

# Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von Schadstoffbelastungen in Böden an Hand der Bioverfügbarkeit – Zielstellungen des Verbundvorhabens BioRefine

Terytze, K.<sup>1</sup>, Wagner, R.<sup>1</sup>, Hund-Rinke, K.<sup>2</sup>, Derz, K.<sup>2</sup>, Bernhardt, C.<sup>2</sup>, Rotard, W.<sup>3</sup>, Vogel, I.<sup>1</sup>, Schatten, R.<sup>1</sup> und Macholz, R.<sup>4</sup>

1) Freie Universität Berlin 2) Fraunhofer Institut für Molekularbiologie und Angewandte Oekologie 3) Technische Universität Berlin 4) Prof. Dr. Macholz Umweltprojekte GmbH

## Problemstellung

Die Beurteilung kontaminierter Böden erfolgt gegenwärtig schutzgut- und pfadbezogen vorwiegend auf der Grundlage der Untersuchung von Gesamtgehalten. Dies spiegelt jedoch aufgrund der Adsorption an die Bodenmatrix sowie durch die Bildung gebundener Rückstände ("bound residues") nicht das tatsächliche Risiko wider. Eine Gesamtbeurteilung unter Einbeziehung verfügbarer/bioverfügbarer Schadstoffgehalte ermöglicht eine Harmonisierung der schutzgutbezogenen Bewertung und eine realitätsnahe Risikobewertung für den einzelnen Standort.

## Zielstellung

Um Einsparpotentiale durch eine Optimierung der nutzungsbezogenen Sanierung aufzuzeigen, werden Bewertungsmethoden und Bewertungsmaßstäbe auf Basis der Verfügbarkeit/Bioverfügbarkeit der Schadstoffe in Böden erarbeitet. Ziel ist es, eine Handlungsanleitung für Kommunen und Investoren zu entwickeln, um für Brach- und Altlastenflächen individuelle, kostengünstige Sanierungs- und Umnutzungskonzepte zu erstellen.

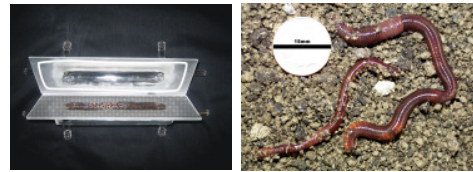


Foto 1: Diffusionszelle (dermale Resorptionsverfügbarkeit) Foto 2: Regenwurmtest

## Eingesetzte Methoden

Im Wirkungspfad **Boden-Mensch** wird die ingestive und perkutane Resorptionsverfügbarkeit in die Gefährdungsabschätzung der betrachteten Flächen aufgenommen.

Zur Ermittlung der **Rückhaltefunktion** und zur Betrachtung des Wirkungspfad **Boden-Grundwasser** werden Bodeneluate in Säulen- und Schüttelversuchen (Perkolations- und Batchtests) hergestellt, deren ökotoxikologisches Potential mit Hilfe von aquatischen Tests überprüft wird.

Zur Bestimmung der **Lebensraumfunktion** finden ökotoxikologische Tests mit Bodenorganismen unterschiedlicher Trophiestufen statt.

Um abbaubare Schadstoffe zu erfassen, erfolgt die Bestimmung potenziell **bioabbaubarer Schadstoffanteile** mit der in BioRefine standardisierten 3-Phasen-Extraktion. Damit ist es möglich aufwändige Abbauteile auf ein Minimum zu beschränken (vgl. Abb. 2).

**Fazit: Die PAKs sind aus den Bodenproben nur geringfügig mobilisierbar und verfügen kaum über eine biologisch wirksame Komponente. Die MKW-belasteten Böden hingegen zeigen hohe Resorptionsverfügbarkeiten und wirken auf Bodenorganismen toxisch. Die unterschiedlichen Ergebnisse belegen die Notwendigkeit der Überprüfung der Bioverfügbarkeit zur Beurteilung von Schadstoffbelastungen und hilft somit die realen Gefährdungsmomente im Rahmen der Einzelfallentscheidung effektiver einschätzen zu können. Die untersuchten Böden der Liegenschaften haben**

## Was ist Bioverfügbarkeit?

Die Puffer-, Transformations- und Speicherfunktion von Böden sorgen für eine Bindung von Schadstoffen an die Bodenmatrix und verringern die für eine Wirkung in Organismen verfügbare Konzentration. Diese bioverfügbaren Gehalte sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. So beeinflusst neben der Bodenmatrix und den Stoffeigenschaften in hohem Maße die Biologie der exponierten Organismen die Interaktion zwischen Schadstoff und biologischem System (vgl. Abb. 1).

Def. bioavailability: „the degree to which chemicals present in the soil matrix may be absorbed or metabolised by human or ecological receptors or are available for interaction with biological systems“ ISO 11074 (2005).

