

TEXTE

98/2026

# Handlungsanleitung zur Bewertung der Schadstoffe auf der Grundlage der Resorptionsverfügbarkeit für den Vollzug des Bodenschutzes

von:

Dr. Heike Böhme  
Eurofins Umwelt Ost GmbH, Jena

Dr. Frank Kuchler, Carmen Jaggi, Erik Kuchler  
Umwelt Projekt Consult, Rehfelde OT Werder

Herausgeber:

Umweltbundesamt



TEXTE 98/2026

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für  
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und  
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3718 74 299 0

# **Handlungsanleitung zur Bewertung der Schadstoffe auf der Grundlage der Resorptionsverfügbarkeit für den Vollzug des Bodenschutzes**

von

Dr. Heike Böhme  
Eurofins Umwelt Ost GmbH, Jena

Dr. Frank Küchler, Carmen Jaggi, Erik Küchler  
Umwelt Projekt Consult, Rehfelde OT Werder

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

## Impressum

### Herausgeber

Umweltbundesamt  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau-Roßlau  
Tel: +49 340-2103-0  
Fax: +49 340-2103-2285  
[buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de)  
Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

### Durchführung der Studie:

Eurofins Umwelt Ost GmbH  
Löbstädter Straße 78  
07749 Jena

### Abschlussdatum:

April 2023

### Redaktion:

Fachgebiet II 2.6 Maßnahmen des Bodenschutzes  
Dr. Urs Dippon-Deißler

### DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8565>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juni 2026

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	5
Anlagenverzeichnis.....	6
Abkürzungsverzeichnis.....	7
Zusammenfassung.....	8
Summary .....	9
1 Einführung.....	10
2 Zielstellung .....	14
3 Vorgehensweise bei der Anwendung der Resorptionsverfügbarkeit für den Wirkungspfad Boden-Mensch der BBodSchV.....	15
3.1 Grundlagen.....	15
3.2 Vorgehensweise zur Bewertung von Schadstoffgehalten auf der Grundlage der Resorptionsverfügbarkeit gemäß BBodSchV .....	22
4 Quellenverzeichnis .....	24

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Physiologie der menschlichen Verdauung [5] .....	11
Abbildung 2: Anzahl von Daten pro Untersuchungsparameter.....	18
Abbildung 3: Unteres / oberes Quartil, Median und arithmetisches Mittel (o) der RV [%] nach DIN-Methoden, Sortierung RV [%] absteigend [13].....	21
Abbildung 4: Eignungsprüfung zur Feststellung für die Vorentscheidung über eine RV-Untersuchung in der DU .....	22

## Anlagenverzeichnis

1. Checkliste zur Bewertung von Schadstoffgehalten auf der Grundlage der Resorptionsverfügbarkeit (RV) in der Detailuntersuchung (DU) gemäß BBodSchV
2. Vollzugsübersicht zur Bewertung auf der Grundlage der Resorptionsverfügbarkeit gemäß BBodSchV
3. Probenahmeplan – Muster zur Probenahmeplanung zur Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit
4. Probenahmeprotokoll Feststoff – Ausfüllbeispiel
5. Muster –Leistungsverzeichnis für die Untersuchung auf Resorptionsverfügbarkeit (RV)

## Abkürzungsverzeichnis

<b>AQS</b>	Analytische Qualitätssicherung
<b>BaP</b>	Benzo(a)pyren
<b>BBodSchV</b>	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
<b>DIN</b>	Deutsches Institut für Normung
<b>DN</b>	Diameter Nominal
<b>ENV</b>	Europäischer Freiwilligendienst in Norm
<b>FBU</b>	Fachbeirat Bodenuntersuchungen
<b>Ggf.</b>	gegebenenfalls
<b>GmbH</b>	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
<b>GPS</b>	Global Positioning System
<b>l</b>	Liter
<b>KA</b>	Kartieranleitung
<b>kg</b>	Kilogramm
<b>LAGA</b>	Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
<b>m</b>	Meter
<b>mm</b>	Millimeter
<b>m<sup>3</sup></b>	Kubikmeter
<b>mg</b>	Milligramm
<b>ml</b>	Milliliter
<b>ISO</b>	Internationale Organisation für Normung
<b>PE</b>	Polyethylen
<b>PN</b>	Probenahme
<b>TS</b>	Trockensubstanz
<b>UMK</b>	Umweltministerkonferenz
<b>UFOPLAN</b>	Umweltforschungsplan
<b>Z</b>	Zuordnungswert
<b>z.B.</b>	zum Beispiel

## Zusammenfassung

Am 01.08.2023 wird die Mantelverordnung mit der neuen BBodSchV in Kraft treten. Gemäß § 13 Absatz 3 können die für die jeweils betroffenen Wirkungspfade Boden – Mensch sowie Boden - Nutzpflanze maßgeblichen Expositionsbedingungen und die bedeutsamen resorptionsverfügbaren, mobilen oder mobilisierbaren Anteile der Schadstoffgehalte im Rahmen der Detailuntersuchung (DU) ermittelt werden. Zur Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit (RV) ist gemäß der Methodensammlung Feststoffuntersuchung Version 2.0 Stand: 15.06.2021 die DIN 19738:2017-06 anzuwenden. Es wird ausdrücklich auf die Anforderungen an Probenahme und Analytik zur Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit auf die LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung Wirkungspfad Boden-Mensch und Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch verwiesen [15], die während der Projektlaufzeit veröffentlicht wurde.

Die RV ist der unter Laborbedingungen prozentual ermittelte Anteil oral aufgenommener Schadstoffe (z. B. über kontaminierte Bodenpartikel oder Staub), die im Magen-Darmtrakt freigesetzt werden und vom Organismus über den Verdauungsprozess resorbiert werden können. Das Funktionsprinzip der Verdauung wird im Labor normiert nachgestellt.

In der „Screening-Untersuchung zur Implementierung der DIN 19738:2017-06 und Bewertung der Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen im Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“ [13] wurden umfangreiche Daten erhoben und ausgewertet.

