

Digitale Bodenbelastungskarten für emittentenferne Gebiete in Ostwestfalen-Lippe (Nordrhein-Westfalen)

Bernd Steinweg und Michael Kerth



Dr. Bernd Steinweg
Dipl.-Geograph; Studium in Hannover und Bochum. Promotion in München über das in-situ-Verhalten von Schadstoffen in Böden, seit 2000 bei der Dr. Kerth+Lampe Geo-Infometric GmbH als Gutachter im Umweltbereich tätig.



Dr. Michael Kerth
Dipl.-Geologe; Studium in Bonn, Southampton (U.K.) und Essen. Promotion über ein umweltgeologisches Thema; seit 1988 als Gutachter im Umweltbereich tätig; Geschäftsführender Gesellschafter der Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH, Detmold.

Zusammenfassung

In den emittentenfern gelegenen Kreisen Lippe und Höxter ist die allgemeine stoffliche Hintergrundbelastung der Böden gering. Dennoch konnten bei der ersten Auswertung bereits existierender Daten lokale Stoffanreicherungen in den Böden festgestellt werden. Zur Abgrenzung dieser im Hinblick auf Schadstoffbelastungen des Bodens lokalen Besonderheiten wurde in den jeweiligen Untersuchungsgebieten eine Naturraumanalyse durchgeführt. Dabei wurden sowohl die naturräumliche Ausstattung als auch anthropogen bedingte Auffälligkeiten im Rahmen von Karten-/Datenauswertungen und einer Literaturstudie erfasst.

Aus dieser Raumanalyse wurden Belastungshypothesen abgeleitet, die im Rahmen von Messnetzplanung, Probenahme und den weiteren Auswertungen gesondert berücksichtigt wurden. So konnten in einem iterativen Prozess Gebiete mit lokalen Schadstoffanreicherungen abgegrenzt werden. Die erarbeiteten digitalen Bodenbelastungskarten stellen nun eine Grundlage für den Vollzug des Bodenschutzrechts dar, wobei sich für die beiden Kreisgebiete kein akuter Handlungsbedarf im Hinblick auf flächenhafte Bodenbelastungen ergibt. Die festgestellten Belastungsschwerpunkte sollten jedoch insbesondere im Hinblick auf Bodenumlagerungen eine besondere Aufmerksamkeit erfahren.

◆ **Schlüsselwörter:** Bodenbelastungskarte, Schwermetalle, PAK, Dioxine, Furane, Naturraumanalyse, Belastungshypothese, Ferndeposition, Hintergrundbelastung.

Summary

Background concentrations of contaminants in soils in the districts of Lippe and Höxter, which are situated far away from large-scale emission sources, are low. Nevertheless, an initial analysis of existing data made it clear that local accumulations of contaminants do exist. In order to identify these accumulations an open space analysis was carried out using information from literature on local geology, geography and (mining) history.

This analysis allowed contamination hypotheses to be derived. These hypotheses were taken into account in planning and carrying out the field sampling and the final data analysis. Through this procedure areas with local accumulations of soil contaminants were delimited. The digital soil contamination maps produced by this method provide a basis for future application of the German soil law. However, with respect to contamination levels in the areas with contaminant accumulations, no need for urgent action arises, although transference of soil from these areas has to be looked at with special attention.

◆ **Keywords:** soil contamination map, heavy metals, PAH, dioxine, furane, contamination hypothesis, open space analysis, long distance deposition, background-contamination

1. Einleitung

Mit Einführung der neuen rechtlichen Grundlagen für den Bodenschutz in Form des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG, 1998) und der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) ergeben sich insbesondere auf kommunaler Ebene neue Vollzugsaufgaben. Nach dem nordrhein-westfälischen Landesbodenschutzgesetz (LbodSchG NW, 2000) erfassen die zuständigen Behörden „... nach pflichtgemäßem Ermessen schädliche Bodenveränderungen und Verdachtsflächen.“ (§ 5, Abs. 1). Dafür können „... für die Gebiete der Gemeinden und Gemeindeverbände Bodenbelastungskarten erstellt werden.“ (§ 5, Abs. 2). Bisher wurden bzw. werden digitale Bodenbelastungskarten im Außenbereich in etwa 40 Kreisen und Städten (ca. 42 % der Landesfläche) Nordrhein-Westfalens erstellt.

