Untersuchung von Bodenfunktionen

4.3.1 Rückhaltefunktion/Eliminierungspotential

Der Transport über die Wasserphase (löslich, kolloidal und partikulär) spielt eine herausragende Rolle in der Gefährdungsabschätzung von verunreinigten Böden. Dies nicht nur, weil Wasser Kontaminanten mobilisieren kann, sondern auch, weil Kontaminanten und Metabolite in der Wasserphase eine potentiell schädigende Wirkung auf Mikroorganismen, Pflanzen und die Bodenfauna haben.

Wässrige Eluate sind für die Prüfung ökotoxischer Wirkungen auf Organismen über den Wasserpfad geeignet. Es sollte berücksichtigt werden, dass Stoffe, die durch Wasser mobilisiert wurden, weiteren Veränderungen (z. B. Metabolismus oder Hydrolyse) beim Transport ins Grundwasser und von dort in Oberflächengewässer unterliegen können und Konzentrationen durch Verdünnung verringert werden. Darüber hinaus können Stoffe über größere Zeiträume aufgrund von Änderungen der Umwelt (z. B. pH-Wert, chemische und biologische Transformationen) mobilisiert werden. Eluate können als frühe Indikatoren für die Verunreinigung von Poren- und Grundwasser dienen, bevor es zu einer Beeinträchtigung von Oberflächengewässern und Trinkwasser kommt.

Bei diesen Bedingungen ist die Untersuchung des Grundwassers und von Eluaten von besonderer Bedeutung, unabhängig von der beabsichtigten Bodennutzung.

4.3.2 Lebensraumfunktionen

4.3.2.1 Repräsentativsein von Organismen und Prozessen

Die Eignung des Bodens für lebende Organismen kann am besten durch Prüfverfahren erfolgen, die Organismen und Prozesse einschließen, die für verschiedene taxonomische Gruppen repräsentativ sind.

4.3.2.2 Bodenmaterial als Kontrolle für biologische Untersuchungen an festen Matrices

Prinzipiell werden in ökotoxikologischen Prüfungen jegliche in einer Behandlung gemessenen Endpunkte mit denen, die in der Kontrolle gemessen wurden, verglichen.

Um die Eignung eines Bodens als Lebensraum von Bodenorganismen zu prüfen, ist es erforderlich, den verunreinigten Boden oder Bodenmaterial mit einem Kontrollboden zu vergleichen, der auch zur Herstellung von Verdünnungsreihen mit der verunreinigten Probe verwendet wird.

Verschiedene Arten von Kontrollmaterial können verwendet werden:

- ein nicht verunreinigter Boden mit bodenkundlichen Eigenschaften, die denen der zu prüfenden Probe vergleichbar sind;
- ein inertes Material (z. B. Quarzsand);
- ein zertifizierter natürlicher Boden (z. B. Standard-Boden);
- ein genormter künstlicher Boden (siehe ISO 11267, ISO 11268-1 und ISO 11268-2).

Die Wahl zwischen diesen Kontrollmaterialien sollte vollständig abhängig von den Zielen der ökotoxikologischen Untersuchungen, der Art der angewendeten biologischen Verfahren und den Anforderungen der Prüforganismen sein. Diese Anleitung kann nicht für alle biologischen Verfahren verallgemeinert werden. Darüber hinaus kann die Zugabe von Sand zu einem Boden oder Bodenmaterial zu einer dichten Mischung führen, die mit dem Wachstum und der Entwicklung vieler Organismen (z. B. Pflanzentests) nicht vereinbar ist. Falls es für die genauere Nachbildung der natürlichen Umwelt der Organismen vorteilhaft ist, sollte ein komplexeres Kontrollmaterial (z. B. künstlicher Boden) zur Verdünnung verwendet werden, auch wenn dieses mit den Schadstoffen reagieren sollte. Die Einbringung eines Organismus in ein Medium, das nicht die wesentlichen Eigenschaften seines natürlichen Lebensraums erfüllt, kann Stress auslösen.

- Wird eine Dosis-Wirkungs-Kurve benötigt, kann eines der oben genannten Kontrollmaterialien zur Verdünnung des verunreinigten Substrats verwendet werden.
- Wenn das Ziel der Untersuchung die Klassifizierung von Boden oder Bodenmaterial aufgrund der ökotoxikologischen Gefahren ist, sollte vorzugsweise inertes Material (z. B. Quarzsand) verwendet werden, das nicht mit den in der Probe vorhandenen Schadstoffen reagiert und dessen Zusammensetzung und Körnung vereinheitlicht werden kann.

Die Anforderungen an das Kontrollmaterial müssen die unterschiedlichen Bodennutzungen sowie Art und Herkunft des Bodens (z. B. Boden in ungestörter Lagerung, Verfüllungsmaterial, Bodenaushub, sanierter Boden) in Betracht ziehen. Nährstoffmangel sowie die physische Beschaffenheit können Unterschiede im Pflanzenwachstum und Tierverhalten verursachen, die nicht unbedingt auf die Schadstoffsituation und das Gefährdungspotential zurückzuführen sind.

- Wenn das Ziel die Bewertung der Ökotoxizität eines Bodens oder eines Bodenmaterials eines verunreinigten Standorts ist, ist die Verwendung eines nicht verunreinigten Kontrollmaterials zu bevorzugen, das eine vergleichbare Beschaffenheit wie die zu untersuchende Probe aufweist.
- Wenn das Ziel der Bewertung der Ökotoxizität eines Bodens oder eines Bodenmaterials ist, das für einen bestimmten Zweck wieder verwendet werden kann, ist die Verwendung eines Materials als Kontrollmaterial zu bevorzugen, das in Zukunft mit dem Boden oder Bodenmaterial vermischt werden darf.

4.3.2.3 Boden als Substrat (Medium) für Bodenmikroorganismen

Die Bodenmikroflora bildet durchschnittlich 80 % der Masse der im Boden lebenden Organismen. Zusammen mit der Mikrofauna sind die wesentlichen Funktionen der Mikroflora die Zersetzung und der Abbau komplexer organischer Substanzen in einfach verfügbare Nährstoffe und damit die Aufrechterhaltung der natürlichen Stoffkreisläufe des Kohlenstoffs, Stickstoffs, Phosphors und Schwefels.

Die substrat-induzierte Atmung ist ein Indikator für die mikrobielle Populationsdichte.