Diese Handlungsanleitung soll für den Vollzug des Bodenschutzes bei der Ermittlung und Anwendung der Resorptionsverfügbarkeit in der Praxis eine Arbeits- und Entscheidungshilfe sein. Sie kann von Gutachtern und im Vollzug nur zur ersten Abschätzung genutzt werden. Die Handlungsanleitung ersetzt jedoch nicht die Ermittlung im konkreten Einzelfall im Sinne des § 11 Absatz 2 und 3 zu maßgeblichen Expositionsbedingungen sowie zu bedeutsamen resorptionsverfügbaren, mobilen oder mobilisierbaren Anteile der Schadstoffgehalte

Die Checkliste der Anlage 1 sollte zur Feststellung der Regelkonformität genutzt werden. Wurden die Untersuchungen konform der aktuellen BBodSchV durchgeführt, können die Ergebnisse zur weiteren Beurteilung herangezogen werden. In der Anlage 2 – Vollzugsübersicht zur Bewertung auf der Grundlage der Resorptionsverfügbarkeit gemäß BBodSchV befindet sich eine Zusammenstellung der Resorptionsverfügbarkeitsdatensätze. Die typischen RV-Werte aus Anlage 2 ersetzen keine Untersuchung des Standortes auf Resorptionsverfügbarkeit. Sie dienen in Verbindung mit den Untersuchungsergebnissen (< 2 mm Fraktion) des Standortes zur Ableitung von Entscheidungswerten. Unterschreitet das Untersuchungsergebnis (< 2 mm Fraktion) den Entscheidungswert, ist eine Bestimmung der standörtlichen Resorptionsverfügbarkeit sinnvoll. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Anlage 5 - Muster –Leistungsverzeichnis für die Untersuchung auf Resorptionsverfügbarkeit (RV) verwiesen.

Die Bewertung der Untersuchungsergebnisse soll gemäß der LABO – Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung Wirkungspfad Boden-Mensch Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch [15] erfolgen. Diese ist gemäß LABO-Umlaufbeschluss vom 10. August 2020 und Beschluss der UMK im Umlaufverfahren zur Anwendung empfohlen.

## Summary

On 01.08.2023, the Umbrella Ordinance will enter into force with the new BBodSchV. According to § 13 paragraph 3, the relevant exposure conditions for the affected pathways soil – man and soil – crop and the significant resorption-available, mobile or mobilisable proportions of the pollutant contents can be determined within the framework of the detailed investigation (DU). To determine the absorption availability (RV), DIN 19738:2017-06 must be used according to the collection of methods Solids Analysis Version 2.0 as of 15.06.2021. Explicit reference is made to the requirements for sampling and analysis for determining the bioaccessibility in the LABO federal/state working group on soil protection, working aid for exposure assessment in the detailed investigation of the soil-human impact path and the soil-crop-human impact path [15], which were published during the project period became.

RV is the percentage of orally ingested pollutants (e.g. via contaminated soil particles or dust) determined under laboratory conditions that are released in the gastrointestinal tract and can be absorbed by the organism via the digestive process. The functional principle of digestion is normalized in the laboratory.

In the "Screening study for the implementation of DIN 19738:2017-06 and evaluation of the absorption availability of pollutants in the implementation of the Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance" [13], extensive data were collected and evaluated.

These instructions for action are intended to be a work and decision-making aid for the implementation of soil protection in the determination and application of absorption availability in practice. It can only be used by experts and in enforcement for initial assessments. However, the instructions for action do not replace the determination in the specific individual case within the meaning of § 11 paragraphs 2 and 3 of relevant exposure conditions as well as significant resorption-available, mobile or mobilizable proportions of the pollutant contents.

The checklist in Appendix 1 should be used to determine compliance. If the investigations were carried out in accordance with the current BBodSchV, the results can be used for further assessment. Appendix 2 – Implementation overview for the assessment based on absorption availability according to BBodSchV contains a compilation of the absorption availability data sets. The typical RV values from Appendix 2 do not replace an examination of the site for absorption availability. In conjunction with the test results (< 2 mm fraction) of the site, they are used to derive decision values. If the test result (< 2 mm fraction) falls below the decision value, it makes sense to determine the local resorption availability. In this context, reference is also made to Appendix 5 - Model specifications for the investigation of absorption availability (RV).

The evaluation of the test results should be carried out in accordance with the LABO – Working aid for exposure assessment in the detailed investigation Soil-Human Pathway Soil-Crop-Human Pathway [15]. This is recommended for use in accordance with the LABO circular resolution of 10 August 2020 and the resolution of the UMK in the circulation procedure.

## 1 Einführung

Am 01.08.2023 wird die Mantelverordnung mit der neuen Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [14] in Kraft treten. Die Handlungsanleitung wurde auf Basis der Mantelverordnung, Artikel 2 BBodSchV erstellt. Gemäß § 13 Absatz 3 sollen im Rahmen der Detailuntersuchung (DU) die für die jeweils betroffenen Wirkungspfade Boden – Mensch sowie Boden - Nutzpflanze maßgeblichen Expositionsbedingungen und die bedeutsamen resorptionsverfügbaren, mobilen oder mobilisierbaren Anteile der Schadstoffgehalte ermittelt werden. Im Forschungsvorhaben „Screening-Untersuchung zur Implementierung der DIN 19738:2017-06 und Bewertung der Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen im Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“ wurden die Parameter der BBodSchV, Anlage 2, Tabelle 4 (Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch) betrachtet [14]. Die für den Pfad Boden-Mensch bisher geltenden Prüf- und Maßnahmewerte, sowie die im Rahmen der Novellierung eingeführten weiteren Stoffe, erfordern im Hinblick auf die Einschätzung ihrer RV erprobte und validierte Vorgehensweisen, um diese im Rahmen der Untersuchung und Bewertung der schädlichen Bodenveränderung oder Altlast zu berücksichtigen. Zur Ermittlung der RV ist gemäß der Methodensammlung Feststoffuntersuchung Version 2.0 Stand: 15.06.2021 [8] die DIN 19738: 2017-06 [3] anzuwenden. Die Vorgängernorm DIN 19738: 2004-07 [2] soll nicht mehr herangezogen werden. Im aktuell gültigen FACHMODUL BODEN UND ALTLASTEN (Stand 16. August 2012) ist neben der aktuellen Normversion die alte Revision der Norm als optionale Untersuchungsmethode genannt. Diese wird aufgrund der fehlenden aufwändigen Schritte zur Qualitätssicherung des Ergebnisses immer noch preisgünstiger auf dem Markt angeboten. Sie ist aber mit einer höheren Ergebnisunsicherheit behaftet. Deshalb wurde die alte RV-Norm überarbeitet und die DIN 19738 mit dem Stand 2017-06 vom Fachbeirat Bodenuntersuchung zur Anwendung empfohlen.

