



Dioxine und Furane in den Böden der Okeraue



Uwe Hammerschmidt

Michael Fler

Sven Evertsbusch

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Ref.

Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme

Hannover, Februar 2025

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Konzeption und Ergebnisse	3
2.1	Dioxine im Okerverlauf	8
2.1.1	Abschnitt Oker-Harlingerode bis Vienenburg.....	10
2.1.2	Abschnitt Vienenburg bis Schladen.....	12
2.1.3	Abschnitt Schladen bis Dorstadt	13
2.1.4	Abschnitt Dorstadt bis Wolfenbüttel	14
2.1.5	Abschnitt Wolfenbüttel bis Braunschweig	15
2.1.6	Abschnitt Braunschweig bis BAB 2	16
2.1.7	Abschnitt BAB 2 bis Hillerse	17
2.1.8	Abschnitt Hillerse bis zur Aller	18
2.2	Korrelation der Gehalte von Cadmium und Dioxinen	19
2.3	Einfluss der Nebenflüsse auf die Dioxingehalte in der Okeraue	21
2.4	Dioxingehalte in größeren Bodentiefen	25
2.5	Kleinräumige Variabilität der Dioxingehalte	28
2.6	Homologenmuster verschiedener Umweltmedien	31
2.7	dl-PCB und PCB im Okerverlauf	34
2.8	Futtermitteluntersuchungen	37
3	Zusammenfassung	38
4	Literatur	40
5	ANHANG: Zusammenstellung der Laborergebnisse	42

Dioxine in der Okeraue

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Ableitung des Untersuchungsgebietes	3
Abb. 2: Dioxin-Zirkel	4
Abb. 3: Lineares Probenahmedesign.....	4
Abb. 4: Karte der Untersuchungsstandorte und klassifizierte Dioxin-/Furangehalte der jeweils obersten untersuchten Probenahmetiefe.	6
Abb. 5: Dioxingehalte von Oker-Harlingerode bis Müden (Aller)	7
Abb. 6: Dioxin- / Furangehalte im Okerverlauf von Oker-Harlingerode bis Wolfenbüttel	8
Abb. 7: Dioxin- / Furangehalte im Okerverlauf von Wolfenbüttel bis Müden (Aller)	9
Abb. 8: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf Oker/Harlingerode bis Vienenburg.....	10
Abb. 9: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf von Vienenburg bis Schladen.....	12
Abb. 10: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf von Schladen bis Dorstadt	13
Abb. 11: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf von Dorstadt bis Wolfenbüttel	14
Abb. 12: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf von Wolfenbüttel bis Braunschweig.....	15
Abb. 13: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf von Braunschweig bis zur BAB 2	16
Abb. 14: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf von der BAB 2 bis Hillerse	17
Abb. 15: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf von Hillerse bis zur Aller	18
Abb. 16: Zusammenhang zwischen Dioxin- und Cadmiumgehalten im Boden in den obersten Bodenproben (Daten aus 2023)	19
Abb. 17: Zusammenhang zwischen Dioxin- und Cadmiumgehalten im Boden in den obersten Bodenproben (Daten aus 2023 und 2024).....	20
Abb. 18: Dioxingehalte der Untersuchungsstandorte im Mündungsbereich der Ilse.....	22
Abb. 19: Sedimentspuren Standort 22	23
Abb. 20: Standort 22 nach dem Winterhochwasser 2023/2024.....	23
Abb. 21: Dioxingehalte der Untersuchungsstandorte an der Alten Ilse	24
Abb. 22: Stoffgehalte vom Bodenprofil in Oker-Harlingerode., Standort 300 bzw. R	25
Abb. 23: Stoffgehalte vom Bodenprofil in Vienenburg, Standort 301 bzw. 8.....	26
Abb. 24: Dioxingehalte im Tiefenverlauf.....	27
Abb. 25: Stoffgehalte vom Bodenprofil in Ölper, Standort 302 bzw. 28.....	28
Abb. 26: Fläche 21 nach dem Winterhochwasser 2023/24. Blick nach Osten.....	29
Abb. 27: Variabilität in der Fläche: Bodenuntersuchungsstandorte 21, 400 bis 404.....	30
Abb. 28: Homologenmuster der PCDD/F	32
Abb. 29: Homologenmuster des Standortes 302	34
Abb. 30: dl-PCB-Gehalte im Okerverlauf von Wolfenbüttel bis Müden (Aller).....	35
Abb. 31: dl-PCB-Gehalte im Okerverlauf von Oker-Harlingerode bis Wolfenbüttel	35
Abb. 32: PCB-Gehalte im Okerverlauf von Wolfenbüttel bis Müden (Aller).....	36
Abb. 33: PCB-Gehalte im Okerverlauf von Oker-Harlingerode bis Wolfenbüttel	36

1 Einleitung

Durch den historischen Bergbau sind die Auenböden von Flüssen, die im Harz entspringen, wie z.B. der Oker und Innerste, stark mit Schwermetallen belastet. Dies ist bereits seit Jahrzehnten bekannt und umfangreich untersucht worden (u.a. KÖSTER & MERKEL 1985, KUES ET AL 1994, KUES ET AL 1995, Eggers 2004).

Jüngere Bodenuntersuchungen im Bereich der Okeraue sowie ein Abgleich mit (wenigen) vorhandenen Daten legten nun den Verdacht nahe, dass in der Okeraue nicht nur hohe Gehalte an Schwermetallen flächenhaft vorzufinden sind, sondern auch hohe Gehalte der Stoffgruppe der polychlorierten Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F), im Folgenden lediglich als „Dioxine“ bezeichnet.

Durch die diffuse atmosphärische Verteilung finden sich Dioxine in fast allen Böden Deutschlands. Der Hintergrundwert für Dioxine in Grünlandböden außerhalb von Auen liegt im Bereich von 2 bis 6 ng TEQ/kg und zeigt eine starke Abhängigkeit vom Humusgehalt eines Bodens (UBA 2014). Ist dieser Wert überschritten, ist i.d.R. davon auszugehen, dass es zu zusätzlichen Einträgen gekommen ist.

Neben der unlängst bekannten fachlichen Relevanz hat dieses Thema durch die Novellierung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) auch auf bodenschutzrechtlicher Ebene neue Bedeutung gewonnen. In der zum 01. August 2023 in Kraft getretenen novellierten BBodSchV ist nun erstmals ein Prüfwert für den Pfad Boden-Nutzpflanze auf Grünland im Hinblick auf die Pflanzenqualität eingeführt worden (vgl. BBodSchV 2021, Anl. 2, Tab. 7). Dieser gilt ausschließlich für die Grünlandnutzung und beträgt **15 ng WHO-TEQ/kg**. Bei Überschreitung eines Prüfwertes ist „*unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen [...], ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt*“ (§8 Abs. 1 BBodSchG). Die bisher vorliegenden Dioxingehalte von Böden der Okeraue überschreiten den neuen Prüfwert an mehreren Stellen deutlich.

Aus den vorgenannten Erkenntnissen wurde die **Arbeitshypothese** formuliert, dass in der Okeraue neben der Schwermetallbelastung zusätzlich eine flächenhafte Dioxinbelastung zu verzeichnen ist.

Die in den letzten Jahren ermittelten Dioxingehalte liegen zum Teil weit über dem nun gültigen Prüfwert der BBodSchV und auch über dem höchsten Richtwert für landwirtschaftliche Bodennutzung (40 ng I-TE/kg; B/L AG DIOXINE 1992) und können damit Einfluss auf die Verwertbarkeit landwirtschaftlicher Produkte haben.

Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) hat, da einige Landkreise betroffen sind, die Notwendigkeit gesehen, ein Untersuchungsprogramm zur Ermittlung der Dioxingehalte in der Okeraue zu realisieren. Für die Umsetzung und die Überprüfung der Arbeitshypothese wurde vom LBEG in Abstimmung mit dem MU ein Untersuchungsprojekt konzipiert.

Ziel: Die Untersuchungen sollen valide Aussagen über die Belastungssituation der Okeraue durch Dioxine ermöglichen und den zuständigen Behörden eine solide Datengrundlage für die Beurteilung erhöhter Dioxingehalte liefern.

Das Untersuchungskonzept sah vor, Bodenproben zu entnehmen und diese im Labor neben Dioxinen auch auf dl-PCB, PCB, Schwermetalle, den pH-Wert und den TOC-Gehalt untersuchen zu lassen. Zudem sollte jeder Untersuchungsstandort gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung bodenkundlich erfasst und beschrieben werden.

Dioxine in der Okeraue

Die Ermittlung der Schwermetallgehalte erfolgte zum einen, um das Spektrum untersuchter Stoffe zu verbessern und zum anderen, um direkte Zusammenhänge zwischen Schwermetallgehalten und Gehalten organischer Stoffe (Dioxine, dl-PCB und PCB) herzustellen. An dieser Stelle sei bereits erwähnt, dass im Verlauf der Oker an zahlreichen Standorten die Maßnahmenwerte (Grünland) für Quecksilber, Cadmium, Blei und Kupfer (Schafe) erwartungsgemäß überschritten werden. Sehr vereinzelt wurde zudem der Maßnahmenwert für Thallium und sehr häufig der Prüfwert für Arsen überschritten.

Dieser Bericht befasst sich ausschließlich mit der Darstellung der Ergebnisse der Dioxinuntersuchungen, die ergänzt werden um eine kurze Darstellung der dl-PCB- und PCB-Gehalte. Die Ergebnisse der neuen Schwermetallanalysen sollen unter Berücksichtigung des sehr umfangreichen Altdatenbestandes in einem separaten Bericht dargestellt werden.

2 Konzeption und Ergebnisse

Zu Beginn des Projektes wurde eine Datenrecherche im Hause und bei den zuständigen unteren Bodenschutzbehörden (UBB) durchgeführt. Im Einzelnen waren dies die Landkreise Goslar, Wolfenbüttel, Peine, Gifhorn sowie die Stadt Braunschweig. Neben den niedersächsischen Kreisen wurden der Landkreis Harz (Sachsen-Anhalt) sowie mehrere Landesbehörden von Sachsen-Anhalt hinsichtlich möglicher Kenntnisse zu Dioxingehalten in den Auenböden der Oker sowie der Ilse kontaktiert.

Aus der hauseigenen Labordatenbank konnten Dioxindaten von insgesamt 6 Standorten recherchiert werden. Zusammen mit den Daten der angefragten Landkreise standen zu Projektbeginn somit Informationen zu 26 Standorten aus dem Nahbereich der Oker zur Verfügung, welche sich überwiegend auf das Gebiet in und um Braunschweig konzentrierten. Vereinzelt lagen Standortinformationen aus den Landkreisen Gifhorn und Wolfenbüttel vor.

Weitere Hinweise der UBBn zu Dioxinuntersuchungen außerhalb der Okeraue sowie eine intensive Literaturrecherche führten zu verschiedenen potenziellen Belastungsquellen.

Aus den gewonnenen Erkenntnissen sowie vorliegenden geowissenschaftlichen Informationen und Luftbildern wurde die Abgrenzung des Untersuchungsraumes vorgenommen. Abb. 1 verdeutlicht dies anschaulich. Berücksichtigung fanden im Einzelnen die Bodenkarte 1:50.000 (BK50), die Bodenschätzung (Klassenzeichen), die Abgrenzung des HQ 100-Gebietes (stellvertretend für die Hochwasserdynamik), Naturschutzgebiete sowie aktuelle Luftbilder.

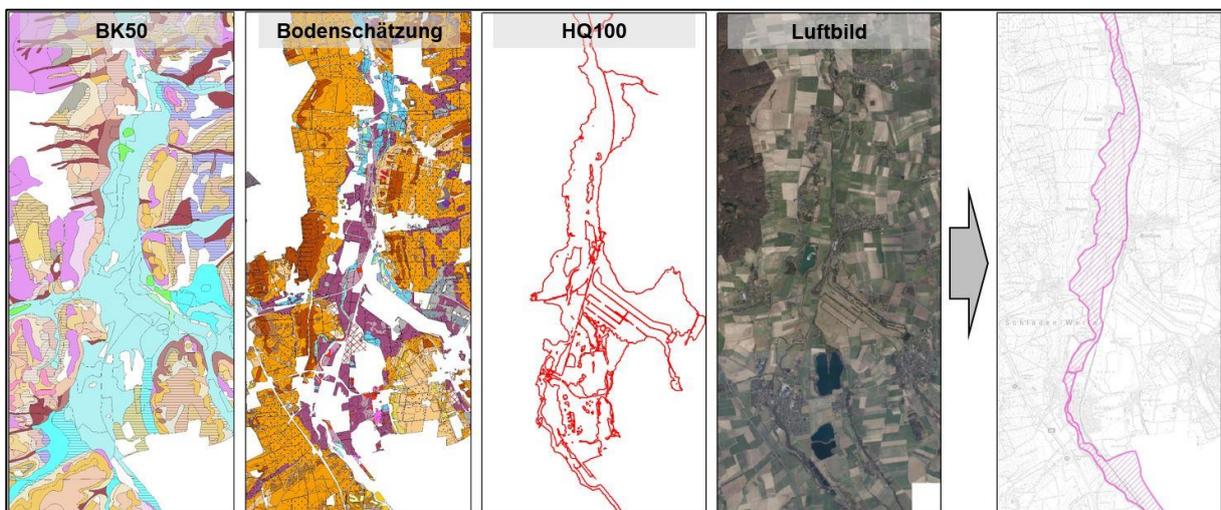


Abb. 1: Ableitung des Untersuchungsgebietes

Dioxine in der Okeraue

Da sich der neue Prüfwert der BBodSchV ausschließlich auf den Pfad Boden-Nutzpflanze auf Grünland bezieht, wurden innerhalb des o.g. Untersuchungsraumes zum größten Teil Grünlandflächen ausgewählt. Insbesondere im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (Landkreis Goslar) finden sich in den regelmäßig von Hochwasser betroffenen Auenbereichen jedoch überwiegend Brachflächen sowie Naturschutzgebiete ohne landwirtschaftliche Nutzung. Da Daten aus dem gesamten Okerverlauf für eine valide Aussage zur Belastungssituation und zur Ermittlung möglicher Quellbereiche notwendig waren, wurden auch hier einige Standorte trotz anderweitiger Nutzung in das Projekt aufgenommen. Die auf Basis einer Kartenauswertung vorausgewählten Flächen wurden im Vorfeld der Probenahme vor Ort auf ihre Eignung für dieses Projekt hin geprüft (Nutzung, Zugänglichkeit, etc.).

Im Sommer/Herbst 2023 wurden in der Okeraue von Oker-Harlingerode bis zur Einmündung der Oker in die Aller zunächst an insgesamt 45 Standorten Bodenproben entnommen und Bodenprofile gem. Bodenkundlicher Kartieranleitung erfasst. Die Probenahme erfolgte in Anlehnung an die in den Geofakten 17¹ beschriebenen Probenahmedesigns, wie sie beispielhaft in Abb. 2 (radial) und Abb. 3 (linear) dargestellt werden.



Abb. 2: Dioxin-Zirkel

Abb. 3: Lineares Probenahmedesign

Die Bodenproben wurden auf Ruderal-, Ödland-, Grünland- oder Grünflächen aus den Tiefen 0 bis 10 cm und 10 bis 30 cm entnommen.

Auf Ackerflächen (zwei Flächen) wurde nur der Bereich von 0 bis 30 cm beprobt.

¹ SCHNEIDER, J. & SEVERIN, K. (2013): Hinweise zur Entnahme und zur Beurteilung von Bodenproben im Kontext von Bodenbelastungsuntersuchungen zu Dioxinen (PCDD/F) und dioxinähnlichen PCB (dl-PCB). – Geofakten 17: 2. Aufl., 7 S., 5 Abb., 3 Tab.; Hannover (LBEG) [[DOI 10.48476/geofakt_17_2_2013](https://doi.org/10.48476/geofakt_17_2_2013)]

Dioxine in der Okeraue

In 2023 wurden an den 45 Standorten 80 Bodenproben entnommen, von denen letztlich 60 laboranalytisch untersucht wurden. Die Auswahl der zu analysierenden Bodenproben erfolgte schrittweise, um auf Basis der Ergebnisse erster Analysen die weiteren zu analysierenden Proben identifizieren zu können.

Aus den Erkenntnissen, die aus den o.g. Untersuchungen aus 2023 gewonnen wurden, ergaben sich weitere Anhaltspunkte und Fragen, die in einer weiteren Untersuchungskampagne im Jahr 2024 betrachtet werden sollten. Folgende Punkte wurden hierbei berücksichtigt:

- Überprüfung der Arbeitshypothese „Cd-Gehalt > 50 mg/kg = Überschreitung Prüfwerte Dioxine“,
- Einfluss ausgewählter Oker-Zuflüsse auf die Dioxingehalte der Okeraue,
- Dioxingehalte in größeren Bodentiefen,
- Kleinräumige Variabilität der Dioxingehalte.

Unter Berücksichtigung der vorgenannten vier Punkte wurden in 2024 von weiteren 28 Standorten insgesamt 70 Proben entnommen und im Labor zum Großteil auf die o.g. organischen und anorganischen Stoffe untersucht.

Für einen ersten Überblick kann die Abb. 4 herangezogen werden. Sie zeigt die in den beiden Untersuchungskampagnen beprobten Standorte in einer Karte entlang der Oker von Oker-Harlingerode bis zur Mündung in die Aller.

Abb. 5 veranschaulicht die ermittelten Dioxingehalte des Oberbodens im Flussverlauf von Oker-Harlingerode bis Müden (Aller). Zusätzlich sind vier Oker-Abschnitte farblich differenziert, in denen auf Basis der Ergebnisse dieses Projekts unterschiedliche, typische Dioxingehalte in den Auenböden vorzufinden sind.

Insgesamt liegen durch die beiden Kampagnen weitere 101 Dioxinanalysen von 71 Standorten vor. Durch diese Ergänzung der bereits vorliegenden Daten steht jetzt ein Datenkollektiv zur Verfügung, welches valide Aussagen zur Dioxinbelastungssituation in der Okeraue ermöglicht. Gleichwohl zeigen die Ergebnisse, dass eine flächenscharfe Abgrenzung aufgrund der sehr hohen Variabilität der Stoffgehalte, insbesondere bei belasteten Standorten, nicht möglich ist. Die großen kleinräumigen Veränderungen der Stoffgehalte sind ein typisches Phänomen in Auenböden, dessen Ursache in der Gewässerdynamik liegt und hierbei insbesondere in der räumlich und zeitlich wechselhaften Folge von Sedimentation und Erosion im Rahmen von Überschwemmungsereignissen.

Dioxine in der Okeraue

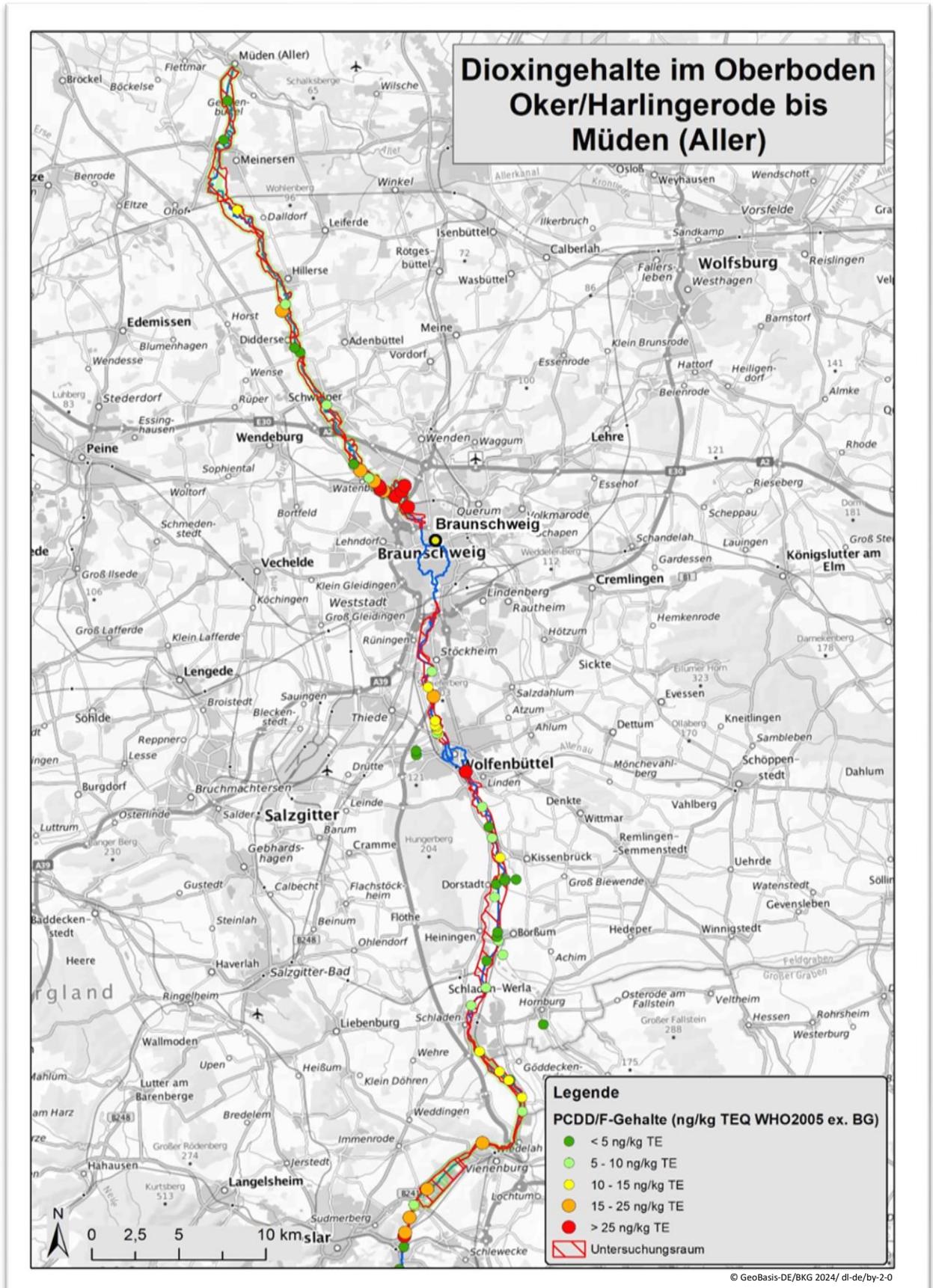


Abb. 4: Karte der Untersuchungsstandorte und klassifizierte Dioxin-/Furangelhalte der jeweils obersten untersuchten Probenahmetiefe.

Dioxine in der Okeraue

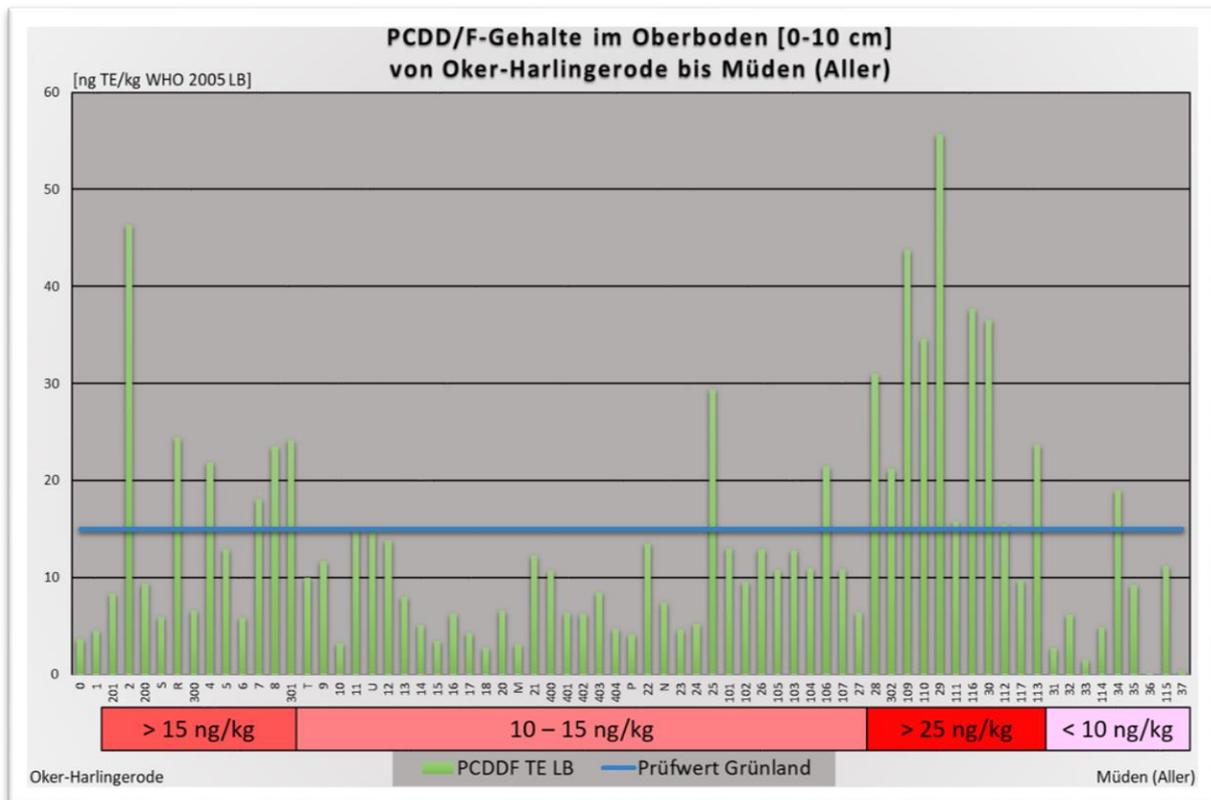


Abb. 5: Dioxingehalte von Oker-Harlingerode bis Müden (Aller)

Anmerkungen zu Abb. 5: Der zweite Abschnitt, der mit 10 – 15 ng/kg gekennzeichnet ist, erscheint visuell nicht plausibel, da sich vielfach Werte um die 5 ng TEQ/kg finden. Diese Kategorisierung erfolgte aufgrund der Berücksichtigung standortspezifischer bzw. bodenkundlicher Eigenschaften. So sind die Standorte 16 und 17 Ackerstandorte mit einem Pflughorizont, durch den es zu einer Verdünnung der Stoffgehalte gekommen sein dürfte. Auf weiteren Standorten (14, 15, 18, 20, 23, 24), die in der Abbildung durch geringe Dioxingehalte auffallen, wurde zwar eine Grünlandnutzung angetroffen, aber der Bodenaufbau zeigt, dass der Boden in der Vergangenheit ebenfalls umgepflügt wurde.

