

DIN EN ISO 24032



ICS 13.080.30

**Bodenbeschaffenheit –
In-situ-Käfighaltung von Schnecken zur Beurteilung der Bioakkumulation
von Kontaminanten (ISO 24032:2021);
Deutsche Fassung EN ISO 24032:2021**

Soil quality –

In situ caging of snails to assess bioaccumulation of contaminants (ISO 24032:2021);
German version EN ISO 24032:2021

Qualité du sol –

Encagement in situ d'escargots pour la mesure de la bioaccumulation de contaminants
(ISO 24032:2021);
Version allemande EN ISO 24032:2021

Gesamtumfang 67 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 24032:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Soil quality“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 444 „Umweltbezogene Charakterisierung fester Matrices“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN (Niederlande) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Unterausschuss NA 119-01-02-04 UA „Biologische Verfahren“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

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

ISO 15952:2018	siehe	DIN EN ISO 15952:2018-12
ISO 17402:2008	siehe	DIN EN ISO 17402:2011-09
ISO 19204:2017	siehe	DIN ISO 19204:2017-10

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 15952:2018-12, *Bodenbeschaffenheit — Wirkungen von Schadstoffen auf Jungtiere von Landschnecken (Helicidae) — Bestimmung der Wirkungen auf das Wachstum durch Bodenverunreinigung (ISO 15952:2018); Deutsche Fassung EN ISO 15952:2018*

DIN EN ISO 17402:2011-09, *Bodenbeschaffenheit — Anleitung zur Auswahl und Anwendung von Verfahren für die Bewertung der Bioverfügbarkeit von Kontaminanten im Boden und in Bodenmaterialien (ISO 17402:2008); Deutsche Fassung EN ISO 17402:2011*

DIN ISO 19204:2017-10, *Bodenbeschaffenheit — Vorgehensweise zur standortbezogenen ökologischen Risikobewertung von Bodenverunreinigungen (TRIAD-Ansatz zur Bewertung der Bodenbeschaffenheit) (ISO 19204:2017)*

Deutsche Fassung

**Bodenbeschaffenheit —
In-situ-Käfighaltung von Schnecken zur Beurteilung der
Bioakkumulation von Kontaminanten (ISO 24032:2021)**

Soil quality —
In situ caging of snails to assess bioaccumulation of
contaminants (ISO 24032:2021)

Qualité du sol —
Encagement in situ d'escargots pour la mesure de la
bioaccumulation de contaminants (ISO 24032:2021)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 5. Dezember 2021 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Kurzbeschreibung	8
5 Prüforganismen und Ausrüstung	9
5.1 Biologisches Material	9
5.2 Ausrüstung	10
6 Vorbereitung der Organismen auf die Exposition	11
7 Exposition der Prüforganismen	11
7.1 Allgemein	11
7.2 Beginn der Exposition	11
7.3 Ende der Exposition — Aushungern	13
7.4 Probenahme und Vorbereitung nach der Exposition	13
8 Berechnung und Darstellung	14
8.1 Allgemeines	14
8.2 Für Metall(oid)e	14
8.2.1 Schwellenrichtwert	14
8.2.2 Berechnung der Summe des Übertragungsüberschusses von Metall(oid)en: SET-Index	15
8.3 Für andere Chemikalien	15
9 Gültigkeit der Prüfung	15
10 Prüfbericht	16
Anhang A (informativ) Expositionsquellen und -pfade von Schnecken gegenüber Kontaminanten im Feld	17
Anhang B (informativ) Hauptschritte des <i>In-situ</i> -Biotests	18
Anhang C (informativ) Anzuchtverfahren für Schnecken	22
Anhang D (informativ) Beispiel für die Zusammensetzung von Schneckenfutter	29
Anhang E (informativ) Übliche Konzentrationen in der viszerale Masse von subadulten Schnecken vor der Käfighaltung	30
Anhang F (informativ) Empfohlene Prüfsysteme für die <i>In-situ</i> -Exposition zur Bewertung der Bioakkumulation von Kontaminanten in Schnecken	31
Anhang G (informativ) Beispiel für die Masse der Schnecken vor der Exposition	34
Anhang H (informativ) Ergebnisse des internationalen Ringversuchs	36
Anhang I (informativ) <i>Ex-situ</i> -Exposition zur Beurteilung der Bioakkumulation von Chemikalien in Schnecken	55
Literaturhinweise	63

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 24032:2021) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190 „Soil quality“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 444 „Umweltbezogene Charakterisierung fester Matrices“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NEN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Juni 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2022 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

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

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 24032:2021 wurde von CEN als EN ISO 24032:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO 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 staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) 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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten 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 erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 190, *Soil quality*, Unterkomitee SC 4, *Biological characterization*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) Technisches Komitee CEN/TC 444, *Umweltbezogene Charakterisierung fester Matrices*, gemäß der Vereinbarung über technische Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Schnecken sind ubiquitäre Boden-Makroinvertebraten, die an der Schnittstelle von Boden, Pflanzen und Luft leben. Diese Landlungenschnecken sind phytophag und saprophag (trophische Ebene der Primärkonsumenten und detritivor). Sie nehmen Vegetation und Boden zu sich und kriechen auf dem Boden, wo sie ihre Eier ablegen. Daher integrieren Schnecken mehrere Kontaminationsquellen und -pfade (siehe Anhang A, Bild A.1). Schnecken nehmen am Austausch mit dem Boden teil und werden von verschiedenen Konsumenten gejagt (Wirbellose: Glühwürmchen, Laufkäferlarven oder Wirbeltiere: Vögel, Kleinsäugetiere wie Spitzmäuse, Igel und Menschen).

