

Projektnummer: 13-Ke-105

Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich und Umfeld des Bebauungsplans Nr. 71 "Derkerborn – Kalvarienberg" sowie im Bereich Hoppecker Straße, Hohlweg, Am Renzelberg und Ludwig-Wolker-Straße der Stadt Brilon

Auftraggeber: Hochsauerlandkreis

Fachdienst 34

Abfallwirtschaft und Bodenschutz

Steinstraße 27

59872 Meschede

Bearbeiter:

Dr. Michael Kerth (Dipl.-Geol.)

Von der IHK Lippe zu Detmold öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden-Gewässer sowie für Sanierung (Bodenschutz und Altlasten, Sachgebiete 2 und 5)

Dr. Marcel Brokbartold (Dipl.-Ing. (FH))

Detmold, im November 2013



INHALTSVERZEICHNIS

1.	Vo	Vorgang und Aufgabenstellung				
2.	Strategie der Bodenmischprobennahme					
3.	Du	rchge	eführte Untersuchungen	5		
	3.1	Aufna	thme der Flächennutzung und fotographische Dokumentation	5		
			rache des Bodens			
		Tiefer	ndifferenzierte Probenahme von Bodenmaterial mittels Stechzylinder, stock und Pürckhauer-Bohrstock			
	3.4	Labor	untersuchungen	7		
4.	Erç	jebni	sse	. 11		
	4.1		neines zur (Schwer)-Metall-Belastungscharakteristik der suchten Böden	11		
	4.2	Neub	augebiet "Derkerborn": Flächennutzung und Untergrundaufbau	12		
		4.2.1	Flächennutzung im Neubaugebiet "Derkerborn"	12		
		4.2.2	Untergrundaufbau / Bodenkundliche Ansprache der Bodenprofile (Neubaugebiet "Derkerborn")	12		
		4.2.3	(Schwer-) Metall-Belastungscharakteristik (Boden-Gesamtgehalte) im Neubaugebiet "Derkerborn"	14		
		4.2.4	(Schwer-) Metalle im Wirkungspfad Boden – Mensch (Neubaugebiet "Derkerborn")	18		
		4.2.5	(Schwer-) Metalle im Bereich besonders sensibler Nutzung "Kinderspielplätze" (Neubaugebiet "Derkerborn")	21		
		4.2.6	Resorptionsverfügbarkeit der Elemente Blei und Cadmium im Neubaugebiet "Derkerborn"	21		
		4.2.7	(Schwer-) Metalle im Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze (Neubaugebiet "Derkerborn")	25		
	4.3		ngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße": Flächennutzung und grundaufbau	29		
			Flächennutzung im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"			
		4.3.2	Untergrundaufbau / Bodenkundliche Ansprache der Bodenprofile (Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße")	29		
		4.3.3	(Schwer-) Metall-Belastungscharakteristik (Boden-Gesamtgehalte) im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"	31		
		4.3.4	(Schwer-) Metalle im Wirkungspfad Boden – Mensch (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Straße)	35		
		4.3.5	(Schwer-) Metalle im Bereich besonders sensibler Nutzung "Kinderspielplatz In der Helle" (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Straße)	37		
		4.3.6	Resorptionsverfügbarkeit der Elemente Blei und Cadmium im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"	38		
		4.3.7	(Schwer-) Metalle im Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Str.)	41		



5.	Gu	tachterliche Beurteilung	45
	5.1	Bewertungsgrundlagen	. 45
		5.1.1 Gefährdungsabschätzung nach Bodenschutzrecht	. 45
		5.1.1.1 Allgemeines	
		5.1.1.2 "Sonderregelungen" in der BBodSchV für Gebiete mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten	
		5.1.1.3 Wirkungspfad-bezogene Prüf- und Maßnahmenwerte der	
		BBodSchV	. 46
		5.1.1.3.1 Prüfwerte für den "Direktpfad"5.1.1.3.2 Prüf- und Maßnahmenwerte für den "Nutzpflanzenpfad"	
		5.1.1.3.2 Frui- und Maishanmenwerte für den "Nutzphanzenplad	. 51
		Maßnahmenwert ("Direktpfad") für Blei	. 52
		5.1.2 Berücksichtigung des Vorsorgegrundsatzes des BauGB	
	5.2	Gutachterliche Beurteilung der Schwermetallbelastungen in den beiden untersuchten Gebieten	. 57
6.	Gu	tachterliche Empfehlungen	60
	6.1	Erarbeitung einer Bodenbelastungskarte	. 60
	6.2	Umgang mit Bodenbelastungen im Bereich von Kinderspielplätzen	. 61
	6.3	Sofortmaßnahmen	. 61
7.	We	itere Hinweise des Gutachters	63
8.	Lite	eraturverzeichnis	65
9.	An	lagen	67



1. Vorgang und Aufgabenstellung

Mit Schreiben vom 04. Juli 2013 wurde die Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH auf Grundlage des Angebots vom 28. Juni 2013 durch den Hochsauerlandkreis - Organisationseinheit Abfallwirtschaft / Bodenschutz - mit der Durchführung einer "Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich und Umfeld des Bebauungsplans Nr. 71 "Derkerborn – Kalvarienberg" sowie im Bereich Hoppecker Straße, Hohlweg, Am Renzelberg und Ludwig-Wolker-Straße der Stadt Brilon" beauftragt. Nachfolgend werden der Einfachheit halber die beiden untersuchten Teilgebiete, deren Lage in Anlage 1 dargestellt ist, als Neubaugebiet "Derkerborn" und Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" bezeichnet. Die beauftragten Untersuchungen haben den Charakter einer Orientierenden Untersuchung nach § 2 Pkt. 3 der BBodSchV, die bei Vorliegen von Anhaltspunkten der Sachverhaltsermittlung im Sinne von § 9 (1) BBodSchG dient. Darüber hinaus sollen hier weitergehende Untersuchungen, die üblicherweise erst im Rahmen einer Detailuntersuchung erfolgen, zur Klärung der möglichen Gefährdung über den Pfad Boden – Mensch durchgeführt werden.

Hintergrund der beauftragten Untersuchungen war eine im Auftrag der Stadt Brilon durchgeführte "Erfassung und Auswertung vorliegender Daten zur Schwermetallbelastung des Bodens im Stadtgebiet von Brilon" [1], die zu dem Ergebnis kam, dass im Stadtgebiet von Brilon generell mit geogen erhöhten Schwermetallbelastungen des Bodens zu rechnen ist. Die Daten erlaubten aber keine Aussage zur flächenhaften Verteilung der Schwermetallbelastung.

Für die jetzt hier untersuchten beiden Gebiete liegen im Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastungen (FIS StoBo) des LANUV NRW bzw. im Schwermetallkataster des Hochsauerlandkreises Daten von Bodenuntersuchungen aus den vorgenannten Bereichen bzw. angrenzend an diese Bereiche vor, die als Anhaltspunkt für das Vorhandensein von erhöhten Schwermetallgehalten in den betreffenden Gebieten gewertet werden müssen. So sind auf einer landwirtschaftlich genutzten Fläche (Grünland) unmittelbar angrenzend an den Bebauungsplan Nr. 71 (vermutlich geogen) stark erhöhte Schwermetallgehalte festgestellt worden. Diese Probe Schwermetallkatasters des Hochsauerlandkreises weist einen Bleigehalt von 2.736 mg/kg, einen Cadmiumgehalt von 9,96 mg/kg und einen Zinkgehalt von 997 mg/kg auf. Für eine Bodenprobe aus einem Nutzgarten auf einem bebauten Grundstück am Hohlweg sind im FIS StoBo ein Bleigehalt von 678,5 mg/kg, ein Cadmiumgehalt von 3,89 mg/kg und ein Zinkgehalt von 468,8 mg/kg Zink aufgeführt.

Seite 1 von 68



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Zielsetzung der Untersuchungen war es, in den beiden untersuchten Gebieten eine erste Datengrundlage für die Beurteilung der Wirkungspfade "Boden – Mensch" und "Boden – Nutzpflanze" in den Hausgärten zu schaffen. Nach den vorliegenden Daten war davon auszugehen, dass vorrangig die Belastung des Bodens mit dem Schwermetall Blei beurteilungsrelevant ist. Bei diesem Schwermetall bestimmt die orale Aufnahme die bodenbürtige Gesamtexposition zu wesentlichen Teilen. Daher wurde im Rahmen der hier durchgeführten orientierenden Untersuchung der inhalative Aufnahmepfad nicht betrachtet.

Parallel zu der hier erfolgten Beauftragung beauftragte der Hochsauerlandkreis Herrn Prof. Dr. Dr. Ulrich Ewers, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets mit einer gutachterlichen Stellungnahme zur "Umweltmedizinisch-toxikologische(n) und umwelthygienische(n) Bewertung der Schwermetallgehalte im Boden der Wohngebiete Derkerborn/Kalvarienberg und Hoppecker Straße/Hohlweg/Am Renzelsberg/Ludwig-Wolker-Straße in Brilon", die im Oktober 2013 vorgelegt wurde. Die Datengrundlage für diese Stellungnahme war dabei eine Entwurfsfassung des von uns erstellten Gutachtens.

Das vereinbarte Gutachten wird hiermit vorgelegt.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

2. Strategie der Bodenmischprobennahme

Auf Wunsch des Hochsauerlandkreises hin sollten bei der hier durchgeführten systematischen Untersuchung von (Schwer-)Metall-Gehalten in Bodenproben aus dem Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" jeweils mehrere Grundstücke bzw. Parzellen als eine Probenahmefläche betrachtet und entsprechende Bodenmischproben entnommen werden. Von Seiten des Gutachters wurde bereits im Rahmen der Angebotserstellung darauf hingewiesen, dass eine solche Vorgehensweise nicht der üblichen Beprobungsstrategie entspricht, bei die Probenahmeflächen i. d. R. nur ein Grundstück umfassen.

Auf den Grundstücken wurden die Boden-Mischproben soweit wie möglich aus den "rückwärtigen", straßenabgewandten Teil der Gärten, die i. d. R. intensiver genutzt werden, entnommen. Sofern auf den für die Probenahme in Abstimmung mit dem Hochsauerlandkreis vorausgewählten Grundstücken keine straßenabgewandten Gartenflächen angetroffen wurden, wurden die unversiegelten Flächen des Grundstückes beprobt, die augenscheinlich am häufigsten von Personen genutzt werden.

Die Bodenprobenahmen erfolgten auf den bebauten Grundstücken generell im Bereich der Rasenflächen, da diese zumindest im Vergleich zu Nutzgärten einer geringeren "regelmäßigen" anthropogenen Beeinflussung (Düngung, Bodenbearbeitung etc.) unterworfen sind, welches mit einer gesteigerten Wahrscheinlichkeit einer "ähnlichen" Bodenbeschaffenheit unterhalb der Grasnarbe der einzelnen auf den verschiedenen Grundstücken beprobten Teilflächen einhergeht.

Auf den noch nicht bebauten Flächen erfolgten die Probenahmen ebenfalls aus dem "rückwärtigen", straßenabgewandten Teil der Parzellen außerhalb der im Bebauungsplan gekennzeichneten Baufelder.

Die tiefendifferenzierten Boden-Mischproben wurden in Anlehnung an die BBodschV; Anhang 1; Pkt. 2 aus 15 Einzeleinstichen generiert. Dabei wurden zwecks Bodenprobengewinnung (zumindest im Bereich der Wohnbebauung) die i. d. R. aus drei bis vier verschiedenen Einzelgrundstücken / Parzellen bestehenden Probenahmeflächen als eine Gesamtfläche zusammengefasst betrachtet und auf jeder Teilfläche drei bis vier Einstiche je Beprobungstiefe realisiert. Eine tabellarische Übersicht der Teilflächen nebst Anschrift, Beprobungstiefen und Einstichen ist in Anlage 2 dargestellt.

Bei den Untersuchungen auf zwei östlich an das Neubaugebiet "Derkerborn" angrenzenden Grünlandflächen sowie einer im Biotopmanagement befindlichen Fläche (phasenweise beweidetes Naturschutzgebiet; siehe Übersichtsplan An-



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

lage 3) wurden 15 Einstiche auf einer Parzelle realisiert. Gleiches gilt für zwei im Umfeld des Neubaugebietes "Derkerborn" untersuchten Spielplätzen (Fläche 16 und 17; siehe Anlage 3) und für einen Spielplatz im Bereich des Wohngebietes im Umfeld "Hoppecker Straße" (Fläche 11; siehe Anlage 6).

Die auf den einzelnen Teilflächen entnommen Bodenproben wurden tiefenspezifisch in 10-Liter-PE-Eimern zu einer Bodenmischprobe zusammengeführt und mittels Handschaufel im Eimer bestmöglich homogenisiert. Bei den aus 0-10 cm entnommenen Proben wurde die Grasnarbe "ausgeklopft" und der direkt unterhalb der Grasnarbe befindliche Boden von der Grasnarbe abgetrennt, um so den Grasanteil in der Bodenprobe möglichst gering zu halten.

Von den so für die Gesamtflächen aufbereiteten Boden-Mischproben wurden abschließend ca. 500 g in Weithals-Braunglas-Flaschen eingefüllt. Zudem wurden je Fläche ca. 500 g der aus 0-10 cm gewonnenen Boden-Mischproben für etwaige Resorptionsverfügbarkeits-Untersuchungen (Cadmium und Blei) abgefüllt und als Rückstellprobe¹ verwahrt.

Die Boden-Mischproben wurden für die Analytik an das Labor Eurofins Umwelt West GmbH in Wesseling überstellt. Details zu den Laboruntersuchungen können Punkt 3.4 entnommen werden.

¹ Durch ein Versehen beim Abfüllen des Probenmaterials wurde von Fläche 2 (Baugebiet "Derkerborn") keine Rückstellprobe genommen.



3. Durchgeführte Untersuchungen

Die Geländearbeiten wurden in der Zeit vom 31. Juli 2013 bis 05. August 2013 an drei Probenahmetagen auf den im Vorlauf der Maßnahme mit dem Hochsauerlandkreis abgestimmten Flächen im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" (siehe Anlage 3) und im Umfeld des Wohngebietes an der "Hoppecker Straße" durchgeführt (siehe Anlage 6).

3.1 Aufnahme der Flächennutzung und fotographische Dokumentation

Im Rahmen der Untersuchungen wurde im Bereich der Hausgärten die Flächennutzung erfasst und sowohl fotographisch als auch in Form von skizzenhaften Plänen dokumentiert (siehe Anlage 5 und Anlage 8). Dabei wurden für die Flächen folgende Nutzungsarten differenziert:

- Rasen Rabatte/Zierbeet Nutzgarten versiegelte Fläche bebaute Fläche
- Gesondert ausgewiesen, da z. T. bewertungsrelevant im Hinblick auf die zu betrachtenden Wirkungspfade und heranzuziehenden Prüf-/Maßnahmenwerte, wurden folgende Strukturelemente zusätzlich erfasst:
- Sandkasten Spielgeräte Beerenobst Obstbäume Bäume Hecken Auffüllung Gartenteich

Mit Fotos wurden die Flächen der Bodenprobenahmen im Überblick sowie Nutzgärten und Kinderspielflächen im Detail festgehalten.

Anlage 5 enthält die Flächendokumentation für das Neubaugebiet "Derkerborn", Anlage 8 die Flächendokumentation für das Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße".

3.2 Ansprache des Bodens

Auf jeder Teilfläche erfolgte an einem ausgewählten und (oberflächig) Teilflächen-repräsentativen Standort die Bodenansprache in Anlehnung an die Bodenkundliche Kartieranleitung (2005). Teilflächenbezogen wurden dabei die Mindestdaten für die Untersuchungen nach § 3 BBodSchV (Orientierende Untersuchung / Detailuntersuchung) erfasst. Die erhobenen Daten sind in Anlage 4 (Neubaugebiet "Derkerborn") bzw. Anlage 7 (Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße") dokumentiert. Der Punkt der Bodenansprache wurde mittels Maßband / Laufrad auf bestehende Gebäude eingemessen und flächenspezifisch in die Pläne der Anlage 5 und der Anlage 8 eingetragen.

Soweit bei benachbarten Teilflächen insbesondere wegen des Fehlens von Hinweisen auf anthropogene Eingriffe von einem einheitlichen Untergrundauf-



bau bzw. einheitlichen bodenkundlichen Verhältnissen auszugehen war, erfolgte eine gemeinsame Bodenansprache. Nach diesem Muster erfolgte die Bodenansprache vornehmlich im Bereich von zusammenhängenden Dauergrünlandflächen und nebeneinander liegenden unbebauten Parzellen im Neubaugebiet "Derkerborn". Der jeweilige Punkt der Bodenansprache wurde mittels Laufrad auf Grundstücksgrenzen eingemessen und in Anlage 5 und Anlage 8 entsprechend dokumentiert.

3.3 <u>Tiefendifferenzierte Probenahme von Bodenmaterial mittels Stechzylinder, Bohrstock und Pürckhauer-Bohrstock</u>

Die Festlegung der Probenahmetiefen erfolgte nach Vorgaben der BBodSchV, Anhang 1, Pkt. 2.1 (siehe Tabelle 1) auf Grundlage der planungsrechtlich zulässigen bzw. vor-Ort gegenwärtig angetroffenen Nutzung (Wohnbebauung, Nutzgarten, Grünland, Kinderspielfläche).

Tabelle 1: Nutzungsorientierte Beprobungstiefe bei Untersuchungen zu den Wirkungspfaden Boden – Mensch und Boden – Nutzpflanze (nach BBodSchV 1999).

Wirkungspfad	Nutzung	Beprobungstiefe
	Kinderspielfläche, Wohngebiet	0-10 cm ¹⁾
Boden - Mensch	Kiliderspielilacile, Wollingebiet	10-35 cm ²⁾
Boden - Mensch	Park- und Freizeitanlagen	0-10 cm ¹⁾
	Industrie- und Gewerbegrundstücke	0-10 cm ¹⁾
	Ackarbau Nutzgartan	0-30 cm ³⁾
Dadan Nutraflanca	Ackerbau, Nutzgarten	30-60 cm
Boden - Nutzpflanze	Crinland	0-10 cm ⁴⁾
	Grünland	10-30 cm

Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme, zusätzlich 0-2 cm bei Relevanz des inhalativen Aufnahmepfades.

In Abhängigkeit der Probenahmetiefe wurden folgende Geräte zur Entnahme der Bodenproben ausgewählt (siehe auch Abbildung 1):

- 0-10 cm = Stechzylinder (Innendurchmesser 45 mm)
- 10-35 cm und 10-30 cm = Bohrstock (Innendurchmesser 25 mm)
- 30-60 cm = Pürckhauer-Bohrstock (Innendurchmesser 21 mm)

Die Probenahmegeräte wurden mit einem Polyamid-Schlaghammer bis auf die gewünschte Beprobungstiefe vorgetrieben und die dabei generierten Boden-

²⁾ 0-35 cm: Durchschnittliche Mächtigkeit aufgebrachter Bodenschichten; zugleich max. von Kindern erreichbare Tiefe.

³⁾ Bearbeitungshorizont

⁴⁾ Hauptwurzelbereich



Projekt 13-Ke-105 Untersuchung auf Sc

Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Bohrkerne nach dem Ziehen in jeweils dafür vorgesehenen 10 Liter-PE-Eimer eingefüllt. In den PE-Eimern wurden je Fläche und Probenahmetiefe 15 Boden-Bohrkerne vereint und vor Ort bestmöglich homogenisiert.



Abbildung 1: Übersicht der Geräte für die tiefendifferenzierte Boden-Probenahme. Links: Stechzylinder (für Entnahmetiefe 0-10 cm); Mitte: Bohrstock (für Entnahmetiefen 10-35 cm und 10-30 cm); rechts: Pürckhauer-Bohrstock (für Entnahmetiefe 30-60 cm)

3.4 <u>Laboruntersuchungen</u>

Die in 0,5 Liter-Braunglas-Weithals-Flaschen an das Labor überstellten, vorhomogenisierten Boden-Mischproben wurden im Labor erneut durch händisches Mischen homogenisiert. Von diesem Material wurde eine Teilmenge entnommen und getrocknet (Bestimmung der Trockenmasse nach DIN 14346), weiterführend homogenisiert und auf ≤ 2 mm gesiebt (DIN 11464).

