

DIN EN ISO 19204



ICS 13.080.01

Einsprüche bis 2022-09-01
Vorgesehen als Ersatz für
DIN ISO 19204:2017-10

Entwurf

**Bodenbeschaffenheit –
Vorgehensweise zur standortbezogenen ökologischen Risikobewertung
von Bodenverunreinigungen (TRIAD-Ansatz zur Bewertung der
Bodenbeschaffenheit) (ISO 19204:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 19204:2022**

Soil quality –

Procedure for site-specific ecological risk assessment of soil contamination (soil quality
TRIAD approach) (ISO 19204:2017);
German and English version prEN ISO 19204:2022

Qualité du sol –

Procédure d'évaluation des risques écologiques spécifiques au site de la contamination des
sols (approche TRIADE de la qualité du sol) (ISO 19204:2017);
Version allemande et anglaise prEN ISO 19204:2022

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-07-01 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naw@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 71 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 19204:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Soil quality“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 444 „Umweltbezogene Charakterisierung fester Matrices“ als prEN ISO 19204:2022 übernommen, dessen Sekretariat von NEN (Niederlande) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Unterausschuss NA 119-01-02-04 UA „Biologische Verfahren“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW) verantwortlich.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 11063	siehe	DIN EN ISO 11063
ISO 11074	siehe	DIN EN ISO 11074
ISO 11267	siehe	DIN EN ISO 11267
ISO 11268-2	siehe	DIN EN ISO 11268-2
ISO 11269-2	siehe	DIN EN ISO 11269-2
ISO 11348-3	siehe	DIN EN ISO 11348-3
ISO 14238	siehe	DIN EN ISO 14238
ISO 15799	siehe	DIN ISO 15799
ISO 16387	siehe	DIN EN ISO 16387
ISO 17155	siehe	DIN ISO 17155
ISO 17402	siehe	DIN EN ISO 17402
ISO 17512-1	siehe	DIN ISO 17512-1
ISO 17512-2	siehe	DIN ISO 17512-2
ISO 17601	siehe	E DIN EN ISO 17601
ISO 17616	siehe	DIN ISO 17616
ISO 18187	siehe	E DIN ISO 18187
ISO 18311	siehe	E DIN ISO 18311
ISO 18400-101	siehe	E DIN ISO 18400-101
ISO 18400-102	siehe	E DIN ISO 18400-102
ISO/DIS 18400-104	siehe	E DIN ISO 18400-104
ISO 18400-105	siehe	E DIN ISO 18400-105
ISO 18400-107	siehe	E DIN ISO 18400-107
ISO/DIS 18400-206	siehe	E DIN ISO 18400-206
ISO 18772	siehe	DIN EN ISO 18772
ISO 22030	siehe	DIN EN ISO 22030
ISO 23611-1	siehe	DIN EN ISO 23611-1
ISO 23611-2	siehe	DIN EN ISO 23611-2
ISO 23611-3	siehe	DIN EN ISO 23611-3
ISO 23611-4	siehe	DIN EN ISO 23611-4
ISO 23611-5	siehe	DIN EN ISO 23611-5
ISO 23611-6	siehe	DIN EN ISO 23611-6
ISO/TS 29843-1	siehe	DIN CEN ISO/TS 29843-1

ISO/TS 29843-2	siehe	DIN CEN ISO/TS 29843-2
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 19204:2017-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 11063, *Bodenbeschaffenheit — Verfahren zur direkten Extraktion von DNA aus Bodenproben*

DIN EN ISO 11074, *Bodenbeschaffenheit — Wörterbuch*

DIN EN ISO 11267, *Bodenbeschaffenheit — Hemmung der Reproduktion von Collembolen (*Folsomia candida*) durch Verunreinigungen*

DIN EN ISO 11268-2, *Bodenbeschaffenheit — Wirkungen von Schadstoffen auf Regenwürmer — Teil 2: Bestimmung der Wirkung auf die Reproduktionsleistung von *Eisenia fetida*/*Eisenia andrei**

DIN EN ISO 11269-2, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Wirkungen von Schadstoffen auf die Bodenflora — Teil 2: Wirkung von verunreinigten Böden auf Saataufgang und frühes Wachstum höherer Pflanzen*

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

DIN EN ISO 14238, *Bodenbeschaffenheit — Biologische Verfahren — Bestimmung der Stickstoffmineralisierung und -nitrifizierung in Böden und der Einflüsse von Chemikalien auf diese Prozesse*

DIN EN ISO 16387, *Bodenbeschaffenheit — Wirkungen von Verunreinigungen auf Enchytraeidae (*Enchytraeus* sp.) — Bestimmung der Wirkungen auf die Reproduktion*

DIN EN ISO 17402, *Bodenbeschaffenheit — Anleitung zur Auswahl und Anwendung von Verfahren für die Bewertung der Bioverfügbarkeit von Kontaminanten im Boden und in Bodenmaterialien*

E DIN EN ISO 17601, *Bodenbeschaffenheit — Abschätzung der Häufigkeit ausgewählter mikrobieller Gensequenzen durch quantitative PCR aus DNA-Boden-Extrakten*

DIN EN ISO 18772, *Bodenbeschaffenheit — Anleitung für Elutionsverfahren für die nachfolgende chemische und ökotoxikologische Prüfung von Böden und Bodenmaterialien*

DIN EN ISO 22030, *Bodenbeschaffenheit — Biologische Verfahren — Chronische Toxizität in höheren Pflanzen*

DIN EN ISO 23611-1, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme von Wirbellosen im Boden — Teil 1: Handauslese und Formalinextraktion von Regenwürmern*

DIN EN ISO 23611-2, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme von Wirbellosen im Boden — Teil 2: Probenahme und Extraktion von Mikroarthropoden (Collembolen und Milben)*

DIN EN ISO 23611-3, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme von Wirbellosen im Boden — Teil 3: Probenahme und Bodenextraktion von Enchytraeen*

DIN EN ISO 23611-4, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme von Wirbellosen im Boden — Teil 4: Probenahme, Extraktion und Bestimmung von Boden bewohnenden Nematoden*

DIN EN ISO 23611-5, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme von Wirbellosen im Boden — Teil 5: Probenahme und Extraktion von Makroinvertebraten (Großwirbellosen) im Boden*

DIN EN ISO 23611-6, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme von Wirbellosen im Boden — Teil 6: Anleitung für die Planung der Probenahme von Wirbellosen im Boden*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien*

DIN CEN ISO/TS 29843-1 (DIN SPEC 91201-1), *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Diversität von Bodenmikroorganismen — Teil 1: Verfahren mittels Phospholipidfettsäure(PLFA)-Analyse und Phospholipidetherlipid(PLEL)-Analyse*

DIN CEN ISO/TS 29843-2 (DIN SPEC 91201-2), *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Diversität von Bodenmikroorganismen — Teil 2: Verfahren mittels Phospholipidfettsäure(PLFA)-Analyse unter Verwendung des einfachen PLFA-Extraktionsverfahrens*

DIN ISO 15799, *Bodenbeschaffenheit — Anleitung zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Böden und Bodenmaterialien*

DIN ISO 17155, *Bodenbeschaffenheit — Bestimmung der Abundanz und Aktivität der Bodenmikroflora mit Hilfe von Atmungskurven*