Das Ziel der digitalen Bodenbelastungskarten im Außenbereich ist die Darstellung der flächenhaften Verbreitung von persistenten Schadstoffen in A-Horizonten der naturnahen Böden unter Acker, Grünland und Wald. Dabei werden Daten aus punktbezogenen Untersuchungen in die Fläche interpoliert. Hierfür sind Informationen über verschiedene Belastungsursachen erforderlich, da für die Interpolation eine permanente und stetige Werteoberfläche erforderlich ist, die letztendlich nur für den reinen Immissionseinfluss anzunehmen ist. Eine solche Werteoberfläche kann nur erzeugt werden, wenn Informationen über den Einfluss der Bodenausgangssubstrate, den Einfluss der Bodennutzung sowie ggf. über einen Überschwemmungseinfluss bekannt sind und „herausgerechnet“ werden können. Zur Erzeugung der Karten werden alle erforderlichen Informationen digital in ein Geographisches Informationssystem (GIS) eingestellt. Aufgrund der Genauigkeit der verwendeten Datengrundlagen beträgt der Maßstab der Karten 1 : 50.000 und gibt damit auch die Grenzen seiner Anwendbarkeit vor. Im Ergebnis erlauben digitale Bodenbelastungskarten dann auf der entsprechenden Maßstabsebene die Identifikation bzw. den Ausschluss flächenhafter Bodenbelastungen.

Die Kreise Lippe und Höxter in Ostwestfalen gehören mit 1246 bzw. 1200 km² zu den flächengrößten Kreisen in Nordrhein-Westfalen. Größtenteils ländlich geprägt liegt ihr Anteil an landwirtschaftlichen Flächen (56 %) ebenso wie ihr Anteil an Waldflächen (28 %) um jeweils ca. 4 % über dem NRW-Landesdurchschnitt. Hervorzuheben ist die große naturräumliche Vielfalt in beiden Kreisen mit z. T. sehr kleinräumigen Wechseln von Relief, Ausgangsgestein, Vegetation und Bodentypen. Außerhalb des Nah-Einflussbereiches vorrangiger Belastungsursachen gehören beide Untersuchungsräume zu den Gebieten mit einer überwiegend geringen Belastungssituation (= Gebietskategorie III). Allerdings bilden die Gebirgskämme von Teutoburger Wald und Eggegebirge mit Höhen bis > 400 m NN eine erste größere Barriere im Windabstrombereich des Rhein-/Ruhrgebietes.

Belastungshypothese	Überprüfung im Rahmen der BBK-Bearbeitung
1. Kleinräumiger Wechsel der Stoffgehalte in Böden der Naturräume Teutoburger Wald und Eggegebirge, dabei verstärkte Schadstoffdepositionen in den Höhen- und Kammlagen der Gebirgskämme	Beprobung in Abständen von wenigen 100 m entlang von vier Transekten (Linie, die senkrecht zum Ausstreichen der geologischen Schichten bzw. der Hauptkämme verläuft) im Teutoburger Wald und Eggegebirge
2. Erhöhte geogene Stoffbelastungen auf Böden des Oberen Muschelkalkes (Trias) und tertiärer Vulkanite	Räumliche Abgrenzung und gezielte Beprobung dieser Gebiete unter Hinzuziehung der Geologischen Karten 1 : 25.000 sowie Tektonischer Karten
3. Überschwemmungsbedingt erhöhte Stoffgehalte in historischen / rezenten Auenbereichen größerer Vorfluter	Abgrenzung, Beprobung und Analytik unter besonderer Berücksichtigung potenziell eingetragener Schadstoffparameter

Tabelle 1:
Aus der Raumanalyse abgeleitete Belastungshypothesen für das Untersuchungsgebiet und Strategien zur Überprüfung dieser Hypothesen im Rahmen der BBK-Bearbeitung.

2. Methodisches Vorgehen und Besonderheiten

Das allgemeine methodische Vorgehen zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten im Außenbereich ist in dem vom LUA NRW herausgegeben Leitfaden dokumentiert [1]. Die Berechnung der Ergebniskarten erfolgt mittels eines standardisierten Interpolationsverfahrens in hierfür entwickelten Softwaretools, die ebenfalls vom LUA NRW zur Verfügung gestellt werden.

Über das allgemein beschriebene Vorgehen hinaus wurde hier eine Raumanalyse zur Erfassung der regionalen/lokalen Besonderheiten in den jeweiligen Untersuchungsgebieten durchgeführt. Hierbei wurden im Hinblick auf Schadstoffbelastungen des Bodens sowohl die naturräumliche Ausstattung einschließlich geologisch-lagerstättenkundlicher Informationen als auch anthropogen verursachte Besonderheiten im Rahmen von Datenauswertungen und einer Literaturrecherche erfasst [2, 3, 4].

Im Ergebnis dieser durchgeführten Raumanalyse wurden Belastungshypothesen abgeleitet, die im Rahmen von Messnetzplanung, Probenahme und der weiteren Auswertungen gesondert berücksichtigt wurden (Tab. 1).