An dem Siebdurchgang (Fraktion ≤ 2mm) wurden der Boden-pH-Wert in einer mit 0,01 M CaCl-Lösung hergestellten Suspension (DIN 10390) und für alle Bodenproben die Gesamtgehalte (Königswasseraufschluss; DIN 11466) folgender Elemente bestimmt:

- Arsen (As) Blei (Pb) Cadmium (Cd) Chrom (Cr)
- Kupfer (Cu)
 Nickel (Ni)
 Quecksilber (Hg)



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Orientierend wurden darüber hinaus an vier ausgewählten Proben aus dem Neubaugebiet "Derkerborn" die Gesamtgehalte der Elemente Zink (Zn) und Thallium (Tl) bestimmt. Die Probenauswahl für die stichprobenhafte Zn- und Tl-Analytik basierte auf der vorlaufenden Untersuchung der Gesamtgehalte des Elements Pb. Zink ist humantoxikologisch unbedenklich, sollte aber auf Wunsch des Auftraggebers zusätzlich untersucht werden, da generell in den Böden Brilons auch mit deutlich erhöhten Zinkgehalten zu rechnen ist. Laut Daten des LANUV NRW (FIS StoBo Daten) waren im Bereich des Briloner Bahnhofs deutliche Thallium-Gehalte festgestellt worden. Daher sollte hier auch eine Untersuchung auf Thallium durchgeführt werden. Intention der Probenauswahl war es, der Zn- und Tl-Gesamtgehaltsbestimmung ein breites Pb-Belastungsspektrum zuzuführen, um im Neubaugebiet "Derkerborn" bestenfalls einen Zusammenhang zwischen den Pb- und Cd-Gehalten einerseits und den Zn- und Tl-Gehalten andererseits herstellen zu können. Für die Zn- und Tl-Bestimmung im Königswasser-Extrakt wurden folgende Bodenproben ausgewählt:

- Der. Fläche 1 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 3 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 9 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der Fläche 15 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerbron")

Auf Basis der (Schwer-)Metall-Gesamtgehalte wurden unter Berücksichtigung der gegenwärtig angetroffenen Flächennutzung (planungsrechtlich zulässige Nutzung ist Wohngebiet) bei regelmäßig nachgewiesenen Prüfwertüberschreitungen für Cadmium und Blei für den Direktpfad (Wirkungspfad Boden - Mensch) folgende 10 Bodenproben für Resorptionsverfügbarkeitsuntersuchungen (Hack-Selenka-Extrakt) ausgewählt:

- Der. Fläche 1 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 2 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 8 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 15 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 16 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 17 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Hop. Fläche 1 / 0-10 cm (Wohngebiet im Umfeld der Hoppecker Str.)
- Hop. Fläche 5 / 0-10 cm (Wohngebiet im Umfeld der Hoppecker Str.)
- Hop. Fläche 9 / 0-10 cm (Wohngebiet im Umfeld der Hoppecker Str.)
- Hop. Fläche 11 / 0-10 cm (Wohngebiet im Umfeld der Hoppecker Str.)



Das vorgenannte Probenset umfasst alle im Rahmen der Untersuchungen begutachteten Kinderspielplätze (Fläche 16 und 17 "Derkerborn" und Fläche 11 "Hoppecker Straße"). Ferner wurde bei der Auswahl der Bodenproben für die Resorptionsverfügbarkeitsuntersuchungen darauf geachtet, dass für das jeweilige Untersuchungsgebiet ein breites Belastungsspektrum abgedeckt wird.

Für folgende 24 Bodenproben wurde der potentiell pflanzenverfügbare Blei- und Cadmium-Gehalt im 1 molaren Ammonium-Nitrat-Extrakt (AN-Extrakt) bestimmt.

- Der. Fläche 2 / 0-30 cm & 30-60 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 7 / 0-10 cm & 10-30 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 10 / 0-30 cm & 30-60 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 11 / 0-10 cm & 10-35 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 13 / 0-10 cm & 10-30 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 14 / 0-10 cm & 10-30 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 15 / 0-10 cm & 10-35 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Hop. Fläche 1 / 0-10 cm & 10-35 cm (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Str.)
- Hop. Fläche 4 / 0-30 cm & 30-60 cm (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Str.)
- Hop. Fläche 5 / 0-10 cm & 10-35 cm (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Str.)
- Hop. Fläche 7 / 0-30 cm & 30-60 cm (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Str.)
- Hop. Fläche 12 / 0-10 cm & 10-35 cm (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Str.)

Bei der Festlegung der Bodenproben für die Ammonium-Nitrat-Extraktion wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Deutliche Überschreitung der Vorsorgewerte gemäß Anhang 2, Pkt. 4.1 BBodSchV in Bezug auf Blei.
- Für das Neubaugebiet "Derkerborn" deutliche Überschreitungen des Maßnahmenwertes für Blei auf Grünland i. H. v. 1.200 mg/kg TS (Pfad Boden Nutzpflanze).
- Boden pH-Wert: Hier wurden insbesondere Proben mit niedrigerem pH-Wert mit in die zu untersuchenden Proben aufgenommen, weil mit sinkendem pH-Wert generell erhöhte mobile, d. h. hier potentiell pflanzenverfügbare Anteile, zu erwarten sind.

Wegen möglicherweise erhöhter Tl-Gehalte in den Böden des Briloner Raums wurde vor dem Hintergrund der in der BBodSchV festgelegten Prüfwerten für dieses Element im Pfad Boden – Nutzpflanze (Pflanzen-Qualität und Wuchs-



schäden) TI in folgenden 4 Bodenproben stichprobenartig im Ammonium-Nitrat--Extrakt analysiert.

- Der. Fläche 7 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 10 / 0-30 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 13 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")
- Der. Fläche 15 / 0-10 cm (Neubaugebiet "Derkerborn")

Alle vorgenannten Analysen wurden durch das nach § 18 BBodSchG und § 17 LBodSchG NW zugelassene Labor der Eurofins Umwelt West GmbH in Wesseling durchgeführt.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

4. Ergebnisse

4.1 <u>Allgemeines zur (Schwer)-Metall-Belastungscharakteristik der untersuchten Böden</u>

Die Ergebnisse der Boden-(Schwer-)Metallgehalte im Königswasser-Extrakt (Gesamtgehalte) werden in diesem Kapitel für die Elemente Arsen (As), Cadmium (Cd) und Blei (Pb) mittels deskriptiver Statistik betrachtet. Dabei werden die Daten der beiden Untersuchungsgebiete Neubaugebiet "Derkerborn" und Wohngebiet im Umfeld "Hoppecker Straße" getrennt voneinander behandelt, da sich die (Schwer-)Metall-Belastungscharakteristik der beiden Gebiete deutlich unterscheidet.

Die Elemente Kupfer, Nickel, Chrom und Quecksilber bleiben in aller Regel unter den Vorsorgewerten der für die zu betrachtende Region typischen schluffund tonreichen Böden. Das Prüfwertniveau wird für die vorgenannten Elemente regelmäßig nicht erreich. Entsprechend wird auf eine weitere Betrachtung dieser Elemente verzichtet, da sich aus ihrer Anwesenheit weder Restriktionen ergeben noch ein weiterer Handlungsbedarf abgeleitet werden kann. Gleiches gilt für Thallium, das mit Boden-Gesamtgehalten von max. 0,5 mg/kg nicht bewertungsrelevant in Erscheinung tritt.

Die stichprobenartige Zink-Untersuchung von 4 Bodenproben aus dem Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" zeigte, dass die Vorsorgewerte für Schluff- und Tonböden deutlich überschritten werden. Die mittleren Zink-Boden-Gehalte liegen bei 800 mg/kg (max. 1.320 mg/kg). Wegen fehlender humantoxikologischer Relevanz spielt Zink bei der Betrachtung des Wirkungspfads Boden – Mensch keine Rolle. Für Zink legt die BBodSchV daher auch keinen Prüfwert für diesen Pfad fest. Auch für den Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze ist Zink nicht primär relevant, da Zn ein Spurenelement mit wichtigen pflanzenphysiologischen Wirkungen ist. Dementsprechend wurde in der BBodSchV auch für diesen Pfad kein Zink-Prüf- oder Maßnahmenwert festgelegt. Im Folgenden wird daher auf Zn nicht weiter eingegangen².

² Bei einer späteren ggf. durchzuführenden Betrachtung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser, die nicht Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war, sollte generell Zink aber mit berücksichtigt werden, da dieses Element bereits bei pH-Werten von unter 5 eine hohe Mobilität aufweist. Für den Bereich des Briloner Massenkalks selbst ist allerdings wegen generell im neutralen bis schwach alkalischen Bereich liegender pH-Werte nicht von einer erhöhten Mobilität von Zink auszugehen.



4.2 Neubaugebiet "Derkerborn": Flächennutzung und Untergrundaufbau

4.2.1 Flächennutzung im Neubaugebiet "Derkerborn"

Im systematisch auf (Schwer-)Metalle untersuchten Bereich des Neubaugebietes "Derkerborn" wurde im Rahmen der Bodenprobenahmen die Flächennutzung skizzenhaft kartiert (siehe Anlage 5). Entsprechend dem vorliegenden Bebauungsplan ist Wohnbebauung die planungsrechtlich zulässige Nutzung. Dementsprechend sind von den in der BBodSchV genannten Nutzungen Wohngebiete, aber auch Kinderspielflächen und Nutzgärten zu betrachten.

Nachstehend ist die Flächennutzung der 28 untersuchten Teilflächen unter Berücksichtigung der in der BBodSchV genannten Nutzungen in folgende Kategorien nebst angetroffener Häufigkeit differenziert:

•	Wohnbebauung (Einzelbebauung mit Garten)	36 %	(10 von 28)
•	Brache (Wohnbebauung geplant)	32 %	(9 von 28)
•	Brache (ohne geplante Wohnbebauung)	11 %	(3 von 28)
•	Grünland	21 %	(6 von 28)

Im Bereich der Hausgärten wurde zudem folgende beurteilungsrelevante Nutzung angetroffen:

•	Nutzgarten im Bereich von Hausgärten	20%	(2 von 10)
•	Kinderspielgeräte in Hausgärten	10%	(1 von 10)

Darüber hinaus wurden im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" gezielt zwei explizit ausgewiesene Kinderspielplätze auf (Schwer-) Metalle untersucht.

4.2.2 Untergrundaufbau / Bodenkundliche Ansprache der Bodenprofile (Neubaugebiet "Derkerborn")

Der Boden im Untersuchungsgebiet ist, wie folgende Ausführungen zeigen, in weiten Teilen ausgeprägt flachgründig. Nur zwei der 23 zwecks Bodenprofilansprache im Untersuchungsgebiet in den Boden eingetriebenen Pückhauer-Bohrstöcke konnten bis in eine Zieltiefe von 1,0 m u. GOK abgeteuft werden Dabei ist als sehr wahrscheinlich anzunehmen, dass auf den vorgenannten Flächen Bodenmaterial aufgetragen wurde. Bei rund 40 % der untersuchten Flächen lag die Lockergesteinsmächtigkeit bei ≤ 0,5 m u. GOK.

Als anstehendes Festgestein wurde auf 13 von 16 untersuchten Flächen Kalkstein (Briloner Massenkalk) im Untergrund angetroffen. Im südlichen Bereich des Neubaugebietes "Derkerborn"



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

wurde als anstehendes Festgestein im Untergrund Grünstein angesprochen. Offensichtlich steht hier kleinräumig Grünstein an, der in der Geologischen Karte [2] in diesem Bereich allerdings nicht ausgewiesen ist. Auf dem südwestlich des Neubaugebietes "Derkerborn" gelegenem Kinderspielplatz (Fläche 17; Lage siehe Anlage 3) wurde als anstehendes Festgestein Roteisenstein angesprochen.

Der Wechsel der geologischen Verhältnisse zwischen Briloner-Massenkalk im nördlichen sowie im Kernbereich des Neubaugebietes "Derkerborn" zu Grünstein und Roteisenstein im süd-/südwestlichen Bereich des Baugebietes prägt sich, wie im Kapitel 4.2.3 dargestellt werden wird, auch auf die (Schwer-)Metallgehalte des darüber liegenden Lockergesteins durch.

Bei der angetroffenen Lockergesteinsüberdeckung im Bereich des Neubaugebietes "Derkerborn" handelt es sich bei Betrachtung des Feinbodens (Fraktion < 2mm) überwiegend um schluffig-tonige Böden mit vereinzelten Feinsandbeimengungen. Die Beimengungen an Grobboden (Korngrößenfraktion > 2 mm) liegen nach Vor-Ort-Ansprache unter 10 %. Abgeleitet aus der Korngrößenverteilung treten folgende Bodenarten im Untersuchungsgebiet relevant in Erscheinung:

- toniger Lehm (Lt)
- schwach toniger Lehm (Lt2)
- sandig-toniger Lehm (Lts)
- mittel schluffiger Ton (Tu3)
- sandig-lehmiger Schluff (Uls)

Bodenkundlich sind die angetroffenen Profile als flachgründige Braunerden bzw. bei geringmächtigem oder fehlendem B-Horizont als Rendzinen einzustufen. Die Braunerden weisen in den kalksteinunterlagerten Bereichen hohe Carbonatgehalte auf. Stellenweise ist davon auszugehen, dass es zu einer kolluvialen Umlagerung humosen Oberbodens gekommen ist.

Die Boden-pH-Werte im Untersuchungsgebiet "Derkerborn" liegen bei einem mittleren pH von 6,9 (Median pH 7,0) zwischen pH 5,6 (schwach sauer) und pH 7,5 (schwach alkalisch). Tendenziell liegen die Boden pH-Werte im südlichen Bereich des Neubaugebietes "Derkerborn" auf einem niedrigeren Niveau als in der Mitte und im Norden. Hier besteht mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Zusammenhang zwischen dem das Lockergestein unterlagernden Carbonatarmen bis Carbonat-freien Grünstein im Süden des Neubaugebietes und dem Carbonat-reichem Kalkstein in den anderen Bereichen des Neubaugebietes. Im Rahmen der Bodenbildung wird das Lockergestein nachhaltig durch das anstehende Ausgangsgestein geprägt, entsprechend bilden sich auf basenreichen Ausgangsgesteinen (hier Briloner Massenkalk) i.d.R. gut gepufferte Böden im neutral bis schwach alkalischen pH-Bereich.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

In Bezug auf die allgemeinen geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet wird auf die Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern im Maßstab 1: 25.000, Blatt 2659 Brilon verwiesen [2].

4.2.3 (Schwer-) Metall-Belastungscharakteristik (Boden-Gesamtgehalte) im Neubaugebiet "Derkerborn"

Der in Tabelle 2 mittels deskriptiver Statistik ausgewertete (Schwer-)Metall-Datensatz für das Neubaugebiet "Derkerborn" und Umgebung umfasst die Analytik von 44 Bodenproben auf die Elemente As, Cd und Pb im KW-Extrakt (Gesamt-Gehalte). Neben dem Mittelwert, dem Median sowie den minimal und maximal nachgewiesenen Elementgehalten des Bodens wird elementspezifisch auch der 90-Perzentilwert³ ausgewiesen. Die Lage der Probenahmeflächen im Neubaugebiet "Derkerborn" und dem angrenzenden Umfeld ist in Anlage 3 dargestellt.

Die Arsen-Gesamtgehalte, die im Neubaugebiet "Derkerborn" nebst angrenzendem Umfeld nachgewiesen wurden, liegen im Bodenprofil (0 – 60 cm u. GOK) bei einem Mittelwert von rund 20,0 mg/kg zwischen minimal 11,7 mg/kg und maximal 29,6 mg/kg und weisen damit nur eine vergleichsweise geringe Bandbreite auf. Nutzungsspezifisch sind die Arsengehalte für die Tiefenstufen 0-10 cm; 10-35 cm; 0-30 cm; 10-30 cm sowie 30-60 cm in Tabelle 2 aufbereitet.

Der Mittelwert für Cadmium im Boden (0 – 60 cm) des Neubaugebietes "Derkerborn" liegt bei 4,5 mg/kg. Im Maximum wurde Cadmium in der Bodenprobe "Der. Fläche 4 / 0-10 cm" mit 12,1 mg/kg nachgewiesen. Fläche 4 (Gebrüder-Rüther-Straße) liegt dabei im Bereich einer bergbaubeeinflussten Fläche (siehe Anlage 10). Weiterführende Cadmiumdaten sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Die mittleren Bleigehalte im Boden aus dem Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" liegen bei 2.404 mg/kg (0 – 60 cm u. GOK). Ein Maximalgehalt von 11.800 mg/kg wurde auf der Fläche 15, bei der es sich um eine bergbaubeeinflusste Fläche am Rand, jedoch außerhalb des Baugebiets handelt (siehe Anlage 10), in einer Bodentiefe von 10 – 35 cm nachgewiesen. Die geringsten nachgewiesenen Bleigehalte des Bodens lagen bei gut 400 mg/kg im Boden der Fläche 17 (Spielplatzfläche südwestlich des Baugebiets Derkerborn; siehe Anlage 10) und einer Beprobungstiefe von 0 – 10 cm.

³ 90-Perzentil-Wert: Bewertungsgröße aus der statistischen Auswertung von Messergebnissen. 90% der Probengrundgesamtheit unterschreiten den jeweils ausgewiesenen Boden-(Schwer-)Metallgehalt.



Tabelle 2: Übersicht der (Schwer-)Metallgehalte im Neubaugebiet "Derkerborn" nebst deskriptiver Statistik. Die Auswertung berücksichtigt die As-, Cd- und Pb-Gesamtgehalte des Bodens (Königswasser-Extrakt).

			Ar	sen [mg/k	g]		
	Beprobungs -tiefe	Proben- anzahl	Mittel- wert	Median	90- Perzentil ⁴	min.	max.
Boden - Mensch	0-10 cm	16	19,3	19,6	25,2	11,7	26,4
(Direktpfad)	10-35 cm	13	19,8	18,6	26,1	14,1	29,6
Boden - Nutzpflan-	0-30 cm	6	20,0	18,6	24,3	17,0	26,4
ze (Nutzpflanzen- pfad)	30-60 cm	6	20,3	19,0	24,2	17,7	26,7
Cuttoland	0-10 cm		siehe	Pfad Bode	en - Mensch C)-10 cm	
Grünland	10-30 cm	3	22,6	19,8	26,5	19,7	28,2
			Cad	mium [mg	/kg]		
	Beprobungs -tiefe	Proben- anzahl	Mittel- wert	Median	90- Perzentil ²	min.	max.
Boden - Mensch	0-10 cm	16	4,8	3,5	9,3	2,1	12,1
(Direktpfad)	10-35 cm	13	4,0	2,9	7,0	1,8	9,3
Boden - Nutzpflan-	0-30 cm	6	4,6	4,2	6,8	2,5	7,3
ze (Nutzpflanzen- pfad)	30-60 cm	6	4,4	4,2	6,5	2,5	6,7
Grünland	0-10 cm	siehe Pfad Boden - Mensch 0-10 cm					
Grumanu	10-30 cm	3	5,9	5,0	7,4	4,8	8
	Blei [mg/kg]						
	Beprobungs -tiefe	Proben- anzahl	Mittel- wert	Median	90- Perzentil ²	min.	max.
Boden - Mensch	0-10 cm	16	2.394	1.255	6.130	403	9.630
(Direktpfad)	10-35 cm	13	2.478	1.220	4.860	445	11.800
Boden - Nutzpflan-	0-30 cm	6	2.226	1.650	4.130	666	5.420
ze (Nutzpflanzen- pfad)	30-60 cm	6	2.703	2.070	5.370	536	7.530
Grünland	0-10 cm		siehe	Pfad Bode	en - Mensch C)-10 cm	
Grumanu	10-30 cm	3	1.890	1.990	2.254	1.360	2.320

Die vertikale Schwermetallverteilung (0-10 cm u. GOK vs. 10-35 cm u. GOK) für das Neubaugebiet "Derkerborn" ist in Abbildung 2 dargestellt. In die Auswertung

⁴ 90-Perzentil-Wert: Bewertungsgröße aus der statistischen Auswertung von Messergebnissen. 90% der Probengrundgesamtheit unterschreiten den jeweils ausgewiesenen Boden-(Schwer-)Metallgehalt.



einbezogen wurden 13 Flächen, die im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" in entsprechender Bodentiefe untersucht wurden. Der ausgewertete Datensatz umfasst in Summe 26 Einzelproben (13 x 0-10 cm u. GOK und 13 x 10-35 cm u. GOK).