DIN ISO 17512-1, *Bodenbeschaffenheit — Vermeidungsprüfung zur Bestimmung der Bodenbeschaffenheit und der Auswirkungen von Chemikalien auf das Verhalten — Teil 1: Prüfung von Regenwürmern*

DIN ISO 17512-2, *Bodenbeschaffenheit — Vermeidungsprüfung zur Bestimmung der Bodenbeschaffenheit und der Auswirkungen von Chemikalien auf das Verhalten — Teil 2: Prüfung mit Collembolen (Folsomia candida)*

DIN ISO 17616, *Bodenbeschaffenheit — Anleitung für die Auswahl und Beurteilung von Biotestverfahren zur ökotoxikologischen Charakterisierung von Böden und Bodenmaterialien*

E DIN ISO 18187, *Bodenbeschaffenheit — Beschaffenheit von Bodenproben — Feststoffkontakttest unter Verwendung der Dehydrogenaseaktivität von Arthrobacter globiformis*

E DIN ISO 18311, *Bodenbeschaffenheit — Verfahren zur Prüfung der Auswirkungen von Bodenverunreinigungen auf die Fraßaktivität von bodenbewohnenden Organismen — Köderstreifentest*

E DIN ISO 18400-101, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 101: Rahmen für die Vorbereitung und Anwendung eines Probenahmeplans*

E DIN ISO 18400-102, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 102: Auswahl und Anwendung von Probenahmetechniken*

E DIN ISO 18400-104, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 104: Strategien*

E DIN ISO 18400-105, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 105: Verpackung, Transport, Lagerung, Konservierung*

E DIN ISO 18400-107, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 107: Aufzeichnung und Berichtswesen*

E DIN ISO 18400-206, *Bodenbeschaffenheit — Probenahme — Teil 206: Anleitung zur Entnahme, Behandlung und Lagerung von Boden für die Beurteilung von biologischen funktionalen und strukturellen Endpunkten im Labor*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 19204:2022-08

– Leerseite –

Bodenbeschaffenheit – Vorgehensweise zur standortbezogenen ökologischen Risikobewertung von Bodenverunreinigungen (TRIAD-Ansatz zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit) (ISO 19204:2017)

Soil quality – Procedure for site-specific ecological risk assessment of soil contamination (soil quality TRIAD approach) (ISO 19204:2017)

Qualité du sol – Procédure d'évaluation des risques écologiques spécifiques au site de la contamination des sols (approche TRIADE de la qualité du sol) (ISO 19204:2017)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Prozessübersicht	11
5 Unsicherheit und Beweiskraft	12
6 Durchführung eines TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit	13
6.1 Erster Schritt: Ziel der Untersuchung (Formulierung des Problems und Entscheidung hinsichtlich der Notwendigkeit einer standortbezogenen Risikobewertung)	13
6.1.1 Allgemeiner Ansatz	13
6.1.2 Entscheidung	14
6.1.3 An einer ökologischen Risikobewertung beteiligte Interessensgruppen	14
6.1.4 Unabhängige Qualitätskontrolle	15
6.2 Zweiter Schritt: Grundlegende Betrachtungen	15
6.2.1 Allgemeiner Ansatz	15
6.2.2 Beurteilungskriterien	16
6.3 Dritter Schritt: Praktische Durchführung des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit	17
6.3.1 Allgemeines	17
6.3.2 Stufen des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit	17
6.3.3 Beweislinien des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit	18
6.3.4 Messparameter	21
6.4 Vierter Schritt: Bewertung auf den unterschiedlichen Stufen: Normierung, Gewichtung und Integration von Ergebnissen	22
6.4.1 Allgemeines	22
6.4.2 Quantifizierung von Ergebnissen aus terrestrischen Prüfungen	22
6.4.3 Normierung in der Praxis	23
6.4.4 Gewichtung	23
6.4.5 Integration der Ergebnisse	24
6.5 Fünfter Schritt: Entscheidung über das weitere Vorgehen	24
7 Berichterstattung	25
Anhang A (informativ) Bioindikatoren für Auswirkung und Akkumulation — Zusätzliche Instrumente für eine standortbezogene ökologische Risikobewertung	27
Literaturhinweise	28

Bilder

Bild 1 — Graphische Darstellung der fünf Schritte, die bei einer standortbezogenen ökologischen Risikobewertung (TRIAD-Ansatz zur Bodenbeschaffenheit) von Bodenverunreinigungen auszuführen sind, um die Entscheidungsfindung in Bezug auf die Bodenbeschaffenheit zu unterstützen	12
Bild 2 — Schematische Darstellung des gestaffelten Ansatzes bei der Durchführung einer TRIAD-Studie zur Bodenbeschaffenheit	18
Bild 3 — Schematische Darstellung der drei Beweislinien (LoE) des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit (in Klammern: ungefähre Bezeichnung des hauptsächlichen methodologischen Ansatzes)	19

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 19204:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Soil quality“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 444 „Umweltbezogene Charakterisierung fester Matrices“ als prEN ISO 19204:2022 übernommen, dessen Sekretariat von NEN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 19204:2017 wurde von CEN als prEN ISO 19204:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 190, *Soil quality*, Unterkomitee SC 7, *Soil and site assessment*.

Einleitung

Dieses Dokument dient der Qualitätssicherung der standortbezogenen ökologischen Risikobewertung von Bodenverunreinigungen. Dieser Prozess wurde zuvor in einem Bericht der niederländischen PGB0 (Integrated Soil Research Programme Agency (Behörde für das integrierte Bodenforschungsprogramm)) beschrieben, der von der derzeitigen Behörde (SKB (Foundation for Soil Knowledge Development and Transfer (Stiftung Wissenstransfer Wissensentwicklung Boden)) weitergeführt wurde [69]. Das vorliegende Dokument beruht auf diesen niederländischen Berichten, wurde jedoch gekürzt, um seine allgemeine Anwendbarkeit zu erhöhen. Außerdem wurden Teile des von der britischen Umweltbehörde erarbeiteten Rahmenwerks für die ökologische Risikobewertung [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27] berücksichtigt (in diesem gestaffelten Rahmenwerk werden dieselben drei Beweislinien (LoE, en: lines of evidence) verwendet wie bei der TRIAD, jedoch nicht parallel, sondern nacheinander). Erfahrungen aus verschiedenen anderen Quellen [29], [30], [68], insbesondere eine Zusammenfassung einer als Teil des EU-FP6-Projekts LIBERATION durchgeführten dänischen Studie [36] sowie ein dänischer Bericht [35], wurden ebenfalls berücksichtigt.

Der Begriff TRIAD (Triade) bezieht sich auf die folgenden drei LoEs: Chemie, Toxikologie und Ökologie [10]. Ursprünglich wurde er durch Long und Chapman [38] als TRIAD zur Bewertung der Sedimentqualität beschrieben. Der TRIAD-Ansatz besteht nicht ausdrücklich aus drei Beweislinien (bis zu fünf wurden vorgeschlagen [11]), in besonderen Situationen können jedoch zwei ausreichend sein. Beschreibungen des TRIAD-Ansatzes im Zusammenhang mit Bodenverunreinigungen sind z. B. in [36], [40], [55], [59], [60], [63], [69], [71] und [73] enthalten. Der TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit wird nicht nur in Mitteleuropa angewendet, sondern auch in anderen Regionen der Welt, zum Beispiel in Portugal [1], Italien [67] oder Brasilien [44]. Diese Veröffentlichungen können als Fallstudien für die Anwendung des TRIAD in der Bodenbeschaffenheit genutzt werden.

