



LAWA-AO

Technische Anleitung zur Oberflächengewässerverordnung

Arbeitspapier 1

Berücksichtigung von natürlichen Hintergrundkonzentrationen bei der Beurteilung von Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen nichtsynthetischer Schadstoffe

Stand: 2. Juli 2015

Der LAWA-AO hat auf seiner 47. Sitzung vom 15.-17. Juni 2015 und im nachfolgenden Informationsverfahren dem vorliegenden Entwurf des Arbeitspapiers zugestimmt und den Ländern, dessen Anwendung im Vollzug empfohlen.

Zusammenfassung

Natürliche Hintergrundkonzentrationen können gemäß Anlage 8 Nummer 3.3 Oberflächengewässerverordnung (OGewV) bei der Beurteilung von Überschreitungen der Umweltqualitätsnormen (UQN) nichtsynthetischer Schadstoffe (Schwermetalle, Metalloide), berücksichtigt werden.

Wenn regionalspezifisch hergeleitete natürliche Hintergrundkonzentrationen die JD-UQN überschreiten, soll das 90-Perzentil der nicht oder nur sehr gering anthropogen beeinflussten Konzentrationen (bezogen auf Jahresmittelwerte) im Einzugsgebiet der Messstelle als abweichende JD-UQN benutzt werden.

Für Stoffe, deren UQN für die bioverfügbare Konzentration gilt, sollten zunächst mit einem Bioligandenmodell (BLM) die bioverfügbaren Konzentrationen jedes Einzelwertes und daraus der JD-Bioverfügbarkeit ($JD_{\text{bioverfügbar}}$) berechnet werden. Bei Überschreitung kann die natürliche Hintergrundkonzentration – wie nachfolgend erläutert – berücksichtigt werden. Es ist in diesen Fällen davon auszugehen, dass der mittlere bioverfügbare Anteil auch für die Hintergrundkonzentrationen gilt. Regeln für Maximalwerte von Hintergrundkonzentrationen wurden nicht gefunden.

Der nachfolgende Text erläutert, mit welchen Methoden ländereigene hoch aufgelöste Daten genutzt und ausgewertet werden können, um natürliche Hintergrundkonzentrationen herzuleiten und anzuwenden.

Falls keine ländereigenen hoch aufgelöste Daten zur Verfügung stehen, können auch die Geochemischen Atlanten von 2006 (unveröffentlichter Entwurf) und 1985 als pragmatischer Einstieg für die Prüfung genutzt werden. Anlage 2 enthält hierfür aus dem Entwurf des Geochemischen Atlas von 2006 Mittelwerte und Maxima für jedes Bundesland; Anlage 3 enthält die Karten. Unter den Messstellen beider Atlanten (1985 und 2006) sind jedoch diverse mit anthropogener Belastung, deren Ergebnisse für die Ableitung natürlicher Hintergrundkonzentrationen ausgeschlossen werden müssen. Der Text des Entwurfes des Geochemischen Atlas von 2006 gibt viele Hinweise dafür. Relevante Auszüge sind in Anlage 3 übernommen. Zudem liegt mit dem Entwurf des Geochemischen Atlas von 2006 erst ab etwa 5000 km² Einzugsgebietsgröße eine ausreichende Anzahl von Werten für die Ermittlung eines 90-Perzentils vor.

Nordrhein-Westfalen (NW), Sachsen (SN), Sachsen-Anhalt (ST) und Thüringen (TH) haben in vertiefenden Untersuchungen, die in den Abschnitten B.2 und B.3 dargestellt werden, ergänzende, hochauflösende Datensätze erarbeitet und regionalspezifische Hintergrundkonzentrationen hergeleitet.

Ergänzende Informationen, wie Grundwasserkonzentrationen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und insbesondere Gebietskenntnisse sind heranzuziehen. Nach Ausschluss anthropogen belasteter Stellen verblieben in NW, ST und TH im Hinblick auf die durch die OGewV geregelten Elemente nur wenige Wasserkörper, deren Hintergrundkonzentrationen die UQN überschritten.

Inhaltsverzeichnis:

A) Bestimmungen der Oberflächengewässerverordnung	4
B) Praktische Umsetzung: Prüfung auf die Relevanz und Ableitung von natürlichen Hintergrundkonzentrationen.....	6
B.1. Nutzung des Geochemischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland	7
B.2. Ableitung einheitlicher Hintergrundkonzentrationen für zusammengefasste Gewässerlandschaften (Bsp.: Vorgehen NW, ST und TH)	9
B.3. Ableitung spezieller Hintergrundkonzentrationen aufgrund der hohen natürlichen Elementgehalte (Bsp.: Vorgehen SN).....	11
C) Festlegung der abweichenden Umweltqualitätsnorm	13

Anlagen:

Anlage 1: Geochemischer Atlas (Entwurf 2006) – Statistische Werte für Deutschland (Mittel, Maximum, 90-Perzentil) für die OGewV-Elemente (Quelle: Birke, BGR, pers. Mitteilung, 2012)	14
Anlage 2: Geochemischer Atlas (Entwurf 2006) – Statistische Werte (Mittel, Maximum, 90-Perzentil) für die OGewV-Elemente nach Bundesländern (Quelle: Birke, BGR, pers. Mitteilung, 2012)	15
Anlage 3: Geochemischer Atlas (Entwurf 2006) – Karten und Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen für die OGewV-Elemente (Quelle: Birke, BGR, pers. Mitteilung, 2012)	19

A) Bestimmungen der Oberflächengewässerverordnung

Die UQN-Richtlinie 2008/105/EG sowie deren Änderungsrichtlinie 2013/39/EU sehen vor, natürliche Hintergrundkonzentrationen bei der Beurteilung von Überschreitungen von Umweltqualitätsnormen (UQN) nichtsynthetischer Schadstoffe (Schwermetalle, Metalloide) zu berücksichtigen. Dies wird in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) vom 20.07.2011 für prioritäre, aber auch für flussgebietspezifische Schadstoffe ermöglicht (chemischer und ökologischer Status). Betroffene Wasserkörper müssen dann gekennzeichnet werden, wenn diese Regelung zur Anwendung kommt¹.

Die OGewV-Regelungen beinhalten:

- § 2 Nummer 7 (Definition der Hintergrundkonzentration),
- § 10 Absatz 2 (Kennzeichnungspflicht der betroffenen Wasserkörper),
- Anlage 8 Nummer 3.3 (die eigentliche Regelung) und
- Anlage 10 Nummer 3.2
(Vorgabe der Kennzeichnung der betroffenen Wasserkörper in den Karten des ökologischen oder chemischen Zustands mit „H“ und der Legende „Einstufung unter Berücksichtigung natürlicher Hintergrundkonzentrationen“).

Die eigentliche Regelung in Anlage 8, Nummer 3.3 OGewV lautet:

„Ist für einen Schadstoff nach Anlage 5 oder 7 die natürliche Hintergrundkonzentration im zu beurteilenden Oberflächenwasserkörper größer als die Umweltqualitätsnorm, so legt die zuständige Behörde eine abweichende Umweltqualitätsnorm unter Berücksichtigung der Hintergrundkonzentration für diesen Oberflächenwasserkörper fest.“

Die Begründung ergänzt²:

Das entspricht Anhang V Nummer 1.2 Fußnote 2 der WRRL (2000/60/EG), wonach die Anwendung von Umweltqualitätsnormen nicht bedeutet, dass Konzentrationen nichtsynthetischer Schadstoffe so weit verringert werden müssen, dass sie unter den Hintergrundkonzentrationen liegen. ... Hintergrundkonzentrationen sollen den Angaben des Geochemischen Atlas' der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) oder fachlich mindestens gleichwertigen, höher auflösenden Untersuchungen entnommen werden, sofern diese den Vorgaben für die natürliche Hintergrundkonzentration nach § 2 Nummer 7 entsprechen. In der Begründung zu den Anlagen 5 bzw. 7 werden insbesondere Cadmium und Quecksilber als Stoffe genannt, für die diese Regelung möglicherweise zutrifft, weil die Umweltqualitätsnormen im Bereich von Hintergrundkonzentrationen liegen.

Die Definition in § 2 Nummer 7 lautet:

Natürliche Hintergrundkonzentration: Konzentration eines Stoffes in einem Oberflächenwasserkörper, die nicht oder nur sehr gering durch menschliche Tätigkeiten beeinflusst ist.

Die Begründung ergänzt³: Das lehnt sich an die entsprechende Begriffsbestimmung in der Grundwasserverordnung (§ 1 Nummer 2) an. ... Menschliche Tätigkeiten können z. B. auch solche sein, die bereits beendet sind (z. B. mittelalterlicher Bergbau) oder außerhalb des Einzugsgebietes geschehen, dieses aber beeinflussen (z. B. Ferntransport von in die Atmosphäre emittierten Schadstoffen).

¹ OGewV, Begründung, A, II (Kabinettsvorlage, S. 64)

² Kabinettsvorlage, S. 93

³ Kabinettsvorlage, S. 71

Bioligandenmodell und Hintergrundkonzentration

Für Stoffe, für die ein Bioligandenmodell (BLM) und die Hintergrundkonzentration berücksichtigt werden kann, ist stufenweise vorzugehen.

Zunächst wird mit einem BLM-Tool die bioverfügbare Konzentrationen und daraus der $JD_{\text{bioverfügbar}}$ berechnet, welcher wiederum mit der JD-UQN verglichen wird. Bei weiterer Überschreitung ist die **natürliche Hintergrundkonzentration** zu berücksichtigen.

B) Praktische Umsetzung: Prüfung auf die Relevanz und Ableitung von natürlichen Hintergrundkonzentrationen

Wann legt die Behörde eine abweichende Umweltqualitätsnorm unter Berücksichtigung der Hintergrundkonzentration (HGK) für einen zu beurteilenden Oberflächenwasserkörper (OWK) fest?

Überlegungen über die Berücksichtigung von HGK sind nur dann erforderlich, wenn

- a) eine Überschreitung einer UQN eines anorganischen (natürlicherweise vorkommenden) Schadstoffes vorliegt (JD-UQN oder ZHK-UQN)
und
- b) eingehende Erkundungen zur Emissionssituation belegen, dass keine maßgeblichen anthropogenen Eintragsquellen vorhanden sind
und
- c) von den geochemischen Verhältnissen im betreffenden Einzugsgebiet bekannt ist, dass eine hohe natürliche Hintergrundkonzentration dafür verantwortlich sein könnte.

Unter Verwendung fachlicher Grundlagen ist schrittweise abzuprüfen, ob für den entsprechenden OWK Anhaltspunkte für eine geogen bedingte erhöhte Schadstoffbelastung vorliegt. Von einer erhöhten natürlichen Hintergrundbelastung ist auszugehen, wenn für das OWK-Gebiet u. a.

- in den Geochemischen Atlanten von Deutschland Stoffkonzentrationen im Wasser oder Sediment > UQN dokumentiert sind
oder
- in BGR – Hintergrundwerte im Grundwasser, (BGR 31.12.2014) Stoffkonzentrationen > UQN ausgewiesen werden
(http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beratung/Hintergrundwerte/hgw_projektbeschr.html?nn=1546496)
oder
- im Grundwasser oder in Böden nach landeseigenen Studien Stoffkonzentrationen > UQN ausgewiesen werden
oder
- Hinweise durch weitere Studien auf vorhandene Schwermetallanreicherungen (z. B. Lagerstätten) vorhanden sind.

B.1. Nutzung des Geochemischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland

Wenn keine länderspezifische Herleitung von HGK vorliegt (siehe B.2 und B.3), wird als Grundlage für die erste Prüfung von B-c) der Geochemische Atlas der Bundesrepublik Deutschland (Birke et al., BGR, unveröffentlicht, Stand 2006) empfohlen. Für den Atlas (2006) wurde an ca. 945 Messstellen (= im Mittel eine Stelle bzw. Probe pro 380 km²) Bachwasser (Filtration 0,45 µm) und -sedimente (150 µm-Fraktion) auf Elemente und andere Parameter untersucht. Die Ergebnisse liegen als statistische Werte (Mittel, Median, Minimum, Maximum, 90-Perzentil) für Deutschland (Anlage 1) und für alle Bundesländer (außer HH und HB) vor (Birke et al. 2006, Birke, pers. Mitteilung; Anlage 2).

Für den Geochemischen Atlas von 1985 waren 83.000 Messstellen in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland beprobt worden. Da nach Ansicht des Bearbeiters des Atlas von 2006 aufgrund der Weiterentwicklung der analytischen Verfahren keines der infrage kommenden Elemente in beiden Atlanten mit unmittelbar vergleichbaren Verfahren analysiert wurde, können Karten des Geochemischen Atlas von 1985 nur Hinweise geben. Die Daten sollten jedoch nur eingeschränkt genutzt werden.

Mit Kriging-Verfahren interpoliert, enthält der Atlasentwurf von 2006 Karten für Arsen, Chrom, Kupfer, Zink, Silber, Cadmium und Blei (Anlage 3). Für Quecksilber liegt nur eine Karte für die Sedimente vor, da im Wasser die Nachweisgrenze von 0,01 µg/l selten überschritten wurde (Anlage 3). Erst nach Abschluss der Arbeiten und der Veröffentlichung des Atlasentwurfes von 2006 werden auch Auswertungen und Karten für Selen, Thallium und Nickel enthalten sein.

Wegen der Unsicherheit, dass seine Sedimentuntersuchungen anhand einer von der UQN abweichenden Fraktion erfolgten (150 statt 63 µm), kann der Atlas nur für eine Vorprüfung genutzt werden. Nach den Untersuchungen in Sachsen ist es nicht möglich, Ergebnisse der < 150 µm Fraktionen (Grobkornfraktion) in die < 63 µm Fraktion (Feinkornfraktion) umzurechnen, da der Feinkornanteil zu stark variiert. Genauso ist es fachlich nicht möglich, Ergebnisse aus unterschiedlichen Korngrößenfraktionen miteinander zu vergleichen. Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine vergleichbaren geochemischen Daten in der Feinfraktion (< 63 µm) für Deutschland flächenhaft vorliegen, wurden aus pragmatischen Gründen die Informationen und geochemischen Daten aus dem Geochemischen Atlas von Deutschland (Birke et al. 2006, Birke et al. 2015) für eine Ableitung von Hintergrundwerten und eine mögliche Vorprüfung bzw.-bewertung herangezogen.

Prüfmöglichkeiten für B-c) mit dem Geochemischen Atlas von 2006 sind folgende:

- Eine Verursachung durch eine Hintergrundkonzentration ist relativ unwahrscheinlich, wenn der Messwert höher ausfällt als das Maximum aller deutschen HGK (siehe Anlage 1, Fettdruck) oder das Maximum im Bundesland (siehe Anlage 2, Fettdruck). Dieser Fakt muss aber in jedem Einzelfall fachlich überprüft werden; dieser Abgleich dient demnach nur der Orientierung.
- Es müssen noch die Interpretationen im Text des Atlas herangezogen werden, in denen auf Ursachen hoher Werte, z. B. anthropogene Tätigkeiten, hingewiesen wird. Relevante Auszüge aus dem Atlasentwurf von 2006 enthält Anlage 3.

Literatur zu B.1.:

Birke, M., Rauch, U., Raschka, H., Wehner, H., Kringel, R., Gäbler, H.-E., Kriete, C., Siewers, U., Kantor, W., (2006): Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland - Verteilung anorganischer und organischer Parameter in Oberflächenwässern und Bachsedimenten. Vorabexemplar, unveröff., 641 S.

Birke, M., Rauch, U., Stummeyer, J., (2015): How robust are geochemical patterns? A comparison of low and high sample density geochemical mapping in Germany, *Journal of Geochemical Exploration*, 154, 105-128.

Birke, M., Rauch, U., (1993): Environmental aspects of the regional geochemical survey in the southern part of East Germany. *J. Geochem. Explor.* 49 (1–2), 35–61.