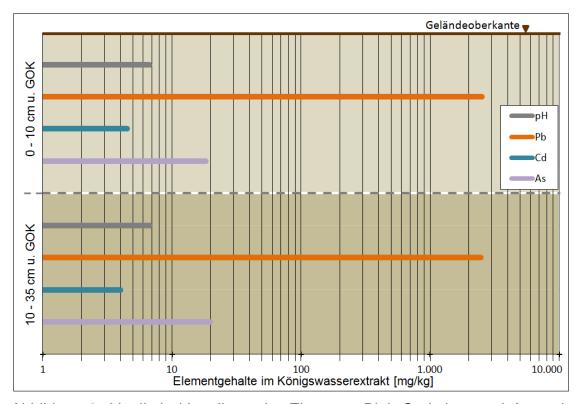


Abbildung 2: Vertikale Verteilung der Elemente Blei, Cadmium und Arsen im Bodenprofil des Neubaugebietes "Derkerborn". Ebenfalls ausgewiesen der tiefenspezifische Boden-pH-Wert. (Ausgewiesen sind Mittelwerte, beachte logarithmische Skalierung der X-Achse)

Wie Abbildung 2 zeigt kommt es in den betrachteten Tiefenbereichen (0-10 cm u. GOK vs. 10-35 cm u. GOK) des Bodenprofils Neubaugebiet "Derkerborn" nicht zu einer Differenzierung der Arsen-, Cadmium- und Blei-Gesamtgehalte. Vielmehr bewegen sich die Gesamtgehalte in den Tiefen 0-10 cm u. GOK und 10-35 cm u. GOK auf einem vergleichbaren Niveau wie folgende Zusammenstellung der Mittelwerte zeigt:

- Blei: 2.509 mg/kg (0-10 cm u. GOK) vs. 2.478 mg/kg (10-35 cm u. GOK)
- Cadmium: 4,8 mg/kg (0-10 cm u. GOK) vs. 4,0 mg/kg (10-35 cm u. GOK)
- Arsen: 19,3 mg/kg (0-10 cm u. GOK) vs. 19,8 mg/kg (10-35 cm u. GOK)

In den sechs im Bereich des Neubaugebietes "Derkerborn" aus einer Bodentiefe von 30-60 cm u. GOK entnommenen Bodenproben lagen die Arsen- und



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Cadmium-Gehalte mit 20,3 mg/kg respektive 4,4 mg/kg auf einem vergleichbaren Niveau mit den Gehalte vorgenannter Elemente in den Beprobungstiefen 0-10 cm und 10-35 cm u. GOK. Der zwischen 30-60 cm u. GOK im Boden festgestellte Bleigehalt liegt bei einem Mittelwert von rund 2.700 mg/kg und damit rund 8% über dem Bleigehalt der Beprobungstiefen 0-10 cm und 10-35 cm.

Betrachtet man den pH-Wert tiefendifferenziert, so liegt dieser in den tieferen Bodenbereichen (10-35 cm u. GOK) im Mittel um 0,1 pH-Einheiten über dem pH-Wert in 0-10 cm u. GOK. Diese pH-Wert Differenz ist zwar gering, doch zeigt sich dieses Ausprägung auf 12 der 13 in diesen Tiefenbereichen untersuchten Flächen, welches einen systematischen Zusammenhang nahelegt. Zudem lagen die pH-Werte in den sechs aus 30-60 cm u. GOK entnommenen Bodenproben regelmäßig über pH 7 (Mittelwert pH 7,3).

Hinweis: Alle im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" entnommenen Bodenproben überschreiten die nach BBodSchV (Anhang 2, Pkt. 4.1) festgelegten Vorsorgewerte für die Elemente Cadmium und Blei regelmäßig. Diese Aussage gilt für alle in der BBodSchV differenzierten Bodenarten (Sand, Lehm/Schluff und Ton).

Vergleicht man die Cadmium- und Blei-Gesamtgehalte der Bodenmischproben, die auf Fläche 14 (Lage siehe Anlage 3) im Jahr 2013 entnommenen wurden, mit den im Jahr 1988 im Rahmen der Erstellung eines Schwermetallkatasters für den Hochsauerlandkreis auf dieser Fläche erhobenen Daten, zeigt sich eine gute Übereinstimmung der Element-Gesamtgehalte. Folgende Zusammenschau zeigt einen Vergleich der 1986 erhobenen Daten mit den aktuell (Juli 2013) erhobenen Boden Gesamtgehalten für die Elemente Cadmium und Blei. Wie diese Gegenüberstellung zeigt, besteht eine gute Übereinstimmung. Die Abweichungen liegen vermutlich darin begründet, dass 2013 eine Flächenmischprobe aus 15 Einstichen der entsprechenden Grünlandfläche genommen wurde, während 1988 vermutlich wie damals üblich eine punktbezogene Mischprobe aus 9 Einstichen (davon ein Einstich im Mittelpunkt eines 10 m-Kreises sowie an 8 Einstiche auf der Kreislinie) entnommen wurde. Damit stimmen die Probenahmeflächen nicht vollkommen überein.



Element	Gesamtgehalt [mg/kg]	Probenahme-Jahr	Quelle
	9,96	1988	Schwermetallkataster Hochsauerlandkreis
Cd	8,20	2013	Dr. Kerth + Lampe GmbH
	2.736	1988	Schwermetallkataster Hochsauerlandkreis
Pb	2.315	2013	Dr. Kerth + Lampe GmbH

Ein Übersichtsplan des Neubaugebiets "Derkerborn" mit Darstellung der ermittelten Gehalte an Blei (als die Belastung charakterisierendes und bestimmendes Schwermetall) sowie der bergbaubeeinflussen Flächen, Tagesöffnungen und Tagesbrüche im betreffenden Gebiet ist Anlage 10 zu entnehmen.

4.2.4 (Schwer-) Metalle im Wirkungspfad Boden – Mensch (Neubaugebiet "Derkerborn")

In der BBodSchV, Anhang 2, Pkt. 1.3 sind für den Wirkungspfad Boden – Mensch (direkter Kontakt) nutzungsabhängig Prüfwerte für folgende Nutzungsarten definiert:

- Kinderspielflächen Wohngebiete Park- und Freizeitanlagen
- Industrie- und Gewerbegrundstücke

Die im betrachteten Untersuchungsgebiet "Derkerborn" relevante, da planungsrechtlich zulässige, Nutzung ist Wohngebiet. In Wohngebieten, insbesondere im ländlichen Bereich und bei wie hier angetroffener Einzelbebauung, ist neben den Prüfwerten für Wohngebiete generell auch der Abgleich mit den für Kinderspielflächen definierten Prüfwerten in Betracht zu ziehen⁵. Wie die Flächen-Nutzungszusammenstellung unter Punkt 4.2.1 zeigt, werden die Gärten im Wohngebiet "Derkerborn" z. T. auch als "Kinderspielfläche" genutzt. Die Belastung Neubaugebiet "Derkerborn" wird, wie in Kap. 4.1 dargestellt, durch die Metalle Arsen, Cadmium und Blei charakterisiert, so dass nachfolgend auf diese Metalle näher eingegangen wird.

-

⁵ Die hier durchgeführten Untersuchungen sollten auftragsgemäß noch keine gutachterliche Beurteilung von einzelnen Grundstücken beinhalten. Daher ist hier nicht zu betrachten, inwieweit einzelne Grundstücke bzw. Teilbereiche der Grundstücke tatsächlich als Kinderspielflächen im Sinne der BBodSchV genutzt werden.



Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt einen Abgleich der im Untersuchungsgebiet erhobenen Boden-Gesamtgehalte für die Elemente Arsen, Cadmium und Blei mit den Prüfwerten für Kinderspielflächen und Wohngebiete nach Anhang 2, Pkt. 1.4 der BBodSchV. Ausgewiesen sind die Häufigkeit der Prüfwertüberschreitung in Relation zur Probengrundgesamtheit und der jeweiligen Beprobungstiefe.

Tabelle 3: Abgleich der Arsen-, Cadmium- und Blei-Gesamtgehalte im Boden mit den nutzungsspezifischen Prüfwerten für Kinderspielflächen und Wohngebieten nach BBodSchV.

		Arsen [mg/kg]			
		Pfad Boden - Mensch (Direktpfad)			
		Kinderspielflächen	Wohngebiete		
Beprobungstiefe		Prüfwert: 25 ¹⁾	Prüfwert: 50 ¹⁾		
0-10 cm	Überschreitungs-	2 von 16	0 von 16		
10-35 cm	häufigkeit	3 von 13	0 von 13		
		Cadmium [mg/kg]			
		Kinderspielflächen	Wohngebiete		
Beprobungstiefe		Prüfwert: 10 (2) ^{1) 2)}	Prüfwert: 20 (2) 1) 2)		
0-10 cm	Überschreitungs-	³⁾ 16 von 16	³⁾ 16 von 16		
10-35 cm	häufigkeit	³⁾ 12 von 13	³⁾ 12 von 13		
		Blei [mg/	kg]		
		Kinderspielflächen	Wohngebiete		
Beprobungstiefe		Prüfwert: 200 ¹⁾	Prüfwert: 400 ¹⁾		
0-10 cm	Überschreitungs-	16 von 16	16 von 16		
10-35 cm	häufigkeit	13 von 13	13 von 13		

¹⁾ Extraktionsverfahren = Königswasser

Wie in Tabelle 3 dargestellt, kommt es im Neubaugebiet "Derkerborn" und den im Umfeld untersuchten Flächen zu vereinzelten Überschreitungen der Boden-Arsen-Gehalte in Bezug auf den Prüfwert für Kinderspielflächen i. H. v. 25 mg/kg. Während die Arsengehalte in den in einer Bodentiefe von 0-10 cm entnommenen Bodenproben in 12,5 % der Fälle über dem Prüfwert für Kinderspielflächen liegen, sind es für die Beprobungstiefe 10-35 cm rund 23 %. Im Maximum wird der Arsen-Prüfwert für Kinderspielflächen um 18,4 % überschritten (Bodenprobe Der. Fläche 11 / 10-35 cm). Diese Bodenprobe wurde im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes auf einem Standort aus einer Tiefe

²⁾ In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden, ist der Wert von 2 mg/kg TS als Prüfwert anzuwenden.

³⁾ Die Bewertung der Überschreitungshäufigkeit orientiert sich der angetroffenen Flächennutzung im Untersuchungsgebiet folgend am Cadmium-Prüfwert von 2 mg/kg TS



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

von 0-35 cm entnommen, in dessen Untergrund Grünstein (Diabas) ansteht. Für die Beprobungstiefe 0-10 cm wird auf der vorgenannten Fläche der Arsen-Prüfwert um 1,3 mg/kg überschritten. Ferner konnte im Boden der Fläche 4, am westlichen Rand des Neubaugebietes "Derkerborn", in einer Bodentiefe von 10-35 cm ein Arsengehalt nachgewiesen werden, der dem des Prüfwertes von Kinderspielflächen entspricht. Fläche 4 liegt teilweise innerhalb einer bergbaubeeinflussten Fläche. Der Arsen-Prüfwert für Wohngebiete i. H. v. 50 mg/kg wird regelmäßig nicht erreicht.

Geht man konservativ von einer Nutzung der Hausgärten sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nutzpflanzen aus (Nutzung so auch im Neubaugebiet "Derkerborn" angetroffen und planungsrechtlich zulässig), dann ist ein Cadmium-Prüfwert i. H. v. 2 mg/kg heranzuziehen. Diesen Wert überschreiten 100 % der aus der Bodentiefe 0-10 cm entnommenen Böden um das bis zu 6-fache. Im Maximum wurde Cadmium mit einem Boden-Gesamtgehalt von 12,1 mg/kg in der Mischprobe (0-10 cm) der Fläche 4 nachgewiesen. In den Bodenproben aus einer Tiefe von 10-35 cm liegt der Cadmiumgehalt in mehr als 92 % der Fälle über dem Prüfwert von 2 mg/kg. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Betrachtung der resorptionsverfügbaren Cadmium-Gehalte des Bodens verwiesen (siehe 4.2.6).

Legt man dagegen den Cadmium-Prüfwert der BBodSchV für Wohngebiete, in denen keine Kinderspielflächen im Sinne der BBodSchV vorhanden sind und nicht gleichzeitig Nutzpflanzen angebaut werden, von 20 mg/kg als Vergleichswert heran, so liegen die Cadmiumgehalte in den untersuchten Böden des Neubaugebietes "Derkerborn" regelmäßig deutlich unterhalb dieses Wertes. Nimmt man hingegen den Cadmium-Prüfwert für Kinderspielflächen i. H. v. 10 mg/kg als Vergleichswert, so kommt es bei 12,5 % der in einer Tiefe von 0-10 cm entnommenen Bodenproben zu einer Prüfwertüberschreitung. Ab Bodentiefen von über 10 cm u. GOK wird der Cadmium-Prüfwert für Kinderspielflächen durchgängig nicht erreicht.

Für das Element Blei werden die hier nutzungsentsprechend relevanten Prüfwerte für Kinderspielflächen i. H. v. 200 mg/kg und Wohngebiete i. H. v. 400 mg/kg in allen untersuchten Proben deutlich überschritten. Mehr als 50 % der auf den Wirkungspfad Boden – Mensch untersuchten Flächen weist in den hier betrachteten Bodenbereichen (0-35 cm u. GOK) einen Bleigehalt von über 1.000 mg/kg auf. Bleigehalte des Bodens von über 500 mg/kg wurden auf mehr als 90 % der untersuchten Flächen nachgewiesen.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

4.2.5 (Schwer-) Metalle im Bereich besonders sensibler Nutzung "Kinderspielplätze" (Neubaugebiet "Derkerborn")

Die Bodenproben, die aus den explizit als Kinderspiel<u>plätze</u> ausgewiesenen Bereichen entnommen wurden, weisen mittlere Cadmiumgehalte von 2,7 mg/kg (min. 2,3 mg/kg; max. 2,9 mg/kg) auf. Damit wird der Prüfwert für Kinderspielflächen i. H. v. 10 mg/kg regelmäßig deutlich unterschritten⁶.

Für Blei hingegen wird der Prüfwert nach Anhang 2, Pkt. 1.4 der BBodSchV; i. H. v. 200 mg/kg auf beiden Spielplätzen im Bereich "Derkerborn" deutlich überschritten. Während der Boden des Kinderspielplatzes im Zentrum des Neubaugebietes "Derkerborn" (Fläche 16) einen mittleren Bleigehalt in 0-35 cm u. GOK von 861 mg/kg aufweist, wurden im Boden des südwestlich des Neubaugebietes "Derkerborn" gelegenen Spielplatzes (Fläche 17) mittlere Boden-Bleigehalte von 424 mg/kg nachgewiesen. Entsprechend kommt es auf den Spielplätzen zu Prüfwert-Überschreitungen um mehr als das vier- (Fläche 16) respektive zweifache (Fläche 17).

Arsen liegt im Boden der Kinderspielplätze im Bereich des Neubaugebietes "Derkerborn" unterhalb des entsprechenden Prüfwertes.

Für die betrachteten Kinderspielplätze (Fläche 16 und 17) wurde darüber hinaus für die Elemente Blei und Cadmium die Resorptionsverfügbarkeit mittels Hack-Selenka-Extrakt bestimmt. Die Ergebnisse dieser Resorptionsverfügbarkeits-Untersuchungen sind unter Punkt 4.2.6 dargestellt.

4.2.6 Resorptionsverfügbarkeit der Elemente Blei und Cadmium im Neubaugebiet "Derkerborn"

Stichprobenhaft wurde für sechs Bodenmischproben (0-10 cm) des Untersuchungsgebietes "Derkerborn" die Resorptionsverfügbarkeit der Elemente Cadmium und Blei mittels Hack-Selenka-Extrakt ermittelt. In diesem Rahmen wurden auch die Resorptionsverfügbaren Cadmium- und Blei-Gehalte der Bodenproben (0-10 cm) aus den im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" gelegenen Kinderspielplätzen (Fläche 16 und 17) im Hack-Selenka-Extrakt bestimmt.

Für **Blei** (siehe Abbildung 3) schwanken die Resorptionsverfügbarkeiten zwischen 25 % (Fläche 17) und 40 % (Fläche 16) und liegen damit auf einem vergleichbaren Niveau wie in einer Studie aus dem Duisburger Süden [3], in der u. a. unter Einbeziehung der Resorptionsverfügbarkeit ein einzelfallbezogener Maßnahmenwert für Blei i. H. v. 800 mg/kg abgeleitet wurde. Die höchsten re-

⁶ Entsprechend [8] sind für die Bewertung von vorhandenen Schadstoffbelastungen auf Kinderspielflächen (ohne Spielsand) die Maßnahmen- oder Prüfwerte der BBodSchV heranzuziehen.



sorptionsverfügbaren Blei-Gehalte wurden mit 2.892 mg/kg in der Bodenprobe der Fläche 15 nachgewiesen. Diese Fläche liegt innerhalb einer bergbaubeeinflussten Fläche und ist als Naturschutzgebiet ausgeweisen, das vermutlich im Rahmen des Biotopmanagements extensiv beweidet wird.

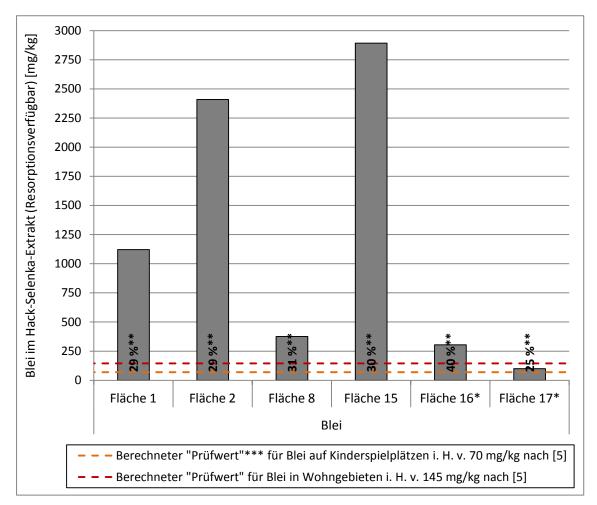


Abbildung 3: Verfügbarkeit von Blei im Hack-Selenka-Extrakt (Resorptionsverfügbare Gehalte) der untersuchten Böden aus dem Neubaugebiet "Derkerborn". *Kinderspielplatz; **bezogen auf die Gesamtgehalte im Königswasser-Extrakt, ***in anderen Kommunen als Maßnahmenwert festgelegt [4].

In [5] werden für das Schwermetall Blei zunächst – wie bei den anderen Schwermetallen auch – Berechnungen zur Ableitung von Blei-Prüfwerten für die entsprechenden Nutzungen auf Grundlage von TRD⁷-Werten durchgeführt. Dabei wurde eine Resorptionsverfügbarkeit von 100 % angenommen. Da sich

⁷ TRD: tolerierbare resorbierte Dosis.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

hierbei Prüfwerte ergeben hätten, die im Bereich der Hintergrundbelastung natürlicher Böden in Deutschland liegen, erfolgte dann in einem weiteren Schritt eine Ableitung des Blei-Prüfwerts an Hand von Daten zum Blutbleigehalt von Kindern [5].

Zu Vergleichszwecken bieten es sich aber an, die in [5] im ersten Schritt berechneten "Prüfwerte" (von 70 mg/kg Blei für Kinderspielflächen und 145 mg/kg für Wohngebiete) hier direkt mit hier ermittelten *resorptionsverfügbaren* Bleigehalten im Hack-Selenka-Extrakt zu vergleichen (siehe Abbildung 3).

Der in [5] für Blei berechnete "Prüfwert" von 70 mg/kg wird auf den beiden Kinderspielplätzen im Bereich des Neubaugebietes "Derkerborn" mit 100 mg/kg (Fläche 17) respektive 304 mg/kg (Fläche 16) resorptionsverfügbarem Blei überschritten. Auch der in [5] für Wohngebiete berechnete "Prüfwert" i. H. v. 145 mg/kg wird mit Ausnahme von Fläche 17 regelmäßig, im Maximum um das 20-fache (Fläche 15), überschritten.

Die Resorptionsverfügbarkeiten von **Cadmium** (siehe Abbildung 4 auf der nachfolgenden Seite) liegen bezogen auf den Cadmium-Gesamtgehalt der jeweiligen Bodenprobe bei einem Mittelwert von 42 % und schwanken zwischen 28 % (Fläche 15) und 49 % (Fläche 16). Die höchsten resorptionsverfügbaren Cadmium-Gehalte konnten mit 3,6 mg/kg in der Bodenprobe der Fläche 2 nachgewiesen werden. Die für die Fläche charakteristische Nutzung ist hier der Hausgarten.

Bei der Prüfwert-Ableitung für Cadmium gemäß BBodSchV wird eine Resorptionsverfügbarkeit von 100 % angenommen. Diese Annahme wurde für die untersuchten Bodenproben des Neubaugebietes "Derkerborn" nicht bestätigt (maximale Resorptionsverfügbarkeit hier 49 %). Umgekehrt können vor dem dargestellten Hintergrund der Prüfwertableitung die resorptionsverfügbaren Cadmiumgehalte direkt mit dem Prüfwert der BBodSchV verglichen werden (siehe Abbildung 4). Dabei zeigt sich, dass bei drei der sechs untersuchten Bodenproben eine Überschreitung des Prüfwertes für Hausgärten, die sowohl als Nutzgarten als auch als Kinderspielfläche genutzt werden, erfolgt.