ANMERKUNG Unlängst wurden die Verfahren zur ökologischen Risikobewertung in den Niederlanden, Norwegen, Schweden und dem Vereinigten Königreich verglichen [35]. Die Grundideen des TRIAD-Ansatzes (z. B. ein gestaffelter Ansatz und die Kombination von Informationen aus verschiedenen Fachrichtungen (Chemie, Ökotoxikologie und Ökologie)) wurden in diesen Ländern angenommen. Jedoch wurden nur im Vereinigten Königreich [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27] und in den Niederlanden [40], [43], [53], [58], [60], [61], [63] ausführliche Rahmenwerke erarbeitet. Der Gesamtaufbau dieses Dokuments kombiniert und modifiziert beide nationalen Rahmenwerke, um einen Leitfaden zur Verfügung zu stellen, der unabhängig ist von dem Land oder der Region, in dem/der sich der zu beurteilende Standort befindet. Die Terminologie dieses Dokuments richtet sich nach dem in dem EU-Projekt LIBERATION beschriebenen Ansatz [36].

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die generelle Anwendung des TRIAD-Ansatzes zur Bodenbeschaffenheit zur standortbezogenen ökologischen Risikobewertung von verunreinigten Böden. Es stellt ausführlich die drei Beweislinien (Chemie, Ökotoxikologie und Ökologie) dar, die gemeinsam eine effiziente, ökologisch robuste, jedoch zugleich praktikable Risikobewertung von verunreinigten Böden ermöglichen. Diese Verfahrensweise kann auch auf andere Stressfaktoren, wie z. B. Versauerung, Bodenverdichtung, Versalzung, Verlust an organischer Bodensubstanz und Erosion, anwendbar sein. Bisher gibt es jedoch noch keine Erfahrungen bezüglich dieser anderen Anwendungen. Deshalb liegt der Schwerpunkt dieses Dokuments auf durch Chemikalien verunreinigten Böden.

ANMERKUNG 1 Dieses Dokument ist auf die ökologische Risikobewertung ausgerichtet. Es beinhaltet daher keine Endpunkte zur menschlichen Gesundheit.

In Anbetracht des Charakters dieses Dokuments wird das Untersuchungsverfahren allgemein beschrieben. Es enthält keine Einzelheiten von technischen Verfahrensweisen für die tatsächliche Bewertung. Dieses Dokument schließt jedoch Verweise auf technische Normen (z. B. ISO 15799, ISO 17616) ein, die für die tatsächliche Durchführung der drei Beweislinien nützlich sind.

Bei der ökologischen Risikobewertung stehen die Auswirkungen von Bodenverunreinigungen auf das Ökosystem in Verbindung mit der vorgesehenen Landnutzung und den Anforderungen, die diese Nutzung in Bezug auf einen funktionstüchtigen Boden stellt. In diesem Dokument werden die grundlegenden Schritte eines in sich geschlossenen Instruments für eine standortbezogene Risikobewertung und Möglichkeiten zur Anwendung standortspezifischer Anpassung beschrieben.

Dieses Dokument kann auch zur Bewertung von Sanierungs- oder Bewirtschaftungsmaßnahmen angewendet werden (d. h. für die Beurteilung der Umweltqualität nach Durchführung solcher Maßnahmen).

ANMERKUNG 2 Die Anwendung dieses Dokument setzt ein, wenn bereits entschieden wurde, dass an einem bestimmten Standort eine ökologische Risikobewertung durchzuführen ist. Mit anderen Worten: Die praktische Durchführung des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit und die Auswertung der einzelnen Untersuchungsergebnisse werden beschrieben. Somit erfolgt keine Aussage zu Entscheidungen, ob (und wenn ja, wie) die Ergebnisse der Bewertung in Bodenbewirtschaftungsmaßnahmen einfließen oder nicht.

ANMERKUNG 3 Der TRIAD-Ansatz kann auf verschiedene Teile der Umwelt (Umweltkompartimente) angewendet werden, das Hauptaugenmerk des vorliegenden Dokuments liegt jedoch vornehmlich auf dem Kompartiment Boden. Die Erstellung vergleichbarer Dokumente auch für andere Umweltkompartimente (z. B. das terrestrische oberirdische Kompartiment) ist beabsichtigt, um eine vollständige Standortbewertung auf der Grundlage der hier beschriebenen Prinzipien und Prozesse durchzuführen.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Interessensgruppe

Person oder Partei mit Interesse an der *Bodenbeschaffenheit* (3.21) eines potentiell verunreinigten Standorts

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Zusammensetzung der Interessensgruppe hängt von den konkreten örtlichen Bedingungen ab.

3.2

Beurteilungskriterien

Kriterien, die zur Unterstützung einer Entscheidung, ob ein Standort weitere Untersuchungen erfordert oder ob andere Maßnahmen (z. B. Sanierung) erforderlich sind, festgelegt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie können vor der Durchführung der Untersuchung von der zuständigen Behörde (3.3), den Interessensgruppen (3.1) und den Studienleitern für die Auswertung der Ergebnisse der TRIAD-Studie zur Bodenbeschaffenheit ausgearbeitet werden. Zwei Kriterien können unterschieden werden, und zwar:

- a) Schwellenwert, der die Grenze zwischen angemessener und unangemessener Beseitigung von Unsicherheiten in der Bewertung kennzeichnet;
- b) Schwellenwert, der die Grenze zwischen einer Auswirkung, die als annehmbar angesehen wird, und einer Auswirkung, die als nicht annehmbar angesehen wird, kennzeichnet, basierend auf einem Referenzzustand oder einem Grenzwert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Beurteilungskriterien sind bei jeder Erfassung von ökologischen Zuständen (zum Beispiel alle Arten in einem generischen System, eine Schlüsselart oder eine geschützte Art) notwendig.

3.3

zuständige Behörde

Teil der Behörden, der für die Umsetzung der Bodensanierung verantwortlich ist

Anmerkung 1 zum Begriff: In Abhängigkeit vom Standort und Land kann die zuständige Behörde sehr unterschiedlich sein. Die zuständige Behörde beurteilt die Untersuchungsergebnisse und trifft Entscheidungen in Form von Beschlüssen über den Schweregrad und die Dringlichkeit der Bewertung der ermittelten Bodenverunreinigungen. Die zuständige Behörde beurteilt außerdem die Sanierungspläne der Sanierungsteams aus eigener Initiative heraus (zum Beispiel von Unternehmen).

3.4

Bodenbewirtschaftung

sämtliche anthropogenen Tätigkeiten, die das Bodensystem an dem zu beurteilenden Standort beeinflussen

Anmerkung 1 zum Begriff: Das kann Entscheidungen zur Landnutzung (3.5) (z. B. Steuerung des Grundwasserspiegels, Naturschutz, Parkbewirtschaftung, Belastung mit bodenverunreinigenden Substanzen) einschließen.