Birke, M., Raschka, H., Rauch, U., (1995): Regionale Oberflächengeochemie. Eine Methode zur umweltgeochemischen Übersichtsaufnahme. *Z. Angew. Geol.* 41 (1), 10–20.

Birke, M., Rauch, U., Rentzsch, J., (1995): Environmental results of a regional geochemical survey in Eastern Germany. *Geologisches Jahrbuch, D 94.* Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 35.

Birke, M.; Rauch, U. (2000): Urban Geochemistry: Investigations in the Berlin Metropolitan Area. *Environ. Geochem. Health* 22(3), 233 – 248.

Böhm, E.; Hillenbrand, Th.; Markscheider-Weidemann, F.; Schempp, Chr.; Fuchs, S. Th.; Scherer, U. (2000): Emissionsinventar Wasser für die Bundesrepublik Deutschland, UBA-Forschungsbericht 29621524/01, Reportnummer UBA FB 000123. UBA-Texte 53, Umweltbundesamt, Berlin, 131.

Herber, R. F. M. (2004): Cadmium. In: Merian, E.; Anke, M.; Ihnat, M.; Stoeppler, M.: Elements and their Compounds in the Environment. - WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KG, Weinheim, 2, 689-708.

Müller, H.; Rentzsch, J. (1985): Abschlussbericht Regionale geochemische Prospektion E-Teil Lausitz, ZGI, Berlin, 490.

Birke, M.; Rauch, U.; Keilert, B. (2003): Geochemische Untersuchungen. In: Lange, G.; Knödel, K. (2003): Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten. Band 8: Erkundungspraxis. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 209 – 428.

Petschow, U.; Meyerhoff, J.; Thomasberger, C. (1990): Umweltreport DDR. - Studie des Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt a. M.

Prange, A., Furrer, R. & Einax, J. W. (2000): Die Elbe und ihre Nebenflüsse - Belastung, Trends, Bewertung, Perspektiven. Schadstoffe und Ökologie der Elbe, ATV-DVWK-Arbeitsgruppe, 168.

Reimann, C.; de Caritat, P. (1998): Chemical elements in the environment: factsheets for the geochemist and environmental scientist. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg - New York, 398.

Scheffer, F.; Schachtschabel, P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. Enke-Verlag, Stuttgart, 510.

Siewers, U.; Herpin, U., (1998): Schwermetalle in Deutschland. Moos-Monitoring 1995/96. *Geol. Jahrbuch, D 199,* Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 199.

B.2. Ableitung einheitlicher Hintergrundkonzentrationen für zusammengefasste Gewässerlandschaften (Bsp.: Vorgehen NW, ST und TH)

Die nordrhein-westfälische sowie die thüringische Vorgehensweise orientieren sich an der Bestimmung geogener Hintergrundkonzentrationen für Fließgewässer in Sachsen-Anhalt (C&E GmbH Chemnitz, Januar 2010). Grundlagen für die Bestimmung der geogenen Hintergrundkonzentrationen bilden die Gewässerüberwachungsprogramme der entsprechenden Länder sowie teilweise der Geochemische Atlas der BRD und auch Daten aus anderen Studien (Daten Dritter) als Datenbasis. Für die geologische Zuordnung der Messstellen/ Oberflächenwasserkörper bilden die aggregierten Fließgewässerlandschaften nach Schneider et al. (2003) die fachliche Basis. Ein eigens für das Projekt in Sachsen-Anhalt entwickeltes statistisches Verfahren nach Schneider et. al. (2009) wurde zur eigentlichen Herleitung der Hintergrundkonzentrationen verwendet. Dabei bilden nach einer Datenpräselektion anthropogen überprägter Messstellen die Ermittlung der 90 – Perzentile aus den dann noch vorhandenen Messstellen pro aggregierter Gewässerlandschaft die geogenen Hintergrundkonzentrationen.

Es wurde wie folgt vorgegangen:

1. Zusammenstellung eines Gesamtdatenpools aus den Gewässerüberwachungsprogrammen und anderen verfügbaren und geeigneten Daten (aus anderen Studien, Gutachten – Daten Dritter) für das zu betrachtende Gebiet (Bundesland).
2. Identifizierung anthropogen beeinflusster Messstellen mittels einer orientierenden statistischen Datenauswertung. Eine Datenpräselektion erfolgt anhand der messstellen- und parameterbezogenen Mittelwerte.

Folgende Kriterien, die auf eine anthropogene Beeinflussung deuten, kamen zur Anwendung:

- Nitratkonzentration größer 5 mg/l
 - Ammoniumkonzentration größer 0,2 mg/l
 - Phosphatkonzentration größer 0,07 mg/l
 - Messstellen, deren Bezeichnung auf eine anthropogene Beeinflussung schließen lässt (z. B. „unterhalb KA“, „unterhalb Deponie)
 - GIS- basierte Beurteilung der verbliebenen Messstellen hinsichtlich solcher Kriterien wie z.B. Siedlungsnähe, Landnutzung , Direkteinleiter (uh. industrieller Anlagen/ Einleitungen, von KA, uh. großer Gebäudekomplexe, uh. von Gewerbegebieten, uh. höherer Siedlungs-/ Bebauungsdichte, innerhalb geschlossener Bebauung, hoher Verkehrsdichte, uh. von Deponien, Kippen, Halden, größerer Sand-/ Kiesabbau, uh. von Tongruben, Torfstichen, diverser Aufschüttungen, Reliefveränderungen, uh. von Bergwerken und Tagebauen, uh. von Staubecken, Fischteiche und Bädern usw.)
 - Messstellen, bei denen synthetische Stoffe als Anzeiger für kommunale und industrielle Verschmutzungen > UQN sind.
3. Genetische Datenklassifikation – Zuordnung der nach Punkt 2 übrig gebliebenen Datensätze (geogenen Messstellen) zu den aggregierten Fließgewässerlandschaften nach Schneider et al. Diese Messpunkte befinden sich daher vorrangig an quellnahen Oberläufen der Bäche, an Fließgewässern in Waldgebieten, an Einmündungen unbeeinflusster Zuflüsse, weniger dagegen in intensiv genutzten Gebieten oder größeren Flüssen.
 4. Berechnung der 90-Perzentilwerte als Ableitung der für die entsprechende Fließgewässerlandschaft geltende geogene Hintergrundkonzentration (Betrachtung der Wasserphase [gesamt, gelöst] und Schwebstoffphase).

Hinweis: Die Anwendung der vorangegangenen Vorgehensweise ist für große Fließgewässer nicht relevant, da diese in der Regel anthropogen beeinflusst sind.

B.3. Ableitung spezieller Hintergrundkonzentrationen aufgrund der hohen natürlichen Elementgehalte (Bsp.: Vorgehen SN)

Methodik der TU Bergakademie Freiberg

Im Rahmen des Forschungsvorhabens „Oberflächenwassergenaue Ableitung von Referenzwerten geogener Hintergrundbelastungen für Schwermetalle und Arsen in der Wasserphase sowie im schwebstoffbürtigen Sediment“ des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie und sich anschließenden Werkverträgen wurde durch das Institut für Mineralogie der TU Bergakademie Freiberg eine Methodik zur Ermittlung von geogenen Hintergrundkonzentrationen entwickelt (<https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14924>).

Die Methodik zur Ableitung geogener Hintergrundkonzentrationen erfolgt gemäß dem Vorgehen bei der geochemischen Bachsediment-Prospektion (Pälchen et al. 1982) in den Oberläufen eines hydrographisch weit verzweigten Gewässernetzes des Mittelgebirges. In Sachsen werden die Flussgebiete Obere Elbe, Freiburger Mulde, Zwickauer Mulde und Weiße Elster unter dem Aspekt geogen erhöhter Hintergrundkonzentrationen betrachtet. Unter hydrologischen, lithologischen und chalkogenen (Wasternack et al. 1995, Hösel et al. 1997) Aspekten ist es vorbereitend notwendig, Oberflächenwasserkörper (OWK) zu OWK-Gruppen zusammenzufassen. Mit dem Ziel, geogene Hintergrundwerte als 90. Perzentil eines Datenkollektivs abzuleiten, sind mindestens 20 Punkte pro OWK-Gruppe einzubeziehen, wobei alle Punkte dem Anspruch geogen, d. h. ohne vordergründige menschliche Aktivität, genügen sollen. Punkte erkennbar anthropogener Natur sind auszuschließen.

Untersuchungen vorhandener Datenbestände aus dem Messnetz Oberflächenwasser (wässrige Phase und schwebstoffbürtige Sedimente < 20 µm) haben gezeigt, dass diese nur in Einzelfällen für die Bewertung von geogenen Hintergrundbelastungen herangezogen werden können, da der Schwerpunkt dieses Messnetzes auf der Kontrolle des IST-Zustandes der Oberflächengewässer liegt (Greif & Klemm 2005). Daher erfolgt eine Neubeprobung mit einer Mindest-Probenahmedichte von 1 Probe/10 km² (Greif & Klemm 2010). Diese Richtgröße ist in lithologisch inhomogenen bzw. in mineralisationsintensiven Gebieten nicht immer ausreichend. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass die prospektionsorientierten Arbeiten im Erzgebirge eine Probenahmedichte von 1,4 Proben/ km² erreichten (Pälchen et al. 1982). Zur Berechnung des 90. Perzentils ist daher von OWK-Gruppen mit einer Gesamtfläche von nicht unter 200 km² auszugehen.

Lassen sich die OWK nicht sinnvoll zu OWK-Gruppen zusammenfassen, wie z. B. bei grenzüberschreitenden Fließgewässern, ist es auch möglich, die Maximalgehalte der untersuchten Punkte zugrunde zu legen, sofern sie von menschlicher (bergbaubedingter) Tätigkeit weitgehend frei sind. Sofern seitens des Nachbarstaates keine äquivalenten Untersuchungen vorliegen, wird der Input am Grenzübertritt gleichrangig zu den anderen Untersuchungen verwendet.

Die Probenvorbereitung (Korngröße, Aufschlüsse) und Analytik stimmen mit denen für das Landesmessnetz überein und werden durch Maßnahmen der analytischen Qualitätssicherung kontrolliert. Es wurden Wässer als Gesamtprobe und filtrierter Anteil (< 0,45 µm) sowie bis 2011 schwebstoffbürtige Sedimente (< 20 µm) untersucht. Die Umstellung der Korngröße ab 2012 für die schwebstoffbürtigen Sedimente von < 20 µm auf < 63 µm innerhalb des Untersuchungszeitraums für die sächsischen geogenen Hintergrundwerte muss durch Faktorenbildung angepasst werden. Dabei wird von einem Bezug auf aktuell < 63 µm ausgegangen.

Für Sachsen liegen flächendeckende Untersuchungen der Kompartimente Gestein (Kardel et al. 1996), Boden (Rank et al. 1999) und Bachsediment (Greif et al. 2004) vor. Aufgrund abweichender Korngröße bzw. Aufschlussverfahren ist ein direkter Bezug zu den feinkörnigen schwebstoffbürtigen Sedimenten nicht möglich. Die Daten liefern jedoch wertvolle Informationen zu den stofflichen Verhältnissen im jeweiligen Einzugsgebiet.

Literatur zu B.3.:

Greif, A.; Klemm, W. (2010): Geogene Hintergrundbelastungen. – Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 10/2010, 264 S., http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4717_1.pdf

Greif, A.; Klemm, W. (2005): Ableitung von Referenzwerten geogener Hintergrundbelastungen für Schwermetalle in der Wasserphase sowie im schwebstoffbürtigen Sediment sächsischer Fließgewässer. – Abschlussbericht zum F&E-Vorhaben im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie Dresden, TU Bergakademie Freiberg

Greif, A.; Pälchen, W.; Rank, G.; Weidensdörfer, H. (2004): Geochemischer Atlas des Freistaates Sachsen, Teil 2: Spurenelementgehalte in Bachsedimenten. - Materialien zum Bodenschutz, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, 65 S.

Kardel, K.; Rank, G.; Pälchen, W. (1996): Geochemischer Atlas des Freistaates Sachsen, Teil 1: Spurenelementgehalte in Gesteinen. - Materialien zum Bodenschutz, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul

Hösel, G.; Tischendorf, G.; Wasternack, J. (1997): Erläuterungen zur Karte „Mineralische Rohstoffe Erzgebirge-Vogtland/ Krušné hory 1 : 100.000“, Karte 2: Metalle, Fluorit/Baryt – Verbreitung und Auswirkungen auf die Umwelt. – Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Sächsisches Oberbergamt, Freiberg

Pälchen, W.; Rank, G.; Berger, R. (1982): Regionale geochemische Untersuchungen an Gesteinen, fluviatilen Sedimenten und Wässern im Erzgebirge und Vogtland. – unveröff. Bericht, VEB Geol. Forschung und Erkundung, Freiberg

Rank, G.; Kardel, K.; Pälchen, W.; Weidensdörfer, H. (1999): Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 3: Bodenmessprogramm, Bodenmessnetz Raster 4 km x 4 km. - Materialien zum Bodenschutz, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Radebeul

Wasternack, J.; Tischendorf, G.; Hösel, G.; Kuschka, E.; Breiter, K.; Chrt, J.; Kominek, J.; Štemprok, M. (1995): Mineralische Rohstoffe Erzgebirge – Vogtland / Krušné hory, Karte 2: Metalle, Fluorit/Baryt – Verbreitung und Auswirkungen auf die Umwelt. – Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Bereich Boden und Geologie Freiberg, Czech Geological Survey Praha

C) Festlegung der abweichenden Umweltqualitätsnorm

Wenn die Prüfungen nach B) ergeben, dass eine Hintergrundkonzentration berücksichtigt werden muss, soll das 90-Perzentil der Verteilung der natürlich (geogen) vorkommenden Konzentrationen im Einzugsgebiet des zu beurteilenden Oberflächenwasserkörpers als abweichende Umweltqualitätsnorm mit Bezug Jahresmittelwert (JD-UQN) gelten.

Die Benutzung des Einzugsgebietes berücksichtigt, dass

- das an einer Messstelle zusammenlaufende Wasser eine Zusammenfassung der im Einzugsgebiet erfolgenden Belastungen enthält. Folglich bildet sich auch die Hintergrundkonzentration an der Messstelle aus den Hintergrundkonzentrationen im Einzugsgebiet.
- Hintergrundkonzentrationen nur an „nicht oder nur sehr gering durch menschliche Tätigkeiten beeinflussten“ Messstellen leicht direkt messbar sind. Dazu gehören zum Beispiel Quellen, nicht aber belastete Messstellen.

Vom Einzugsgebiet einer Messstelle können die Einzugsgebiete oberhalb von größeren Seen oder Talsperren ausgeschlossen werden. Diese sind Sedimentationsbecken, die nur einen geringen Anteil der Belastungen hindurch lassen.

Einzugsgebiete in den Nachbarstaaten haben sich in der bisherigen Diskussion über hohe Hintergrundkonzentrationen nicht als besonders relevant erwiesen und sollten aus Praktikabilitätsgründen weggelassen werden. Wenn es für einen Stoff konkrete Anzeichen von Hintergrundkonzentrationen, die die UQN überschreiten in Nachbarstaaten gibt, sind Untersuchungen analog den für Deutschland beschriebenen zu recherchieren.

Das bedeutet, dass

- das (maßgebende) Einzugsgebiet geographisch festzulegen ist.
- die Hintergrundkonzentrationen im Einzugsgebiet räumlich repräsentativ durch Zusammenfassung ähnlicher geologischer Einheiten/Formationen zu ermitteln sind.
- die JD-UQN in Regionen mit geogen bedingten Überschreitungen auf das 90-Perzentil der im Einzugsgebiet vorkommenden Werte festgelegt wird, wobei anthropogen beeinflusste Messpunkte auszuschließen sind.
- die zuständige Behörde prüft und legt aufgrund der beschriebenen Vorgehensweise eine UQN für den geogen beeinflussten OWK fest.