Kurzzusammenfassung:

Die Dioxingehalte im Bereich der Okeraue können wie folgt zusammengefasst werden: Beginnend im Süden von Oker-Harlingerode bis Vienenburg sind stark erhöhte Dioxingehalte zu konstatieren (>15 ng/kg). Im weiteren Verlauf zeigt sich bis Wolfenbüttel - Braunschweig eine Abnahme der Gehalte (bis zu 10-15 ng/kg). Vereinzelt wurden in diesem Abschnitt Standorte bzw. Bereiche ermittelt, die durch erhöhte Stoffgehalte (gelb) gekennzeichnet sind. Im Norden von Braunschweig (bei Ölper – Veltenhof – Watenbüttel) konnte ein längerer Abschnitt mit deutlich erhöhten Gehalten ermittelt werden (>25 ng/kg). In der Folge wurden mit einer Ausnahme unauffällige Gehalte detektiert (<10 ng/kg). Im Bereich von Hillerse wurden noch einmal deutlich erhöhte Gehalte ermittelt.

Dioxine in der Okeraue

2.1 Dioxine im Okerverlauf

Bevor in den Abschnitten 2.2 bis 2.5 die Ergebnisse zu den oben genannten vier Punkten (s. S. 5) für die weiteren Untersuchungen vorgestellt werden, werden zunächst die Ergebnisse der Dioxingehalte im Verlauf der Oker dargestellt.

In Abb. 6 und Abb. 7 sind die PCDD/F-Gehalte im Okerverlauf von Oker-Harlingerode bis zur Mündung in die Aller dargestellt. Dargestellt sind die Dioxingehalte der obersten Proben (0 bis 10 cm) in blau sowie, wenn vorhanden, der unterlagernden Probe (10 bis 30 cm) in grau. An den Standorten 16 und 17 wurden Proben von Ackerböden aus der Tiefe von 0 bis 30 cm entnommen. Zusätzlich sind in den Abbildungen der neue Prüfwert der BBodSchV und räumliche Orientierungshilfen vermerkt.

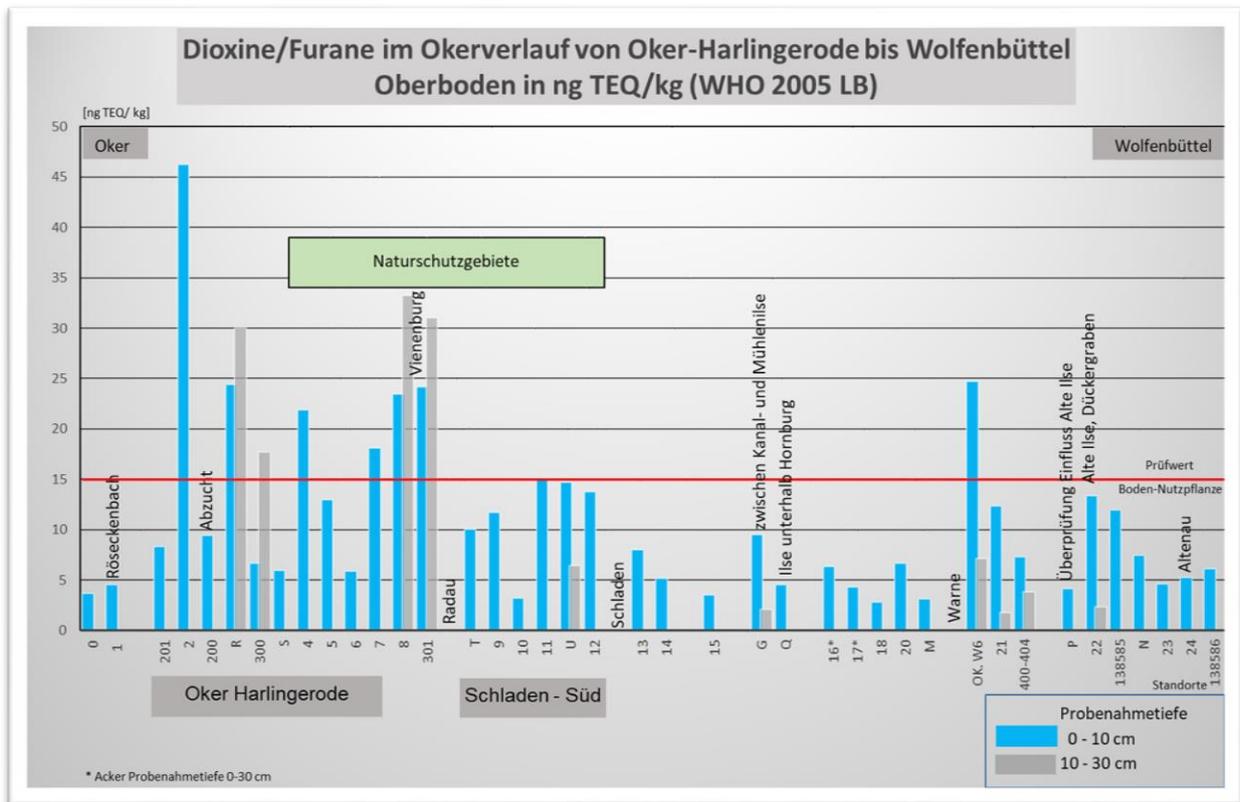


Abb. 6: Dioxin- / Furangehalte im Okerverlauf von Oker-Harlingerode bis Wolfenbüttel

Dioxine in der Okeraue

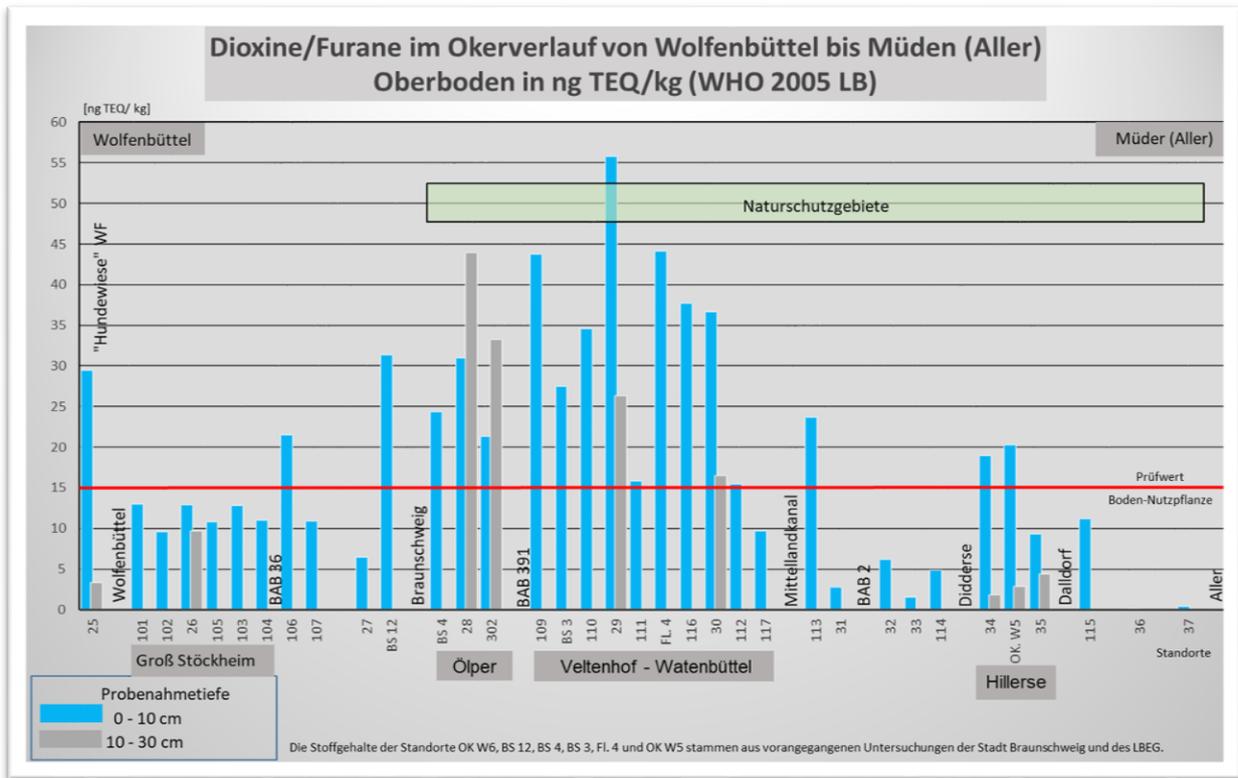


Abb. 7: Dioxin- / Furangehalte im Okerverlauf von Wolfenbüttel bis Müden (Aller)

Im Folgenden werden die Analyseergebnisse der Dioxingehalte abschnittsweise im Detail beschrieben. Beginnend im Süden bei Oker-Harlingerode werden insgesamt acht Abschnitte bis zur Mündung in die Aller dargestellt. Neben den Dioxingehalten der obersten Bodenproben sind bei einigen Standorten zudem die Gehalte der unterlagernden Bodenprobe (10-30 cm) dargestellt. Wenn vorhanden und relevant, wurden Fremddaten berücksichtigt und dargestellt.

Dioxine in der Okeraue

2.1.1 Abschnitt Oker-Harlingerode bis Vienburg

Die Proben von Standort 0 wurden oberhalb der Einmündung des Röseckenbaches in die Oker, die des Standortes 1 gegenüber der Einmündung entnommen.

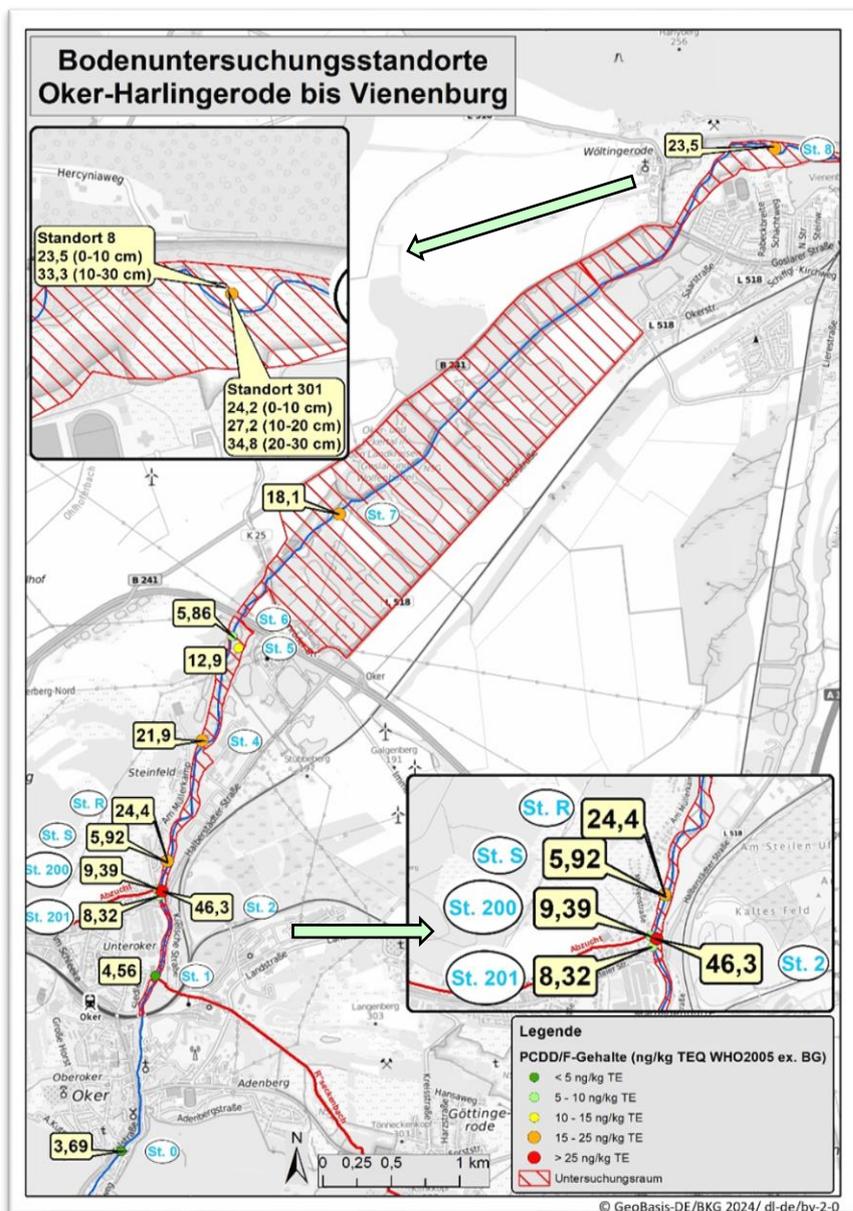


Abb. 8: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf Oker/Harlingerode bis Vienburg

Beide Standorte zeigen unauffällige Gehalte. Im weiteren Verlauf der Oker bis nach Vienburg wurden z. T. deutlich erhöhte Gehalte ermittelt. Am Standort 2, der gegenüber der Einmündung der Abzucht liegt, wurden mehr als 45 ng TEQ/kg ermittelt. Auch die Standorte R, 4, 7 und 8 liegen z. T. deutlich über dem Prüfwert. Eine Bodenprobenahme in der Aue der Abzucht war leider nicht möglich, da die Uferböschungen beidseitig stark befestigt bzw. verbaut sind und die wenigen nahegelegenen landwirtschaftlichen Nutzflächen keinen (rezenten) Überschwemmungen der Abzucht unterliegen. Um dennoch einen möglichen Einfluss der Abzucht abschätzen zu können, wurde der Standort 200 westlich der Oker im unmittelbaren Einmündungsbereich der Ab-

zucht sowie der Standort 201 rund 50 m südlich davon (stromaufwärts) beprobt. Mit 9,4 und 8,3 ng TEQ/kg zeigen sie erhöhte Gehalte, die aber deutlich unter dem des gegenüber liegenden Standortes 2 liegen. Aus der bodenkundlichen Profilbeschreibung lässt sich ableiten, dass es sich bei dem Standort 200 um einen anthropogen veränderten Standort handelt. Die obersten 25 cm zeigen Beimengungen wie z. B. Glas, Ziegel, Metalle, Porzellan und Schlackestücke. Der Standort 201 ist gekennzeichnet durch eine ca. 20 cm mächtige, sehr locker gelagerte Sandschicht, die als junge Auenablagerung zu interpretieren ist. Ein Einfluss der Abzucht lässt sich aus den Dioxingehalten und bodenkundlichen Eigenschaften nicht ableiten, jedoch auch nicht ausschließen.

Dioxine in der Okeraue

Die Proben der Standorte 201, S, und 6 wurden nur wenige Meter von der Uferkante der Oker entfernt entnommen (lineares Probenahmedesign). Bei allen drei Standorten handelt es sich um locker gelagerte, junge Sedimente, die nur geringe bis normale Dioxin-Gehalte zeigen.

An den Standorten R und 8 wurden in den Proben aus 10 bis 30 cm höhere Dioxingehalte als in den jeweils überlagernden Proben aus 0 bis 10 cm ermittelt. Daraus ließ sich ableiten, dass die Bodenbelastung auf diesen Flächen bis in eine Tiefe von mindestens 30 cm nachzuweisen ist. An beiden Standorten wurden in der Folge Profilgruben angelegt, um zu prüfen, bis in welche Tiefe die Dioxinbelastungen zu ermitteln sind. Ein erster Überblick ist aus Abb. 8 zu gewinnen. Details zu weiteren Ergebnissen sind in Abschnitt 2.4 beschrieben.

In diesem Gewässerabschnitt wurden keine Grünlandstandorte untersucht, da die Okeraue hier entweder im Siedlungsbereich oder in Naturschutzgebieten ohne landwirtschaftliche Nutzung liegt.

Dioxine in der Okeraue

2.1.2 Abschnitt Vienenburg bis Schladen

Im Bereich dieses Okerabschnittes wurden bis Schladen die Standorte 9 bis 12 sowie T und U beprobt. Sie liegen alle im Naturschutzgebiet. Die Dioxingehalte liegen mit einer Ausnahme zwischen 10 und 15

ng TEQ/ kg und sind damit als erhöht zu bezeichnen.

Auffällig in diesem Abschnitt ist die große Flussdynamik der Oker. Zwischen den Standorten 9 und U wird dies durch den mäandrierenden Flussverlauf und mehrere Altarme besonders deutlich.

Auffällig ist weiterhin der deutliche Unterschied der Dioxingehalte zwischen Standort 10 (3,2 ng TEQ/kg) und 11 (15 ng TEQ/kg). Zu erklären ist der Unterschied vermutlich durch den TOC-Gehalt (5,4 bzw. 9,6 Gew.-%) sowie möglicherweise durch eine unterschiedliche Überschwemmungshäufigkeit mit verbundener Sedimentation aufgrund der unterschiedlichen Entfernung zur Oker und der Höhenlage. Am Standort 11 wurden zudem Beimengungen von Ziegel-, Metall- und Kunststoffstücken angetroffen.

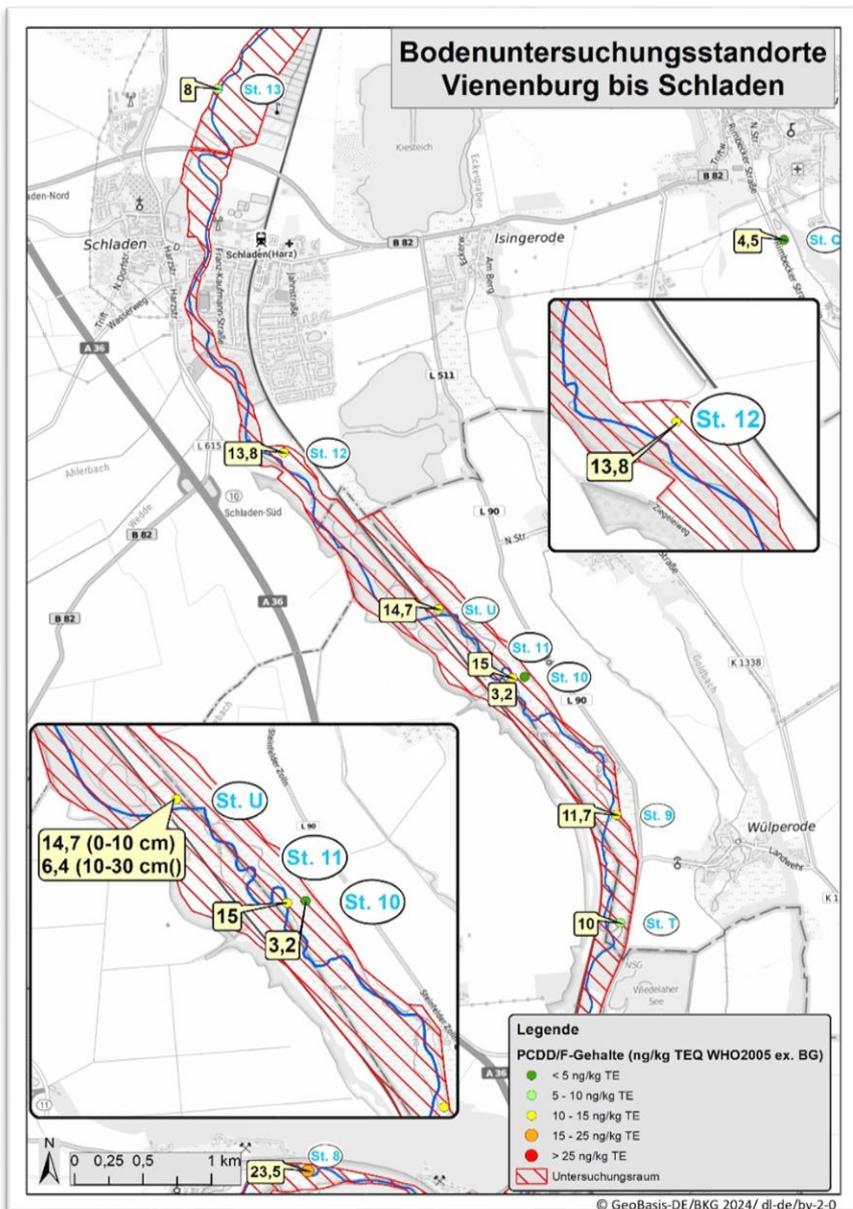


Abb. 9: Dioxin-/ Furangehalte im Okerverlauf von Vienenburg bis Schladen

Bei den Standorten T, 9 und 11 kann eine landwirtschaftliche Nutzung ausgeschlossen werden. Die Fläche an Standort 10 wird als Weide genutzt, was auch auf Standort 12 zutrifft. Ob der Standort U landwirtschaftlich genutzt wird, ist unklar. Es gibt Hinweise darauf, dass diese Fläche als Weide für Pferde genutzt wird. Bei der Befahrung Anfang Februar 2024, rund fünf Wochen nach dem Winterhochwasser 2023/2024, stand die Fläche immer noch unter Wasser, ein Umstand, der die Betroffenheit bei Überschwemmungsereignissen zeigt.

2.1.3 Abschnitt Schladen bis Dorstadt

In diesem Abschnitt wurden die Standorte 13 bis 18, 20 und M im Bereich der Okeraue beprobt.

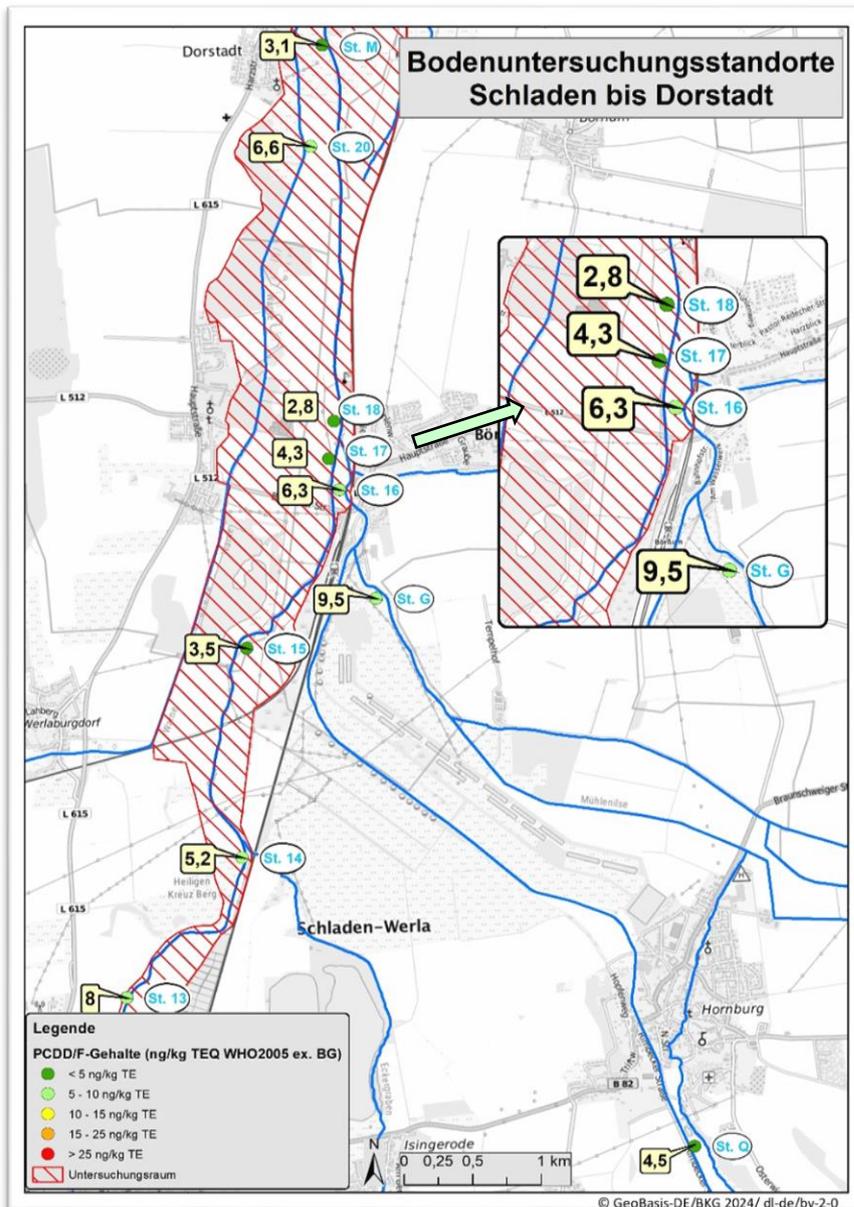


Abb. 10: Dioxin-/Furangehalte im Okerverlauf von Schladen bis Dorstadt

Die Dioxingehalte schwanken zwischen 3 und 8 ng TEQ/kg und liegen damit im Bereich typischer Gehalte für Flussauen. Sie erscheinen auf den ersten Blick geringer als im vorherigen Flussabschnitt. Bei genauer Betrachtung der Bodenprofile zeigt sich, dass die o. g. Standorte entweder aktuell beackert werden (16 und 17) oder in der Vergangenheit gepflügt wurden (14, 15, 18 und 20), wodurch es zu einer Verdünnung der Dioxingehalte kommt, da diese i.d.R. in den obersten Zentimetern des Bodenprofils am höchsten sind.

Da ein früherer Dioxinschaden in Ilsenburg zu einer Verfrachtung dieser Schadstoffe über die Ilse in die Oker geführt haben könnte, wurde mit dem Standort G ein Standort beprobt, der zwischen der Mühlen-

Ilse und der Kanal-Ilse und somit außerhalb des (heutigen) Einflussbereichs der Oker liegt. Mit 9,5 ng TEQ/kg zeigt er einen erhöhten Dioxingehalt. Der Stoffgehalt der Probe aus der Tiefe 10 bis 30 cm war mit 2 ng TEQ/kg deutlich geringer. Zur weiteren Überprüfung, ob über die Ilse Dioxine ins Okertal gelangt sein könnten, wurde ein weiterer Standort (Q) südlich von Hornburg untersucht. Mit rund 4,5 ng TEQ/kg ist der Dioxingehalt unauffällig und kann nicht zur Erklärung des erhöhten Gehaltes an Standort G herangezogen werden.