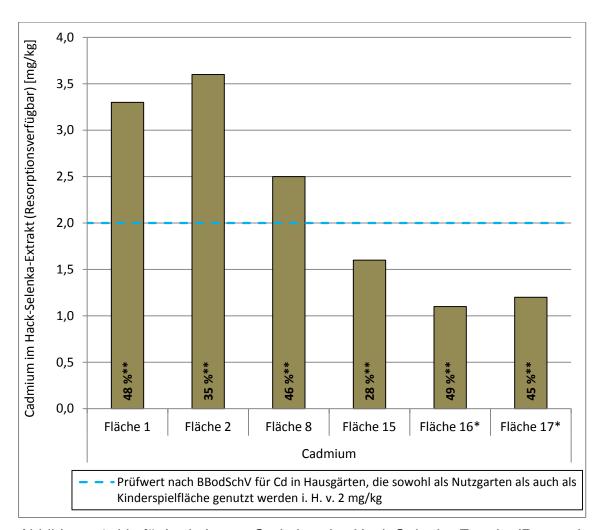


Abbildung 4: Verfügbarkeit von Cadmium im Hack-Selenka-Extrakt (Resorptionsverfügbare Gehalte) der untersuchten Böden aus dem Neubaugebiet "Derkerborn". *Kinderspielplatz; **bezogen auf die Gesamtgehalte im Königswasser-Extrakt.

Legt man hier – auf der sicheren Seite liegend – für Cadmium eine Resorptionsverfügbarkeit von 50 % an, so kommt man zu folgenden gebietsspezifischen Prüfwerten (für den Cadmiumgehalt in der Originalsubstanz):

- 4 mg/kg bei Hausgärten, die sowohl als Nutzgarten als auch als Kinderspielfläche genutzt werden
- 20 mg/kg auf Kinderspielflächen

Von den insgesamt 16 Bodenproben aus einer Entnahmetiefe von 0 – 10 cm überschreiten 9 und von den insgesamt 13 Bodenproben aus einer Entnahmetiefe von 10 – 35 cm 5 den vorgenannten gebietsspezifischen Prüfwert von 4 mg/kg bei Hausgärten. Der gebietsspezifische Prüfwert für Kin-



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

derspielflächen von 20 mg/kg wird dagegen von keiner Bodenprobe überschritten.

4.2.7 (Schwer-) Metalle im Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze (Neubaugebiet "Derkerborn")

Im Untersuchungsgebiet "Derkerborn" wurden 16 Bodenproben auf die potentiell pflanzenverfügbaren Gehalte von Cadmium und Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt untersucht. Darüber hinaus wurde stichprobenartig die potentielle Pflanzenverfügbarkeit des Elementes Thallium an 4 im Neubaugebiet "Derkerborn" entnommenen Bodenproben analysiert. Die in diesem Rahmen nachgewiesenen potentiell pflanzenverfügbaren Thallium-Konzentrationen lagen regelmäßig unter 0,01 mg/kg und damit um eine Zehnerpotenz unter dem Prüfwert der BBodSchV i. H. v. 0,1 mg/kg. Entsprechend wird Thallium im Rahmen der weiteren Ausführungen nicht weiter betrachtet.

In Abbildung 5 (nachfolgende Seite) sind die im Ammonium-Nitrat-Extrakt nachgewiesenen Cadmium-Gehalte der im Neubaugebiet "Derkerborn" entnommenen Bodenproben in Bezug zu den Maßnahmenwerten nach BBodSchV dargestellt.

Wählt man "auf der sicheren Seite liegend" den Maßnahmenwert für Cadmium im Ammonium-Nitrat-Extrakt in Bezug auf die Pflanzenqualität i. H. v. 0,04 mg/kg (heranzuziehen auf Flächen, die mit Brotweizen oder Cd-anreicherndem Gemüse bestanden sind), welches vor dem Hintergrund der planungsrechtlich zulässigen Nutzung Wohngebiet und den Vor-Ort z. T. angetroffenen Nutzgärten vernünftig erscheint, so wird dieser Wert in 25 % der untersuchten Proben überschritten. Der Maßnahmenwert für Cadmium im Ammonium-Nitrat-Extrakt für Flächen, auf denen weder Brotweizen noch Cd-anreicherndes Gemüse (z. B. Spinat, Sellerie oder Lollo rosso) angebaut wird, liegt nach BBodSchV bei 0,1 mg/kg. Dieser Wert wird in den Bodenproben des Untersuchungsgebietes "Derkerborn" regelmäßig nicht erreicht.



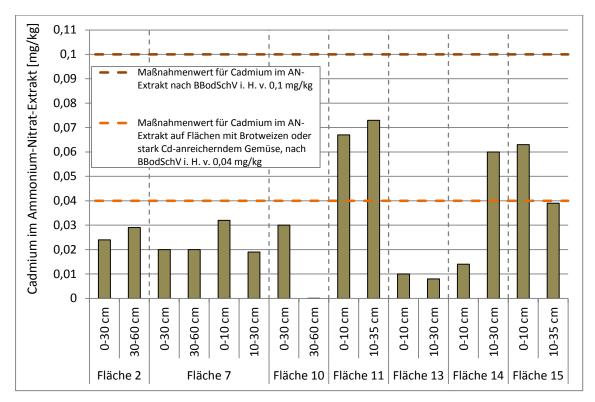


Abbildung 5: Pflanzenverfügbare Cadmiumgehalte in den untersuchten Böden des Neubaugebietes "Derkerborn" (Methode: Ammonium-Nitrat-Extraktion)

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse der Ammonium-Nitrat-Extraktion der Böden aus dem Neubaugebiet "Derkerborn" für das Element Blei in Bezug zum Prüfwert nach BBodSchV.



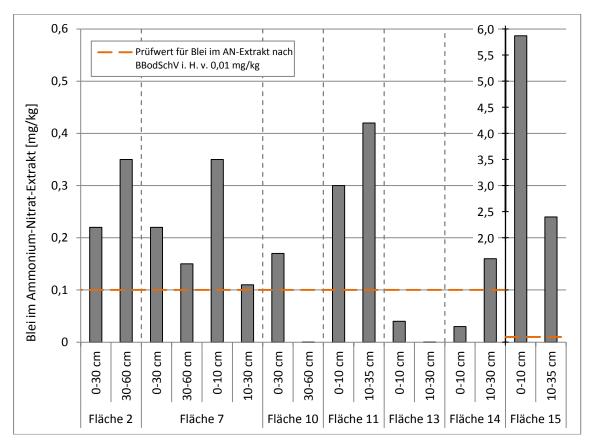


Abbildung 6: Pflanzenverfügbare Bleigehalte in den untersuchten Böden des Neubaugebietes "Derkerborn" (Methode: Ammonium-Nitrat-Extraktion). Beachte wechselnde Skalierung der Y-Achse.

Wie in Abbildung 6 dargestellt kommt es für das Element Blei bei 75 % der dem Ammonium-Nitrat-Extrakt unterzogenen Bodenmischproben zu einer Überschreitung des Blei-Prüfwertes für die Pflanzenqualität i. H. v. 0,1 mg/kg. Dabei überschreiten 50 % der Proben den Prüfwert um mehr als das Doppelte.

Der nach BBodSchV auf Grünland gültige Maßnahmenwert für Blei im Königswasser-Extrakt i. H. v. 1.200 mg/kg wird auf den beprobten Grünlandflächen (Fläche 7, 13 und 14) regelmäßig und z. T. um mehr als 1.000 mg/kg überschritten. Der Maßnahmenwert für Cadmium auf Flächen mit Grünlandnutzung (20 mg/kg im Königswasser-Extrakt) wird in allen dem Neubaugebiet "Derkerborn" entnommenen Bodenproben deutlich unterschritten (max. Boden-Cadmium-Gehalt 12,1 mg/kg).

Eine Besonderheit stellt die Fläche 15 dar, |

Da hier sehr hohe

Bleigehalte im AN-Extrakt auftreten, sollte geklärt werden, ob der Pflanzenauf-



wuchs als Viehfutter genutzt wird. Dabei wird augenscheinlich die Fläche beweidet.

Für das Element Blei konnte aus dem für das Untersuchungsgebiet "Derkerborn" generierten Datensatz ein guter Zusammenhang (Bestimmtheitsmaß $R^2 = 0.70$) zwischen der auf den Gesamtgehalt normierten Bleiverfügbarkeit im Ammonium-Nitrat-Extrakt und dem Boden-pH-Wert hergestellt werden (siehe Abbildung 7). Für Cadmium wurde dieser Zusammenhang nicht gefunden.

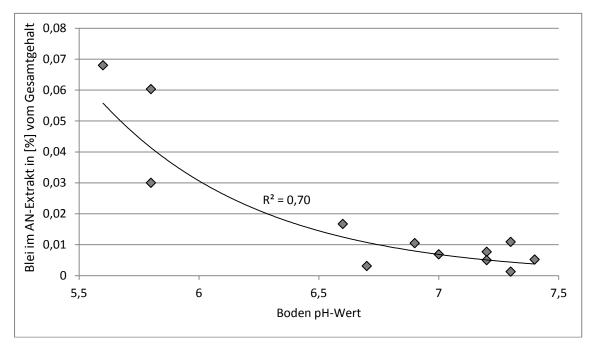


Abbildung 7: Zusammenhang zwischen dem Boden-pH-Wert und der Verfügbarkeit von Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt - Datensatz "Derkerborn" - (Exponentielle Anpassung).

Abbildung 7 zeigt den für Blei, als pH-Sensitives Element, typischen Zusammenhang zwischen Verfügbarkeit im Ammonium-Nitrat-Extrakt und dem Boden pH-Wert [6]. Hier zeigt sich ein negativer exponentieller Zusammenhang zwischen Boden-pH-Wert und Verfügbarkeit von Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt. Mit abnehmendem pH-Wert steigt folglich die Wahrscheinlichkeit, dass relevante Bleimengen von den (Nutz-)Pflanzen systemisch aufgenommen werden.

⁸ R² = Bestimmtheitsmaß: Beschreibt die Güte eines Zusammenhanges zwischen Variablen. Hier zwischen der abhängigen Variablen "Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt" und der unabhängigen Variablen "Boden-pH-Wert". Je näher R² an 1,0, desto größer ist der Zusammenhang zwischen den Variablen.



4.3 Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße": Flächennutzung und Untergrundaufbau

4.3.1 Flächennutzung im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Im systematisch auf (Schwer-)Metalle untersuchten Bereich des Wohngebietes im Umfeld der "Hoppecker Straße" wurde im Rahmen der Bodenprobenahmen die Flächennutzung skizzenhaft kartiert (siehe Anlage 8). Der Ausweisung folgend ist die planungsrechtlich zulässige Nutzung Wohnbebauung, welches die Nutzung der die Bebauung umgebenden Gartenflächen als Nutzgarten und oder Kinderspielflächen mit einschließt.

Nachstehend ist die Flächennutzung der 42 untersuchten Einzelflächen in Anlehnung an die BBodSchV in folgende Kategorien nebst angetroffener Häufigkeit differenziert:

•	Wohnbebauung (Einzelbebauung mit Garten)	98 %	(41 von 42)
•	Brache (Wohnbebauung geplant)	2 %	(1 von 42)
•	Nutzgarten im Bereich von Hausgärten	17 %	(7 von 42)
•	Kinderspielgeräte in Hausgärten	14%	(6 von 42)
_	Grünland		

Grünland

Darüber hinaus wurde im Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" gezielt ein ausgewiesener Kinderspielplatz auf (Schwer-)Metalle untersucht.

4.3.2 Untergrundaufbau / Bodenkundliche Ansprache der Bodenprofile (Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße")

1,0 m u. GOK auf.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Als anstehendes Festgestein wurde auf 7 von 12 untersuchten Flächen Kalkstein (Briloner Massenkalk) im Untergrund angetroffen. Auf den anderen 5 Flächen wurde das anstehende Festgestein nicht erbohrt (Lockergesteinsmächtigkeit > 1 m u. GOK). Nach Paeckelmann [2] ist allerdings davon auszugehen, dass das Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" flächig vom Briloner Massenkalk unterlagert wird.

Bei der angetroffenen Lockergesteinsüberdeckung im Bereich des Wohngebietes im Umfeld der "Hoppecker Straße" handelt es sich bei Betrachtung des Feinbodens (Fraktion < 2mm) überwiegend um schluffig-tonige Böden mit vereinzelten Feinsandbeimengungen. Die Beimengungen an Grobboden (Korngrößenfraktion > 2 mm) liegen im Bereich 0-30 cm u. GOK nach Vor-Ort-Ansprache i. d. R. unter 10 %. Am Übergang vom Lockergestein zum anstehenden Festgestein (Verwitterungshorizont) wurden Grobbodengehalte von > 90 % angesprochen. Die Grobbodenfraktion besteht hier aus gering bis mäßig verwittertem Briloner Massenkalk.

Abgeleitet aus der Korngrößenverteilung treten folgende Bodenarten im Untersuchungsgebiet relevant in Erscheinung:

- toniger Lehm (Lt)
- schwach toniger Lehm (Lt2)
- sandig-toniger Lehm (Lts)
- mittel schluffiger Ton (Tu3)
- sandig-lehmiger Schluff (Uls)

Bodenkundlich sind die angetroffenen Profile als z. T. flachgründige Braunerden und Kolluvisole einzustufen. Diese weisen in Bodentiefen ab 0,1 m u. GOK mit Ausnahme von Fläche 4 hohe Carbonatgehalte auf, die sich im Rahmen der Pedogenese aus dem anstehenden Briloner Massenkalk in das Lockergestein eingeprägt haben und ab Bodentiefen von 0,1 m u. GOK zu einem mittleren Boden-pH-Wert von pH 6,7 führen.

Die Boden-pH-Werte im Untersuchungsgebiet Umfeld "Hoppecker Straße" liegen zwischen pH 5,0 (mäßig sauer) bis pH 7,5 (schwach alkalisch). Der mittlere Boden pH-Wert im Untersuchungsgebiet liegt bei pH 6,4, gleiches gilt für den Median-pH. Auffällig ist der vergleichsweise geringe Boden-pH-Wert der Fläche 4, der mit pH 5,4 um eine pH-Einheit unterhalb des mittleren pH-Wertes des Untersuchungsgebietes liegt.

In Bezug auf die allgemeinen geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet wird auf die Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern im Maßstab 1: 25.000, Blatt 2659 Brilon verwiesen [2].



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

4.3.3 (Schwer-) Metall-Belastungscharakteristik (Boden-Gesamtgehalte) im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Der in Tabelle 4 (nachfolgende Seite) mittels deskriptiver Statistik ausgewertete (Schwer-) Metall-Datensatz für das Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" umfasst die Analytik von 30 Bodenproben auf die Elemente As, Cd und Pb im KW-Extrakt (Gesamt-Gehalte). Neben dem Mittelwert, dem Median sowie den minimal und maximal nachgewiesenen Elementgehalten des Bodens wird elementspezifisch auch der 90. Perzentilwert⁹ ausgewiesen. Die Lage der Probenahmeflächen im Baugebiet Umfeld "Hoppecker Straße" ist in Anlage 6 dargestellt.

Die Arsen-Gesamtgehalte, die im Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" nachgewiesen wurden, liegen im Bodenprofil (0 – 60 cm u. GOK) bei einem Mittelwert von rund 18,0 mg/kg. Maximale Arsengehalte des Bodens von 31,5 mg/kg wurden im Boden der Fläche 9 (Example 11); diese Fläche liegt in der Nachbarschaft eines Erzgangs; siehe Anlage 11) in einer Beprobungstiefe von 0-10 cm u. GOK im Osten des untersuchten Wohngebietes nachgewiesen. Nutzungsspezifisch sind die Arsengehalte für die Tiefenstufen 0-10 cm; 10-35 cm; 0-30 cm; 10-30 cm sowie 30-60 cm in Tabelle 4 aufbereitet.

Cadmiumgehalte des Bodens (0 – 60 cm) wurden im Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" im Mittel mit 4,1 mg/kg nachgewiesen. Die maximalen Cadmiumgehalte des Bodens lagen bei 9,4 mg/kg in der Bodenprobe "Hop. Fläche 1 / 10-35 cm". Fläche 1 liegt im Bereich eines Erzgangs (siehe Anlage 11). Weiterführende Cadmiumdaten sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Die mittleren Bleigehalte im Boden aus dem Bereich Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" liegen bei 735 mg/kg (0 – 60 cm u. GOK). Mit Maximalgehalten von 1.200 mg/kg wurde Blei auf der Fläche 5 in einer Bodentiefe von 0 – 10 cm nachgewiesen. Fläche 5 liegt im Bereich eines Erzgangs (siehe Anlage 11). Die geringsten Bleigehalte des Bodens lagen bei 377 mg/kg und wurden im Boden der Fläche 8 in 0 – 10 cm u. GOK nachgewiesen. Wie die Befunde verdeutlichen, ist Blei im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" der die Belastung bestimmende und ggf. Maßnahmen notwendig machende Leitparameter. Im Detail ist die Blei-Belastungscharakteristik für das Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" in Tabelle 4 dargestellt.

⁹ 90-Perzentil-Wert: Bewertungsgröße aus der statistischen Auswertung von Messergebnissen. 90% der Probengrund- gesamtheit unterschreiten den jeweils als 90. Perzentilwert ausgewiesenen Boden-(Schwer-)Metallgehalt.



Tabelle 4: Übersicht der (Schwer-)Metallgehalte im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" nebst deskriptiver Statistik. Die Auswertung behandelt die As-, Cd- und Pb-Gesamtgehalten des Bodens (Methode: Königswasser-Extrakt).

		Arsen [mg/kg]					
	Beprobungs- tiefe	Proben- anzahl	Mittel- wert	Median	90- Perzentil ¹⁰	min.	max.
Boden - Mensch	0-10 cm	12	18,1	17,7	24,2	9,2	31,5
(Direktpfad)	10-35 cm	12	19,3	20,6	23,7	13,5	23,9
Boden - Nutzpflanze	0-30 cm	3	15,5	14,2	17,5	14,1	18,3
(Nutzpflanzenpfad)	30-60 cm	3	15,9	16,5	18,9	11,7	19,5
			Cadm	ium [mg/	kg]		
	Beprobungs- tiefe	Proben- anzahl	Mittel- wert	Median	90- Perzentil ¹⁰	min.	max.
Boden – Mensch	0-10 cm	12	3,8	3,3	5,5	1,9	8,4
(Direktpfad)	10-35 cm	12	5,1	4,2	9,3	2,7	9,4
Boden - Nutzpflanze	0-30 cm	3	2,6	2,6	2,7	2,6	2,7
(Nutzpflanzenpfad)	30-60 cm	3	2,6	2,3	3,3	2,0	3,5
	Blei [mg/kg]						
	Beprobungs- tiefe	Proben- anzahl	Mittel- wert	Median	90- Perzentil ¹⁰	min.	max.
Boden - Mensch	0-10 cm	12	687	685	1.036	377	1.200
(Direktpfad)	10-35 cm	12	866	909	1.162	480	1.180
Boden - Nutzpflanze	0-30 cm	3	553	529	679	415	716
(Nutzpflanzenpfad)	30-60 cm	3	586	469	761	455	834

Die vertikale Schwermetallverteilung (0-10 cm u. GOK vs. 10-35 cm u. GOK) für das Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" ist in Abbildung 8 dargestellt. In die Auswertung einbezogen wurden alle 12 im Bereich Wohngebiet "Hoppecker Straße" untersuchten Flächen. Der ausgewertete Datensatz umfasst in Summe 24 Einzelproben (12 x 0-10 cm u. GOK und 12 x 10-35 cm u. GOK).

¹⁰ 90-Perzentil-Wert: Bewertungsgröße aus der statistischen Auswertung von Messergebnissen. 90% der Probengrund- gesamtheit unterschreiten den jeweils als 90. Perzentilwert ausgewiesenen Boden-(Schwer-)Metallgehalt.



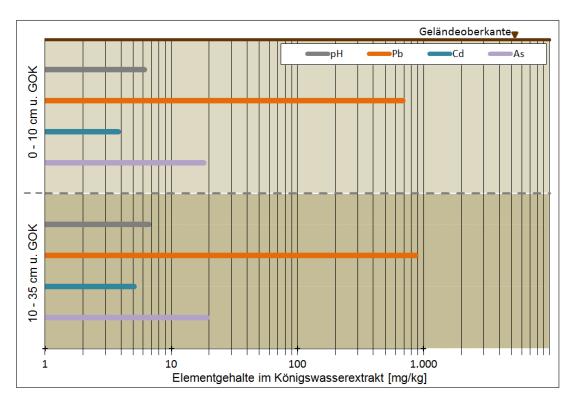


Abbildung 8: Vertikale Verteilung der Elemente Blei, Cadmium und Arsen im Bodenprofil des Wohngebietes im Umfeld der "Hoppecker Straße". Ebenfalls ausgewiesen der tiefenspezifische Boden-pH-Wert. (Ausgewiesen sind Mittelwerte, beachte logarithmische Skalierung der X-Achse)

Wie Abbildung 8 zeigt liegen die Gehalte der Elemente Blei, Cadmium und Arsen in den tieferen Bodenbereichen (10-35 cm) des Wohngebietes "Hoppecker Straße" z. T. deutlich über denen in der oberflächennahen Bodenschicht 0-10 cm u. GOK. Vorgenannte Schwermetallverteilung wurde so auf 10 der 12 untersuchten Flächen angetroffen. Ausnahme bildet hier die Fläche 5 auf dieser lagen die Gehalte von Blei, Cadmium und Arsen im Bodenbereich 0-10 cm u. GOK im Mittel um 3,9 % über den Gehalten der Bodentiefe 10-35 cm u. GOK. Elementspezifisch ergibt sich im Mittel folgende tiefenabhängige Ausprägung der Boden-Gesamtgehalte

- Blei: 687 mg/kg (0-10 cm u. GOK) vs. 866 mg/kg (10-35 cm u. GOK)
- Cadmium: 3,8 mg/kg (0-10 cm u. GOK) vs. 5,1 mg/kg (10-35 cm u. GOK)
- Arsen: 18,1 mg/kg (0-10 cm u. GOK) vs. 19,3 mg/kg (10-35 cm u. GOK)

In den drei im Bereich des Wohngebietes im Umfeld der "Hoppecker Straße" aus einer Bodentiefe von 30-60 cm u. GOK entnommenen Bodenproben lagen die Arsen- und Cadmium- und Bleigehalte bei Mittelwerten von 15,9 mg/kg, 2,6



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

mg/kg respektive 586 mg/kg und damit im Mittel unterhalb der in den Beprobungstiefen 0-10 cm und 10-35 cm u. GOK ermittelten Elementgehalten.