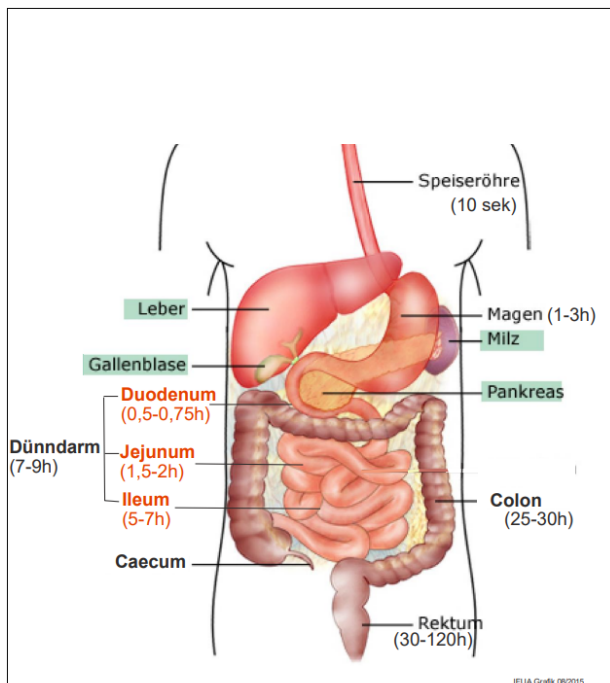
Die Probenahme zur laboranalytischen Ermittlung der RV muss gemäß BBodSchV [14], § 22 erfolgen. Es wird hier auch ausdrücklich auf die Anforderungen an Probenahme und Analytik zur Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit auf die LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung Wirkungspfad Boden-Mensch und Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch verwiesen [15].

Besonders für die Untersuchung organischer Parameter, aber auch wenn die Probenahme längere Zeit zurückliegt, ist eine neue Probenahme für die anschließende Untersuchung der RV zu empfehlen, da sich beispielsweise durch Abbau- und Umwandlungsprozesse im Boden Änderungen der Analytgehalte ergeben können.

Die Definition der RV gemäß DIN 19738: 2017-06 lautet: „Prozentualer Übergang eines chemischen Elements oder einer chemischen Verbindung von der festen Probe in die flüssige Phase (Mobilisat) des nach dieser Norm festgelegten in vitro-Prüfsystems, wobei die Bezugsgröße, der nach Aufschluss oder Extraktion analysierte, konventionelle Gesamtgehalt der festen Probe ist“. Die RV ist also der unter Laborbedingungen prozentual ermittelte Anteil oral aufgenommener Schadstoffe (z. B. über kontaminierte Bodenpartikel oder Staub), die im Magen-Darmtrakt freigesetzt werden und vom Organismus über den Verdauungsprozess resorbiert werden können. Das Funktionsprinzip der Verdauung wird im Labor normiert nachgestellt (Abbildung 1).

Im Projekt „Robustheitsuntersuchungen zur Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen in Böden (FKZ 37 14 71 217 0)“ [5] wurde anhand ausgewählter Parameter (As, Cd, Pb, Sb, PCB<sub>6</sub>, 2,4,6-TNT und PAK) die Robustheit des Verfahrens gemäß DIN 19738:2017-06 anhand von Versuchsreihen und eines Ringversuchs grundsätzlich nachgewiesen.

### Abbildung 1: Physiologie der menschlichen Verdauung [5]



Um den resorptionsverfügbaren Anteil zu ermitteln, muss zuerst der Gesamtgehalt (Analytkonzentration aus der Fraktion < 2 mm) als Bezugsbasis zur Berechnung des prozentualen Anteils bestimmt werden. Im eigentlichen Resorptionsversuch werden in Doppelbestimmung nach simuliertem Verdauungsprozess sowohl das Mobilisat (flüssige Phase, enthält den resorptionsverfügbaren Anteil) als auch das Sediment (feste Phase, enthält den nicht-resorptionsverfügbaren Anteil) gewonnen, getrennt aufbereitet und anschließend analysiert. Mit all den gewonnenen Analyseergebnissen werden der resorptionsverfügbare, der nicht-resorptionsverfügbare Anteil sowie die Gesamtbilanz berechnet und im Laborbericht dargestellt.

Das Kapitel 10 der DIN 19738:2017-06 beschreibt verschiedene Anforderungen zur Qualitätssicherung bei der Bestimmung der RV.

- ▶ 10.2: Prüfung der Abweichung vom Mittelwert des resorptionsverfügbaren Anteils größer  $\pm 10\%$ .
- ▶ 10.2: Prüfung bei Überschreitung der zulässigen Abweichung, ob der Wert deutlich über bzw. unter dem Beurteilungswert liegt.
- ▶ 10.3: Prüfen, ob Gesamtbilanz zwischen 80 und 120 % liegt.

Bei Nichteinhaltung der Vorgaben sollten Kontrollmessungen bzw. Wiederholungsuntersuchungen erfolgen. Bei den Kontrollmessungen muss geprüft werden, ob der Variationskoeffizient der Messungen des resorptionsverfügbaren Gehaltes um weniger als 10 % höher ist als der Variationskoeffizient der Messungen für den Gesamtgehalt.

Es hat sich in der Vollzugspraxis herausgestellt, dass es stoffspezifisch sehr unterschiedliche resorptionsverfügbare Anteile für ein und denselben Parameter geben kann. Inwieweit die RV z. B. unter vergleichbaren Konzentrationen streut, welchen Einfluss die Bodenart, der Humusgehalt oder der Carbonatgehalt im Boden haben, wurde bisher noch nicht weiter untersucht. Im DIN Arbeitskreis Bioverfügbarkeit (NA 119-01-02-02-01) wurden diese

Einflussgrößen bei der Betrachtung der Ergebnisunsicherheit bereits diskutiert und der Bedarf von Screening-Untersuchungen festgestellt.

Gegenwärtig werden die Ermittlung und Beurteilung der RV in der Altlasten-Praxis mit einer Auswahl von Parametern in mehreren Bundesländern (z.B. NRW, Sachsen, Niedersachsen, Bayern) praktiziert. Es liegen jedoch nur wenig systematisch ermittelte Ergebnisse und Erfahrungen für die gesamte geregelte Schadstoffbreite vor.