An den Standorten 16 und 17 wurden Ackerflächen beprobt, da sie im Bereich des direkten Zulaufes der Ilse in die Oker liegen. Bei Probe 16 könnte unter Berücksichtigung der Durchmischung durch Pflügaktivität ein leicht erhöhter Stoffgehalt interpretiert werden. Der Vergleich der TOC-Gehalte mit den übrigen Standorten dieses Abschnittes unterstützt diese These, da sich hier eine deutliche Abhängigkeit zwischen TOC- und Dioxingehalten zeigt.

2.1.4 Abschnitt Dorstadt bis Wolfenbüttel

In diesem Abschnitt wurden die Standorte 21 bis 25 sowie N und P beprobt.

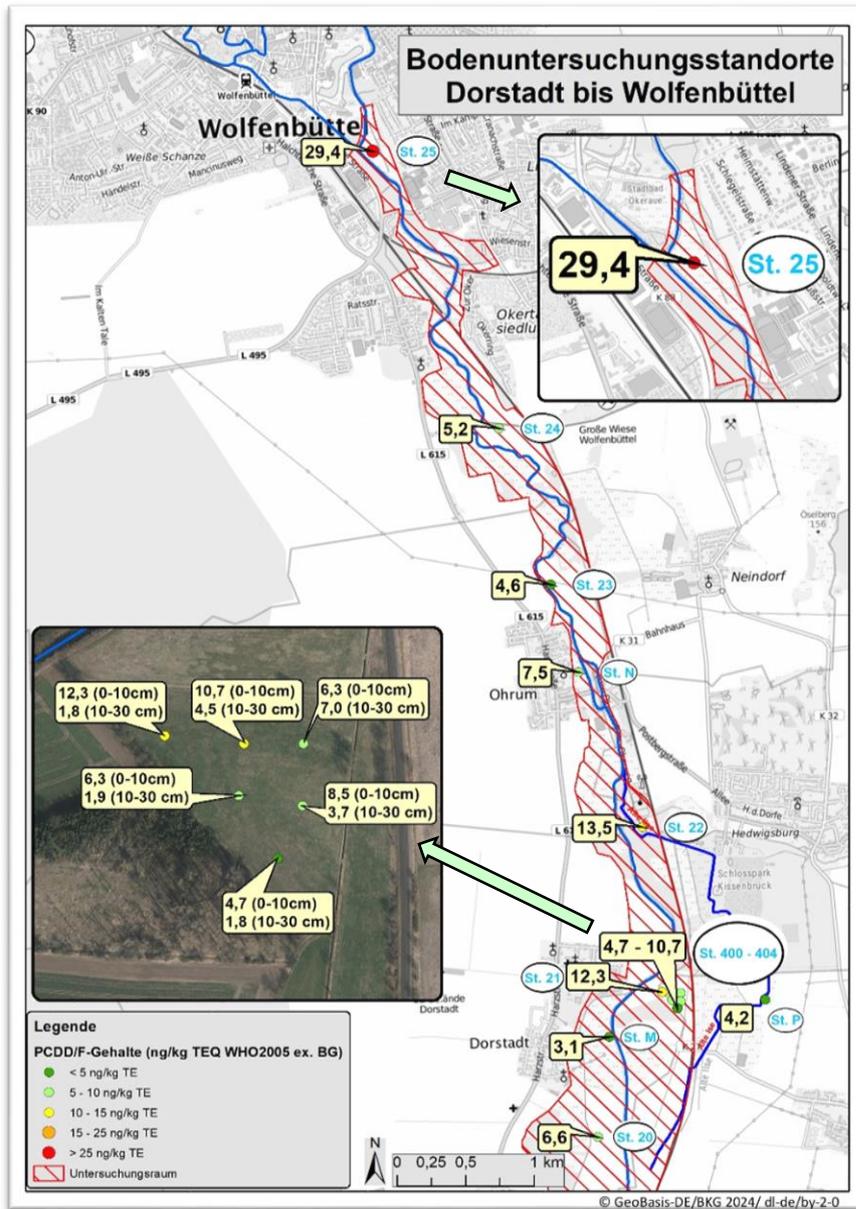


Abb. 11: Dioxin-/Furangehalte im Okerverlauf von Dorstadt bis Wolfenbüttel

Die Dioxingehalte an den Standorten 21 und 22 sind mit 12,2 und 13,5 ng TEQ/kg als erhöht zu bezeichnen. Diese Standorte werden augenscheinlich zur Gewinnung von Futtermitteln genutzt. Für den Standort 21 lagen aus dem Jahre 2009 Ergebnisse des LBEG vor. Damals wurden 25 ng TEQ/kg, also ein doppelt so hoher Wert, detektiert. Dieser Umstand war ein Anlass zur Auswahl der Fläche des Standortes 21 zur Beprobung fünf weiterer, nahegelegener Standorte (400-404), um die Variabilität der Dioxingehalte auf einer Fläche zu dokumentieren (Abschnitt 2.5). Die Standorte (23, 24) in der Okeraue weisen, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, einen ehemaligen Pflughorizont mit dem erwähnten Verdünnungseffekt auf (geringere Dioxin- und TOC-Gehalte).

Mit dem Standort P sollte ein möglicher Einfluss der Alten Ilse untersucht werden. Die Ergebnisse zeigen keine diesbezüglichen Hinweise.

Aus dem Nahbereich des Standortes N lagen Daten aus dem Jahr 2003 (11,9 ng TEQ/kg) vor. Diese wurden durch die erneute Untersuchung mit dem Stoffgehalt von 7,4 ng TEQ/kg mehr oder weniger bestätigt. Auf der Höhe von Standort 24 lagen ebenfalls Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 2003 (5,2 ng TEQ/kg) auf der westlichen Seite der Oker vor. Mit 6,1 ng TEQ/kg bewegt sich der ermittelte Stoffgehalt in einer ähnlichen Größenordnung.

Auffällig ist in der Folge der Stoffgehalt von fast 30 ng TEQ/kg am Standort 25. Diese Fläche ist eine Grünfläche in der Stadt Wolfenbüttel, die als Hundeauslaufwiese eine parkartige Nutzung erfährt und nicht intensiv landwirtschaftlich genutzt wird. Zur Variabilität der Dioxingehalte in der Fläche werden in Abschnitt 2.5 detaillierte Ausführungen gemacht.

2.1.5 Abschnitt Wolfenbüttel bis Braunschweig

Im Okerabschnitt zwischen Wolfenbüttel und Braunschweig wurden Proben an den Standorten 26 und 27 sowie an den Standorten 101 bis 107 entnommen und analysiert. Die Standorte 101 bis 107 wurden ausgewählt, da hier Informationen zu sehr hohen Cadmiumgehalten zur Verfügung standen und an diesen die unter Abschnitt 2.2 formulierte Hypothese überprüft werden sollte, dass sich hier auch Prüfwertüberschreitungen durch Dioxine finden lassen. Mit den Standorten 202 und 204 sollte ein möglicher Einfluss des Brückenbaches auf die Stoffgehalte in der Okeraue überprüft werden.

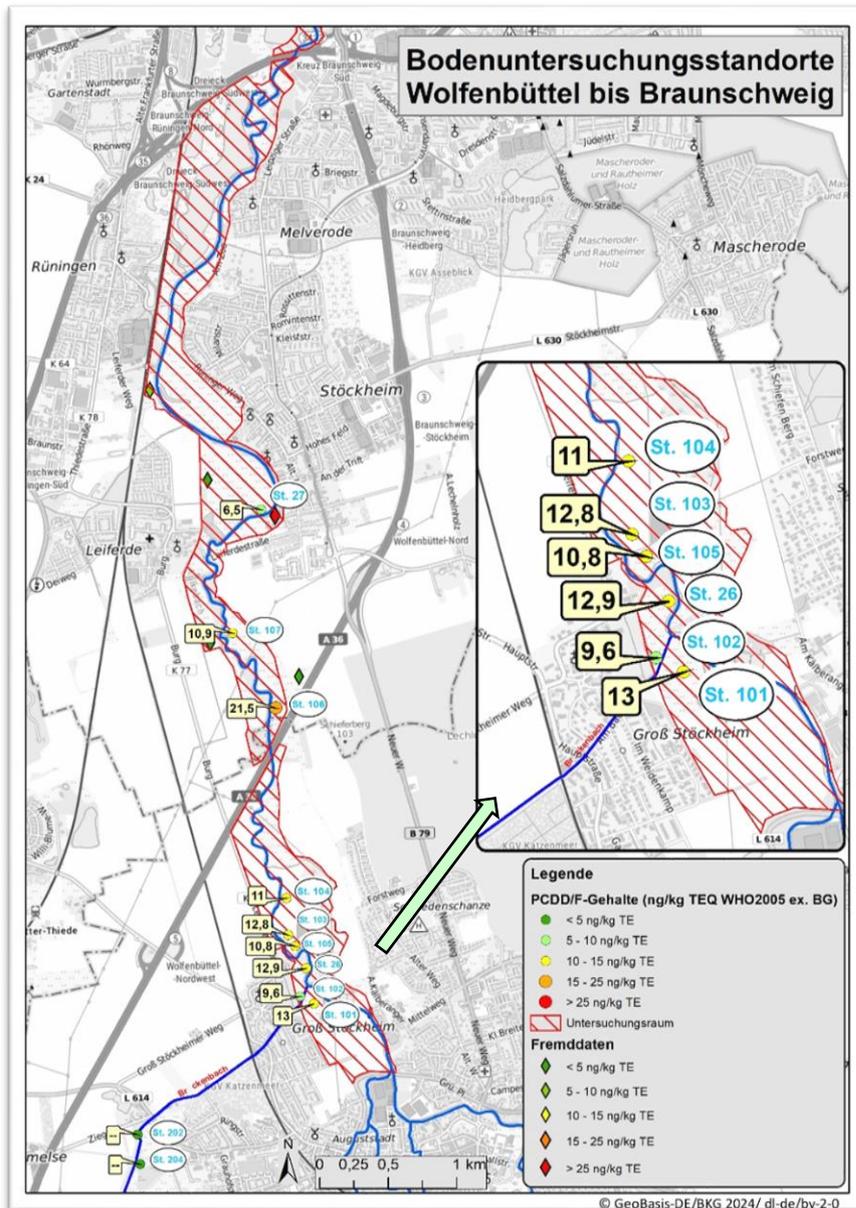


Abb. 12: Dioxin-/Furangehalte im Okerverlauf von Wolfenbüttel bis Braunschweig

Gehalt für Auenböden analysiert. Auf der gegenüberliegenden Okerseite (siehe rote Raute) ist im Auftrag der Stadt Braunschweig im Jahr 2021 eine Park-/Grünfläche mit Spielgeräten auf Dioxine untersucht worden. Hier wurde mit 31,4 ng TEQ/kg ein deutlich erhöhter Gehalt ermittelt.

Weitere von der Stadt Braunschweig zur Verfügung gestellte Daten zeigen für diese Gebiete keine Auffälligkeiten. Es ist allerdings nicht bekannt, ob die Proben von anthropogen unveränderten Standorten in der Okeraue entnommen wurden. Es gibt Hinweise, dass es sich bei dem ein oder anderen Standort nicht um eine typische Auenlage handelt.

Die Dioxingehalte an den Standorten 101 bis 105 und 26 schwanken nur geringfügig und liegen zwischen 10 und 13 ng TEQ/kg. Am Standort 26 wurde zudem in der unterlagernden Probe mit 9,7 ng TEQ/kg ein vergleichbarer Gehalt ermittelt. Alle beprobten Flächen werden als Grünland, z. T. als Weide genutzt. An den beiden

Grünlandstandorten nördlich der A36 (106, 107) wurden 21,5 und 10,9 ng TEQ/kg ermittelt. Der Standort 106 fiel im Vorfeld dadurch auf, dass hier sehr hohe Cadmiumgehalte nachgewiesen wurden und diese Fläche insgesamt eine stärker belastete Fläche ist, die vermutlich intensiver durch Okerhochwasser beansprucht wird.

Mit 6,5 ng TEQ/kg wurde am Standort 27 ein mehr oder weniger typischer

Dioxine in der Okeraue

Die Standorte 202 und 204 wurden direkt am Brückenbach entnommen und zunächst nur auf Schwermetalle untersucht. Da sie ausschließlich Schwermetallgehalte im Bereich der Hintergrundgehalte aufweisen, wurde keine Dioxinanalytik durchgeführt. Hinweise, dass der Brückenbach die Stoffgehalte in der Okeraue maßgeblich beeinflusst haben könnte, wurden nicht gefunden.

2.1.6 Abschnitt Braunschweig bis BAB 2

Für diesen Auenbereich der Oker, im Norden von bzw. nördlich von Braunschweig, liegen zahlreiche Informationen zu Dioxingehalten vor. Im Rahmen dieses Untersuchungsprojektes wurden zunächst die

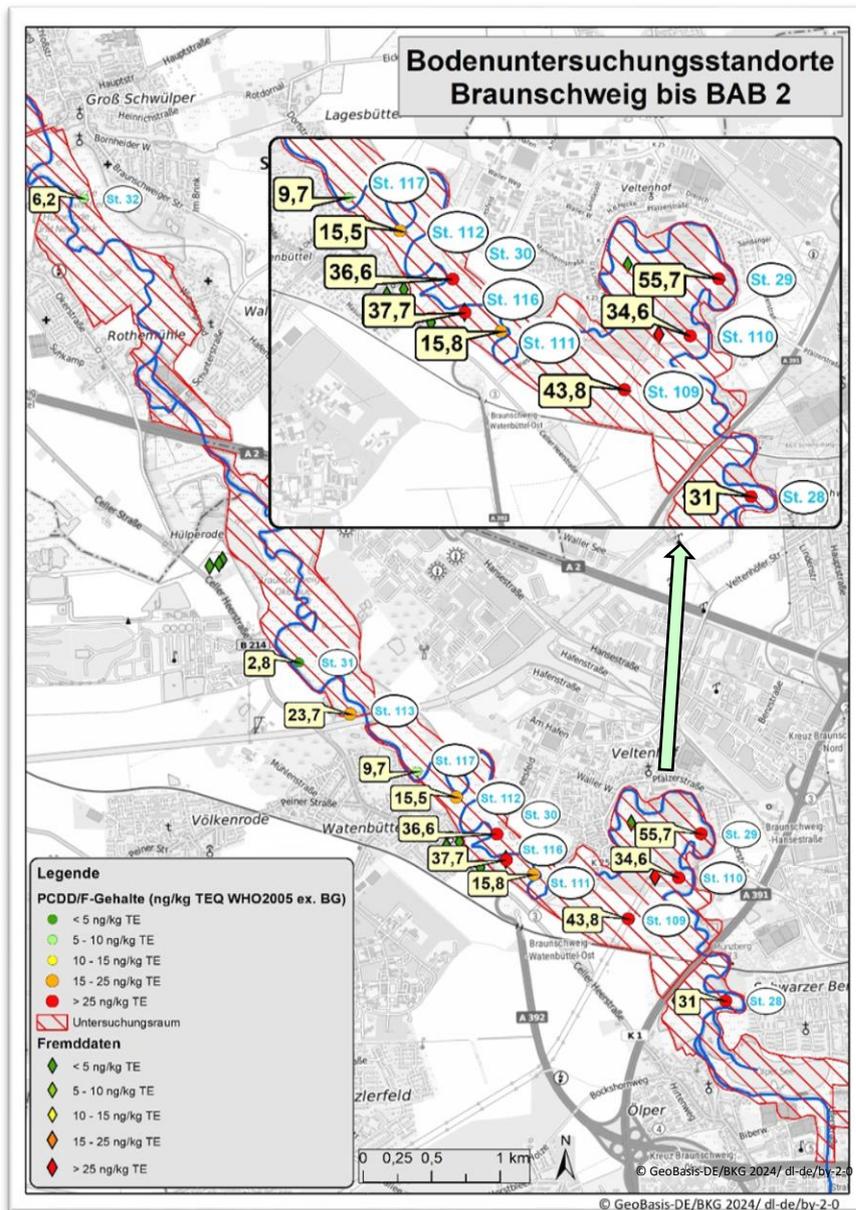


Abb. 13: Dioxin-/Furangehalte im Okerverlauf von Braunschweig bis zur BAB 2

Standorte 28 bis 31 untersucht. Zudem sind Daten der Stadt Braunschweig als Rauten dargestellt. Auffällig sind die sehr deutlich erhöhten Dioxingehalte in der Okeraue zwischen Ölper und Watenbüttel (25 bis 55 ng TEQ/kg).

Weitere Untersuchungen aus 2024 belegen, dass eine flächenhafte Belastung durch Dioxine mit vereinzelt Ausnahmen bis zum Standort 113 nachzuweisen ist. Die untersuchten Flächen liegen alle im Naturschutzgebiet und werden überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Aus der Abb. 7 wird deutlich, dass auch die Proben aus 10 bis 30 cm Tiefe an den Standorten 28, 302, 29 und 30 über dem Prüfwert und z. T. deutlich über den Gehalten der obersten Probe liegen. Am Standort 28 wurde eine

Profilgrube angelegt (Standort 302) und detailliert beprobt. Die Profilgrubenbeprobung bestätigt die Ergebnisse der Proben vom Standort 28 und liefert weitere Ergebnisse zu den Stoffgehalten in der Tiefe. Details zu den Ergebnissen der Grubenbeprobung werden im Abschnitt 2.4 näher beschrieben.

Dioxine in der Okeraue

Der Stoffgehalt vom Standort 31, nördlich des Mittellandkanals, ist mit 2,79 ng TEQ/kg unerwartet gering. Im Gegensatz zu den südlich gelegenen Standorten wurde hier im Oberboden Auensand anstelle des erwarteten Auenlehms angetroffen. Der deutlich feinkörnigere Auenlehm mit höheren Humus-, Ton- und Schluffgehalten kann Stoffe stärker binden als Auensand. Dies könnte neben einer unterschiedlich starken Fließ- und Ablagerungsdynamik ein Erklärungsansatz für die unterschiedlichen Gehalte der Standorte 113 und 31 sein.

2.1.7 Abschnitt BAB 2 bis Hillerse

Die Standorte 32 bis 35 und 114 wurden in diesem Okerabschnitt beprobt.

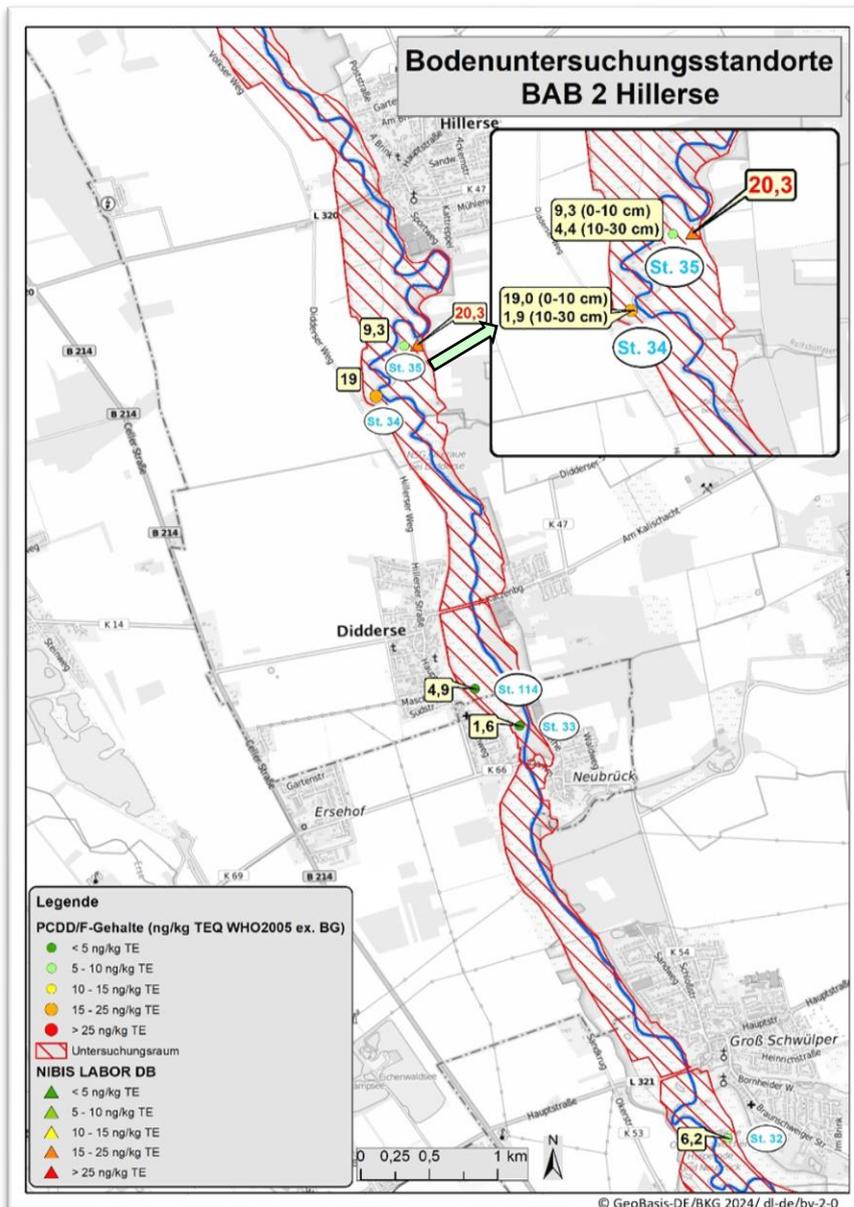


Abb. 14: Dioxin-/Furangehalte im Okerverlauf von der BAB 2 bis Hillerse

Hälfte detektiert wurde, kann der damals ermittelte Dioxingehalt für diesen Okerabschnitt bestätigt werden. Auch hier könnte die Differenz im Anteil von Feinmaterial begründet sein (Auenlehm (34) zu Auensand (35)). Wie aus der Abb. 7 zu ersehen ist, liegen alle beprobten Standorte in Naturschutzgebieten.

Mit 6,2 ng TEQ/kg ist der Dioxingehalt am Standort 32 leicht erhöht. Der Oberboden wurde als Auenlehm angesprochen. Anders der Auensand, der am Standort 33 kartiert wurde. Dort wurden mit 1,6 ng TEQ/kg kaum Dioxine ermittelt. Der zusätzlich untersuchte Standort 114 wurde aufgrund der vorliegenden Information über einen sehr hohen Cadmiumgehalt beprobt, der jedoch nicht bestätigt werden konnte. Mit einem Dioxingehalt von 4,9 ng TEQ/kg ist er als unauffällig zu bezeichnen. Südlich von Hillerse wurden zwei Standorte (34 und 35) beprobt, um ein Ergebnis aus 2009 in Höhe von 20,3 ng TEQ/kg zu überprüfen. Am Standort 34 wurde mit 19 ng TEQ/kg ein ähnlich hoher Gehalt ermittelt. Auch wenn am Standort 35 nur etwa die

2.1.8 Abschnitt Hillerse bis zur Aller

Auf dem relativ langen Abschnitt zwischen Hillerse und der Mündung der Oker in die Aller wurden lediglich die Standorte 36, 37 und 115 untersucht, da hier aufgrund der vorwiegend sandigen Bodenarten und der Entfernung zu potenziell relevanter Industrie keine problematischen Dioxingehalte erwartet wurden.

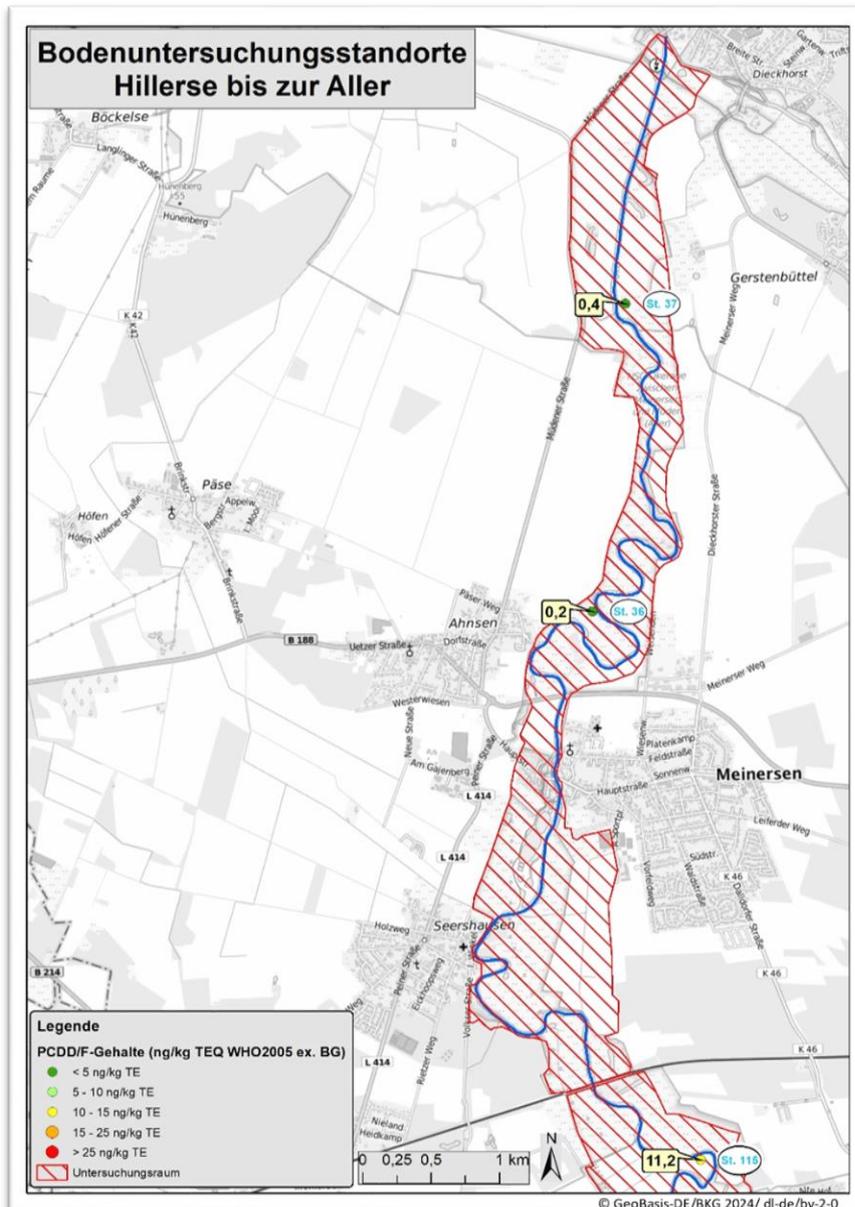


Abb. 15: Dioxin-/ Furangelhalte im Okerverlauf von Hillerse bis zur Aller

Mit 0,2 und 0,4 ng TEQ/kg an den Standorten 36 und 37 wurden fast keine Dioxine nachgewiesen. Anders am Standort 115. Dort konnten mit 11,2 ng TEQ/kg erhöhte Werte ermittelt werden.