Anlage 1: Geochemischer Atlas (Entwurf 2006) - Statistische Werte für Deutschland (Mittel, Maximum, 90-Perzentil) für die OGewV-Elemente (Quelle: Birke et al., 2006; Birke, BGR, pers. Mitteilung, 2012)

Tabelle 1: Flussgebietsrelevante Schadstoffe (Ökologischer Status)

Nummer	CAS-Nr.	Stoff	Umweltqualitätsnorm		Konzentrationen des Geochemischen Atlas (2006)*		
					- in der Maßeinheit der UQN -		
			Wasserphase	Schwebstoff oder Sediment*	Median	90-Perzentil für Deutschland	Maximum
2	7440-38-2	Arsen		40 mg/kg*	8,4*	21,7*	676*
138	7440-47-3	Chrom		640 mg/kg*	70*	116*	1532*
142	7440-50-8	Kupfer		160 mg/kg*	16,1*	45,9*	512*
149	7440-66-6	Zink		800 mg/kg*	93,2*	267*	2020*
163	7782-49-2	Selen	3 µg/l		0,52	1,34	46,1
164	7440-22-4	Silber	0,02 µg/l		<0,002	0,05	0,044
166	7440-28-0	Thallium	0,2 µg/l		0,005	0,021	0,29

* UQN gilt für Fraktion <63 µm; für den Geochemischen Atlas (2006) wurde in Sedimenten die Fraktion <150 µm untersucht; siehe hierzu Text in B1

Tabelle 2: Prioritäre Stoffe Chemischer Status)

Nummer	CAS-Nr.	Stoff	Umweltqualitätsnorm	Konzentrationen des Geochemischen Atlas (2006)		
				µg/l		
			Wasserphase µg/l	Median	90-Perzentil	Maximum
6	7440-43-9	Cadmium	0,08-0,25 (0,45-1,5**)	0,02	0,124	17,4
20	743992-1	Blei	1,2 ¹⁾	0,11	0,38	7,01
21	743997-6	Quecksilber	(0,07**); Biota << HGW	<0,01	0,03	0,27
23	7440-02-0	Nickel	4 ¹⁾	3,39	7,24	81,8

Alle Umweltqualitätsnormen gelten für die Jahresdurchschnittswerte (JD-UQN), außer
 **) Umweltqualitätsnorm für die zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN);
 1) Novelle sieht für die Binnengewässer vor: bioverfügbarer Anteil

Die **Fettdrucke** in den Tabellen 1 und 2 markieren Überschreitungen der (kleinsten) UQN eines Stoffes.

Im Geochemischen Atlas liegen Werte flächendeckend interpoliert vor. Auf der Basis der Daten und Karten des Geochemischen Atlas 2006 kann das 90-Perzentil ab einer Einzugsgebietsgröße von 5.000 km² ermittelt werden, da nur durchschnittlich 13 Werte pro 5000 km² verfügbar sind. Wie Daten ergänzt oder eigenständige höher aufgelöste Datenkollektive ermittelt werden können, ist in den Abschnitten B.2 und B.3 erläutert.

Anlage 2: Geochemischer Atlas (Entwurf 2006) - Statistische Werte (Mittel, Maximum, 90-Perzentil) für die OGeV-Elemente nach Bundesländern (Quelle: Birke et al., 2006; Birke, BGR, pers. Mitteilung, 2012)

		a) Flussgebietsrelevante Schadstoffe (OGeV, Anlage 5; ökologischer Zustand)							b) Prioritäre Stoffe (OGeV, Anl.7, chemischer Zust.)			
Stoff		As	Cr	Cu	Zn	Se	Ag	Tl	Cd	Pb	Hg	Ni
Nummer		2	138	142	149	163	164	166	6	20	21	23
Einheit		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Deutschland	N	946	946	946	946	944	944	944	944	944	943	944
	Mittel	13,1	77,7	23,2	133	0,756	0,00223	0,0102	0,0813	0,195	0,0127	4,29
	Median	8,41	70,0	16,1	93,2	0,520	<0,002	0,00500	0,0200	0,110	<0,01	3,40
	Minimum	0,690	<3	1,81	6,47	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	0,0840
	Maximum	676	1530	512	2020	46,1	0,0440	0,290	17,4	7,01	0,270	81,8
	P90	21,7	116	45,9	267	1,34	0,00500	0,0210	0,125	0,380	0,0300	7,24
Baden- Württemberg	N	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
	Mittel	16,1	79,6	20,8	92,7	0,510	<0,002	0,00612	0,0141	0,0754	0,0114	3,23
	Median	10,0	77,5	18,2	85,6	0,325	<0,002	0,00300	0,0110	0,0295	<0,01	3,06
	Minimum	2,31	32,0	6,39	23,2	0,0300	<0,002	<0,002	0,00200	<0,005	<0,01	0,190
	Maximum	90,3	203	88,8	252	7,20	0,00600	0,0760	0,0590	1,05	0,0600	12,6
	P90	34,4	101	32,8	151	1,01	0,00200	0,0139	0,0290	0,198	0,0300	5,68
Bayern	N	171	171	171	171	171	171	171	171	171	170	171
	Mittel	11,6	83,2	22,7	98,4	0,414	<0,002	0,00681	0,0276	0,0770	0,0136	2,81
	Median	8,71	80,0	18,0	89,4	0,330	<0,002	0,00400	0,0140	0,0410	0,0100	2,69
	Minimum	1,50	10,0	1,81	8,54	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,005	<0,01	0,0840
	Maximum	57,1	467	512	395	2,84	0,0230	0,0510	0,380	0,700	0,100	11,7
	P90	21,7	108	33,7	154	0,826	0,00200	0,0150	0,0616	0,178	0,0300	4,56

	Stoff	As	Cr	Cu	Zn	Se	Ag	Tl	Cd	Pb	Hg	Ni
	Nummer	2	138	142	149	163	164	166	6	20	21	23
	Einheit	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Berlin	N	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Mittel	13,5	51,0	52,2	399	0,915	0,00500	0,00200	0,0165	0,445	0,0275	4,88
	Median	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Minimum	8,73	49,0	45,2	386	0,660	0,00500	<0,002	0,0140	0,390	<0,01	4,79
	Maximum	18,3	53,0	59,3	412	1,17	0,00500	0,00300	0,0190	0,500	0,0500	4,97
	P90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Brandenburg	N	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
	Mittel	7,91	69,5	22,7	122	0,811	0,00251	0,00425	0,0211	0,235	0,0257	4,90
	Median	6,75	50,0	15,9	97,3	0,730	<0,002	0,00300	0,0100	0,230	0,0100	3,93
	Minimum	1,12	23,0	4,55	23,7	0,210	<0,002	<0,002	0,00300	<0,005	<0,01	1,23
	Maximum	32,8	1530	99,2	467	2,11	0,00800	0,0240	0,130	0,550	0,220	45,9
	P90	15,1	71,6	47,5	263	1,51	0,00500	0,0104	0,0474	0,356	0,0720	7,34
Hessen	N	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
	Mittel	8,91	117	18,5	111	0,411	0,00208	0,00567	0,0299	0,0760	<0,01	2,38
	Median	7,80	88,5	14,6	94,6	0,335	<0,002	0,00300	0,0130	0,0370	<0,01	1,64
	Minimum	4,57	44,0	6,09	40,2	<0,02	<0,002	<0,002	0,00200	0,0100	<0,01	0,270
	Maximum	25,8	502	80,7	723	1,47	0,0440	0,0370	0,370	0,480	0,0200	17,8
	P90	13,4	247	35,7	178	0,765	0,00210	0,0153	0,0591	0,220	0,0100	5,22
Mecklenburg -Vorpommern	N	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
	Mittel	6,63	44,0	14,9	80,8	1,02	0,00307	0,00380	0,0163	0,273	0,0224	4,39
	Median	5,02	46,0	12,3	57,5	0,880	0,00300	0,00300	0,0120	0,230	0,0100	4,16
	Minimum	0,950	<3	2,20	6,47	<0,02	<0,002	<0,002	0,00400	<0,005	<0,01	2,02
	Maximum	33,5	68,0	61,6	647	5,24	0,00800	0,0120	0,0630	1,87	0,270	9,45
	P90	11,0	59,0	23,4	124	1,68	0,00500	0,00700	0,0350	0,440	0,0500	6,30

	Stoff	As	Cr	Cu	Zn	Se	Ag	Tl	Cd	Pb	Hg	Ni
	Nummer	2	138	142	149	163	164	166	6	20	21	23
	Einheit	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Nieder- sachsen	N	144	144	144	144	143	143	143	143	143	143	143
	Mittel	8,38	59,3	12,5	104	0,745	<0,002	0,0186	0,112	0,294	<0,01	5,49
	Median	6,56	56,0	9,60	70,2	0,560	<0,002	0,00900	0,0470	0,0890	<0,01	3,67
	Minimum	0,690	18,0	1,97	11,2	<0,02	<0,002	<0,002	0,00200	<0,005	<0,01	0,370
	Maximum	49,0	274	81,1	826	9,20	0,0150	0,270	1,14	7,01	0,0600	33,7
	P90	15,8	88,5	26,2	235	1,30	0,00300	0,0458	0,300	0,646	0,0200	12,3
Nordrhein- Westfalen	N	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
	Mittel	9,99	97,8	19,1	166	0,592	<0,002	0,0120	0,0756	0,202	<0,01	4,82
	Median	8,05	95,0	18,3	142	0,515	<0,002	0,00800	0,0385	0,0805	<0,01	3,06
	Minimum	2,20	12,0	2,13	22,8	0,0500	<0,002	<0,002	0,00300	<0,005	<0,01	0,230
	Maximum	70,3	195	79,7	755	2,32	0,0110	0,0770	0,670	4,05	0,0300	23,9
	P90	17,0	149	31,5	319	1,14	0,00330	0,0303	0,149	0,375	0,0100	13,5
Rheinland- Pfalz	N	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
	Mittel	13,9	98,9	22,2	149	0,697	<0,002	0,00815	0,0337	0,119	<0,01	2,92
	Median	11,6	106	15,3	139	0,410	<0,002	0,00400	0,0200	0,0550	<0,01	2,31
	Minimum	4,02	26,0	5,25	29,6	0,110	<0,002	<0,002	0,00300	<0,005	<0,01	0,640
	Maximum	97,7	157	119	477	7,11	0,00700	0,0600	0,200	0,950	0,0400	11,7
	P90	19,9	147	47,1	283	1,65	0,00400	0,0222	0,0876	0,276	0,0200	5,69
Saarland	N	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Mittel	14,3	122	29,7	209	0,446	<0,002	0,0121	0,0209	0,0442	0,0244	2,67
	Median	13,8	85,5	26,6	144	0,315	<0,002	0,00650	0,0135	0,0325	0,0200	1,73
	Minimum	9,05	32,0	13,1	84,1	0,240	<0,002	0,00200	0,00200	0,00600	<0,01	0,800
	Maximum	20,7	321	51,9	449	0,880	<0,002	0,0590	0,0910	0,170	0,0700	7,63
	P90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	Stoff	As	Cr	Cu	Zn	Se	Ag	Tl	Cd	Pb	Hg	Ni
	Nummer	2	138	142	149	163	164	166	6	20	21	23
	Einheit	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Sachsen	N	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
	Mittel	55,4	89,4	54,9	317	0,584	0,00385	0,0266	0,712	0,374	<0,01	7,98
	Median	18,4	81,5	43,2	261	0,415	0,00250	0,0110	0,104	0,300	<0,01	4,54
	Minimum	5,98	24,0	11,6	58,5	0,130	<0,002	0,00200	0,0150	0,0780	<0,01	1,64
	Maximum	676	203	204	1010	2,30	0,0180	0,290	17,4	1,35	0,0400	81,8
	P90	142	145	109	540	1,13	0,00820	0,0612	1,28	0,683	0,0100	14,3
Sachsen-Anhalt	N	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
	Mittel	17,5	72,8	50,9	258	1,07	0,00340	0,0126	0,0653	0,360	0,0113	5,61
	Median	11,0	65,5	37,0	156	0,755	0,00500	0,00550	0,0220	0,280	<0,01	4,45
	Minimum	2,45	29,0	6,22	40,6	0,0800	<0,002	<0,002	0,00300	0,0150	<0,01	0,830
	Maximum	151	249	231	2020	3,58	0,00600	0,170	1,11	2,78	0,190	19,0
	P90	32,0	94,2	141	475	2,40	0,00500	0,0287	0,151	0,535	0,0200	10,4
Schleswig-Holstein	N	66	66	66	66	65	65	65	65	65	65	65
	Mittel	7,60	49,3	11,9	86,3	0,834	0,00286	0,00774	0,0425	0,122	<0,01	4,09
	Median	5,33	47,5	9,73	66,9	0,710	<0,002	0,00500	0,0220	0,0580	<0,01	3,63
	Minimum	1,26	11,0	2,11	18,0	<0,02	<0,002	<0,002	0,00400	<0,005	<0,01	1,38
	Maximum	49,1	88,0	34,5	333	2,61	0,0400	0,0570	0,520	1,66	0,0200	9,80
	P90	14,6	68,6	25,0	175	1,46	0,00380	0,0178	0,0994	0,260	0,0140	7,40
Thüringen	N	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Mittel	15,3	105	44,4	198	2,74	0,00383	0,0123	0,0543	0,334	0,0214	4,68
	Median	10,4	83,5	39,0	177	0,870	<0,002	0,00800	0,0370	0,325	0,0200	4,11
	Minimum	5,19	38,0	12,7	59,3	0,170	<0,002	0,00300	0,0140	0,0110	<0,01	1,11
	Maximum	64,0	305	100	582	46,1	0,0230	0,110	0,240	0,590	0,0700	23,9
	P90	32,8	218	85,9	340	2,66	0,0104	0,0197	0,0985	0,500	0,0400	7,42

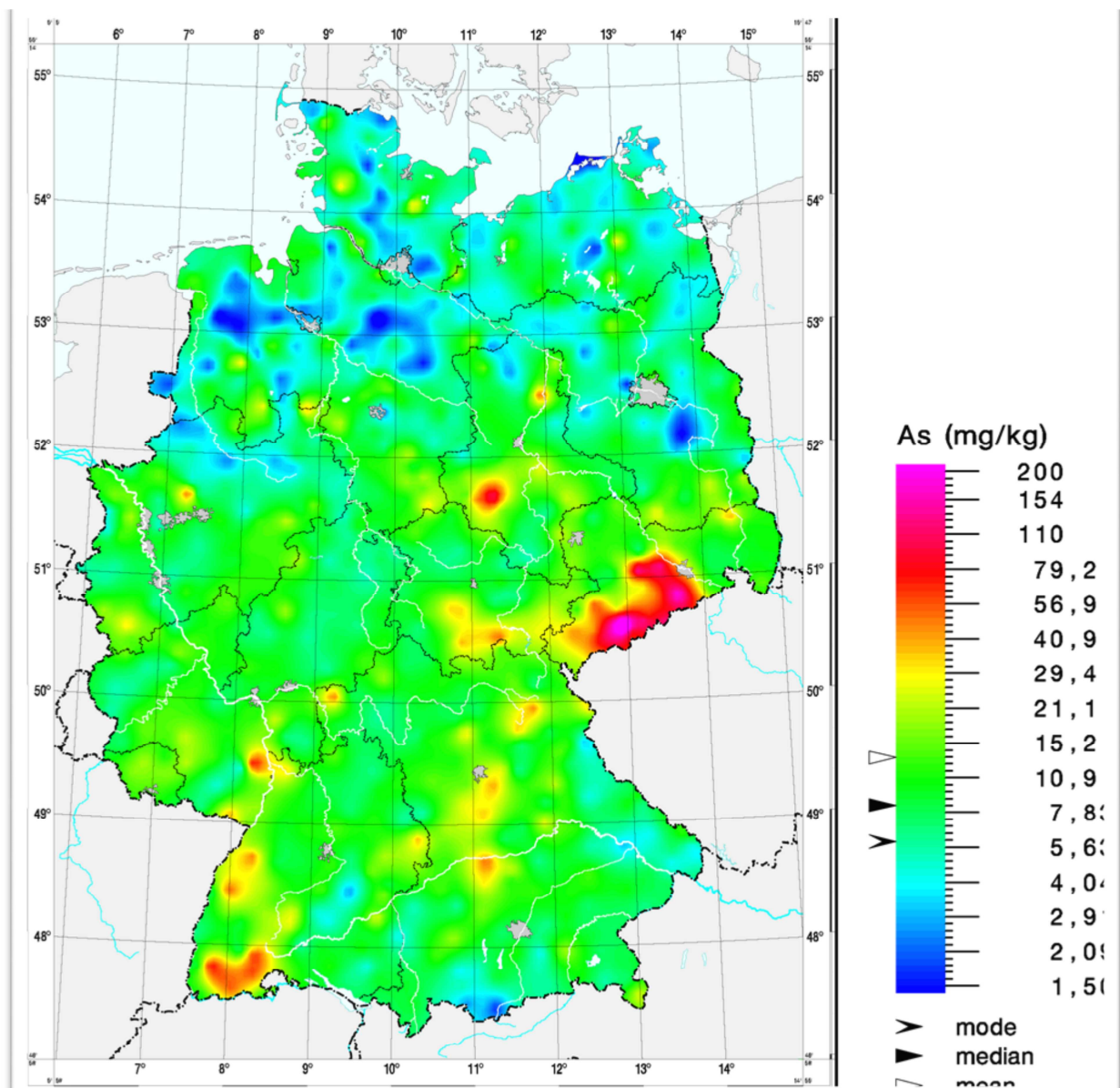
Hinweis: Es wurden keine Proben auf dem Territorium der Bundesländer Hamburg und Bremen entnommen.