Unter den Schneckenspezies wird die Spezies *Cantareus aspersus* O.F. Müller 1774¹ (Synonyme: *Helix aspersa aspersa*, *Cornu aspersum*), auch als Gemeine Gartenschnecke, Braune Gartenschnecke, Gartenschnecke, Landschnecke oder in Frankreich unter dem Spitznamen „Petit-Gris“ (siehe Anhang A, Bild A.2) bekannt, empfohlen. Bei dieser Spezies handelt es sich um Landlungenschnecken aus der Familie der Helicidae, die weltweit stark verbreitet ist [9] [28]. Diese paläarktische Art kann sich an Gebiete mit unterschiedlichen Klimaarten anpassen: mediterranes, gemäßigtes ozeanisches, gemäßigtes mittellkontinentales und sogar tropisches Klima. *Cantareus aspersus* (Müller, 1774) stammt ursprünglich aus Europa und wurde in alle Teile der Welt eingeschleppt. Mittlerweile ist sie auf allen Kontinenten, mit Ausnahme der Antarktis, zu finden. Andererseits ist die Spezies in einigen Ländern als landwirtschaftlich schädliche Schnecke anerkannt und muss vorsichtig behandelt werden.

Jungtiere von Schnecken werden bereits in ISO 15952 [1] abgedeckt, die beschreibt, wie toxische Wirkungen von Chemikalien oder kontaminierter Matrix *ex situ*, d. h. unter Laborbedingungen, auf das Überleben und Wachstum von jungen Schnecken (1 g fw^{N1}) beurteilt werden.

Momentan gibt es keine standardisierten *In-situ*-Biotests, die die Beurteilung der Übertragung von Kontaminanten aus der Umgebung auf Organismen der Bodenfauna im Feld ermöglichen. Obwohl ISO 19204 [3] (in Bezug auf den TRIAD-Ansatz) die Anwendung von drei kombinierten Beweislinien (Chemie, Ökotoxikologie und Ökologie) empfiehlt und die Bedeutung von Bioindikatoren für Wirkung und Akkumulation als zusätzliche Instrumente für die standortspezifische ökologische Gefährdungseinschätzung hervorhebt, stehen nur wenige Biotests für diesen Zweck zur Verfügung. Wie in ISO 19204:2017, Anhang A, angegeben, sind somit Messungen von Bioakkumulationen in Pflanzen oder Bodenorganismen nützlich, um

- die effektive Bioverfügbarkeit von Bodenkontaminanten für Bodenorganismen zu beurteilen,
- die Übertragung in der Nahrungskette und das Risiko einer Sekundärvergiftung von Konsumenten zu erfassen.

In einigen Fällen kann Bioakkumulation zu toxischen Wirkungen führen, was jedoch nicht immer der Fall ist (siehe ISO 17402 [2]).

Da eine Zucht möglich ist (siehe ISO 15952:2018, Anhang B), können Schnecken mit bekannter biologischer Vergangenheit auf dem Feld verwendet werden, um die Bioverfügbarkeit von in den Lebensräumen (Boden, Pflanzen, Luft) vorhandenen Kontaminanten zu analysieren, indem deren Akkumulation in Individuen gemessen wird, die in Käfigen gehalten und für eine bestimmte Zeitspanne exponiert wurden.

1 Verfügbar unter: https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/199863/tab/taxo.

N1 Nationale Fußnote: fw steht für den englischen Begriff fresh weight (auch fm was für fresh mass steht) und wird in diesem Dokument mit Frischmasse übersetzt.

C. aspersus kann entweder im Feld [10] [12] [13] [15] [19] [22] [23] [27] [29] [30] oder im Labor [14] [18] [20] [21] verwendet werden, um den Verbleib und die Übertragung (d.h. die umweltbedingte Bioverfügbarkeit, ISO 17402) von Chemikalien im Boden zu bewerten. Dieser Bioindikator des Bodens wurde an zahlreichen Feldstandorten angewendet², um den Lebensraum und die Rückhaltefunktion von Böden zu bewerten. Dieser Biotest ermöglicht es, die Bioverfügbarkeit von Chemikalien für Schnecken dank der Messung ihrer Konzentration in deren viszeraler Masse (die hauptsächlich die Verdauungsdrüse und einige andere Organe enthält, wie in [16] beschrieben) zu bestimmen. Die viszerale Masse ist der Hauptort der Anreicherung von Kontaminanten bei Schnecken.

Dieses Dokument beschreibt, wie Schnecken 28 Tage in situ exponiert und wie sie vorbereitet werden, bis chemische Analysen zur Beurteilung der Bioakkumulation in ihren Eingeweiden durchgeführt werden. Dieser Biotest bewertet die Übertragung von Kontaminanten aus der Umwelt auf Landschnecken.

Diese Prüfung ist im Feld anwendbar (z. B. kontaminierte Standorte, verbesserte Böden, Böden nach der Sanierung, landwirtschaftliche oder andere betroffene Standorte und Abfallmaterialien), indem Schnecken 28 Tage lang in Käfigen auf dem untersuchten Standort/Boden/Abfall gehalten werden. Schnecken nehmen Chemikalien aus allen terrestrischen Quellen (Boden, Pflanzen, Luft) auf. Nach der Exposition werden die Konzentrationen von Chemikalien in der viszeralen Masse der Schnecken gemessen.

Optional kann das Verfahren im Labor (ex situ) verwendet werden, um die Bioakkumulation von Chemikalien von Schnecken zu bewerten, die nur Boden ausgesetzt sind (siehe Anhang I).

Die Ergebnisse eines Ringversuchs, der in situ von sechs Laboren zur Bewertung des Expositionsverfahrens und von vier Laboren von der Exposition bis zur chemischen Analyse durchgeführt wurde, sind in Anhang H dargestellt.

² Verfügbar unter: <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/ADEME-Bioindicateur/english/worksheet.php>.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt ein Verfahren zur Bewertung der Bioakkumulation von Chemikalien in Schnecken, d. h. Konzentrationen von Metall(oid)en (ME) oder organischen Verbindungen, z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und polychlorierte Biphenyle (PCB), die sich in ihren Geweben angereichert haben.