Wie auch an anderen Standorten spielen bei der Suche nach einer Erklärung für die deutlichen Schwankungen der Dioxingehalte die Bodenart und der Humusgehalt eine wichtige Rolle. Alle drei Standorte weisen primär sandige Böden auf. Am Standort 115 findet sich jedoch ergänzend eine 12 cm mächtige, relativ humusreiche Auenlehm-Auflage. An den Standorten 36 und 37, deren Dioxingehalte in den obersten 10 cm nur wenige Prozent des Gehalts an Standort 115 betragen, hat sich kein solches Material abgelagert oder es wurde erodiert. Dies deutet auf

eine ausgeprägte Auendynamik mit mehr oder weniger häufig überschwemmten Bereichen hin.

Dioxine in der Okeraue

2.2 Korrelation der Gehalte von Cadmium und Dioxinen

Die Auswertung der in 2023 ermittelten Ergebnisse, insbesondere der mögliche Zusammenhang zwischen den einzelnen Schwermetallgehalten und den Dioxinen, ergab, dass ein sehr starker Zusammenhang zwischen den Cadmium- und den Dioxingehalten besteht. In der folgenden Abbildung ist neben dem Zusammenhang die lineare Trendlinie und die Beschreibung des Zusammenhanges dargestellt. Mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,83$ und einem Korrelationskoeffizienten von $r=0,91$ besteht ein starker Zusammenhang zwischen den ermittelten Gehalten von Dioxinen und Cadmium.

Neben dem Prüfwert für Dioxine auf Grünland sind in Abb. 16 zwei weitere, horizontale rote Linien eingezeichnet. Das Diagramm zeigt, dass bei einem Cadmiumgehalt von mehr als 50 mg/kg der Prüfwert für Dioxine, markiert durch die vertikale rote Linie, überschritten wird. Bei einem Cadmiumgehalt zwischen 20 und 50 mg/kg ist eine Überschreitung des Prüfwertes für Dioxine möglich; unter 20 mg Cd/kg wurden keine entsprechenden Überschreitungen ermittelt.

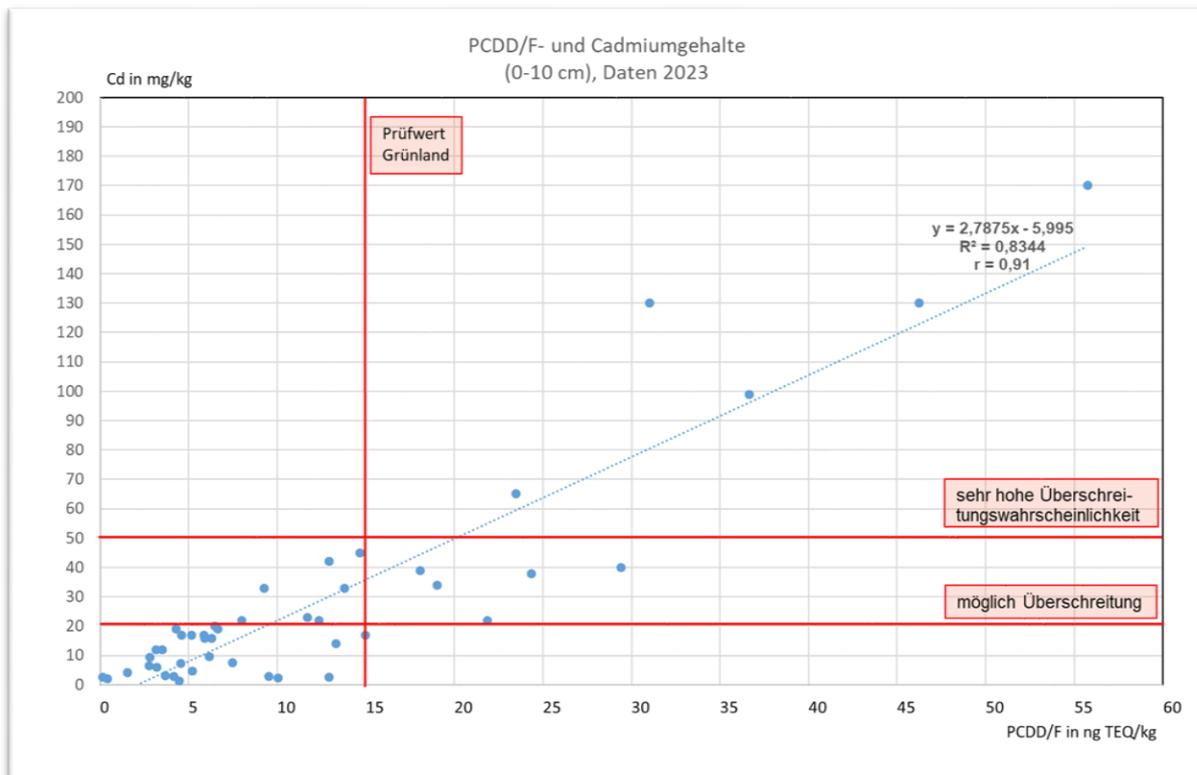


Abb. 16: Zusammenhang zwischen Dioxin- und Cadmiumgehalten im Boden in den obersten Bodenproben (Daten aus 2023)

Aufgrund dieses Zusammenhangs wurde in der NIBIS-Labordatenbank des LBEG nach weiteren Untersuchungsergebnissen recherchiert. Da der Bereich der Okeraue aufgrund seiner bekannten Belastungssituation bereits intensiv auf Schwermetalle untersucht worden ist, konnten auf Basis bereits vorhandener Labordaten und weiterer Vorinformationen eine Reihe potenziell geeigneter, durch Cadmium besonders hochbelasteter Flächen identifiziert und weitere Standorte für eine zusätzliche Beprobungskampagne festgelegt werden. In einem weiteren Schritt wurden sie vor Ort auf ihre Eignung überprüft. Insgesamt wurden 16 dieser ergänzenden Standorte im Sommer 2024 bodenkundlich kartiert und nach dem oben aufgeführten Vorgehen beprobt.

Die Ergebnisse aller in diesem Projekt entnommenen Proben sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Dioxine in der Okeraue

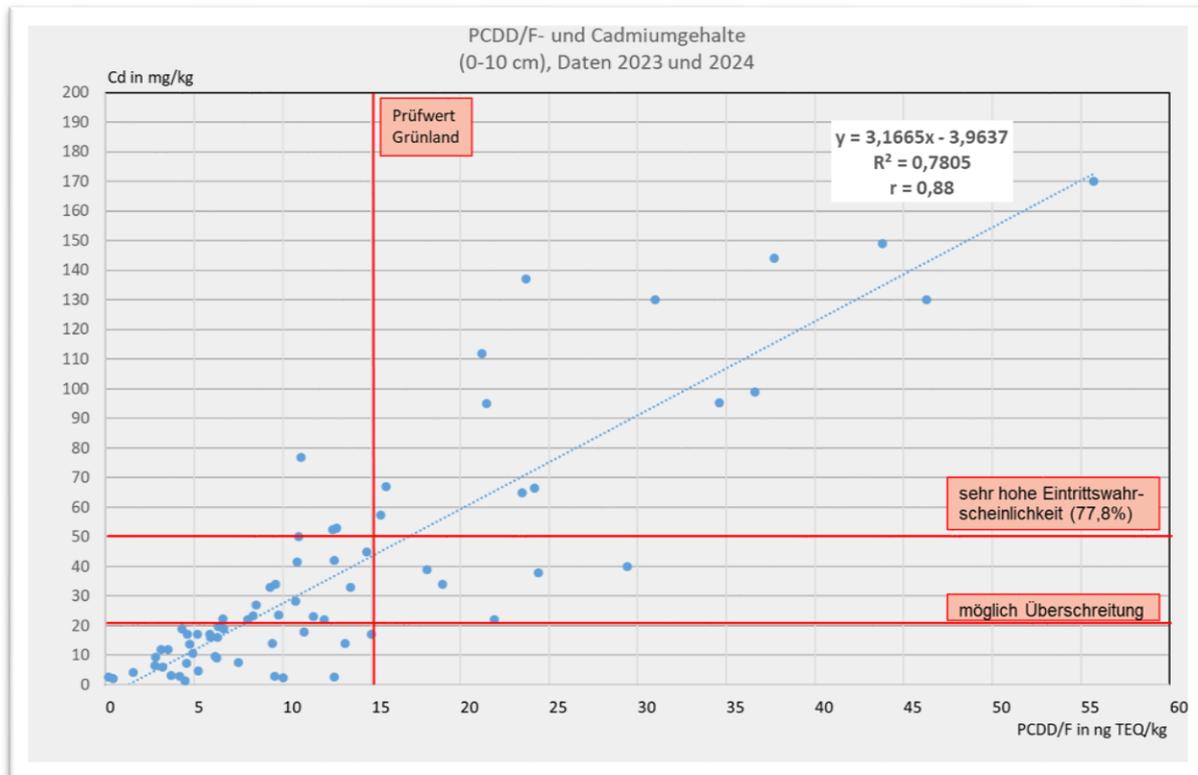


Abb. 17: Zusammenhang zwischen Dioxin- und Cadmiumgehalten im Boden in den obersten Bodenproben (Daten aus 2023 und 2024)

Auch nach Ergänzung des Datenkollektivs durch die 16 genannten Standorte ist davon auszugehen, dass mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit der Prüfwert für Dioxine überschritten wird, wenn der Cadmiumgehalt mehr als 50 mg/kg beträgt. Zwischen 20 und 50 mg Cd/kg kann eine Überschreitung nicht ausgeschlossen werden und erst unterhalb von 20 mg Cd/kg wurden keine Überschreitungen festgestellt.

Von den 16 zusätzlich untersuchten Standorten wurde der Prüfwert für Dioxine bei fünf Proben nicht überschritten, obwohl mehr als 50 mg Cd/kg analysiert wurde. An vier Proben wurden weniger als 50 mg Cd/kg detektiert.

Die Arbeitshypothese, dass an Standorten mit mehr als 50 mg Cd/kg der Prüfwert für Dioxine überschritten wird, wurde durch die Untersuchung weiterer 16 Standorte überprüft.

Lediglich bei fünf Standorten wurde der Prüfwert für Dioxine nicht überschritten. Mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von ca. 78 % kommt es zu einer Überschreitung des Prüfwertes für Dioxine, wenn der Cadmiumgehalt größer als 50 mg/kg ist. Erst bei einem Cadmiumgehalt von weniger als 20 mg/kg wurde keine Prüfwertüberschreitung für Dioxine ermittelt. Diese Erkenntnisse können auf weitere Standorte, von denen nur der Cadmiumgehalt bekannt ist, übertragen werden.

2.3 Einfluss der Nebenflüsse auf die Dioxingehalte in der Okeraue

Die Betrachtung der Dioxingehalte im Okerverlauf, wie sie in Abb. 5 bis Abb. 7 dargestellt sind, zeigt insgesamt ein uneinheitliches Bild. Der typische Schadstoffverlauf in Auenböden, der von einer Schadstoffquelle zur Flussmündung hin relativ stetig abnimmt, findet sich an der Oker nicht bzw. nur abschnittsweise, z.B. von Oker-Harlingerode bis Wolfenbüttel. Anschließend steigen die Dioxingehalte wieder bis in den Norden von Braunschweig stark an, um nördlich des Mittellandkanals deutlich zu sinken. Dazu treten sehr vereinzelt deutlich erhöhte Werte wie etwa bei Wolfenbüttel (Standort 25) oder bei Diddlese (Standort 34) auf. Grundsätzlich stellten sich die Fragen, wo die Quelle der Dioxine zu verorten ist oder ob es sich um mehrere Quellen handelt und welche Rolle die Nebenflüsse der Oker spielen. Diesen Fragen wird im Folgenden nachgegangen.

Röseckenbach

Hinweise auf einen potenziell relevanten Schadstoffeintrag in die Oker über Nebenflüsse wurden im Vorfeld der Untersuchungen vor allem beim Röseckenbach im Goslarer Ortsteil Oker gefunden. Der Röseckenbach ist ein etwa vier Kilometer langer rechter Nebenfluss der Oker, der südlich von Göttingerode im Harz im Hessental entspringt und über das Gelände der früheren Zinkoxidhütte Oker führt. Über diesen erfolgte ein wesentlicher Teil der Entwässerung des Hüttengeländes.

Untersuchungen der Sedimente durch das NLÖ ergaben Mitte der 1990'er Jahre extrem hohe Dioxingehalte. So wurden in Sedimentkästen mehrere Zehner ng TEQ/kg bis mehr als 3.600 ng TEQ/kg nachgewiesen. Kurz vor der Mündung des Röseckenbaches in die Oker wurden im Nov. 1997 mehr als 360 ng TEQ/kg im Sediment analysiert. Untersuchungen vom Dez. 1995 ergaben hier 123 ng TEQ/kg (BGA/UBA). Im Okt. 2020 wurden hier nur noch 4,4 ng TEQ/kg ermittelt. Auch im weiteren Verlauf der Oker ergaben Sedimentuntersuchungen deutlich erhöhte Dioxingehalte ².

Der heutige Einfluss des Röseckenbaches konnte nicht durch Untersuchungen des Bodens im Bereich dieses Gewässers ermittelt werden, da keine geeigneten Untersuchungsstandorte vorhanden waren. Mit dem Standort 1 (siehe Abb. 8) wurde ein Standort gegenüber der Einmündung des Röseckenbaches in die Oker untersucht, jedoch mit 4,6 ng TEQ/kg nur geringe Dioxingehalte ermittelt

Abzucht

Die Abzucht ist ein Wasserlauf, der ursprünglich für die Ableitung von Wasser aus dem Bergbaugebiet des Rammelsbergs genutzt wurde. Ihre Quelle liegt in der Nähe von Goslar, und sie mündet nach einem relativ kurzen Verlauf in die Oker.

Aufgrund der Historie, insbesondere durch die Ableitungen von Wässern aus dem Rammelsberg und der zahlreichen Industriebetriebe, die an der Abzucht liegen, sollte auch die Abzucht als möglicher Lieferant von Dioxinfrachten betrachtet werden. Da an dem kanalisiertem Wasserlauf keine geeigneten Standorte für die Entnahme von Bodenproben ermittelt werden konnten, wurden Proben aus dem Mündungsbereich in die Oker entnommen. Detaillierte Angaben zu den betreffenden Standorten 200 und 201 sind in Abschnitt 2.1.1 zu finden. Ein Einfluss der Abzucht lässt sich aus den ermittelten Stoffgehalten und bodenkundlichen Eigenschaften nicht ableiten. Da die genannten Standorte jedoch einen erheblichen anthropogenen Einfluss (200) bzw. eine relativ junge Sedimentauflage (201) aufwiesen, kann ein Einfluss der Abzucht anhand dieser Ergebnisse aber auch nicht ausgeschlossen werden.

² NLÖ (1997): Sedimentuntersuchungen der Oker auf Dioxine/Furane 1995/1996 und NLÖ (1998): Analysebefunde PCDD/PCDF Untersuchungen in Gewässersedimenten (unveröffentlicht)

Dioxine in der Okeraue

Ilse

Die Ilse ist ein harzbürtiger Fluss, der überwiegend durch Sachsen-Anhalt, unter anderem durch Ilsenburg, fließt und heute bei Börßum in die Oker mündet. Südlich von Hornburg spaltet sich die Ilse in die beiden Flussläufe Kanal-Ilse und Mühlen-Ilse auf. Über den Schiffgraben-West fließt die Mühlen-Ilse der Kanal-Ilse südlich von Börßum wieder zu (Abb. 18).

Bei dem Betrieb der Mitte des 18. Jh. gegründeten Kupferhütte Ilsenburg wurden erhebliche Mengen von Schadstoffen, insbesondere Schwermetalle, aber auch Dioxine freigesetzt und gelangten in die Umwelt (LAU 2012). Da die Kupferhütte unmittelbar an der Ilse gelegen war, hätten über diese, so die Hypothese, im Lauf der Zeit relevante Schadstoffmengen in die Oker transportiert werden können.

Aus diesem Grunde wurde versucht, einen möglichen Einfluss der Ilse auf die Stoffgehalte in der Okeraue zu ermitteln. Zunächst wurde dazu der Standort G (siehe Abb. 18) bodenkundlich erfasst und beprobt.

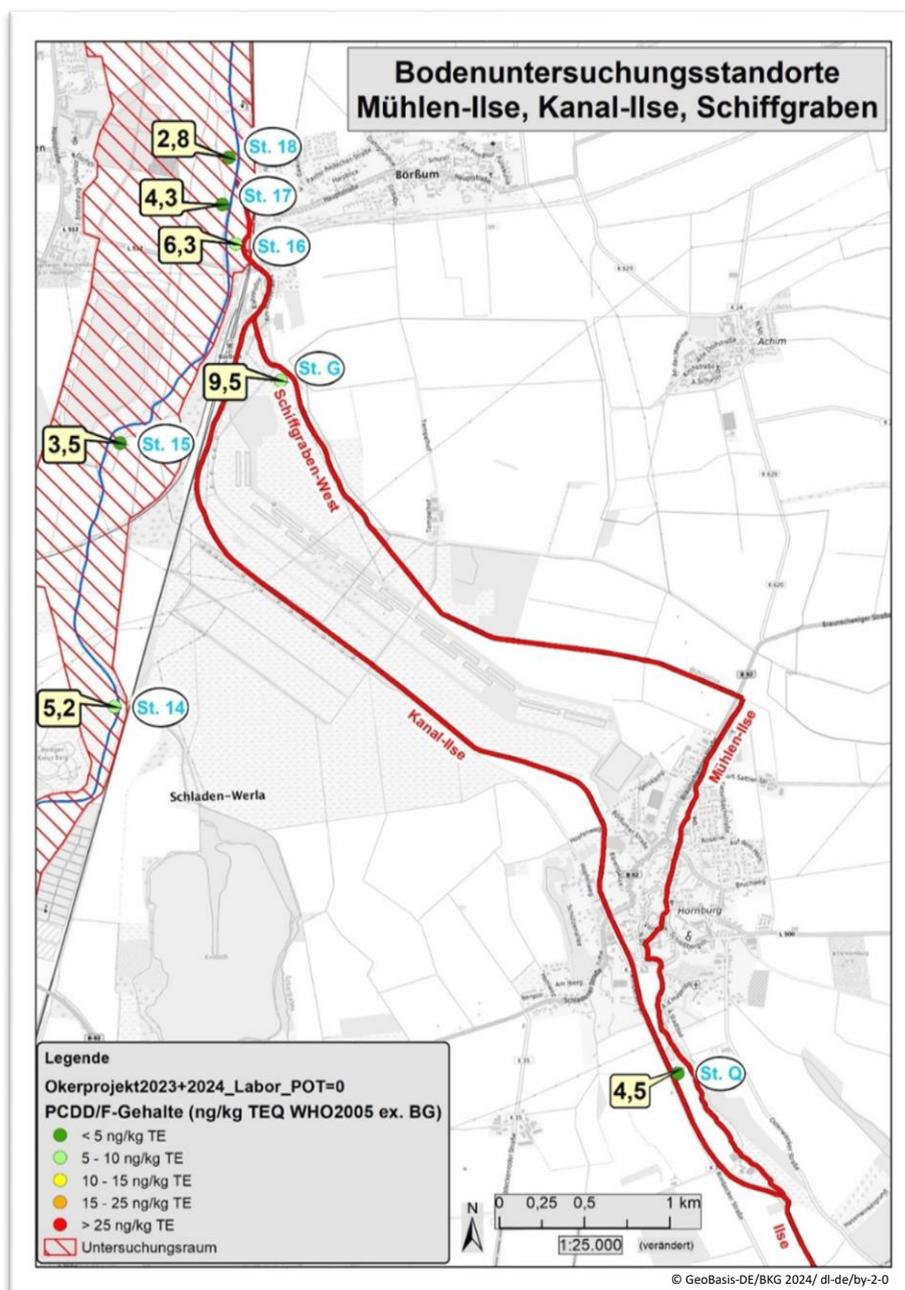


Abb. 18: Dioxingehalte der Untersuchungsstandorte im Mündungsbereich der Ilse

Der ermittelte Dioxingehalt (9,5 ng TEQ/kg) zeigt im Vergleich zu den Okerstandorten 14 bis 18 einen erhöhten Wert. Der Standort G liegt zudem nicht im Überschwemmungsbe- reich der Oker, sondern der Ilse. Zur Überprüfung des auffälligen Wertes am Standort G wurde in der Folge der Standort Q be- probt. Mit 4,5 ng TEQ/kg wurde ein für Auen üblicher Gehalt analysiert. Der Vergleich der bodenkundlichen Profilaufnahmen zeigt keine nen- nenswerten Unter- schiede.

Die Schwermetallge- halte der beiden Standorte sind deut- lich geringer als die der Okerstandorte. Auch dies ist ein In- diz dafür, dass der Standort G nicht von

Dioxine in der Okeraue

Okerüberschwemmungen beeinflusst ist. Wenngleich die Betrachtung nur zweier Standorte ein Ausschließen der Möglichkeit einer erheblichen Dioxinverfrachtung über die Ilse in die Oker nicht zulässt, erscheint eine solche nach aktuellem Kenntnisstand unwahrscheinlich.

Alte Ilse

Die „Alte Ilse“ bezeichnet einen Abschnitt des ursprünglichen Verlaufs der Ilse, der unterhalb von Bornum liegt und bis heute teilweise erhalten ist. Historisch verlief die Ilse in der Okeraue und bildete am östlichen Rand der Aue einen relativ geradlinigen Flusslauf. Bis 1950 war sie einer von drei parallelen Flüssen in der Okeraue: Neben der Oker und der Warne floss die Ilse, die am Waustenberg nach Westen bog und schließlich bei Ohrum in die Oker mündete. Diese Konstellation sorgte regelmäßig für Überschwemmungen, was später umfangreiche Veränderungen notwendig machte.

Der historisch häufig veränderte Verlauf der Alten Ilse, die ehemalige Verbindung mit der Ilse sowie das Ergebnis des zunächst untersuchten Standortes 22 (13,5 ng TEQ/kg; siehe Abb. 21), ließ eine weitere Probenahme sinnvoll erscheinen. Dabei sollte der mögliche Einfluss der Alten Ilse auf die Stoffgehalte in der Okeraue geprüft werden. Dazu wurde der Standort P bodenkundlich aufgenommen und Proben entnommen. Mit 4,2 ng TEQ/kg wurden unauffällige Dioxingehalte detektiert. Die Gesamtbeurteilung der Schwermetall- und Dioxingehalte, auch der Standorte 20, 21 und M, zeigt die komplexe Historie der Gewässerverläufe. Insgesamt lässt sich aus den gewonnenen Ergebnissen kein Einfluss des heutigen Verlaufes der Alten Ilse ableiten.



Abb. 19: Standort 22 nach dem Winterhochwasser 2023/2024



Abb. 20: Sedimentspuren Standort 22

Eine Standortbefahrung nach dem Winterhochwasser im Februar 2024 zeigte deutliche Spuren von Sedimentablagerungen am Standort 22 (siehe Abb. 20 und Abb. 19). Die Auswertungen des Hochwassers mit Hilfe der Copernicus-Satellitendaten (vgl. [Copernicus EMS Rapid Mapping EMSR712 - Flood in Lower Saxony region, Germany](#)) zeigt deutlich die Intensität des Hochwassers am Standort 22, wohingegen der Einfluss am Standort P sehr gering war.