Anlage 3: Geochemischer Atlas (Entwurf 2006) - Karten und Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen für die OGeV-Elemente (Quelle: Birke et al., 2006; Birke, BGR, pers. Mitteilung, 2012)

Erst nach Abschluss der Arbeiten und der Veröffentlichung des Atlas in 2014 werden auch Auswertungen und Karten für Selen, Thallium und Nickel enthalten sein.

Arsen (UQN 40 mg/kg in der < 63 µm Fraktion)

Karte (< 150 µm Fraktion)



Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen (Textauszug aus Birke et al., 2006)

Die Arsenanreicherungen in den Bachsedimenten Deutschlands haben ihre Hauptursachen im Auftreten von arsenführenden Mineralisationen (polymetallische und Zinn-Wolfram-Mineralisationen und BiCoNi-Mineralisation) sowie geogenen Gesteinsspezialisierungen und im anthropogenen Eintrag durch Emissionen aus dem alten und rezenten Bergbau und Industrieanlagen.

Arsengehalte in fluviatilen Sedimenten und Böden

Untersuchungsmedium	Statistische Maßzahlen (in mg/kg)		
	Median	Minimum	Maximum
Bachsedimente Ostdeutschland (BIRKE et al. 1995)	19,0	< 15,0	5.475,0
Elbsedimente 1998 (PRANGE u.a. 2000)	44	23	170
Oberboden, Stadtböden Berlin, Innenstadt (BIRKE & RAUCH 2000)	3,9	0,17	126,0
Oberboden, Stadtböden Berlin, Umland (BIRKE & RAUCH 2000)	2,9	0,45	58,6
Oberboden, Schöneiche/Mittenwalde (BIRKE et al. 2003)	1,6	0,51	44,8

Die milieubedingte Anreicherung durch Adsorption an Fe- und Al-Hydroxide lässt sich in den Bachsedimenten auf Grund der sehr geringen Probenahmedichte nur untergeordnet nachvollziehen. Lediglich im Bereich zwischen Greiz und Schleiz im Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirge lassen sich Korrelationen von Arsenanreicherungen mit erhöhten Mn-, Co-, Ni- und Zn-Gehalten nachweisen, die als möglicher Hinweis für milieubedingte Anreicherungen an Fe-Mn-Hydroxidfällungen zu werten sind. Die geogenen (mineralisationsbedingten) Einflussfaktoren werden durch die hohe positive Korrelation zwischen As und den metallogenen Elementen Sn, W und Bi bestätigt.

Das wichtigste Metallotekt des Harzes, die Südsüdwest-Nordnordost streichende Unterharzer Erzzone, wird durch anomale Arsenkonzentrationen > 50 mg/kg (Kontrast > 5) charakterisiert. Die Lage der postgranitischen Arsenanomalie bildet den flach nach Südwest abtauchenden Ramberggranit ab und bestätigt damit die Aussagefähigkeit des Elements Arsen für die geochemische Tiefenprospektion. Diese ursprünglich mineralisationsbedingten Anomalien sind anthropogen durch den ehemaligen Bergbau auf den herzyn streichenden Mineralgangsystemen und im Bereich des Kupferschieferbergbaus am Südostrand des Harzes (nördlich und westlich Sangerhausen) verstärkt worden. Lediglich durch schwach erhöhte Arsenkonzentrationen ≥ 20 mg As/kg werden die Ganglagerstätten im Oberharz (Bad Grund, St. Andreasberg, Bad Lauterberg) sowie die Baryt- und Pb-Zn-Vorkommen des Rammelsberges bei Goslar abgebildet.

Die flächenhaften Anreicherungen > 130 mg As/kg im Erzgebirge belegen die an die Granite gebundenen Mineralisationen der ost- und westerzgebirgischen Teilplutone sowie die anthropogene Überprägung durch den alten und rezenten Bergbau auf Pb-Zn-, Sn-, W- und U-

Vorkommen und die über Jahrhunderte währende Verhüttung von Erzen. Das Element Arsen tritt sowohl in Zinnvererzungen (Altenberg, Geyer, Ehrenfriedersdorf, Gottesberg, Mühlleiten) als auch in den sulfidischen Pb-Zn-Ag-Mineralisationen (Freiberg, Annaberg) und als charakteristisches Begleitelement in der so genannten Bi-Co-Ni-Formation im Zusammenhang mit dem Uranerzbergbau (Schneeberg, Aue, Schwarzenberg, Johanngeorgenstadt) auf.

Die Verteilung anomaler Arsengehalte > 100 mg As/kg in den Bachsedimenten verhält sich zu den Arsenanreicherungen in den Moosen der Region (SIEWERS & HERPIN 1998) deckungsgleich und weist auf eine großflächige anthropogene Belastung durch die metallurgische Verarbeitung der polymetallischen und Sn-W-Erze (insbesondere Raum Freiberg, Ehrenfriedersdorf, Geyer) hin. Die anomalen mineralisationsbedingten Arsengehalte in den Bachsedimenten des Raumes Freiberg werden anthropogen durch immissionsbedingte Belastungen der Erzverhüttung und -verarbeitung verstärkt. Im Westerzgebirge bilden die kontrastreichen Arsenanomalien (Abb.) ein anthropogenes flächenhaftes Belastungsmaximum (Hüttenemission) bis 676 mg As/kg, das geogen sowohl durch die schichtgebundenen polymetallischen Mineralisationen und arsenführenden Uranerzgänge (Schneeberg, Schwarzenberg, Johanngeorgenstadt, Oberwiesenthal) als auch durch die arsenkiesführenden Mineralisationen der Sn-W-Vererzungen (Ehrenfriedersdorf) verursacht wird.

Im Bereich des Thüringer Waldes treten erhöhte Arsengehalte im Zusammenhang mit strukturell kontrollierten spätvariszischen Mn- und Fe-Mn-Erzgängen und mit postvariszischen Fluorit-Baryt-Mineralisationen westlich von Ilmenau sowie im Verbreitungsgebiet der paläozoischen Vulkanite und ordovizischen Tonschiefer auf. Die erhöhten Arsengehalte im Bereich der Schwarza und Zopte indizieren den Einfluss des historischen Bergbaus. Die mineralisationsbedingten Arsenanreicherungen entlang des Nordrandes des Thüringer Waldes und des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges stehen z. B. im Gebiet Saalfeld im Zusammenhang mit den Rückenvererzungen des Haussachsener Gangzuges bzw. mit den an der Basis zwischen Kulm und Zechsteinauflagerung auftretenden eisenhaltigen Zechsteinkalken. Im Bereich der Frankenwälder Zone bilden erhöhte Arsengehalte den südlichen Kontakthof des Henneberggranits ab. Durch schwach erhöhte Gehalte bis zum Zweifachen des Untergrundes werden die Verbreitungsgebiete der Vulkanite und Rotliegendensedimente im Saar-Nahe-Bergland, im Westerwald und im Bergisch-Sauerländischen Gebirge indiziert.

Die schwachen Arsenerhöhungen im Saar-Nahe-Gebiet werden durch die Pb-Zn-Cu-Mineralisationen und die sedimentären Kieslagervorkommen verursacht. Im Spessart markieren die Gehaltszunahmen die bekannten Schwerspatvorkommen (Neuhütten, Bieber: Eisenerzvorkommen). Das Verbreitungsgebiet der Keupersandsteine zwischen Nürnberg und Stuttgart wird ebenfalls durch erhöhte Arsenkonzentrationen (bis 30 mg As/kg) abgebildet.

Die Arsenerhöhungen im westlichen Fichtelgebirge indizieren im Bereich Brandholz-Goldkronach die Mineralisationen der Gold/Quarz-Gänge (Au-As, Au-Sb).

Die flächenhafte Zunahme der Arsengehalte südwestlich von Köln (> 20 mg As/kg) wird mit der schichtgebundenen Pb-Zn-Lagerstätte Mechernich-Maubach in Verbindung gebracht, die durch ein lokales Maximum hervorgehoben wird.

Weitere kontrastreiche mineralisationsbedingte Arsenanomalien treten im Zusammenhang mit den Mineralisationen der Nordschwarzwälder Granite (Grube Clara, Käfersteige: Fluorit-

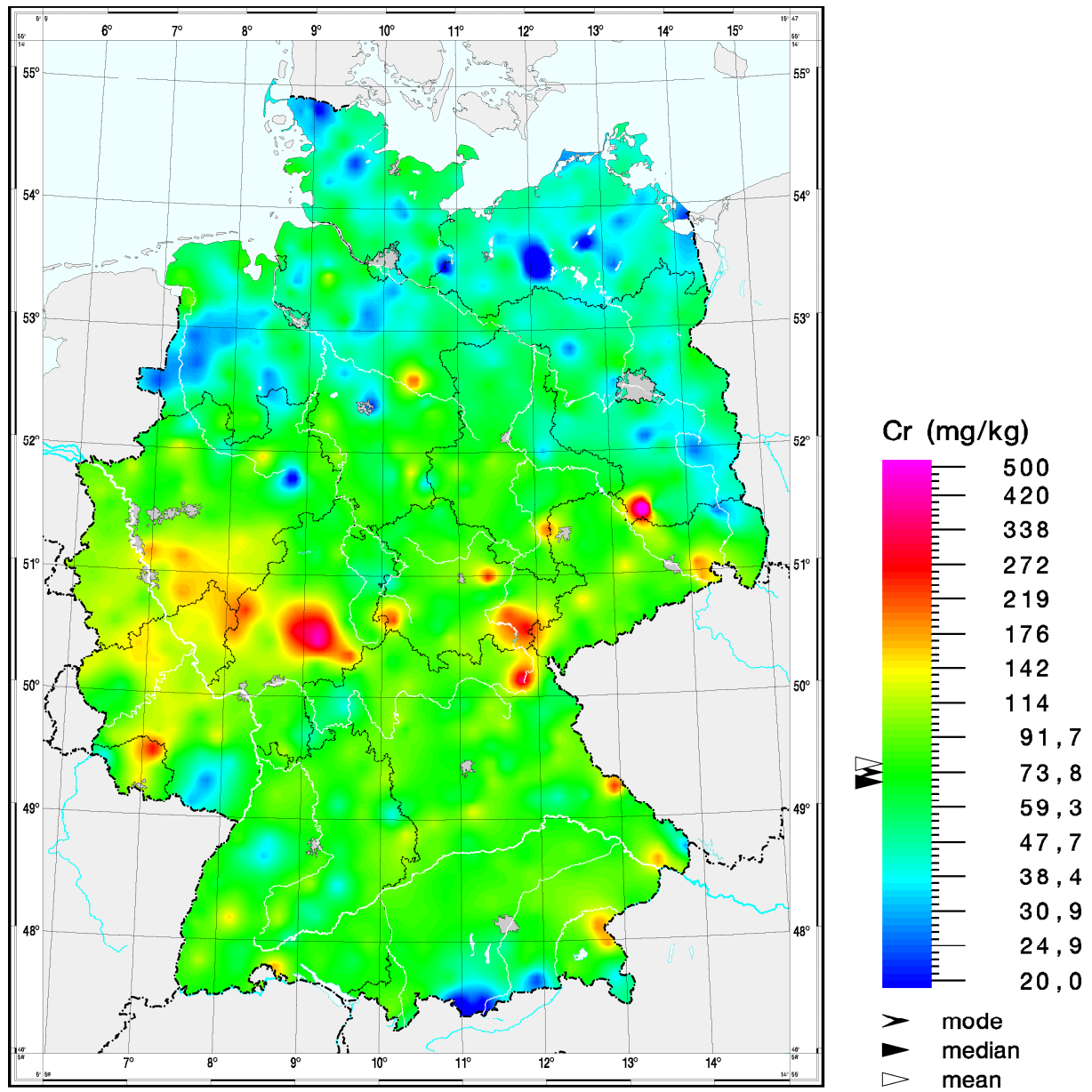
Baryt-Mineralisation) bei Oberkirch und Nordrach auf und bilden flächenhaft auch die postvariszischen Mineralisationen der Granite des Südschwarzwaldes ab (Fluorit-Baryt-Vorkommen im Münsterthal, Pb-Zn-Cu-Erzgänge: Schauinsland, Uranvorkommen und Ni-Cu-Erze: Menzenschwand).

Als anthropogen bedingte Arsenerhöhung ist ein lokaler Bereich in der Elbtalniederung südlich Tangermünde (Zufluss) sowie ein Gebiet unmittelbar westlich Ludwigshafen (Kraftwerke, chemische Industrie, Fahrzeug- und Maschinenbau, Zementwerk, Papierindustrie) zu werten.

Die Arsenanomalie im Mündungsgebiet des Lechs in die Donau weist auf Grund der hohen $C_{org.}$ -Gehalte auf eine mögliche Bindung an organisches Material hin.