Nach Auswertung bereits vorliegender Daten zur Bodenbelastung konnte hier auf 788 Punktdaten im Kreis Lippe und auf 1195 Punktdaten im Kreis Höxter zurückgegriffen werden, die allerdings nicht gleichmäßig im Raum verteilt sind und z. T. nur Daten für eine begrenzte Zahl von Parametern enthielten. Zur Schaffung einer ausreichenden Datengrundlage sowie zur Überprüfung der Belastungshypothesen war die Durchführung einer ergänzenden Probenahme im Rahmen der BBK-Bearbeitung erforderlich. Die Probenahme an 220 (Kreis Lippe) bzw. 240 Standorten (Kreis Höxter) wurde in den Jahren 2001 und 2002 durchgeführt, die Fertigstellung der Karten erfolgte im Dezember 2002.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Allgemeine Stoffbelastung und ihre Ursachen

Die in Tab. 2 exemplarisch für vier Parameter dargestellten Stoffgehalte zeigen eine im NRW-weiten Vergleich allgemein geringe Hintergrundbelastung der Oberböden in den emittententfern gelegenen Kreisen Lippe und Höxter. Es konnten für keine der untersuchten Parameter Überschreitungen von Prüf- und Maßnahmenwerten nach BBodSchV festgestellt werden. Für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze (AN-Aufschluss) liegen allerdings lediglich stichprobenhafte Untersuchungsergebnisse vor.

Insgesamt wurden auf 29 % (Lippe) bzw. 22 % (Höxter) der jeweiligen Kreisfläche Vorsorgewertüberschreitungen für mindestens ein Schwermetall nach BBodSchV ermittelt.

Abb. 1 zeigt beispielhaft für die flächenhaft errechneten digitalen Bodenbelastungskarten die entsprechende Karte für Blei. Dabei lassen sich die räumlichen Verteilungsmuster der Bleigehalte im Oberboden in erster Linie auf die naturräumlichen Eigenheiten in den Untersuchungsgebieten sowie anthropogen bedingte Emissionen zurückführen.

Geringe Bleigehalte treten v. a. in den landwirtschaftlich genutzten Böden der Naturräume von Lipper Bergland (LB) und Oberwälder Land (OL, hier insbesondere Steinheimer und Warburger Börde) sowie der größtenteils als Truppenübungsplatz genutzten Senne (SE) auf. Ursachen hierfür sind:

- ◆ geringe geogene Grundbelastungen dieser auf Löss bzw. sandigen Substraten entwickelten Böden,
- ◆ geringe atmogene Stoffeinträge durch Nah-/Ferndepositionen in diesen Gebieten,
- ◆ durch Pflügen bedingte Verdünnung der Gehalte von eingetragenen Bleimengen auf den ackerbaulich genutzten Flächen und
- ◆ versauerungsbedingte Auswaschung von Blei aus dem Oberboden in tiefere Bodenschichten auf den z. T. sehr stark sauren Sandböden der Senne.

Tabelle 2:
Vergleich ausgewählter Stoffgehalte (mg/kg) in den A-Horizonten naturnah genutzter Böden in den Kreisen Lippe und Höxter im NRW-weiten Vergleich.

Nutzung und Untersuchungsgebiet	Blei		Nickel		Zink		PAK (EPA)		
	50-Perz.	90-Perz.	50-Perz.	90-Perz.	50-Perz.	90-Perz.	50-Perz.	90-Perz.	
Acker	Kreis Lippe	21	37	13	29	52	89	0,02	0,07
	Kreis Höxter	20	34	17	35	49	83	0,02	0,04
	NRW*	27	64	15	26	64	103	0,03	0,07
Grünland	Kreis Lippe	33	110	15	32	71	157	0,03	0,06
	Kreis Höxter	32	68	28	63	86	185	0,04	0,06
	NRW*	69	243	34	52	156	272	0,03	0,10
Wald	Kreis Lippe	84	180	10	35	47	160	0,03	0,12
	Kreis Höxter	62	150	23	45	80	210	0,02	0,06
	NRW*	121	292	30	53	91	202	0,07	0,23

* Gebiete mit überwiegend ländlicher Raumstruktur (Gebietskategorie III)