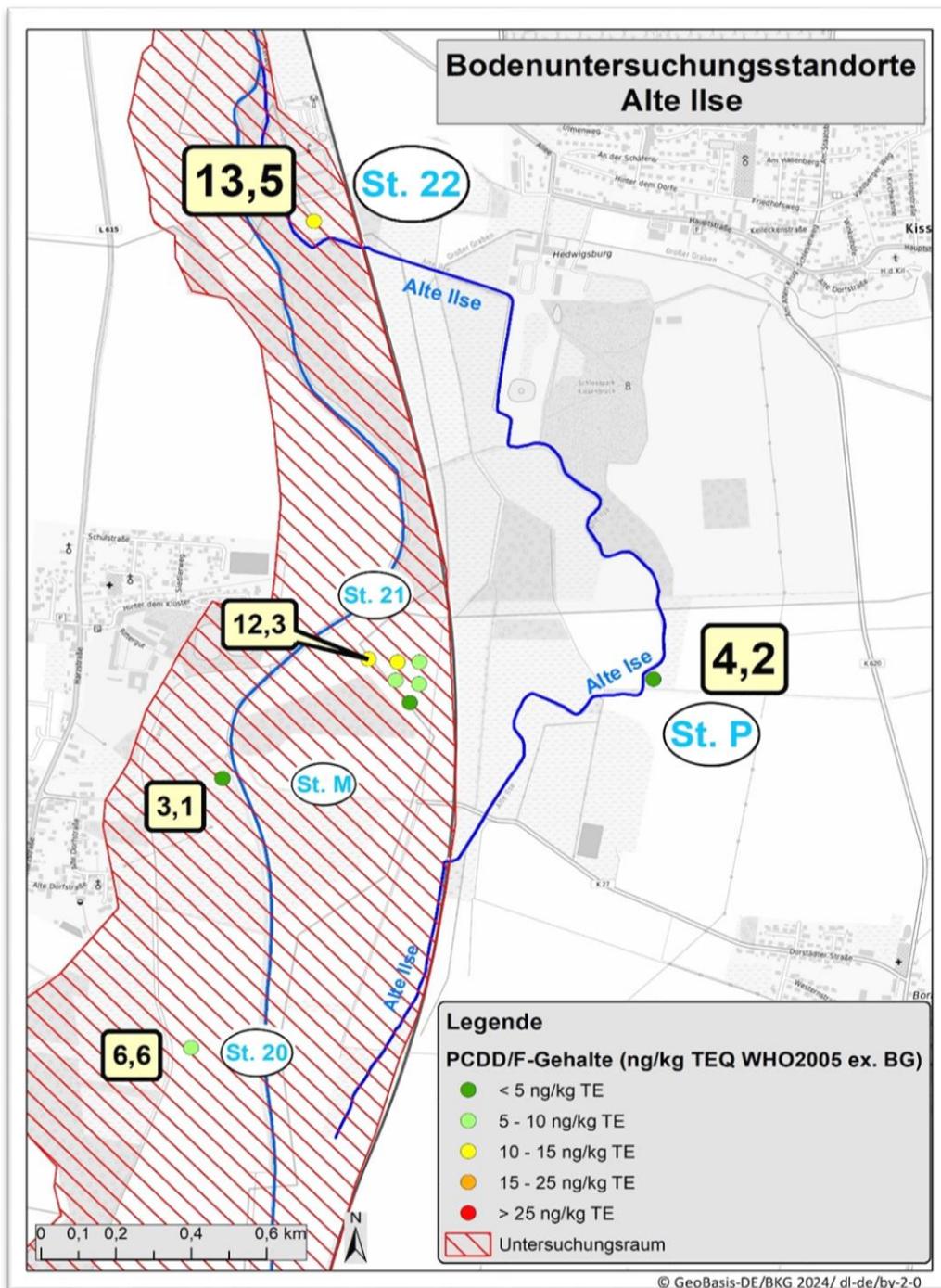


Abb. 21: Dioxingehalte der Untersuchungsstandorte an der Alten Ilse

Brückenbach

Der Brückenbach, ein Nebenfluss der Oker, hat seine Quelle nahe dem Einflussbereich der Salzgitter AG und fließt durch randliche Teile von Wolfenbüttel, bevor er in die Oker mündet. Der Bach verläuft unter anderem durch landwirtschaftliche Gebiete und urbane Regionen, was ihn potenziell anfällig für Schadstoffeinträge macht, insbesondere aus industriellen Quellen wie der Salzgitter AG.

Aufgrund des Quellbereiches und des Verlaufs wurden an zwei Standorten (202 und 203) des Brückenbaches Bodenproben entnommen und Bodenprofilansprachen durchgeführt. Zunächst wurden diese

Dioxine in der Okeraue

beiden Proben auf Schwermetalle analysiert. Da die Schwermetallgehalte bei beiden Proben keine Anzeichen einer anthropogenen Beeinflussung zeigten, wurde keine Veranlassung gesehen, die Proben in einem zweiten Schritt auf die organischen Inhaltsstoffe, wie Dioxine, untersuchen zu lassen. Die Lage der Standorte ist in Abb. 12 zu sehen.

Ein wesentlicher Einfluss der Nebenflüsse der Oker auf die Dioxingehalte der Okeraue ist aus bodenschutzfachlicher Sicht anhand der beschriebenen Untersuchungen nicht zu belegen. Der Röseckenbach spielt aufgrund der vorhandenen Datenlage eine bedeutende Rolle für den Transport und die Verlagerung von Schadstoffen. Für die Abzucht kann ein Einfluss aufgrund ihrer Funktion und Geschichte auch für die Dioxine nicht ausgeschlossen werden. Für Schwermetalle ist er bekannt. Der Einfluss der Ilse kann nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Die Alte Ilse ist aufgrund ihrer bewegten Vergangenheit nicht zu beurteilen. Der Brückenbach hat offensichtlich keinen Einfluss auf die Schadstoffgehalte in der Okeraue.

2.4 Dioxingehalte in größeren Bodentiefen

Dioxine, die bekanntermaßen seit dem „Seveso-Unglück“ in den 1970er Jahren als gefährliche Chemikalien identifiziert wurden, gibt es seit Tausenden von Jahren. Sie entstehen vor allem als Nebenprodukte bei Verbrennungsprozessen, wie etwa bei Waldbränden und Vulkanausbrüchen. Durch menschliche Aktivitäten nahm jedoch die Menge an Dioxinen im 19. und 20. Jahrhundert insbesondere durch die Herstellung von Pestiziden, Chemikalien, Verbrennungsprozessen und die Verbrennung von Abfällen erheblich zu. Es stellt sich somit die Frage nach der Belastungstiefe von Dioxinen in den Böden der

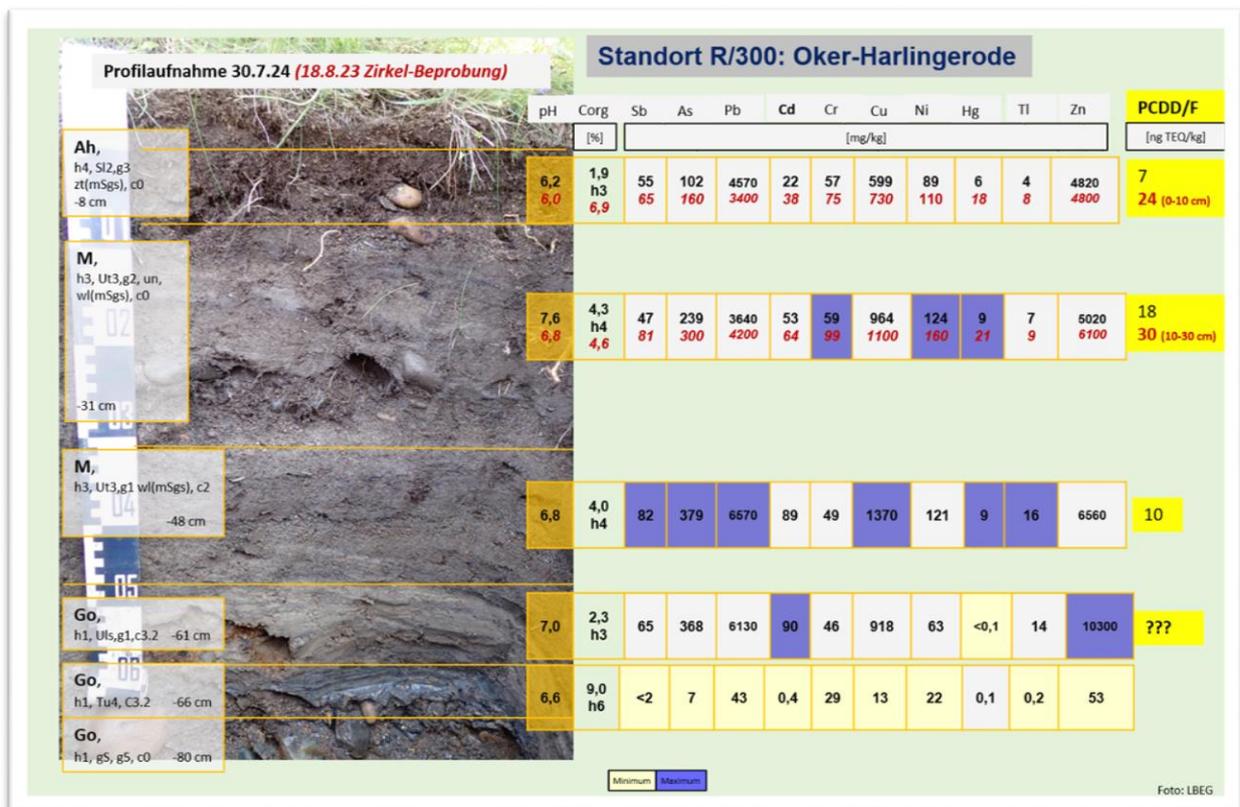


Abb. 22: Stoffgehalte vom Bodenprofil in Oker-Harlingerode., Standort 300 bzw. R

Okeraue. Um eine Antwort auf diese Frage zu bekommen, wurden in 2024 an drei Standorten Profil-

Dioxine in der Okeraue

gruben angelegt, horizont- und/oder tiefenstufenweise beprobt und das Profil bodenkundlich aufgenommen. In den Abb. 22, Abb. 23 und Abb. 25 sind jeweils ein Foto des Profils, die bodenkundliche Beschreibung sowie die Analyseergebnisse der einzelnen Proben dargestellt. Bei den Analyseergebnissen ist das Minimum in Hellgelb und das Maximum in Blau gekennzeichnet. Die in Rot dargestellten Analyseergebnisse stellen die Ergebnisse der erstmaligen Beprobung aus 2023 aus den Tiefen 0-10 cm und 10-30 cm dar.

Der Standort **R bzw. 300** im Stadtteil Oker liegt auf einer Grünfläche im westlichen Nahbereich der Oker, welche im Westen durch Wohnbebauung begrenzt wird.

In 2023 wurde der Standort R durch eine Zirkel-Beprobung bodenkundlich in den Tiefen 0-10 cm und 10-30 cm beprobt. Auf der Basis der Untersuchungsergebnisse, die ebenfalls in Abb. 22 zu sehen sind, wurde in 2024 im Zentrum des damaligen Zirkels eine Grube bis in den Niederterrassenkies erstellt und eine horizontweise Bodenprobenahme aus der Profilwand durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen sehr stark erhöhte Schwermetallgehalte in den obersten vier Proben, also bis in eine Tiefe von 61 cm. In der untersten dieser vier Proben wurden für Cadmium und Zink die höchsten Stoffgehalte des Profils analysiert. Die unterlagernde Probe zeigt keine auffälligen Werte. Bei den Dioxinen wurden erhöhte Gehalte bis **mindestens in 48 cm** Tiefe ermittelt. Es kann an diesem Standort festgehalten werden, dass durch Überschwemmungen mehr als 48 cm mit Dioxinen belastetes Material abgelagert wurde. Es ist nicht auszuschließen, dass die Dioxinbelastung auch in der weiteren Abfolge anzutreffen ist.

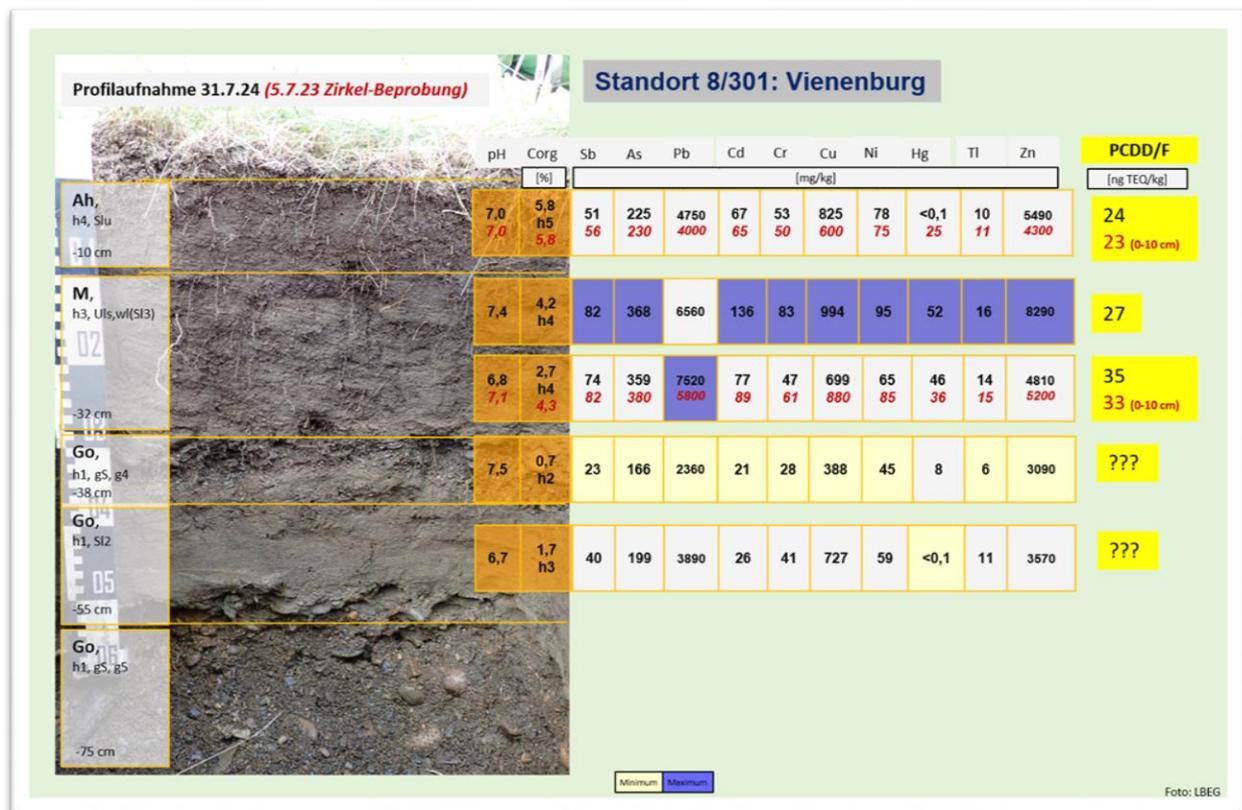


Abb. 23: Stoffgehalte vom Bodenprofil in Vienenburg, Standort 301 bzw. 8

Der Standort 8 bzw. die Profilgrube 301 (Abb. 23) liegt bei Vienenburg auf einer im Naturschutzgebiet „Oker- und Eckertal“ liegenden Fläche nördlich der Oker, am Fuße des Harly. Die Fläche ist eine Grünfläche, die (so der optische Eindruck) vermutlich sehr selten gemäht wird.

Dioxine in der Okeraue

Die analysierten Schwermetallgehalte zeigen eine massive Schwermetallbelastung im gesamten Auenboden, der hier eine Mächtigkeit von rund 55 cm hat. Der unterlagernde Niederterrassenkies wurde nicht beprobt. Die maximalen Gehalte wurden in der Tiefe von 10 bis 20 cm ermittelt. Die niedrigsten Werte wurden in dem obersten Go-Horizont ermittelt, der hier überwiegend aus Grobsand besteht und somit Schadstoffe deutlich schlechter bindet. Dies zeigt sich auch am geringen Anteil an organischer Substanz (Corg).

Aus dem Bodenprofil wurden drei Proben in 2024 auf Dioxine untersucht. Sie zeigen auffällige Werte zwischen 24 und 35 ng TEQ/kg und bestätigen damit auch die Ergebnisse der Zirkelbeprobung aus 2023. Insgesamt ist für diesen Standort festzuhalten, dass die Dioxine bis in eine Tiefe von 32 cm nachgewiesen wurden.

Das dritte Bodenprofil (Abb. 25) wurde im Bereich von Ölper als Standort 302 angelegt, beprobt und bodenkundlich erfasst. Der Standort 28 bzw. die Profilgrube 302 liegen in der Okerschleife östlich von Ölper, südlich der A 391 (Abb. 13). Bei der Fläche handelt es sich um eine Grünlandfläche, die zur Futtermittelgewinnung genutzt wird.

Beim Anlegen der Grube wurden in rund 50 bis 88 cm Tiefe anthropogene Beimengungen (Traktorreifen, Glasscherben, Folien, Papier, Metalle, Kunststoffe) angetroffen. Dies deutet auf eine länger zurückliegende Müllentsorgung hin. Der Fund eines Traktorreifens ermöglicht eine ungefähre zeitliche Einordnung dieser Ablagerung vor ca. 60 bis 70 Jahren. Das Bodenprofil zeigt in den obersten 35 cm eine deutliche auentypische Bodenschichtung. Das bedeutet, dass nach der Müllablagerung und Überdeckung (15 cm homogenes Bodenmaterial) 35 cm Auenmaterial durch Überschwemmungen der Oker abgelagert wurden. Die Auenablagerungen haben hier insgesamt eine Mächtigkeit von mindestens drei Metern.

Das Bodenprofil wurde bis in 35 cm Tiefe 5-cm-weise beprobt. Bis in die Beprobungsendteufe (88 cm) wurden sehr hohe Schwermetallgehalte angetroffen. Die höchsten Schwermetallgehalte wurden in der Probe aus 30 bis 35 cm Tiefe ermittelt. Bis hierhin handelt es sich um Auenmaterial in natürlicher Lagerung. Auffallend hoch sind der Cadmium- und der Zinkwert.

Die bei der Zirkelbeprobung des Standortes 28 in 2023 ermittelten auffälligen Dioxingehalte werden durch die 2024'er Untersuchungen bestätigt und bis in eine Tiefe von mindestens 35 cm nachgewiesen. Ob die auffälligen Werte bis in größere Tiefen reichen, lässt sich nur mutmaßen.

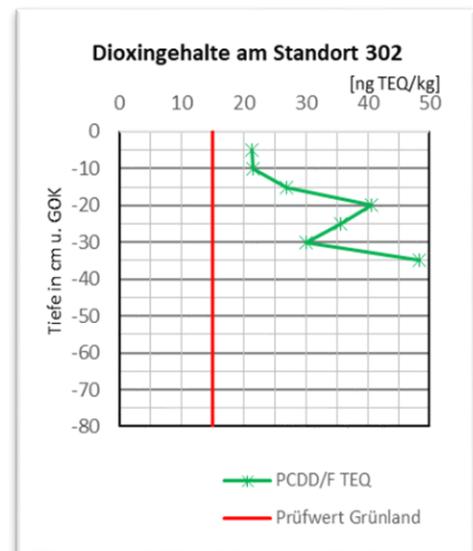


Abb. 24: Dioxingehalte im Tiefenverlauf

Dioxine in der Okeraue

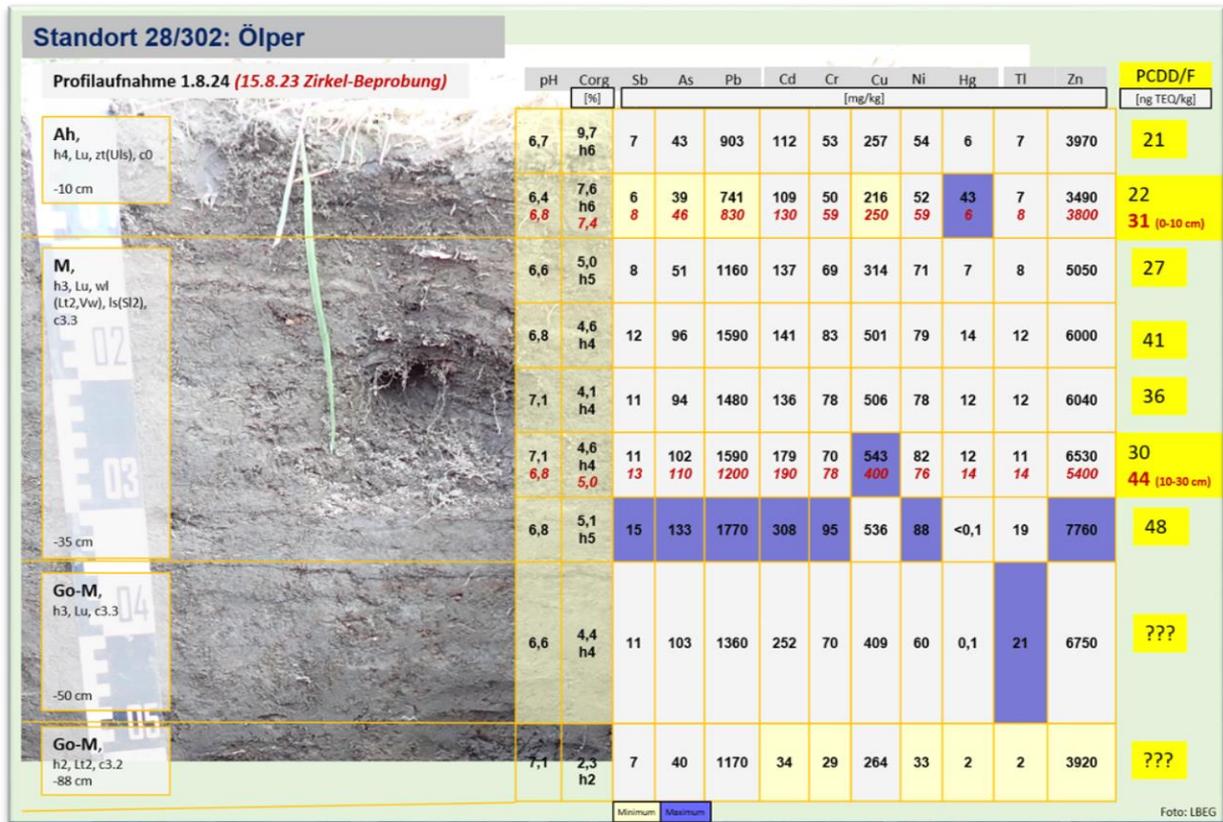


Abb. 25: Stoffgehalte vom Bodenprofil in Ölper, Standort 302 bzw. 28

Im Jahr 2024 wurden an drei Standorten Profilgruben angelegt und Bodenproben entnommen, um die Dioxinbelastung zu analysieren und die Tiefe der Belastung zu ermitteln. Die Ergebnisse zeigen, dass am ersten Standort (300) erhöhte Schwermetallgehalte bis in eine Tiefe von 61 cm und Dioxingehalte bis mindestens 48 cm nachgewiesen wurden. Am zweiten Standort (301) wurde eine massive Schwermetallbelastung im Auenboden festgestellt, mit Dioxinen bis in 32 cm Tiefe. Der dritte Standort (302) wies anthropogene Beimengungen auf, die auf frühere Müllentsorgung hinweisen, sowie hohe Schwermetallgehalte bis in 88 cm Tiefe und bestätigte ebenfalls die Dioxinwerte aus vorherigen Untersuchungen bis in eine Tiefe von mindestens 35 cm.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse eine hohe Belastung durch Dioxine und Schwermetalle in den untersuchten Böden der Okeraue, wobei die genauen Ausmaße der Dioxinbelastung in tiefere Schichten noch unklar sind.

2.5 Kleinräumige Variabilität der Dioxingehalte

Für Untersuchungen zur Ermittlung der kleinräumigen Variabilität der Schadstoffgehalte wurde eine Fläche östlich von Dorstadt auf der östlichen Okerseite ausgewählt. Die als Grünland genutzte Fläche wurde durch das LBEG bereits in 2009 untersucht und zeigte damals Dioxingehalte von 25 ng TEQ/kg in 0-10 cm und 7,1 ng TEQ/kg in 10-30 cm Tiefe. Somit wurde bei der Oberbodenprobe der Prüfwert für die Dioxine überschritten, weshalb der Standort für die Probenahme in 2023 ausgewählt wurde (Standort 21, s. Abb. 11). Der 2024 ermittelte Dioxingehalt lag mit 12,2 ng TEQ/kg nur etwa halb so

Dioxine in der Okeraue

hoch wie der in 2009 an gleicher Stelle ermittelte Gehalt. Da als mögliche Erklärung dieser Diskrepanz die in Auenbereichen bekanntermaßen hohe kleinräumige Variabilität in Frage kommt, sollte auf dieser Fläche untersucht werden, ob weitere Proben dieser Fläche ein ähnliches Ergebnis zeigen und wie groß die Schwankungen sind. Auf der 3,6 ha großen Fläche wurden im Abstand von jeweils 60 m bis 70 m sechs Standorte untersucht. Bodenkundlich handelt es sich um tiefe bis sehr tiefe Auengleye, die im Oberboden durch kalkhaltigen schluffigen Lehm gekennzeichnet sind. Die grundwasserbeeinflussten Böden werden zeitweise von der Oker überschwemmt. Die Abb. 26 zeigt die Fläche im Februar 2024 nach dem Winterhochwasser. Die Folge der ausgeprägten Auendynamik in Form eines heterogenen Mikroreliefs und dadurch unterschiedlich überschwemmter Bereiche ist deutlich zu erkennen. Die Dynamik spiegelt sich auch in den Stoffgehalten der abgelagerten Sedimentfrachten wieder.

An den sechs Standorten wurden jeweils Bodenproben aus den Tiefen 0-10 und 10-30 cm entnommen und die Bodenprofile erfasst. Die Lage der Standorte 21 sowie 400 bis 404 ist in dem Luftbild in Abb. 27 dargestellt. Zudem sind die Dioxin- und, stellvertretend für die Schwermetalle, die Cadmiumgehalte verzeichnet.



Abb. 26: Fläche 21 nach dem Winterhochwasser 2023/24. Blick nach Osten

Die Abb. 27 zeigt deutlich die Variabilität der Stoffgehalte. Sowohl bei den Dioxinen als auch beim Cadmium ist keine Regelmäßigkeit zu erkennen. Die Dioxingehalte in den obersten Proben schwanken zwischen 4,7 ng TEQ/kg, was einem „normalen“ Stoffgehalt in der Aue entspricht, und 12,3 ng TEQ/kg, einem erhöhten Wert. In der unterlagernden Bodenprobe sieht es etwas einheitlicher aus. Hier sticht nur der Standort 401 mit 7,0 ng TEQ/kg hervor. Die übrigen Werte liegen im Hintergrundbereich. Es zeigt sich, dass in der oberen Probe fast immer ein höherer Stoffgehalt als in der unterlagernden Probe zu verzeichnen ist. Insgesamt schwanken die Gehalte für die obere Probe um den **Faktor drei** (4,7 – 12,3 ng TEQ/kg), was für Flächen in der Aue und bei schadstoffbelasteten Flächen nicht ungewöhnlich ist.