Chrom (UQN 640 mg/kg in der < 63 µm Fraktion)

Karte (< 150 µm Fraktion)



© –BGR Hannover, 2006

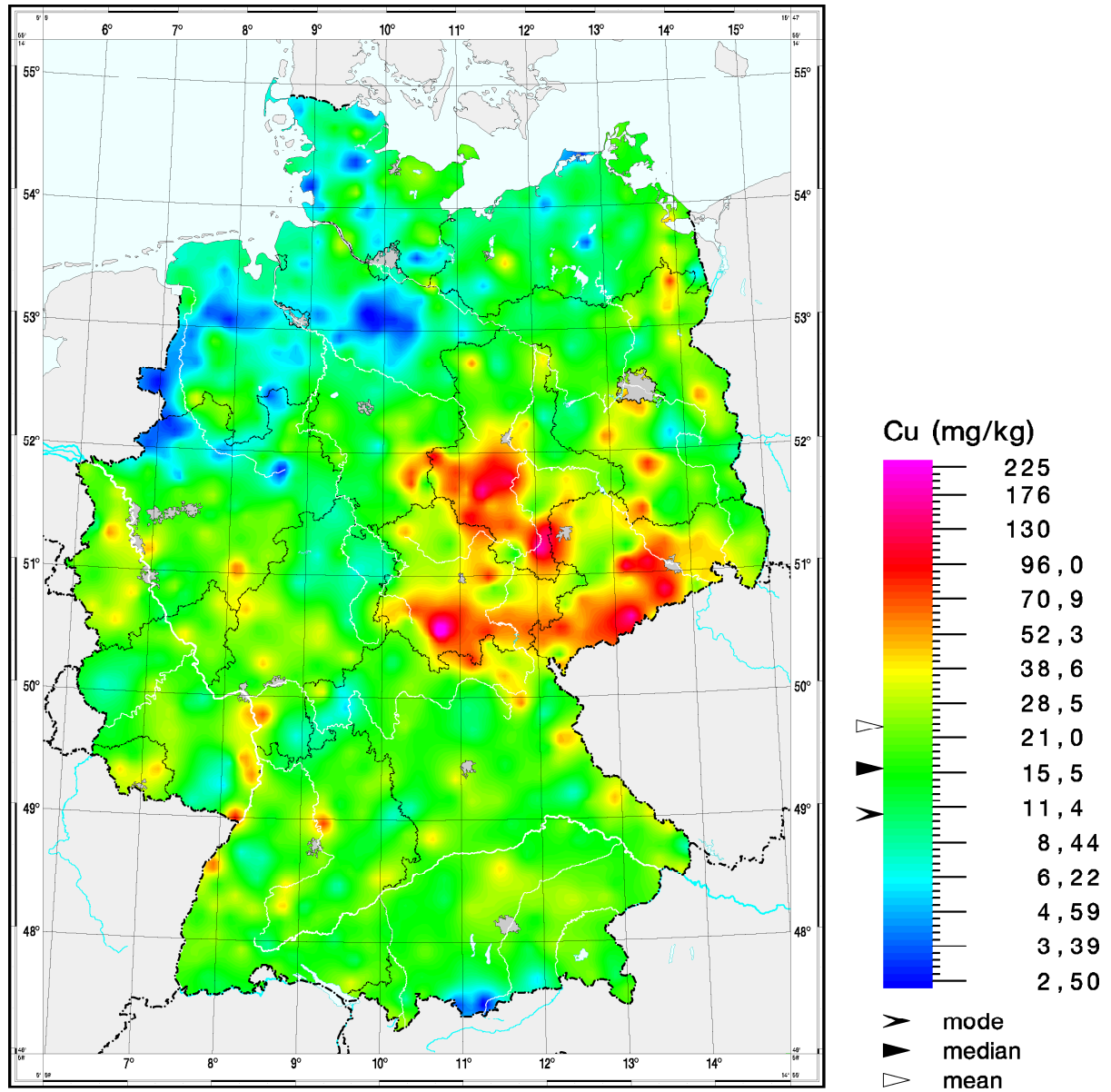
Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen (Textauszug aus Birke et al., 2006)

Maximalkonzentrationen sind vor allem dort anzutreffen, wo Basalte oder deren metamorphe Äquivalente im Einzugsgebiet auftreten, wie dies z. B. für den Vogelsberg, aber auch für die im osthessischen Bergland gelegene Rhön gilt. Am Vogelsberg treten gleichzeitig auch erhöhte Lösungskonzentrationen im Oberflächenwasser auf. Weitere Maximalgehalte korrelieren räumlich mit der Verbreitung basischer Gesteine, so z. B. paläozoischen Vulkaniten in den Tonschiefern des Vogtlandes und metamorphen Gabbros (Eklogite) im Gneiskomplex des Thüringisch-Fränkischen Mittelgebirges. Das Rheinische Schiefergebirge und die Eifel mit mächtigen Tonschiefer-, Tonstein- sowie Siltstein-Serien mit eingeschalteten Basalten bzw. Spiliten zeichnen sich durch deutlich erhöhte Untergrundkonzentrationen (≥ 120 mg Cr/kg) ab. Die Vulkanite im Rotliegendbecken der Saar führen ebenfalls zu deutlich erhöhten Gehalten.

Lokal begrenzte Maxima nordöstlich von Hannover (östlich von Celle), südwestlich von Doberlug-Kirchhain in der Niederlausitz sowie östlich von Merseburg und bei Bad Schandau im Elbtal deuten auf mögliche anthropogene Einflussfaktoren hin (industrielle Einleitungen). Die Umweltqualitätsnorm wird lediglich in einer Bachsedimentprobe südwestlich von Doberlug-Kirchhain (Kleine Elster) überschritten. Nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (2002) weisen beispielsweise die Überflutungssedimente von Elbe und Rhein z. T. deutlich erhöhte Chromgehalte auf, die aus der Akkumulation anthropogener Einleitungen sowie einer Bindung an organische Substanz stammen.

Kupfer(UQN 160 mg/kg in der < 63 µm Fraktion)

Karte (< 150 µm Fraktion)



© –BGR Hannover, 2006

Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen (Textauszug aus Birke et al., 2006)

In den Bachsedimenten reichert sich Kupfer in der Feinfraktion an und kommt adsorptiv an Fe- und Mn-Hydroxide und an Tonminerale sowie organische Substanz gebunden vor. Ähnlich wie das Element Zink wird auch Cu bei seiner Nutzung technogen dispergiert und zählt in der Bachsedimentgeochemie zu den Indikatorelementen für anthropogene Beeinflussung (Zivilisationselement).

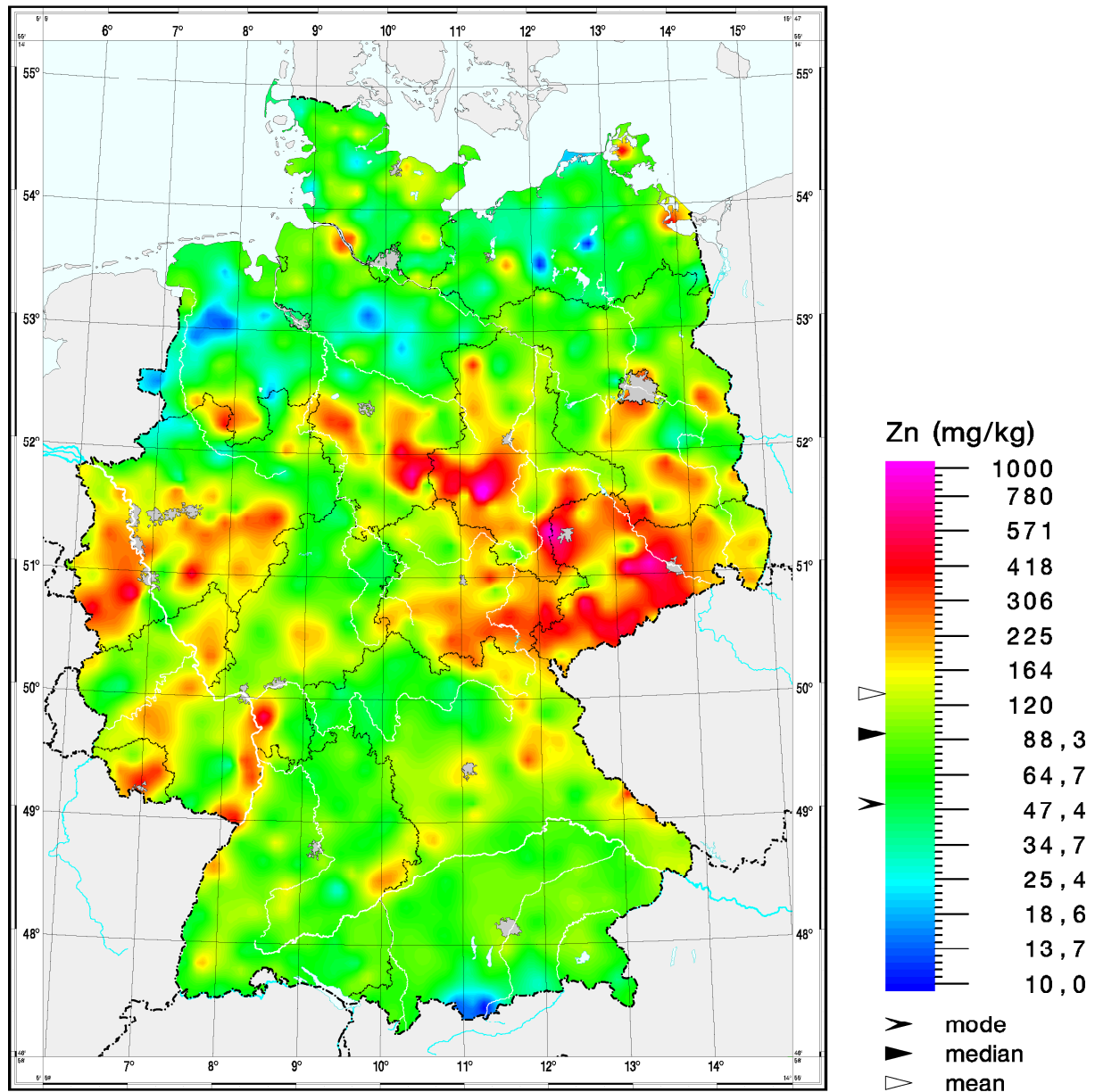
Eine Erhöhung der Untergrundgehalte wird vor allem für die Grundgebirgsregionen Ostdeutschlands sichtbar. Über den Verbreitungsgebieten des Tertiärs, des Lias, des Perm sowie des Karbon und insbesondere des Ordoviziums, des Kambriums, und der Paläozoischen Vulkanite treten z.T. deutliche Untergrunderhöhungen auf, während die Bachsedimente des Känozoikums, des Pleistozäns, des Silurs und der unteren Trias Verarmungen gegenüber dem Medianwert Deutschlands aufweisen. Die Zechsteinsedimente weisen die höchste Spannweite und dementsprechend auch einen deutlich erhöhten Median auf.

Flächenhaft anomale Kupfergehalte (> 40 mg/kg) haben große Teile des Erzgebirges und der Elbtalzone sowie des Unterharzes einschließlich von Teilen des östlichen und südöstlichen Harzvorlandes (Sangerhäuser und Mansfelder Mulde), der Leipziger Tieflandsbucht sowie des Thüringer Waldes, des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges und des Vogtlandes. Innerhalb dieser liegen kontrastreiche Gehaltsmaxima im Bereich der Bergbau-altlasten zwischen Hettstedt, Mansfeld und Sangerhausen (bis 12 mg/kg) sowie in den industriell (technogen) beeinflussten Gebieten westlich von Bernburg (bis 152 mg/kg) und im Raum Merseburg-Weißenfels (bis 231 mg/kg). Neben den Gehaltsmaxima im Erzgebirge (bis 200 mg/kg) markieren anomale Konzentrationen auch die Gebiete zwischen Waldheim und Radebeul (bis 167 mg/kg) sowie südlich von Dippoldiswalde (bis 156 mg/kg).

Im letztgenannten Bereich des Osterzgebirges dürften die mineralisationsbedingten Ursachen (kupferführende Quarz-Sulfid-Assoziation) anthropogen durch Industrieemissionen und Altbergbau überprägt worden sein. Die Anomalien bei Waldheim sowie im Raum Radebeul und Meißen sind anthropogen verursacht. Im zuletzt genannten Bereich sind Kupfermineralisationen im Zusammenhang mit dem Syenitkomplex von Meißen bekannt (am Kupferberg südöstlich von Großenhain).

Zink (UQN 800 mg/kg in der < 63 µm Fraktion)

Karte (< 150 µm Fraktion)



© –BGR Hannover, 2006

Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen (Textauszug aus Birke et al., 2006)

Das regionale Verteilungsbild von Zink wird überwiegend von Mineralisationsindikatoren und anthropogenen Einflussfaktoren geprägt, wobei auch Hinweise auf Milieuanreicherungen vorliegen. Insbesondere in Ostdeutschland zeigt die Verteilung erhöhter und anomaler Gehalte große Ähnlichkeit mit dem Element Kupfer, während im Rheinischen Schiefergebirge und in den Niedersächsischen Börden Korrelationen mit flächenhaften Cadmiumanreicherungen veranschaulicht werden. Im Vergleich zu der häufig lokalen Zinkanreicherung in den

Bachwässern konzentrieren sich erhöhte und anomale Gehalte in den Bachsedimenten flächenhaft verteilt in zahlreichen Regionen, insbesondere in den historischen Bergbaurevieren des Erzgebirges, des Harzes und des Rheinischen Schiefergebirges.

Zinkgehalte in fluviatilen Sedimenten

Untersuchungsmedium	Statistische Maßzahlen (in mg/kg)		
	Median	Minimum	Maximum
Bachsedimente Süden Ostdeutschlands (BIRKE et al. 1995)	147,0	1,0	7.390

Flächenhaft anomale Zinkkonzentrationen (> 200mg Zn/kg) bilden große Teile des Erzgebirges und der Elbtalzone sowie des Harzes und seines östlichen Vorlandes, der Leipziger Tieflandbucht, des Thüringer Waldes, des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges, des Vogtlandes, des links- und rechtsrheinischen Schiefergebirges (Bergisch-Sauerländischen Gebirges, Niederrheinische Bucht), des Nördlichen Oberrheintieflandes, des Pfälzisch-Saarländischen Stufenlandes und z. T. des Hunsrück ab.

Die anomalen Gehalte (bis 541 mg Zn/kg) im Erzgebirge treten im Zusammenhang mit den Blei-Zink-Vererzungen der spätvariszischen Quarz-Sulfid-Assoziation im Bereich der Bergbaureviere Geyer, Marienberg, Annaberg sowie Brand Erbsdorf, Altenberg und südlich von Dippoldiswalde auf. Diese ursprünglich mineralisationsbedingten Einflussfaktoren haben einen deutlichen Untergrundgehalt für die Erzgebirgsregion verursacht, der durch den historischen Bergbau und die Verhüttung intensiv technogen überprägt wurde (Bergbauhalten, Industrieemissionen).

Die Zinkmaxima zwischen Waldheim (bis 1.010 mg Zn/kg), Meißen (930 mg Zn/kg) und Radebeul korrelieren mit anomalen Kupfer- und Cadmiumgehalten und sind vermutlich überwiegend anthropogen bedingt, obwohl mineralisationsbedingte Einflüsse durch die spät- und postvariszischen Gangmineralisationen (Cu-As-Au, Sb-Pb-Zn-Ag, Pb-Zn, Ba) im Granulitgebirge nicht auszuschließen sind. Deutlich erhöhte Gehalte markieren einen Bereich entlang der Lausitzer Überschiebung, die auf eine strukturelle Kontrolle dieser Mineralisationsindikationen hinweisen. Die Zinkkonzentrationen zwischen Großenhain und Radeberg schwanken zwischen 380 und 420 mg Zn/kg und werden anthropogen durch lokale Industrieemissionen (z. B. das Gebiet Weixdorf-Radeberg) beeinflusst. Im Freiburger Lagerstättenrevier (Pb-Zn-Ag) liegen die Zinkgehalte zwischen 220 bis 350 mg Zn/kg und werden durch Industrieemissionen (Verhüttung, Metallverarbeitung, Bergbau) verstärkt.

Im Westteil des Oberlausitzer Hügellandes überwiegen mittlere bis schwach erhöhte Gehalte (200 bis 300 mg Zn/kg) in den Bachsedimenten. Die bereits im Rahmen der *Regionalen Geochemischen Prospektion Ostteil Lausitz* (MÜLLER u.a. 1985) beobachteten Zinkanomalien werden mit deutlich erhöhten Gehalten (≥ 150 mg Zn/kg) bestätigt (strukturbedingte Mineralisationsindikatoren, Verbreitung von Basitgängen).