Betrachtet man den pH-Wert tiefendifferenziert, so liegt dieser in den tieferen Bodenbereichen (10-35 cm) im Mittel um 0,5 pH-Einheiten über dem pH-Wert in 0-10 cm u. GOK. Mit einem Mittelwert von pH 6,4 liegt der Boden-pH in den drei im Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" aus der Bodentiefe 30-60 cm entnommenen Bodenproben auf einem mit den Bodentiefen 0-10 cm und 10-35 cm vergleichbaren Niveau.

Hinweis: Alle im Bereich Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" entnommenen Bodenproben überschreiten die nach BBodSchV (Anhang 2, Pkt. 4.1) festgelegten Vorsorgewerte für die Elemente Cadmium und Blei regelmäßig. Diese Aussage gilt für alle in der BBodSchV differenzierten Bodenarten (Sand, Lehm/Schluff und Ton).

Vergleicht man die Cadmium- und Blei-Gehalte der Bodenmischproben, die auf Fläche 1 (Lage siehe Anlage 6 oder Anlage 11) im Jahr 2013 entnommenen wurden, mit den im Jahr 1997 im Rahmen des Aufbaus einer Datenbank für stoffliche Bodenbelastungen in NRW (FIS StoBo) zusammengeführten Daten, dann besteht grundsätzlich eine gute Übereinstimmung. Folgende Zusammenschau zeigt einen Vergleich der 1997 erhobenen und im sog. LIS-Wirkungskataster veröffentlichten Daten mit den aktuell (Juli 2013) erhobenen Boden-Gesamtgehalten für Cadmium und Blei. Abweichungen liegen möglicherweise darin begründet, dass 1997 nur die damals bestehende Nutzgartenfläche auf der Teilfläche 1.4 beprobt wurde, während 2013 im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen eine Mischprobe über alle Teilflächen der Gesamtfläche 1 genommen wurde.

Element	Gesamtgehalt [mg/kg]	Gesamtgehalt [mg/kg] Probenahme-Jahr	
0.1	3,89*	1997*	FIS StoBo (LIS- Wirkungskataster)
Cd	7,15	2013	Dr. Kerth + Lampe GmbH
DI-	679*	1997*	FIS StoBo (LIS- Wirkungskataster)
Pb	895	2013	Dr. Kerth + Lampe GmbH

^{*}Bodenprobenahme 1997(LIS-Wirkungskataster) erfolgte auf Teilfläche 1.4



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

4.3.4 (Schwer-) Metalle im Wirkungspfad Boden – Mensch (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Straße)

In der BBodSchV, Anhang 2, Pkt. 1.3 sind für den Wirkungspfad Boden – Mensch (direkter Kontakt) nutzungsabhängig Prüfwerte für folgende Nutzungsarten definiert:

- Kinderspielflächen Wohngebiete Park- und Freizeitanlagen
- Industrie- und Gewerbegrundstücke

Die im betrachteten Untersuchungsgebiet Umfeld "Hoppecker Straße" relevante, da planungsrechtlich zulässige, Nutzung ist Wohngebiet. In Wohngebieten, insbesondere im ländlichen Bereich und bei wie hier angetroffener Einzelbebauung, ist neben den Prüfwerten für Wohngebiete generell auch der Abgleich mit den für Kinderspielflächen definierten Prüfwerten in Betracht zu ziehen¹¹. Wie die Flächen-Nutzungszusammenstellung unter Punkt 4.3.1 zeigt, werden die Gärten im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" z. T. als "Kinderspielfläche" genutzt. Als beurteilungsrelevant wurden für das Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" die Elemente Arsen, Cadmium und Blei identifizierten (siehe 4.1).

Tabelle 5 (nachfolgende Seite) zeigt einen Abgleich der im Untersuchungsgebiet erhobenen Boden-Gesamtgehalte vorgenannter Elemente mit den Prüfwerten für Kinderspielflächen und Wohngebiete nach BBodSchV. Ausgewiesen sind die Prüfwert-Überschreitungshäufigkeiten in Relation zur Probengrundgesamtheit der jeweiligen Beprobungstiefe.

Die hier durchgeführten Untersuchungen sollten auftragsgemäß noch keine gutachterliche Beurteilung von einzelnen Grundstücken beinhalten. Daher ist hier nicht zu betrachten, inwieweit einzelne Grundstücke bzw. Teilbereiche der Grundstücke tatsächlich als Kinderspielflächen im Sinne der BBodSchV genutzt werden.



"Hoppecker Straße"

Tabelle 5: Abgleich der Arsen-, Cadmium- und Blei-Gesamtgehalte im Boden mit den nutzungsspezifischen Prüfwerten für Kinderspielflächen und Wohngebieten nach BBodSchV.

		Arsen [mg/kg]		
		Pfad Boden - Mensch (Direktpfad)		
		Kinderspielflächen	Wohngebiete	
Beprobungstiefe		Prüfwert: 25 ¹⁾	Prüfwert: 50 ¹⁾	
0-10 cm	Überschreitungs-	1 von 12	0 von 12	
10-35 cm	häufigkeit	0 von 12	0 von 12	
		Cadmium [mg/kg]		
		Kinderspielflächen	Wohngebiete	
Beprobungstiefe		Prüfwert: 10 (2) ^{1) 2)}	Prüfwert: 20 (2) ^{1) 2)}	
0-10 cm	Überschreitungs-	³⁾ 11 von 12	³⁾ 11 von 12	
10-35 cm	häufigkeit	³⁾ 12 von 12	³⁾ 12 von 12	
		Blei [mg/kg]		
		Kinderspielflächen	Wohngebiete	
Beprobungstiefe		Prüfwert: 200 ¹⁾	Prüfwert: 400 ¹⁾	
0-10 cm	Überschreitungs-	12 von 12	10 von 12	
10-35 cm	häufigkeit	12 von 12	12 von 12	

¹⁾ Extraktionsverfahren = Königswasser

Geht man konservativ von einer Nutzung der Hausgärten sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nutzpflanzen aus (Nutzung so auch im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" angetroffen und planungsrechtlich zulässig), dann ist ein Cadmium-Prüfwert i. H. v. 2 mg/kg heranzuziehen. Diesen Wert überschreiten mehr als 92 % der aus der Bodentiefe 0-10 cm entnommenen Proben (um das bis zu 4-fache). Im Maximum wurde Cadmium mit einem Boden-Gesamtgehalt von 9,4 mg/kg in den Mischproben der Flächen

²⁾ In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden, ist der Wert von 2 mg/kg TS als Prüfwert anzuwenden.

³⁾ Die Bewertung der Überschreitungshäufigkeit orientiert sich der angetroffenen Flächennutzung im Untersuchungsgebiet folgend am Cadmium-Prüfwert von 2 mg/kg TS



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

1 und 6 jeweils in Bodentiefen von 0 – 35 cm nachgewiesen. Fläche 1 liegt dabei im Bereich eines Erzgangs (siehe Anlage 11). In den aus einer Tiefe von 10-35 cm entnommenen Bodenproben liegt der Cadmiumgehalt in 100 % der Fälle über dem Prüfwert von 2 mg/kg. In diesem Zusammenhang wird auch auf die Betrachtung der resorptionsverfügbaren Cadmium-Gehalte des Bodens verwiesen (siehe 4.3.6).

Legt man dagegen den Cadmium-Prüfwert der BBodSchV für Wohngebiete, in denen keine Kinderspielflächen im Sinne der BBodSchV vorhanden sind und nicht gleichzeitig Nutzpflanzen angebaut werden, von 20 mg/kg als Vergleichswert heran, so liegen die Cadmiumgehalte in den untersuchten Böden des Wohngebietes Umfeld "Hoppecker Straße" regelmäßig deutlich unterhalb dieses Wertes. Auch der Cadmium-Prüfwert "Kinderspielflächen" i. H. v. 10 mg/kg wird im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" in allen Bodenproben unterschritten.

Für das Element Blei wird der Prüfwert für Kinderspielflächen i. H. v. 200 mg/kg in allen Bodenproben überschritten. Auch der für Wohngebiete gültige Prüfwert i. H. v. 400 mg/kg wird mit Ausnahme von zwei Bodenproben (Fläche 3 und 8; 0-10 cm 381 bzw. 377 mg/kg) regelmäßig überschritten. Mehr als 66 % der auf den Wirkungspfad Boden – Mensch untersuchten Bodenproben (0-35 cm u. GOK) weisen in dem hier betrachteten Gebiet einen Bleigehalt von über 500 mg/kg auf.

4.3.5 (Schwer-) Metalle im Bereich besonders sensibler Nutzung "Kinderspielplatz In der Helle" (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Straße)

Der Abgleich der Schwermetall-Gesamtgehalte im Boden des Kinderspielplatzes an der Straße "In der Helle" mit den Prüfwerten der BBodSchV Anhang 2, Punkt 1.3 macht eine tiefendifferenzierte Betrachtung erforderlich. Im Einzelnen wurden die Bodenmischproben aus folgenden Tiefen entnommen:

- 0-10 cm = Kontaktbereich für orale und dermale Schadstoffaufnahme
- 10-35 cm = Maximal von Kindern erreichbare Tiefe nach BBodSchV

Sowohl der Cadmium-Gesamtgehalt in der aus 0-10 cm u. GOK entnommenen Bodenmischprobe (1,9 mg/kg), als auch der Cadmiumgehalt der aus 10-35 cm u. GOK entnommenen Probe (4,4 mg/kg) unterschreiten den Prüfwert i. H. v. 10 mg/kg.

Für Blei hingegen kommt es mit Gesamtgehalten von 472 mg/kg (0-10 cm u. GOK) und 950 mg/kg (10-35 cm u. GOK) zu deutlichen Prüfwertüberschreitungen um mehr als das zwei- respektive vier-fache.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Arsen unterschreitet im Boden des Kinderspielplatzes an der Straße "In der Helle" die Prüfwerte für Kinderspielflächen.

Für den betrachteten Kinderspielplatz (Fläche 11) wurde darüber hinaus für die Elemente Blei und Cadmium die Resorptionsverfügbarkeit mittels Hack-Selenka-Extrakt bestimmt. Die Ergebnisse der Resorptionsverfügbarkeits-Untersuchungen sind unter Punkt 4.3.6 dargestellt.

4.3.6 Resorptionsverfügbarkeit der Elemente Blei und Cadmium im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Stichprobenhaft wurde im Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" in vier Bodenmischproben (0-10 cm) die Resorptionsverfügbarkeit der Elemente Cadmium und Blei im Hack-Selenka-Extrakt bestimmt. In diesem Rahmen wurden auch die resorptionsverfügbaren Cadmium- und Blei-Gehalte in der dem Kinderspielplatz (Fläche 11) im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" entnommenen Bodenprobe (0-10 cm) im Hack-Selenka-Extrakt ermittelt.

Für **Blei** (siehe Abbildung 9 auf der nachfolgenden Seite) schwanken die Resorptionsverfügbarkeiten zwischen 36 % (Fläche 5) und 43 % (Fläche 9) und liegen damit auf einem vergleichbaren Niveau wie in einer Studie aus dem Duisburger Süden [3], in der u. a. unter Einbeziehung der Resorptionsverfügbarkeit ein einzelfallbezogener Maßnahmenwert für Blei i. H. v. 800 mg/kg abgeleitet wurde. Die höchsten resorptionsverfügbaren Blei-Gehalte wurden mit 438 mg/kg in der Bodenprobe der Fläche 5 nachgewiesen. Die Flächennutzung wird hier durch Hausgarten, z. T. mit Nutzgarten und Kinderspielfläche charakterisiert; die Fläche liegt im Bereich eines Erzgangs (siehe Anlage 11).



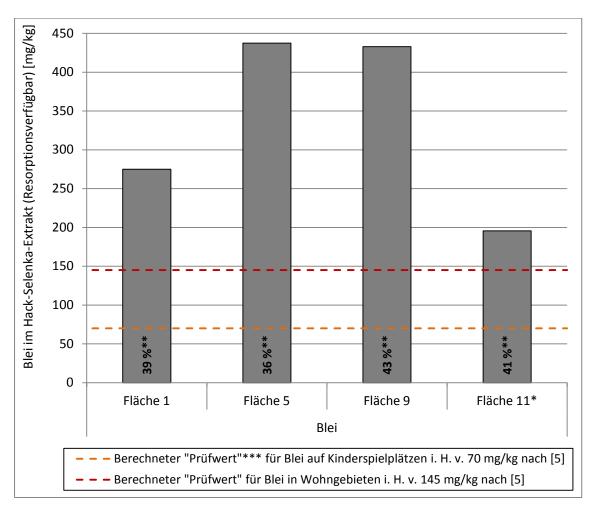


Abbildung 9: Verfügbarkeit von Blei im Hack-Selenka-Extrakt (Resorptionsverfügbare Gehalte) der untersuchten Böden aus dem Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße". *Kinderspielplatz; **Bezogen auf die Gesamtgehalte im Königswasser-Extrakt.

In [5] werden für das Schwermetall Blei zunächst – wie bei den anderen Schwermetallen auch – Berechnungen zur Ableitung von Blei-Prüfwerten für die entsprechenden Nutzungen auf Grundlage von TRD¹²-Werten durchgeführt. Dabei wurde eine Resorptionsverfügbarkeit von 100 % angenommen. Da sich hierbei Prüfwerte ergeben hätten, die im Bereich der Hintergrundbelastung natürlicher Böden in Deutschland liegen, erfolgte dann in einem weiteren Schritt eine Ableitung des Blei-Prüfwerts an Hand von Daten zum Blutbleigehalt von Kindern [5].

Zu Vergleichszwecken bieten es sich aber an, die in [5] im ersten Schritt berechneten "Prüfwerte" (von 70 mg/kg Blei für Kinderspielflächen und 145 mg/kg

¹² TRD: tolerierbare resorbierte Dosis.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

für Wohngebiete) hier direkt mit hier ermittelten *resorptionsverfügbaren* Bleigehalten im Hack-Selenka-Extrakt zu vergleichen (siehe Abbildung 3).

Der in [5] für Blei berechnete "Prüfwert" von 70 mg/kg wird auf dem Kinderspielplatz im Bereich des Wohngebietes "Hoppecker Straße" mit 196 mg/kg überschritten. Auch der in [5] für Wohngebiete abgeleitete Prüfwert i. H. v. 145 mg/kg wird auf den untersuchten Flächen regelmäßig, im Maximum um mehr als das drei-fache, überschritten.

Die Resorptionsverfügbarkeiten von **Cadmium** liegen bezogen auf den Cadmium-Gesamtgehalt der jeweiligen Bodenprobe bei einem Mittelwert von 50 % und schwanken zwischen 44 % (Fläche 5) und 62 % (Fläche 1) (siehe Abbildung 10 auf der nachfolgenden Seite). Die höchsten resorptionsverfügbaren Cadmium-Gehalte wurden mit 3,4 mg/kg in der Bodenprobe der Fläche 5 nachgewiesen. Die Nutzung der entsprechenden Flächen ist hier als Hausgarten zu charakterisieren, z. T. mit Nutzgartenbereichen sowie Kinderspielflächen; die Fläche liegt im Bereich eines Erzgangs (siehe Anlage 11).

Bei der Prüfwert-Ableitung für Cadmium gemäß BBodSchV wird eine Resorptionsverfügbarkeit von 100 % angenommen. Diese Annahme wurde für die untersuchten Bodenproben des Wohngebietes "Hoppecker Straße" nicht bestätigt (mittlere Resorptionsverfügbarkeit hier 50 %). Umgekehrt können vor dem dargestellten Hintergrund der Prüfwertableitung die resorptionsverfügbaren Cadmiumgehalte direkt mit dem Prüfwert der BBodSchV verglichen werden (siehe Abbildung 4). Dabei zeigt sich, dass bei drei der vier untersuchten Bodenproben eine Überschreitung des Prüfwertes für Hausgärten, die sowohl als Nutzgarten als auch als Kinderspielfläche genutzt werden, erfolgt.

Legt man hier für Cadmium eine Resorptionsverfügbarkeit von 50 % an, so kommt man zu folgenden gebietsspezifischen Prüfwerten (für den Cadmiumgehalt in der Originalsubstanz):

- 4 mg/kg bei Hausgärten, die sowohl als Nutzgarten als auch als Kinderspielfläche genutzt werden
- 20 mg/kg auf Kinderspielflächen

Von den insgesamt 12 Bodenproben aus einer Entnahmetiefe von 0 – 10 cm überschreiten 4 und von den insgesamt 12 Bodenproben aus einer Entnahmetiefe von 10 – 35 cm 7 den vorgenannten gebietsspezifischen Prüfwert von 4 mg/kg bei Hausgärten. Der gebietsspezifische Prüfwert für Kinderspielflächen von 20 mg/kg wird dagegen von keiner Bodenprobe überschritten.



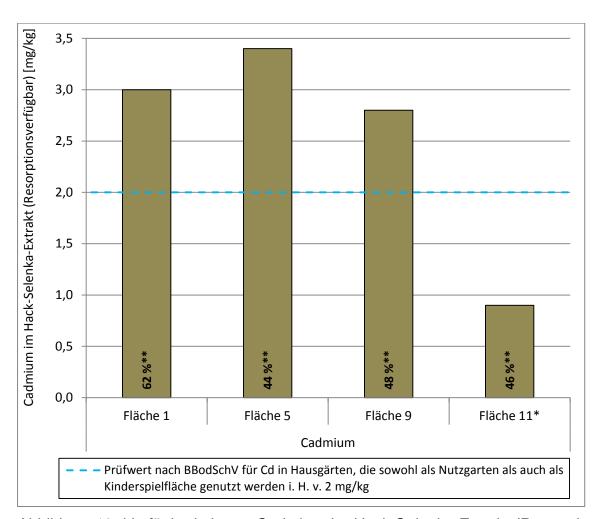


Abbildung 10: Verfügbarkeit von Cadmium im Hack-Selenka-Extrakt (Resorptionsverfügbare Gehalte) der untersuchten Böden aus dem Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße". *Kinderspielplatz; **Bezogen auf die Gesamtgehalte im Königswasser-Extrakt.

4.3.7 (Schwer-) Metalle im Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze (Wohngebiet Umfeld Hoppecker Str.)

Im Untersuchungsgebiet Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" wurden 10 Bodenproben auf die potentiell pflanzenverfügbaren Gehalte von Cadmium und Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt untersucht. Die Ergebnisse dieser Extraktion sind in Bezug zu den nach BBodSchV gültigen Maßnahmenwerten für Cadmium (0,1 mg/kg // ¹³0,04 mg/kg) respektive dem Prüfwert für Blei i. H. v. 0,1 mg/kg in Abbildung 11 (nachfolgende Seite) dargestellt.

¹³ Auf Flächen mit Brotweizen oder stark Cd-anreicherndem Gemüse



Wie Abbildung 11 zeigt, kommt es für das Element Cadmium nur auf Fläche 4 bei einem mittlerem pH-Wert von 5,4 (mäßig sauer) zu Überschreitungen des Maßnahmenwertes. Dies gilt unter Berücksichtigung des Maßnahmenwertes von 0,04 mg/kg bei Brotweizen-Anbau bzw. bei dem im betrachteten Wohngebiet relevant erscheinenden und de facto angetroffenem Anbau von stark Cdanreicherndem Gemüse (z. B. Spinat, Sellerie oder Lollo rosso) sowohl für die Beprobungstiefe 0-30 cm (0,142 mg/kg) als auch 30-60 cm (0,087 mg/kg). Legt man den ansonsten gültigen Maßnahmenwert für Cadmium von 0,1 mg/kg an, so wird dieser nur einmal um 0,04 mg/kg überschritten (Fläche 4; Beprobungstiefe 0-30 cm).