Es gibt bereits mehrere Dokumente zum Umgang mit der RV im Vollzug der BBodSchV. Hier sind besonders zu erwähnen:

- ▶ LABO - Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung, Wirkungspfad Boden-Mensch, Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch [15]
- ▶ Umweltbundesamt (Herausgeber), Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten Ableitung und Berechnung von Prüfwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für den Wirkungspfad Boden – Mensch aufgrund der Bekanntmachung der Ableitungsmethoden und -maßstäbe im, Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999, PBA, Gw. XII/99 (Loseblattsammlung) [16]
- ▶ Methoden und Maßstäbe für die Ableitung von Prüf- und Maßnahmenwerten gemäß § 8 des Gesetzes zum Schutz des Bodens (BBodSchG) vom 17.3.1998 sowie § 4 Abs. 5 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) [17]
- ▶ Robustheitsuntersuchung zur Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen in Böden, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Forschungskennzahl 37 14 71 217 0 [5]
- ▶ Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze“, LANUV-Arbeitsblatt 22 [9]
- ▶ Arbeitshilfe zum Umgang mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten im Boden Anforderungen unterschiedlicher Rechtsbereiche Erfassen, Bewerten, Handeln, Prüfwertableitung, Gefährdungsabschätzung, Gebietsbezogener Ansatz der Bearbeitung, LUBW [10]
- ▶ Evaluierung vorhandener Verfahren und Daten zur Beurteilung der Resorptionsverfügbarkeit ausgewählter Schadstoffe am Fachbereich für Geowissenschaften der Freien Universität Berlin eingereichte Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doctor rerum naturalium, Dipl.-Geogr. David Brian Kaiser [11],
- ▶ Evaluierung Resorptionsverfügbarkeit Schriftenreihe des LfULG, Heft 3/2010 [12]

In der „Screening-Untersuchung zur Implementierung der DIN 19738:2017-06 und Bewertung der Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen im Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“ [13] wurden umfangreiche Daten erhoben und ausgewertet, um die Praktikabilität des Verfahrens der Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit für anorganische und organische Parameter durch Laboruntersuchungen unter Routinebedingungen zu prüfen. Auf der Grundlage dieser breiten Datenbasis wurden Bewertungsempfehlungen für die Anwendung der Resorptionsverfügbarkeit für den Vollzug des Bodenschutzes abgeleitet und diese Handlungsanleitung vorgelegt.

Es wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens Untersuchungen zu verschiedenen Metallen, PAK, ausgewählten sprengstofftypischen Verbindungen und HCH durchgeführt. Eine

ausreichende Datenmenge sowie validierte Analyseverfahren zur Ermittlung der RV liegen jedoch nur für einige Metalle und PAK vor. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde gezeigt, dass es nicht ohne erheblichen Aufwand der Methodenentwicklung möglich ist, andere organische Parameter im Resorptionsversuch zu analysieren. Für weitere Metalle sollte die Methodik weitestgehend übertragbar sein.

## 2 Zielstellung

Diese Handlungsanleitung soll für den Vollzug des Bodenschutzes bei der Ermittlung und Anwendung der Resorptionsverfügbarkeit in der Praxis eine Arbeits- und Entscheidungshilfe sein, ob z. B. weiterführende Untersuchungen, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen bis hin zu Sanierungen notwendig werden. Damit sollen dem Vollzug übersichtliche Hinweise an die Hand gegeben werden, um zu entscheiden, ob eine nachfolgende Untersuchung der Resorptionsverfügbarkeit im konkreten Fall zielführend sein kann. Das betrifft auch einschränkende Hinweise, ob es überhaupt möglich ist, für einzelne Parameter gemäß Anlage 2, Tabelle 4 BBodSchV [14] die Resorptionsverfügbarkeit zu ermitteln.

## 3 Vorgehensweise bei der Anwendung der Resorptionsverfügbarkeit für den Wirkungspfad Boden-Mensch der BBodSchV

### 3.1 Grundlagen

Gemäß der BBodSchV (Inkrafttreten 01.08.2023) werden bei der Untersuchung zum Wirkungspfad Boden-Mensch folgende Nutzungsarten unterschieden (BBodSchV, Anlage 1, Tab. 4 Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Mensch):

1. Kinderspielflächen
2. Wohngebiete
3. Park- und Freizeitanlagen
4. Industrie- und Gewerbegrundstücke.

Diesen Nutzungen sind für zahlreiche Stoffe Prüfwerte zugeordnet. Für PCDD/F inklusive dl-PCB sind Maßnahmenwerte benannt.

Gemäß BBodSchV ist in § 13 Abs. 3 vorgegeben, dass im Rahmen der Detailuntersuchung zur abschließenden Gefährdungsabschätzung die für die jeweils betroffenen Wirkungspfade im Sinne des § 11 Absatz 2 und 3 maßgeblichen Expositionsbedingungen, sowie die bedeutsamen resorptionsverfügbaren, mobilen oder mobilisierbaren Anteile der Schadstoffgehalte ermittelt werden sollen.

Grundsätzlich ist die Ermittlung der RV insbesondere bei Nutzungsarten für den Wirkungspfad Boden-Mensch sinnvoll, wo in einem sensiblen Nutzungsszenario Kleinkinder mit schadstoffbelastetem Boden in Kontakt kommen können. Das trifft für die Nutzungsarten Kinderspielflächen, Wohngebiete sowie Park- und Freizeitanlagen zu [17].

Die Ableitung der Prüfwerte der BBodSchV erfolgte in unterschiedlicher Art und Weise anhand:

- ▶ der toxikologischen Einordnung und Stoffbewertung,
- ▶ der Stoffeigenschaften, die die Ausbreitung von Stoffen und ggf. ihre Verfügbarkeit bei der Aufnahme beeinflussen,
- ▶ der Bodeneigenschaften, die die stofflichen Verbindungen und deren Verhalten in der Umwelt bedingen,
- ▶ der Verhaltensunterschiede des Menschen (spielen, arbeiten; unterschiedliche Aufnahmepfade und Aufenthaltsdauer) und
- ▶ der Qualität und Anzahl der verfügbaren Daten (statistische Angaben, epidemiologische Feststellungen).

In der „Screening Untersuchung zur Implementierung der DIN 19738: 2017-06 und Bewertung der Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen im Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung“ [13] wurden erste Empfehlungen für typische Werte zur RV auf der Basis arithmetischer Mittelwerte vorgeschlagen.