In diesem Dokument wird dargelegt, wie Schnecken für die 28-tägige *In-situ*-Käfighaltung vorbereitet werden, wie das *In-situ*-Prüfdesign aussieht und wie die Schnecken bis zur Konservierung und weiteren Analyse gesammelt und vorbereitet werden. Falls eine kinetische Untersuchung der Akkumulation notwendig ist, ist auch eine Probenahme der Schnecken zu verschiedenen Zeitpunkten während der Exposition möglich [13] [19] [22].

Dieses Dokument schließt analytische Verfahren aus. Die Vorbereitung (Extraktion und Mineralisierung) der Proben und Quantifizierung von Chemikalien fallen nicht in den Anwendungsbereich des vorliegenden Dokuments.

Das Verfahren ist auf Böden mit unterschiedlicher Nutzung (landwirtschaftliche, industrielle, Wohn- und Waldböden, vor und nach der Sanierung, auf potenziell kontaminierten Standorten usw.) sowie auf Abfallmaterialien [8] [10] anwendbar, vorzugsweise auf Böden mit Vegetation und/oder Humusbedeckung.

Das Verfahren ist vorbehaltlich bestimmter Temperaturgrenzen (frostfreier Zeitraum, d. h. hauptsächlich von April bis Oktober in gemäßigttem Klima) anwendbar.

Optional (siehe Anhang I) kann das Verfahren im Labor verwendet werden, um die Akkumulation von Kontaminanten (und optional die Summe des Übertragungsüberschusses (en: Sum of Excess of Transfer) (SET) index für ME, PAK, PCB) von Schnecken zu bewerten, die nur dem Boden exponiert sind.

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:

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

3.1

Käfighaltung

geschlossener Mikrokosmos, der eine Exposition von Schnecken auf verschiedenen Pfaden und durch mehrere Quellen ermöglicht

3.2

Bioakkumulation

Phänomen, durch das sich eine im Medium vorhandene Chemikalie in einem lebenden Organismus anreichert

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Phänomen wird beobachtet, wenn die Absorptionsrate die Eliminationsrate des Kontaminants übersteigt.

3.3

inaktive Schnecke

Schnecke ohne Aktivität, im Allgemeinen unter trockenen Bedingungen, wo sie an den Wänden der Kiste, in die sie eingesetzt wurde, klebt (im Allgemeinen nur aufgrund eines einfachen getrockneten Schleimrings)

3.4

Sommerruhe

Schnecken, unter trockenen Bedingungen bei einer Temperatur von 15 °C bis 20 °C inaktiv gehalten

3.5

Parzelle

charakteristische und repräsentative Teilfläche des Standorts

Anmerkung 1 zum Begriff: Die geographischen Koordinaten jeder Parzelle sollten aufgezeichnet werden.

3.6

Standort

Feld (oder geographische Einheit), an dem die Untersuchung durchgeführt wird und wo die Mikrokosmen platziert sind, um die Bioverfügbarkeit von Kontaminanten für Schnecken zu bewerten

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Standort kann eine oder mehrere Parzellen und Bodennutzungen umfassen, d. h. ein Feld, eine Weide, einen Wald, ein Industriegelände, einen Ablauf.

4 Kurzbeschreibung

Die Schnecken werden 28 Tage in Mikrokosmen am Studienstandort in Käfigen gehalten. Es müssen 15 subadulte [(5 ± 1) g Körpermasse] Gartenschnecken in jeden Mikrokosmos eingesetzt werden. Vom Ende ihrer Anzucht bis zu ihrem Einsetzen auf den Boden können sie inaktiv in trockenen Holzkisten (runde Holzkisten mit einem Durchmesser von etwa 12 cm und einer Höhe von 4 cm, siehe Bild 1 und Bild B.2) gelagert werden. Sie werden aus der Sommerruhe geweckt, indem sie einige Stunden vor dem Einsetzen in den Mikrokosmos mit Wasser besprüht werden. Dort sind sie sowohl dem Boden als auch den Pflanzen, die am Standort gewachsen sind, und der Umgebungsluft ausgesetzt, damit sie sich unter natürlichen Expositionsbedingungen (Klimagefahren) befinden.

Nach der Exposition werden die gesammelten Schnecken zurück ins Labor gebracht und für 48 h ausgehungert. Während des Aushungerns wird der Kot alle 24 h entfernt. Die Schnecken werden dann bei –80 °C eingefroren. Nach dem Auftauen wird der Weichkörper aus dem Schneckengehäuse entfernt; die viszerale Masse und der Fuß (siehe Anhang B, Bild B.1) werden voneinander getrennt und für die chemische Analyse zur Bestimmung der inneren Konzentration der Chemikalien vorbereitet. Die Hauptschritte sind in Anhang B dargestellt.

5 Prüforganismen und Ausrüstung

5.1 Biologisches Material

Bei den Prüforganismen muss es sich um subadulte Schnecken handeln (um eine Massenänderung während des Expositionszeitraums und die nachfolgende Verdünnung der Bioakkumulation durch die Massenzunahme während des Wachstums oder die Übertragung von Verbindungen auf die Eier während der Fortpflanzungsstadien zu vermeiden). Empfohlen wird die Landschnecke *Cantareus aspersus* (Müller, 1774), die sieben Wochen bis zwölf Wochen alt sein und eine mittlere Frischmasse von (5 ± 1) g haben muss.

ANMERKUNG 1 Optional kann der Gehäusedurchmesser gemessen werden (Mittelwert $\pm SD^{N2}$ von $25 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$; min./max. von $20 \text{ mm}/30 \text{ mm}$).