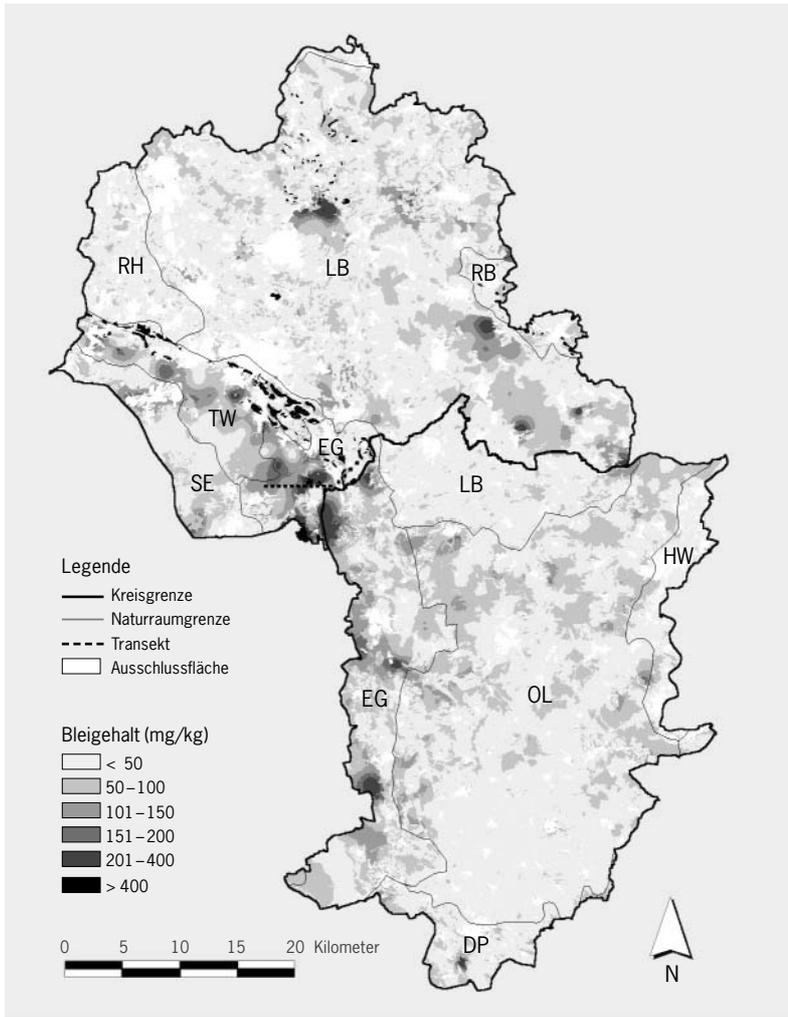
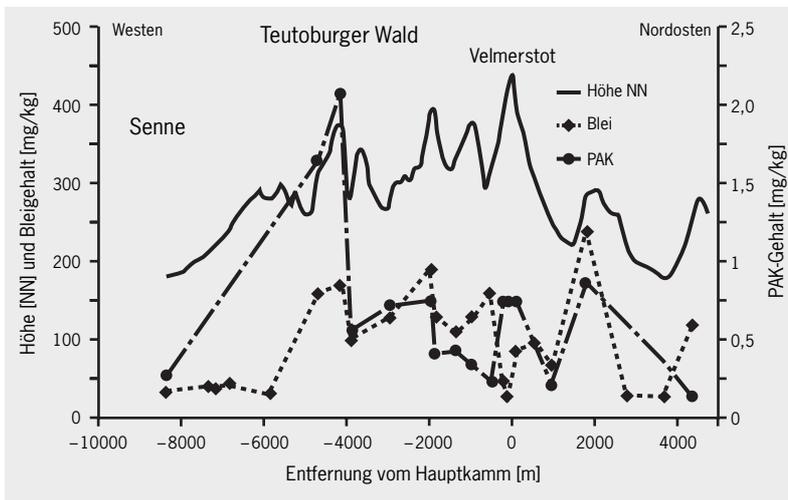


Abbildung 1:
Ergebniskarte der geschätzten Bleigehalte in den Oberböden der Kreise Lippe und Höxter.

Hohe Bleigehalte treten dagegen in Teilgebieten der Naturräume Teutoburger Wald (TW), Eggegebirge (EG), sowie in den bewaldeten Gebieten des Lipper Berglandes (LB, hier: Ostlipper Bergland) und Oberwälder Landes (OL, hier: Brakeler Muschelkalkschwelle) auf. Dabei zeichnen die Belastungen die geologischen, tektonischen und morphologischen Strukturen dieser Räume nach, die aufgrund der hohen Reliefenergie ihrer aufragenden Höhenrücken größtenteils waldbaulich genutzt werden. So können die erhöhten Bleibelastungen

Abbildung 2:
Verlauf der Blei- und PAK-Gehalte im Transekt durch den südlichen Teutoburger Wald.



gen in diesen Gebieten auf folgende Ursachen zurückgeführt werden:

- ◆ Erhöhte Deposition von luftbürtig eingetragenen Schadstoffen aufgrund erhöhter Expositionslage der Standorte,
- ◆ Verstärkung der Einträge durch Auskämmeffekte der Wälder sowie Aufkonzentration der Schadstoffe in den obersten cm der Waldböden und
- ◆ geogen bedingt erhöhte Bleigehalte der aufragenden Höhenrücken des Oberen Muschelkalkes im östlichen Teutoburger Wald und Eggegebirge sowie in der Brakeler Muschelkalkschwelle (s. Kap. 3.3).

3.2 Erfassung und Darstellung der Stoffbelastung in Gebieten mit hoher naturräumlicher Vielfalt

Besonders komplex ist die Stoffbelastung in den Naturräumen von Teutoburger Wald (TW) und Eggegebirge (EG) mit ihren sehr kleinräumigen Wechseln von Relief, Ausgangsgestein, Vegetation und Bodentypen. Am Beispiel des beprobten und im Rahmen einer Diplomarbeit [5] vertieft untersuchten Transektes „Velmerstot“ (Abb. 2) konnten hier weitere Faktoren erfasst werden, die das Verteilungsmuster von Schadstoffen in diesen Naturräumen bestimmen.