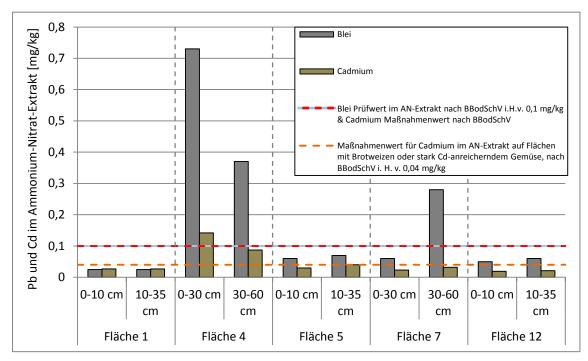


Abbildung 11: Pflanzenverfügbare Cadmium- und Bleigehalte in den untersuchten Böden des Wohngebietes im Umfeld der "Hoppecker Straße" (Methode: Ammonium-Nitrat-Extraktion)

Für Blei kommt es auf zwei Flächen (4 und 7) zu Prüfwertüberschreitungen. Zweimal ist hiervon die Fläche 4 betroffen. Bei Boden pH-Werten von pH 5,2 (0-30 cm) und pH 5,8 (30-60 cm) im mäßig saurem Bereich liegen die potentiell pflanzenverfügbaren Bleigehalte hier bei 0,73 respektive 0,37 mg/kg und damit deutlich über dem Prüfwert von 0,1 mg/kg. Auf der Fläche 7 kommt es bei einem Boden pH-Wert von pH 6,1 und einem Bleigesamtgehalt von 834 mg/kg zu einer Prüfwertüberschreitung im Ammonium-Nitrat-Extrakt um 0,18 mg/kg (Beprobungstiefe 30-60 cm).



Die Bodenproben, die den Prüfwert für Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt überschreiten, weisen alle einen schwach bis mäßig sauern pH-Wert auf. Es ist gemeinhin bekannt, dass zwischen dem Boden-pH-Wert und der Verfügbarkeit von Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt ein Zusammenhang besteht [6]. Auch im vorliegenden Fall wird dieser Zusammenhang bestätigt (siehe Abbildung 12).

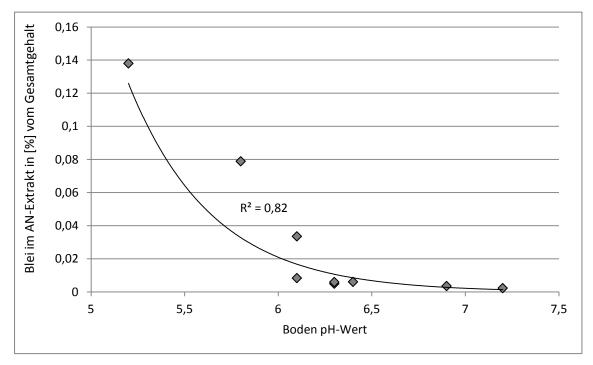


Abbildung 12: Zusammenhang zwischen dem Boden-pH-Wert und der Verfügbarkeit von Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt - Datensatz "Hoppecker Straße" - (Exponentielle Anpassung).

Der Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variablen Boden-pH-Wert und der abhängigen Variablen, dem Bleigehalt im Ammonium-Nitrat-Extrakt (siehe Abbildung 12), wird über das ¹⁴Bestimmtheitsmaß R² beschrieben. Je näher R² an 1 liegt, desto besser ist der Zusammenhang der Variablen. Abgeleitet aus dem für das Untersuchungsgebiet Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" generierten Datensatz liegt R² hier für die vorgenannten Variablen bei 0,82. Folglich besteht ein guter Zusammenhang zwischen den beiden Messgrößen.

Grundsätzlich gilt für Blei, wie auch für andere Schwermetalle z. B. Zink und Cadmium, dass mit abnehmendem Boden-pH-Wert die Verfügbarkeit im Am-

¹⁴ R² = Bestimmtheitsmaß: Beschreibt die Güte eines Zusammenhanges zwischen Variablen. Hier zwischen der abhängigen Variablen "Blei im Ammonium-Nitrat-Extrakt" und der unabhängigen Variablen "Boden-pH-Wert". Je näher R² an 1,0, desto größer ist der Zusammenhang zwischen den Variablen.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

monium-Nitrat-Extrakt zunimmt (exponentieller Zusammenhang) [6]. Entsprechend ist die Wahrscheinlichkeit eines relevanten Schwermetallübergangs Boden – Pflanzen auf Standorten, deren Böden eine hohe Acidität aufweisen wesentlich höher als auf Standorten mit neutralen bis alkalischen pH-Werten.



"Hoppecker Straße"

5. Gutachterliche Beurteilung

5.1 Bewertungsgrundlagen

5.1.1 Gefährdungsabschätzung nach Bodenschutzrecht

5.1.1.1 Allgemeines

Generell entspricht der Detaillierungsgrad der hier durchgeführten Untersuchungen in den beiden Teilgebieten dem einer "Orientierenden Untersuchung" im Sinne von § 2 Pkt. 3 BBodSchV. Die "Orientierende Untersuchung" wird dort wie folgt definiert: "Örtliche Untersuchungen, insbesondere Messungen, … zum Zweck der Feststellung, ob der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder..Altlast ausgeräumt ist oder ein hinreichender Verdacht im Sinne des § 9 Abs. 2 Satz 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes besteht".

Nach § 4 (1) BBodSchV sind dabei die "Ergebnisse der orientierenden Untersuchungen … unter Beachtung der Gegebenheiten des Einzelfalls insbesondere auch anhand von Prüfwerten zu bewerten." <u>Prüfwerte</u> sind nach § 8 (1) Pkt. 1 BBodSchG "Werte, bei deren *Über*schreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt …".

Da für die hier untersuchten Teilgebiete der Stadt Brilon nach vorliegenden Untersuchungen aber der Verdacht nahe lag, dass Prüfwertüberschreitungen auftreten könnten, wurden im Rahmen des vorliegenden Auftrags mit den Untersuchungen insbesondere zur Resorptionsverfügbarkeit bereits Untersuchungen durchgeführt, die üblicherweise erst im Rahmen einer Detailuntersuchung im Sinne von § 2 Pkt. 4 BBodSchV durchgeführt werden. Damit wird auch den Regelungen in § 4 (10) zu naturbedingt erhöhten Gehalten Rechnung getragen. Dort wird ausgeführt, dass hierbei nicht allein auf Grund der erhöhten Gehalte eine Einstufung als schädliche Bodenveränderung erfolgen soll. Vielmehr ist zu überprüfen, inwieweit diese Stoffe "durch Einwirkungen auf den Boden in erheblichem Umfang freigesetzt wurden oder werden."

Durch das "Vorziehen" entsprechender Untersuchungen sollten außerdem ggf. festgestellte Prüfwertüberschreitungen zeitnah dahingehend überprüft werden, ob sich hieraus weiterer Handlungsbedarf ergibt oder durch entsprechende Untersuchungsergebnisse der Gefahrenverdacht ausgeräumt werden kann.



5.1.1.2 <u>"Sonderregelungen" in der BBodSchV für Gebiete mit naturbedingt er</u>höhten Schadstoffgehalten

Im hier zu betrachtenden Fall ist davon auszugehen, dass die vorhandenen, stark erhöhten Schwermetallgehalte zum größten Teil naturbedingt sind. Dies kann daraus geschlossen werden, dass trotz Bergbautätigkeit insbesondere im Bereich des Neubaugebiets "Derkerborn" ausschließlich natürliche bzw. naturnahe Böden angetroffen wurden. In keinem Fall wurden technogene Substrate (wie Abraum / Haldenmaterial, Schlacken) in den Böden angetroffen.

In § 4 (8) BBodSchV wird ausgeführt, dass eine "schädliche Bodenveränderung … nicht bei Böden mit naturbedingt erhöhten Gehalten an Schadstoffen allein auf Grund dieser Gehalte [besteht], soweit diese Stoffe nicht durch Einwirkungen auf den Boden in erheblichem Umfang freigesetzt wurden oder werden."

Unter "Freisetzung" ist dabei nach [7] der Schadstoffübergang über die einzelnen Wirkungspfade zu den Schutzgütern zu verstehen. Gleiches gilt allerdings letztendlich auch für Schadstoffbelastungen, die durch andere Vorgänge verursacht wurden. Hier ist ebenfalls im Rahmen einer Detailuntersuchung zu prüfen, ob die festgestellten Schadstoffe mobil bzw. mobilisierbar vorliegen und zu den Schutzgütern übergehen.

Daher sind bei naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten (d. h. bei Prüfwertüberschreitungen) analog zu sonstigen Schadstoffbelastungen im Rahmen der Detailuntersuchung die Möglichkeiten einer "Freisetzung" zu prüfen. Bei gleicher Freisetzung sind naturbedingte Schadstoffbelastungen genauso zu beurteilen wie durch andere Vorgänge verursachte Belastungen.

5.1.1.3 Wirkungspfad-bezogene Prüf- und Maßnahmenwerte der BBodSchV

In der BBodSchV werden die Wirkungspfade Boden-Mensch ("Direktpfad"), Boden-Nutzpflanze ("Nutzpflanzenpfad") und Boden-Grundwasser ("Grundwasser-pfad") geregelt. Dabei ist die Beurteilung des "Grundwasserpfads" kein Bestandteil des vorliegenden Auftrags und wird daher nachfolgend nicht weiter betrachtet.

Der "Direktpfad" beschreibt den direkten Übergang von Schadstoffen aus dem Boden zum Menschen, z. B. durch Verschlucken von Bodenpartikeln (orale Aufnahme), Einatmen von durch Wind aufgewirbelter Boden- und Staubteilchen bzw. von Stoffen, die aus dem Boden ausgasen (inhalative Aufnahme) sowie Hautkontakte mit verunreinigtem Boden (dermale Aufnahme). Für die mögliche Schadstoffaufnahme durch den Mensch ist dabei der Wirkungspfad Boden-Mensch von vorrangiger Bedeutung. (Hinweis: hier findet lediglich eine gefah-



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

renrechtliche Beurteilung für Kinderspiel *flächen* nach BBodSchV statt, nicht eine ggf. durchzuführende gesundheitsvorsorgliche für Kinderspiel *plätze*).

Der "Nutzpflanzenpfad" beschreibt den Übergang von Schadstoffen über die Nutzpflanze direkt oder über Nutztiere zum Menschen. Die Aufnahme findet somit über die Nahrung statt. Bei der Ableitung der Prüfwerte sind primär folgende Fallgestaltungen und Schutzgüter zu berücksichtigen:

- Ausschluß humantoxischer Wirkungen beim Verzehr von pflanzlichen Lebensmitteln
- Sicherstellung der Vermarktbarkeit von Nahrungspflanzen aus Ackerund Erwerbsgartenbau als Lebensmittel
- Sicherstellung der Verwertbarkeit von Ackerfutter und Grünlandaufwuchs als Futtermittel

Naturgemäß ist bei den beiden beschriebenen Wirkungspfaden die Möglichkeit des Schadstoffübergangs von der Art und der Intensität der Nutzung der Flächen abhängig. Gleichzeitig ist beim "Direktpfad" die Sensibilität der die jeweiligen Flächen nutzenden Personen ([Klein-] Kinder, Erwachsene usw.) zu berücksichtigen.

Die BBodSchV unterscheidet daher pfadspezifisch die in der nachfolgenden Tabelle 6 aufgeführten Nutzungen.

Tabelle 6: : Nach der BBodSchV zu unterscheidende Nutzungen.

Wirkungspfad	bei der Untersuchung zu unterschei-
	dende Nutzungen
Boden–Mensch ("Direktpfad")	Kinderspielfläche ¹
	Wohngebiete ¹
	Park- und Freizeitanlage
	Industrie- und Gewerbegrundstücke
Boden-Nutzpflanze ("Nutzpflanzenpfad")	Ackerbau, Nutzgarten ¹
	Grünland

¹ Die Besonderheiten bei der Nutzung "Haus- und Kleingärten" sind zu beachten, da hier eine pfadintegrierende Betrachtung erforderlich ist (d. h. integrativ der mögliche Schadstoffübergang beim Direkt- und des Nutzpflanzenpfad zu betrachten ist)!

Bei einer Betrachtung der Nutzungen einer konkret zu beurteilenden Fläche ist zu berücksichtigen, dass entsprechend § 4 (4) BBodSchG bei der "Erfüllung der boden- und altlastenbezogenen Pflichten" (d. h. der Pflichten zur Gefahrenabwehr) "... die planungsrechtlich zulässige Nutzung des Grundstücks und das sich hieraus ergebende Schutzbedürfnis zu beachten ist." Hieraus folgt z. B. für



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

ein als "Ziergarten" ohne Nutzpflanzenanbau genutztes Grundstück in einem Wohngebiet, dass – soweit planungsrechtlich keine entsprechenden Beschränkungen bestehen – grundsätzlich auch die planungsrechtlich zulässige Anlage eines Nutzgartens zu beachten ist.

Die Bewertung von altlastverdächtigen Flächen wird entsprechend § 4 BBodSchV mittels Prüf- und Maßnahmenwerten unter Berücksichtigung der Gegebenheiten des Einzelfalls vorgenommen. Diese Prüf- und Maßnahmenwerte sind gemäß § 8 Abs. 1 BBodSchG in der BBodSchV festgelegt und wie folgt definiert:

Prüfwerte sind nach § 8 (1) Pkt. 1 BBodSchG "Werte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder.. Altlast vorliegt ...".

Maßnahmenwerte sind nach § 8 (1) Pkt. 2 BBodSchG "Werte für Einwirkungen oder Belastungen, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Bodennutzung in der Regel von einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast auszugehen ist und Maßnahmen erforderlich sind ...".

Sind für die Schadstoffe, die bei der untersuchten Fläche relevant sind, keine Prüfwerte vorhanden, so sind entsprechend § 4 (5) BBodSchV "für die Bewertung die zur Ableitung der entsprechenden Werte in Anhang 2 herangezogenen Methoden und Maßstäbe zu beachten. Diese sind im Bundesanzeiger ... veröffentlicht." Analog ist auch für die Maßnahmenwerte zu verfahren.

5.1.1.3.1 Prüfwerte für den "Direktpfad"

Für den "Direktpfad" sind in der BBodSchV die in der nachfolgenden Tabelle 7 aufgeführten Prüfwerte festgelegt, die für Bodenproben anzuwenden sind, die aus den Tiefen 0 – 10 und 10 – 35 cm entnommen wurden.



Tabelle 7: Prüfwerte der BBodSchV für den "Direktpfad" (Wirkungspfad Boden-Mensch). Methode: Bestimmung aus dem Königswasseraufschluss..

	Prüfwerte (mg/kg TM)			
Stoff	Kinderspiel-	Wohngebiete	Park- und Frei-	Industrie- und Ge-
	flächen		zeitanlage	werbegrundstücke
Arsen	25	50	125	140
Blei	200	400	1.000	2.000
Cadmium	10	20	50	60
Cyanide	50	50	50	100
Chrom	200	400	1.000	1.000
Nickel	70	140	350	900
Quecksilber	10	20	50	80
Benzo[a]pyren	2	4	10	

In Haus- und Kleingärten, die sowohl dem Aufenthalt von Kindern als auch dem Anbau von Nahrungspflanzen dienen, ist für die Nutzungen Kinderspielflächen und Wohngebiete für den Parameter Cadmium ein Prüfwert von 2,0 mg/kg anzuwenden.

Bezüglich der Bewertung von Kinderspielplätzen führt die BBodSchV, Anhang 2, Pkt. 1.1 a) aus: "Amtlich ausgewiesene Kinderspielplätze sind ggf. nach Maßstäben des öffentlichen Gesundheitswesens zu bewerten." In NRW liegt hierzu mit dem RdErl. d. Ministeriums für Frauen, Jugend, Familie und Gesundheit ds Landes NRW vom 16.03.2000 "Vorsorgender Gesundheitsschutz für Kinder auf Kinderspielflächen" [8] die entsprechenden Maßstäbe konkretisiert. In diesem Erlass heißt es unter Punkt 1 "Regelungen der BBodSchV":

"Im Anhang 2 der BBodSchV sind für die Bewertung von vorhandenen Schadstoffbelastungen auf Kinderspielflächen Maßnahmen- oder Prüfwerte für organische und anorganische Schadstoffe festgesetzt.

Die Anforderungen, die durch § 12 BBodSchV an die Ein- und Aufbringung von Materialien zur Herstellung durchwurzelbarer Bodenschichten gestellt werden, können in Einzelfällen auch Auswirkungen auf die Bewertung von Bodenmaterial haben, welches im vegetationsfreien Umfeld der Kinderspielfläche verwendet werden soll. Hierbei sind die Vorsorgewerte gemäß § 9 BBodSchV, die auch unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes abgeleitet wurden, anzuwenden.

Insbesondere aus dem Titel des Erlasses und dem Verweis auf die "unter dem Gesichtspunkt des vorsorgenden Gesundheitsschutzes" abgeleiteten Vorsorgewerte als möglicher Maßstab für die Anforderungen an Bodenmaterial, dass



im Bereich von Kinderspielflächen verwendet werden soll, wird deutlich, dass bei Kinderspielflächen "Vorsorge" gegen schädliche Einwirkungen getroffen werden muss. Dementsprechend sind bei amtlich ausgewiesenen Kinderspielplätzen also ggf. strengere Maßstäbe anzulegen als bei der Beurteilung von Gefahren im Sinne des Bodenschutzrechts.

Im Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999 [5] ist die Ableitung der nutzungsspezifischen Blei-Prüfwerte gemäß BBodSchV dargestellt. Im Rahmen der Prüfwert-Ableitung wurden in [5] "Prüfwerte" unter der Annahme einer 100 %igen Blei-Resorptionsverfügbarkeit berechnet. Diese erlauben den direkten Abgleich mit real in einem Boden ermittelten Resorptionsverfügbaren Bleigehalten im Hack-Selenka-Extrakt. Folgende Tabelle 8 zeigt eine Zusammenstellung der in [5] unter Annahme einer 100 %igen Blei-Resorptionsverfügbarkeit berechneten "Prüfwerte".

Tabelle 8: Übersicht der in [5] unter Annahme einer 100 %igen Blei-Resorptionsverfügbarkeit berechneten "Prüfwerte" (gerundet).

Prüfwert [mg/kg TM]				
Element	Kinderspielflächen Wohngebiet Park- und Freizeit- Industrie- und Ge- werbeflächen			
Blei	70	145	360	97.000

Für Thallium gibt es in der rechtskräftigen BBodSchV in der derzeit gültigen Fassung keinen Prüfwert. Im Entwurf vom 31.10.2012 der Verordnung zur Festlegung von Anforderungen für das Einbringen oder das Einleiten von Stoffen in das Grundwasser, an den Einbau von Ersatzstoffen und für die Verwendung von Boden und bodenähnlichem Material ("Mantelverordnung"), Artikels 4 (Neufassung der Bundes-Bodenschutzh- und Altlastenverordnung), Wird ein Prüfwert auf Kinderspielflächen von 5 mg/kg, in Wohngebieten von 10 mg/kg und in Park- und Freizeitanlagen von 25 mg/kg vorgeschlagen. Es ist davon auszugehen, dass diesen Prüfwerten eine Ableitung entsprechend den Methoden und Maßstäben der Bekanntmachung im Bundesanzeiger Nr. 161a vom 28. August 1999 entspricht. Damit können diese Prüfwerte hier zumindest orientierend für eine Beurteilung herangezogen werden.

Maßnahmenwerte für den "Direktpfad" sind in der BBodSchV mit Ausnahme von nutzungsabhängigen Werten für Dioxine/Furane nicht festgelegt. Bei einer Prüfwertüberschreitung besteht aber die Notwendigkeit, die tatsächliche Gefahrenschwelle für den zu beurteilenden Einzelfall zu ermitteln, da oberhalb der Gefahrenschwelle Maßnahmen zur Gefahrenabwehr (Sanierungsmaßnahmen, ggf. Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen) erforderlich werden.

Auch wenn es nicht Gegenstand des vorliegenden Auftrags war, einen "gebietsspezifischen" Maßnahmenwert für den Direktpfad für das hier besonders



beurteilungsrelevante Blei abzuleiten, werden in Kap. 5.1.1.4 dennoch Überlegungen hierzu angestellt.

5.1.1.3.2 Prüf- und Maßnahmenwerte für den "Nutzpflanzenpfad"

In der BBodSchV sind für die Nutzungen Nutzgarten, Ackerbau und Grünland Prüf- bzw. Maßnahmenwerte festgelegt. Außerdem werden Prüfwerte für die Beurteilung ertragsbezogener Wachstumsbeinträchtigungen bei Pflanzen angegeben.