Die Schnecken müssen einer synchronen Anzucht entnommen werden, um eine möglichst homogene Population in Bezug auf Masse und Alter zu bilden. Die Anzuchtverfahren für Schnecken sind in Anhang C beschrieben. Kurz gesagt müssen die subadulten Schnecken nach einer Aufzucht- und einer anschließenden Wachstumsphase (drei Wochen bis sechs Wochen, gefolgt von vier Wochen bis sechs Wochen) direkt oder nach einer Zeit der Sommerruhe, die nicht länger als 5 Monate dauern sollte (d. h. Schnecke inaktiv, an der Wand einer trockenen Kiste klebend (Kunststoffbehälter müssen vermieden werden), in einem temperaturkontrollierten Raum zwischen 15°C und 20°C), verwendet werden. Die Sommerruhe erfolgt in runden Holzkisten (mit einem Durchmesser von etwa 12 cm und einer Höhe von etwa 4 cm); üblicherweise 15 Schnecken je Kiste, was der Anzahl der Schnecken je Mikrokosmos entspricht).

Die Schnecken müssen für die Zwecke des Projekts gezüchtet (siehe Anhang C und Anhang D) oder von lokalen Schneckenzüchtern gekauft werden.

ANMERKUNG 2 Die Verwendung einer anderen Gattung und/oder Art von *Helicidae* ist möglich (siehe Beispiele und Bedingungen in ISO 15952:2018, Annex G).

Eine Kontrolle der chemischen Qualität der subadulten Schnecken, die für die Käfighaltung ausgewählt wurden (d. h. nicht exponierte Schnecken), kann an sechs Schnecken im Hinblick auf die Ausgangskonzentrationen der zu betrachtenden Chemikalien durchgeführt werden (C snail-t0). Diese Kontrollschnecken können gleichzeitig mit den Schnecken, die für die Käfighaltung verwendet werden, ausgewählt werden. Die Analyse der chemischen Qualität der Schnecken vor der Käfighaltung kann gleichzeitig mit der Analyse der Schnecken nach der Exposition durchgeführt werden. Es ist nicht zwingend erforderlich, diese Kontrolle durchzuführen. Tatsächlich werden nach der Exposition alle Daten mit dem Schwellenrichtwert (en: threshold guide value, TGV) verglichen (siehe 8.2.1); wenn es jedoch möglich ist, diese Daten zu erhalten, zeigt dies, dass die Schnecken vor der Exposition nicht kontaminiert waren. Für Chemikalien, für die kein TGV verfügbar ist, können die Daten mit verschiedenen Werten (siehe 8.2.2.4) verglichen werden, darunter Csnail-t0.

Die verwendeten subadulten Schnecken müssen vor der Käfighaltung übliche Konzentrationen in der viszerale Masse aufweisen (siehe Anhang E). Da die Extraktion häufig an Frischgewebe erfolgt, sind die PAK- und PCB-Daten der Tabelle E.1 in $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Frischmasse der Eingeweide angegeben (diese Werte können auf der Grundlage von $\approx 15\%$ Trockenmasse der viszerale Masse in $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ dw^{N3} umgerechnet werden); für Metall(oid)e werden die Daten in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ -Trockenmasse der viszerale Masse angegeben.

N2 Nationale Fußnote: SD steht für den englischen Begriff shell diameter übersetzt als Gehäusedurchmesser.

N3 Nationale Fußnote: dw steht für den englischen Begriff dry weight (auch dm was für dry mass steht) übersetzt mit Trockenmasse.

5.2 Ausrüstung

5.2.1 Mikrokosmos, Zylinder aus nichtrostendem Stahl mit einem Durchmesser von 25 cm und einer Höhe von 25 cm, die mit einem Netz mit einer Maschenweite von 0,5 cm oder 1 cm abgedeckt sind.

Ein Beispiel ist in Bild 1 und in Anhang F, Bild F.1 dargestellt.

ANMERKUNG 1 Es können auch andere Geräte verwendet werden, wenn das Material, aus dem sie bestehen, keine Kontaminationsquelle darstellen kann; für bestimmte Zwecke (z. B. Exposition von Schnecken gegenüber Chemikalien, die im Feld versprüht werden) kann ein vollständig abgeschirmter Mikrokosmos verwendet werden, siehe [11], die Käfige aus nichtrostendem Stahl mit den Maßen 25 cm × 25 cm × 15 cm (Maschenweite: 1 cm) verwendeten, verschlossen durch ein Gitter aus nichtrostendem Stahl mit den Maßen 30 cm × 30 cm (Maschenweite: 1 cm), gehalten von vier Stäben (siehe Anhang F, Bild F.2).

ANMERKUNG 2 In einigen Fällen kann es notwendig sein, den Mikrokosmos vor Raubtieren oder Rindern (siehe Beispiele in Anhang F, Bild F.3) oder vor der Sonne (siehe Anhang F, Bild F.4) zu schützen.

5.2.2 Netz, mit einer Maschenweite von 0,5 cm oder 1 cm, auch aus nichtrostendem Stahl.

5.2.3 Stäbe, Stäbe aus nichtrostendem Stahl (Durchmesser 5 mm; Länge 46 cm bis 72 cm) zur Sicherung des Maschennetzes auf dem Käfig. Je nach der Bodensetzung oder dem Vorhandensein von Steinen muss die Größe des Stabes angepasst werden.

5.2.4 Fliesenstücke, siehe Bild 1 und Anhang F.

5.2.5 Holzlagerkiste. Inaktive Schnecken können vor der Exposition in runden Holzkisten (mit einem Durchmesser von etwa 12 cm und einer Höhe von etwa 4 cm) gelagert und transportiert werden, wobei die Schnecken unter trockenen Bedingungen bei einer Temperatur von 15 °C bis 20 °C gelagert werden (siehe Bild 1, Bild B.2 und Anhang G).

5.2.6 Kisten für Fasten und Probenahme. Zur Vorbereitung der Schnecken im Labor (z. B. zur Aufbewahrung der Schnecken vor der Einzelwägung) können Kunststoffbehälter (PCs; en: plastic containers) verwendet werden (z. B. Behälter aus transparentem Polystyrol oder jeder sonstige Behälter, der die ungefähren Maße 24 cm (Länge) × 10,5 cm (Breite) × 8 cm (Höhe) hat).

