

## 4. Abschätzung der Expositionsbedingungen

Bei der Abschätzung standörtlicher Expositionsbedingungen, die den Untersuchungsraum prägen, ist zu unterscheiden in bodenabhängige Expositionsbedingungen (Verfügbarkeit der Schadstoffe) und nutzungsabhängige Expositionsbedingungen, die durch die ortstypische und aktueller Nutzung (Gestaltung der Fläche, Nutzungsdauer, -häufigkeit und -intensität, Anbaugewohnheiten etc.) zu beschreiben ist.

Neben der aktuellen Nutzung ist dabei auch die sensibelste planungsrechtlich zulässige Nutzung – insbesondere vor dem Hintergrund der Betrachtung von Bebauungsplangebietten – zu berücksichtigen.

### 4.1. Bodenabhängige Expositionsbedingungen

Blei, das aufgrund geogener oder anthropogener Ursachen im Boden vorhanden ist, kann über verschiedene Wirkungspfade zum Menschen gelangen. Zum einen kann Blei bei verschiedenen Aktivitäten direkt mit Boden oder bodenbürtigem Staub verschluckt werden, beispielsweise von Kindern beim Spielen auf bleibelasteten Flächen oder durch Verzehr von selbstangebauten Nutzpflanzen. Auch eine inhalative Aufnahme bleibelasteter, bodenbürtiger Stäube (Bolz- und Sportplätze) ist grundsätzlich möglich.

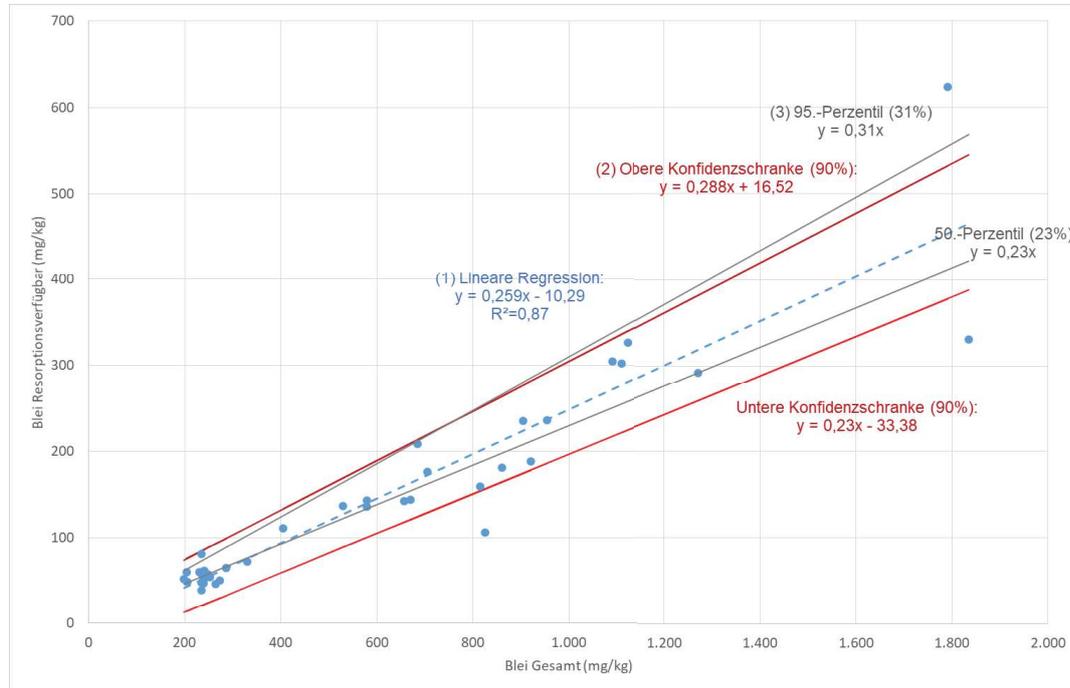
#### 4.1.1. Orale Aufnahme - Direktpfad

Die Resorptionsverfügbarkeit von Blei beschreibt die bodenabhängigen Expositionsbedingungen im Untersuchungsraum, wenn Blei mit Bodenpartikeln verschluckt wird. Zusammenhangsanalysen (vgl. IFUA 2019a) für Proben aus dem Untersuchungsraum haben einen engen gebietstypischen Zusammenhang zwischen den Bleigesamtgehalten und den resorptionsverfügbaren Bleigehalten im Boden festgestellt.

Eine Modellierung erfolgte mit Hilfe einer linearen Regression (Modell 1). Um die Wahrscheinlichkeit der Aussagesicherheit zu erhöhen, wurden Betrachtungen der Konfidenzintervalle durchgeführt (Modell 2). In einem weiteren Modell (3) wurden die ermittelten resorptionsverfügbaren Anteile und Verteilungsfunktionen (95.-Perzentil) herangezogen.

Abbildung 1 veranschaulicht die Zusammenhänge und Modelle.

**Abbildung 10: Zusammenhang zwischen Blei-Gesamtgehalten und resorptionsverfügbaren Gehalten im Boden (n = 39)**



Damit lassen sich die resorptionsverfügbaren Bleigehalte aus Gesamtgehalten nach Modell 1 (Regression) mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,87 voraussagen. Nach Modell 3 lassen sich mithilfe der Verteilungsfunktion für die resorptionsverfügbaren Anteile Werte abschätzen, die zu 95% unterhalb der gemessenen Werte liegen. Modell 2 (Regressionsmodell mit 90. Konfidenzbereich) liefert zumindest im unteren Wertebereich nicht plausible Ergebnisse, so dass dieses Modell für Abschätzungen nicht geeignet scheint.

Geht man davon aus, dass die bislang erhobenen Daten die Situation im Untersuchungsraum repräsentativ abbilden, stehen zwei Modelle zur Abschätzung der Resorptionsverfügbarkeit zur Verfügung, die so ausgewählt wurden, dass sie in den meisten Fällen eine Unterschätzung der Resorptionsverfügbarkeit für Blei vermeiden<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Die Erhebung weiterer Daten zur Erweiterung der Stichprobe könnte die Modelle weiter untermauern und ggf. – wenn es die Datenlage dann erlaubt, eine realistischere Modellabschätzung ermöglichen.

Zum einen lassen sich aus Blei-Gesamtgehalten nach folgendem Regressionsmodell (Modell 1) resorptionsverfügbare Bleigehalte (Blei RV) mit einem Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,87$  voraussagen. Dieses Modell wird als wahrscheinlicher Fall definiert:

**Gleichung 1: Abschätzung Blei RV in Mechernich (wahrscheinlicher Fall: lineare Regression)**

$$\text{Blei RV} = 0,259 * \text{Blei}_{\text{Gesamt}} - 10,29$$

Nach Modell 3 lassen sich mithilfe der Verteilungsfunktion für die resorptionsverfügbaren Anteile Werte abschätzen, die in 95% der Fälle eine Unterschätzung vermeiden. Dieses Modell wird als ungünstiger – im Sinne wenig wahrscheinlicher - Fall definiert:

**Gleichung 2: Abschätzung Blei RV in Mechernich (ungünstiger Fall: Verteilungsfunktion; 95.-Perzentil)**

$$\text{Blei RV}_r = 0,31 * \text{Blei}_{\text{Gesamt}}$$

Für die Ableitung der Beurteilungsmaßstäbe kann umgekehrt auch hilfreich sein, mit Hilfe des Modells aus resorptionsverfügbaren Gehalten abzuschätzen, welchen Gesamtgehalten das entspricht:

**Gleichung 3: Berechnung Blei gesamt aus RV in Mechernich (wahrscheinlicher Fall: lineare Regression)**

$$\text{Blei}_{\text{Gesamt}} = 3,86 * (\text{Blei RV} + 10,29) \text{ (berechnet)}$$

Entsprechend ergibt sich für die Verteilungsfunktion:

**Gleichung 4: Berechnung Blei gesamt aus RV in Mechernich (ungünstiger Fall: Verteilungsfunktion; 95.-Perzentil)**

$$\text{Blei}_{\text{Gesamt}} = 3,23 * \text{Blei RV}$$

Für die Abschätzung der Resorptionsverfügbarkeit folgt daraus, dass je nach gewähltem Modell folgende resorptionsverfügbaren Bleigehalte bzw. Blei-Gesamtgehalte abgeschätzt (gerundet) werden können (vgl. Tabelle 7).

**Tabelle 7: Modellierte Zusammenhänge für Blei gesamt und resorptionsverfügbares Blei (wahrscheinliche und ungünstige Fälle) - gerundet**

resorptionsverfügbare Blei- gehalte	Blei-Gesamtgehalte	
	Wahrscheinlicher Fall: Modell 1 Regression	Ungünstiger Fall: Modell 3 95.-Perzentil RV%
70	310	225
145	600	470
360	1.430	1.150

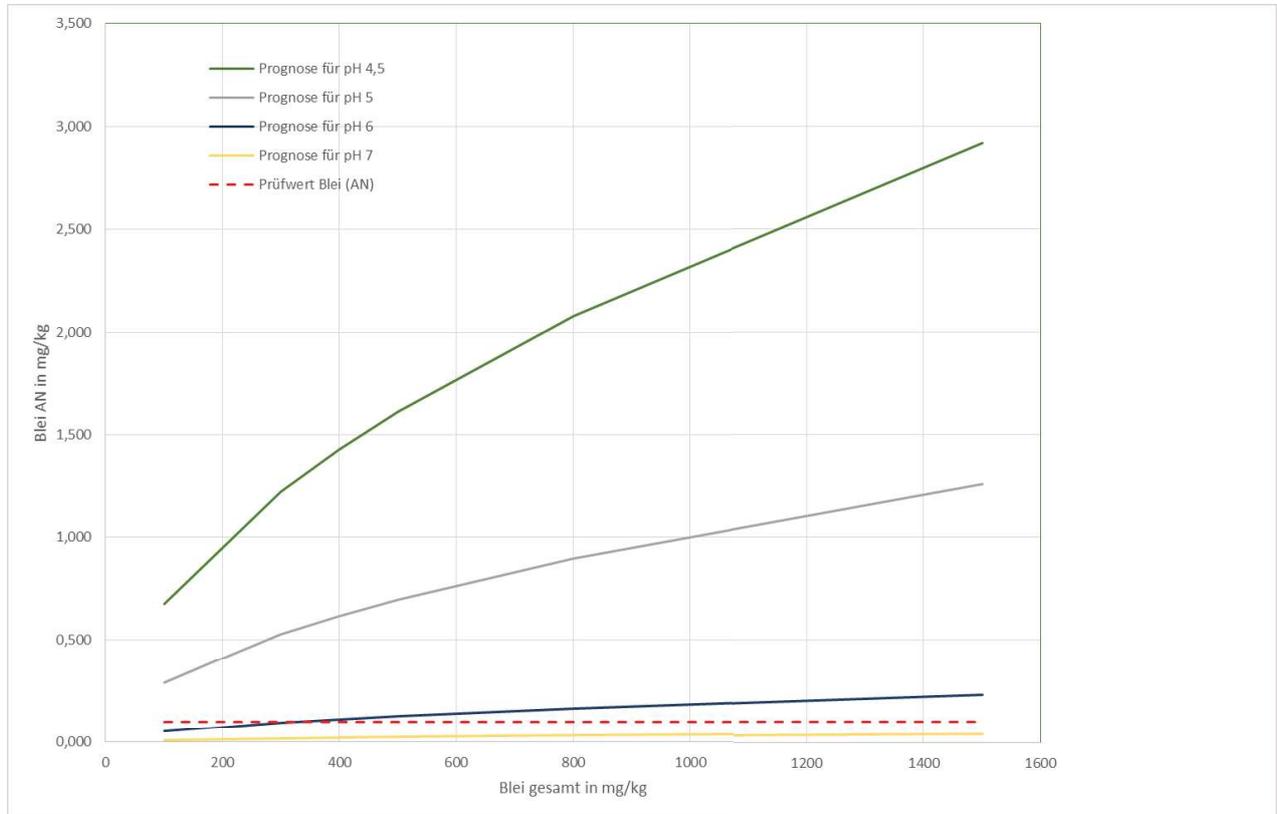
Angaben in mg/kg

#### 4.1.2. Pflanzenverfügbarkeit - Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze

Die Untersuchung der Pflanzenverfügbarkeit von Blei quantifiziert die bodenabhängigen Expositionsbedingungen im Untersuchungsraum, wenn Blei von Nutzpflanzen aus dem Boden aufgenommen werden können. Untersuchungsergebnisse liegen im Untersuchungsraum für die Bebauungsplangebiete vor (vgl. Kapitel 3.1.3). Mithilfe multipler Regressionsanalysen wurde eine hohe gebietstypische Abhängigkeit der Pflanzenverfügbarkeit vom Blei-Gesamtgehalt und dem pH-Wert quantifiziert (vgl. IFUA 2019a). Gute Zusammenhänge ergaben sich für das Bebauungsplangebiet „Kommern Süd“ ( $R^2 = 0,72$ ).