Die Prüf- und Maßnahmenwerte gelten für die Beurteilung von Oberböden. Bei Ackerbauflächen und Nutzgärten entspricht dies einer Tiefe von 0 – 30 cm, bei Grünland von 0 – 10 cm. Für die darunter genommenen Proben ist das 1,5fache der Prüf- und Maßnahmenwerte anzusetzen.

Nachfolgend sind für die unterschiedlichen landwirtschaftlichen bzw. gärtnerischen Nutzungen die Prüf- und Maßnahmenwerte aufgeführt.

Tabelle 9: Prüf - und Maßnahmenwerte der BBodSchV (Angaben in mg/kg) Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze, **Nutzung Ackerbau, Nutzgarten** [9]

Parameter	Methode	Prüfwert	Maßnahmenwert
Arsen	KW	200	
Cadmium	AN		0,1
Blei	AN	0,1	
Quecksilber	KW	5	
Thallium	AN	0,1	
Benzo(a)pyren	-	1	

KW = Bestimmung aus dem Königswasseraufschluss AN = Bestimmung aus dem Ammoniumnitratextrakt



Tabelle 10: Maßnahmenwerte der BBodSchV (Angaben in mg/kg) Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze, **Nutzung Grünland** [9]. Methode: Bestimmung aus dem Königswasseraufschluss..

Paramenter	Maßnahmenwert	
Arsen	50	
Blei	1200	
Cadmium	20	
Kupfer	1300 ¹	
Nickel	1900	
Quecksilber	2	
Thallium	15	
Polychlorierte Biphenyle (PCB6)	0,2	
1) Bei Grünlandnutzung durch Schafe gilt als Maßnahmenwert 200 mg/kg Trockenmasse.		

Tabelle 11: Prüfwerte für den Nutzpflanzenpfad auf **Ackerbauflächen** im Hinblick auf **Wachstumsbeeinträchtigungen** bei Kulturpflanzen (Angaben in mg/kg), [9]. Methode: Bestimmung aus dem Ammoniumnitrat-Extrakt.

Parameter	Prüfwert
Arsen	0,4
Kupfer	1
Nickel	1,5
Zink	2

5.1.1.4 Überlegungen zu einem "gebietsspezifisch" abzuleitenden Maßnahmenwert ("Direktpfad") für Blei

Nach den vorliegenden Daten ist Blei (und untergeordnet Cadmium) der die Belastung in den beiden untersuchten Teilgebieten der Stadt Brilon bestimmende Parameter. Dabei ist generell eine Überschreitung der Prüfwerte für Kinderspielflächen und Wohngebiete sowie z. T. auch der Prüfwerte für Park- und Freizeitanlagen sowie Industrie- und Gewerbegrundstücken festzustellen. Da für Blei in der BBodSchV kein Maßnahmenwert festgelegt ist, sind hier Überlegungen anzustellen, wie für den Direktpfad "gebietsspezifisch" (d. h. die konkre-



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

ten Verhältnisse der hier zu beurteilenden wohnbaulich genutzten Grundstücke sowie der öffentlichen Kinderspielflächen) ein Maßnahmenwert abgeleitet werden kann. Hierzu sollen nachfolgend Überlegungen angestellt werden, um erste Maßstäbe für eine Beurteilung der erhobenen Daten geben zu können.

Der Prüfwert für Blei in der BBodSchV ist abweichend von den anderen Prüfwerten auf Grundlage von Humanbiomonitoring-Daten (Blut-Bleigehalte bei Kindern) abgeleitet worden. Muss nun ein Maßnahmenwert, d. h. die Gefahrenschwelle, ab der Maßnahmen zur Gefahrenabwehr zwingend erforderlich sind, ermittelt werden, dann müssen diese spezifischen Ableitungmethoden für Blei berücksichtigt werden.

Erhöhte, über den Prüfwerten liegende Bleibelastungen wurden in der (jüngeren) Vergangenheit bundesweit, aber auch in verschiedenen Bereichen Nordrhein-Westfalens festgestellt. Eines der Gebiete mit großflächig über den Prüfwerten liegenden Bleigehalten ist der Duisburger Süden. Hier wurden umfangreiche Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Blut-Bleigehalten von Kindern und Bleigehalten des Bodens durchgeführt [3], einzelfallbezogene Maßnahmenwerte abgeleitet und die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere zu beurteilende Einzelfälle diskutiert.

In [3] wird eine von der Bodenbelastung unabhängige "Grundlast" der Blutbleibelastung von Kleinkindern (Alter 1 – 3 Jahre) im Duisburger Süden mit ca. 30 μ g/L abgeschätzt. Dabei lagen die tatsächlichen Blutbleigehalte im Jahr 2000 im Blut 6jähriger Kinder (N=186) bei einem arithmetischen Mittelwert von 33,73 μ g/l, einem Median von 31,00 μ g/l und einen 95. Perzentil von 67 μ g/l sowie einem Maximalwert von 86 μ g/l. Dabei wird zur Umrechnung des bei der Schuleingangsuntersuchung entnommenen und untersuchten Blutes der 6jährigen Kinder auf den Blutbleigehalt von Kleinkindern (für die die Prüfwerte in der BBodSchV abgeleitet wurden) davon ausgegangen, dass die Blutbleigehalte bei Kleinkindern um ca. 1/3 höher liegen als bei 6jährigen Kindern.

Zu beachten ist, dass nach [3] der Blutbleigehalt der untersuchten Kinder im Duisburger Süden zu erheblichen Anteilen durch den Bleigehalt des Schwebstaubs bzw. im Staubniederschlag im Untersuchungsgebiet bestimmt wird. Dabei wird für den Duisburger Süden im Jahr 2000 ein arithmetischer Mittelwert der Bleibelastung im Schwebstaub von 0,06 μ g/m³ Luft angegeben und ein arithmetischer Mittelwert des Bleigehaltes im Staubniederschlag von 183,7 μ g/m²*d.

Aus einer multivariaten Regressionsanalyse der Daten aus dem Jahr 2000 wurde dann aber abgeleitet, dass im Mittel der Blutbleigehalt der Kinder im Duisburger Süden um ca. 2 μ g/L mit einer Zunahme des Bodenbleigehaltes um 100 mg/kg zunimmt.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

In [3] wird dann basierend auf dem "Referenzniveau" des Human-Biomonitorings von (damals, d.h. im Jahr 2006) 50 µg/l Blutblei ein einzelfallbezogener Maßnahmenwert für den Boden von 800 mg/kg für Wohngebiete und basierend auf dem "Referenzniveau" des damals noch bestehenden HBM-l-Wertes¹⁵ von 100 µg/l Blutblei ein Maßnahmenwert von 1.900 mg/kg für Wohngebiete abgeleitet. Der Maßnahmenwert für Kinderspielflächen würde dann 400 bzw. 850 mg/kg Blei betragen. In [3], S. 42 wird dann aber ausgeführt, dass unter "Zusammenschau aller vorgenannten Fakten und Überlegungen … hier pragmatisch vorgeschlagen [wird], eine Blutblei-Konzentration von 50 µg/l als Ableitungsgrundlage für einzelfallbezogene Maßnahmenwerte" zu verwenden.

Auch wenn die Bleibelastung in Duisburg immissionsbürtig und damit ggf. nicht direkt mit der hier zu beurteilenden geogenen Belastung trotz ähnlicher Resorptionsverfügbarkeiten vergleichbar ist, die Grundlast der Blutbleibelastung im Duisburger Süden ggf. höher als in Brilon ist und auch die Vergleichbarkeit der Expositionsbedingungen (Intensität / Dauer des Kontakts von spielenden Kleinkindern mit belastetem Boden) zu prüfen sind, können die in [3] dokumentierten Daten / Ergebnisse hier zumindest orientierend bei der Beurteilung der in den beiden untersuchten Teilgebieten der Stadt Brilon festgestellten geogenen Bodenbelastungen herangezogen werden.

Nachfolgend sollen die drei wesentlichen Faktoren, die eine Übertragbarkeit der für den Duisburger Süden abgeleiteten Werte bestimmen, näher betrachtet werden.

Grundlast der Blutbleibelastung

Daten zur Grundlast der Blutbleibelastung bei Kindern aus dem Hochsauerlandkreis bzw. aus der Stadt Brilon liegen nach Auskunft des Hochsauerlandkreises nicht vor. Daher kann hier nur auf die bundesweiten Daten zur Grundlast der Blutbleibelastung zurückgegriffen werden.

Wie zuvor ausgeführt, lag der Ableitung eines Maßnahmenwertes in [3] der damals gültige Referenzwert von 50 µg/l Blutblei zu Grunde. In der 2009 veröffentlichten Stellungnahme der Kommission "Human-Biomonitoring" des Umweltbundesamtes zu den Referenzwerten 2003 - 2006 von Metallen im Urin und Blut von Kindern in Deutschland [10] wird zu den Blutbleigehalten ausgeführt:

¹⁵ Der HBM-I-Wert entspricht der Konzentration eines Stoffes in einem Körpermedium, bei dessen Unterschreitung nicht mit einem körperlichen Schaden zu rechnen ist. Der HBM-I-Wert von 100 μg/l Blutblei lag dabei der Ableitung des Prüfwertes für Blei in der BBodSchV zu Grunde. Neuere, in [3] zitierte und ausgewertete Literatur legen aber nahe, dass "bereits bei deutlichem Überschreiten allgemein üblicher Blutbleiwerte Maßnahmen zur Reduzierung möglicher Bleiexpositionen" ergriffen werden sollten. 2009 wurde dieser HBM-I-Wert auf Grund der aktuellen Datenlage, die eine Festlegung einer Wirkschwelle nicht zulässt, von der Kommission Humanbiomonitoring beim UBA zurückgezogen.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

"Die Blutbleigehalte von drei- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland (N=1560) lagen 2003-2006 zwischen <2,1 und 100 μ g/l mit einem Median von 16,9 μ g/l und einem 95. Perzentil von 36,3 μ g/l Mit zunehmendem Lebensalter nehmen die mittleren Bleigehalte im Blut ab. Jungen haben im Mittel höhere Blutbleispiegel als Mädchen. Insgesamt belegen die Daten eine weitere Abnahme der Bleigehalte im Blut von Kindern, sodass der bisherige Referenzwert von 50 μ g/l auf 35 μ g/l ... abgesenkt wird."

Dementsprechend ist allgemein auch von einer sinkenden Grundlast der Blutbleibelastung auszugehen. Würde man heute bei einer Ableitung von Maßnahmenwerten wie methodisch in [3] beschrieben diesen neuen, aktuellen Referenzwert als "Referenzniveau" zu Grunde legen, würden sich gegenüber den in [3] vorgeschlagenen Werten deutlich niedrigere Maßnahmenwerte ergeben.

Für den Raum Brilon (und insbesondere in den hier betrachteten Teilgebieten) ist generell gegenüber dem im Jahr 2000 im Duisburger Süden gemessenen Werten¹⁶ von einer niedrigeren (mittleren) Staubkonzentration und vermutlich auch einer niedrigeren Bleibelastung des Schwebstaubs auszugehen. Zu vermuten wäre demnach, dass die von der Bodenbelastung unabhängige "Grundlast" der Blutbleibelastung Briloner Kinder niedriger ist als die für den Duisburger Süden für das Jahr 2000 abgeleitete Grundlast. Daten hierzu sind uns allerdings nicht bekannt; nach [11] sind im Hochsauerlandkreis keine Stationen vorhanden, aus denen tatsächlich auf die Belastungssituation in den hier zu betrachtenden Teilgebieten geschlossen werden könnte. Daher erübrigt sich aus gutachterlicher Sicht zum jetzigen Zeitpunkt eine vertiefende Diskussion zur Frage der "Grundlast" der Blutbleibelastung von Briloner Kindern.

Wenn, wie dies für den Duisburger Süden gegeben ist, für den Raum Brilon bzw. die hier zu betrachtenden Teilgebiete von einer vergleichbar hohen Ausschöpfung des "Referenzniveaus" durch die Grundlast ausgegangen wird, dann sollten die auf dieser Basis abgeleiteten Maßnahmenwerte auf der "sicheren Seite" liegen.

Resorptionsverfügbarkeit

Für den Duisburger Süden wurde im Mittel eine Resorptionsverfügbarkeit des Boden-Bleis von 35 – 45 % ermittelt [3]. Dies entspricht mit guter Übereinstimmung der im vorliegenden Fall ermittelten Blei-Resorptionsverfügbarkeit i. H. v. 40 % für das Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße". Für die untersuchten Böden im Neubaugebiet "Derkerborn" wurde eine mittlere Blei-Resorptionsverfügbarkeit von rund 31 % ermittelt. Damit liegt die mittlere Blei-

¹⁶ Durch Betriebseinstellung eines der Hauptemittenten hat die Belastung im Zeitraum 2000 – heute deutlich abgenommen, vergleiche hierzu die Daten für den Duisburger Süden aus 2011 in [11]



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Resorptionsverfügbarkeit für vorgenanntes Gebiet zumindest im Mittel leicht unter den Verfügbarkeiten im Duisburger Süden. Im Maximum lag die nachgewiesene Blei-Resorptionsverfügbarkeit im Neubaugebiet "Derkerborn" bei 40 %. Folglich ist davon auszugehen, dass die Blei-Resorptionsverfügbarkeit in beiden im Raum Brilon untersuchten Gebieten (Neubaugebiet "Derkerborn" / Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße") grundsätzlich den für den Duisburger Süden ermittelten Resorptionsverfügbarkeits-Daten ähnelt.

Expositionsbedingungen

Nach den Auswertungen zu den Expositionsbedingungen in [3] ist die Nutzung im Duisburger Süden durch eine gemischte wohnbauliche Nutzung (Einzel- und Reihenhäuser, Mehrfamilienhäuser, Block- und Blockrandbebauung usw.) gekennzeichnet, wobei die sich der Wohnnutzung zuzuordnenden Freiflächen zu 61 % als Hausgärten und zu 39 % als "Abstandsgrün" eingeordnet werden können. Dabei ist generell bei "Abstandsgrün" von einer extensiveren Nutzung und damit einer deutlich geringeren Exposition gegenüber den im Boden vorhandenen Schadstoffen auszugehen.

In den hier zu betrachtenden Teilgebieten der Stadt Brilon sind die der Wohnnutzung zuzuordnenden Freiflächen zu 100 % Hausgärten einer Einzelbebauung zuzuordnen, so dass grundsätzlich von einer im Mittel gegenüber dem Duisburger Süden stärkeren Exposition auszugehen ist.

Allerdings bleiben dabei mögliche sonstige die Exposition bestimmende Gesichtspunkte wie das insgesamt rauhere Klima in Brilon (was womöglich zu einem geringeren Zahl von Tagen führt, an denen "Draußen" gespielt wird) oder einem anderen Spielverhalten von "Landkindern" in Brilon gegenüber Stadtkindern in Duisburg (was womöglich genau entgegengesetzt zu einem verstärktem "Draußen"-Spielen führt) dabei außer Acht.

Mangels belastbarer Daten ist gegenwärtig aus gutachterlicher Sicht bezüglich der Expositionsbedingungen keine "Anpassung" der für den Duisburger Süden abgeleiteten Werte sinnvoll umsetzbar.

Zusammenfassende Betrachtung

Eine einfache Übertragbarkeit der für den Duisburger Süden abgeleiteten Maßnahmenwerte besteht nicht, da insbesondere entsprechende Humanbiomonitoring-Daten aus dem Hochsauerlandkreis nicht verfügbar sind.

Aus gutachterlicher Sicht können aber bis auf Weiteres die in [3] für den Duisburger Süden abgeleiteten Maßnahmenwerte für den Direktpfad von 400 mg/kg Blei für Kinderspielflächen und 800 mg/kg Blei als *erster Orientierungsrahmen* herangezogen werden.



"Hoppecker Straße"

5.1.2 Berücksichtigung des Vorsorgegrundsatzes des BauGB

Auch wenn auftragsgemäß hier die vorliegenden Daten entsprechend den Anforderungen des Bodenschutzrechts unter dem Gesichtspunkt der Gefahrenabwehr zu beurteilen sind, soll darauf hingewiesen werden, dass im Zusammenhang mit Bauleitplanung und Baugenehmigungsverfahren auf Flächen mit Bodenbelastungen generell die Anforderungen des § 1 Satz 2 BauGB nach gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnissen zu beachten sind. Diese werden als Vorsorgegrundsatz des BauGB verstanden.

Entsprechend dem Gem. RdErl. d. Ministeriums für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport – V A 3 – 16.21 – u. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz – IV-5-584. 10/IV-6-3.6-21 – vom 14.03.2005: "Berücksichtigung von Flächen mit Bodenbelastungen, insbesondere Altlasten, bei der Bauleitplanung und im Baugenehmigungsverfahren" kann nach Pkt. 2.1.3 bei einer Unterschreitung der (entsprechend der vorgesehenen Nutzung relevanten) Prüfwerte davon ausgegangen werden, dass der Anspruch des Baugesetzbuches nach gesunden Wohn- und Arbeitsverhältnissen erfüllt wird. Dabei wird in dem Erlass ausgeführt, dass "grundsätzlich anzustreben ist, "die Prüfwerte so weit wie möglich zu unterschreiten." Weiter heißt es aber im Erlass, dass je "nach Belastungssituation und zur Verfügung stehenden Alternativflächen … für die Abwägung im Einzelfall … eine Spannweite von den allgemein vorhandenen Hintergrundgehalten bis zur im Einzelfall ermittelten tatsächlichen Gefahrenschwelle zur Verfügung" steht.

Damit ergibt sich, dass generell eine eigenständige Beurteilung der ermittelten Belastungssituation im Hinblick auf Bauleitplanung und die Baugenehmigungsverfahren unter Heranziehung der materiellen bodenschutzrechtlichen Maßstäbe erfolgen sollte. Diese Beurteilung erfordert eine ggf. komplexe Abwägung von planerischen Aspekten unter Einbezug der festgestellten Bodenbelastungen. Zuständig für diese Abwägung ist dabei die jeweilige Stadt als Trägerin der Bauleitplanung.

5.2 <u>Gutachterliche Beurteilung der Schwermetallbelastungen in den beiden untersuchten Gebieten</u>

Der Boden im Neubaugebiet "Derkerborn" weist regelmäßig Blei-Gesamtgehalte auf, die den Prüfwert der planungsrechtlich zulässigen Nutzung nach BBodSchV Anhang 2; Punkt 1.3 i. H. v. 400 mg/kg deutlich z. T. um mehr als das 20-fache überschreiten. In Kombination mit Blei-Resorptionsverfügbarkeiten von rund 31 % (min. 25 % max. 40 %) leitet sich hieraus für den Wirkungspfad Boden – Mensch (Direktpfad) weiterer Untersuchungsbedarf ab.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

Der Boden im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" weist regelmäßig Blei-Gesamtgehalte auf, die den Prüfwert der planungsrechtlich zulässigen Nutzung nach BBodSchV Anhang 2; Punkt 1.3 i. H. v. 400 mg/kg deutlich z. T. um mehr als das drei-fache überschreiten (Ausnahme Fläche 8 und 3 je 0-10 cm). In Kombination mit Blei-Resorptionsverfügbarkeiten von rund 40 % (min. 36 % max. 43 %) leitet sich auch für dieses Wohngebiet für den Wirkungspfad Boden – Mensch (Direktpfad) weiterer Untersuchungsbedarf ab.

Ziel weiterer Untersuchungen sollte die Ableitung eines gebietsspezifischen Maßnahmenwertes sein, so wie dieses bspw. für die im Duisburger Süden vorhandene, immissionsbürtige Bleibelastung erfolgt ist [3] (siehe Kap. 5.1.1.4).

Zieht man die für den Duisburger Süden abgeleiteten gebietsspezifischen Maßnahmenwerte als *ersten Orientierungsrahmen* heran, dann kann festgestellt werden, dass der "Duisburger" Maßnahmenwert für Kinderspielflächen von 400 mg/kg Blei und auch der "Duisburger" Maßnahmenwert für Wohngebiete von 800 mg/kg Blei von den Böden im Neubaugebiet "Derkerborn" durchgängig und zum Teil deutlich überschritten wird.

Von den aus dem Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" entnommenen Bodenproben wird der "Duisburger" Maßnahmenwert für Kinderspielflächen von 400 mg/kg Blei in rund 93 % überschritten wird. Ferner wird der "Duisburger" Maßnahmenwert für Wohngebiete von 800 mg/kg Blei von den Böden im Wohngebiet "Hoppecker Straße" zu 40 % überschritten.

Weiterhin übersteigt das resorptionsverfügbare Cadmium im Neubaugebiet "Derkerborn" bei drei der sechs und im Wohngebiet "Hoppecker Straße" bei drei der vier untersuchten Bodenproben den Prüfwert für Hausgärten, die sowohl als Nutzgarten als auch als Kinderspielfläche genutzt werden, erfolgt.