5.2.7 Messschieber. Für die Messung des Gehäusedurchmessers ein Messschieber mit einer Fehlergrenze von 0,1 mm.

5.2.8 Waage. Eine Analysenwaage mit einer Fehlergrenze von höchstens 10 mg.

5.2.9 Wasser, mit einer Reinheit, die mindestens der von entionisiertem Wasser entspricht.

5.2.10 Futter, muss in Form von Mehl mit dessen natürlichem Wassergehalt (5 % bis 10 %) bereitgestellt werden.

Um ein hinreichendes Wachstum zu erreichen, wird empfohlen, die Prüfungen mit einem mehlbasierten Futter durchzuführen, das Getreide, Grünfutter, Mineralsalze und Vitamine enthält und die Bedürfnisse der Schnecken ausreichend abdeckt. Ein Beispiel für die Zusammensetzung eines Futters ist in Anhang D aufgeführt.

5.2.11 Kleinmaterial. Elastische Streifen zum Verschließen der Holzlagerkisten oder Kisten zum Fasten und zur Probennahme. Kleband zum Beschriften der Holzlagerkisten und der Kisten zum Fasten; Permanentmarker; wiederverschließbare Beutel.

6 Vorbereitung der Organismen auf die Exposition

Nach dem Ende ihres Wachstums (siehe Bild C.1, Wachstum 1, d. h. die Zeit, die benötigt wird, um Subadulte zu erhalten, die die für die Prüfung erforderliche Masse erreicht haben) müssen Schnecken inaktiv in einer Holzkiste (siehe 5.2.5) gelagert werden. Ihre Masse wird während dieser Lagerungszeit abnehmen, weshalb sie in einigen Fällen (d. h. bei einer Lagerung von mehr als 1 Woche) einige Tage vor Prüfungsbeginn aus der Sommerruhe geweckt werden müssen (siehe Abschnitt 6).

Je nach der Dauer der Lagerung zwischen dem Ende der Wachstumsperiode (d. h. bei Erreichen der geforderten mittleren Masse, siehe 5.1.) und dem Beginn der Prüfung im Feld, werden die Schnecken nach den folgenden Szenarien aufgeweckt:

- Wenn die Schnecken in der Woche nach dem Wägen und Einteilen in homogene Chargen (15 Schnecken für einen Mikrokosmos) verwendet werden, müssen sie lediglich einige Stunden vor der Verwendung im Feld aufgeweckt werden. Dazu müssen sie in der Holzkiste mit Wasser besprüht werden. Dies erleichtert ihre Handhabung bei der Herausnahme aus der Holzkiste und dem Einsetzen in den Mikrokosmos, wenn sie sich im Feld befinden.
- Wurden sie vor der Exposition im Feld über einen längeren Zeitraum (> 1 Woche, aber < 5 Monate) gelagert, sollten sie aufgeweckt und 2 Tage bis 5 Tage mit Schneckenfutter (5.2.10) gefüttert werden, damit sie ihre Anfangsmasse erreichen. Nachdem sie durch Besprühen mit Wasser in der Holzkiste aufgeweckt wurden, werden sie 2 Tage bis 5 Tage in Käfige oder Kunststoffbehälter (siehe Bild C.2 in Anhang C) gesetzt und gefüttert. Dann werden sie erneut gewogen und in homogenen Chargen (siehe Beispiel in Anhang G, Tabelle G.1, Bild G.1) in die Holzkisten verteilt, in denen sie für eine kurze Dauer (0 bis 1 Woche) gelagert werden können, bevor sie wieder erweckt und in die Mikrokosmen gegeben werden.

Der Anteil der Schnecken, die nicht erwachen, muss unter 20 % liegen. Sobald sie aktiv werden (Schnecken, die nicht mehr an den Wänden der Kiste haften und beginnen, sich zu bewegen), müssen die Schnecken in eine Kiste überführt werden, die mit Wasser befeuchtet wurde.

Alle für die Prüfung benötigten Schnecken müssen gewägt und in verschiedene Massenklassen eingeteilt werden (z. B. Gruppierung aller Schnecken von 4 g bis 4,5 g, von 4,6 g bis 5 g, von 5,1 g bis 5,5 g, von 5,6 g bis 6 g). Dann werden Gruppen von je 15 Schnecken vorbereitet, die in Bezug auf die Masse so homogen wie möglich sind (gleiche Verteilung der mittleren Gruppenmasse, siehe Beispiel Anhang G, Bild G.1).

ANMERKUNG Optional kann der Gehäusedurchmesser gemessen werden.

Die Schnecken müssen für die Prüfung einzeln gewägt und in Holzlagerkisten eingesetzt werden; je Holzlagerkiste sind 15 Individuen zu lagern, da ein Mikrokosmos 15 Schnecken für die Exposition enthalten muss.

7 Exposition der Prüforganismen

7.1 Allgemein

Die Hauptschritte des Biotests sind in Anhang F, Bild F.5 und Bild F.6 dargestellt (ein Beispiel für eine Datentabelle ist in Anhang G, Tabelle G.1 angegeben).

7.2 Beginn der Exposition

Auf jede Parzelle müssen drei Mikrokosmen platziert werden. Um die Heterogenität des Bodens in Bezug auf intrinsische Eigenschaften und Kontaminationsprofile zu berücksichtigen, werden mindestens 3 Mikrokosmen je Parzellenfläche verwendet. Jeder Mikrokosmos sollte 15 Schnecken enthalten, die dem Boden, dem Humus und der Vegetation unter natürlichen klimatischen Bedingungen ausgesetzt sind. Dies ist die natürliche Art der Exposition von Schnecken. Pflanzen, Humus, der den Boden bedeckt (und auch der

Boden) sind eine Nahrungsquelle für Schnecken. In den Käfig müssen Fliesenstücke gelegt werden, um den Schnecken einen Unterschlupf und eine Haftfläche zu bieten.