3.5

Landnutzung

Nutzung der Ökosystemleistungen (3.8), die der Boden bietet

3.6

Landnutzer

Person oder Gruppe von Personen, die die Ökosystemleistung (3.8) des Bodens nutzt/nutzen, wobei im Fall größerer Flächen diese Rolle im Allgemeinen durch Organisationen, gesellschaftliche Gruppen oder Behörden wahrgenommen wird

3.7

ökologische Auswirkung

durch anthropogene Stressfaktoren (3.15) bewirkte Änderung einer Eigenschaft des Ökosystems

Anmerkung 1 zum Begriff: Änderungen [siehe auch Beurteilungskriterien 3.2)] eines Ökosystems als Ergebnis des Vorhandenseins von Verunreinigungen werden als negative Änderungen betrachtet, unabhängig von der Richtung. In diesem

Dokument sind in Übereinstimmung mit dem TRIAD-Ansatz zur Bodenbeschaffenheit drei Beweislinien (LoE) in Bezug auf die zu bestimmende Auswirkung erforderlich. Außerdem sind auch die Unterschiede in Zeit, Raum und Mess-Parametern von Bedeutung. Siehe auch Fehler erster Art (3.17).

3.8

Ökosystemleistung

Ökosystemdienstleistung

Leistung, die (direkt oder indirekt) von einem Ökosystem erbracht wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Ökosystem(dienst)leistungsansatz wird immer mehr zur theoretischen Grundlage für die Festlegung von Schutzziele im Zusammenhang mit den Risiken von Chemikalien in der Umwelt [z. B. EFSA 2012], einschließlich der Risikobewertung von kontaminierten Böden [z. B. [2], [41] und [74]].

Anmerkung 2 zum Begriff: Beispiele für Ökosystemleistungen, die der Boden für die Menschen erbringt, sind die Erzeugung landwirtschaftlicher Erzeugnisse, die Zurverfügungstellung von sauberem Oberflächen-, Grund- und Trinkwasser sowie einer gesunden Umwelt zum Leben. Die Bereitstellung vieler dieser Leistungen hängt in vielen Fällen von der Aktivität verschiedener Organismengemeinschaften ab, z. B. der Abbau von Verunreinigungen im Boden durch Mikroben, so dass das Grundwasser sauber gehalten wird [75].

Anmerkung 3 zum Begriff: Einige Bodenfunktionen (Zusammensetzung und Abbau organischer Substanzen, das natürliche Selbstreinigungsvermögen des Bodens, sowie das Bodengefüge für eine gute Wurzelbildung von Vegetation und Kulturpflanzen (Feldfrüchten)) werden in diesem Zusammenhang als Ökosystemleistungen gezählt. Im Einzelnen werden vier grundlegende Bodenleistungen unterschieden: Bodenfruchtbarkeit, Stressresistenz und Anpassung, Boden als Puffer und Reaktor sowie die Boden-Biodiversität. Im Millennium Ecosystem Assessment [41] werden auf der Ebene des Ökosystems regulierende Leistungen (Regulierung von Ökosystemprozessen), bereitstellende Leistungen (Produkte), kulturelle Leistungen (immaterieller Nutzen) und unterstützende Leistungen (für die Bereitstellung aller anderen Ökosystemleistungen) unterschieden.

3.9

allgemeine Beurteilung

Beurteilung eines Standortes unter Anwendung eines allgemeinen Untersuchungsverfahrens, das nicht auf die Eigenschaften des Standorts abgestimmt ist

3.10

standortspezifische Beurteilung

Beurteilung eines Standortes unter Anwendung eines Untersuchungsverfahrens, das teilweise auf die Eigenschaften des Standorts abgestimmt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Beurteilung besteht aus einer Kombination von allgemein anwendbaren und möglicherweise speziell entwickelten (zugeschnittenen) Teilen. Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse ist standortspezifisch und kann nur begrenzt verallgemeinert werden [siehe auch *allgemeine Beurteilung* (3.9)].

3.11

standortspezifisches Modell

Beschreibung des örtlichen Ökosystems und der vorgesehenen *Landnutzung* (3.5) in Bezug auf die ökologischen Zustände für diese Nutzung sowie der Art und Verbreitung der Verunreinigung

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Modell verdeutlicht, welche Expositionspfade für die Aspekte des Ökosystems, die für die *Landnutzung* (3.5) benötigt werden, von Bedeutung sind. Anschließend können geeignete Parameter für die TRIAD-Studie zur Bodenbeschaffenheit mit optimaler *Beweiskraft* (3.20) ausgewählt werden [70].

3.12

Unsicherheit

Grad des Zweifels an Annahmen oder Untersuchungsergebnissen, der im Fall der Bewertung von ökologischen Risiken von Bodenverunreinigungen wie folgt aufzuschlüsseln ist: Kommunikationsunsicherheit, Modellun-

sicherheit (epistemische Unsicherheit), durch Veränderung bedingte Unsicherheit und Unsicherheit bei Entscheidungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Hinsichtlich der verschiedenen Arten von Unsicherheit siehe auch Abschnitt 5.

3.13

Vergleichsbasis

Referenz

Teil eines Standorts, einer Probe oder einer Gruppe von Literaturdaten, die als Bezugspunkt für eine Wirkungsskala (Ausgangsbasis, Maßstab oder Standard) dienen

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierbei handelt es sich um quantitative und/oder qualitative Beschreibung des Zustands des Bodens, die als Maßstabs für die zu beurteilende *Bodenbeschaffenheit* (3.21) verwendet werden kann. Die ideale Vergleichsbasis ist identisch mit dem zu beurteilenden Standort (oder der zu beurteilenden Probe) mit dem einzigen Unterschied, dass der zu beurteilende *Stressfaktor* (3.15) fehlt. Chemische, physikalische und biologische Aspekte bilden Teilaspekte der Vergleichsbasis. Bei einer standortspezifischen Anwendung werden standortspezifische Einzelheiten benötigt, um eine korrekte Vergleichsbasis zu erhalten. Eine Vergleichsbasis wird vorzugsweise am Untersuchungsstandort gewählt; Messungen erfolgen dann vorzugsweise zur gleichen Zeit wie bei den zu beurteilenden Proben/Messungen. Wenn keine vergleichbare unbelastete Vergleichsbasis zur Verfügung steht, kann auch (zum Beispiel bei einem Gradienten) die am wenigsten verunreinigte Probe gewählt werden, unter der Bedingung, dass die Probe als ausreichend repräsentativ angesehen wird, um als Vergleichsbasis zu dienen. Eine Vergleichsbasis kann auch auf Proben von einem vergleichbaren Standort an anderer Stelle oder auf Literaturdaten (= virtuelle Vergleichsbasis) beruhen.

3.14

Normierung

Skalierung

Prozess, bei dem Mess- oder Modelldaten unter Anwendung eines für diesen Zweck vorgesehenen Maßstabs ausgewertet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei der Anwendung des TRIAD zur Bewertung der *Bodenbeschaffenheit* (3.16) werden Bewertungsdaten gewonnen, um eine Auswirkung auf der Ebene des Ökosystems so quantitativ wie möglich zu ermitteln. Eine praktische, normierte Skala reicht von 0 bis 1 oder von 0 % bis 100 %. 0 oder 0 % steht für keine Auswirkung, 1 oder 100 % für die maximale theoretische Auswirkung bei einer hohen Konzentration der verunreinigenden Substanzen. Manchmal ist nur eine niedrige Stufe der quantitativen Normierung möglich, wie z. B. auf einer gewöhnlichen Skala oder auf einer 2- oder 3-Punkt-Skala (ja/nein oder ja/vielleicht/nein). Diese quantitativ wenig gesicherten Normierungsverfahren können bei einem *beweiskraftbasierten* (3.20) Ansatz (WoE-Ansatz) angewendet werden. Beispiele zur Normierung sind z. B. in [40] enthalten.