Die PAK-Einträge, die ausschließlich aus dem luftbürtigen Eintrag stammen, zeigen ihre jeweiligen Maxima in exponierten Lagen (vorwiegend Luv- und Kammlagen) der Transekte. Neben dem Stoffeintrag aus Ferndeposition der westlich gelegenen Industriegebiete tragen zusätzlich lokale Gegebenheiten wie Luftströmungen, Nebelhäufigkeit, Art der Vegetation, Tallagen und örtliche Emittenten (hier vorrangig die Holzindustrie) zur kleinräumig wechselnden Schadstoffverteilung dieser Stoffgruppe bei. Zudem ist eine weitere Differenzierung der PAK-Mengen nach der jeweiligen Waldnutzungsform möglich (Abb. 3).

Die Abbildung zeigt, dass die PAK-Gesamtvorräte auf Nadelwaldstandorten um annähernd das 2,5-fache über denen von Laubwaldstandorten liegen. Mischwälder nehmen eine intermediäre Stellung ein. Im Gegensatz zu den laubwerfenden Bäumen resultiert die größere Oberfläche und ganzjährige Begrünung der Nadelbäume in einer höheren Filterwirkung für luftbürtige Schadstoffe, die sich in einer verstärkten Stoffanreicherung in den oberen humosen Bodenschichten zeigt. Dabei ist auf den Nadelwaldstandorten der größte Anteil der PAK in der Auflage gebunden, während auf Laubwaldstandorten etwa zwei Drittel der PAK-Mengen im Oberboden zu finden sind. Grund hierfür ist die standortbedingt im Mittel stark verlangsamte Zersetzungsrate von Nadelstreu im Vergleich zur i. d. R. leichter mikrobiell abbaubaren Laubstreu. Dies führt auf Nadelwaldstandorten zur Entstehung einer mehreren cm mächtigen Rohhumusaufgabe, in der dann ein großer Teil der eingetragenen (Schad-)Stoffe gespeichert ist.

Bei den Ursachen für das Verteilungsmuster des Schwermetalls Blei im Transekt treten zudem kleinräumig wechselnd geogen erhöhte Gehalte sowie pH-bedingte Abreicherungsprozesse dieses Schwermetalles auf. So können die erhöhten Bleiwerte im Lee der Velmerstot auf erhöhte geogene Gehalte im Oberen Muschelkalk zurückgeführt werden. Die geringen Bleigehalte in exponierter Lage der Velmerstot lassen sich

dagegen auf Bodenentwicklungsprozesse zurückführen: Die immissionsbedingt starke Versauerung dieser Böden aus basenarmen Ausgangsgesteinen der Unterkreide (Podsolierung) führte hier zu einer anhaltenden Mobilisierung und Auswaschung des Bleis aus den Oberböden.

Das Beispiel der PAK- und Bleibelastung macht die kleinräumig stark schwankenden Stoffgehalte in den Oberböden der Naturräume Teutoburger Wald und Eggegebirge deutlich, die zusammengefasst das Ergebnis sind von:

- ◆ Ferndepositionen,
- ◆ lokalen Standortverhältnissen (Exposition, Lage zu Emittenten, Nebelhäufigkeit, lokalen Windströmungen, Vegetation, Nutzungsgeschichte, usw.),
- ◆ geogenen Ausgangsgehalten und
- ◆ pedogenetisch bedingten Abreicherungsprozessen von Metallen durch Versauerung des Oberbodens.

Diese multifaktoriell kleinräumig wechselnden Schadstoffgehalte werden bei der Erstellung der BBK mit der vom LUA NRW zur Verfügung gestellten Standardsoftware nicht berücksichtigt. Ebenso geht das in Testgebieten Nordrhein-Westfalens entwickelte Interpolationsverfahren von einer Isotropie der Schadstoffbelastung aus. Eigene geostatistische Auswertungen zeigen jedoch, dass die Schadstoffverteilung einhergehend mit dem Streichen der Schichtkämme in den Naturräumen von Teutoburger Wald und Eggegebirge anisotrop ist.

Vor diesem Hintergrund werden in der Bodenbelastungskarte die Naturräume von Teutoburger Wald und Eggegebirge mit einer Schraffur dargestellt, die den Nutzer auf diese kleinräumig wechselnden Stoffgehalte und die damit verbundene höhere Schätzunsicherheit aufmerksam machen. Die Ursachen und der praktische Umgang mit dieser Tatsache wird dann in den jeweiligen Endberichten erläutert [6, 7].

3.3 Erfassung und Abgrenzung geogen erhöhter Stoffbelastungen

Die Datenauswertung und Literaturrecherche vor Durchführung der Beprobungen ergab Hinweise auf naturbedingt (= geogen) bedingt erhöhte Stoffgehalte in den tertiären Vulkaniten im Süden des Kreises Höxter und im Oberen Muschelkalkes (Trias) beider Kreise [8, 9]. Letztere lassen sich auf hydrothermale Vererzungen des Gesteins zurückführen und führten zwischen dem 15. und 19. Jahrhundert zu immer wieder auflebenden Bergbauversuchen. Hierbei erfolgte das Schürfen und probenweise Gewinnen von Bleiglanz, der wegen seines Silbergehaltes von Interesse war [10].