Nachfolgende Abbildung 11 zeigt exemplarische Modellierungen für die aufgestellte Regressionsgleichung für unterschiedliche pH-Werte. Sie veranschaulicht, dass unterhalb von pH-Werten von ca. 6 bereits bei Blei-Gesamtgehalten von unter 200 mg/kg pflanzenverfügbare Bleigehalte von über 0,1 mg/kg (d.h. oberhalb des Prüfwertes) zu erwarten sind.

**Abbildung 11: Prognosemodelle für pflanzenverfügbares Blei für unterschiedliche pH-Werte (Regression Bebauungsplangebiet „Kommern-Süd“)**



Sollen für Expositionsabschätzungen gebietstypische Bleigehalte im AN aus Blei-Gesamtgehalten abgeschätzt werden, kann dies nach folgender Regressionsgleichung erfolgen:

**Gleichung 5: Abschätzung Blei AN aus Blei gesamt und pH-Wert (Regression; Bebauungsplangebiet Kommern-Süd)**

$$\log \text{Pb}_{\text{AN}} = 0,5412 * \log \text{Pb}_{\text{KW}} - 0,7299 * \text{pH} + 2,0311 \quad (R^2 = 0,72)$$

Geht man davon aus, dass mit Hilfe dieser Regression die Situation im Untersuchungsraum repräsentativ abzubilden ist (was ggf. mit weiteren Stichproben noch zu untermauern wäre), kann derzeit für Boden mit pH-Werten unter 6 nicht sicher vorausgesagt werden, ab welchen Blei-Gesamtgehalten bereits mit Überschreitungen des Prüfwertes für Blei im AN zu rechnen ist.

## 4.2. Nutzungsabhängige Expositionsbedingungen

Zur Beurteilung von Schadstoffen im Boden beschreibt die BBodSchV die verschiedenen Nutzungsszenarien Kinderspiel, Wohngebiet und Hausgarten sowie Park- und Freizeitanlage, denen definierte Expositionsannahmen zur Expositionshäufigkeit und –dauer sowie zur aufgenommenen Menge Boden zugrunde liegen. Wie in Kapitel 2.4 festgestellt wurde, ist es aufgrund der Siedlung- und Nutzungsstruktur sowie aufgrund der Witterungsbedingungen sinnvoll, die Prägung des Gebietes zu beachten und bei der Abschätzung der gebietstypischen Expositionsbedingungen zu berücksichtigen.

### 4.2.1. Spielverhalten in Hausgärten im ländlichen Raum

Wie die Auswertungen zur Nutzungsstruktur feststellen ließen, kann der Untersuchungsraum Mechernich dem ländlichen Raum zugeordnet werden. Wie Literaturauswertungen im Rahmen der Feldstudie gezeigt haben, unterliegt das Zeitbudget von Kindern im ländlichen Raum sowie deren Spielverhalten im Generationsverlauf einem Wandel. So werden bei KEIL et al. (2015) ältere Studien aus den 1990-er Jahren zitiert, die sich mit Aktionsräumen von Kindern auf dem Land beschäftigen. Daraus geht hervor, dass Kinder bei guter Aktionsraumqualität durchschnittlich 90 Minuten draußen ohne Aufsicht spielen. Können Kinder jedoch nur unter Aufsicht draußen spielen und sind Freund\*innen nicht aus eigener Kraft erreichbar, besteht der Bedarf an organisierter Betreuung am Nachmittag, so dass sich die eigenständig draußen verbrachte Zeit der Kinder auf durchschnittlich 30 Minuten beschränkt.

Standardgemäß wird im Rahmen von Expositionsbetrachtungen für den Wirkungspfad Boden-Mensch für Kinderspielflächen nach den Vorgaben der BBodSchV von deutlich längeren Aufenthaltszeiten ausgegangen. So beträgt die angenommene Aufenthaltshäufigkeit 240 Tagen pro Jahr mit einer Aufenthaltsdauer von zwei Stunden pro Spieltag (d.h. 480 Spielstunden pro Jahr). Für Wohngebiete werden diese Annahmen standardgemäß halbiert. Witterungsbedingungen wurden dabei explizit nur pauschal berücksichtigt.

Für das Spielverhalten von Kindern in Hausgärten im ländlichen Raum liegen Untersuchungen aus einer Feldstudie vor. Hier konnten für 123 Kinder Daten aus Fragebögen der Eltern sowie für 97 Kinder aus ein bis drei Wochenprotokollen

(1.091 protokollierte Tage) gewonnen werden, die insgesamt 150 Kalendertage des Jahres 2017 über drei Spielsaisons (Sommer, Übergang, Winter) abdecken.

Wie die Auswertungen der durchgeführten Feldstudie bestätigt haben, unterliegen die Aufenthaltszeiten der Kinder im Freien jahreszeitlichen Schwankungen, sind stark individuell geprägt und hängen vom sozialen Umfeld und den Rahmenbedingungen ab. 41% der befragten Eltern (n=111) schätzen, dass ihre Kinder rund 156 Tage im Jahr aufgrund anderer Aktivitäten (unabhängig von der Witterung) nicht im Hausgarten verbringen.

Aus den Wochenprotokollen ließen sich pro Kind Aufenthaltstage pro Woche, sowie Stunden pro Spieltag oder Woche (je Saison) und Jahr (hochgerechnet) ermitteln. Während sich 50% der Kinder im Sommer bis zu 4,8 Tagen pro Woche im Hausgarten aufhielten, waren es in der Übergangszeit und im Winter nur 3 Tage pro Woche. Die Aufenthaltsdauer pro Spieltag erreichte bei 50% der Kinder im Sommer 2 Stunden pro Spieltag und eine Stunde im Übergang und Winter. Die 95.-Perzentile lagen bei 5 Stunden pro Spieltag (Sommer), 4 Stunden pro Spieltag (Übergang) und 2 Stunden pro Spieltag (Winter).

**Tabelle 8: Aufenthaltshäufigkeit und -dauer von Kindern in Hausgärten, erhoben an einem Vergleichsstandort im ländlichen Raum (Quelle: Feldstudie 2018, Tab. A13)**

		50.-Perzentil (Wahrscheinlicher Fall)	95.-Perzentil (Ungünstiger Fall)
<b>Hausgärten ländlicher Raum</b>	Aufenthaltstage im Jahr	178 d/a	278 d/a
	Aufenthaltsstunden pro Spieltag im Jahr	1,5 h/d	2,6 h/d
	Aufenthaltsstunden pro Woche - Sommer	8,5 h/w	23,9 h/w
	Aufenthaltsstunden pro Woche - Übergang	4,3 h/w	16,2 h/w
	Aufenthaltsstunden pro Woche - Winter	2,0 h/w	5,6 h/w
	<b>Aufenthaltsstunden pro Jahr</b>	<b>331 h/a</b>	<b>585 h/a</b>
<b>Kinderspielfläche - Standard</b>		<b>480 h/a</b>	
<b>Wohngebiet - Standard</b>		<b>240 oder 480 h/a*</b>	
<b>Park- und Freizeitfläche - Standard</b>		<b>96 oder 480 h/a**</b>	
*: Zur Standardbetrachtung für Wohngebiete kann entweder die Aufenthaltsdauer oder die Bodenaufnahmerate für Kinderspielflächen halbiert werden.			
**: Zur Standardbetrachtung für Park- und Freizeitflächen kann entweder die Aufenthaltsdauer oder die Bodenaufnahmerate für Kinderspielflächen gefünftelt werden.			

#### **4.2.1.1 Spielverhalten in Mechernich**

Für die Betrachtung des Untersuchungsraums Mechernich wird zunächst angenommen, dass Hausgärten die ortsübliche Nutzung dominieren. Hausgärten zeichnen sich in der Regel dadurch aus, dass sie erkennbar einer individuellen Nutzung durch eine Familie oder Bewohner\*innen einer Wohneinheit unterliegen und häufig durch einen Zaun, eine Bepflanzung o.ä. abgegrenzt sind. Die intensive Nutzung durch Kinder ist möglich. Auch Nutzpflanzenanbau kann im Hausgarten in der Regel in Nutzbeeten stattfinden und wird von den Bewohner\*innen der zugehörigen Wohneinheit betrieben.

Wie die Auswertungen der Befragung in Mechernich im Zuge des Bleiscreenings ergeben haben (vgl. KRAUS 2019), halten sich die Befragten im allgemeinen 1 bis 60 Stunden pro Woche im Garten auf, 50% der Befragten 10 Stunden pro Woche, im Mittel 13,3 Stunden pro Woche. Ca. die Hälfte gab an, in den vergangenen 6-8 Wochen (d.h. Sommer: Mai, Juni 2019) intensiv mit Boden in Kontakt gekommen zu sein.

Die im Rahmen der Feldstudie mit Hilfe der Wochenprotokolle ermittelten Aufenthaltszeiten der Kinder bis 6 Jahren in der Sommersaison (Mai-September) liegt im Mittel mit 10,4 Stunden pro Woche etwas niedriger als die Angaben für die Befragten des Bleiscreenings 2019 in Mechernich. Das kann an der nicht berücksichtigten Altersdifferenzierung liegen, oder auch an anderen Einflussfaktoren wie beispielsweise Witterungseinflüssen. Außerdem ist zu beachten, dass Aussagen zu Zeitbudgets durch Fragebogenerhebung zu validieren sind. So haben vergleichende Auswertungen der erhobenen Daten aus der Feldstudie gezeigt, dass Eltern die Aufenthaltszeiten ihrer Kinder im Hausgarten in den Fragebögen um ca. 1-3 Tage pro Woche gegenüber den protokollierten Daten überschätzt haben.

#### **4.2.2. Allgemeine Annahmen zur Bodenaufnahme**

Standardgemäß wird die Bodenaufnahme von Kindern auf Kinderspielflächen für 240 Spieltage im Jahr mit 0,5 g pro Spieltag abgeschätzt; das entspricht einer Bodenaufnahmemenge von 120 g pro Jahr und bildet den ungünstigen Fall ab. In den Grundlagen der Standards (vgl. AGLMB 1995) wird allgemein eine Spanne von 0,1 bis 0,5 g Boden pro Tag als ungünstiger Fall beschrieben. Als wahrscheinlicher Fall wird dort für Kinder bis 6 Jahre eine Spanne von 0,02 bis 0,1 g Boden pro Tag genannt. Für weniger sensibel genutzte Wohngebietsflächen werden die

Projekt-Nr.: P 219010

Annahmen für die Aufenthaltsdauer oder die Bodenaufnahme standardmäßig halbiert. Gleichzeitig wird auf Zeitbudget-Studien verwiesen, mit Hilfe derer die Annahmen zu konkretisieren oder ggf. zu begründen sind.