Die anomalen Zinkgehalte im Großraum Leipzig (bis 1.180 mg Zn/kg bei Merseburg) sind technogen verursacht (Industrieimmissionen durch Ballungszentrum, Braunkohlerevier, Chemieindustrie, metallverarbeitende Industrie, Elektroindustrie, Großfeuerungsanlagen). Die Gehalte im immissionsbelasteten Gebiet der Dübener Heide erreichen Werte bis 600 mg

Zn/kg. Insgesamt wird das Elbe-Mulde-Tiefland durch überwiegend erhöhte Konzentrationen (≥ 200 mg Zn/kg) charakterisiert. Die flächenhaft erhöhten Zinkgehalte im Bereich des Lausitzer Becken- und Heidelandes (Industrieemissionen, Großfeuerungsanlagen, Truppenübungsplätze) korrelieren mit erhöhten Eisen- und z.T. Mangankonzentrationen sind ebenso wie die erhöhten Bereiche südlich, unmittelbar nördlich und östlich von Berlin (Rieselfeldflächen, Ballungsraumemissionen, metallverarbeitende Industrie, chemische Industrie, Zementindustrie, Großfeuerungsanlagen) anthropogen verursacht, was durch nachgewiesene AOX-Anomalien in diesen Bereichen bestätigt wird. Die lokalen Anreicherungen z. B. im Bereich von Auenterrassen (Abb.) an die organische Substanz oder Eisen- und Manganhydroxidfällungen können zusätzlich eine milieubedingte Gehaltszunahme verursachen.

Die erhöhten Zinkgehalte am Nord- und Südrand des Thüringer Waldes sowie am Nordrand des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges (190 bis 340 mg Zn/kg) lassen sich auf den Kupferschieferausbiss zurückführen. Lokale Einflüsse durch kommunale Einleitungen (z. B. Großbreitenbach: 249 mg Zn/kg) können dabei nicht ausgeschlossen werden.

Ähnlich wie beim Blei werden die anomalen Zinkgehalte im Oberharz durch die Pb-Zn-Erzlagerstätten bei Goslar (bis 475 mg Zn/kg) sowie den Bergbau und die Verhüttung verursacht. Die Immissionsaureole der 1968 stillgelegten Clausthaler Hütten reicht beim Element Zink in seiner Ost-West-Erstreckung bis nach Derenburg (438 mg Zn/kg) nordöstlich von Wernigerode. Erhöhte Konzentrationen treten im Raum Hettstedt (143 mg Zn/kg) im Zusammenhang mit dem ehemaligen Kupferschieferbergbau auf. Das Gehaltsmaximum bei Meisdorf (2.020 mg Zn/kg) korreliert mit anomalen Pb-, Ag-, As-, Cd-, Co-, Mn-, Hg- und Sb-Gehalten (Kontrastwerte $> 5,0$) und repräsentiert den Einfluss des historischen Bergbaus und der Mineralisationen des Harzgeröder Reviers sowie zusätzlich anthropogene Einflüsse durch Ortseinleitungen. Auf anthropogene Einflussfaktoren deuten auch die erhöhten bis anomalen Konzentrationen (200 bis 450 mg Zn/kg) zwischen Magdeburg, Egel, Schönebeck und westlich von Bernburg hin (Industrieemissionen, ehemaliger Militärflugplatz, Kochstedt, metallverarbeitende Industrie, Großfeuerungsanlagen, Ortseinleitungen). Für die Zinkanomalien auf Rügen (650 mg Zn/kg) sowie auf Usedom 530 mg Zn/kg) und südöstlich von Schwerin (290 mg Zn/kg) kommen sowohl anthropogene (Ortsabgänge, Deponieeinflüsse) als auch milieubedingte Ursachen (organikreiche Bachsedimente) in Frage. Lokal erhöhte Zinkgehalte markieren den Bereich der Erdgaslagerstätte Salzwedel-Peckensen (400 mg Zn/kg) und korrelieren mit erhöhten Cu-, Hg-, Cd-, C_{org} - und schwach erhöhten Pb-Gehalten, die insgesamt auf komplexe Ursachen hinweisen.

Die erhöhten und anomalen Zinkkonzentrationen südwestlich von Hannover (bis 390 mg Zn/kg) sowie am Hüggel bei Osnabrück (bis 460 mg Zn/kg) markieren oolithische und metasomatische Eisenerzvorkommen und korrelieren mit erhöhten Cadmiumgehalten sowie z. T. C_{org} -Gehalten und werden ebenfalls durch sich überlagernde Einflussfaktoren (mineralisationsbedingte, anthropogene, milieubedingte) verursacht. Für die Zinkerhöhungen östlich von Hannover können überwiegend anthropogene Einflüsse angenommen werden (Industrieemissionen).

Flächenhafte Zinkanomalien bilden im links- und rechtsrheinischen Schiefergebirge die Buntmetallvererzungen (Pb-Zn, Hg, Pb-Zn-Cu, Pb-Ag) und Lagerstätten (Iserloh-Schwelm, östlich Bensberg-Lüderich, Arnsberg, Ramsbeck, Brilon, Düren, Mechernich-Maubach, Aachen-Stollberger Revier, Bad Ems, Montabour, Tellig, Lintorf, Bleialf) ab und sind zusätz-

lich anthropogen durch den Altbergbau und die Hüttenemissionen überprägt. Ähnliche Ursachen bewirken auch die Zinkerhöhungen im Hunsrück.

Überwiegend anthropogen dürften die Zinkerhöhungen (bis 450 mg Zn/kg) im Raum Saarbrücken und westlich von Karlsruhe angesehen werden, obwohl in diesen Bereichen auch Blei-Zink-Mineralisationen bekannt sind (Wallerfangen, Bobenthal).

Im Schwarzwald markieren erhöhte Zinkgehalte (bis 250 mg Zn/kg) die Umgebung der Lagerstätte Schauinsland sowie der Mineralisationen im Münstertal, bei Oberkirch und bei Wolfach-Wittichen (Co, Ni, As, Bi). Die anomalen Zinkkonzentrationen (bis 700 mg Zn/kg) im nördlichen Oberrheintiefland sind auf anthropogene Ursachen (Industrieemissionen, Kraftwerksanlagen, Ballungszentren) zurück zu führen (Abb.). Auch die lokale Zinkanomalie (bis 360 mg Zn/kg) nördlich von Stade, die mit schwach erhöhten PCDD/F-Konzentrationen korreliert, weist auf überwiegend anthropogene Ursachen hin (Industrieemissionen, Buntmetallhütte).

Das Vulkangebiet am Vogelsberg wird in den Bachsedimenten durch erhöhte Zinkgehalte (lithologisch bedingte) abgebildet. Lokale mineralisationsbedingte Anomalien treten bei Sulzbach westlich von Nürnberg (As-Pb-Zn) und bei Heideck (Barytgänge) südlich von Nürnberg auf, für die eine anthropogene Beeinflussung (Industrieemissionen) ebenso wie für die erhöhten Gehalte in der unmittelbaren Umgebung des Ballungsraumes Nürnberg (Maschinenbau, metallverarbeitende Industrie, Zementindustrie, Elektrotechnik, Papierindustrie) nicht ausgeschlossen werden kann.

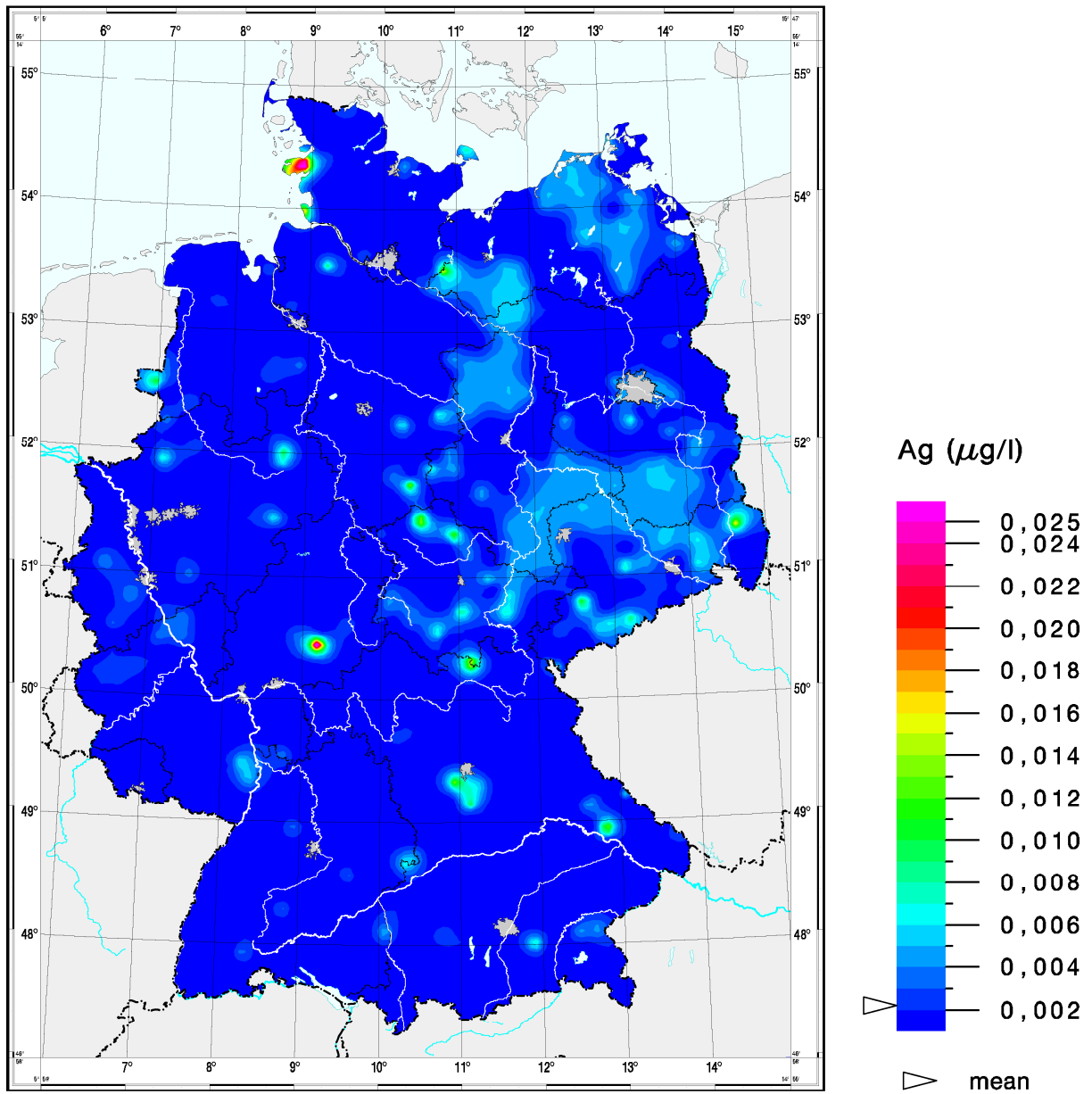
Die erhöhten Gehalte bei Erbdorf (Pb-Ag, Pb-Zn-Cu-Ag) sowie bei Freihung (Pb-Zn), Weiden (Li) und Kupferberg (Cu, Zn, Pb, Bi, Ni, Sb, As) in Oberfranken markieren die dort bekannten Gangmineralisationen und Erzlagerstätten. Für die Zinkerhöhung im Frankenwald sind lithologische bedingte (Schwarzschiefer, Basite) Ursachen anzunehmen (FAUTH u.a. 1985).

Erhöhte Zinkkonzentrationen bilden die Blei-Zink-Vererzungen von Lam und bei Bodenmais im Bayerischen Wald ab (bis 395 mg Zn/kg).

Die flächenhaften Zinkerhöhungen nördlich und nordöstlich von Ulm sowie bei Heidenheim im Bereich des Nördlinger Ries (möglicher Hinweis auf die geochemische Spezialisierung des tieferen Grundgebirges) sind vermutlich anthropogen bedingt (Industrieemissionen, Zementindustrie, metallverarbeitende Industrie, Fahrzeugbau, Großfeuerungsanlagen), was auch durch die erhöhten MKW-, PAK- und PCDD/F-Gehalte in diesen Regionen bestätigt wird.

Silber (UQN 0,02 µg/l)

Karte



© –BGR Hannover, 2006

Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen (Textauszug aus Birke et al., 2006)

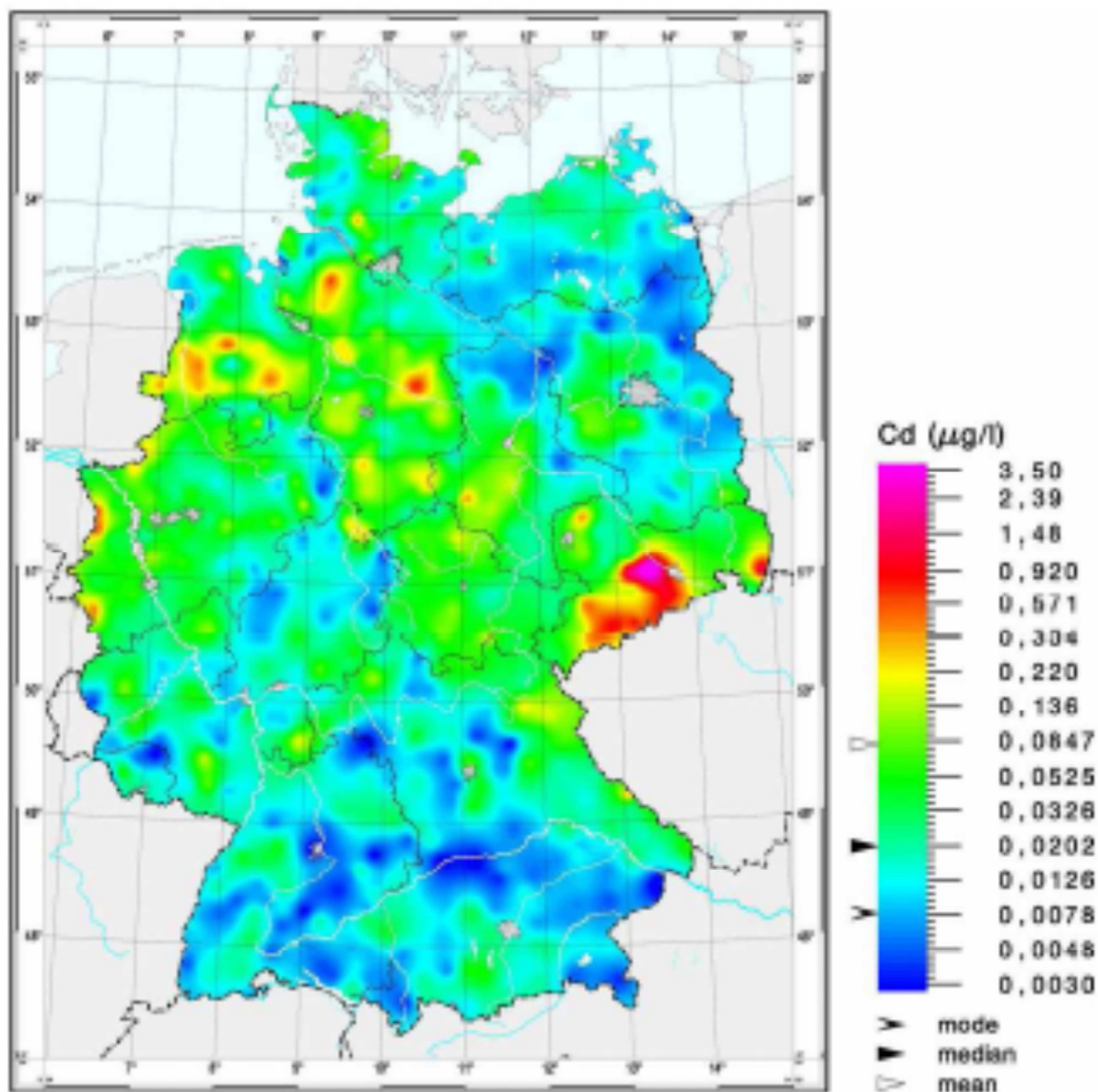
Auf Grund der geringen Löslichkeit der Silbersalze sowie des freien Metalls zeigt das Verteilungsbild in den Oberflächenwässern (Abb.) in weiten Teilen Deutschlands Silbergehalte von weniger als 0,002 µg Ag/l). Die flächenhaft leicht erhöhten Silbergehalte (bis 0,006 µg/l) im Osten Deutschlands finden sich auch in lageähnlichen Minima der Silbergehalte in den fluviatilen Sedimenten wieder und werden ursächlich auf eine verstärkte Mobilisierung von Silberionen infolge der hohen, aus dem Braunkohlesümpfungswässern stammenden Sulfatfrachten der Wässer in diesen Bereichen zurückgeführt.