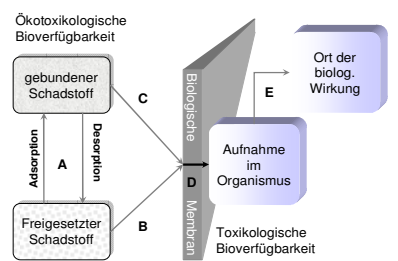


Abbildung 1: Ökotoxikologische Bioverfügbarkeit in Böden (A-C) und die toxikologische oder metabolische Bioverfügbarkeit (E). National Research Council (2002)

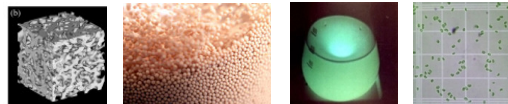


Foto 3: Tenaxstruktur Foto 4: Tenax (3-Phasen-Extraktion) Foto 5: Leuchtbakterientest Foto 6: Grünalgentest

## Untersuchung Verfügbarkeit / Bioverfügbarkeit

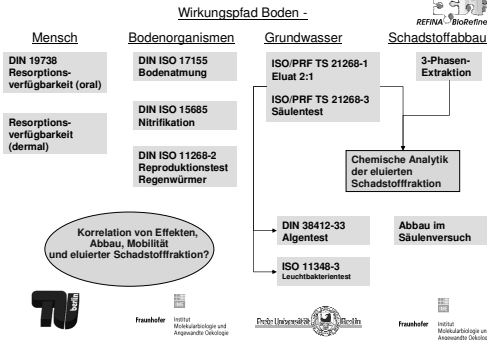


Abbildung 2: Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit/Verfügbarkeit von Schadstoffen (Methodenspektrum)

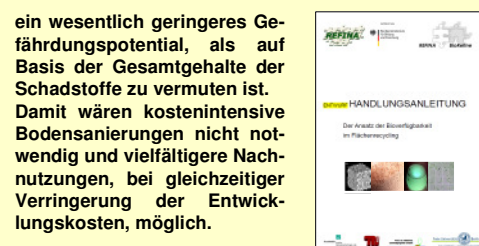


Abb. 3: Produkt BioRefine – Handlungsanleitung

## Untersuchungsstrategie

Die verfügbaren/bioverfügbaren Schadstoffanteile werden mittels spezifischer Extraktionsverfahren und chemischer Analytik sowie über toxikologische bzw. ökotoxikologische Testmethoden untersucht (siehe *Eingesetzte Methoden*).

Die Modellflächen werden anhand der Bioverfügbarkeit bewertet und vergleichend der konventionellen Vorgehensweise (ohne Betrachtung der Bioverfügbarkeit) nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) gegenübergestellt.

Auf Grundlage dieser integrierten Gefahrenbeurteilung werden anschließend Nutzungsszenarien und mögliche Sanierungsmaßnahmen abgeleitet und Einsparpotentiale aufgezeigt.

Neben der konkreten Anwendung auf den Modellflächen erfolgt eine Verallgemeinerung der Erkenntnisse in Form einer Handlungsanleitung, die den Ansatz der Bioverfügbarkeit bei der Gefährdungsabschätzung fachlich nachvollziehbar darlegt und die einzelnen Schritte zur Umsetzung und Finanzierung von Nachnutzungen auf kontaminierten Liegenschaften beschreibt.



Foto 7: Säulentestanlage Foto 8: Respirationstest

## Untersuchungsergebnisse

Bei den Modellflächen handelt es sich vorwiegend um Sandböden mit einem Corg-Gehalt von 0,5 bis ca. 3,5%. Die gewonnenen wässrigen Eluate zeigen keine Ökotoxizität und ein geringes Freisetzungsverhalten. Dagegen ist die Lebensraumfunktion der MKW-belasteten Flächen im Gegensatz zu den PAK-belasteten Flächen teilweise eingeschränkt. Die Resorptionsverfügbarkeit zeigt für die Leitkomponente Benzo[a]pyren (BAP) eine Mobilisierung zwischen 3,6 und 9%. Wahrscheinlich aufgrund ihrer größeren Wasserlöslichkeit und ihres geringeren Sorptionsvermögens lassen sich die MKW mit 10 bis 35% signifikant leichter mobilisieren als die PAK (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Ergebnisse der PAK/MKW Standortböden

Standort	HO	WO	KU	FZ
<b>Feststoffanalytik [mg/kg TM] (rot: Prüfwertüberschreitung nach BBodSchV)</b>				
PAK 16	98,8 ± 2,82	608,7 ± 139,7	0,6	0,4
Benzo[a]pyren	10,8 ± 1,47	50,14 ± 15,5	< 0,02	0,04
MKW (m.A.: mobiler Anteil)	< 25	< 25	5,170 ± 1,530 (m.A.: 5,100)	2,500 ± 580 (m.A.: 1,010)
<b>Eluatkonzentration (Säulenelution) [µg/l]</b>				
PAK	2,73	0,79	--	--
MKW	--	--	< 100	< 100
<b>Aquatische Ökotoxizität - G-Werte, rot: Gefahr eines Schadstoffaustrages</b>				
Leuchtbakterie/Alge	2/4	2/1	6/1	3/3
<b>Terrestrische Ökotoxizität - rot: Lebensraumfkt. eingeschränkt</b>				
Bodenatmung	Untox.	Untox.	Tox.	Untox.
Nitrifikation	Untox.	Untox.	Tox.	Tox.
Regenwurm	Untox.	Untox.	Tox.	Untox.
<b>Resorptionsverfügbarkeit (prozentuale Resorptionsverfügbarkeit)</b>				
Mobilisiert [mg/kg] (% Feststoffgehaltes)	BAP 1 (9%)	BAP 1,8 (3,6%)	MKW 1.300 (25%)	MKW 800 (32%)