Ergänzende grundlegende Daten liegen in der Studie von BOTHE (2004) vor, in der im Hochsommer (Juni/Juli 2002) bei 25-32°C Lufttemperatur über 12 Tage mit Hilfe von Ernährungsprotokollen und Tracer-Untersuchungen Daten erhoben wurden. Es wurden Spielzeiten von Klein-(Kindern) pro Tag ermittelt und Bodenaufnahmeraten sowohl bezogen auf den Spieltag als auch auf die Spielstunde bestimmt.

**Tabelle 9: Ermittelte Bodenaufnahmen aus einer Ingestionsstudie (Fraktion <0,5 mm) (Quelle: BOTHE 2004)**

	Anzahl	Spielzeit h/d	Bodenaufnahme g/d		Bodenaufnahme g/h	
		Mittelwert	Mittelwert	Maximum	Mittelwert	Maximum
0-1 Jahr	5	1 h/d	0,034	0,05	0,038	0,056
1-2 Jahre	5	3,35 h/d	0,12	0,149	0,038	0,049
2-6 Jahre	6	3,37 h/d	0,087	0,143	0,027	0,044
0-6 Jahre	<i>(AGLMB (1995))</i>		20-100 mg/d (wahrscheinlicher Fall)			
0-6 Jahre	<i>(AGLMB (1995))</i>		100-500 mg/d (ungünstiger Fall)			

In dieser Studie wurden sowohl die Ergebnisse für die Bodenfraktionen <0,5 mm, <0,2 mm, als auch <0,063 mm ausgewertet, wobei keine grundlegenden Unterschiede gefunden werden konnten und deshalb auf die Auswertung von Daten <2 mm verzichtet wurde.

Die Aufenthaltszeiten der Kinder auf Spielflächen bei BOTHE (2004) beliefen sich im Mittel auf 1 - 3,4 Stunden. Die Bodenaufnahme betrug im Mittel 0,034 bis 0,12 g pro Tag und spiegelt ungefähr die Annahmen der AGLMB (s.o.) für den wahrscheinlichen Fall wider. Das Maximum der Bodenaufnahme erreichte mit 0,05 bis 0,15 g pro Tag dagegen gerade den unteren Bereich der wenig wahrscheinlichen Annahmen.

Von Bedeutung sind die Betrachtungen der Bodenaufnahmeraten pro Stunde. Daraus lassen sich Zusammenhänge zwischen der Spieldauer und der Bodenaufnahme modellieren. Bei Zugrundelegen der Maximalaufnahmemengen für

Projekt-Nr.: P 219010

Kinder von 0 bis 1 Jahr (0,056 g pro Stunde; vgl. Tabelle 9) lässt sich folgender einfacher linearer Zusammenhang aufstellen:

**Gleichung 6: Allgemeine Abschätzung der Bodenaufnahme pro Tag (wenig wahrscheinliche Annahme; nach Bothe 2004)**

$$\text{Bodenaufnahme (g/d)} = 0,056 * \text{Aufenthaltsdauer (h/d)}$$

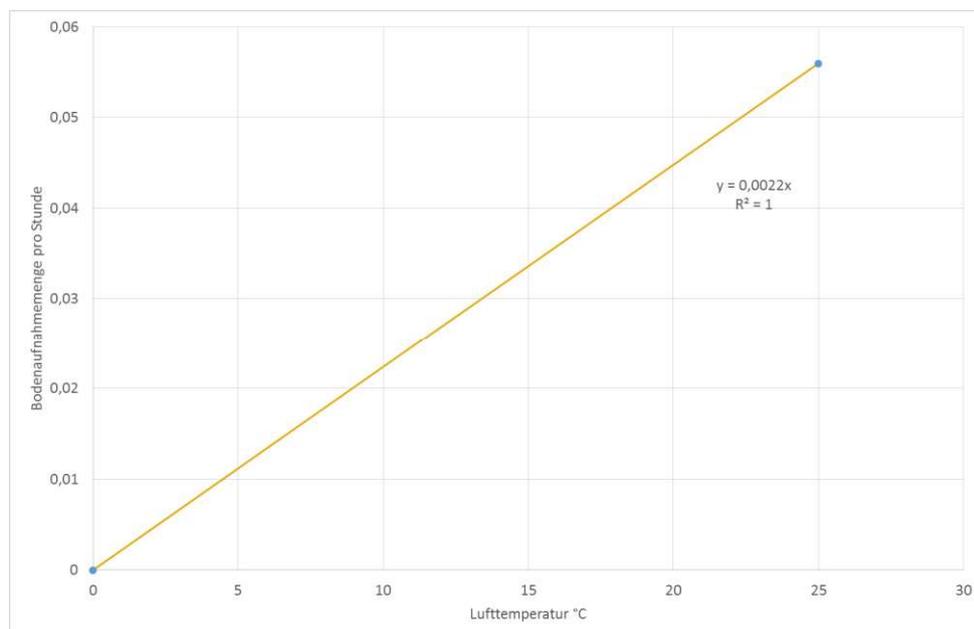
Die von BOTHE (2004) dokumentierten maximalen Bodenaufnahmeraten wurden allerdings bei trockenen Witterungsbedingungen und Lufttemperaturen von ca. 25°C erhoben.

Aufgrund der Aussagen von Erzieher\*innen zum Spielverhalten der Kinder im ländlichen Raum aus der Feldstudie kann über das Jahr betrachtet auch eine Witterungsabhängigkeit für die Bodenaufnahmerate angenommen werden. Unterstellt man bei 0°C aufgrund der Bodenbedingungen (ggf. gefrorene Oberfläche) sowie der Kleidung der Kinder (Handschuhe) eine Bodenaufnahmerate von 0 g pro Stunde und bei 25°C von 0,056 g pro Stunde, so kann vereinfacht folgender linearer Zusammenhang aufgestellt werden (vgl. Abbildung 12):

**Gleichung 7: Abschätzung der Bodenaufnahme in Abhängigkeit von der Lufttemperatur pro Spielstunde (wahrscheinliche Annahme; nach Bothe 2004)**

$$\text{Bodenaufnahme (g/h)} = 0,0022 * \text{TXK}$$

**Abbildung 12: Zusammenhang zwischen der Bodenaufnahmerate pro Stunde und dem Tagesmaximum der Lufttemperatur (TXK)**



Mit diesen Überlegungen lassen sich temperaturangepasste Bodenaufnahmeraten für die Spielstunden eines jeden Kalendertags modellieren.

#### 4.2.2.1 Abschätzung der Aufenthaltsdauer in Mechernich

Im Rahmen der Feldstudie wurden zur Ermittlung der Spielstunden je Kalendertag die erhobenen Aufenthaltsdauern der Kinder im Hausgarten für die protokollierten 150 Kalendertage mit den für den jeweiligen Kalendertag des Jahres 2017 gemessenen Tageshöchsttemperatur in Zusammenhang gesetzt.

Für die Berechnung der wahrscheinlichen Aufenthaltsdauer wurden die ermittelten 50.-Perzentile der Aufenthaltsdauern der Kinder im Hausgarten pro Kalendertag herangezogen. Daraus erfolgte die Abschätzung der witterungsbedingten Aufenthaltszeiten für das Jahr 2017 nach folgendem linearen Zusammenhang:

**Gleichung 8: Abschätzung der Aufenthaltsdauer pro Spieltag in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (wahrscheinliche Annahme; lineare Regression; Quelle: Feldstudie 2018)**

$$\text{Aufenthaltsdauer (h/d)} = 0,0768 \cdot \text{TXK} - 0,2935 \quad (R^2=0,36)$$

Um Unsicherheiten für die Abschätzung der wahrscheinlichen Fälle abzufangen, wurde darüber hinaus auch die obere Konfidenzschranke 95% der Regression zur Expositionsabschätzung ermittelt:

**Gleichung 9: Abschätzung der Aufenthaltsdauer pro Spieltag in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (wahrscheinliche Annahme; lineare Regression; 95.-Konfidenzschranke; Quelle: Feldstudie 2018)**

$$\text{Aufenthaltsdauer (h/d)} = 0,0937 \cdot \text{TXK} - 0,00094 \quad (95 \% \text{ Konfidenzschranke})$$

Die Berechnung der ungünstigen Fälle erfolgte mit Hilfe der ermittelten 95.-Perzentile der Aufenthaltsdauern der Kinder im Hausgarten pro Kalendertag:

**Gleichung 10: Abschätzung der Aufenthaltsdauer pro Spieltag in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (wenig wahrscheinliche Annahme; lineare Regression; Quelle: Feldstudie 2018)**

$$\text{Aufenthaltsdauer} = 0,1504 \cdot \text{TXK} - 0,0755 \quad (R^2=0,42)$$

Projekt-Nr.: P 219010

Zur Betrachtung sehr wenig wahrscheinlicher Annahmen wurde die obere Konfidenzschranke 95% ermittelt.

**Gleichung 11: Abschätzung der Aufenthaltsdauer pro Spieltag in Abhängigkeit von der Lufttemperatur (wenig wahrscheinliche Annahme; lineare Regression; 95.-Konfidenzschranke; Quelle: Feldstudie 2018)**

$$\text{Aufenthaltsdauer (h/d)} = 0,179 \cdot \text{TXK} + 0,429 \quad (95 \% \text{ Konfidenzschranke})$$

#### 4.2.2.2 Abschätzung der Bodenaufnahme in Mechernich

Zur Ermittlung der Bodenaufnahmemenge, die in Mechernich aufgrund der siedlungs- und witterungstypischen Rahmenbedingungen anzunehmen sind, können die in Kapitel 4.2.2 ausgeführten wahrscheinlichen (vgl. Gleichung 7) und wenig wahrscheinlichen Annahmen (Gleichung 6) zur Bodenaufnahme herangezogen werden. Mit Hilfe der für den Untersuchungsraum abzuschätzenden Aufenthaltsdauern (vgl. Gleichungen 8 – 11) können dann die Bodenaufnahmemengen je Spieltag modelliert werden (vgl. Tabelle 10).

**Tabelle 10: Modellierter witterungsabhängiger Aufenthaltsdauer und Bodenaufnahme im Jahresverlauf für das Jahr 2017 für ausgewählte Messstationen**

	Aufenthalt	wahrscheinliche Bodenaufnahme	wenig wahrscheinliche Bodenaufnahme
<b>Wetterstation Nideggen - 3591</b>			
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer	293 h/a	12,5 g/a	16,4 g/a
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	480 h/a	19,3 g/a	26,9 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer	744 h/a	30,1 g/a	41,6 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	1.073 h/a	41,8 g/a	60,1 g/a
<b>Wetterstation Weilerswist - 1327</b>			
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer	338 h/a	15,6 g/a	18,9 g/a
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	539 h/a	23,6 g/a	30,2 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer	838 h/a	36,8 g/a	46,9 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	1.187 h/a	50,5 g/a	66,5 g/a
<b>Wetterstation Vergleichsstandort</b>			
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer	254 h/a	10,3 g/a	14,2 g/a
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	427 h/a	16,1 g/a	23,9 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer	660 h/a	25,1 g/a	37 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	969 h/a	35,2 g/a	54,3 g/a

Projekt-Nr.: P 219010

In Anlage 4 finden sich die Daten und Berechnungen zu den Aufenthaltszeiten und Bodenaufnahmemengen je Kalendertag im Jahr 2017 sowie aggregiert für das Jahr 2017. Die Daten zu den Tagesmaxima der Lufttemperatur an den Messstationen wurden dem Datenserver des DWD entnommen. Um den gesamten Untersuchungsraum abzubilden, wurden die Daten der Station Nideggen sowie Weilerswist berücksichtigt.