Die Schnecken sind vorsichtig aus der Holzkiste zu entnehmen, ohne zu stark zu ziehen, damit das Schneckenhaus nicht beschädigt wird; sie dürfen keinen weißen Schleim (wie einen weißen Schaum) produzieren, was ein Zeichen für unsachgemäße Behandlung ist.

ANMERKUNG 1 Die Anzahl der Mikrokosmen pro Parzelle kann je nach Anzahl oder Masse des für die Analyse benötigten Schneckengewebes oder im Rahmen einer Vorstudie angepasst werden.

ANMERKUNG 2 Ist am Standort kein Schatten vorhanden, könnte ein Schattennetz über dem Netz angebracht werden, um die Hitze im Käfig zu reduzieren. Anhang F, Bild F.4.

Nach Ankunft auf dem Feld wird ein Mikrokosmos auf dem Boden eingerichtet (Steine werden entfernt, um einen Abstand zwischen Mikrokosmos und Boden zu vermeiden, damit der Mikrokosmos ausreichend im Boden vergraben ist und die Nägel nicht austreten können, wird der Käfig in die oberste Bodenschicht von 0,5 cm bis 1 cm getrieben). Die Schnecken und die Fliesenstücke, die als Unterschlupf dienen, werden eingesetzt (siehe Bild 1). Zum Schluss werden die Mikrokosmen mit dem Netz abgedeckt und das Netz mit den Stäben fixiert. Für diesen Schritt sind etwa 20 min erforderlich.



**a) subadulte
Schnecke,
Gesamtfrischmasse
4 g bis 6 g**

b) offener Mikrokosmos

**c) Mikrokosmen, die mit
einem Netz
aus
nichtrostendem Stahl
abgedeckt
sind
(Maschen-
weite:
10 mm),
durch 4 Stäbe
sicher über
die Oberseite
des
Mikrokosmos
gespannt**

d) Mikrokosmen am Standort

Bild 1 — *In-situ*-Exposition: Aktives Biomonitoring mittels Mikrokosmen, in denen Schnecken exponiert sind

7.3 Ende der Exposition — Aushungern

Alle Schnecken eines Mikrokosmos werden vorsichtig entnommen und zusammengesetzt, z. B. in der Holzkiste, die für die Lagerung der Schnecken vor der Exposition verwendet wurde.

Zurück im Labor müssen die Schnecken gereinigt werden, d. h. gegebenenfalls durch Entfernen von Bodenpartikeln mit einer Bürste und Wasser. Dann müssen die Schnecken zum Aushungern in einen leicht zu reinigenden Kunststoffbehälter eingesetzt werden (z. B. wie in Bild C.2 dargestellt). Die Schnecken müssen 2 Tage aushungern (bis sie keinen Kot mehr produzieren). Während dieser Hungerperiode muss der Kot alle 12 h entfernt werden, um zu vermeiden, dass Schnecken den Kot wieder fressen. Es wird empfohlen, die Schnecken am Ende der Exposition und nach dem Aushungern vor dem Einfrieren zu wägen.

ANMERKUNG Da die Masse durch das Wetter im Feld beeinflusst wird, erleichtern das Wägen der Schnecken nach dem Aushungern und eine homogene Hydratation den Vergleich zwischen Schnecken, die unter ganz unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen exponiert waren, oder zwischen Experimenten, die in verschiedenen Jahren durchgeführt wurden. Optional kann der Gehäusedurchmesser gemessen werden.

Die Schnecken werden dann bei -80 °C eingefroren. Sie können in wiederverschließbare Beuteln oder jedem sonstigen wirksam verschließbaren Behälter eingefroren werden.

Optional kann ein Gefrierschrank mit -20 °C verwendet werden, wenn kein Gefrierschrank mit -80 °C zur Verfügung steht. Eine Gefriertruhe mit einer Temperatur von -80 °C ermöglicht es, die Schnecken durch Gefriertrocknung schneller abzutöten. Dies ist auch für eine angemessene Konservierung vor weiteren Biomarkeranalysen erforderlich.

7.4 Probenahme und Vorbereitung nach der Exposition

Für die Vorbereitung der viszeralen Masse müssen die Schnecken aufgetaut werden. Je nach Raumtemperatur wird abgewartet, bis der Weichkörper vollständig weich ist (ohne Eis im Körper). Nach dem Auftauen sind die Schnecken zu wägen, der Weichkörper (d. h. Fuß + viszerale Masse) muss aus dem Gehäuse entfernt und die viszerale Masse für die Analyse der Chemikalien vom Fuß getrennt werden (siehe Schritt 3, in Bild B.3).

Für die Entfernung der viszeralen Masse benötigen ungeübte Anwender etwa 10 min und geübte Anwender 2 min.

Es müssen zwei Schnecken je Mikrokosmos nach 28 Tagen Exposition nach dem Zufallsprinzip beprobt werden. Die Gesamtzahl der Schnecken, die für die Metall(oid)-Analyse zu beproben sind, beträgt zwei je Mikrokosmos, was zu einer Gesamtzahl von sechs Individuen je Parzelle führt: drei Mikrokosmen $\times$ zwei Schnecken/Mikrokosmos). Die verbleibenden Schnecken (13 Schnecken, falls während der Exposition keine Mortalität auftrat) können für weitere Analysen tiefgefroren gelagert werden. Sie bietet eine Sicherheitsmarge im Falle von Todesfällen und ermöglicht es außerdem, genügend biologisches Material zu erhalten, wenn Analysen anderer Schadstoffe [polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und polychlorierte Dibenzo-p-Furane (PCDD/F), seltene Böden, polybromierte Verbindungen usw.] oder Biomarker erforderlich sind.

ANMERKUNG 1 Falls die Masse der Eingeweide für eine individuelle Analyse nicht ausreicht, können die viszerale Masse von zwei oder mehr Schnecken für die Analyse organischer Verbindungen gepoolt werden, um die erforderliche Masse der zu analysierenden Probe zu erreichen.