Auch die potentiell pflanzenverfügbaren Bleigehalte, die mittels Ammonium-Nitrat-Extraktion nachgewiesen wurden, liegen im Neubaugebiet "Derkerborn" auf 6 der 7 und im Wohngebiet "Hoppecker Straße" in auf 2 der 5 auf den Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze untersuchten Flächen z. T. um ein Vielfaches über dem Prüfwert i. H. v. 0,1 mg/kg. Da die planungsrechtlich zulässige Nutzung "Wohngebiet" den Anbau von Nutzpflanzen nicht per se ausschließt und im Rahmen der Begehung Nutzgärten angetroffen wurden, ergibt sich für diesen Wirkungspfad der Bedarf weiterer Untersuchungen bzw. alternativ dem vorsorglichen Aussprechen von Anbau- und Verzehrempfehlungen (siehe Kap. 6).

Auf den zwei untersuchten Kinderspielplätzen im Bereich des Neubaugebietes "Derkerborn" und dem einen untersuchten Kinderspielplatz im Wohngebiet "Hoppecker Straße" kommt es bei einem Abgleich mit den resorptionsverfügba-



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

ren Bleigehalten z. T. zu deutlichen Überschreitungen des in [5] berechneten "Prüfwertes" i. H. V. 70 mg/kg (Annahme hier 100 % Blei-resorptionsverfügbar). Auf Grund der aktuellen Nutzung und vor allem der festzustellenden weitgehenden Bodendeckung im Umfeld der Teilbereiche, in denen sich Kleinkinder aufhalten, ist aktuell hier nach mündlich gegebener Einschätzung von Prof. Ewers nicht von einer relevanten Exposition auszugehen. Dieser "Prüfwert" wurde zumindest in einer anderen Kommune in NRW, bei grundsätzlich vergleichbaren Blei-Resorptionsverfügbarkeiten, als Wert festgelegt, ab dem Maßnahmen zu ergreifen sind [4].

In der von Prof. Dr. Dr. Ewers im Oktober 2013 vorgelegten gutachterlichen Stellungnahme zur "Umweltmedizinisch-toxikologische(n) und umwelthygienische(n) Bewertung der Schwermetallgehalte im Boden der Wohngebiete Derkerborn/Kalvarienberg und Hoppecker Straße/Hohlweg/Am Renzelsberg/Ludwig-Wolker-Straße in Brilon", wird in Kap. 6 (S. 11) ausgeführt, dass in den beiden hier betrachteten Gebieten "aufgrund der Beschaffenheit der Grundstücke in diesen Wohngebieten nicht von einer relevanten Exposition der Anwohner gegenüber Blei aus dem Boden auszugehen" ist. Damit besteht aus Sicht von Prof. Ewers aktuell keine Gefährdung der Bewohner.

Klärungsbedarf besteht u. E. aber insbesondere im Hinblick auf die Berücksichtigung der planungsrechtlich zulässigen Nutzung bei der Gefährdungsabschätzung. Weiterhin muss auch eine Klärung im Hinblick auf den Vorsorgegrundsatz des BauGB erfolgen. Dabei muss geklärt werden, bei welchen Blei- (und Cadmium-) Gehalten im Boden – abhängig von der jeweiligen Ausweisung – dem Vorsorgegrundsatz ausreichend Rechnung getragen wird.

Grundsätzlich sind in Übereinstimmung mit dem Gutachten von Prof. Ewers aus unserer Sicht vorsorglich Sofortmaßnahmen zur Expositionsminderung zu empfehlen, auf die in Kap. 6 eingegangen wird.



"Hoppecker Straße"

6. Gutachterliche Empfehlungen

6.1 Erarbeitung einer Bodenbelastungskarte

Aus *gutachterlicher Sicht* sind die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchungen als *konkrete* Anhaltspunkte für das Vorhandensein von größerflächigen, geogen und/oder bergbaubedingten schädlichen Bodenveränderungen in den beiden Untersuchungsgebieten zu werten. Die Entscheidung über eine solche Einstufung ist jedoch der zuständigen Behörde – hier der Unteren Bodenschutzbehörde des Hochsauerlandkreises – vorbehalten.

Die Erkenntnisse aus dem für die Stadt Brilon erarbeiteten Gutachten zur "Erfassung und Auswertung vorliegender Daten zur Schwermetallbelastung (geogen bedingt) des Bodens im Stadtgebiet von Brilon" [1] sind aus gutachterlicher Sicht als Anhaltspunkte dafür zu werten, dass in größeren Teilen des Stadtgebietes Brilon, insbesondere in der Kernstadt, mit hohen Gehalten an Blei und anderen Schwermetallen zu rechnen ist. Die Ermittlung der räumlichen Ausdehnung bzw. eine Abgrenzung dieser Gebiete bzw. dieses Gebietes ist mit den vorhandenen, sehr begrenzten Daten aber nicht möglich.

Aus gutachterlicher Sicht ist daher die Erarbeitung einer "Digitalen Bodenbelastungskarte" (BBK) zu empfehlen. Da im vorliegenden Fall Belastungen insbesondere auch im Siedlungsbereich zu erwarten sind, sollte hier eine Bodenbelastungskarte parallel sowohl für den Außen- als auch für den Innenbereich (d. h. die Siedlungsfläche) erarbeitet werden. Da hier im Wesentlichen von einer geogenen Verursachung der Schwermetallbelastungen auszugehen ist, ist ein Einbezug des Unterbodens bzw. der Ausgangsgesteine in die Beprobung und Untersuchung zu empfehlen.

Um das Umweltverhalten insbesondere der hier vorhandenen, geogenen Bleibelastung besser verstehen zu können, sollten auch die Bindungsformen des Bleis bzw. die Mineralogie der Bleiverbindungen im Boden näher betrachtet werden.

Da im vorliegenden Fall neben den geogenen insbesondere im bzw. am Rand des Siedlungsraums bergbaubedingte Schwermetallbelastungen (ehemalige Halden, ggf. auch Hütten usw.) nicht auszuschließen sind, ist zu empfehlen, im Rahmen der Erstellung einer BBK eine entsprechende historische Erkundung zum Altbergbau durchzuführen.

Durch eine Bodenbelastungskarte können dabei die Bereiche identifiziert und abgegrenzt werden, in denen erhöhte Schwermetallgehalte auftreten und in denen ggf. Handlungsbedarf im Hinblick auf den Vorsorgegrundsatz des



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

BauGB, aber auch in Hinblick auf die Gefahrenabwehr nach Bodenschutzrecht besteht.

Darauf hinzuweisen ist, dass das Land NRW für die Erarbeitung von Bodenbelastungskarten Fördermittel bereitstellt.

6.2 Umgang mit Bodenbelastungen im Bereich von Kinderspielplätzen

Kinderspielplätze, aber auch Außenspielflächen von Kindergärten und Kindertagesstätten sowie – eingeschränkt – von Grundschulen stellen Bereiche dar, in denen kleinere Kinder ggf. in besonderem Maße Kontakt mit dem Boden haben können. Als Sofortmaßnahme sollte hier sichergestellt werden, dass kein relevanter Kontakt spielender (Klein-) Kinder mit ggf. belastetem Boden erfolgen kann.

Aus gutachterlicher Sicht ist vor dem Hintergrund, dass für Kinderspielplätze die Maßstäbe des *vorsorgenden* Gesundheitsschutzes heranzuziehen sind, im vorliegenden Fall aber bereits gefahrenbezogene Prüfwerte überschritten werden, zu klären, welche maximalen Schwermetallgehalte im Boden – ggf. abhängig von der jeweiligen Beschaffenheit und Nutzung der Kinderspielplätze – toleriert werden können.

6.3 Sofortmaßnahmen

Auch wenn derzeit noch keine abschließende gefahrenbezogene Beurteilung der festgestellten Schwermetallbelastungen möglich ist und dementsprechend die Frage, inwieweit Maßnahmen (Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, Sanierungsmaßnahmen) in Hausgärten ggf. erforderlich werden, noch nicht abschließend beantwortet werden kann, sollten aus gutachterlicher Sicht den Grundstückseigentümern bzw. Bewohnern vorsorglich "Sofortmaßnahmen" zur Verminderung der Exposition insbesondere von (Klein-) Kindern empfohlen werden.

Aus gutachterlicher Sicht sind dabei zu empfehlen:

- Aussprechen von Anbau- und Verzehrempfehlungen für selbst angebautes Gemüse in Nutzgärten durch den Hochsauerlandkreis. Diese sollten in den Medien und ortsüblich bekannt gemacht werden und im Internet bereitgestellt werden.
- Aussprechen von Empfehlungen zur Gartennutzung und –gestaltung, die ebenfalls in den Medien und ortsüblich bekannt gemacht werden und im Internet bereitgestellt werden. Empfohlen werden sollte den Garten-



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

besitzern bzw. -nutzern, kurzfristig eine möglichst weitgehende Bodenbedeckung sicherzustellen, z. B. durch Raseneinsaat / Anpflanzen von Bodendeckern und / oder durch das Ausbringen von Rindenmulch o. ä. Weiterhin sollte dabei empfohlen werden, in den Gärten spielende Kinder von "Grabeaktivitäten" abzuhalten. Außerdem sollten dabei kurzfristig Hygienemaßnahmen wie Ausziehen von Schuhen und verschmutzter Kleidung nach der Gartenarbeit vor bzw. bei Betreten des Hauses, Reinigung von Händen und Gesicht nach dem Aufenthalt im Garten usw. empfohlen werden.

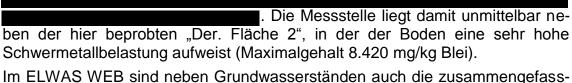
Mit Stand 04. November 2013 sind auf der Internetseite des Hochsauerlandkreises unter http://www.hochsauerlandkreis.de/bs/117180100000049543.php bereits entsprechende Handlungsempfehlungen aufgeführt.



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

7. Weitere Hinweise des Gutachters

Eine Beurteilung des Wirkungspfades Boden – Grundwasser nach BBodSchV und eine allgemeine Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit und ihrer Beeinflussung durch die hier festgestellten (i. W. geogenen!) Schwermetallbelastungen des Bodens war nicht Gegenstand des Auftrags. Im Zusammenhang mit der Datenrecherche im Rahmen des Auftrags wurde dabei auch Einblick in das wasserwirtschaftliche Fachinformationssystem ELWAS WEB¹⁷ des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW genommen. Dabei wurde festgestellt, dass das B-Plangebiet "Derkerborn-Kalvarienberg" im Wasserschutzgebiet Zone III für den Tiefbrunnen "Burhagen" der Stadtwerke Brilon liegt und in diesem Schutzgebiet mehrere Grundwassermessstellen vorhanden sind (bzw. zumindest in der Vergangenheit waren).



Im ELWAS WEB sind neben Grundwasserständen auch die zusammengefassten Ergebnisse von Grundwasseranalysen abrufbar. Ausgewählte Grundwasserbeschaffenheitsdaten für die Messstelle sind in der nachfolgenden Tabelle 12 zusammen- und den Geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA [12] gegenübergestellt.

Tabelle 12: Ausgewählte Grundwasserbeschaffenheitsdaten der Messstelle (Daten aus ELWAS WEB) und Gegenüberstellung mit den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFSW) der LAWA [12]. N: Anzahl Messwerte. Konzentrationsangaben für Blei, Zink und Cadmium [in µg/L]. "von … bis" gibt den Zeitraum an, aus dem die Einzeldaten stammen.

Parameter	N	von	bis	Minimum	Durchschnitt	Maximum	GFSW
pH-Wert	26	26.07.1990	06.07.2010	6,90	7,23	7,50	-
Blei	14	11.07.1995	16.04.2008	21,0	28,43	37,0	7
Zink	11	11.07.1995	18.10.2005	90,0	134,55	160,0	58
Cadmium	14	11.07.1995	16.04.2008	4,0	5,99	7,30	0,5

Der Nachweis von Blei, Zink und Cadmium im Grundwasser dieser Messstelle legt nahe, dass sich hier – vermutlich vorrangig geogene – Boden- bzw. Gesteinsbelastungen dem Grundwasser mitteilen. Dabei ist vorstellbar, dass das Grundwasser hier im Kontakt mit einem, ggf. durch bergbauliche Aktivitäten beeinflussten, Erzgang bzw. vererzten Bereich steht und dies zu entsprechend

-

¹⁷ www.elwasweb.nrw.de/



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"

nachweisbaren Schwermetallgehalten im Grundwasser führt. Bei einem Flurabstand – jahreszeitlich bzw. witterungsbedingt schwankend – zwischen 15 und 25 m und der allgemein hohen Durchlässigkeit¹⁸ des hier anstehenden Massenkalks ist es aus gutachterlicher Sicht als eher unwahrscheinlich anzusehen, dass die festgestellten Grundwasserbelastungen mit den hier im Boden (d. h. in den oberen 0,6 m unter Gelände) nachgewiesenen Schwermetallbelastungen im ursächlichen Zusammenhang stehen.

Ein Vergleich der im Grundwasser nachgewiesenen Gehalte an Blei, Zink und Cadmium mit den Geringfügigkeitsschwellenwerten der LAWA zeigt, dass diese regelmäßig (und z. T. deutlich) überschritten werden. Nach dem Verständnis der LAWA ist bei einer Überschreitung der Geringfügigkeitsschwellenwerte ein Grundwasserschaden vorhanden.

Demgegebenüber ist allerdings festzustellen, dass das aus dem Tiefbrunnen Burhagen geförderte Trinkwasser keinerlei Auffälligkeiten im Hinblick auf erhöhte Schwermetalle zeigt. Daher handelt es sich bei den in der Messstelle auftretenden erhöhten Schwermetallgehalten ggf. um ein lokales Phänomen.

Zu empfehlen ist hier aus fachlicher Sicht eine weitergehende Sachverhaltsermittlung.

Detmold, den 06. November 2013

Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH

i. A.

Dipl.-Geol. Dr. Michael Kerth

Dr. Marcel Brokbartold (Dipl.-Ing (FH))

¹⁸ Eine hohe Durchlässigkeit führt im allgemeinen zu einer hohen Fließgeschwindigkeit und folglich einer hohen "Verdünnung" von aus der ungesättigten Zone zutretendem Sickerwassers durch seitlich zuströmendes Grundwasser.



8. Literaturverzeichnis

- [1] DR. KERTH + LAMPE GEO-INFOMETRIC GMBH (2013): Erfassung und Auswertung vorliegender Daten zur Schwermetallbelastung des Bodens im Stadtgebiet von Brilon. unveröffentl. Bericht (Projektnummer 12-Ke-186).
- [2] PAECKELMANN, W. (1936): Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern Blatt 2659 Brilon inkl. Erläuterungen. Preussische Geologische Landesanstalt Berlin, Berlin.
- [3] LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (2006): Übergreifende Auswertung von Boden-, Immissions- und Humandaten zur Schwermetallbelastung im Duisburger Süden. Essen; Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz MALBO 23.
- [4] STEINWEG, B. STELLMACHER, G. UND GÜNTHER, P. (2010): Schadstoffbelastungen auf Bolz- und Spielplätzen in Mönchengladbach. Bodenschutz 02/10. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- [5] UBA-UMWELTBUNDESAMT (1999): Berechnung von Prüfwerten zur Bewertung von Altlasten. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- [6] LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (2006): Handlungsempfehlungen zu Maßnahmen der Gefahrenabwehr bei schädlichen stofflichen Bodenveränderungen in der Landwirtschaft. Merkbaltt 55. Essen.
- [7] FEHLAU, K. P. & HILGER, B. &. (2000): Vollzugshilfe Bodenschutz und Altlastensanierung. Erläuterungen zur Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Berlin; Erich Schmidt Verlag.
- [8] MINISTERIUM FÜR FRAUEN, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT (2000): Vorsorgender Gesundheitsschutz für Kinder auf Kinderspielflächen. https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=1&gld_nr=2&ugl_nr=212 &bes_id=281&val=281&ver=7&sg=0&aufgehoben=N&menu=0; RdErl. III B 4 0292.5.31 vom 16.03.2000.
- [9] BUNDESGESETZBLATT (1999): Teil I Nr. 36: Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999.



- [10] KOMMISSION "HUMAN-BIOMONITORING" DES UMWELTBUNDESAMTES (2009): Neue und aktualisierte Referenzwerte für Antimon, Arsen und Metalle (Blei, Cadmium, Nickel, Quecksilber, Thallium und Uran) im Urin und im Blut von Kindern in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt Nr. 10/2009 S. 977.
- [11] LANDESAMT FÜR NATUR, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ NRW (2012): Bericht über die Luftqualität im Jahr 2011. Recklinghausen; LANUV-Fachbericht 42.
- [12] LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2004): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser 30 S.. Düsseldorf.



"Hoppecker Straße"

9. Anlagen

Anlage 1	Lageplan der Wohngebiete, die im Stadtgebiet Brilon auf Schwermetalle untersucht worden sind
Anlage 2	Übersichtstabelle der untersuchten Flächen nebst Probenahmetiefen und Häufigkeit der Probenahme-Einstiche
Anlage 3	Übersichtsplan Neubaugebiet 71 "Derkerborn – Kalvarienberg" nebst Untersuchten Flächen
Anlage 4	Bodenkundliche Ansprache der Untersuchten Flächen im Bereich Neubaugebiet 71 "Derkerborn – Kalvarienberg"
Anlage 5	Skizzenhafte Darstellung der Flächennutzung nebst Foto- dokumentation der Untersuchten Flächen im Bereich Neu- baugebiet 71 "Derkerborn – Kalvarienberg"
Anlage 5.0	Legende der flächennutzungsspezifischen Signaturen
Anlage 5.1	Fläche 1:
Anlage 5.2	Fläche 2:
Anlage 5.3	Fläche 3:
Anlage 5.4	Fläche 4:
Anlage 5.5	Fläche 5:
Anlage 5.6	Fläche 6:
Anlage 5.7	Fläche 7:
Anlage 5.8	Fläche 8:
Anlage 5.9	Fläche 9:
Anlage 5.10	Fläche 10:
Anlage 5.11	Fläche 11:
Anlage 5.12	Fläche 12:
Anlage 5.13	Fläche 13:
Anlage 5.14	Fläche 14:
Anlage 5.15	Fläche 15:
Anlage 5.16	Fläche 16:
Anlage 5.17	Fläche 17:
Anlage 6	Übersichtsplan Wohngebiet im Umfeld Hoppecker Straße, Hohlweg, Am Renzelsberg und Ludwig-Wolker-Straße



Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des Bodens im Bereich Neubaugebiet "Derkerborn" und im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße" Projekt 13-Ke-105

Anlage /	Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße, Hohlweg, Am Renzelsberg und Ludwig-Wolker-Straße"
Anlage 8	Skizzenhafte Darstellung der Flächennutzung nebst Foto- dokumentation der Untersuchten Flächen im Wohngebiet Umfeld Hoppecker Straße, Hohlweg, Am Renzelsberg und Ludwig-Wolker-Straße
Anlage 8.0	Legende der flächennutzungsspezifischen Signaturen
Anlage 8.1	Fläche 1:
Anlage 8.2	Fläche 2:
Anlage 8.3	Fläche 3:
Anlage 8.4	Fläche 4:
Anlage 8.5	Fläche 5:
Anlage 8.6	Fläche 6:
Anlage 8.7	Fläche 7:
Anlage 8.8	Fläche 8:
Anlage 8.9	Fläche 9:
Anlage 8.10	Fläche 10:
Anlage 8.11	Fläche 11:
Anlage 8.12	Fläche 12:
Anlage 9	Laboranalytik
Anlage 9.0	Analysenberichte Neubaugebiet "Derkerborn" bzgl. Boden-pH _{CaCl} -Wert, Metall-Gesamtgehalte im Boden (Königswasser), Metall-Pflanzenverfügbar (Ammonium-Nitrat-Extrakt), Metall-Resorptionsverfügbar (Hack-Selenka-Extrakt)
Anlage 9.1	Analysenberichte Wohngebiet im Umfeld der "Hoppecker Straße" bzgl. Boden-pH _{CaCl} -Wert, Metall-Gesamtgehalte im Boden (Königswasser), Metall-Pflanzenverfügbar (Ammonium-Nitrat-Extrakt), Metall-Resorptionsverfügbar (Hack-Selenka-Extrakt)
Anlage 10	Übersichtsplan der Blei-Belastungscharakteristik im Neubaugebiet 71 "Derkerborn – Kalvarienberg"
Anlage 11	Übersichtsplan der Blei-Belastungscharakteristik im Wohngebiet Umfeld "Hoppecker Straße"



Projektnummer: 13-Ke-105

Untersuchung auf Schwermetallbelastungen des
Bodens im Bereich und Umfeld des
Bebauungsplans Nr. 71 "Derkerborn –
Kalvarienberg" sowie im Bereich
Hoppecker Straße, Hohlweg, Am Renzelberg und
Ludwig-Wolker-Straße der Stadt Brilon

<u>Anlagen</u>

Detmold, im November 2013