3.15

Stressfaktor

Ergebnis einer anthropogenen Tätigkeit, die sich möglicherweise nachteilig auf das Ökosystem auswirkt, wie z. B. chemische Bodenverunreinigung, Überdüngung, Austrocknung oder Bodenverdichtung

3.16

TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit

Verfahren für eine standortbezogene ökologische Risikobewertung, bei dem sich die *Beweiskraft* (WoE) (3.20) aus drei unabhängigen Beweislinien (LoE) zusammensetzt:

- 1) eine Beweislinie beruht auf der ökologischen Chemie (Umweltchemie), wobei Daten zu Konzentrationen von toxischen Substanzen in die erwartete Auswirkung auf das Ökosystem umgewandelt werden;
- 2) eine Beweislinie beruht auf Messungen der Ökotoxizität in Proben vom Standort unter Anwendung von Prüfverfahren (Tests) und
- 3) eine Beweislinie beruht auf Beobachtungen des Ökosystems am Standort, die sich auf den Nachweis der durch die Verunreinigungen verursachten Auswirkungen konzentrieren.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Gesamtheit dieser drei Beweislinien ist mehr als die Summe der einzelnen Teile, weil die Beweislast teilweise auf der Konsistenz zwischen den drei LoEs beruht.

Anmerkung 2 zum Begriff: Beschreibungen von auf Bodenverunreinigungen angewendeten TRIAD-Studien zur Bodenbeschaffenheit sind unter anderem in [36], [40], [59], [60] und [63] enthalten. In Bezug auf die Auswahl von Prüfverfahren siehe auch ISO 17616.

3.17

Fehler erster Art

Irrtum erster Art

Beurteilung, die zu Unrecht zu dem Schluss kommt, dass eine unannehmbare Auswirkung vorliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff stammt aus der Statistik. Wenn ein Irrtum erster Art vorliegt, beruht die Bewertung nicht auf einer tatsächlichen unannehmbaren Auswirkung, sondern auf einem Zufall oder einem Modellfehler. Das Risiko des Auftretens eines Irrtums erster Art kann vermindert werden, indem mehr Beobachtungen durchgeführt werden oder das Modell mit den ökologischen Aspekten und Ökoindikatoren verbessert wird. Letztere Variante kann durch Auswahl verbesserter Bedingungen und Untersuchungsparameter verwirklicht werden.

3.18

Fehler zweiter Art

Irrtum zweiter Art

Beurteilung, die zu Unrecht zu dem Schluss kommt, dass keine unannehmbare Auswirkung vorliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff stammt aus der Statistik. Wenn ein Irrtum zweiter Art vorliegt, ist tatsächlich eine unannehmbare Auswirkung vorhanden, diese Auswirkung wird aufgrund von unzureichendem oder fehlerhaftem Untersuchungsaufwand (zu geringe Anzahl an Beobachtungen, ungeeignete Vergleichsbasis (Vergleichsbasen) oder Modellfehler) jedoch nicht nachweisbar.

3.19

Gewichtung

transparente Einstufung verschiedener Untersuchungsergebnisse, wobei den betreffenden Informationen gleiche oder unterschiedliche Bedeutung beigemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein einfacher Ansatzpunkt ist, den Ergebnissen von verschiedenen Beurteilungsparametern gleiche Bedeutung beizumessen. Davon kann abgewichen werden, um das Augenmerk auf bestimmte ökologische Zustände [geschützte Arten, Schlüsselarten, Prozesse, *Ökosystemleistungen* (3.8)], verhältnismäßig zuverlässige Parameter oder spezielle Untersuchungsergebnisse (Hervorheben von Beobachtungen, die eine große Auswirkung zeigen, oder Messungen von biologisch verfügbaren Konzentrationen besondere Bedeutung beimessen) zu richten.

3.20

Beweiskraft

WoE, en: weight of evidence

Beweiskraft der TRIAD-Studie zur Bodenbeschaffenheit, die als Grundlage für ein verantwortungsvolles Treffen von Entscheidungen verwendet werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument wird der Begriff WoE vor allem im methodologischen Sinn verwendet, mit allen verfügbaren Daten, die aus verschiedenen Beweislinien stammen, an der abschließenden Schlussfolgerung, möglicherweise auf der Grundlage einer quantitativen Gewichtung, beteiligt sind. Hintergrundinformationen zu *Normierung* (3.14), *Gewichtung* (3.19) und WoE sind in [12], [16], [40], [53], [67] und [72] enthalten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei einem festgelegten Budget für die TRIAD-Studie zur Bodenbeschaffenheit muss die WoE für die gesamten Untersuchungsparameter und Häufigkeit der Probenahme optimiert werden. Die Beurteilungskriterien (3.2) je Parameter und die annehmbare statistische Fehlergrenze [Fehler erster Art (3.17)] werden so gewählt, dass die WoE und die Annahme von möglichen Ergebnissen der Untersuchung durch die Interessensgruppen (3.1) maximiert werden.

3.21

Bodenbeschaffenheit

Gesamtheit der gegenwärtigen positiven oder negativen Eigenschaften im Hinblick auf Bodennutzung und Bodenfunktionen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition schließt sowohl alle anthropogenen als auch alle natürlichen Eigenschaften ein, einschließlich der von Organismen bereitgestellten Leistungen.

3.22

Prüfwert

Screening-Wert

Bodenwert, der, wenn er überschritten wird, eine mögliche Auswirkung auf eine biologische Bodenstruktur oder eine Bodenfunktion anzeigt

3.23

Rückhaltefunktion

Vermögen von Böden/Bodenmaterialien Schadstoffe so zu adsorbieren, dass sie nicht über den Wasserpfad freigesetzt und in die Nahrungskette verlagern werden können

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Lebensraumfunktion und die Rückhaltefunktion beinhalten die folgenden Bodenfunktionen nach ISO 11074:

- Steuerung von Stoff- und Energiekreisläufen als Komponenten von Ökosystemen;
- Grundlage für das Leben von Pflanzen, Tieren und Menschen;
- Träger des genetischen Reservoirs;
- Grundlage für die Erzeugung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen;
- Puffer, der den Eintrag von Wasser, Verunreinigungen oder anderen Stoffen in das Grundwasser hemmt.