Dioxine in der Okeraue

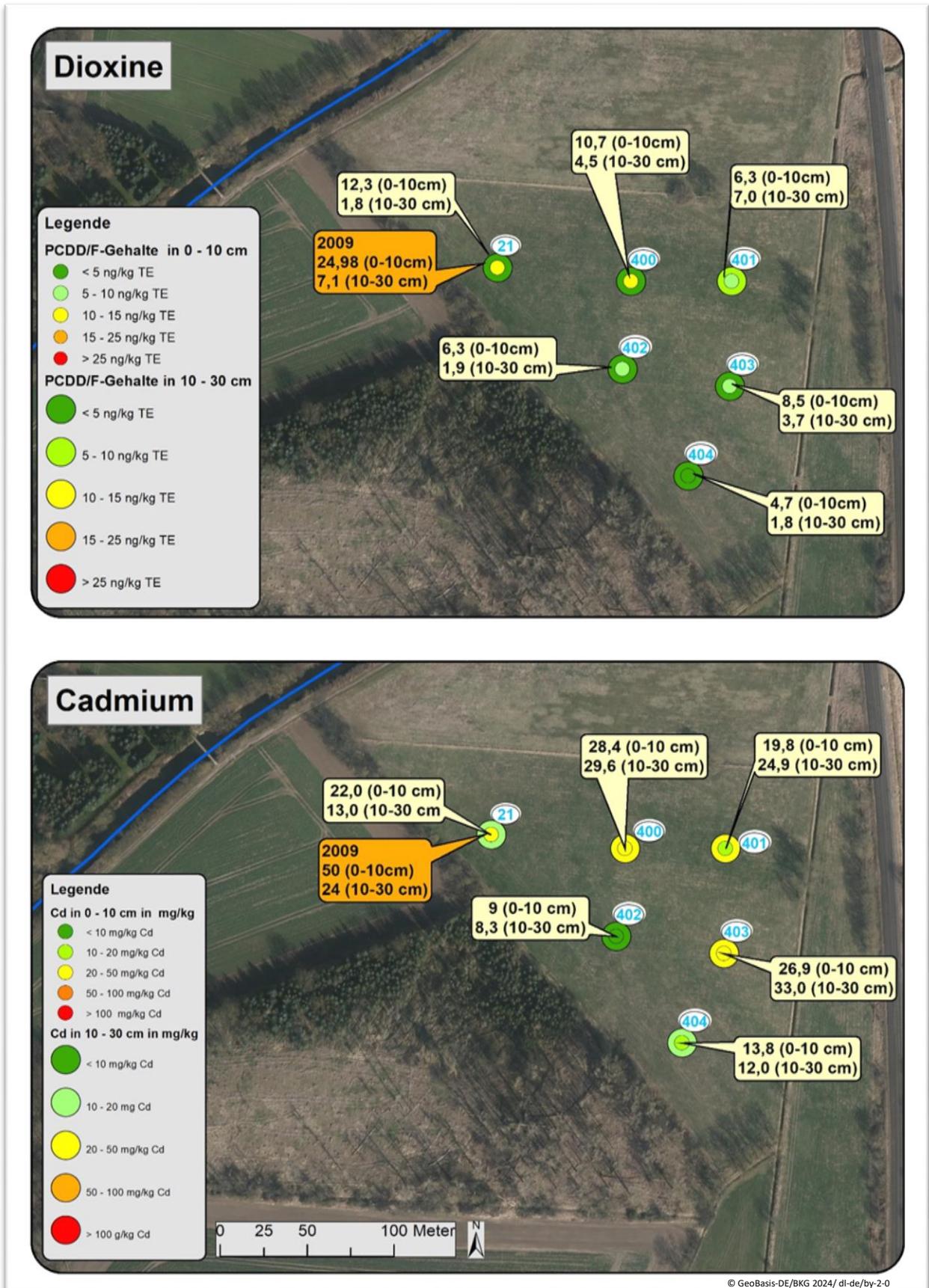


Abb. 27: Variabilität in der Fläche: Bodenuntersuchungsstandorte 21, 400 bis 404

Dioxine in der Okeraue

Wie beschrieben liegen die in 2023 ermittelten Ergebnisse am Standort 21 rund 50 % niedriger als die Ergebnisse von 2009. Bodentypologisch sind die Erhebungen fast identisch. Bei der Bodenkartierung in 2009 wurde kein freies CaCO_3 festgestellt, wohingegen bei der aktuellen Bodenkartierung deutliche Reaktionen beim Salzsäuretest vor Ort festgestellt wurde. (pH 7,1 bis 7,8)

Beim Cadmium sind die Ergebnisse ebenfalls uneinheitlich (Abb. 27). Insgesamt schwanken die Stoffgehalte um den **Faktor drei** (8,3 – 29,6 mg Cd/kg) und damit ähnlich stark wie bei den Dioxinen. Mit Ausnahme des Standortes 21 zeigen sich an allen untersuchten Standorten (400 bis 404) in den beiden beprobten Tiefenstufen jeweils ähnliche Cadmiumgehalte, was mit der jahrhundertelangen Sedimentationshistorie schwermetallbelasteten Materials zu erklären ist. Am Standort 21 ist der Cadmiumgehalt in der obersten Probe rund 70 % höher als in der unterlagernden Bodenprobe. In der Probe aus 2009 wurde ein ähnliches Verhältnis ermittelt, nur auf einem deutlich höheren Niveau, wie auch bei den Dioxinen. Der hohe Cadmiumgehalt von 50 mg/kg sowie die Überschreitung des Prüfwertes für Dioxine aus 2009 war, wie beschrieben, der Grund für die erneute Untersuchung dieses Standortes und die detaillierte Betrachtung dieser Fläche. Dass die Stoffgehalte insgesamt deutlich geringer sind als in 2009, dürfte u.a. an dem 2009 ermittelten Humusgehalt in den beiden Proben liegen, der in etwa genauso deutlich über dem 2023 ermittelten Wert lag, wie die Dioxin- und Cadmiumgehalte (ca. Faktor 2). Dies erklärt jedoch nicht den Verbleib der 2009 ermittelten Schadstoffgehalte. Dies kann unter Umständen in einem erosiven Ereignis begründet sein, wobei die obersten 5 bis 10 cm des Bodens abgetragen wurden. Hierfür spricht ein Großteil der Laborergebnisse, da die Stoffgehalte der Probe aus 10 – 30 cm der 2009er-Probenahme deutlich besser zu den 2023 in 0 – 10 cm ermittelten Werten passen, als die 2009 in 0 – 10 cm ermittelten Stoffgehalte (Humus, Dioxine, Arsen, Cadmium, Quecksilber). Auch ein Vergleich der Profilansprachen liefert Hinweise für eine Profilkürzung. Unklar bleibt die Ursache des deutlich höheren pH-Werts (6,6 (2009) bzw. 7,6 (2023) in den obersten 10 cm) sowie des 2023 ermittelten, relativ hohen Kalkgehalts.

Auf der rund 3,6 ha großen, als Grünland genutzten Fläche wurden an insgesamt sechs Standorten Bodenproben entnommen und eine bodenkundliche Profilaufnahme durchgeführt.

Es zeigt sich eine hohe Variabilität der analysierten Stoffgehalte (Faktor 3), die aber für belastete Auenstandorte im üblichen Rahmen liegt. Der Vergleich der aktuellen Ergebnisse mit Ergebnissen aus einer Untersuchung aus 2009 zeigt für Dioxine und für Cadmium eine Halbierung der Stoffgehalte.

2.6 Homologenmuster verschiedener Umweltmedien

In Abschnitt 2.3 wurde der Frage nachgegangen, ob die Nebenflüsse der Oker einen Einfluss auf die Dioxingehalte in der Okeraue haben bzw. gehabt haben könnten. Eine eindeutige Aussage hierzu lässt sich nicht treffen. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass sowohl die Abzucht als „Abwasserkanal“ des Bergbaus als auch die Ilse mit der Sekundärkupferhütte in Ilsenburg, Einfluss auf die Stoffgehalte in der Okeraue gehabt haben bzw. noch haben.

Dioxine in der Okerau

Der Summenparameter Dioxine und Furane setzt sich aus 17 Einzelkongeneren zusammen. In Abhängigkeit von der Anzahl der substituierten Chloratome werden die Einzelkongenere in sogenannten Homologengruppen zusammengefasst. Die Muster der Homologen ermöglichen es, die Dioxinfunde miteinander zu vergleichen. Dadurch sind Aussagen über Zusammenhänge und mögliche Entstehungsursachen möglich.

In der Abb. 28 sind Homologenmuster in ihrem prozentualen Anteil an der Gesamtsumme dargestellt.

Bei den bläulich eingefärbten Balken handelt es sich um die Darstellung der aktuellen Untersuchungsergebnisse der einzelnen Okerabschnitte. Es wurden sämtliche in dem jeweiligen Abschnitt ermittelten Ergebnisse der obersten Bodenproben (0-10 cm) für die Berechnung des Medianwertes herangezogen. Die Ergebnisse für die jeweiligen Abschnitte sind in den aufgeführten Abschnitten ausführlich dargestellt:

- Oker-Harlingerode mit 12 Standorten, dargestellt in Abschnitt 2.1.1,
- Wülperode bis Schladen mit 6 Standorten, dargestellt in Abschnitt 2.1.2,
- Schladen bis Dorstadt mit 10 Standorten, dargestellt in Abschnitt 2.1.3,
- Wolfenbüttel bis Braunschweig mit 9 Standorten, dargestellt in Abschnitt 2.1.5,
- Ölper bis Watenbüttel mit 11 Standorten, dargestellt in Abschnitt 2.1.6,
- Diddlese, Hillerse mit 6 Standorten, dargestellt in Abschnitt 2.1.7.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Struktur der Homologen über den gesamten Okerverlauf nahezu identisch ist und zwar unabhängig von den analysierten Stoffgehalten. Sie ist gekennzeichnet mit einem Anteil von 50 bis 60 % bei den OCDD und mit jeweils rund 10 % bei den HpCDD, den HpCDF und den OCDF.

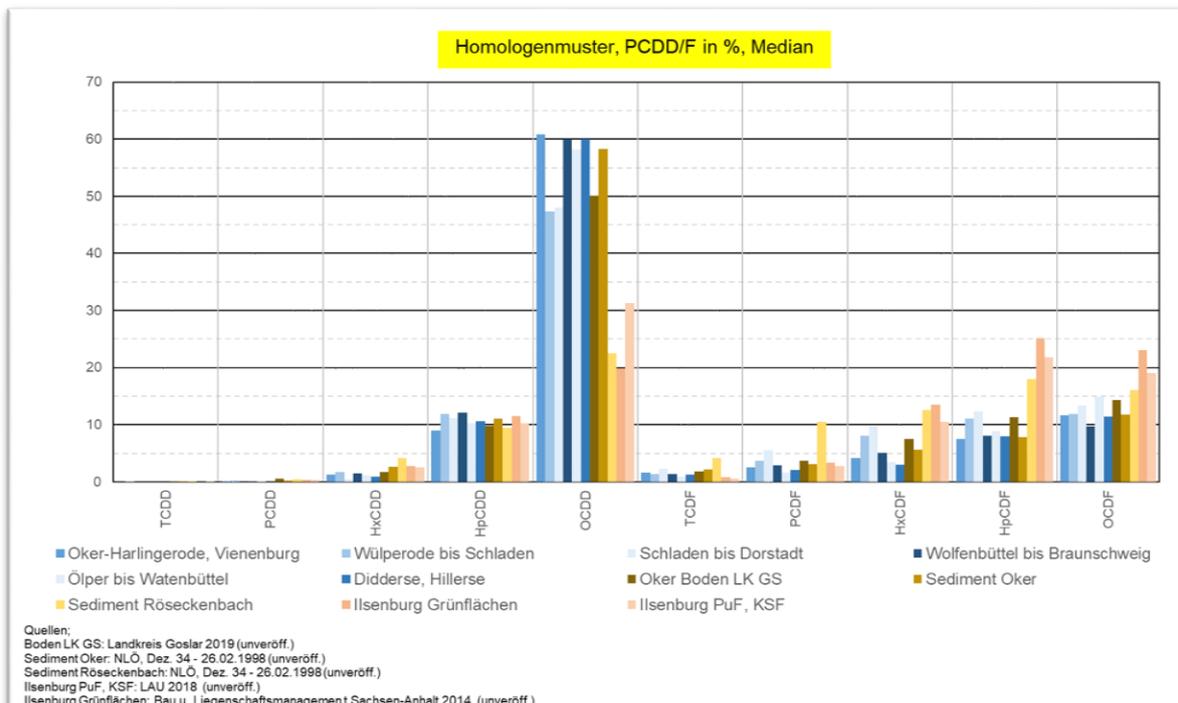


Abb. 28: Homologenmuster der PCDD/F

Dioxine in der Okerau

Die dunkelbraune Säule zeigt das Homologenmuster von Bodenuntersuchungsergebnissen des LK Goslar aus dem Jahre 2019 und umfasst 5 Standorte aus dem Bereich Oker und Harlingerode. Die Ergebnisse zeigen ebenfalls ein vergleichbares Homologenmuster bei diesen durch Immissionen beeinflussten Standorten.

Erwartungsgemäß zeigen die Standorte der hellbraunen Säule, die die Sedimentuntersuchungen der Oker zeigen, ebenfalls ein vergleichbares Muster. Dieser Gruppe sind drei Sedimentproben aus 1997, die etwa 1 bis 3 Kilometer nördlich des Zuflusses des Röseckenbaches entnommen wurden, zuzuordnen.

Das Homologenmuster der sechs Sedimentproben aus dem Röseckenbach vom Oktober 1997 weicht hingegen auffällig von dem bisher beschriebenen Muster ab. In den Röseckenbach entwässerten in der Vergangenheit die ortsansässigen Hüttenbetriebe, sodass davon auszugehen ist, dass dies die typische Struktur der dortigen Verhüttungsaktivitäten mit rund 20 % Anteil bei den OCDD, den HpCDF und den OCDF, ist. Der Anteil der HxCDF ist mit mehr als 10 % deutlich höher als bei den bisher beschriebenen Werten.

Als weitere Gruppen werden Daten auf Basis der Ergebnisse von Bodenuntersuchungen aus Ilsenburg dargestellt, die das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (LAU) sowie die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) dankenswerterweise für dieses Projekt zur Verfügung gestellt hatten. In Ilsenburg an der Ilse bestand über viele Jahre eine Kupferhütte, deren Gründung auf das Jahr 1595³ zurückgeht. Von der Hütte ist bekannt, dass es zu erheblichen Schadstoffemissionen, u. a. Dioxinen, durch die Verbrennung organischer Materialien und metallurgischer Prozesse gekommen ist. In den letzten 40 Jahren ihres Betriebes fungierte die 1990⁴ geschlossene Hütte als Sekundärkupferhütte. Über den Sedimenttransport der Ilse ist es denkbar, dass Dioxine auch in die Oker gelangt sein könnten. Das Homologenprofil zeigt die Homologen, die bei der Sekundärkupferverhüttung und Kupferverhüttung freigesetzt werden. Es sind insbesondere die höherchlorierten Verbindungen, OCDD, HxCDF, HpCDF sowie OCDF. Das Muster zeigt Ähnlichkeiten mit dem Muster der Sedimente des Röseckenbaches, welches ebenfalls auf Verhüttungsaktivitäten zurückzuführen ist.

Stellvertretend für die drei Tiefenprofile sind die Homologenmuster der sieben Proben von Standort 302 in Ölper dargestellt. Die entnommenen Proben decken die obersten 35 cm des Profils ab. Dies ist die Mächtigkeit, die sich nach der Abdeckung der anthropogenen Ablagerungen durch Sedimentation gebildet hat. Während dieser Zeit, und das zeigt die Abb. 29, sind die Muster aller Proben beinahe identisch, was so gedeutet werden kann, dass die Dioxine aus denselben Produktionsprozessen stammen.

³ [Geschichte.salgitter-ag.com/de/einzelne-geschaeftsbereiche-und-standorte/geschaeftsbereich-stahlverarbeitung/ilsenburger-grobblech-gmbh/ilsenburg.html](https://geschichte.salgitter-ag.com/de/einzelne-geschaeftsbereiche-und-standorte/geschaeftsbereich-stahlverarbeitung/ilsenburger-grobblech-gmbh/ilsenburg.html)

⁴ [Laf.sachsen-anhalt.de/projekte/kleinere-und-mittlere-projekte/industriepark-ilsenburg](https://laf.sachsen-anhalt.de/projekte/kleinere-und-mittlere-projekte/industriepark-ilsenburg)

Dioxine in der Okeraue

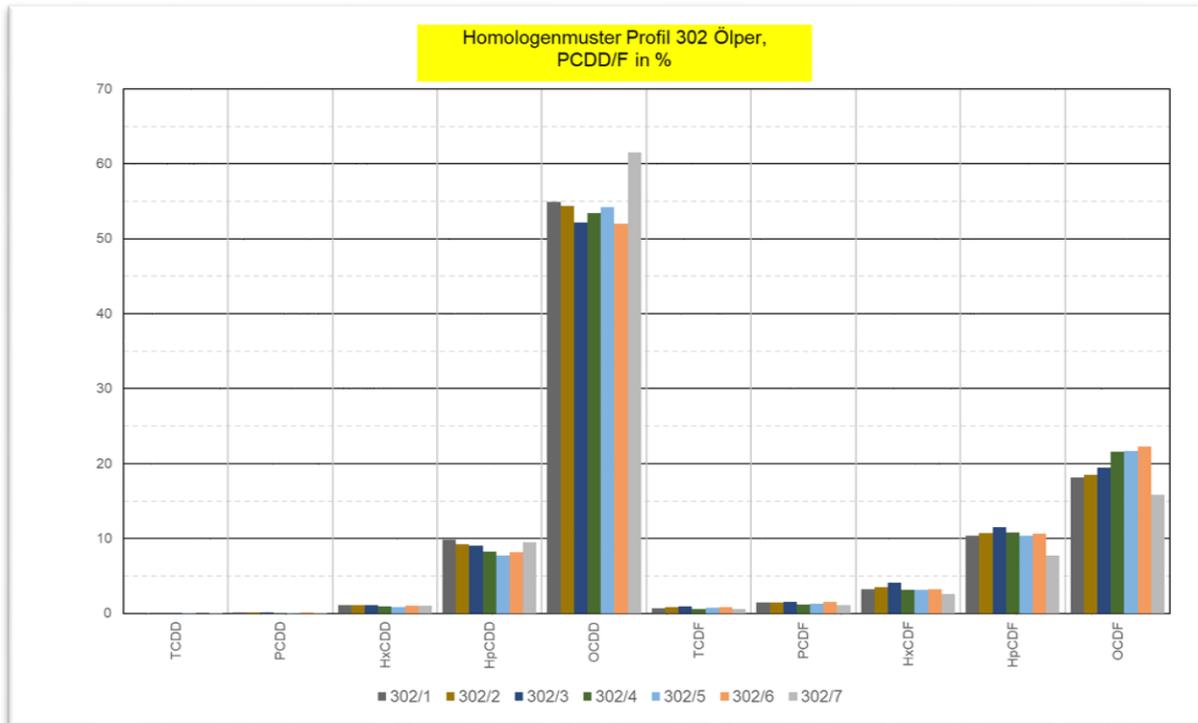


Abb. 29: Homologenmuster des Standortes 302

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass das Homologenmuster der Dioxine im Oberboden der Okeraue, unabhängig von den Stoffgehalten, gleich ist. Dies ist ein deutliches Indiz für gleichartige Ursachen und gleiche Prozesse, die zur Freisetzung der Dioxine geführt haben. Auch die im Umfeld von Oker-Harlingerode durch den Landkreis Goslar entnommenen Bodenproben sowie die Sedimente aus der Oker zeigen dieses Muster. Die Betrachtung des Tiefenprofils belegt, dass sich dieses Muster in den letzten 60 bis 70 Jahren nicht wesentlich verändert hat.

Die Sedimente aus dem Röseckenbach zeigen ein abweichendes Muster, welches dem von Verhüttungsprozessen entspricht und mit dem der Bodenproben aus Ilsenburg, ebenfalls mit einer Hüttenvergangenheit, vergleichbar ist.

2.7 dl-PCB und PCB im Okerverlauf

Neben den Dioxinen und Furanen wurden dl-PCB und PCB analysiert. In Abb. 31 und Abb. 30 sind die Analyseergebnisse der dl-PCB, angegeben als WHO 2005 (lower bound), im Verlauf der Oker dargestellt. Da es in der BBodSchV keine gesetzlichen Regelungen hinsichtlich Vorsorge-, Prüf- oder Maßnahmenwerten für dl-PCB gibt (abgesehen von dem Maßnahmenwert für den Pfad Boden-Mensch als Summenwert zusammen mit den PCDD/F), ist zur Einordnung der gemessenen Werte, eine Linie mit typischem Gehalt für Niedersachsen eingefügt. Die Abbildungen zeigen einen vergleichbaren Verlauf zu den Dioxingehalten, die in Abb. 6 und Abb. 7 dargestellt sind.

Dioxine in der Okeraue

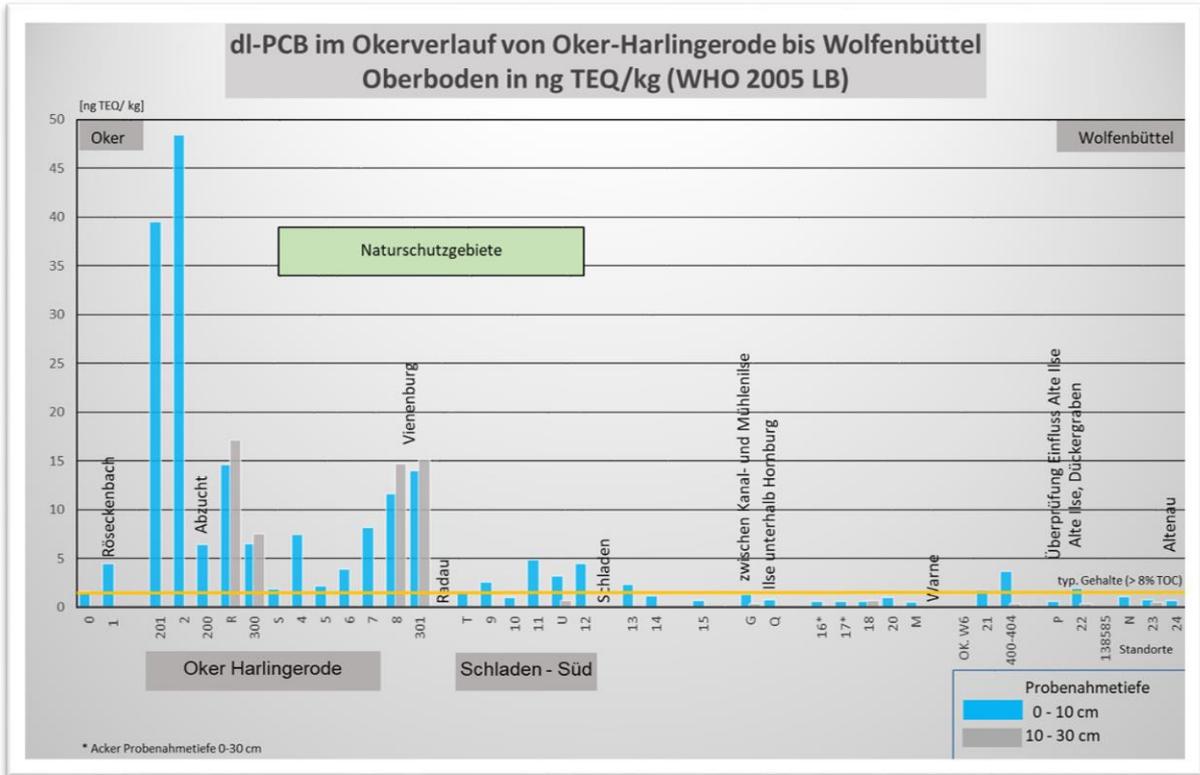


Abb. 31: dl-PCB-Gehalte im Okerverlauf von Oker-Harlingerode bis Wolfenbüttel

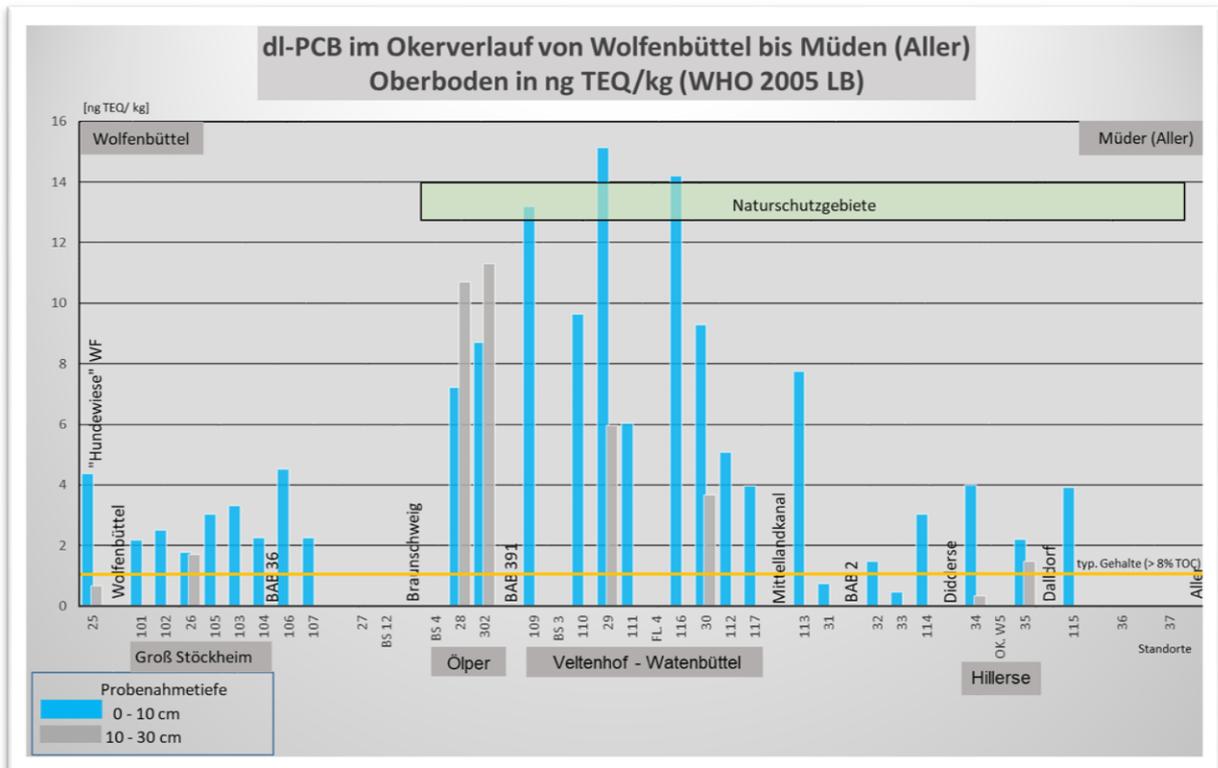


Abb. 30: dl-PCB-Gehalte im Okerverlauf von Wolfenbüttel bis Müden (Aller)

Dioxine in der Okeraue

Die ermittelten PCB₇-Gehalte zeigen im Okerverlauf ebenfalls ein vergleichbares Bild zu den Dioxinen und dl-PCB. In Abb. 32 und Abb. 33 ist der PCB₇-Gehalt von Oker-Harlingerode bis zur Mündung in die Aller dargestellt. Zusätzlich sind für die schnelle Einordnung der gemessenen Werte der Maßnahmenwert PCB₆ für den Pfad Boden-Nutzpflanze sowie die Vorsorgewerte für den PCB₇-Gehalt durch Linien markiert.