ANMERKUNG 2 Wenn nur ein Mikrokosmos auf einer Parzelle verwendet wird (z. B. in einer Vorstudie), werden sechs Schnecken aus dem Mikrokosmos beprobt.

8 Berechnung und Darstellung

8.1 Allgemeines

Aktuell sind zwei Wege möglich: einer für Metall(oid)e, für die Richtwerte verfügbar sind, sowie ein weiterer für andere Chemikalien, für die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung keine Richtwerte verfügbar sind.

8.2 Für Metall(oid)e

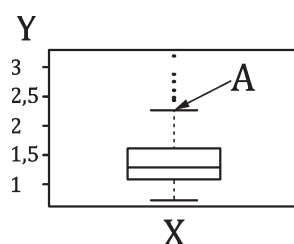
8.2.1 Schwellenrichtwert

Für 14 Metall(oid)e wurden Schwellenrichtwerte (en: Threshold Guide Value, TGV; zuvor interne Referenzkonzentrationen (C_{lRef}) genannt [22]) in Schnecken bestimmt, wobei die Metallkonzentrationen in Schnecken, die an unbelasteten Standorten exponiert wurden ($n = 150$), verwendet wurden (siehe Tabelle 1, Bild 2).

Sie ermöglichen die Berechnung des SET-Index (Summe des Übertragungsüberschusses, en: sum of the excess of transfer), um eine Bewertung der anomalen Übertragung von Metall(oid)en auf Schnecken zu ermöglichen. Kurz gesagt: Die ME-Konzentrationen in Schnecken nach 28-tägiger Exposition am untersuchten Standort werden durch den TGV für jedes ME geteilt, um den Akkumulationsquotienten (AQ) zu berechnen; dann werden die AQ-1 für jedes ME addiert, um den SET-Index zu erhalten [18] [23] [24] [25] [26].

Tabelle 1 — Schwellenrichtwert (TGV) von Metall(oid)en in den Eingeweiden von Schnecken nach 1-monatiger Exposition an nicht kontaminierten Standorten [23]

ME	As	Cd	Co	Cu	Cr	Hg	Mo	Ni	Pb	Sb	Sn	Sr	Tl	Zn
TGV in situ (mg · kg ⁻¹)	0,307	2,27	6,676	184,7	2,01	0,198	4,428	5,249	12,9	0,076	0,058	125,7	0,259	1 490
ANMERKUNG TGV sind Mediane (siehe Bild 2)														



Legende

X nicht kontaminierte Parzellen

Y C_{snail} (mg · kg⁻¹)

A TGV Cd 2,27 mg · kg⁻¹

Bild 2 — Beispiel der Berechnung des TGV für Kadmium

8.2.2 Berechnung der Summe des Übertragungsüberschusses von Metall(oid)en: SET-Index

8.2.2.1 Allgemein

Um die Übertragung von Metallen aus der Umwelt auf Schnecken zu ermitteln, wird die mediane Eingeweidekonzentration der Schnecke mit dem TGV verglichen. Wenn die mediane Konzentration in der Schnecke, die auf der untersuchten Parzelle exponiert war, höher ist als der TGV, dann zeigt der Boden eine anomale Metallübertragung auf Schnecken.

8.2.2.2 Berechnung des Akkumulationsquotienten (AQ)

$AQ = [C_{\text{snail-28d}}] / \text{TGV}$ für jedes Metall(oid)

Dabei ist $[C_{\text{snail-28d}}]$ = die mediane Konzentration des Metall(oid)s in den Eingeweiden der sechs Schnecken, die auf der untersuchten Parzelle exponiert wurden.

Ist $AQ > 1$, ist damit ein Übertragungsüberschuss nachgewiesen.

8.2.2.3 Berechnung der Summe des Übertragungsüberschusses von Metall(oid)en: SET_{Parzelle} und SET_{Standort}

$SET_{\text{Parzelle}} = \sum(AQ-1)$ und

$SET_{\text{Standort}} = \sum(AQ-1) / n_{\text{Parzelle}}$

8.2.2.4 Wenn der TGV für ein untersuchtes Metall(oid) nicht verfügbar ist

Csnail-28d kann entweder verglichen werden mit:

- Csnail-28d der am Kontrollstandort (d.h. nicht kontaminierter Standort) in Käfigen gehaltenen Schnecken;
- oder mit Csnail-28d der Schnecken, die während der Exposition von Schnecken am Standort im Labor aufgezogen wurden (z. B. wenn es nicht möglich ist, eine Parzelle auf einem nicht kontaminierten Standort zu finden, die als Kontrolle dienen könnte);
- oder zumindest mit Anfangskonzentration der Schnecken (d. h. vor der Exposition): Csnail-t0.

8.3 Für andere Chemikalien

Für PAK, PCB, Pestizide oder andere Chemikalien, für die keine *In-situ*-TGV verfügbar sind, muss Csnail-28d mit dem in 8.2.2.4 beschriebenen Richtwert verglichen werden.

9 Gültigkeit der Prüfung

Die Ergebnisse werden als gültig angesehen, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- die beobachtete prozentuale Mortalität in den Kontrollbehältern (siehe 8.2.2.4) überschreitet am Ende der Prüfung nicht 30 %.