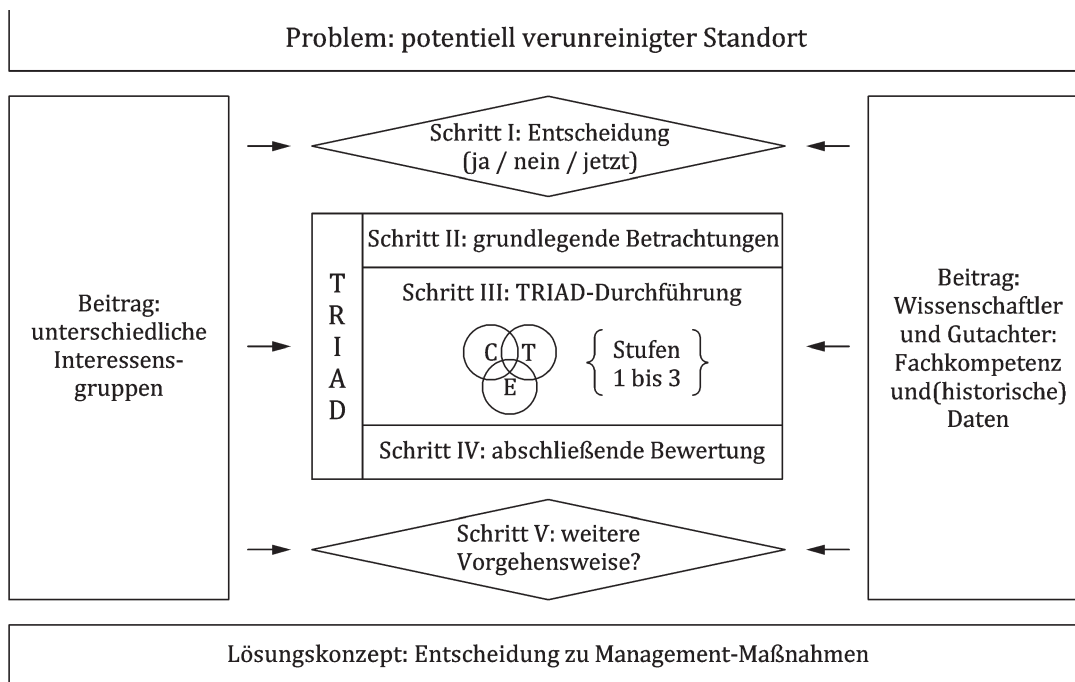
4 Prozessübersicht

Die fünf Hauptschritte der Durchführung eines TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit nach diesem Dokument werden in Bild 1 zusammengefasst. Nur die Durchführung des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit selbst (= Ausführungsphase in [43]) wird im Folgenden beschrieben.

Das Verfahren basiert auf der Entscheidung, ob und wie die Bodenbeschaffenheit an einem bestimmten Standort zu beurteilen ist (Schritt I) (auch als Phase der Entwicklung eines konzeptionellen Standortmodells (CSM, en: Conceptual Site Model) bezeichnet) [21], [22]. Falls diese Entscheidung positiv ist, werden die drei Beweislinien, hier abgekürzt als Chemie, Ökotoxikologie und Ökologie, durchgeführt (Schritte II bis IV). Auf der Grundlage einer integrativen Beurteilung der Untersuchungsergebnisse kann eine Entscheidung z. B. in Bezug auf eine Bodensanierung getroffen werden (Schritt V). Dieses Dokument bezieht sich hauptsächlich auf die Schritte I bis IV (Schritt V wird in diesem Dokument nicht ausführlich behandelt). Es ist zu beachten, dass sich das Ausmaß des Beitrages (Input) von Interessensgruppen (linke Seite in Bild 1) und Risikogutachtern (rechte Seite in Bild 1) in den verschiedenen Schritten unterscheidet — bei jedem Schritt ist aber ein Beitrag von beiden Seiten erforderlich.

ANMERKUNG 1 Die in dieser Übersicht vorgenommene Beschreibung der Durchführung des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit kann als die „ideale“ Version angesehen werden (z. B. werden die Schritte und Stufen nacheinander durchgeführt). In Wirklichkeit können die verschiedenen Schritte jedoch in Abhängigkeit von den Verunreinigungen und Standorteigenschaften flexibler durchgeführt werden. Außerdem kann der Prozess beendet werden, sobald eine Entscheidung über das ökologische Risiko eines bestimmten Standorts möglich ist.

ANMERKUNG 2 Anhang A beschreibt die Verwendung von Bioakkumulationsdaten als ein zusätzliches Instrument für die standortbezogene ökologische Risikobewertung.



Legende

C Chemie

T Ökotoxikologie

E Ökologie

ANMERKUNG Zu Einzelheiten des zentralen (technischen) Teils des TRIAD-Ansatzes siehe auch Bild 2.

Bild 1 — Graphische Darstellung der fünf Schritte, die bei einer standortbezogenen ökologischen Risikobewertung (TRIAD-Ansatz zur Bodenbeschaffenheit) von Bodenverunreinigungen auszuführen sind, um die Entscheidungsfindung in Bezug auf die Bodenbeschaffenheit zu unterstützen

5 Unsicherheit und Beweiskraft

Die Unsicherheit ist ein Schlüsselfaktor bei der Bewertung ökologischer Risiken.

Eine Bewertung ökologischer Risiken weist verschiedene Unsicherheiten auf [65].

- Kommunikationsunsicherheit. Diese Form der Unsicherheit kann auftreten, wenn Fachleute mit Landnutzern über ökologische Risiken kommunizieren.

BEISPIEL Übersetzung der Frage einer Interessensgruppe (z. B.: Besteht ein ökologisches Risiko und wie hoch ist es?) in eine wissenschaftliche Frage und Kommunikation über die Ergebnisse der Bewertung. Diese Unsicherheit kann durch gute Koordination zwischen Interessensgruppen und Fachleuten verringert werden.

- Modellunsicherheit. Modelle werden bei der Risikobewertung verwendet, um das betreffende Ökosystem vereinfachend darzustellen (sogenannte standortspezifische Modelle). Die Bewertung beruht auf Indikatoren, die verwendet werden, um dieses vereinfachte System quantitativ oder qualitativ zu beschreiben. Die Modellunsicherheit ist folglich mit der offensichtlichen Unvollständigkeit des Modells verbunden, teilweise als Ergebnis einer bewussten Auswahl, teilweise infolge von Unkenntnis.

BEISPIEL Eine bestimmte Pflanze kann als Modell für alle Pflanzen im Ökosystem gewählt werden. Die gewählte Pflanze ist nicht immer durchschnittlich empfindlich oder ausreichend exponiert und ist dann nicht repräsentativ. Die Verwendung eines solchen Modellorganismus schließt Auswirkungen auf andere Arten nicht aus.

- Durch die Variabilität bedingte Unsicherheit. Unsicherheit, die sich aus zeitlichen und räumlichen Veränderungen an den Standorten und aus Schwankungen und Fehlern bei den Messungen ergibt.

BEISPIEL Eine Untersuchung ist eine Momentaufnahme, während sich Ökosysteme im Verlauf der Jahreszeiten und der Jahre verändern.

Der in diesem Dokument als inhaltsbasiertes und technisches Rahmenwerk für die Risikobewertung verwendete TRIAD-Ansatz zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit beruht auf einem optimierten beweiskraftbasierten Ansatz (WoE). Er ist transparent und quantifizierbar bezüglich der Integration der drei unabhängigen Beweislinien. Wenn die Ergebnisse dieser drei Linien grob in die gleiche Richtung deuten (z. B. quantifiziert auf einer Skala von 0 bis 1), ist das ein deutlicher Hinweis dafür, dass die Modellunsicherheit gering ist und die Untersuchung zu Ende geführt werden kann. Wenn die drei unabhängigen Beweislinien nicht in die gleiche Richtung deuten, ist die Modellunsicherheit noch groß und es muss eine neue Untersuchungsstufe durchlaufen werden, um die Modellunsicherheiten ausreichend zu verringern. Die Modellunsicherheit kann zum Beispiel durch einen Unsicherheitsfaktor quantifiziert werden [40].

Der TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit ist nicht dafür vorgesehen, die Kommunikationsunsicherheiten zu verringern, auch wenn er dafür verwendet werden kann. Theoretisch sind die Ergebnisse des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit einfach zu kommunizieren und in ökologischer Hinsicht zusammenzufassen, da die biologischen Eigenschaften des Ökosystems auch in die Bewertung am Standort selbst mit einbezogen werden. In der Praxis müssen die Ergebnisse der einzelnen Beweislinien auch kommuniziert werden, um zu einem umfassenden Verständnis der Endergebnisse zu gelangen.