Erheblich erhöhte und anomale Silbergehalte treten nur an wenigen Lokationen auf und sind stets lokal begrenzt. Der mit 0,004 µg Ag/l höchste gemessene Silbergehalt nordwestlich von Frankfurt/Main liegt am Fuße des Vogelsberges und dürfte geogene Ursachen (känozoische Vulkanite) haben. Hier wurden auch in den fluviatilen Sedimenten erhöhte Gehalte beobachtet. Die in mehreren Proben auf Eiderstedt und im Küstenbereich Dithmarschen angetroffenen Silbergehalte von 0,02 – 0,04 µg Ag/l haben vermutlich anthropogene Ursachen. Denkbar wäre u.a. die Einleitung kommunaler Abwässer. Diese These wird auch durch das breite Spektrum von Elementen mit anomalen und stark erhöhten Gehalten in diesen Proben gestützt.

Auch für die anderen Lokalitäten mit Silbergehalten > 0,015 µg Ag/l ist eine anthropogene Verursachung der Anomalien festzustellen, so südlich von Sonneberg (0,003 µg Ag/l – Siedlungsabwässer, Gewerbegebiet), nordwestlich von Bleicherode (0,023 µg Ag/l – Kalibergbau, Siedlungsabwässer), südlich von Boxberg (0,018 µg Ag/l – Braunkohletagebau, Großkraftwerk zur Braunkohleverstromung), bei Zarrentin (0,018 µg Ag/l – Transportgewerbegebiet, Kies- und Bitumenwerk, Kalkabbau, kommunale Abwässer) und südlich von Nürnberg (Industrieabwässer).

Cadmium (JD-UQN 0,08 -0,25 µg/l; ZHK-UQN 0,45 – 1,5 µg/l)

Karte



© –BGR Hannover, 2006

Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen (Textauszug aus Birke et al., 2006)

Der Cadmиеintrag in die Oberflächengewässer erfolgt direkt über Einleitungen (Abwässer) und Niederschläge, indirekt durch Auswaschung aus verwitterten Gesteinen und Sedimenten, kontaminierten und angereicherten Böden sowie Klärschlämmen und Abraum- bzw. Bergbauhalden (HERBER 2004). Zu den zehn größten industriellen Direkteinleitern für Cd gehören in Deutschland für das Bezugsjahr 1997 die Folgenden: Entwässerung, Altstandort

Cu-Schieferbergbau Mansfeld, BASF AG Ludwigshafen, Solvey Alkali GmbH Rheinberg, Bayer AG Leverkusen, Bayer AG Dormagen, Solvey Bernburg, SVZ Schwarze Pumpe und Wacker-Chemie Burghausen (BÖHM et al. 2000).

Der Raum Freiberg wird durch kontrastreiche flächenhafte Cadmiumanomalien bis 17,4 µg Cd/l abgebildet und umfasst im Osterzgebirge einen Bereich zwischen Ostrau (südwestlich von Riesa), Meißen und Großenhain im Norden sowie Pirna und Marienberg im Süden. Neben den Metallhütten und Bergbauzentren (Freiberg, Freital, Schneeberg, Schwarzenberg, Ehrenfriedersdorf u.a.) sowie den verschiedenen Verarbeitungsprozessen (z. B. chemische Industrie, Metallverarbeitung u.a.) zählen auch andere industrielle Effluente und Emittenten (Verbrennungsanlagen) zu den wichtigsten anthropogenen Einflussfaktoren dieser Region. Im Rahmen des Moosmonitoring (SIEWERS & HERPIN 1998) wird dieses Gebiet in Sachsen mit Maximalgehalten von 1,8 µg Cd/g fast deckungsgleich bestätigt.

Ähnlich dem Verteilungsbild in den Bachsedimenten werden im Westerzgebirge im Bereich zwischen Zwickau, Annaberg und Johanngeorgenstadt die anthropogen verursachten Cadmiumanreicherungen weniger kontrastreich abgebildet (Abb.), was sich ebenso in der Cadmiumverteilung in den Moosen (SIEWERS & HERPIN 1998) widerspiegelt. Die technogenen Einflüsse, die durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe (ehemaliges Braunkohlekraftwerk Hirschfelde) belegt sind, markieren nördlich Zittau eine lokale Cadmiumanomalie, die durch leicht erhöhte Gehalte auch in den Moosen nachgewiesen wurde. Ebenso wie im Ergebnis des Moosmonitoring (SIEWERS & HERPIN 1998) wird das Ruhrgebiet nur durch einen schwach erhöhten Untergrundgehalt in den Oberflächenwässern markiert, dem lokale Maxima westlich von Duisburg und im Raum Aachen-Stolberg aufgelagert sind.

Cadmiumgehalte in Oberflächengewässern

Untersuchungsmedium	Statistische Maßzahlen (in µg/l)		
	Median	Minimum	Maximum
Oberflächenwässer, Schöneiche/Mittenwalde (BIRKE et al. 2003)	0,04	< 0,002	0,401
Elbwasserproben 1998 (PRANGE u.a. 2000)	0,21	0,05	0,48

Im Osten Bayerns werden die historischen Bergbaugebiete im Fichtelgebirge (Brandholz-Goldkronach östlich von Bayreuth; Sb, Au) und im Hohen Bogen bei Lam (Kieserzlager; Cu, Pb, Zn, Baryt) mit schwach erhöhten Gehalten markiert.

Die in den Moosen nachgewiesene Immissionsaureole der Buntmetallhütte Nordenham bildet sich etwas nach Osten verschoben auch in den Cadmiumgehalten der Oberflächenwässer ab und wird durch die Korrelation zu den Elementen Zn und Tl ergänzt und bestätigt.

Schwach erhöhte Gehalte treten in den Bergbaugebieten des Oberharzes auf und sind durch die Immissionsaureole der ehemaligen Clausthaler Hütte anthropogen überprägt (BIRKE et al. 1995). Im Unterharz bildet sich der Bereich der Unterharzer Erzzone mit dem nach Südwesten abtauchenden Ramberggranit zwischen Thale und Harzgerode durch erhöhte Gehalte ab, die mit niedrigen pH-Werten korrelieren.

Eine deutliche Gehaltszunahme ist in den intensiv landwirtschaftlich genutzten Lößgebieten des östlichen Harzvorlandes zwischen Magdeburg und Bad Frankenhausen sowie im Thüringer Becken zu verzeichnen. Der Landwirtschaftseinfluss (Düngemiteleininsatz) wird in diesen Gebieten z.T. durch lokale Industrieemissionen überlagert. Auch die technogenen Einflüsse (Industrieimmissionen) im Bereich der Dübener Heide nordöstlich von Leipzig sind durch lokale Cadmiumerhöhungen markiert.

Teilweise kontrastreiche Cadmiumanreicherungen treten in Verbindung mit DOC-Erhöhungen in den Niederungs- und Moorgebieten nordöstlich Hannover (nördlich Gifhorn) sowie in den Verbreitungsgebieten der Norddeutschen Hochmoore und der Lehmgeest (Verbreitungsgebiete nährstoffarmer, saurer Böden) auf und weisen auf mögliche milieubedingte Elementakkumulationen hin. Ähnliche Verteilungstendenzen lassen sich im Zusammenhang mit DOC-Erhöhungen auch für die schwach erhöhten Cadmiumkonzentrationen westlich und südlich Hannovers ableiten. Für das Gebiet nördlich Gifhorn können auf Grund der Korrelation mit Zn und TI auch technogene Einflussfaktoren vermutet werden, obwohl die hohe positive Korrelation zwischen Hg und C_{org} in den Bachsedimenten dieser Region eher einen Milieueinfluss im Bachwasser unterstützt.

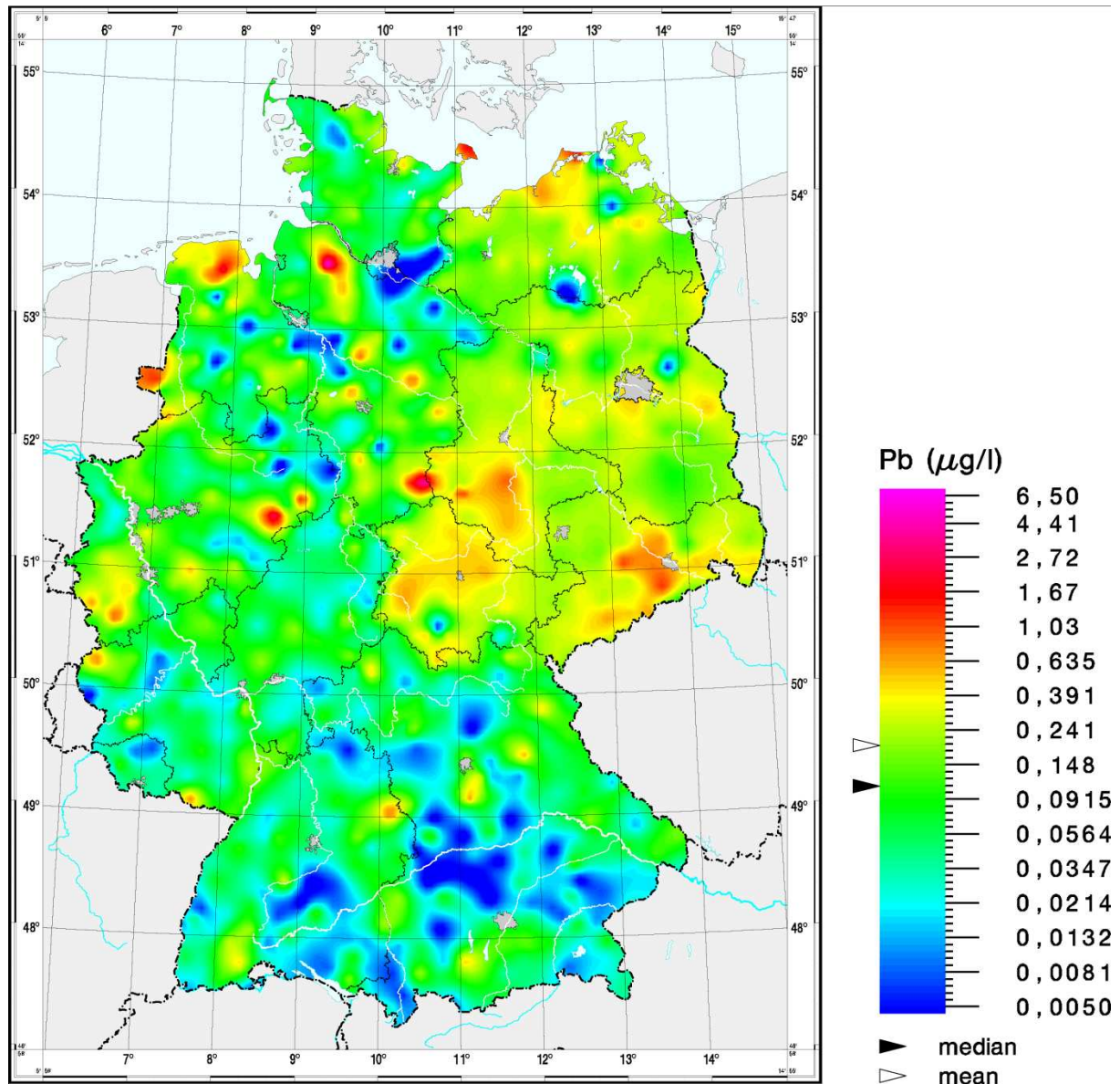
Für die schwach erhöhten Gehalte im Pfälzer Wald (südlich von Kaiserslautern) und nordwestlich von Witzhausen sind anthropogene Ursachen als wahrscheinlich anzunehmen. Im rechts- und linksrheinischen Schiefergebirge sind die erhöhten Gehalte im Zusammenhang mit den historischen Bergbaugebieten zu betrachten.

In den Waldgebieten (Thüringer Wald, Vogtland, Erzgebirgsvorland, Odenwald, Spessart und Wetterau sowie Oberpfälzer Wald, Bayrischer Wald und Teutoburger Wald) treten gleichmäßig schwach erhöhte Cadmiumgehalte in den Oberflächenwässern auf, die sich zu den nachgewiesenen pH-Wertabsenkungen deckungsgleich verhalten.

Die erhöhten Cadmiumkonzentrationen im Bereich der Platten- und Niederungsgebiete Mittelbrandenburgs südwestlich und westlich von Berlin korrelieren teilweise mit erhöhten DOC-Gehalten und weisen in Verbindung mit einer hohen positiven Korrelation zu den Elementen Zn und TI im Raum Ludwigsfelde auf eindeutig anthropogene Einflussfaktoren (Rieselfelder) hin.

Blei (UQN 7,2 µg/l)

Karte



© –BGR Hannover, 2006

Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen (Textauszug aus Birke et al., 2006)

Während in den Oberflächenwässern Ostdeutschlands flächenhaft erhöhte Bleigehalte $\geq 0,25 \mu\text{g/l}$ nachgewiesen wurden, konzentrieren sich die Bleianreicherungen in den alten Bundesländern auf einzelne überwiegend lokale Bereiche.

Die Hauptursache für den deutlich erhöhten Untergrundgehalt in den ostdeutschen Oberflächenwässern ist vermutlich die jahrzehntelange Verbrennung von verbleitem Benzin, das in

der DDR einen besonders hohen Bleianteil aufwies (Petschow u.a. 1990). Als weiterer Einflussfaktor kann die Bleiemission bei der Verbrennung stark schwefelhaltiger Braunkohlen angesehen werden. Wegen der Immobilisierung des Bleis in den Böden erfolgt der Eintrag in die Oberflächengewässer sehr zeitverzögert.

Den erhöhten Untergrundgehalten in Ostdeutschland sind regionale Anomalien aufgeprägt, die aber deutlich unter der Umweltqualitätsnorm liegen. Diese finden sich im östlichen Harzvorland zwischen Magdeburg und Eisleben (bis 1,05 µg Pb/l) sowie zwischen Waldheim, Radebeul und Dippoldiswalde (bis 1,35 µg Pb/l) im Erzgebirge und seinem Vorland. Diese sind durch anthropogene Einflüsse aus Industrie, Bergbau, Aufbereitung und Verhüttung verursacht. Die Anomalien zwischen Waldheim, Meißen und Großenhain, die sich auch in den Bachsedimenten bestätigen, deuten neben anthropogenen Ursachen auch auf mineralisationsbedingte Einflüsse durch Vererzungen im Schiefermantel des sächsischen Granulitgebirges und des Meißner Syenitkomplexes hin. Die Ostnordost-Ausdehnung der erhöhten Bleiuntergrundgehalte im Erzgebirge ($\geq 0,4$ µg Pb/l) entspricht der vorherrschenden Windrichtung und weist auf den Eintrag von Industrieemissionen hin.