Mit Hilfe von historischen und geologischen Karten erfolgte die Abgrenzung und Beprobung von Böden dieser Standorte. So konnten diese geogenen Anomalien erfasst und bei der Darstellung der BBK gesondert berücksichtigt werden. Danach sind die hohen Bleibelastungen im östlichen Teil des Teutoburger Waldes (vgl. Abb. 2) auf die geogen erhöhten Stoffgehalte im Oberen Muschelkalkes zurückzuführen.

In Abb. 4 ist ein Ausschnitt der digitalen Bodenbelastungskarte aus dem Bereich des Desenberges, einer tertiären Schlotfüllung aus Basalt, im südlichen Teil des Kreises Höxter abgebildet. Hier konnte ein Bereich mit geogen erhöhten Chrom- und Nickelgehalten abgegrenzt werden.

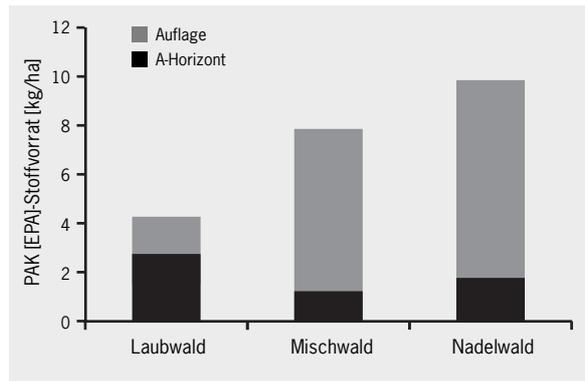


Abbildung 3:
PAK-Stoffvorräte in den Oberböden und Auflagehorizonten verschiedener Waldnutzungsformen im Kreis Lippe.

3.4 Schadstoffspezifische Belastung im Überschwemmungsgebiet der Diemelau

Die vorfluterspezifische Auswertung der Analysenergebnisse zeigte, dass in der Diemelau die Kupfergehalte um das 8 bis 10fache über den Gehalten anderer Bodennutzungen außerhalb des Überschwemmungsgebietes der Diemel liegen (Tab. 3). Als wahrscheinliche Erklärung hierfür kam der historische Erzbergbau, vor allem Kupferbergbau, in Marsberg, das rund 15 km stromaufwärts liegt, in Betracht. Entsprechend war auch nicht auszuschließen, dass im Überschwemmungsgebiet der Diemel innerhalb des Kreises Höxter auch fluviatil verfrachtete dioxin- und furanhaltige Kieselrotrückstände vorhanden sein könnten. So ist aus Untersuchungen bekannt [11] dass Grünlandböden im Raum Marsberg gegenüber den allgemeinen Hintergrundwerten deutlich erhöhte Dioxin-/Furan-Gehalte aufweisen. Bei diesen Untersuchungen wurde allerdings schwerpunktmäßig nur der Luftpfad berücksichtigt. Aussagen zur möglichen fluviatilen Verfrachtung von Kieselrot können aus diesen Untersuchungen nicht abgeleitet werden.

Daher wurden die Proben aus der Diemelau ebenfalls auf Dioxine/Furane untersucht. Dabei zeigte sich,

Parameter	Landwirtschaftliche Nutzung			Waldnutzung
	ÜSG Diemelau	ÜSG Weseraue	Außerhalb von ÜSG	Außerhalb von ÜSG
Kupfer (mg/kg)	135 (108–180) n = 6	18 (10–38) n = 22	14 (1–75) n = 1589	14 (1–78) n = 248
Dioxin/Furan- Toxizitätsäquivalent (ng I-Teq/kg TM)	24,8 (20,0–28,0) n = 4	2,2 (0,8–3,5) n = 2	3,1 (1,4–11,2) n = 23	12,8 (2,7–42,0) n = 13

Tabelle 3:
Mittelwerte und Spannweiten der Kupfer- und Dioxin/Furangehalte in den Oberböden des Überschwemmungsgebietes (ÜSG) der Diemelau im Vergleich zu anderen Oberböden in den Kreisen Lippe und Höxter.

dass die Toxizitätsäquivalente von Dioxinen/Furanen um den Faktor 2 bis 11 statistisch signifikant über den Gehalten anderer Bodennutzungen außerhalb des Überschwemmungsgebietes der Diemel liegen. Ein Vergleich der Homologenprofile (d. h. der relativen Anteile der einzelnen Kongenere an der Gesamtmenge) von PCDD/F in den Böden der Diemelau mit Literaturdaten [12] zeigte, dass es sich hierbei um ein typisches Kieselrotspektrum handelt. Die außerhalb der Diemelau erfassten Homologenprofile unterscheiden sich dagegen deutlich von denen innerhalb der Diemelau.