6 Durchführung eines TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit

6.1 Erster Schritt: Ziel der Untersuchung (Formulierung des Problems und Entscheidung hinsichtlich der Notwendigkeit einer standortbezogenen Risikobewertung)

6.1.1 Allgemeiner Ansatz

Die Entscheidung, ob für einen bestimmten potentiell verunreinigten Standort ein TRIAD durchzuführen ist oder nicht, ist Teil einer ökologischen Risikobewertung (ERA, en: ecological risk assessment). Die Einzelheiten einer derartige ERA unterscheiden sich auf nationaler Ebene, diese Entscheidung beruht jedoch auf in einem Dokument zusammengestellten Informationen, das oft als konzeptionelles Standortmodell (Conceptual Site Model (CSM)) betitelt wird. Dieser Begriff wurde im Vereinigten Königreich für den ersten Schritt eines Rahmenwerks zur ökologischen Risikobewertung bei Verunreinigungen im Boden eingeführt [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27]. Alle verfügbaren einschlägigen Informationen über den zu beurteilenden Standort, z. B. die vorgesehene (derzeitige und/oder künftige) Bodenbewirtschaftung, die Zielsetzungen der Kommunalverwaltung in Bezug auf den Boden (einschließlich der künftigen Landnutzung) und die mögliche Ökosystembelastung, die durch Bodenverunreinigungen hervorgerufen werden kann, werden in diesen vorbereitenden Arbeiten (Schreibtischstudie) verwendet. Dieser Schritt umfasst auch die Identifizierung von Quellen der Verunreinigung, bedeutenden ökologischen Endpunkten und möglichen Expositionspfaden. Mittels der Ergebnisse einer ausführlichen Bodenuntersuchung, falls vorhanden, werden das Ausmaß und die räumliche Verbreitung der Bodenverunreinigungen ersichtlich. Wenn eine Bodenbelastungskarte (z. B. eine Karte mit Vorkommen der Verunreinigungen) zur Verfügung steht, kann diese eine wichtige Quelle für ergänzende Informationen im Hinblick auf die Bodenbeschaffenheit in diesem Gebiet sein.

Die gesamte Information kann in drei Quellen unterteilt werden:

- a) von gesellschaftlichen, politischen und administrativen Parteien (einschließlich des Besitzers des Standorts) bereitgestellte Fachkenntnisse und Informationen;
- b) Beitrag von Fachleuten (z. B. mit Erfahrung hinsichtlich der konkreten Region, Verunreinigung oder Ökologie);
- c) Daten aus wissenschaftlichen (Feld- oder Labor-)Untersuchungen oder aus der Literatur.

6.1.2 Entscheidung

Die Entscheidung über den Gegenstand und das Ziel der Untersuchung sollte möglichst eindeutig getroffen werden und das Untersuchungsziel sollte „SMART“ sein:

- Spezifisch: genau beschrieben, so dass alle betroffenen Gruppen dasselbe Ziel erkennen;
- Messbar: für die Bewertung der ökologischen Risiken werden quantifizierbare Einheiten verwendet;
- Erreichbar (en: Achievable): das Ziel wird von allen beteiligten Interessengruppen anerkannt;
- Realistisch: finanzielle Bedingungen und andere, z. B. gesetzliche Bedingungen, Beschränkungen werden berücksichtigt;
- Zeitbezogen (en: Time-related): zu Beginn ist klar, wann das Untersuchungsziel erreicht sein sollte und wie mit einer Fristüberschreitung umgegangen werden sollte.

Auf jeden Fall muss der Untersuchungsaufwand in Beziehung zu der Größe des verunreinigten Standorts sowie der Schwere und Komplexität des potentiellen ökologischen Risikos stehen. Der Ausgangspunkt ist, dass sich der Untersuchungsaufwand im realen Verhältnis zum Ausmaß des Problems und der (noch) vorhandenen Unsicherheit befindet.

Es ist zu beachten, dass eine derartige Entscheidung stark von nationalen Vorschriften und Praktiken abhängt, die in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich sein können.

6.1.3 An einer ökologischen Risikobewertung beteiligte Interessensgruppen

Parteien mit einem Interesse an der Bodenbeschaffenheit am Standort (Interessensgruppen) sind:

- Nutzer (lokale, regionale, nationale und gesellschaftliche);
- verantwortliche Organisationen (zuständige Behörde, Regierung);
- Besitzer (Wirtschaft).

Andere Parteien (ohne ein unmittelbares Interesse an der Bodenbeschaffenheit an diesem konkreten Standort) sind folgende:

- Fachleute (Bodensachverständige, Ökologen, Ökotoxikologen, Risikogutachter);
- Studienleiter (verantwortlich für die Durchführung der Untersuchung);
- Berater (Verfasser, Prozessberater, Mediatoren, Mitarbeiter im Bereich Kommunikation).

Mehrere dieser Parteien oder Funktionen dürfen auch in einer Person kombiniert sein.

Bei einem kleinen Untersuchungsstandort (z. B. einer kleinen Deponie) kann der Beitrag der Interessensgruppen und Fachleute begrenzt bleiben. Bei einem großen Untersuchungsstandort (z. B. das Gebiet einer früheren chemischen Produktionsstätte oder eine Schießanlage) sollte die Funktion der Interessensgruppen auf die verschiedenen interessierten Parteien aufgeteilt werden.

ANMERKUNG Der Unterschied zwischen „kleinen“ und „großen“ Untersuchungsstandorten hängt stark von der konkreten Situation in einer Region oder einem Land ab.

Jederzeit sollte eine eindeutige, rückverfolgbare und transparent dokumentierte Abgrenzung zwischen der Rolle der Interessensgruppen und dem fachlichen Beitrag durch Studienleiter und Berater, vorzugsweise (und

abhängig vom Ausmaß) auch in Bezug auf Aufgaben, die auf verschiedene Personen aufgeteilt sind, vorgenommen werden. Einzelheiten zu diesen Funktionen sollten im Untersuchungsplan festgelegt sein.

Die Art und Weise, wie Interessensgruppen beteiligt werden können bzw. einzubeziehen sind, hängt von den nationalen Vorschriften und Praktiken ab.

6.1.4 Unabhängige Qualitätskontrolle

Da die auf der Durchführung eines TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit beruhenden Entscheidungen weitreichende Folgen sowohl in rechtlicher als auch in finanzieller Hinsicht für die beteiligten Interessensgruppen haben können, sind die Qualität der Tätigkeit und die der gewonnenen Daten sicherzustellen. Offensichtlich müssen alle von verschiedenen technischen Normen (z. B. Analyseverfahren, ökotoxikologische Tests usw.; üblicherweise als ISO-Publikationen erhältlich) geforderten Referenz- und Gültigkeitskriterien erfüllt werden. Außerdem sollten der Untersuchungsplan, die Durchführung der Untersuchung, die Integration der Daten der drei Beweislinien, die Auswertung und die Berichterstattung, z. B. nach den Anforderungen von ISO/IEC 17025, dokumentiert werden, d. h. idealerweise sollten die Organisationen, die ein TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit durchführt, akkreditiert sein. Die Einzelheiten der Umsetzung der Qualitätssicherung können hier jedoch aufgrund der Unterschiede in den einzelnen Ländern nicht näher beschrieben werden.