Die Auswertungen verdeutlichen, dass die Aufenthaltszeiten und Bodenaufnahmemengen, die sich aus den Wetterdaten (Tageshöchsttemperaturen) der Messstation Nideggen modellieren lassen, geringfügig höher liegen als am Vergleichsstandort. Die Daten der Messstation Weilerswist lassen dagegen deutlich höhere Bodenaufnahmemengen als am Vergleichsstandort abschätzen.

In dem oben ausgeführten Modell wurden mit Hilfe der Zusammenhänge zwischen Tageshöchsttemperatur und Aufenthaltsdauer für alle Kalendertage mit einer Tageshöchsttemperatur  $> 0^{\circ}\text{C}$  Bodenaufnahmemengen modelliert. Da jedoch anzunehmen ist, dass an definierten Ausschlussstagen (vgl. Kapitel 2.3.2.4, Tabelle 4) aufgrund von Bodenfrost oder Schneedecke keine nennenswerten Bodenaufnahmemengen zu erwarten sind, können die Auswertungen noch weiter differenziert werden. So sind für die Messstation Nideggen für das Jahr 2017 104 Tage auszuschließen, so dass für insgesamt 261 Tage Bodenaufnahmemengen abgeschätzt werden. Für Weilerswist ergaben sich 96 Ausschlussstage, so dass für 269 Tage Bodenaufnahmemengen modelliert werden sollen.

Diese Überlegungen decken sich mit den Größenordnungen der Ergebnisse der Feldstudie, in der im ungünstigen Fall 278 Aufenthaltstage im Jahr protokolliert wurden, der wahrscheinliche Fall lag bei 178 Tagen.

**Tabelle 11: Modellierte witterungsabhängige jährliche Aufenthaltsdauer und Bodenaufnahme für das Jahr 2017 für ausgewählte Messstationen – ohne Ausschlussstage**

	Aufenthalt	wahrscheinliche Bodenaufnahme	wenig wahrscheinliche Bodenaufnahme
<b>Wetterstation Nideggen - 3591</b>			
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer	262 h/a	11,7 g/a	14,7 g/a
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	413 h/a	17,7 g/a	23,1 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer	643 h/a	27,7 g/a	36 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	902 h/a	38 g/a	50,5 g/a
<b>Wetterstation Weilerswist - 1327</b>			
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer	299 h/a	14,4 g/a	16,8 g/a
50.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	462 h/a	21,5 g/a	25,9 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer	721 h/a	33,6 g/a	40,4 g/a
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke	1.000 h/a	45,7 g/a	56 g/a
<b>Kinderspielfläche</b>	<b>480 h/a</b>	<b>120 g/a</b>	
<b>Wohngebiet</b>	<b>240 h/a</b>	<b>60 g/a</b>	
<b>Kappungsgrenze</b>		<b>12 g/a</b>	

Vergleicht man die Wertespannen der Bodenaufnahmen pro Jahr mit den Standards (vgl. Kapitel 4.2.2), so zeigt sich, dass die für den Untersuchungsraum Mechernich modellierten Daten in vergleichbarer Größenordnung liegen und als plausibel eingeschätzt werden können.

#### **4.2.3. Nutzpflanzenverzehr aus Hausgärten im ländlichen Raum**

Über das Anbauverhalten im Untersuchungsraum Mechernich konnten keine Daten recherchiert werden. Lediglich aus den Befragungen der Teilnehmer\*innen des Blutblei-Screenings 2019 ist abzulesen, dass 40% angaben, selten Gemüse aus dem Garten zu verzehren, 24% hin und wieder, 23% häufig, 13% machten dazu keine Angaben. Genannt wurden verschiedene Gemüsearten, insbesondere Salat. Für 3 der 15 untersuchten Kinder wurde angegeben, dass diese häufig aus dem Garten ernährt werden.

Zur Abschätzung, welche Schadstoffmenge vom Menschen beim Verzehr von selbst angebautem Gemüse aufgenommen wird, sind zum einen Kenntnisse zum Schadstoffgehalt in den Nutzpflanzen und zum anderen Informationen zur Verzehrmenge erforderlich.

#### **4.2.3.1 Anreicherungsverhalten von Nutzpflanzen**

Für die Anreicherung von Schadstoffen in Pflanzen bestehen ausgeprägte Unterschiede zwischen Pflanzenarten und zum Teil sogar -sorten. Dies ist einerseits durch morphologische Eigenschaften der Pflanzen bedingt, andererseits verfügen bestimmte Pflanzenarten auf Grund physiologischer Besonderheiten über ein erhebliches Anreicherungspotenzial für bestimmte Schadstoffe. Neben diesen Art- und Sortenunterschieden kann es auch zu erheblichen Unterschieden im Hinblick auf die Verlagerung innerhalb der Pflanze in unterschiedliche Pflanzenorgane kommen.

Zur Charakterisierung des Anreicherungsverhaltens von Nutzpflanzen liegen zahlreiche Auswertungen von Daten und Literatur vor (vgl. Ausführungen in LANUV 2014), die die Nutzpflanzen aufgrund des systemischen Aufnahmepfades prinzipiell den Anreicherungsklassen hoch, mittel und niedrig zuordnen. Eine Übersicht für Blei findet sich in Tabelle 12.

Die Kenntnis über das spezifische Anreicherungsverhalten von Gemüsearten kann grundsätzlich auch dazu genutzt werden, spezifische Anbau- und Verzehrsempfehlungen zu entwickeln.

Generell gilt für Blei, dass die Anreicherung von Blei in Obst von Bäumen und Sträuchern von untergeordneter Bedeutung ist. Auch der Anbau von Küchenkräutern ist in der Regel von nachrangiger Relevanz, da deren Verzehrsmengen prinzipiell gering ausfallen und die damit verbundene Schadstoffzufuhr vernachlässigt werden kann.

**Tabelle 12: Zuordnung von Gemüsearten zu spezifischen Anreicherungsklassen für den systemischen Pfad für Blei (Quelle: nach LANUV 2014)**

	<b>Arsen/Blei/Chrom/ Quecksilber</b>
<b>hoch</b>	-
<b>mittel</b>	Pflücksalat Spinat Endivie Feldsalat Kopfsalat Mangold Möhren Rettich Schwarzwurzel
<b>niedrig</b>	Radieschen Zwiebel Porree Rote Bete Sellerie Kartoffeln Blumenkohl Brokkoli Chinakohl Grünkohl Rotkohl Rosenkohl Spitzkohl Weißkohl Wirsing Kohlrabi Buschbohne Erbse Gurke Stangenbohne Tomate Zucchini

#### **4.2.3.2 Anbau und Verzehr von Nutzpflanzen**

Zur Abschätzung des standardisierten Pro-Kopf-Gemüseverzehrs aus dem Eigenanbau in Kleingärten liegen Daten zu Anbau, Ernte, Verderb und Verzehr vor (vgl. LUA NRW 2001), die im Rahmen von Expositionsabschätzungen für Kleingärten verwendet werden können. Inwieweit diese Daten auf den Anbau in Hausgärten übertragen werden können, ist bislang nicht überprüft worden.

Um belastbare Aussagen über das Anbau- und Verzehrverhalten im Untersuchungsraum Mechernich zu treffen, wäre es erforderlich, weitere Daten, beispielsweise durch Befragungen oder Begehungen zu erheben, die folgende Aspekte abdecken (vgl. hierzu LANUV 2014):

- Welche Nutzpflanzenarten werden angebaut: z.B. Obst, Gemüse, Wurzelgemüse, Kräuter, Kartoffeln (vgl. Tabelle 12)?
- Wie groß ist die jeweilige Anbaufläche?
- Von welchen Ernteerträgen ist auszugehen?
- Wie viele Personen sind am Verzehr beteiligt (und zu welchem Anteil)?
- Wie groß ist die Selbstversorgungsquote (alternativ zu obigen Erhebungen oder zur Plausibilitätsprüfung)?

Solange keine gebietstypischen Aussagen zum Anbau- und Verzehrverhalten vorliegen, kann hilfsweise aus generellen Überlegungen zu üblichen Ernteerträgen sowie allgemeinen Verzehrsmengen der Flächenbedarf für gärtnerisch genutzte Flächen abgeschätzt werden.

Wird der Prüfwert für Blei für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze in Höhe von 0,1 mg/kg (AN) eingehalten, dann ist anzunehmen, dass ein Anbau einer durchschnittlichen Gemüseauswahl mit üblicherweise zu erzielenden Ernteerträgen auf einer Fläche von etwa 30-40 m<sup>2</sup> pro Person (vgl. LANUV 2014) möglich ist.

## **5. Ableitung von Beurteilungsmaßstäben für den Untersuchungsraum Mechernich**

Der Untersuchungsraum Mechernich ist aufgrund seiner Siedlungs- und Nutzungsstruktur dem ländlichen Raum zuzuordnen. Im Hinblick auf die wohnbauliche Nutzung wird von einer überwiegend sensiblen Nutzung durch Ein- und Zweifamilienhäuser mit Hausgarten ausgegangen.

Für individuell genutzte Gärten beispielsweise von Einzel-, Doppel- und Reihenhäusern sollte generell eine Nutzung als Hausgarten angenommen werden, um die Bewertung der sensibelsten planungsrechtlich zulässigen Nutzung sicherzustellen. Unter dem Nutzungsszenario „Hausgarten“ werden Flächen verstanden, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder wie „Kinderspielflächen“ (mit regelmäßigem und intensivem Kinderspiel) als auch für den Anbau von Nutzpflanzen individuell genutzt werden können.

Als "Nutzgarten" sind davon Flächen abzugrenzen, die ausschließlich dem Anbau pflanzlicher Nahrungsmittel zum Eigenverzehr und - im Gegensatz zu Haus- oder Kleingärten - nicht als Aufenthaltsbereich für Kinder dienen. Wenn der Aufenthalt von Kindern verneint werden kann, hat der Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch dort alleinige Relevanz.

Zur Begründung von gebietsbezogenen Beurteilungswerten für gestufte Maßnahmen im Untersuchungsraum Mechernich werden nachfolgend die beiden relevanten Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze-Mensch sowie beide Wirkungspfade integrativ betrachtet.

### **5.1. Wirkungspfad Boden-Mensch**

Wie die Auswertungen gezeigt haben, sind sowohl aufgrund der ländlichen Nutzungsstrukturen als auch aufgrund der Witterungsbedingungen im Untersuchungsraum Mechernich vom Standard abweichende Expositionsannahmen zu treffen (vgl. Tabelle 11). Die Ergebnisse der Berechnungsmodelle sind für die ausgewählten Messstationen in Anlage 4 dokumentiert.