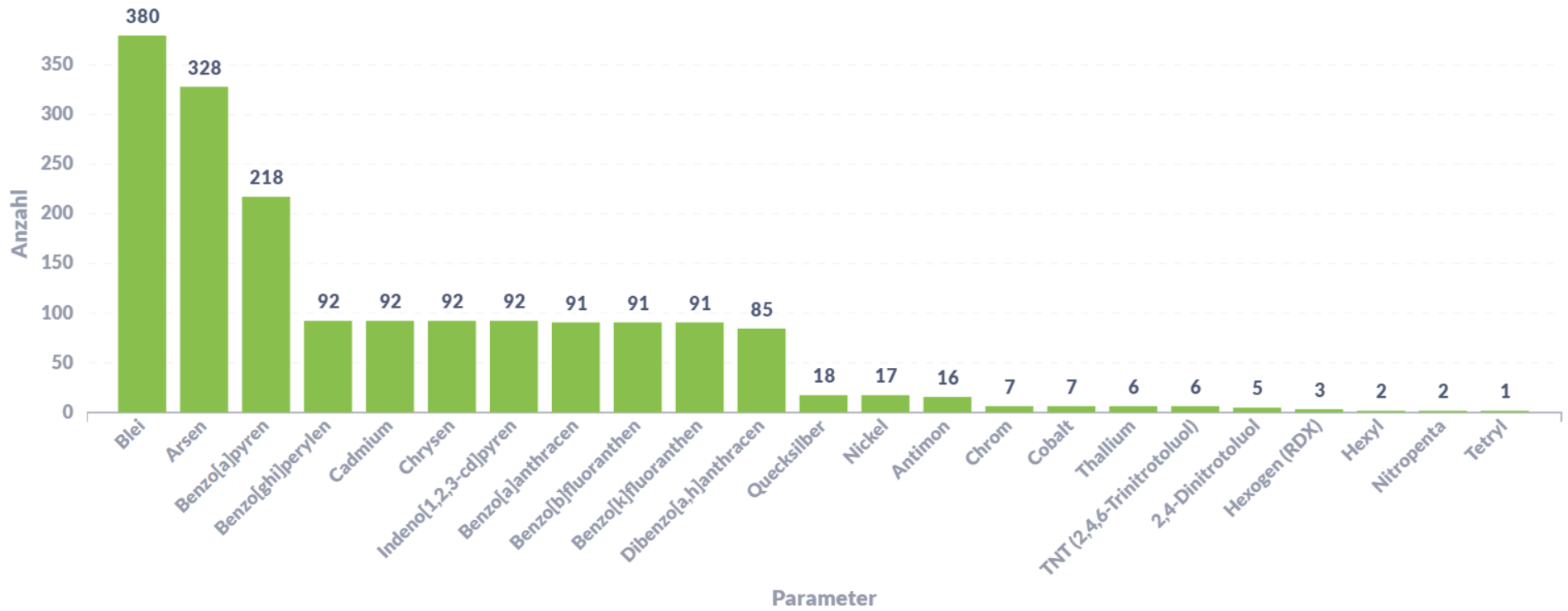
In der Anlage 2 – Vollzugsübersicht zur Bewertung auf der Grundlage der Resorptionsverfügbarkeit gemäß BBodSchV befindet sich eine Übersicht der Ergebnisse der

Screening-Untersuchungen auf der Grundlage aller im Projekt erstellten Resorptionsverfügbarkeitsdatensätze. Diese Übersicht kann von Gutachtern und im Vollzug nur zur ersten Abschätzung genutzt werden und ersetzt keine Ermittlung in dem konkreten Einzelfall im Sinne des § 11 Absatz 2 und 3 zu maßgeblichen Expositionsbedingungen sowie zu bedeutsamen resorptionsverfügbaren, mobilen oder mobilisierbaren Anteile der Schadstoffgehalte.

Insgesamt wurden 1742 Untersuchungsergebnisse zur Resorptionsverfügbarkeit erfasst. Bei 735 Untersuchungsergebnissen konnten die bei der Probenahme erhobenen bodenkundlichen Daten ausgewertet werden. In

Abbildung 2 ist die Anzahl von Datensätzen pro Untersuchungsparameter dargestellt. Von den 23 Parametern liegen für 9 Parameter nur weniger als 10 Untersuchungsergebnisse vor. Diese können nur sehr bedingt als Orientierung für eine typische Resorptionsverfügbarkeit herangezogen werden und sind deshalb auch nicht in der Tabelle der Anlage 2 aufgeführt.

Abbildung 2: Anzahl von Daten pro Untersuchungsparameter



Quelle: eigene Darstellung, Umwelt Projekt Consult.

Die Ausführungen in der Anlage 2 sind lediglich eine Entscheidungshilfe, inwieweit es sinnvoll ist, bei der weiteren Sachverhaltsermittlung im Einzelfall konkrete Untersuchungen auf die RV durchführen zu lassen. Es wird empfohlen, die Daten der Spalte "typische RV [%]" in Verbindung mit der Spalte „10% Perzentil RV [%]“ der Anlage 2 zu nutzen. Die Daten für die "typische RV [%]" basieren auf gemittelten Werten für die Resorptionsverfügbarkeit (siehe Erklärungstext unter der Tabelle der Anlage 2). Das „10% Perzentil RV [%]“ stellt den geringsten wahrscheinlichen resorptionsverfügbaren Anteil des jeweiligen Analyten dar.

Informativ sind in Anlage 2 weitere Ergebnisse aus dem Projekt zusammengestellt. Es handelt sich um:

- ▶ die Anzahl der Daten mit RV,
- ▶ das arithmetische Mittel der RV [%],
- ▶ das arithmetische Mittel der RV [%] mit erfüllten Qualitätskriterien der DIN 19738: 2017-06 (siehe Einführung),
- ▶ Perzentile: 10 % Perzentil RV [%], 25 % Perzentil RV [%], 50 % Perzentil/Median RV [%], 75 % Perzentil RV [%], 90 % Perzentil RV [%],
- ▶ die Standardabweichung von RV [%],
- ▶ relevante Projektdaten der "Robustheitsuntersuchung zur Resorptionsverfügbarkeit [5] RV [%]".