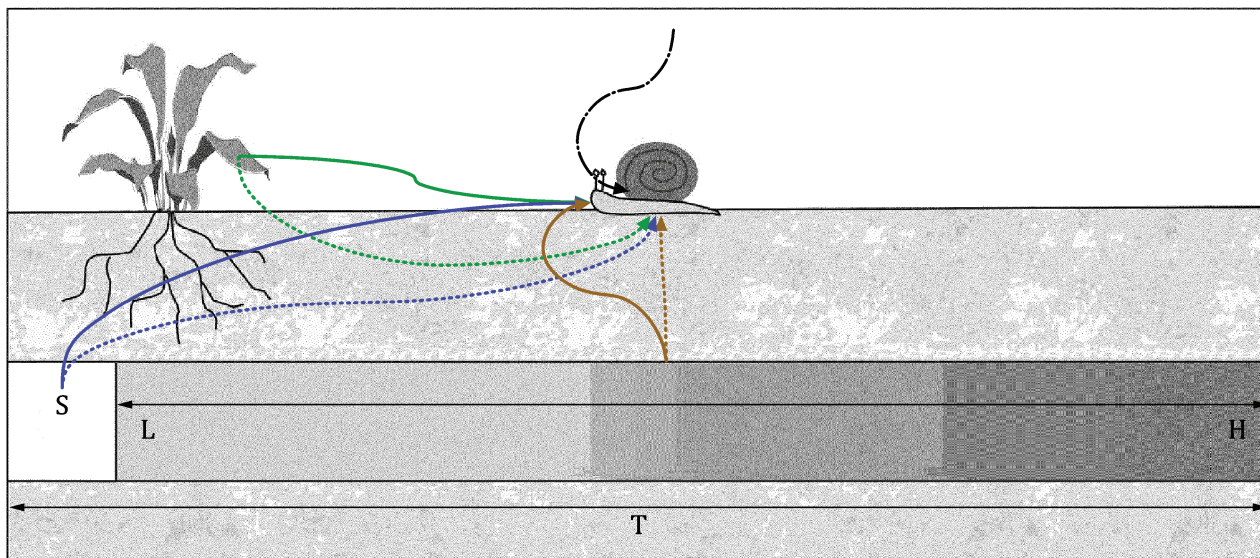
10 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss auf dieses Dokument verweisen und die folgenden Angaben einschließen:

- a) eine Verweisung auf dieses Dokument, d. h. ISO 24032:2021;
- b) eine Beschreibung des Standorts und der Parzelle(n) des untersuchten Standorts;
- c) Bilder des untersuchten Standorts/der untersuchten Parzellen;
- d) umweltrelevante Informationen (Niederschlag, minimale und maximale gemessene Temperatur oder Temperatur auf der Grundlage einer meteorologischen Station in der Nähe der untersuchten Zone) während der Exposition;
- e) verfügbare Daten über den Boden, den Standort (physikalisch-chemische Daten);
- f) geographische Lage des Mikrokosmos (Postleitzahl, Gemeinde, genaue GPS-Koordinaten (Dezimalgrad oder DMS (Grad (en: degree), Minuten, Sekunden) und/oder WGS (World Geodetic System)));
- g) Beschreibung der Bedeckung mit Pflanzen und Humus;
- h) Masse der Schnecken (gesamte Frischmasse) zu Beginn der Prüfung (beim Einsetzen in die Holzkiste zum Transport) und nach der Exposition (wie unter Abschnitt 7 angegeben);
- i) Überlebensrate in jedem Mikrokosmos und der Mittelwert ($\pm$ Standardabweichung) für die 3 Mikrokosmen je untersuchter Zone an dem Standort;
- j) eine Beschreibung der deutlichen oder pathologischen Symptome (z. B. Schnecken, die Flüssigkeit produzieren oder einen geschwollenen, glänzenden Fuß zeigen) oder der auffälligen Verhaltensänderungen (z. B. Anzeichen von Lethargie, wenn sich die Schnecke bei Handhabung nicht zurückzieht), die bei den Prüforganismen beobachtet wurden;
- k) jede andere in diesem Dokument nicht spezifizierte Manipulation und alle Ereignisse, die möglicherweise die Ergebnisse beeinflusst haben könnten.

Anhang A (informativ)

Expositionsquellen und -pfade von Schnecken gegenüber Kontaminanten im Feld



Legende

S	Bodenlösung
T	Gesamtmenge der Schadstoffe im Boden
L	Schadstoffe, die kaum mit der festen Phase verbunden sind
H	Schadstoffe, die stark mit der festen Phase verbunden sind

Expositionswege



über den Verdauungstrakt
über die Haut
über die Atemwege

Expositionsquellen



Pflanzen
feste Phase des Bodens
flüssige Phase des Bodens
Luft

ANMERKUNG Adaptiert von [31].

Bild A.1 — Expositionsquellen und -pfade von Schnecken gegenüber Kontaminanten im Feld



Bild A.2 — Die Landschnecke *Cantareus aspersus* — Subadult

Anhang B (informativ)

Hauptschritte des *In-situ*-Biotests

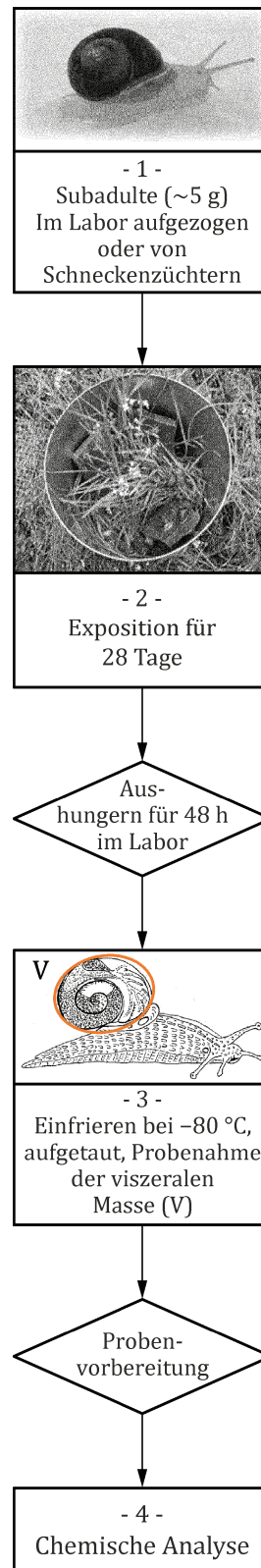


Bild B.1 — Hauptschritte des Biotests