Im Ergebnis können mithilfe dieser gebietstypischen Expositionsbedingungen (Aufenthaltszeiten und Bodenaufnahme) für den Wirkungspfad Boden-Mensch vereinfacht Expositionsquotienten ermittelt werden, die das Verhältnis zwischen

den Standardannahmen und den gebietstypischen Expositionsbedingungen beschreiben:

**Gleichung 12: Allgemeine Berechnung des Expositionsquotienten EQ**

$$\text{Expositionsquotient [EQ]} = \frac{\text{Expositionsbedingung}_{\text{Untersuchungsgebiet}}}{\text{Exposition}_{\text{Standard BBodSchV}}}$$

Konkret ergeben sich die Expositionsquotienten für die Abschätzung der gebiets-typischen Bodenaufnahme wie folgt:

**Gleichung 13: Berechnung des Expositionsquotienten EQ<sub>Bodenaufnahme</sub>**

$$\text{EQ}_{\text{Bodenaufnahme}} = \frac{\text{Expo.}_{\text{Untersuchungsgebiet}}}{\text{Expo.}_{\text{Standard BBodSchV}}} = \frac{\text{Bodenaufnahme Mechernich } \frac{\text{g}}{\text{a}} \text{ (vgl. Tabelle 11)}}{120 \frac{\text{g}}{\text{a}} \text{ (vgl. Kapitel 4.2.2)}}$$

Den Standards zur Prüfwertableitung liegen Annahmen zu wenig wahrscheinlichen Expositionsbedingungen zugrunde, die auf das Vorliegen einer Gefahr für das Schutzgut schließen lassen. So wird i.d.R. der ungünstige Fall mit einem hohen Perzentil möglicher Expositionen gleichgesetzt.

Bei einer gebietsbezogenen Bewertung wird zur Abschätzung der Exposition dagegen nicht ein konkreter Messwert bzw. nicht ein konkretes Ergebnis einer Erhebung herangezogen, sondern statistische Kennwerte. Gebietsbezogene Bewertungen haben immer wahrscheinliche, mittlere und wenig wahrscheinliche Expositionsbedingungen zu berücksichtigen. Übliche Betrachtungen hierfür stellen das 5.-, das 50.- und 95.-Perzentil dar (vgl. AGLMB 1995). Im Ergebnis können die standörtlichen Expositionsbedingungen je nach Kombination wahrscheinlicher oder ungünstiger Fälle für die jeweiligen Annahmen (s.o.; vgl. Tabelle 11) weite Spannen für die Ableitung der Expositionsquotienten und damit auch der Beurteilungswerte begründen.

Nachfolgend werden die verschiedenen modellierten Expositionsbedingungen im Untersuchungsraum Mechernich (vgl. Kapitel 4) mit Hilfe des Expositionsquotienten ausgewertet. Für die Ableitung der jeweils resultierenden Beurteilungswerte für Blei gilt:

**Gleichung 14: Berechnung des Beurteilungswertes  $BW_{RV}$  für resorptionsverfügbare Bleigehalte**

$$BW_{RV} = \frac{\text{Prüfwert BBodSchV}}{EQ} = \frac{BW_{RV}}{EQ} = \frac{72,5 \frac{\text{mg}}{\text{kg Boden}}}{EQ_{\text{Bodenaufnahme (vgl. Anlage 5)}}$$

Zur Beurteilung der resorptionsverfügbaren Bleigehalte  $BW_{RV}$  werden gemäß der dokumentierten Prüfwertableitung (vgl. UBA 1999ff) für Blei 72,5 mg/kg Boden (nicht gerundet) für die sensibelste Nutzung einer Fläche als Kinderspielfläche oder Hausgarten herangezogen. Die Eckpunkte der Berechnung finden sich in Anlage 5. Die Ergebnisse für die Ableitung der gebietsbezogenen Beurteilungswerte sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

In Fällen, in denen die Bewertung eines Stoffes auf Basis resorptionsverfügbarer Gehalte erfolgen soll, wie beispielsweise für Blei, bei dessen Prüfwertableitung die Resorptionsverfügbarkeit (vgl. Kapitel 3.2) berücksichtigt ist, und darüber hinaus statistisch beschreibbare Kenntnisse über die Resorptionsverfügbarkeit im Untersuchungsraum vorliegen (vgl. Kapitel 3.1.1 und 4.1.1), können auch gebietsbezogene Beurteilungswerte für Gesamtgehalte unter Verwendung beispielsweise wenig wahrscheinlicher Prognosemodelle (vgl. Gleichung 4) berechnet werden.

Die im Untersuchungsraum ermittelten bodenabhängigen Expositionsbedingungen (gebietstypische Verfügbarkeit) werden – soweit keine Hinweise auf Abweichungen vorliegen - als repräsentativ für den Untersuchungsraum angenommen und gemäß Gleichung 4 zur Ableitung von Beurteilungswerten für Blei-Gesamtgehalte herangezogen.

Die Verwendung des wahrscheinlichen Prognosemodells unter Anwendung des Regressionsmodells (vgl. Gleichung 3) wird zunächst nicht präferiert, da nur eine begrenzte Anzahl an Messdaten vorliegt und im Untersuchungsgebiet noch weiter zu überprüfen ist, ob sich diese Zusammenhänge auch in anderen Bereichen verifizieren lassen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten nach der Wahrscheinlichkeit der Annahme in einer Matrix dargestellt.

**Tabelle 13: Matrix zur Ableitung der gebietsbezogenen Beurteilungswerte für Blei in Hausgärten**

	Blei RV (gBW <sub>RV</sub> )		Blei Gesamt (gBW <sub>gesamt</sub> )	
	wahrscheinliche Bodenaufnahme	wenig wahrscheinliche Bodenaufnahme	wahrscheinliche Bodenaufnahme	wenig wahrscheinliche Bodenaufnahme
<b>50.-Perz. der Aufenthaltsdauer sehr wahrscheinlich</b>	744 mg/kg	592 mg/kg	2.399 mg/kg	1.909 mg/kg
<b>50.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke wahrscheinlich</b>	492 mg/kg	377 mg/kg	<b>1.586 mg/kg</b>	1.215 mg/kg
wenig wahrscheinlich	314 mg/kg	242 mg/kg	1.013 mg/kg	780 mg/kg
95.-Perz. der Aufenthaltsdauer – 95.-Konfidenzschranke wenig wahrscheinlich	229 mg/kg	172 mg/kg	739 mg/kg	556 mg/kg
Kinderspielfläche	72,5 mg/kg		225 mg/kg	
<b>Kappungsgrenze</b>	<b>725 mg/kg</b>		<b>2.000 mg/kg</b>	

Mit aufgeführt wird eine Kappungsgrenze für die Bodenaufnahme in Höhe von 12 g pro Jahr. Diese Kappungsgrenze beschreibt die Grenzen der Anwendbarkeit dieses Expositionsmodells. Darüber hinausgehende Berechnungen für Expositions-betrachtungen sind definitionsgemäß nicht als belastbar anzusehen und daher nicht zulässig (vgl. Entwurfssfassung der Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung LABO 2019)<sup>13</sup>.

Die so gewonnene Matrix ermöglicht es, unterschiedliche Fallgestaltungen unter Beachtung vorgegebener Aussagewahrscheinlichkeiten bzw. Aussagesicherheiten zu definieren und gebietsbezogene Beurteilungswerte sowohl zur Gefahrenabwehr in bestehender Wohnbebauung als auch vorsorgeorientiert für die Planung zu definieren.

### 5.1.1. Gebietsbezogene Beurteilungswerte für bestehende Wohngebiete

Werden alle (sehr) wahrscheinlichen Annahmen zur Aufenthaltsdauer und Bodenaufnahme kombiniert (vgl. Tabelle 13, dunkelrot), ergibt sich ein Beurteilungswert, der die Kappungsgrenze des Expositionsmodells übersteigen würde. Eine Kombination aller wahrscheinlichen Annahmen ist daher im vorliegenden Fall nicht zulässig.

<sup>13</sup> Machtolf M: LABO-Arbeitshilfe zur Expositionsabschätzung in der Detailuntersuchung – Vorstellung der Vorgehensweise und Methoden – ; Seminar Altlasten und Schadensfälle 2019 – Neue Entwicklungen – , Seminarband, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wetzlar, 17. und 18. September 2019

Aus der Kombination von wahrscheinlichen Annahmen zur Bodenaufnahme und zur Aufenthaltsdauer (vgl. Tabelle 13, hellrot) wird der obere gebietsbezogene Beurteilungswert für resorptionsverfügbares Blei  $gBW_{RV-o}$  von 490 mg/kg Boden abgeleitet, korrespondierend mit einem  $gBW_{gesamt-o}$  für Blei von abgerundet 1.500 mg/kg. Bei Erreichen oder Überschreiten dieses Wertes muss bei wahrscheinlichen Expositionsbedingungen (also geringer Exposition) die Gefahr mit einer hohen Wahrscheinlichkeit als bestätigt gelten.

Aus der Kombination wahrscheinlicher Annahmen zur Bodenaufnahme und wenig wahrscheinlichen Annahmen zur Aufenthaltsdauer (vgl. Tabelle 13, orange), wird der mittlere gebietsbezogene Beurteilungswert für resorptionsverfügbares Blei von  $gBW_{RV-m}$  in Höhe von 310 mg/kg abgeleitet, korrespondierend mit einem  $gBW_{gesamt-m}$  für Blei von gerundet 1.000 mg/kg. Bei Einhaltung dieses Wertes in Hausgärten im Untersuchungsraum Mechernich ist eine mittlere Wahrscheinlichkeit für die Ausräumung des Gefahrenverdachts anzunehmen.

Werden alle wenig wahrscheinlichen Annahmen kombiniert (vgl. Tabelle 13, dunkelgrün), wird der untere gebietsbezogene Beurteilungswert  $gBW_{RV-u}$  von 230 mg/kg Boden abgeleitet, korrespondierend mit einem  $gBW_{gesamt-u}$  für Blei von gerundet 750 mg/kg. Bei Einhaltung dieses Wertes in Hausgärten im Untersuchungsraum Mechernich kann selbst bei wenig wahrscheinlichen Expositionsbedingungen (also hoher Exposition) der Gefahrenverdacht mit einer hohen Wahrscheinlichkeit ausgeräumt werden.

### **5.1.2. Gebietsbezogene Beurteilungswerte für Planungsverfahren**

Sollen Flächen überplant werden, beispielsweise im Zuge von Baugebietsausweisungen, ergibt sich die planungsrechtlich zulässige Nutzung aus dem Baurecht in Verbindung mit der Bauleitplanung. Hier gelten die Grundsätze der Vorsorge, bzw. des Anspruchs auf gesundes Wohnen in der Zukunft.

So wären infolgedessen zur Beurteilung von künftig als Hausgarten genutzten Flächen grundsätzlich die Standards zur Quantifizierung der sensibelsten planungsrechtlich zulässigen Nutzung – das Kinderspiel – heranzuziehen. Laut Altlastenerlass NRW vom 14.03.2005 ist im Sinne umfassender, vorsorgender Gestaltungsaufgaben in Planungsverfahren zwar anzustreben, die Prüfwerte der BBodSchV so weit wie möglich zu unterschreiten. Die Anwendung von Methoden der weiteren Sachverhaltsermittlung wird jedoch ausdrücklich eingeräumt.

Da im vorliegenden Fall großflächige Bodenbelastungen zu betrachten sind und vertiefende Auswertungen zu den gebietsbezogenen Expositionsbedingungen vorliegen, wurden entsprechende Überlegungen zur Ableitung vorsorgeorientierter gebietsbezogener Beurteilungswerte für die Planung integriert<sup>14</sup>.

So führt die Kombination der sehr wenig wahrscheinlichen Annahmen zur Aufenthaltsdauer mit den wenig wahrscheinlichen Annahmen zur Bodenaufnahme (vgl. Tabelle 13, hellgrün), zur Ableitung eines Beurteilungswertes in Höhe von 170 mg/kg für resorptionsverfügbares Blei, korrespondierend mit einem Bleigesamtgehalt von gerundet 550 mg/kg. Dieser Beurteilungswert zeigt einen deutlichen Abstand zum unteren gebietsbezogenen Beurteilungswert und erfüllt aufgrund der Wahrscheinlichkeit der zugrunde liegenden Annahmen die Anforderungen an einen vorsorgeorientierten Beurteilungswert für die Planung.