Weiterhin wurden erste Trendabschätzungen mit Pfeilen symbolisiert, die die tendenziellen Abhängigkeiten der RV von folgenden Faktoren darstellen:

- ▶ Gesamtgehalt im Feststoff (< 2 mm Fraktion),
- ▶ Humusgehalt,
- ▶ Carbonatgehalt,
- ▶ Bodenart.

Diese Trendabschätzungen sind, wie die empfohlenen Werte für eine zu erwartende RV, mit großen Unsicherheiten aufgrund einer hohen standort- und materialbedingten Streuung der prozentualen RV-Anteile auf der Basis der zugehörigen Gesamtgehalte im Feststoff behaftet.

In

Abbildung 3 sind parameterspezifisch das untere und obere Quartil, der Median und das arithmetische Mittel ( $\bar{o}$ ) der RV [%] dargestellt [13]. Die unterschiedlichen Ausgabestände der DIN 19738 sind farblich unterschieden. Die Sortierung erfolgte nach absteigender RV [%].

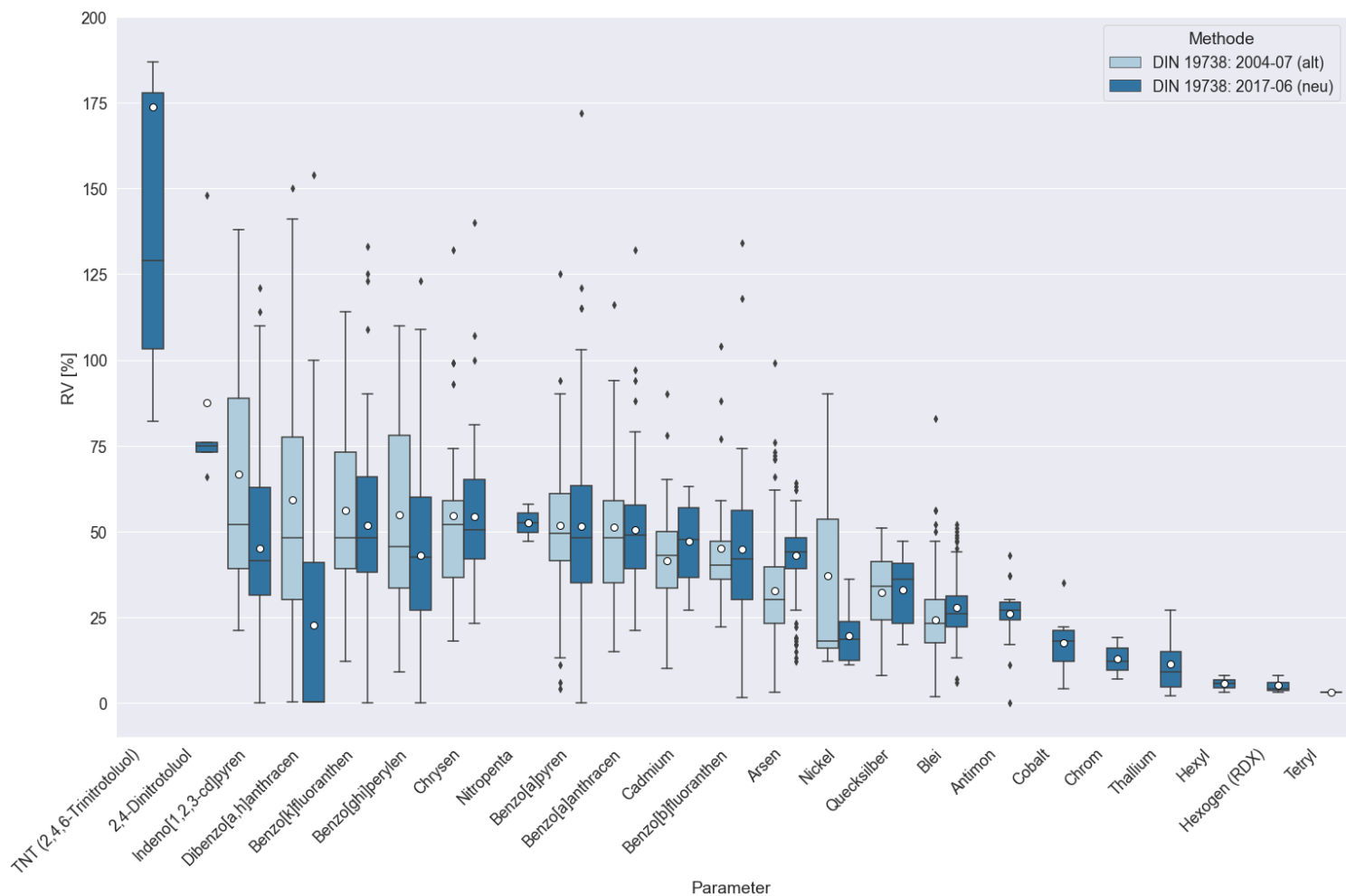
Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die angegebenen Werte nur zur Orientierung verwendet werden können, da wie bereits genannt, nur bei ausgewählten Parametern sowohl die Datenbasis ausreicht als auch ein ausreichend validiertes, beispielsweise durch Ringversuche bestätigtes, Verfahren zur Verfügung steht.

Für die Auswertung wurde die ursprüngliche Excel-Datentabelle aus in eine MySQL-Datenbank überführt. MySQL ist ein relationales Datenbankverwaltungssystem. Um alle Spalten mit Zahlen zum Datentyp DECIMAL zu überführen, mussten in der Datentabelle enthaltene Sonderzeichen und Text, wie „< BG“ (BG = Bestimmungsgrenze), oder „n.b.“ (nicht berechenbar). der Bedeutung gerecht werdend in Zahlen bzw. leere Felder umgewandelt werden. War ein Wert mit „< BG“ gekennzeichnet und lag somit unter der Bestimmungsgrenze, wurde er mit halbem Zahlenwert der Bestimmungsgrenze berücksichtigt [18]. Bindestriche wurden in leere Felder umgewandelt und nicht berechenbare Werte als 0 interpretiert.

Die Datenauswertung erfolgte anschließend mit der Business-Intelligence-Software Metabase. In Metabase wurde der Query builder genutzt, um mit Schaltflächen und Dropdowns Antworten in Form von Visualisierungen auf Fragen zu erhalten. Individuell wurden Filter, Metriken sowie Gruppierungen für Fragen festgelegt.