Zwar zeigt sich damit eine deutliche Anreicherung von Dioxinen und Furanen in der Diemelau innerhalb des Kreises Höxter, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die fluviatile Verfrachtung von Kieselrot zurückgeführt werden kann. Das Belastungsniveau liegt jedoch mit einem Faktor von 3,5 bis 5 deutlich unterhalb des (hier nur zur Orientierung herangezogenen) Maßnahmenwertes für Kinderspielflächen der BBodSchV. Für die Zukunft ist vor dem Hintergrund der in jüngster Zeit durchgeführten Sanierungsmaßnahmen in Marsberg (Abdeckung der Halden, Rückbau der Anlagen) von einer weiter rückläufigen fluviatilen Verfrachtung von kieselrothaltigen Material auszugehen, so dass für das Gebiet der Diemelau im Kreis Höxter kein Handlungsbedarf besteht.

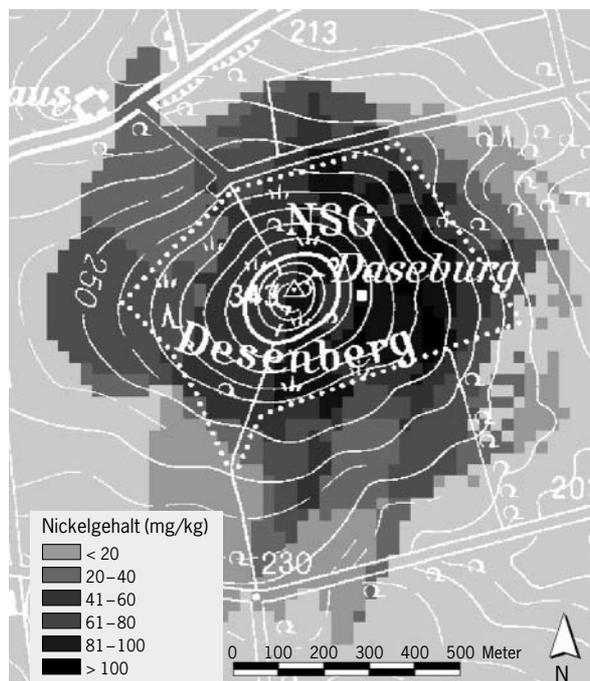


Abbildung 4:
Darstellung der Nickelgehalte auf Böden tertiärer Vulkanite des Desenberges (Kreis Höxter).

4. Folgerungen und Ausblick

Das allgemeine Belastungsniveau in den hier untersuchten emittentfernen Gebieten Nordrhein-Westfalens ist wie zu erwarten als gering zu bezeichnen. Im Bereich der Hauptkämme von Teutoburger Wald und Eggegebirge, d. h. in eng begrenzten, gegenüber einer Deposition von ferntransportierten Schadstoffen besonders exponierten Bereichen zeigen sich aber erhebliche, in diesem Ausmaß nicht erwartete Bleibelastungen des Oberbodens. Diese Bleibelastungen sind vermutlich vorrangig auf Einträge in der fernerer Vergangenheit zurückzuführen, da in den letzten drei Jahrzehnten die Bleiemissionen deutlich abgenommen haben [13]. Vor dem Hintergrund, dass die Böden in diesen belasteten Bereichen bereits eine starke bis sehr starke Versauerung zeigen, ist allerdings über die nächsten Jahre bis Jahrzehnte von einer fortschreitenden Verlagerung der Bleibelastungen in tiefere Bodenhorizonte bzw. in das Gestein auszugehen. In besonders stark versauerten, podsolierten Böden ist dieser Vorgang bereits sehr weit fortgeschritten. Hieraus können sich mittel- bis langfristig auch Gefährdungen für Oberflächen- und Grundwässer ergeben. Dies ist im Untersuchungsraum von Bedeutung, da insbesondere die Grundwasserleiter des Teutoburger Waldes für die Trinkwasserversorgung genutzt werden.

Aus der Tatsache, dass außer Blei kein anderes Schwermetall im Hauptkammbereich signifikant angereichert ist, sollte nicht geschlossen werden, dass diese hier nicht verstärkt eingetragen wurden. Vielmehr ist davon auszugehen, dass diese Metalle (z. B. Cd, Zn), die bereits bei höheren pH-Werten in größerem Umfang in Lösung gehen, bereits in der Vergangenheit aus dem Oberboden ausgewaschen wurden. Darüber hinaus „markieren“ die Gebiete mit erhöhter Bleibelastung durch Ferndeposition vermutlich auch die Gebiete, in denen heute mit einer verstärkten Deposition neuartiger luftbürtiger Schadstoffe – z. B. den halogenierten Essigsäuren – zu rechnen ist [14]. Bodenbelastungskarten bieten damit auch Basisinformation im Hinblick auf den Gewässerschutz und erlauben gezieltere waldbauliche Maßnahmen zum Gewässerschutz (z. B. Waldkalkung).