### 5.1.3. Sonderfälle

Aufgrund optimalerer Witterungsbedingungen (wie im Umfeld der Messstation Weilerswist) kann es in bestimmten Bereichen des Untersuchungsraums erforderlich werden, vergleichsweise wenig wahrscheinliche Expositionsbedingungen anzunehmen, die dann zu entsprechend niedrigeren Beurteilungswerten führen (vgl. Anlage 5). Diese Bereiche werden zunächst als Sonderfälle angesehen, die im Einzelfall entsprechend einer gesonderten Betrachtung bedürfen.

Einen Überblick über die gebietsbezogenen Beurteilungswerte gBW für den Untersuchungsraum Mechernich gibt Tabelle 14. Für Vergleichszwecke wurden die mittleren Bodenaufnahmemengen pro Jahr sowie die Expositionsquotienten (vgl. auch Anlage 5) mit aufgeführt.

---

<sup>14</sup> Siehe Ergebnisvermerk zur Besprechung über die Bleibelastung in Mechernich, Kreis Euskirchen vom 16.01.2020 im MULNV / IV-4, Az. IV-4-543 vom 17.01.2020

**Tabelle 14: Übersicht der gebietsbezogenen Beurteilungswerte (gBW) für Mechernich für den Wirkungspfad Boden-Mensch**

	gBW <sub>RV</sub> Blei in mg/kg	gBW <sub>gesamt</sub> Blei in mg/kg	Bodenaufnahme in g/a	Expositions- quotient
			vgl. Anlage 5	
Oberer gebietsbezogener gBW <sub>o</sub>	490	1.500	17,7	0,15
Mittlerer gebietsbezogener gBW <sub>m</sub>	310	1.000	27,7	0,23
Unterer gebietsbezogener gBW <sub>u</sub>	230	750	38	0,32
Gebietsbezogener gBW <sub>p</sub> für die Planung	170	550	50,5	0,42
<b>Standard Kinderspielfläche</b>	<b>70</b>	<b>225</b>	<b>120</b>	<b>1</b>

#### 5.1.4. Gebietsbezogene Beurteilungswerte bei hohen Staubentwicklungen

Aus den Untersuchungen im Bebauungsplangebiet „Auf der Wäsche“ sind keine Hinweise auf eine nennenswerte Anreicherung von Blei in der Kornfraktion < 63 µm gegenüber der Kornfraktionen des Gesamtboden (< 2.000 µm) im Untersuchungsraum abzuleiten.

Zur Beurteilung des inhalativen Wirkungspfad des Boden-Mensch im Kontext etwaiger Staubbelastungen kann hilfsweise das Nutzungsszenario *Sport- und Bolzplätze*, bei dem die inhalative Schadstoffaufnahme sporttreibender Kinder und Jugendlicher maßgeblich ist, herangezogen werden. Für dieses Szenario wurde ein Prüfwertvorschlag für Blei von 5.000 mg/kg abgeleitet (DELSCHEN et al. 2006)<sup>15</sup>.

Unter Berücksichtigung des maximal ermittelten Anreicherungsfaktors von 1,25 aus dem Bebauungsplangebiet „Auf der Wäsche“, kann ein Beurteilungswert von 20.000 mg/kg<sup>16</sup> in Bezug auf die inhalative Exposition gegenüber Staub abgeleitet werden. Für Areale im Untersuchungsraum mit Bleigehalten > 20.000 mg/kg besteht somit im Hinblick auf den inhalativen Pfad und gegebenenfalls auftretende Staubbelastungen Maßnahmendarf.

<sup>15</sup> DELSCHEN, TH.; BERTGES, W.-D.; LEISNER-SAABER; J. (2006): Bewertung von Schadstoffbelastungen auf Sport- und Bolzplätzen nach Maßstäben des Bodenschutzes. Bodenschutz, Heft 2, S. 44-48

<sup>16</sup> Beurteilungswert = 5.000 mg/kg \* 5 / 1,25

## 5.2. Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch

Für die Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch und die alleinige Betrachtung der Bleiaufnahme durch den Verzehr von angebautem Gemüse können bei großflächigen Bodenbelastungen in der Regel nur bodenabhängige Expositionsbedingungen herangezogen werden, während eine Prägung des Untersuchungsraumes im Hinblick auf den Nutzpflanzenanbau kaum belastbare allgemeine Aussagen für Expositionsabschätzungen erwarten lassen. In Hausgärten findet entweder Nutzpflanzenanbau statt oder nicht. Bestimmend ist die aktuelle Größe der Anbaufläche sowie die Anzahl der Personen, die das auf der Gartenfläche angebaute Gemüse verzehren.

Legt man zugrunde, dass bei Einhaltung des Prüfwertes für pflanzenverfügbares Blei in Höhe von 0,1 mg/kg (AN) eine Anbaufläche von 40 m<sup>2</sup> pro Person zulässig ist, kann ein Expositionsquotient EQ<sub>AN</sub> zur Berücksichtigung der aktuellen Pflanzenverfügbarkeit berechnet werden, mit Hilfe dessen die nutzungsabhängige Schadstoffaufnahme über den Verzehr von angebautem Gemüse bei der Beurteilung der zulässigen Nutzung Berücksichtigung finden kann.

### Gleichung 15: Berechnung des Expositionsquotienten EQ<sub>AN</sub>

$$\text{Expositionsquotient } [EQ_{AN}] = \frac{\text{Blei AN aktuell}}{\text{Prüfwert Blei AN Standard}} = \frac{\text{Blei AN aktuell}}{0,1 \frac{\text{mg}}{\text{kg}}}$$

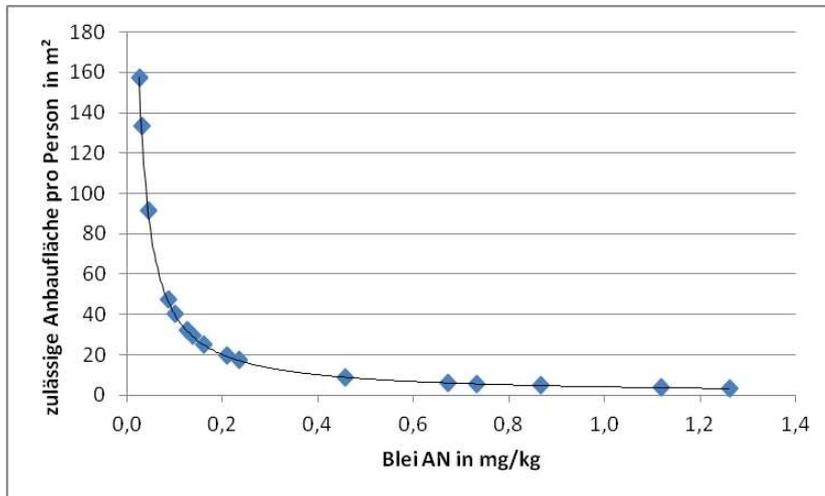
Sofern keine Hinweise auf besondere Anbaugewohnheiten vorliegen, kann mit Hilfe des Expositionsquotienten EQ<sub>AN</sub> eine Abschätzung der zulässigen Anbauflächen erfolgen.

### Gleichung 16: Berechnung zulässiger Anbauflächen für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

$$\text{zulässige Anbaufläche m}^2 = \frac{\text{Anbaufläche } \left[ \frac{\text{m}^2}{\text{Person}} \right]_{\text{Standard}}}{EQ_{AN}} = \frac{40 \text{ m}^2}{EQ_{AN}}$$

Eine grafische Darstellung der allgemeinen Zusammenhänge zwischen pflanzenverfügbaren Bleigehalten und der zulässigen Anbaufläche pro Person nach der ermittelten Regression für das Bebauungsplanungsgebiet „Kommern Süd“ (vgl. Kapitel 3.1.3) gibt Abbildung 13.

Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Blei (AN) und der zulässigen Anbaufläche pro Person mit der Regression für das Bebauungsplanungsgebiet „Kommern Süd“



Legt man die Regressionsgleichung zur Abschätzung der gebietstypischen Pflanzenverfügbarkeit zugrunde (vgl. Gleichung 5; Kapitel 3.1.3 und 4.1.2), so lassen sich für die für den Wirkungspfad Boden-Mensch abgeleiteten Beurteilungswerte in starker Abhängigkeit vom pH-Wert jeweils zulässige Anbauflächen pro Person errechnen. Eine Übersicht dazu findet sich in Tabelle 15.

Tabelle 15: Gebietsbezogene Beurteilungswerte für Mechernich und zulässige Anbauflächen zur Betrachtung des Wirkungspfad des Boden-Nutzpflanze-Mensch

	gBW <sub>gesamt</sub> Blei in mg/kg	pH-Wert	gBW <sub>AN</sub> Blei in mg/kg (vgl. Gleich. 5)	Zulässige Anbaufläche pro Person m² (vgl. Gleich. 16)
Oberer gebietsbezogener gBW <sub>o</sub>	1.500	6,5	0,1	40
		6	0,235	17
		5	1,26	3
Mittlerer gebietsbezogener gBW <sub>m</sub>	1.000	6,5	0,081	49
		6	0,188	21
		5	1,01	4
Unterer gebietsbezogener gBW <sub>u</sub>	750	6,5	0,07	57
		6	0,161	25
		5	0,866	4,6
Gebietsbezogener gBW <sub>P</sub> für die Planung	550	6,5	0,059	68
		6	0,136	29
		5	0,732	5,5

### **5.3. Integrative Betrachtung der Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze-Mensch**

Da beim Anbau von Nutzpflanzen neben der Schadstoffaufnahme über das angebaute Gemüse zusätzlich auch der direkte Kontakt mit offenem, leicht zugänglichem Boden möglich ist, ist eine integrative Betrachtung für die orale Bleiaufnahme über die beiden Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze-Mensch unerlässlich.

Während die alleinige Betrachtung der oralen Bleiaufnahme über den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch zur Berechnung zulässiger Anbauflächen (vgl. Kapitel 5.2) führt, sind für Nutzbeete im allgemeinen Bodenaufnahmeraten für Kinder, die auf der Fläche spielen oder bei der Gartenarbeit helfen, von 0,25 g/d für den Direktpfad anzunehmen (vgl. LANUV 2014).

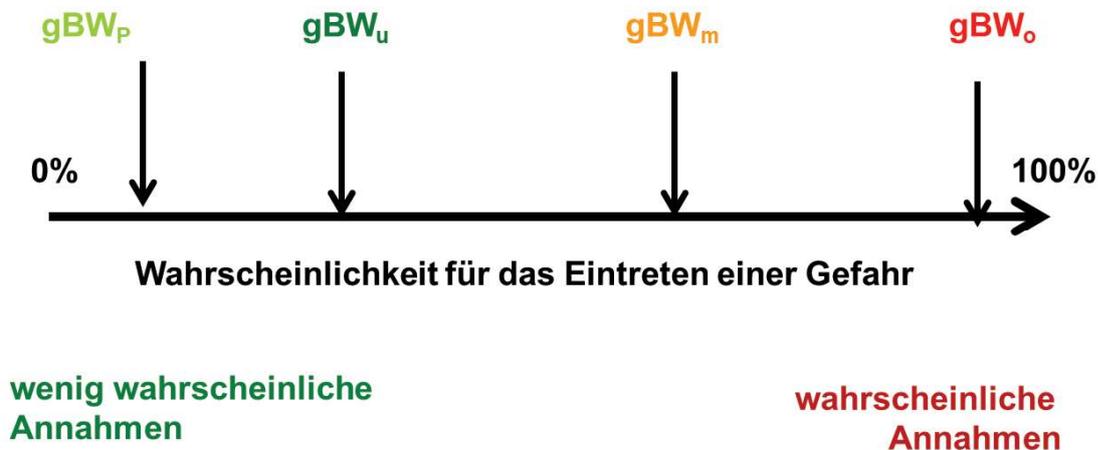
Im Abgleich mit Tabelle 14 wird jedoch ersichtlich, dass die gebietstypischen Annahmen für die Bodenaufnahme in Hausgärten bei 0,06 bis 0,3 g/d liegen. Das heißt, eine relevante Nutzung der Gartenfläche zum Anbau von Nutzpflanzen im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch ist damit nicht abgedeckt. Darüber hinaus ist aus zahlreichen vergleichenden Auswertungen für Blei erkannt worden, dass der Hauptanteil der oralen Bleiaufnahme über den Wirkungspfad Boden-Mensch erfolgt, während die Bleizufuhr über den Pflanzenpfad aufgrund des vergleichsweise geringen Anreicherungsverhaltens von Blei (in Abhängigkeit vom pH-Wert) i.d.R. in weit geringerem Ausmaß zur Bleizufuhr beiträgt (vgl. DELSCHEN 1998). Daher wurde auch, im Gegensatz zum Cadmium, für Blei kein integrativer Prüfwert für Hausgärten für die BBodSchV abgeleitet.