Die Verteilung der Daten ist für die Auswertung von hoher Bedeutung. Daher wurden Boxplots mit der Python-Datenvisualisierungsbibliothek Seaborn erstellt. Jede Box ist durch das untere 25 %- Quartil ( $Q1$ ) und obere 75 %- Quartil ( $Q3$ ) begrenzt. Der Median wurde als durchgehender Strich in die Boxen eingefügt. Die Antennen (auch Whisker) reichen bis zum niedrigsten bzw. höchsten Datenpunkt, der noch innerhalb  $1,5 \times$  Abstand zwischen  $Q1$  und  $Q3$  des unteren oder oberen Quartils liegt. Außerhalb sind die Ausreißer gekennzeichnet. Zusätzlich wurde das arithmetische Mittel als weißer Punkt dargestellt.

Abbildung 3: Unteres / oberes Quartil, Median und arithmetisches Mittel (o) der RV [%] nach DIN-Methoden, Sortierung RV [%] absteigend [13]



Quelle: eigene Darstellung, Umwelt Projekt Consult.

### 3.2 Vorgehensweise zur Bewertung von Schadstoffgehalten auf der Grundlage der Resorptionsverfügbarkeit gemäß BBodSchV

Mit der Anlage 1- Checkliste zur Qualitätssicherung der Untersuchung auf Resorptionsverfügbarkeit (RV) in der Detailuntersuchung (DU) gemäß BBodSchV wird eine schrittweise Vorgehensweise zum Umgang mit Prüfwertüberschreitungen gemäß Anlage 2, Tabelle 4 der BBodSchV vorgeschlagen. Im Wesentlichen handelt es sich vereinfacht um die in Abbildung 4 dargestellten Bearbeitungsschritte.

**Abbildung 4: Eignungsprüfung zur Feststellung für die Vorentscheidung über eine RV-Untersuchung in der DU**

<b>Prüfwertüberschreitung gemäß Anlage 2, Tabelle 4 der BBodSchV</b>		
Überprüfung der zugrundeliegenden Daten in der DU durch Rückverfolgung der zugrundeliegenden Untersuchung gemäß BBodSchV auf Regelkonformität u. a. Vorerkundung, Einsatz eines Sachverständigen, Bodenkundliche Kartierung, Zweckmäßigkeit des Untersuchungsumfangs, Probenahmestrategie, Probenahmeplan, Probenahmedurchführung, Probenahmedokumentation, Probenahmebericht, Analytik, Laborprüfbericht, Gutachten		
<b>zugrundeliegenden Daten Regelkonform</b>	<b>zugrundeliegenden Daten nicht regelkonform</b>	<b>Untersuchungsergebnis unbrauchbar</b>
<b>Untersuchungsergebnis weiterverwendbar</b>		
<b>Bewertung Prüfwertrelevanz unter Berücksichtigung der RV-Anteile (Anlage 2 und 4)</b>		
<b>UNTERSCHREITUNG</b>	<b>ÜBERSCHREITUNG</b>	
<b>Bestimmung der RV vom Standort zu empfehlen</b>	<b>Bestimmung der RV vom Standort nicht zu empfehlen</b>	

Quelle: eigene Darstellung, Umwelt Projekt Consult.

Um die Bestimmung der RV anhand von Daten aus der OU vom Standort durchzuführen, sollte sichergestellt sein, dass die Daten auf der Grundlage der Anforderungen der BBodSchV vollumfänglich konform und damit justitiabel entstanden sind. Wenn nicht ohnehin während der OU erfolgt, soll im Zuge der DU die Checkliste aus Anlage 1 zur Feststellung der Eignung genutzt werden. Außerdem kann für die Vollständigkeitsprüfung von Untersuchungsergebnissen die Methodensammlung Feststoffuntersuchung, II.12.1, Tabelle Tab.II.12.1;2 (Checkliste zur Vollständigkeitsprüfung von Untersuchungsergebnissen bei der Gefährdungsabschätzung von altlastverdächtigen Flächen und Altlasten sowie der Untersuchung von Flächen mit Verdacht auf schädliche Bodenveränderungen) in der jeweils geltenden Fassung ergänzend herangezogen werden.

Unterstützend dazu wird auf die Anlagen 3 - Probenahmeplan – Muster zur Probenahmeplanung zur Ermittlung der Resorptionsverfügbarkeit, Anlage 4 - Probenahmeprotokoll Feststoff – Ausfüllbeispiel und Anlage 5 - Muster –Leistungsverzeichnis für die Untersuchung auf Resorptionsverfügbarkeit verwiesen. Der Probenahmeplan und das Probenahmeprotokoll sind exemplarisch ausgefüllt.

Wurden die, der vermeintlichen Prüfwertüberschreitung zugrundeliegenden, Untersuchungen nicht regelkonform durchgeführt, ist das Untersuchungsergebnis unbrauchbar. Es sollte die Untersuchung gemäß den Anforderungen der BBodSchV wiederholt werden, um eine rechtssichere fachlich einwandfreie Beurteilung vornehmen zu können (siehe Anlage 5).

Wurden die Untersuchungen regelwerkskonform, gemäß der BBodSchV, durchgeführt, können die Ergebnisse zur weiteren Beurteilung herangezogen werden. Als Entscheidungshilfe, ob im Falle einer Prüfwertüberschreitung die Durchführung der Resorptionsverfügbarkeit zielführend sein kann, wird empfohlen, die RV-Werte der Anlage 2 zu verwenden. Dabei sind die Ergebnisse des Forschungsvorhabens [13] durch Daten aus der Robustheitsuntersuchung zur Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen in Böden [5] qualitativ abgesichert.

Die typischen RV-Werte aus Anlage 2 ersetzen keine Untersuchung des konkreten Standortes auf Resorptionsverfügbarkeit. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Anlage 5 - Muster - Leistungsverzeichnis für die Untersuchung auf Resorptionsverfügbarkeit (RV) verwiesen.

Aus der typischen RV lässt sich wie folgt der Entscheidungswert (EW) berechnen [in Anlehnung 15]:

$$EW = (100 \% / \text{typische RV } \%) \times \text{Prüfwert BBodSchV}$$

Bei der Verwendung des Prüfwertes aus der BBodSchV in der o.g. Formel müssen ggf. abweichende, toxikologisch begründete Beurteilungswerte herangezogen werden. Dies ist z.B. bei Blei anzuwenden, da der in der BBodSchV Anlage 2, Tabelle 4 veröffentlichte Prüfwert dieses Kriterium nicht erfüllt.