6.2 Zweiter Schritt: Grundlegende Betrachtungen

6.2.1 Allgemeiner Ansatz

In Schritt II besteht der erste Teil der praktischen Untersuchung hauptsächlich in der Bewertung der ausführlichen Informationen, die für die einzelnen Tests, Analysen und Untersuchungen innerhalb des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit notwendig sind. Diese praktischen Schritte werden anschließend in einem formalen Untersuchungsplan festgelegt. Es ist wichtig, dass im Voraus klar ist, was die Möglichkeiten und Einschränkungen der Untersuchung sind, und dass vorab ein Konsens bezüglich der Gestaltung der praktischen Arbeiten als auch der Auswertung der Ergebnisse besteht. In der Annahme, dass alle einschlägigen Informationen, die den Untersuchungsstandort beschreiben (z. B. Karten, Klimadaten, Geschichte von Nutzung und Verunreinigungen), bereits in Schritt I zusammengetragen wurden, als die Entscheidung getroffen wurde, dass eine ökologische Risikobewertung notwendig ist, konzentrieren sich die für den Untersuchungsplan erforderlichen Informationen hauptsächlich auf zwei Punkte [siehe nachfolgend 1) und 2)]:

1) Ökologische Zustände:

Die ökologischen Zustände, die aufgrund der Verunreinigungen gefährdet sein könnten, müssen ermittelt werden. Diese Zustände (einschließlich der Landnutzung) bestimmen, welche Ökosystemleistungen vom Boden an einem bestimmten Standort bereitgestellt werden [7], [15], dessen Biodiversität, insbesondere das Auftreten von Schlüsselarten oder geschützten Arten [75], und alle von den Landnutzern speziell erwähnten Ziele. Außerdem ist zu überprüfen, ob umliegende Gebiete ausdrücklich gesetzlich geschützt sind.

2) Kritische Aspekte von ökologischen Zuständen:

Auf der Grundlage der bereits ermittelten ökologischen Zustände muss entschieden werden, welche Aspekte des Ökosystems Schwerpunkt der Untersuchung werden. Diese kritischen Aspekte hängen von der spezifischen, durch die Bodenverunreinigungen bedingten Anfälligkeit des Ökosystems ab. Vorhandene Literatur und Fachkenntnisse bilden dafür die Informationsquelle. Vorzugsweise werden bei der Auswahl der einzelnen Messparameter sowohl Strukturen (= Biodiversität) als auch Prozesse (= Funktionen der Bodenorganismengemeinschaft), einschließlich der von der Organismengemeinschaft bereitgestellten Ökosystemleistungen, verwendet.

ANMERKUNG Im Rahmenwerk des UK ist dieser Schritt ausführlich beschrieben, d. h. die Ermittlung von ökologischen Rezeptoren, die potentiell gefährdet sind [z. B. Arten von besonderem (Schutz-)Interesse], oder von potentiell bedenklichen direkten/indirekten Wirkungspfaden [22].

6.2.2 Beurteilungskriterien

Zwischen der zuständigen Behörde, den Interessensgruppen und den Untersuchungsleitern müssen Vereinbarungen über die Art und Weise getroffen werden, in der die Ergebnisse der TRIAD-Studie zur Bodenbeschaffenheit für alle drei LoE beurteilt werden (diese Vereinbarungen sind im Untersuchungsplan zu dokumentieren). Dabei geht es um die Begrenzung von und den Umgang mit Unsicherheiten in den Untersuchungsergebnissen. Eine schwerpunktmäßige Untersuchung (z. B. ein gestaffelter Ansatz bei der Durchführung praktischer Studien) verringert diese Modellunsicherheit. Eine angemessene Verringerung der Unsicherheit ist für die wissenschaftliche Untermauerung der Entscheidungsfindung hinsichtlich der Bodenbewirtschaftung oder -sanierung erforderlich. Diese Vereinbarungen sollten sich mindestens auf Folgendes beziehen:

- a) Die Festlegung eines Maßstabs unter Verwendung von Bezugsdaten. Zu diesem Zweck:
 - sollte für jeden gemessenen oder abgeleiteten Untersuchungsparameter eine geeignete Vergleichsbasis (Referenz) gewählt werden (vorzugsweise standortspezifisch oder gebietsspezifisch); diese Vergleichsbasis wird auf der Auswirkungsskala mit 0 % eingestuft;
 - wird für jeden Untersuchungsparameter eine (möglicherweise theoretische) Wirkung von 100 % festgelegt;
 - muss für jeden Untersuchungsparameter entschieden werden, wie die Messung von 0 % bis 100 % normiert wird (zum Beispiel durch eine lineare Beziehung) oder wie eine Stimulation interpretiert wird (entweder als 0 % Auswirkung oder als Wirkung, die sich aus einer plausiblen Beziehung zu Auswirkungen von Verunreinigungen ergibt, die negativ bewertet werden). Bei einem WoE-Ansatz (siehe 3.20) sind die Extremwerte des Maßstabs (die ersten beiden vorstehenden Spiegelstriche) für die Bewertung wichtiger als die Beziehung zwischen den beiden Extremwerten.

Bei einer Bewertung der Bodenbeschaffenheit mit dem TRIAD-Ansatz ist eine entsprechende Skalierung für die Integration von Daten aus drei verschiedenen Beweislinien unerlässlich.

- b) Entwurf mit Gewichtungsfaktoren für die verschiedenen Untersuchungsparameter.

Ein Ausgangspunkt kann sowohl die gleiche Gewichtung der in den Beweislinien des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit zu unterscheidenden Beurteilungsparameter als auch der drei Beweislinien des TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit sein.

- c) Vereinbarungen zur Verringerung von Unsicherheiten in der Risikobewertung:

Sie werden a) durch die Berücksichtigung von Schwankungen und b) durch die Berücksichtigung von Modellunsicherheiten verringert. Beide Unsicherheiten können auf verschiedene Weise verringert werden. Für jeden Untersuchungsparameter können die optimale Probenahme-strategie und der optimale Probenumfang bezüglich der erwarteten (natürlichen) Streuung bestimmt werden. Modellunsicherheiten können durch Auswahl von mehr und besseren Parametern verringert werden. Das Ziel besteht darin, sowohl Fehler erster als auch zweiter Art soweit wie möglich zu begrenzen.

- d) Die Ableitung von Beurteilungskriterien für die Unsicherheit, eine Verringerung der Modellunsicherheiten als Ergebnis des WoE-Ansatzes (TRIAD zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit) und unannehmbare Auswirkungen. Grundsätzlich sollte der Schwerpunkt der Bewertung auf der Verringerung von Unsicherheiten liegen. Sobald die Unsicherheiten ausreichend verringert wurden, kann das System unter Verwendung der integrierten Untersuchungsergebnisse bewertet werden. Da ein WoE-Ansatz in der TRIAD-Studie zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit aus drei Beweislinien besteht, ist deren Integration immer notwendig.

Wenn die vorstehend aufgeführten Arbeiten abgeschlossen sind, wird der endgültige Untersuchungsplan ausgearbeitet, der die hinsichtlich der Gestaltung der Untersuchung, der Beurteilungskriterien und der Auswertung von Untersuchungsergebnissen getroffenen Vereinbarungen enthält. Nach der Zustimmung der Inter-