Daraus folgt, dass im Falle reiner Nutzgärten im Sinne der BBodSchV zulässige Anbauflächen ermittelt und empfohlen werden können. Sobald jedoch auch Kinderspiel möglich ist, wie beispielsweise in Hausgärten, erlangt der Wirkungspfad Boden-Mensch handlungsleitende Bedeutung.

## 6. Anwendung der gebietsbezogenen Beurteilungswerte

Nachfolgend wird die Bedeutung der gebietsbezogenen Beurteilungswerte für Hausgärten im Untersuchungsraum im Hinblick auf mögliche Maßnahmen erläutert. Folgende Abbildung veranschaulicht das Beurteilungskonzept.

Abbildung 14: Veranschaulichung der gebietsbezogenen Beurteilungswerte und der Aussagewahrscheinlichkeit



### 6.1. Gebietsbezogener Beurteilungswert für die Planung ( $gBW_P$ )

Wird im Zuge von Baugebietsausweisungen der gebietsbezogene Beurteilungswert  $gBW_P$  (170 mg/kg Pb RV, 550 mg/kg Pb gesamt) unterschritten, gelten die Anforderungen an gesundes Wohnen als erfüllt und eine Hausgartennutzung im gebietstypischen Sinne ist uneingeschränkt möglich.

Wird der  $gBW_P$  überschritten, sind Maßnahmen zu treffen, die eine entsprechende Nutzung ermöglichen.

Nach den gebietstypischen Abschätzungen zu pflanzenverfügbaren Gehalten im Untersuchungsraum sind Nutzgartenflächen bei pH-Werten über 6 (besser 7) im üblichen Ausmaß möglich. Es empfiehlt sich jedoch im Einzelfall die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Gehaltes.

## 6.2. Unterer gebietsbezogener Beurteilungswert (gBW<sub>u</sub>)

Wird der untere gebietsbezogene Beurteilungswert gBW<sub>u</sub> (230 mg/kg Pb RV, 750 mg/kg Pb gesamt) unterschritten, gilt der Gefahrenverdacht für den Wirkungspfad Boden – Mensch für Hausgärten in bestehender Wohnbebauung als ausgeräumt. Vor dem Hintergrund der bekannten, räumlichen Ausdehnung der Bleibelastung im gesamten Untersuchungsgebiet sollten allerdings generell Empfehlungen zur Reduzierung der Bleiexposition ausgesprochen werden.

Nach den gebietstypischen Abschätzungen zu pflanzenverfügbaren Gehalten im Untersuchungsraum sind Nutzgartenflächen bei pH-Werten über 6 (besser 7) im üblichen Ausmaß möglich. Es empfiehlt sich jedoch im Einzelfall die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Gehaltes.

Wird der untere gebietsbezogene Beurteilungswert gBW<sub>u</sub> überschritten (und der mittlere gebietsbezogene Beurteilungswert gBW<sub>m</sub> unterschritten), gilt der Gefahrenverdacht für den Wirkungspfad Boden – Mensch für Hausgärten in bestehender Wohnbebauung zwar nicht als bestätigt, aber da die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten einer Gefahr steigt (bis zu 50%), sind Empfehlungen zur Reduzierung der Bleiexposition auszusprechen.

Nach den gebietstypischen Abschätzungen zu pflanzenverfügbaren Gehalten im Untersuchungsraum sind Nutzgartenflächen bei pH-Werten über 6 (besser 7) im üblichen Ausmaß möglich. Bei geringeren pH-Werten kann sich die zulässige Anbaufläche in Nutzgärten jedoch deutlich verringern. Es empfiehlt sich im Einzelfall die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Gehaltes.

## 6.3. Mittlerer gebietsbezogener Beurteilungswert (gBW<sub>m</sub>)

Wird der mittlere gebietsbezogene Beurteilungswert gBW<sub>m</sub> (310 mg/kg Pb RV, 1.000 mg/kg Pb gesamt) überschritten (und der obere gebietsbezogene Beurteilungswert gBW<sub>o</sub> unterschritten), gilt der Gefahrenverdacht für den Wirkungspfad Boden – Mensch für Hausgärten in bestehender Wohnbebauung nicht als ausgeräumt, und die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten einer Gefahr steigt (über 50%). Der Gefahrenverdacht ist damit erhöht und im Einzelfall werden weitere Prüfschritte zur Verifizierung des Gefahrenverdachtess hinsichtlich der aktuellen Nutzung einer Hausgartenfläche erforderlich.

Hierzu sind diese Hausgartenflächen in Augenschein zu nehmen.

Findet aktuell auf der betreffenden Hausgartenfläche Nutzpflanzenanbau statt, sollte dies im Hinblick auf den Direktpfad auf Hochbeeten erfolgen.

Voraussetzung für Prüfschritte im Hinblick auf den Wirkungspfad Boden-Mensch ist die begründete Annahme, dass auf der Fläche keine typische Hausgartennutzung (vgl. Kapitel 4.2.1.1) mit regelmäßigem intensivem Kinderspiel stattfindet. Die aktuelle intensive Nutzung durch Kinder kann durch das Vorhandensein von Spielflächen oder Spielgeräten erkennbar werden oder ist aus Auskünften der Bewohner\*innen abzuleiten. Liegen Hinweise dafür vor, sollten entsprechende Maßnahmen zur Minderung einer möglichen Schadstoffzufuhr (Herrichtung der Kinderspielflächen, Grabesperren, Bodendecker, etc.) ergriffen werden.

Liegen keine Hinweise dafür vor, kann geprüft werden, ob eine mögliche Bodenaufnahme auf der Fläche durch deren Nutzung (z.B. Rasen) und/oder Beschaffenheit (dichter Bewuchs, Bedeckungsgrad, Versiegelung, etc.) weitestgehend und ausreichend minimiert wird. Ggf. werden Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen zur Festschreibung der gegenwärtigen Nutzung erforderlich.

Eine Einzelfallprüfung, wie sie im Standardfall nach Arbeitsblatt 22 (LANUV 2014) vorgesehen ist, wird nicht als zielführend erachtet, da im vorliegenden Fall gebietsbezogene Expositionsabschätzungen vorgenommen wurden, die aus der Modellierung sowohl der Bodenaufnahmemengen als auch der Aufenthaltsdauer im Hausgarten resultieren, unabhängig von der Flächenaufteilung von Subnutzungen.

#### **6.4. Oberer gebietsbezogener Beurteilungswert (gBW<sub>o</sub>)**

Wird der obere gebietsbezogene Beurteilungswert gBW<sub>o</sub> (490 mg/kg Pb RV, 1.500 mg/kg Pb gesamt) überschritten, gilt die Gefahr für den Wirkungspfad Boden – Mensch für Hausgärten in bestehender Wohnbebauung als festgestellt, und es sind einzelfallbezogene Sicherungs- oder Dekontaminationsmaßnahmen zu prüfen. Art und Umfang von Maßnahmen müssen einzelfallbezogen festgelegt werden.

## 7. Ausblick

Zur Ableitung von gebietsbezogenen Beurteilungswerten für Blei für den Untersuchungsraum Mechernich wurden zunächst Daten zur Siedlungs- und Nutzungsstruktur sowie zur Bleibelastung von Böden ausgewertet. Darüber hinaus wurden Wetterdaten recherchiert, um mögliche Einflüsse auf das Spielerhalten von Kindern im Untersuchungsgebiet beschreiben zu können. Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass Mechernich dem ländlichen Raum zugeordnet werden kann und sowohl die Siedlungs- und Nutzungsstruktur als auch die Witterungseinflüsse in Abhängigkeit von der Höhenlage Ähnlichkeiten mit einem ebenfalls ländlich geprägten Standort zeigen, für den umfangreiche Daten aus einer Feldstudie zum Spielverhalten von Kindern in Hausgärten erhoben wurden.

Zur Quantifizierung der nutzungsabhängigen Expositionsbedingungen, die den Untersuchungsraum prägen, wurden die erkannten Zusammenhänge zwischen Witterungsbedingungen, wie etwa der Tageslufttemperatur, und der Aufenthaltsdauer von Kindern in Hausgärten herangezogen und für das Jahr 2017 exemplarische Abschätzungen für Wetter-Messstationen im Umfeld des Untersuchungsraumes Mechernich durchgeführt. Zusammen mit Annahmen zur witterungsbeeinflussten Bodenaufnahme sowie zu Ausschlussstagen mit extremen Wetterbedingungen (Bodenfrost, Schneedecke, Tieftemperaturen) wurden wahrscheinliche und ungünstige (also weniger wahrscheinliche) Fälle zur Expositionsabschätzung ermittelt.

Im Ergebnis konnte so mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen für den Wirkungspfad Boden-Mensch für Hausgärten ein unterer (230 mg/kg Blei RV), mittlerer (310 mg/kg Blei RV) sowie ein oberer (490 mg/kg RV) gebietsbezogener Beurteilungswert  $gBW_{RV}$  für resorptionsverfügbares Blei abgeleitet werden.

Legt man die gebietstypische Verteilungsfunktion (ungünstiger Fall) für die Abschätzung der bodenabhängigen Expositionsbedingungen (Resorptionsverfügbarkeit) zugrunde, so liegen die entsprechenden gebietsbezogenen Beurteilungswerte  $gBW_{gesamt}$  für Blei gesamt bei 750 mg/kg, 1.000 mg/kg und 1.500 mg/kg.

Zur Betrachtung von Bodenbelastungen im Rahmen von Planungsverfahren wird vor dem Hintergrund der baurechtlichen Ansprüche an Vorsorge und gesundes

Projekt-Nr.: P 219010

Wohnen die Kombination aller (sehr) wenig wahrscheinlichen Annahmen empfohlen. Hieraus ergibt sich ein vorsorgeorientierter gebietsbezogener Beurteilungswert für resorptionsverfügbares Blei  $gBW_{P_{RV}}$  von 170 mg/kg bzw. für Blei gesamt  $gBW_{P_{gesamt}}$  von 550 mg/kg.

Generell wird im Untersuchungsraum grundsätzlich die Durchführung von Bodenuntersuchungen empfohlen, um den bodenschutzrechtlichen und baurechtlichen Anforderungen nachzukommen.