Wird der Entscheidungswert vom Untersuchungsergebnis (Gesamtgehalt der < 2 mm Fraktion) des Standortes unterschritten, ist eine Bestimmung der standörtlichen Resorptionsverfügbarkeit sinnvoll. Verwendet man in der Berechnungsformel statt der „typischen RV“ aus Anlage 2 den Wert des 10 % Perzentils, erhält man den maximalen Wert für den Gesamtgehalt des jeweiligen Parameters, bei dem eine Resorptionsverfügbarkeitsuntersuchung noch zielführend sein kann. Wird dieser Rechenwert überschritten, ist die Wahrscheinlichkeit, dass die RV-Untersuchung sinnvoll ist, vernachlässigbar klein.

Gemäß LABO - Arbeitshilfe [15] sind die Untersuchungen der RV aus Rückstellproben der vorangegangenen Erkundung möglich. Bei länger zurückliegenden Probenahmen sind besonders bei organischen Verbindungen biochemische und physikalisch chemische und somit stoffliche Veränderungen des Probenmaterials nicht auszuschließen. Die Aussagekraft der zu bestimmenden RV wird dadurch nachteilig beeinflusst. Fehlinterpretationen und Fehleinschätzungen des Gefahrenpotentials können hieraus resultieren. Daher sollte für die Bestimmung der RV möglichst eine erneute Probenahme gemäß den Anforderungen der BBodSchV durchgeführt werden. Diese Wiederholungsbeprobung bietet die Möglichkeit, die vorliegenden Untersuchungsdaten zu verifizieren und Erkenntnisse zur Ergebnisunsicherheit zu gewinnen.

Auch die DIN 19738:2017-06 empfiehlt eine erneute Probenahme, wenn der Zeitraum zwischen erster Probenahme und der Untersuchung der RV größer als 6 Monate ist. Außerdem sollten die Untersuchungen der Gesamtgehalte und der RV im selben Labor durchgeführt werden.

Um eine belastbare Basis zur Berechnung des prozentualen resorptionsverfügbaren Anteils eines Analyten zu gewährleisten, sollten Doppelbestimmungen des Gesamtgehaltes (< 2 mm Fraktion] und die RV-Untersuchung aus dem gleichen Probenmaterial erfolgen.

Die abschließende Bewertung aller Untersuchungsergebnisse muss gemäß der „LABO - Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung Wirkungspfad Boden-Mensch Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch“ [15] stattfinden. Diese ist gemäß LABO-Umlaufbeschluss vom 10. August 2020 und Beschluss der UMK im Umlaufverfahren zur Anwendung empfohlen.

## 4 Quellenverzeichnis

- [1] DIN EN ISO/IEC 17025:2018-03 Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025:2017); Deutsche und Englische Fassung EN ISO/IEC 17025:2017
- [2] DIN 19738:2004-07 Bodenbeschaffenheit – Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminiertem Bodenmaterial
- [3] DIN 19738:2017-06 Bodenbeschaffenheit – Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminiertem Bodenmaterial
- [4] Hrsg. von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten, Bodenkundliche Kartieranleitung KA 5, 2005
- [5] Dr. Dietmar Barkowski (Dipl.-Chem.), Gerald Krüger (Dipl.-Geoökol.), Monika Machtolf (Dipl.-Oec. Troph.), Dr. Kerstin Derz, Dr. Frank Küchler: Robustheitsuntersuchung zur Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen in Böden, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Forschungskennzahl 37 14 71 217 0, August 2018  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte\\_86-2020\\_robustheitsuntersuchung\\_zur\\_resorptionsverfuegbarkeit\\_von\\_schadstoffen\\_in\\_boeden.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_86-2020_robustheitsuntersuchung_zur_resorptionsverfuegbarkeit_von_schadstoffen_in_boeden.pdf)
- [6] Hrsg. Wolf Eckelmann; Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz - Auszug aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5, 2009
- [7] Hrsg. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Bericht Schurf-Probenahme-Ringversuch des Bayerischen Landesamtes für Umwelt 2021, Mai 2022
- [8] Methodensammlung Feststoffuntersuchung Version 2.0 Stand: 15.06.2021
- [9] Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze LANUV-Arbeitsblatt 22, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen 2014
- [10] Arbeitshilfe zum Umgang mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten im Boden Anforderungen unterschiedlicher Rechtsbereiche Erfassen, Bewerten, Handeln, Prüfwertableitung, Gefährdungsabschätzung, Gebietsbezogener Ansatz der Bearbeitung, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, September 2011
- [11] Evaluierung vorhandener Verfahren und Daten zur Beurteilung der Resorptionsverfügbarkeit ausgewählter Schadstoffe Am Fachbereich für Geowissenschaften der Freien Universität Berlin eingereichte Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doctor rerum naturalium, Dipl.-Geogr. David Brian Kaiser, Berlin 2012
- [12] Evaluierung Resorptionsverfügbarkeit Schriftenreihe des LfULG, Heft 3/2010
- [13] Screening-Untersuchungen zur Implementierung der DIN 19738:2017-06 und Bewertung der Resorptionsverfügbarkeit von Schadstoffen im Vollzug der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Dr. Heike Böhme, Dr. Frank Küchler, Carmen Jaggi e. K., Erik Küchler, des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Forschungskennzahl: 3718 74 299 0, Dessau 2023
- [14] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Bundesgesetzblatt 2021 Teil I Nr. 43, Bonn, 16.06.2021
- [15] LABO - Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung Wirkungspfad Boden-Mensch Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch, 05.06.2020

[16] Umweltbundesamt (Herausgeber), Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten Ableitung und Berechnung von Prüfwerten der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung für den Wirkungspfad Boden – Mensch aufgrund der Bekanntmachung der Ableitungsmethoden und -maßstäbe im, Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999, PBA, Gw. XII/99 (Loseblattsammlung)

[17] Methoden und Maßstäbe für die Ableitung von Prüf- und Maßnahmenwerten gemäß § 8 des Gesetzes zum Schutz des Bodens (BBodSchG) vom 17.3.1998 sowie § 4 Abs. 5 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)

[18] Grath, Scheidleder, Uhlig et al., 2001