Die Bleianomalie um Dippoldiswalde (1,33 µg Pb/l) charakterisiert die bekannten mineralisationsbedingten Ursachen (Quarz-Sulfid-Lagerstätten der Pb-Zn-Ag-Formation) im Osterzgebirge, die durch den alten Bergbau und Industrieinflüsse (Verhüttung) verstärkt werden. Im mittleren Erzgebirge setzen sich die anomalen Gehalte auf einem geringeren Konzentrationsniveau (bis 0,68 µg Pb/l) zwischen Aue, Annaberg und Marienberg nach Südosten bis zum Erzgebirgskamm fort und weisen neben den möglichen anthropogenen Ursachen (Bergbau, Verhüttung) auch auf den Einfluss von Sulfidvererzungen in diesen Bereichen (Annaberg, Marienberg, Aue) hin. Die erhöhten und anomalen Konzentrationen in den Oberflächenwässern der Westlausitz können durch sulfidische Cu-Ni-Vererzungen im Raum Sohl-land beeinflusst sein. Die Anreicherungen in den Fließgewässern finden sich auch in erhöhten Bleigehalten in den Bachsedimenten wieder. Im Gebiet von Ostritz sind anthropogene Ursachen (Industrieemissionen) wahrscheinlich. Sie werden durch Bleianreicherungen (bis 40 µg/g) in den Moosen (SIEWERS u.a. 1998) am Südrand des Zittauer Gebirges bestätigt.

Im östlichen Harzvorland und den Börden sowie im Thüringer Becken korrelieren die deutlich erhöhten Bleikonzentrationen mit den landwirtschaftlich intensiv genutzten Ackerflächen der Verbreitungsgebiete der Schwarzen Lößböden. Der Vergleich der Bleigehalte in Abhängigkeit von der Bodennutzung bestätigt einen Konzentrationsanstieg im Oberflächenwasser mit der Zunahme der Intensität der (anthropogenen) Bodennutzung. Gehaltsmaxima markieren zusätzliche anthropogene Einflüsse westlich Bernburg (Industrieemissionen) sowie im südöstlichen Harzvorland zwischen Hettstedt und Eisleben (Sangerhäuser und Mansfelder Mulde), die im Zusammenhang mit dem Kupferschieferbergbau und der Verhüttung stehen. Neben den Zechsteinsedimenten werden auch die Oberflächenwässer über kambrischen und ordovizischen Bildungen sowie den paläozoischen Vulkaniten durch Untergrundgehalte im oberen Intervallbereich charakterisiert. Lokale anomale Bleikonzentrationen bei Gernrode (bis 2,78 µg Pb/l) werden auf den Einfluss von Sulfidmineralisationen im Bereich der herzyn streichenden Mineralgangsysteme an der Nordostflanke des Ramberggranits hin.

Im östlichen und südöstlichen Unterharz wurden Straßen und Waldwege vielfach mit Schlacken- und Haldenmaterial des Kupferbergbaus geschottert, so dass eine daraus resultierende zusätzliche anthropogene Beeinflussung nicht auszuschließen ist.

Im Oberharz bildet sich die Bleiimmissionsaureole der früheren Westharzer Bleihütten durch kontrastreiche Anreicherungen in den Oberflächenwässern (bis 6,52 µg Pb/l) mit einer Ost-Westerstreckung von ca. 40 km bis an den westlichen Ortsrand von Wernigerode ab. Die Ursache für den Nachweis der Rauchemissionen der bereits 1968 stillgelegten Clausthaler Bundmetallhütten liegt in der geringen Löslichkeit des Bleis in Böden und Sedimenten begründet (retardierender Auswaschungsprozess). Die anomalen Bleigehalte im Oberharz werden auch durch den jahrhundertealten Bergbau anthropogen überprägt.

Die erhöhten Gehalte im Berliner Umland kennzeichnen überwiegend anthropogene Einflüsse (Fahrzeugbau bei Ludwigsfelde, Siedlungsnähe, Rieselfeldflächen, Eisen- und Stahlwerk). Erhöhte Konzentrationen mit vorwiegend anthropogenen Ursachen treten auch im Bereich des Mecklenburg-Vorpommerschen Küstengebiets sowie auf der Insel Fehmarn auf (kommunale und Siedlungseinflüsse). In den Ostfriesischen Marschen und der Geest korrelieren die Bleimaxima in den Oberflächenwässern (bis 2,58 µg Pb/l) mit DOC-Anreicherungen und pH-Wertminima, was auf mögliche Milieuanreicherungen hinweist.

Bei einem Vergleich mit den Bodenausgangsgesteinen zeigen die Oberflächenwässer über den Auensedimenten, den Küsten-, Niederungs- und Flusssanden sowie den Geschiebemergeln und den Hoch- und Niedermoortorfen Medianwerterhöhungen an. Westlich von Hamburg korreliert die vermutlich anthropogen verursachte Bleianomalie (7,01 µg Pb/l) in ihrer gesamten Nordnordwest-Südsüdost-Ausdehnung mit AOX-Anreicherungen in den Oberflächenwässern. Auch im Vechttal nordwestlich von Nordhorn (bis 1,40 µg Pb/l) sind die gleichen anthropogenen Ursachen für die Bleianomalie im Oberflächenwasser (Industrieemissionen) anzunehmen (Korrelation mit hohen AOX-Gehalten).

Durch kontrastreiche Bleianomalien (bis 4,05 µg Pb/l) werden die Mineralisationen und Vorkommen östlich von Brilon (barytisierte oberkretazische Kalkmergel) sowie östlich von Marsberg (Cu-Pb-Zn) und südlich von Paderborn (bis 1,84 µg Pb/l) abgebildet. Mit flächenhaft erhöhten Gehalten zwischen 0,4 und 0,7 µg Pb/l sowie aufgelagerten lokalen Anomalien wird das Aachen-Stolberger-Revier charakterisiert. Die Lagerstätte Mechernich-Maubach (bis 1,30 µg Pb/l) und das Gangrevier bei Bleialf (bis 0,95 µg Pb/l) sind durch lokale Bleimaxima im Oberflächenwasser markiert, die durch den alten Bergbau und die Erzverhüttung im Raum Aachen-Stolberg auch eine anthropogene Überprägung erfahren haben.

Schwach erhöhte Gehalte wurden bei Lintorf nördlich von Düsseldorf sowie östlich des Gangreviers von Bensberg (östlich von Köln) und im Bereich der Pb-Zn-Lagerstätte Meggen nachgewiesen. In den Oberflächenwässern werden weiterhin die Vorkommen westlich von Bad Bergzabern im Obenthal sowie im Südschwarzwald (Neustadt, Menzenschwand) und westlich von Freudenstadt durch schwache Gehaltserhöhungen (bis 0,47 µg Pb/l) markiert. Lokale mineralisationsbedingte Anomalien treten bei Sulzbach westlich von Nürnberg (As-Pb-Zn-Mineralisationen) und bei Heideck südlich von Nürnberg (kleine Baryt-Gänge) auf, für die auch eine anthropogene Beeinflussung (Industrieemissionen) nicht ausgeschlossen werden kann. Die nach Nord-Süd gerichteten Bleianreicherungen südlich von Nürnberg korrelieren mit anomalen Arsengehalten in den Oberflächenwässern. Für die erhöhten Konzentrationen im subalpinen Jungmoränengebiet südlich von München sind ebenfalls anthropogene Einflussfaktoren (Industrieemissionen) wahrscheinlich.

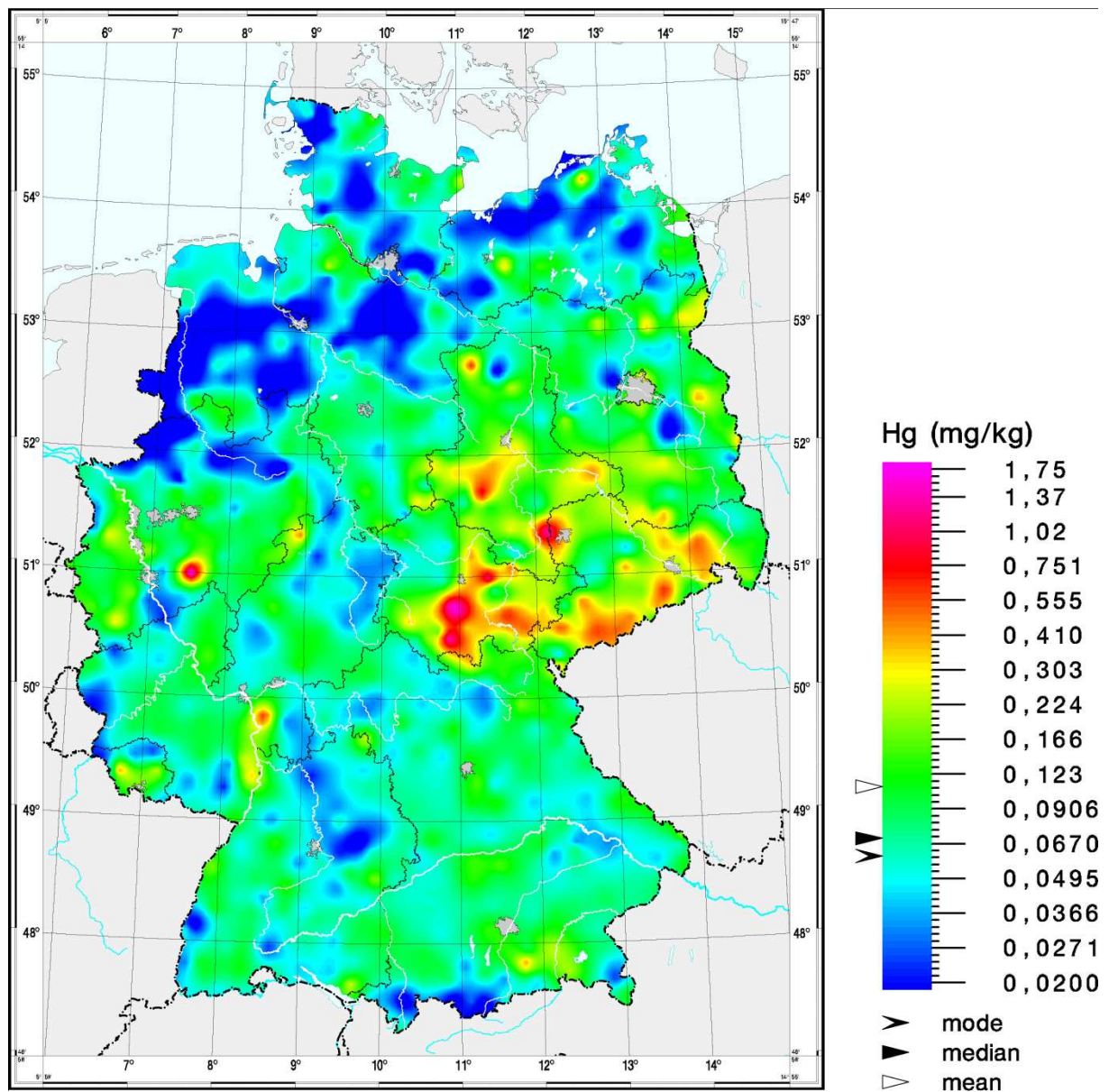
Die schwach erhöhten Bleigehalte nördlich von Erbdorf (0,52 µg Pb/l) weisen auf den in diesem Raum bekannten alten Pb-Ag-Bergbau und die Pb-Zn-Cu-Ag-Gangmineralisationen (Pyromorphit) hin (auch Au), obwohl auf Grund der Korrelation mit erhöhten DOC- und AOX-Konzentrationen anthropogene Einflüsse nicht auszuschließen sind. Die lokalen Bleierhöhungen nordöstlich von Frankfurt/Main bei Bad Kissingen und nordöstlich von Stuttgart bei Jagstzell deuten im Zusammenhang mit der positiven Korrelation zu DOC und AOX mögliche anthropogene Ursachen an. Auch die lokalen Bleianomalien unmittelbar nördlich der Aller im Norden (südwestlich von Walsrode) und Nordosten (nördlich von Gifhorn) von Hannover korrelieren mit erhöhten DOC- und AOX-Gehalten. Neben möglichen milieubedingten Elementakkumulationen (Feucht- und Mooregebiete) sind vor allem technogene Einflussfaktoren (Industrieemissionen, Flughafen Hannover) wahrscheinlich. Für das Gebiet nördlich von Gifhorn (bis 1,14 µg Pb/l) besteht auch eine positive Korrelation zu den Elementen Zn, Cd und Tl, die diese Annahme unterstützen. Die lokal begrenzten Bleierhöhungen unmittelbar nordwestlich von Hannover bei Neustadt am Rübenberge (1,05 µg Pb/l) und bei Lehrte (0,69 µg Pb/l) südlich von Wolfsburg deuten neben milieubedingten Einflüssen (starke positive Korrelation mit anomalen DOC-Gehalten) auch auf anthropogene Ursachen hin (Flughafennähe, Industrieemissionen, Landwirtschaftseinfluss), die sich in einer positiven Korrelation mit den Elementen Cd, Zn, Ga, Ge, REE, Be, Bi, U und AOX bestätigen.

Quecksilber

(JD-UQN 0,05 µg/l; ZHK-UQN 0,07 µg/l – entscheidend ist die Biota-UQN)

Karte

Für Quecksilber liegt nur eine Karte für die Sedimente vor, da im Wasser die Nachweisgrenze von 0,01 µg/l zu selten überschritten war.



© –BGR Hannover, 2006

Angaben über anthropogen beeinflusste Regionen (Textauszug aus Birke et al., 2006)

Anthropogen verursachte Quecksilberanreicherungen in den Bachsedimenten wurden in bekannten Industrie- und Ballungsräumen im Gebiet südlich von Halle, bei Merseburg und westlich von Leipzig, bei Schwedt sowie zwischen Ludwigshafen und Darmstadt, westlich und nördlich von Saarbrücken und im Ruhrgebiet nachgewiesen. Dieser Verteilungstrend wird in der Zunahme der Quecksilbergehalte im Einflussbereich von Siedlungsgebieten bestätigt. Auf mögliche anthropogene Einflüsse deuten auch die flächenhaft erhöhten bis anomalen Quecksilberkonzentrationen zwischen Ballenstedt und Egelin im östlichen Harzvorland hin.

Lokale Quecksilberanreicherungen markieren im rechtsrheinischen Schiefergebirge mit Schwerpunkt Sauerland lokale Bereiche östlich der Pb-Zn-Cu-Erzgänge von Bensberg und unmittelbar nördlich im Einzugsgebiet der Buntmetall-Quecksilber-Selenmineralisationen von Korbach. Die bekannten Mineralisationen des gleichen Typs bei Tilkerode werden nur durch sehr schwacherhöhte Quecksilbergehalte abgebildet. Die erhöhten Quecksilbergehalte nördlich von Bad Sachsa markieren die in den Stieger Schichten im Zusammenhang mit stratiformen Eisenmineralisationen auftretenden Quecksilber führenden Mineralisationen bei Zorge (gangförmige Cu-Hg-PB-Se-Mineralisationen) und Wieda (Zinnoberseifen). Das Aachen-Stolberger-Revier befindet sich in einem erhöhten Untergrundbereich. Lediglich die stratiforme Pb-Zn-Lagerstätte Metternich-Maubach südlich von Köln wird durch eine lokal begrenzte Quecksilberanreicherung indiziert.

Quecksilbergehalte in Oberflächengewässern

Untersuchungsmedium	Statistische Maßzahlen (in µg/l)		
	Median	Minimum	Maximum
Bachwässer Harz BRD (REIMANN & CARITAT 1998)	0,01	--	0,180
Oberflächenwässer, Schöneiche/Mittenwalde (BIRKE et al. 2003)	< 0,01	--	0,03