Mit den abgeleiteten gebietsbezogenen Beurteilungswerten sind damit grundsätzlich folgende Kategorien zu unterscheiden:

**Tabelle 16: Übersicht zu Gefahrenbeurteilung und Maßnahmenkategorien für Hausgärten im Sinne der Gefahrenabwehr**

	Beurteilungswerte		Gefahrenbeurteilung und Maßnahmenkonzept		
	$gBW_{RV}$ Blei (mg/kg)	$gBW_{gesamt}$ Blei (mg/kg)	Wirkungspfad Boden-Mensch	Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze-Mensch	Handlungsempfehlungen
<b>Planung</b>	≤170	≤550	kein Gefahrenverdacht; Kinderspiel im Hausgarten - wie am Standort üblich - möglich Anforderungen an gesunde Wohnverhältnisse sind erfüllt	Nutzpflanzenanbau möglich (pH-Wert Kontrolle)	Im Sinne der Vorsorge sollten die jeweiligen Bodengehalte die Beurteilungswerte möglichst unterschreiten.
<b>Gefahrenabwehr (Bestand)</b>	<230	<750	Gefahrenverdacht ausgeräumt, vorsorglich allgemeine Empfehlungen	Bei pH-Werten >6 (besser 7) ist der übliche Nutzpflanzenanbau möglich	Allgemeine vorsorgliche Verhaltens- und Nutzungsempfehlungen
	230-310	750-1.000	steigender Gefahrenverdacht, Empfehlungen notwendig	Nutzpflanzenanbau ist nur in Hochbeeten möglich	Boden soll durch dichten Bewuchs und Aufbringung von z.B. Rindenmulch möglichst vollständig abgedeckt sein
	310-490	1.000-1.500	Gefahrenverdacht erhöht, ggf. Prüfung aktueller Nutzung		Prüfung der aktuellen Nutzung und Festschreibung oder Umsetzung von Maßnahmen zur Reduzierung der Bleizufuhr
	>490	>1.500	Gefahr festgestellt Sicherungs- Sanierungsmaßnahmen prüfen		einzelfallbezogenen Sicherungsmaßnahmen oder Sanierungsmaßnahmen

Für den Wirkungspfad Boden-Pflanze-Mensch wurden vereinfachte Betrachtungen durchgeführt. Aufgrund der bisher im Untersuchungsraum ermittelten gebietstypischen Zusammenhänge zwischen dem Blei-Gesamtgehalt und den pflanzenverfügbaren Bleigehalten im Boden sowie der allgemeinen Annahme, dass bei Einhaltung der Prüfwerte eine Anbaufläche von ca. 40 m<sup>2</sup> pro Person zulässig ist, wurden in Abhängigkeit vom Bleigehalt im Boden sowie dem pH-Wert zulässige Anbauflächen für die abgeleiteten gebietsbezogenen Beurteilungswerte berechnet.

Diese gelten jedoch nur für reine Nutzgärten (ohne Kinderspiel), oder Gärten mit Bleigehalten <750 mg/kg. In Hausgärten mit Kinderspiel und Bleigehalten >750 mg/kg sind die Ergebnisse mit der Beurteilung des Direktpfades abzugleichen, da dieser auf offen zugänglichen Flächen die Beurteilung dominiert und ggf. den Anbau von Nutzpflanzen auf Hochbeeten erforderlich macht.

Es empfiehlt sich grundsätzlich, weiterhin pflanzenverfügbares Blei zu messen, um damit sowohl den Datenpool zur Verifizierung des gebietstypischen Zusammenhangs zu vergrößern als auch im Einzelfall belastbare Daten zur Abschätzung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze-Mensch zu erhalten. Die hier angewandte multiple Regression zur Abbildung des gebietstypischen Zusammenhangs zwischen Blei gesamt und pflanzenverfügbarem Blei basiert auf Daten einer Untersuchungskampagne in Bebauungsplangebiet „Kommern Süd“. Untersuchungen aus dem Bebauungsplangebiet „Auf der Donnermaar“ zeigten beispielsweise weniger belastbare Zusammenhänge. Ähnlich sollten auch die Daten zur Modellierung der Resorptionsverfügbarkeit durch weitere Stichproben ergänzt und ausgewertet werden, um den gebietstypischen Zusammenhang zwischen Blei-Gesamtgehalten und resorptionsverfügbarem Blei noch belastbarer abschätzen zu können.

Die Ergebnisse des Blei-Screenings 2019 unterstreichen das Maßnahmenkonzept, und in Kenntnis dessen, dass für Blei generell keine Wirkschwellen zu benennen sind, ist grundsätzlich eine Minimierung der Bleiexposition anzustreben.

Projekt-Nr.: P 219010

Insbesondere wird die Einrichtung einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe empfohlen, die die erforderlichen Arbeitsschritte und –pakete fachlich wie organisatorisch diskutiert und vorbereitet, nicht zuletzt um den Projektfortschritt in der Öffentlichkeit angemessen darstellen und kommunizieren zu können.

Das vorliegende Gutachten wurde unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Gutachterliche Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die dokumentierten Anknüpfungstatsachen, Prüfgegenstände und Untersuchungsergebnisse.

Bielefeld, den 27.02.2020

  
Monika Machtoff  
(Dipl. Oec. troph.)

  
Dr. Dietmar Barkowski  
(Dipl.-Chem.)



## Literatur

- AGLMB (ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LEITENDEN MEDIZINAL-BEAMTINNEN, -BEAMTEN DER LÄNDER) (1995): Standards zur Expositionsabschätzung, Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene (Behörde für Arbeit Gesundheit und Soziales, Hrsg.), Hamburg.
- BfR (BUNDESINSTITUT FÜR RISIKOBEWERTUNG) (2010): Bleibelastung von Wildbret durch Verwendung von Bleimunition bei der Jagd, Stellungnahme Nr. 040/2011 des BfR vom 3. Dezember 2010, online unter: <http://www.bfr.bund.de/cm/343/bleibelastung-von-wildbret-durch-verwendung-von-bleimunition-bei-der-jagd.pdf>
- BOTHE, M. (2004): Quantifizierung der Ingestion von Boden durch Kinder. In: BUNDES MINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT [Hrsg.]: Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU 2004-647, Bonn
- DELSCHEN, T. (1998): Pfadintegrierende Bewertung von Bodenbelastungen in Haus- und Kleingärten. Teil 2: Prüfwerte für das Nutzungsszenario „Wohngärten“. Altlasten Spektrum Heft 6, S. 336 - 342.
- DELSCHEN, TH.; BERTGES, W.-D.; LEISNER-SAABER; J. (2006): Bewertung von Schadstoffbelastungen auf Sport- und Bolzplätzen nach Maßstäben des Bodenschutzrechtes. Bodenschutz, Heft 2, S. 44-48
- DIN 19730 (1997-06; aktualisierte Fassung 2009-07): Bodenbeschaffenheit – Extraktion von Spurenelementen aus Böden mit Ammoniumnitratlösung; Beuth-Verlag, Berlin
- DIN 19738 (2017-06): Resorptionsverfügbarkeit von organischen und anorganischen Schadstoffen aus kontaminiertem Bodenmaterial; Beuth-Verlag, Berlin
- EFSA (European Food Safety Authority) (2010). Scientific opinion on lead in food. The EFSA Journal 8: 1570.
- IFUA-PROJEKT-GMBH (2019a): Detailuntersuchung im Mechernich-Kaller Bleibelastungsgebiet Bebauungsplangebiete „Auf der Donnermaar“ und „Kommern Süd“ – Abschlussbericht. Gutachten im Auftrag der Stadt Mechernich
- IFUA-PROJEKT-GMBH (2019b): Detailuntersuchung im Mechernich-Kaller Bleibelastungsgebiet Bebauungsplangebiete „Auf der Wäsche“ – Abschlussbericht. Gutachten im Auftrag der Stadt Mechernich
- JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) (2010): Seventy-third meeting, Geneva, 8-17 June 2010 – Summary and Conclusions; 24.06.2010.

Projekt-Nr.: P 219010

- JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)(1986): Lead (Evaluation of health risk to infants and children). WHO Food additives series 21, online unter: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v21je16.htm>
- JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)(2002): Lead, online unter: [http://www.inchem.org/documents/jecfa/jeceval/jec\\_1260.htm](http://www.inchem.org/documents/jecfa/jeceval/jec_1260.htm)
- KEIL, A.; RÖHNER, C., JESKE, I. et al. (2015): Ländliche Lebensverhältnisse im Wandel 1952, 1972, 1993, 2012: Vol. 3, Kindheit im Wandel. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 250 S
- KRAUS, T. (2019): Bleibelastung in der Region Mechernich Ergebnisse der Blutuntersuchungen. Vortrag vom 02.09.2019; unter: [https://www.kreis-euskirchen.de/service/downloads/gesundheit/Ergebnisse\\_des\\_Blut-Blei-Screenings\\_Mechernich.pdf](https://www.kreis-euskirchen.de/service/downloads/gesundheit/Ergebnisse_des_Blut-Blei-Screenings_Mechernich.pdf)
- LANUV (2014): Weitere Sachverhaltsermittlungen bei Überschreitung von Prüfwerten nach BBodSchV für die Wirkungspfade Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze; LANUV-Arbeitsblatt 22.
- LUA NRW (LANDESUMWELTAMT Nordrhein-Westfalen (2001): Verzehrsstudie in Kleingärten im Rhein-Ruhrgebiet. In: LUA (LANDESUMWELTAMT NRW) [Hrsg.]: Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz, Band 14,
- LUA (LANDESUMWELTAMT) (2006): Übergreifende Auswertung von Boden-, Immissions- und Humandaten zur Schwermetallbelastung im Duisburger Süden. Materialien zur Altlastensanierung und zum Bodenschutz MALBO 23. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen
- MKULNV (2014): NRW-Programm Ländlicher Raum 2014–2020 Forderung der ländlichen Entwicklung in Nordrhein-Westfalen, unter: [https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/laendlicher\\_raum\\_nrw\\_programm\\_broschuere.pdf](https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/Broschueren/laendlicher_raum_nrw_programm_broschuere.pdf)
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2003): Stellungnahmen der Kommission Human-Biomonitoring– Aktualisierung der Referenzwerte für Blei, Cadmium, und Quecksilber im Blut und im Urin von Erwachsenen, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (12):1112-1113 (2003), online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/aktual-ref-metalle.pdf>
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2005): Stellungnahmen der Kommission Human-Biomonitoring -Neue und aktualisierte Referenzwerte für Schadstoffgehalte in Blut und Urin von Kindern - Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 48 (11):1308-1312 (2005), online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/kinder-ref-werte2005.pdf>

Projekt-Nr.: P 219010

- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2009a): Stellungnahmen der Kommission Human-Biomonitoring - 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, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52 (10): 977-982 (2009), online unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/refwerte\\_metalle\\_kinder.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/refwerte_metalle_kinder.pdf)
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2009b): Stellungnahmen der Kommission Human-Biomonitoring - 2. Addendum zur „Stoffmonographie Blei – Referenz- und „Human-Biomonitoring“-Werte der Kommission „Human-Biomonitoring“, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52(10): 983-986 (2009), online unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/pb\\_2\\_addendum\\_2009.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/pb_2_addendum_2009.pdf)
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2009c): Stellungnahmen der Kommission Human-Biomonitoring - Addendum zum Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte in der Umweltmedizin, Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52 (8): 874-877 (2009), online unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/addendum\\_ref\\_werte\\_2009.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/pdfs/addendum_ref_werte_2009.pdf)
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2013): Was ist eigentlich Klima? Online unter: <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-eigentlich-klima>
- UBA (UMWELTBUNDESAMT) (2018): Referenzwerte RV95; Abgerufen unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/tabelle-ref-werte\\_-\\_metalle\\_mai\\_2018\\_aktualisiert.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/355/dokumente/tabelle-ref-werte_-_metalle_mai_2018_aktualisiert.pdf)
- WHO (WORLD HEALTH ORGANISATION) (1995). Environmental Health Criteria No 165: Inorganic Lead. WHO/ International Programme on Chemical Safety