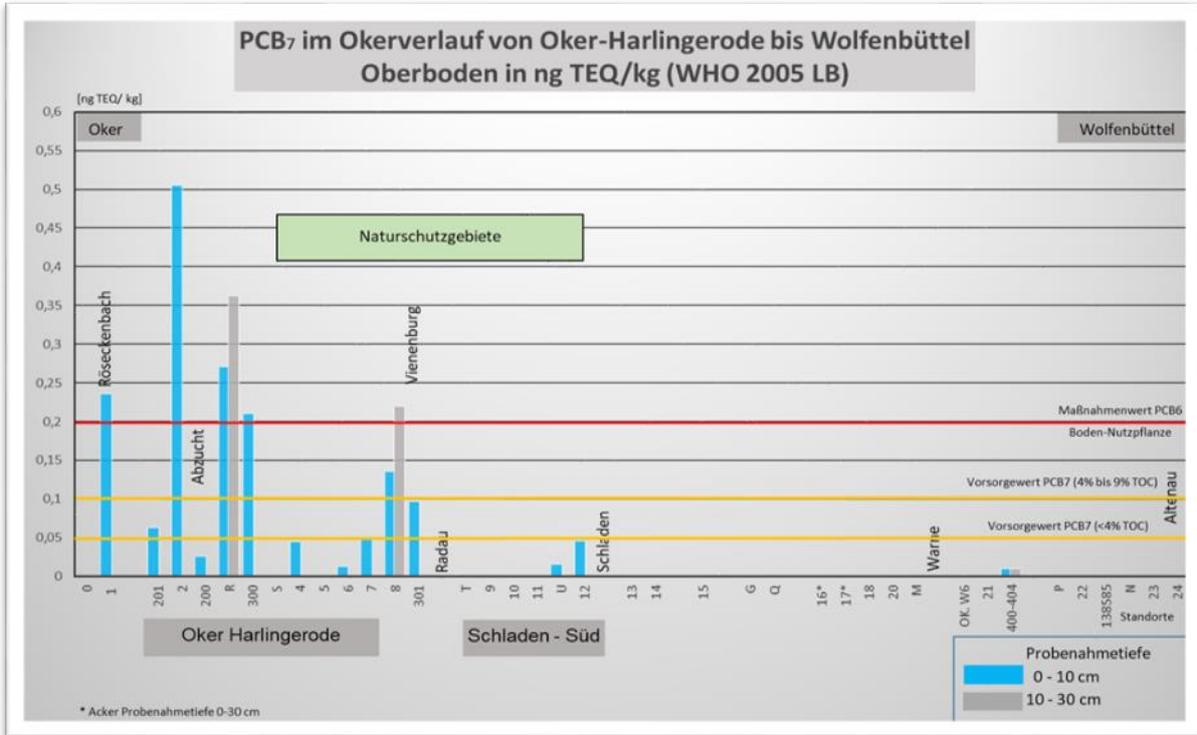


Abb. 33: PCB-Gehalte im Okerverlauf von Oker-Harlingerode bis Wolfenbüttel

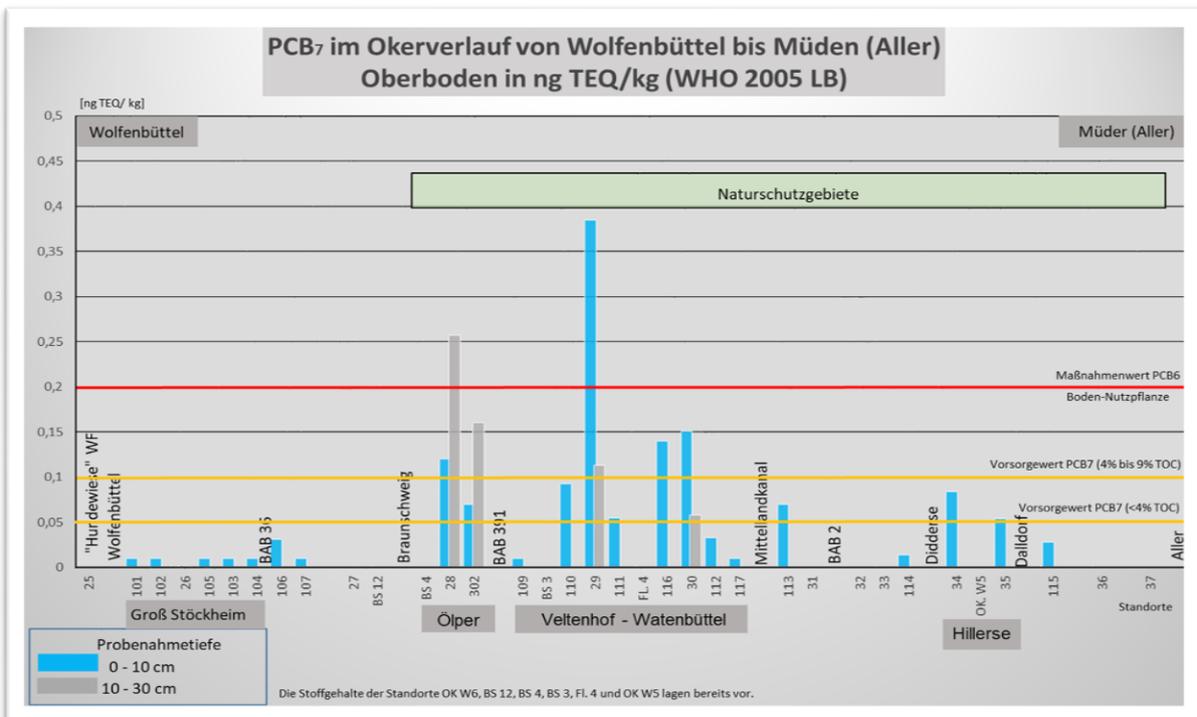


Abb. 32: PCB-Gehalte im Okerverlauf von Wolfenbüttel bis Müden (Aller)

Dioxine in der Okeraue

Es zeigt sich, dass vereinzelt Maßnahmenwerte für PCB₆ überschritten werden. Dies ist im Bereich Oker-Harlingerode und Ölper bis Watenbüttel nachgewiesen worden. Teilweise sind die PCB₇-Gehalte in der zweiten Probenahmetiefe höher als die der Oberbodenprobe.

Insgesamt zeigt sich sowohl bei den dl-PCB als auch bei den PCB ein vergleichbares Muster wie es bei den Dioxinen ermittelt wurde. Die Gehalte sind im Okerverlauf wie folgt zu beschreiben: Die Stoffgehalte sind im Bereich Oker-Harlingerode bis Vienenburg deutlich erhöht, vergleichsweise niedrig bis Wolfenbüttel, wiederum ansteigend bis Braunschweig mit den höchsten Werten zwischen Ölper und Watenbüttel und schließlich abnehmend bis zur Mündung in die Aller mit einem kleineren Peak bei Didderse/Hillerse.

2.8 Futtermitteluntersuchungen

An zahlreichen Standorten wurde der Prüfwert für Dioxine überschritten (siehe auch Abb. 5 bis Abb. 7).

Bei Überschreitung eines Prüfwertes ist „unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen [...], ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt“ (§8 Abs. 1 BBodSchG).

Deshalb wurde in Absprache mit dem ML⁵ und dem LAVES⁶ beschlossen, anhand von Futtermittelproben zu prüfen, ob ein Stofftransfer vom Boden in das Futtermittel nachweisbar ist.

In enger Zusammenarbeit mit dem LAVES wurden basierend auf den Dioxinfunden landwirtschaftliche Flächen identifiziert, auf denen der Prüfwert der BBodSchV für Dioxine in Höhe von 15 ng TEQ/kg überschritten oder nahezu erreicht wurde und auf denen Futtermittel produziert werden. Im Sommer 2024 wurden vom LAVES insgesamt elf Futtermittelproben entnommen und auf Dioxine/Furane, dl-PCB, PCB und Schwermetalle untersucht.

Informationen des LAVES zufolge wurden in keiner Probe Höchstgehaltsüberschreitungen der Futtermittel durch Dioxine festgestellt, was darauf hindeutet, dass durch die erhöhten Dioxingehalte in den Böden der Okeraue aktuell keine flächenhaften Höchstgehaltsüberschreitungen im Futtermittel zu besorgen sind. Bei der Übertragung dieser Erkenntnis auf Böden mit ähnlichen Eigenschaften hinsichtlich PCDD/F-Gehalt, Bodenart und Humusgehalt ist Vorsicht geboten, da die Bewirtschaftung der Böden in der Okeraue in der Regel bereits an die teils massiven Schwermetallbelastungen angepasst erfolgt. Dennoch wurden an fünf der o.g. Proben Überschreitungen des Höchstgehaltes für Cadmium ermittelt. Die Ergebnisse wurden den Flächenbewirtschaftern mitgeteilt.

In keiner der elf entnommenen Futtermittelproben wurde eine Höchstgehaltsüberschreitung durch Dioxine nachgewiesen. Gleichwohl wurden an fünf Proben die Höchstgehalte für Cadmium überschritten.

⁵ Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

⁶ Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit.

3 Zusammenfassung

Insgesamt wurden in den Jahren 2023 und 2024 im Bereich der Okeraue 71 Standorte, davon drei zusätzlich mithilfe einer Profilgrube, beprobt, und 150 Bodenproben entnommen, wovon 101 Proben auf Dioxine, dl-PCB und PCB und 128 Proben auf Schwermetalle analysiert wurden.

An 20 Standorten wurden Überschreitungen des Prüfwertes für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze auf Grünlandflächen im Hinblick auf die Pflanzenqualität für Dioxine (BBodSchV, Anl. 2, Tab. 7) ermittelt.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass durch die Untersuchungen ein solider Datensatz zur Beurteilung der flächenhaften Dioxinbelastung der Okeraue zur Verfügung steht. Wie sich aus der Grafik in Abb. 5 ableiten lässt, ist damit eine Unterteilung in vier Gebiete unterschiedlicher Belastungswahrscheinlichkeiten möglich.

Im Verlauf der Oker wurden mit Oker-Harlingerode bis Vienenburg und Ölper bis Watenbüttel zwei Bereiche mit deutlich erhöhten Dioxingehalten (>15 ng TEQ/kg bzw. >25 ng TEQ/kg) identifiziert. Außerhalb dieser beiden größeren Gebiete fanden sich überwiegend Dioxingehalte zwischen 5 und 15 ng TEQ/kg, wobei auch hier an einzelnen Standorten eine Überschreitung des Prüfwertes von 15 ng TEQ/kg ermittelt werden konnte (Wolfenbüttel, Didderse, Hillerse; siehe Abschnitt 2.1).

Durch ergänzende Untersuchungen hinsichtlich der auffälligen Korrelation der Gehalte von Dioxinen und Cadmium konnte aufgezeigt werden, dass bei Cadmiumgehalten ab 50 mg/kg eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung des Prüfwertes für Dioxine gegeben ist (siehe Abschnitt 2.2).

Ein Einfluss der Oker-Nebenflüsse (siehe Abschnitt 2.3) auf die Stoffgehalte in der Okeraue konnte nicht nachgewiesen werden, kann aber für die Abzucht und Ilse nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Der Röseckenbach spielt, wie die in der Vergangenheit ermittelten erheblichen Dioxingehalte im Sediment belegen, eine bedeutsame Rolle für den Stoffeintrag und die Stoffverlagerung von Dioxinen in die Oker und Okeraue. Über den Röseckenbach wurden in der Vergangenheit Oberflächenwässer von den angrenzenden Hüttenarealen in die Oker geleitet.

Der Frage nach der Tiefe der Dioxinbelastung wurde durch die Beprobung und bodenkundliche Kartierung von drei Standorten nachgegangen (siehe Abschnitt 2.4). Die Probenahme und Profilansprache erfolgte hier jeweils in angelegten Profilgruben. Dioxine wurden bis in Tiefen von knapp 50 cm ermittelt. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Dioxinbelastung je nach Standort und Lage in noch größere Tiefen reicht. Am Standort 302 wurden in der Tiefe von 50 bis 88 cm anthropogene Bestandteile, die an eine sog. „Bürgermeisterdeponie“ erinnern, entdeckt. Dieser Horizont wurde mit 15 cm Bodenmaterial abgedeckt. In der Folge wurden auf der Abdeckung ca. 35 cm Bodenmaterial durch Überschwemmungsereignisse abgelagert. Die höchsten Dioxingehalte wurden in der Tiefe von 30 bis 35 cm unter GOK (siehe Abb. 25) analysiert.

Die Variabilität der Stoffgehalte wurde auf einer Fläche östlich von Dorstadt durch die Beprobung von sechs Standorten untersucht (siehe Abschnitt 2.5). Es wurden innerhalb dieser Fläche Stoffgehalte im Oberboden ermittelt, die um den Faktor drei schwanken. Dies ist kein ungewöhnliches Ergebnis für dynamische Auenbereiche, die überwiegend der Sedimentation und teilweise der Erosion unterliegen.

Die Homologenmuster der Dioxine von Bodenuntersuchungen des LBEG und des LK Goslar sowie der Sedimentuntersuchungen aus der Oker im Bereich von Oker-Harlingerode zeigen eine vergleichbare Struktur (vgl. Abschnitt 2.6.). Das Muster der Sedimente aus dem Röseckenbach weicht hiervon ab.

Dioxine in der Okeraue

Eine Erklärung kann sein, dass neben dem Zufluss von Dioxinen über den Röseckenbach weitere Dioxine durch Industriebetriebe über den Luftpfad auf den Böden abgelagert wurden. Insgesamt hat sich so das typische Homologenmuster durch Sedimenttransport und Ablagerungen in der Aue über den gesamten Flussverlauf gebildet.

Aktuell werden im Raum Oker-Harlingerode nur noch sehr geringe Mengen an Dioxinen über die Luft emittiert (UCL 2020). Von einer weiteren Umlagerung, Erosion und Akkumulation von schadstoffhaltigen Sedimenten in der Okeraue muss jedoch ausgegangen werden.

Die Ergebnisse der ebenfalls untersuchten dl-PCB und PCB zeigen das gleiche Muster und die gleiche Verteilung im Okerverlauf (siehe Abschnitt 2.7) wie die Dioxine.

Die durch das LAVES entnommenen und analysierten Futtermittelproben von Standorten, die im Rahmen dieses Projekts deutlich erhöhte Dioxingehalte im Boden aufwiesen, haben für Dioxine und dl-PCB keine Überschreitung der Höchstgehalte ergeben. Somit besteht nach derzeitigem Kenntnisstand keine großflächige Gefährdung für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze für Dioxine in der Okeraue. Vorauszusetzen ist hierbei, dass die gute landwirtschaftliche Praxis in Form einer Beachtung der entsprechenden Anbauempfehlungen der LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2023) ausgeführt wird.

Für Cadmium hingegen wurde an fünf der elf Proben der futtermittelrechtliche Höchstgehalt im Aufwuchs überschritten, was die Schwermetallproblematik für die landwirtschaftliche Nutzung der Okerauen erneut aufzeigt.

4 Literatur

BBodSchG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 25. Februar 2021 (BGBl. I S. 306) geändert worden ist.

BBodSchV (2021): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 9. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598, 2716).

B/L AG DIOXINE (1992): Bericht der Bund-/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE. Bundesumweltministerium: Umweltpolitik – Bonn.

Eggers, B. (2004): Verteilung und Bindungsverhalten ausgewählter Schwermetalle in Auenböden der Oker und Ecker (Harzvorland), Braunschweiger geowiss. Arbeiten., Heft 27.

Kues, J. W., Benne, I., Eberlein, K., Hammerschmidt, U., Hindel, R. & Schneider, J. (1994): Bodenuntersuchungsprogramm Talauen des Harzes, Teil I. – Projektbericht im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Archivnr. **114296**; Hannover (NLfB).

Kues, J. W., Gäbler, H.-E., Hammerschmidt, U., Hindel, R. & Schneider, J. (1995): Bodenuntersuchungsprogramm Talauen des Harzes, Teil II. – Projektbericht im Auftrag des Niedersächsischen Umweltministeriums, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Archivnr. **113677**; Hannover (NLfB).

LAU - Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2012): 2. Dioxinbericht.

NIBIS® KARTENSERVER (2023): Niedersächsisches Bodeninformationssystem (NIBIS®). Kartenwerke: Geologische Karte 1:50.000, Bodenkarte von Niedersachsen 1:50.000, Karte der Bodenschätzung 1:5.000, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG); Hannover. <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1yR3RgSN>.

Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2023): Anbauempfehlungen für arsen- und schwermetallbelastete Böden zur Gewährleistung der Lebensmittel- und Futtermittelqualität. Stand: September 2023. <<https://www.lwk-niedersachsen.de/services/download.cfm?file=40874>>

Schneider, J. & Severin, K. (2013): Hinweise zur Entnahme und zur Beurteilung von Bodenproben im Kontext von Bodenbelastungsuntersuchungen zu Dioxinen (PCDD/F) und dioxinähnlichen PCB (dl-PCB). – Geofakten 17: 2. Aufl., 7 S., 5 Abb., 3 Tab.; Hannover (LBEG) [DOI 10.48476/geofakt_17_2_2013]

UBA - Umweltbundesamt (2014): Dioxine und dioxinähnliche PCB in Umwelt und Nahrungsketten.

UCL - UCL Umwelt Control Labor GmbH (2020): PCDD-, PCDF-, und dl- PCB Messungen in Oker und Harlingerode – Abschlußbericht. <https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/159804/Abschlussbericht_Oker-Harlingerode.pdf>

KÖSTER, W. & D. MERKEL (1985): Schwermetalluntersuchungen landwirtschaftlich genutzter Böden und Pflanzen in Niedersachsen, Landwirtschaftskammer Hannover, Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Hameln, S.1 – 175

5 ANHANG: Zusammenstellung der Laborergebnisse

Die folgende Zusammenstellung stellt eine Zusammenfassung der relevanten Laborergebnisse der einzelnen Bodenproben dar. Bei Bedarf können die Originalbefunde zur Verfügung gestellt werden. Sie enthalten weitere Inhalte zu Methoden, Verfahren, Bestimmungsgrenzen und Messunsicherheiten.

Standort / Probenahmetiefe		0 / 0-10 cm	1 / 0-10 cm	2.1 / 0-10 cm	4 / 0-10 cm	5 / 0-10 cm
Probenahmedatum		04.07.2023	04.07.2023	04.07.2023	04.07.2023	05.07.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	3,69	4,56	46,3	21,9	12,9
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	1,66	4,48	48,4	7,44	2,18
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	0,236	0,505	0,045	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	0,236	0,406	0,045	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	6,4	36	160	70	61
Arsen (As)	mg/kg	15	29	330	150	140
Blei (Pb)	mg/kg	440	370	8.500	5.100	3.400
Cadmium (Cd)	mg/kg	3,2	7,2	130	22	2,7
Chrom (Cr)	mg/kg	24	27	46	38	34
Kupfer (Cu)	mg/kg	130	260	1.000	650	580
Nickel (Ni)	mg/kg	26	34	83	76	44
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,34	1,18	71	6,83	2,52
Thallium (Tl)	mg/kg	0,48	1,6	22	4,6	4,4
Zink (Zn)	mg/kg	1.000	1.900	7.800	4.500	1.300
pH-Wert		6,9	6,3	5,9	6,4	4,4
TOC	Gew%	4	9,8	13	8	9,3

Standort / Probenahmetiefe		6 / 0-10 cm	7.1 / 0-10 cm	8.1 / 0-10 cm	8.2 / 10-30 cm	9 / 0-10 cm
Probenahmedatum		05.07.2023	05.07.2023	05.07.2023	05.07.2023	05.07.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	5,86	18,1	23,5	33,3	11,7
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	3,9	8,19	11,6	14,8	2,56
Summe PCB7	mg/kg	0,013	0,048	0,136	0,22	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	0,013	0,048	0,118	0,192	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	50	44	56	82	17
Arsen (As)	mg/kg	96	170	230	380	24
Blei (Pb)	mg/kg	3.300	3.200	4.000	5.800	1.300
Cadmium (Cd)	mg/kg	17	39	65	89	23
Chrom (Cr)	mg/kg	47	64	50	61	29
Kupfer (Cu)	mg/kg	500	590	600	880	170
Nickel (Ni)	mg/kg	61	82	75	85	34
Quecksilber (Hg)	mg/kg	1,74	7,72	25	36	0,87
Thallium (Tl)	mg/kg	4	6,7	11	15	2,2
Zink (Zn)	mg/kg	3.500	4.300	4.300	5.200	2.400
pH-Wert		7,4	7	7	7,1	5,8
TOC	Gew%	6,2	7,6	5,8	4,3	7,8

Standort / Probenahmetiefe		10.1 / 0-10 cm	11.1 / 0-10 cm	12.1 / 0-10 cm	13.1 / 0-10 cm	14.1 / 0-10 cm
Probenahmedatum		06.07.2023	06.07.2023	07.07.2023	06.07.2023	06.07.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	3,22	15	13,8	8,01	5,18
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	0,985	4,87	4,46	2,33	1,14
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	n. b.	0,046	n. b.	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	n. b.	0,046	n. b.	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	39	18	18	18	27
Arsen (As)	mg/kg	110	67	81	59	70
Blei (Pb)	mg/kg	3.600	2.100	1.400	1.600	2.600
Cadmium (Cd)	mg/kg	5,9	17	33	22	17
Chrom (Cr)	mg/kg	36	50	47	35	40
Kupfer (Cu)	mg/kg	510	280	270	260	450
Nickel (Ni)	mg/kg	29	58	49	40	43
Quecksilber (Hg)	mg/kg	2,61	4,83	4,81	<0,05	1,98
Thallium (Tl)	mg/kg	5,8	4,9	4,1	2,9	2,8
Zink (Zn)	mg/kg	1.600	2.800	2.500	2.000	3.100
pH-Wert		6,4	6,8	6,5	7,1	6,8
TOC	Gew%	5,4	9,6	8,1	7,1	5,9

Standort / Probenahmetiefe		15.1 / 0-10 cm	G.1 / 0-10 cm	18.1 / 0-10 cm	18.2 / 10-30 cm	M.1 / 0-10 cm
Probenahmedatum		07.07.2023	07.07.2023	07.07.2023	07.07.2023	07.07.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	3,52	9,54	2,8	3,18	3,14
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	0,652	1,32	0,631	0,664	0,51
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	26	3	18	19	22
Arsen (As)	mg/kg	62	21	52	54	54
Blei (Pb)	mg/kg	2.800	270	1.900	2.100	2.600
Cadmium (Cd)	mg/kg	12	2,8	9,3	10	12
Chrom (Cr)	mg/kg	35	60	29	30	36
Kupfer (Cu)	mg/kg	470	84	330	350	370
Nickel (Ni)	mg/kg	37	34	29	29	33
Quecksilber (Hg)	mg/kg	1,36	0,24	1,78	1,62	1,37
Thallium (Tl)	mg/kg	1,8	0,91	2,1	2,1	2,5
Zink (Zn)	mg/kg	3.000	770	2.500	2.600	3.000
pH-Wert		7,5	5	7,6	7,7	7,8
TOC	Gew%	4,3	7,6	2	2,1	3,4

Standort / Probenahmetiefe		21.1 / 0-10 cm	21.2 / 10-30 cm	22.1 / 0-10 cm	23.1 / 10-30 cm	23.2 / 10-30 cm
Probenahmedatum		17.07.2023	17.07.2023	17.07.2023	17.07.2023	17.07.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	12,3	1,8	13,5	4,62	3,54
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	1,75	-/-	1,96	0,752	0,534
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	24	36	9,2	19	21
Arsen (As)	mg/kg	81	82	56	52	54
Blei (Pb)	mg/kg	2.800	3.900	1.200	2.100	2.500
Cadmium (Cd)	mg/kg	22	13	14	17	14
Chrom (Cr)	mg/kg	40	41	49	32	36
Kupfer (Cu)	mg/kg	500	530	240	340	350
Nickel (Ni)	mg/kg	49	45	44	38	40
Quecksilber (Hg)	mg/kg	2,16	1,95	1,36	1,07	1,1
Thallium (Tl)	mg/kg	2,4	2,4	1,7	2,3	2,3
Zink (Zn)	mg/kg	4.200	4.300	1.900	2.800	3.100
pH-Wert		7,6	7,4	5,9	6,1	7,1
TOC	Gew%	6,5	3,1	5,8	3,9	2,2