Die verlässliche Identifikation und Abgrenzung von geogenen oder anthropogenen Schadstoffanreicherungen, die in Gebieten mit hoher naturräumlicher Vielfalt auf enge Teilgebiete begrenzt sein können, setzt eine Analyse aller die Schadstoffverteilung im Untersuchungsgebiet möglicherweise bestimmenden natürlichen und anthropogenen Faktoren im Vorfeld einer Beprobung voraus. Nur wenn durch eine umfassende Raumanalyse Belastungshypothesen abgeleitet und die Beprobungsstrategie auf Verifikation/Falsifikation der Hypothesen ausgerichtet wird, können solche Schadstoffbelastungen überhaupt erfasst werden. Bei einer „zufällig statistisch“ verteilten, rasterartigen Beprobung würden solche Belastungen mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit oder nur zufällig gefunden werden.

Darüber hinaus sollte die Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten als iterativer Prozess gesehen werden. Immer wieder wird es vorkommen, dass unerwartete Schadstoffanreicherungen festgestellt werden,

deren Ursachen zunächst unbekannt sind. Durch entsprechende Recherchen wird man in vielen Fällen Belastungshypothesen formulieren und diese dann durch Nachbeprobungen überprüfen können.

Die hier in einem emittentenfernen Gebiet durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass auch in solchen Gebieten mit lokalen Schadstoffanreicherungen zu rechnen ist. Diese sollten entsprechend den gesetzlichen Grundlagen erfasst und bei der Anwendung der Bodenschutzgesetzgebung – z. B. bei der Umlagerung entsprechend höher belasteter Böden – angemessen berücksichtigt werden.

Literatur

- [1] **Landesumweltamt NRW (2000)**: Leitfaden zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten, Teil I: Außenbereiche. LUA-Merkblätter Nr. 24, Essen.
- [2] **Bundesanstalt für Landeskunde (1959)**: Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 98 Detmold. Selbstverlag der Bundesanstalt für Landeskunde, Remagen.
- [3] **Rose, K.-H. & C.P. Gödecke (1984)**: Mineral-Neubildungen des Osnabrücker Berglandes im Vergleich mit dem übrigen Nordwestdeutschland. S. 567–653. In: Klassen, H. (Hrsg.): Geologie des Osnabrücker Berglandes. Naturwissenschaftliches Museum Osnabrück.
- [4] **Matschullat, J., H. J. Tobschall & H.-J. Voigt (1997)**: Geochemie und Umwelt: Relevante Prozesse in Atmo-, Pedo- und Hydrosphäre.- Springer-Verlag, Berlin.
- [5] **Klammer, O. (2002)**: Geogene und anthropogene Schadstoffbelastungen von Böden im Höhenprofil des Eggegebirges – Untersuchungen entlang eines im Rahmen der digitalen Bodenbelastungskarte Lippe angelegten Transsektes.- Diplomarbeit FH Osnabrück, unveröff.
- [6] **Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH (2002)**: Endbericht zur Erstellung der digitalen Bodenbelastungskarte für den Kreis Lippe, unveröffentlicht.
- [7] **Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH (2002)**: Endbericht zur Erstellung der digitalen Bodenbelastungskarte für den Kreis Höxter, unveröffentlicht.
- [8] **Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz, LABO (1998)**: Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden. In: Rosenkranz, D., G. Bachmann, W. König & G. Einsele: Bodenschutz – ergänzbares Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaften und Grundwasser. Erich Schmidt Verlag.
- [9] **Hofmeister, E., P. Simon & V. Stein (1972)**: Blei und Zink im Trochitenkalk (Trias, Oberer Muschelkalk 1) Nordwest-Deutschlands. Geologisches Jahrbuch, Reihe D, Heft 1. Hrsg.: Bundesanstalt für Bodenforschung und den Geologischen Landesämtern der Bundesrepublik Deutschland.
- [10] **Kenter, E. (1954)**: Bergbau im Lande Lippe, Buchwerkstatt Töle & Co., Detmold.
- [11] **Krause, G.H.M., Delschen, T.; Fürst, P. & Hein, D. (1993)**: Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (PCDD/F), Teil 1: PCDD/F in Böden, Vegetation und Kuhmilch. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 5 (4), 194–203.
- [12] **Theisen, J.; Maulshagen, A. & Fuchs, J. (1991)**: Untersuchungen zur Schadstoffbelastung der Kupferschlacke „Kieselrot“. Hrsg.: Bund-Länder-Arbeitsgruppe: Dioxine.
- [13] **Landesumweltamt NRW (2002)**: Entwicklung der Blei-Konzentrationen im Schwebstaub (Jahresmittelwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$). www.lua.nrw.de, 3.12.2002.
- [14] **ATV-DVWK (Hrsg.) (2000)**: Grundwassergefährdung durch organische Luftschadstoffe. DVWK-Materialien 1/2000. Hennef.

Anschrift der Verfasser

Dr. Bernd Steinweg
Dr. Michael Kerth
Dr. Kerth + Lampe Geo-Infometric GmbH
Brüderstraße 8, 32758 Detmold
www.dr-kerth-lampe.de
b.steinweg@dr-kerth-lampe.de