Standort / Probenahmetiefe		24.1 / 0-10 cm	25.1 / 0-10cm	26.1 / 0-10cm	27.1 / 0-10cm	28.1 / 0-10cm
Probenahmedatum		17.07.2023	15.08.2023	15.08.2023	17.08.2023	15.08.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	5,2	29,4	12,9	6,46	31
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	0,661	4,38	1,78	0,022	7,24
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,12
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,12
Antimon (Sb)	mg/kg	4,8	11	9,6	4	8,1
Arsen (As)	mg/kg	20	43	48	21	46
Blei (Pb)	mg/kg	660	1.400	1.100	450	830
Cadmium (Cd)	mg/kg	4,7	40	42	20	130
Chrom (Cr)	mg/kg	37	53	44	30	59
Kupfer (Cu)	mg/kg	110	250	280	100	250
Nickel (Ni)	mg/kg	29	42	44	23	59
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,37	2,9	2,22	1,13	6
Thallium (Tl)	mg/kg	0,74	2,8	3	1,5	7,7
Zink (Zn)	mg/kg	1.200	2.700	3.000	1.600	3.800
pH-Wert		7,3	5,4	6,9	6,6	6,8
TOC	Gew%	3,2	8,1	3,2	4,1	7,4

Standort / Probenahmetiefe		29.1 / 0-10cm	30.1 / 0-10cm	31.1 / 0-10cm	32.1 / 0-10cm	33.1 / 0-10cm
Probenahmedatum		15.08.2023	15.08.2023	16.08.2023	16.08.2023	16.08.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	55,7	36,6	2,79	6,18	1,55
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	15,2	9,28	0,753	1,47	0,469
Summe PCB7	mg/kg	0,385	0,151	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	0,368	0,151	n. b.	n. b.	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	15	8,9	<3	5,1	<3
Arsen (As)	mg/kg	76	38	9,7	26	8,8
Blei (Pb)	mg/kg	1.500	980	200	500	120
Cadmium (Cd)	mg/kg	170	99	6,4	9,6	4,1
Chrom (Cr)	mg/kg	110	63	12	48	14
Kupfer (Cu)	mg/kg	470	270	38	92	22
Nickel (Ni)	mg/kg	98	53	9,4	36	9
Quecksilber (Hg)	mg/kg	27,9	8,14	0,49	0,67	0,32
Thallium (Tl)	mg/kg	10	5,7	0,75	1,4	0,5
Zink (Zn)	mg/kg	5.300	3.200	570	1.500	430
pH-Wert		6,4	5,8	5,5	5,5	5,5
TOC	Gew%	10	8,9	2,2	5,2	1,5

Standort / Probenahmetiefe		34.1 / 0-10cm	35.1 / 0-10cm	36.1 / 0-10cm	37.1 / 0-10cm	N.1 / 0-10cm
Probenahmedatum		16.08.2023	16.08.2023	16.08.2023	16.08.2023	17.08.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	19	9,27	0,163	0,41	7,47
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	4,01	2,22	0,00335	-/-	1,09
Summe PCB7	mg/kg	0,084	0,054	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	0,084	0,054	n. b.	n. b.	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	5,2	4,1	<3	<3	19
Arsen (As)	mg/kg	38	29	10	10	43
Blei (Pb)	mg/kg	450	320	100	180	2.100
Cadmium (Cd)	mg/kg	34	33	2,6	2,1	7,6
Chrom (Cr)	mg/kg	46	39	15	22	40
Kupfer (Cu)	mg/kg	130	93	25	37	260
Nickel (Ni)	mg/kg	35	30	11	12	30
Quecksilber (Hg)	mg/kg	3,31	1,74	0,16	0,11	0,81
Thallium (Tl)	mg/kg	3,1	3,3	0,52	0,37	1,8
Zink (Zn)	mg/kg	1.900	1.500	630	820	2.300
pH-Wert		5,6	5,6	5,4	5,6	5,4
TOC	Gew%	5,2	4,3	1,6	1,9	4,7

Standort / Probenahmetiefe		P.1 / 0-10cm	Q.1 / 0-10cm	R.1 / 0-10cm	R.2 / 0-10cm	S / 0-10cm
Probenahmedatum		17.08.2023	17.08.2023	18.08.2023	18.08.2023	
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	4,16	4,49	24,4	30	5,92
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	0,62	0,729	14,6	17,1	1,84
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	n. b.	0,271	0,363	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	n. b.	0,245	0,325	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	5,1	<3	65	81	36
Arsen (As)	mg/kg	33	14	160	300	83
Blei (Pb)	mg/kg	620	96	3.400	4.200	2.800
Cadmium (Cd)	mg/kg	2,9	1,3	38	64	16
Chrom (Cr)	mg/kg	34	36	75	99	56
Kupfer (Cu)	mg/kg	150	73	730	1.100	580
Nickel (Ni)	mg/kg	27	32	110	160	58
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,4	0,26	18	21	2,3
Thallium (Tl)	mg/kg	0,43	0,35	7,9	8,9	3,6
Zink (Zn)	mg/kg	800	230	4.800	6.100	2.900
pH-Wert		6,8	7,1	6	6,8	7,2
TOC	Gew%	3,8	5,2	6,9	4,6	6,5

Standort / Probenahmetiefe		T / 0-10cm	U.1 / 0-10cm	G.2 10-30cm	22.2 10-30cm	25.2 10-30cm
Probenahmedatum		18.08.2023	18.08.2023	07.07.2023	17.07.2023	15.08.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	10	14,7	2,06	2,31	3,4
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	1,58	3,17	0,395	0,378	0,66
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	0,016	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	0,016	n. b.	n. b.	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	25	32	<3	8,3	21
Arsen (As)	mg/kg	53	130	30	58	57
Blei (Pb)	mg/kg	2.300	3.200	280	1.200	2.500
Cadmium (Cd)	mg/kg	2,3	45	2,6	6,9	19
Chrom (Cr)	mg/kg	44	59	57	41	44
Kupfer (Cu)	mg/kg	200	590	77	190	370
Nickel (Ni)	mg/kg	29	70	32	36	41
Quecksilber (Hg)	mg/kg	1,07	7	0,23	0,63	1,34
Thallium (Tl)	mg/kg	2,4	5,7	0,78	0,76	1,9
Zink (Zn)	mg/kg	830	4.400	740	2.100	3.500
pH-Wert		5	6,7	4,9	6,7	6,4
TOC	Gew%	6,7	7,8	4,8	2	2,9

Standort / Probenahmetiefe		26.2 10-30cm	28.2 10-30cm	29.2 10-30cm	30.2 10-30cm	34.2 10-30cm
Probenahmedatum		15.08.2023	15.08.2023	15.08.2023	15.08.2023	16.08.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	9,71	43,9	26,4	16,5	1,85
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	1,69	10,7	5,95	3,68	0,349
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	0,257	0,113	0,058	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	0,257	0,113	0,058	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	10	13	17	14	<3
Arsen (As)	mg/kg	53	110	120	83	22
Blei (Pb)	mg/kg	1.100	1.200	2.000	1.700	250
Cadmium (Cd)	mg/kg	46	190	150	86	9,2
Chrom (Cr)	mg/kg	41	78	78	58	20
Kupfer (Cu)	mg/kg	290	400	620	410	78
Nickel (Ni)	mg/kg	46	76	86	53	18
Quecksilber (Hg)	mg/kg	2,66	14	11	5,4	0,66
Thallium (Tl)	mg/kg	3	14	6,7	4,1	0,6
Zink (Zn)	mg/kg	3.100	5.400	6.400	4.000	1.000
pH-Wert		7,1	6,8	6,8	6,4	6,2
TOC	Gew%	2,5	5	5,3	4,5	1,3

Standort / Probenahmetiefe		35.2 10-30cm	U.2 10-30cm	16 10-30cm	17 10-30cm	20.1 0-10cm
Probenahmedatum		16.08.2023	18.08.2023	30.08.2023	30.08.2023	30.08.2023
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	4,4	6,4	6,31	4,28	6,65
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	1,47	0,641	0,576	0,623	0,974
Summe PCB7	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Summe PCB6	mg/kg	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
Antimon (Sb)	mg/kg	3,1	34	31	28	29
Arsen (As)	mg/kg	30	130	73	76	87
Blei (Pb)	mg/kg	290	3.300	3.200	3.100	3.500
Cadmium (Cd)	mg/kg	25	35	16	19	19
Chrom (Cr)	mg/kg	24	50	38	36	48
Kupfer (Cu)	mg/kg	86	700	680	510	530
Nickel (Ni)	mg/kg	23	70	44	41	47
Quecksilber (Hg)	mg/kg	1,32	3,66	1,71	1,85	2,13
Thallium (Tl)	mg/kg	2	3,9	1,8	2,4	3,2
Zink (Zn)	mg/kg	1.100	4.700	4.100	3.600	4.300
pH-Wert		5,8	7,1	7,7	7,7	7,6
TOC	Gew%	1,9	3,5	3	2,6	5,3

Standort / Probenahmetiefe		101/1 0-10 cm	101/2 10-30 cm	102/1 0-10 cm	102/2 10-30 cm	103/1 0-10 cm
Probenahmedatum		29.07.2024	29.07.2024	29.07.2024	29.07.2024	29.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	13		9,59		12,8
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	2,19		2,5		3,31
Summe PCB7	mg/kg	<0,010		<0,010		<0,010
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	9	12	4	4	8
Arsen (As)	mg/kg	54,7	75,5	28,6	30,4	44,7
Blei (Pb)	mg/kg	1360	1600	501	416	1180
Cadmium (Cd)	mg/kg	52,9	81,2	33,9	31,8	52,5
Chrom (Cr)	mg/kg	39,4	54,5	35,6	35,8	43,7
Kupfer (Cu)	mg/kg	356	413	119	109	242
Nickel (Ni)	mg/kg	45	55,1	29,4	29,9	38,8
Quecksilber (Hg)	mg/kg	2,8	4,2	2	3,2	2,6
Thallium (Tl)	mg/kg	2,5	4,4	2	2,2	3,8
Zink (Zn)	mg/kg	3500	4470	1430	1190	3160
pH-Wert		7,4	7,9	7	7,6	6,4
TOC	Gew%	4,48	2,74	3,92	1,97	5,16

Standort / Probenahmetiefe		103/2 10-30 cm	104/1 0-10 cm	104/2 10-30 cm	105/1 0-10 cm	105/2 10-30 cm
Probenahmedatum		29.07.2024	29.07.2024	29.07.2024	29.07.2024	29.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg		11		10,8	
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg		2,27		3,04	
Summe PCB7	mg/kg		<0,010		<0,010	
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	9	10	10	6	8
Arsen (As)	mg/kg	43,2	57,2	56	38,1	46,9
Blei (Pb)	mg/kg	1460	1580	1440	986	1100
Cadmium (Cd)	mg/kg	34,1	76,9	72,3	41,4	53,7
Chrom (Cr)	mg/kg	48,4	38,3	34,6	37,1	41,4
Kupfer (Cu)	mg/kg	277	313	293	211	245
Nickel (Ni)	mg/kg	38,7	43,5	39,1	37,7	41,3
Quecksilber (Hg)	mg/kg	1,7	4,6	4,6	2,1	3,3
Thallium (Tl)	mg/kg	2,6	3,3	3,4	3	3,8
Zink (Zn)	mg/kg	3410	3750	3350	2780	3220
pH-Wert		7,9	6,9	7,6	6,6	7
TOC	Gew%	2,41	5,09	2,72	4,05	2,49

Standort / Probenahmetiefe		106/1 0-10 cm	106/2 10-30 cm	107/1 0-10 cm	107/2 10-30 cm	109/1 0-10 cm
Probenahmedatum		31.07.2024	31.07.2024	31.07.2024	31.07.2024	01.08.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	21,5		10,9		43,8
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	4,53		2,27		13,2
Summe PCB7	mg/kg	0,031		<0,010		<0,010
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	8	11	12	16	10
Arsen (As)	mg/kg	63,1	97,4	50,8	75,7	88,3
Blei (Pb)	mg/kg	1290	1620	2060	2880	1460
Cadmium (Cd)	mg/kg	95,1	164	50,1	71,4	149
Chrom (Cr)	mg/kg	39	49,6	50,1	53,1	75,7
Kupfer (Cu)	mg/kg	347	486	336	494	412
Nickel (Ni)	mg/kg	45,1	61,4	43	57,2	72,7
Quecksilber (Hg)	mg/kg	6,5	7,8	2,6	4,2	9,5
Thallium (Tl)	mg/kg	5,5	7	4	4	8,6
Zink (Zn)	mg/kg	3670	5230	3860	5830	5290
pH-Wert		6,7	6,8	5,7	6,3	6,3
TOC	Gew%	5,69	3,15	7,34	4,4	9,4

Standort / Probenahmetiefe		109/2 10-30 cm	110/1 0-10 cm	110/2 10-30 cm	111/1 0-10 cm	111/2 10-30 cm
Probenahmedatum		01.08.2024	01.08.2024	01.08.2024	31.07.2024	31.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg		34,6		15,8	
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg		9,64		6,05	
Summe PCB7	mg/kg		0,093		0,055	
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	13	11	10	6	10
Arsen (As)	mg/kg	110	73,6	84,8	40,2	72,9
Blei (Pb)	mg/kg	2550	1480	1500	904	1430
Cadmium (Cd)	mg/kg	88,8	95,2	81,3	66,9	119
Chrom (Cr)	mg/kg	55	73,2	60,6	40,2	80,4
Kupfer (Cu)	mg/kg	518	377	489	205	384
Nickel (Ni)	mg/kg	52,5	71,6	66,3	41,2	59
Quecksilber (Hg)	mg/kg	5,2	11	11	4,8	9
Thallium (Tl)	mg/kg	5,1	7,4	6,4	4	7,1
Zink (Zn)	mg/kg	4820	4900	5380	2710	4250
pH-Wert		6,4	6,6	7,2	6,7	7
TOC	Gew%	5,23	6,6	4,44	4,85	3,68

Standort / Probenahmetiefe		112/1 0-10 cm	112/2 10-30 cm	113/1 0-10 cm	113/2 10-30 cm	114/1 0-10 cm
Probenahmedatum		01.08.2024	01.08.2024	02.08.2024	02.08.2024	02.08.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	15,5		23,7		4,9
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	5,07		7,75		3,04
Summe PCB7	mg/kg	0,033		0,07		0,014
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	7	9	8	9	<2,00
Arsen (As)	mg/kg	47,6	57,3	66,3	79,3	14,1
Blei (Pb)	mg/kg	1080	1510	1030	1450	215
Cadmium (Cd)	mg/kg	57,4	43,8	137	150	10,5
Chrom (Cr)	mg/kg	54,1	42,5	58,6	53,5	20,1
Kupfer (Cu)	mg/kg	261	430	285	330	38,7
Nickel (Ni)	mg/kg	45,1	44	57	51,5	16
Quecksilber (Hg)	mg/kg	4,2	3,1	7	7,6	0,7
Thallium (Tl)	mg/kg	4,6	2,3	9,3	7,6	1,1
Zink (Zn)	mg/kg	3390	4240	4480	4990	675
pH-Wert		6,7	7,2	6,1	6,7	5,6
TOC	Gew%	6,01	3,27	6,88	3,96	3,78

Standort / Probenahmetiefe		115/1 0-10 cm	116/1 0-10 cm	116/2 10-30 cm	117/1 0-10 cm	117/2 10-30 cm
Probenahmedatum		02.08.2024	01.08.2024	01.08.2024	02.08.2024	02.08.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	11,2	37,7		9,73	
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	3,91	14,2		3,98	
Summe PCB7	mg/kg	0,028	0,14		<0,010	
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	3	9	10	4	5
Arsen (As)	mg/kg	23,8	55,2	72,8	27,1	34,5
Blei (Pb)	mg/kg	326	1450	1630	704	814
Cadmium (Cd)	mg/kg	17,8	144	130	23,6	22,3
Chrom (Cr)	mg/kg	32,5	77,2	53,6	30,4	26,4
Kupfer (Cu)	mg/kg	74,3	404	451	155	221
Nickel (Ni)	mg/kg	27,2	70,4	54,8	26,6	27
Quecksilber (Hg)	mg/kg	1,2	11	6,9	1,8	1,9
Thallium (Tl)	mg/kg	2,2	6,8	4,5	2,2	1,5
Zink (Zn)	mg/kg	1220	4730	5020	2060	2430
pH-Wert		5,9	6,7	6,8	6,1	7,1
TOC	Gew%	4,27	7,5	3,95	4,08	1,89

Standort / Probenahmetiefe		200/1 0-10 cm	200/2 10-30 cm	201/1 0-10 cm	201/2 10-30 cm	202/1 0-10 cm
Probenahmedatum		30.07.2024	30.07.2024	30.07.2024	30.07.2024	29.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	9,39		8,32		
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	6,44		39,5		
Summe PCB7	mg/kg	0,026		0,063		
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	35,6	82,2	30,4	135	<2,00
Arsen (As)	mg/kg	83,5	238	63	436	7
Blei (Pb)	mg/kg	2970	5190	2360	9340	42
Cadmium (Cd)	mg/kg	14,1	49,9	23,4	118	0,72
Chrom (Cr)	mg/kg	44	101	32,3	41,6	22,3
Kupfer (Cu)	mg/kg	478	1010	522	1110	16
Nickel (Ni)	mg/kg	58,1	143	46,2	72,2	15
Quecksilber (Hg)	mg/kg	3,3	<0,066	4,2	65	0,09
Thallium (Tl)	mg/kg	3,3	8,8	3,2	20	0,21
Zink (Zn)	mg/kg	3060	7280	3820	11000	124
pH-Wert		6,5	7,1	6,5	6,4	7,2
TOC	Gew%	4,77	5,87	5,59	7,92	3,85

Standort / Probenahmetiefe	Einheit	202/2 10-30 cm	204/1 0-10 cm	204/2 10-30 cm	300/1 0-8 cm	300/2 8-31 cm
Probenahmedatum		29.07.2024	29.07.2024	29.07.2024	30.07.2024	30.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg				6,62	17,7
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg				6,54	7,53
Summe PCB7	mg/kg				0,21	0,081
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	<2,00	<2,00	<2,00	54,5	47,2
Arsen (As)	mg/kg	7	13	13,1	102	239
Blei (Pb)	mg/kg	39	74,1	65,6	4570	3640
Cadmium (Cd)	mg/kg	0,6	1,15	0,8	22,2	52,5
Chrom (Cr)	mg/kg	24,7	33,5	24,9	56,9	58,9
Kupfer (Cu)	mg/kg	14	30	19	599	964
Nickel (Ni)	mg/kg	16	23,4	18	89,4	124
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,1	0,21	0,16	6,4	9,3
Thallium (Tl)	mg/kg	0,27	0,35	0,28	4,2	6,9
Zink (Zn)	mg/kg	95,4	245	140	4820	5020
pH-Wert		7,3	7,3	7,5	6,2	7,6
TOC	Gew%	2,07	9,34	4,81	1,86	4,34

Standort / Probenahmetiefe		300/3 31-48 cm	300/4 48-61 cm	300/5 61-66 cm	301/1 0-10 cm	301/2 10-20 cm
Probenahmedatum		30.07.2024	30.07.2024	30.07.2024	31.07.2024	31.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	9,5			24,2	27,2
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	2,68			14	15,2
Summe PCB7	mg/kg	0,079			0,097	0,18
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	81,7	64,9	<2,00	51	81,7
Arsen (As)	mg/kg	379	368	7	225	368
Blei (Pb)	mg/kg	6570	6130	43	4750	6560
Cadmium (Cd)	mg/kg	89,1	89,7	0,36	66,5	136
Chrom (Cr)	mg/kg	49	46,3	28,9	52,8	82,8
Kupfer (Cu)	mg/kg	1370	918	13	825	994
Nickel (Ni)	mg/kg	121	62,9	22,5	78,1	95,4
Quecksilber (Hg)	mg/kg	9,4	<0,066	0,14	<0,066	52
Thallium (Tl)	mg/kg	16	14	0,2	10	16
Zink (Zn)	mg/kg	6560	10300	53,3	5490	8290
pH-Wert		6,8	7	6,6	7	7,4
TOC	Gew%	4,02	2,32	9,03	5,84	4,15

Standort / Probenahmetiefe		301/3 20-30 cm	301/4 32-38 cm	301/5 40-55 cm	302/1 0-5 cm	302/2 5-10 cm
Probenahmedatum		31.07.2024	31.07.2024	31.07.2024	01.08.2024	01.08.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	34,8			21,2	21,5
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	16,8			9,09	8,26
Summe PCB7	mg/kg	0,13			0,071	0,073
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	74,2	22,8	40,1	7	6
Arsen (As)	mg/kg	359	166	199	43	38,7
Blei (Pb)	mg/kg	7520	2360	3890	903	741
Cadmium (Cd)	mg/kg	76,7	21,4	25,9	112	109
Chrom (Cr)	mg/kg	46,6	28,4	40,8	52,5	50,2
Kupfer (Cu)	mg/kg	699	388	727	257	216
Nickel (Ni)	mg/kg	65,3	44,7	59	53,9	51,7
Quecksilber (Hg)	mg/kg	46	7,8	<0,066	6	43
Thallium (Tl)	mg/kg	14	5,6	11	7,4	6,9
Zink (Zn)	mg/kg	4810	3090	3570	3970	3490
pH-Wert		6,8	7,5	6,7	6,7	6,4
TOC	Gew%	2,66	0,72	1,68	9,74	7,61

Standort / Probenahmetiefe		302/3 10-15 cm	302/4 15-20 cm	302/5 20-25 cm	302/6 25-30 cm	302/7 30-35 cm
Probenahmedatum		01.08.2024	01.08.2024	01.08.2024	01.08.2024	01.08.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	26,9	40,5	35,5	30	48,3
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	10,2	12,6	11,1	11,3	17,5
Summe PCB7	mg/kg	0,082	0,22	0,17	0,18	0,28
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	8	12	11	11	15
Arsen (As)	mg/kg	50,8	95,8	93,5	102	133
Blei (Pb)	mg/kg	1160	1590	1480	1590	1770
Cadmium (Cd)	mg/kg	137	141	136	179	308
Chrom (Cr)	mg/kg	68,8	83,3	77,5	70	95,4
Kupfer (Cu)	mg/kg	314	501	506	543	536
Nickel (Ni)	mg/kg	71,3	78,8	78,1	81,8	88,4
Quecksilber (Hg)	mg/kg	7	14	12	12	<0,066
Thallium (Tl)	mg/kg	8,3	12	12	11	19
Zink (Zn)	mg/kg	5050	6000	6040	6530	7760
pH-Wert		6,6	6,8	7,1	7,1	6,8
TOC	Gew%	5,11	4,59	4,14	4,61	5,05

Standort / Probenahmetiefe		302/8 35-50 cm	302/9 55-80 cm	400/1 0-10 cm	400/2 10-30 cm	401/1 0-10 cm
Probenahmedatum		01.08.2024	01.08.2024	16.07.2024	16.07.2024	16.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg			10,7	4,52	6,34
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg			1,43	0,0192	1,44
Summe PCB7	mg/kg			<0,010	<0,010	<0,010
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	11	7	20	27,9	17
Arsen (As)	mg/kg	103	40,1	74	92,2	64,6
Blei (Pb)	mg/kg	1360	1170	2930	3720	2510
Cadmium (Cd)	mg/kg	252	34,1	28,4	29,6	19,8
Chrom (Cr)	mg/kg	70	29,1	33,6	53,3	35
Kupfer (Cu)	mg/kg	409	264	631	751	367
Nickel (Ni)	mg/kg	60,2	33,1	41,5	49,2	37,8
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,09	1,6	1,9	2,3	1,6
Thallium (Tl)	mg/kg	21	2	2,3	3,3	2,2
Zink (Zn)	mg/kg	6750	3920	4750	5640	3740
pH-Wert		6,6	7,1	7,2	7,4	7,1
TOC	Gew%	4,41	2,32	5,78	3,01	5,84

Standort / Probenahmetiefe		401/2 10-30 cm	402/1 0-10 cm	402/2 10-30 cm	403/1 0-10 cm	403/2 10-30 cm
Probenahmedatum		16.07.2024	16.07.2024	16.07.2024	16.07.2024	16.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	6,95	6,27	1,93	8,48	3,69
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	1,14	1,43	n.b.	1,95	0,8
Summe PCB7	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Summe PCB6	mg/kg					
Antimon (Sb)	mg/kg	21,2	6	4	17	21,7
Arsen (As)	mg/kg	94	22,5	19,6	62,6	85,1
Blei (Pb)	mg/kg	3100	877	516	2570	2870
Cadmium (Cd)	mg/kg	24,9	8,97	8,26	26,9	33
Chrom (Cr)	mg/kg	48,9	29,7	32,3	31,2	37,7
Kupfer (Cu)	mg/kg	622	151	105	518	680
Nickel (Ni)	mg/kg	53,6	23,6	25,6	38,4	45,8
Quecksilber (Hg)	mg/kg	1,9	0,66	0,35	1,7	2,2
Thallium (Tl)	mg/kg	2,9	1,2	0,72	2,1	2,9
Zink (Zn)	mg/kg	4930	1620	1440	4410	5290
pH-Wert		7,8	7,3	7,8	7,1	7,6
TOC	Gew%	4,06	6,21	1,38	6,49	2,29

Standort / Probenahmetiefe		404/1 0-10 cm	404/2 10-30 cm	201/3 33-48 cm
Probenahmedatum		16.07.2024	16.07.2024	30.07.2024
PCDD/F (TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	4,72	1,78	
dl-PCB (PCB-TEQ) (WHO 2005) exkl. BG	ng/kg	0,804	n.b.	
Summe PCB7	mg/kg	<0,010	<0,010	
Summe PCB6	mg/kg			
Antimon (Sb)	mg/kg	8	7	224
Arsen (As)	mg/kg	30,7	30	500
Blei (Pb)	mg/kg	1170	1060	13400
Cadmium (Cd)	mg/kg	13,8	12	208
Chrom (Cr)	mg/kg	41,1	31	50,9
Kupfer (Cu)	mg/kg	198	177	1600
Nickel (Ni)	mg/kg	29,3	29,4	92,9
Quecksilber (Hg)	mg/kg	0,85	0,7	130
Thallium (Tl)	mg/kg	1,7	1	20
Zink (Zn)	mg/kg	2640	2570	16500
pH-Wert		7,2	7,8	6,7
TOC	Gew%	5,79	1,75	6,64