

Geochemischer Atlas von Deutschland

MANFRED BIRKE^{*)}, UWE RAUCH^{**)}, HELMUT RASCHKA^{***)}

Die Kenntnis des stofflichen Zustandes unserer Lebenssphäre und ihrer Veränderungen ist die grundlegende Voraussetzung für die zielgerichtete Inanspruchnahme und die nachhaltige Nutzung unseres Lebensraumes sowie für die prognostische Vorhersage und die Bewertung der durch diese Inanspruchnahme entstehenden „planmäßigen“ und spontanen Veränderungen.

Der neue Geochemische Atlas von Deutschland hat das Ziel, flächendeckend für das gesamte Staatsgebiet eine zusammenfassende Information über die regionale Verteilung von anorganischen und organischen Schadstoffen und Parametern in Bachsedimenten und Oberflächenwässern zu liefern und den Istzustand zu erfassen. Insgesamt wurden 946 Bachsediment- und Wasserproben durch Nasssiebung im Gelände in Anlehnung an das IGCP-Projekt 259 International Geochemical Mapping und das FOREGS Geochemical Mapping Project mit einer Belegungsdichte von 1 Probe/380 km² entnommen. In den Oberflächenwässern wurden insgesamt 75 Parameter gemessen; in den Bachsedimenten wurden 8 organische (MKW, PCB, PAK, AOX, TC, TOC, PCDD, PCDF) und 53 anorganische Parameter analysiert. Die flächendeckenden geochemischen Verteilungskarten wurden als Isoflächenkarten dargestellt (Abb. 1). Für die Bewertung anthropogener Kontaminationen oder natürlicher bzw. geogen bedingter Gehaltserhöhungen wurden die geochemischen Hintergrundgehalte ermittelt, die auch für die Bilanzierung von Stoffeinträgen genutzt werden können (Tab. 1, 2). Anthropogene Schadstoffassoziationen lassen sich mittels multivariater statistischer Verfahren (Hauptkomponentenanalyse, Clusteranalyse) von geogen/natürlich bedingten Elementassoziationen unterscheiden (Abb. 2). Mit den Ergebnissen kann die Wirkung möglicher landschaftsgeochemischer Faktoren nachgewiesen und die zukünftigen Veränderungen des Oberflächenmilieus beurteilt werden.

Die Elementverteilung in Oberflächenwässern und Bachsedimenten zeigt Abhängigkeiten von der geologischen Situation (petrographische Zusammensetzung und geochemische Spezialisierung der Gesteine in großräumigen, geotektonischen Provinzen, Auftreten von Mineralisationen und Bruchstrukturen, Ausdehnung der jüngsten Vergletscherungen in der Weichselkaltzeit), von den geochemischen Landschaften und der Intensität der Bodennutzung (Abb. 1), d.h. der anthropogenen

Die Elementverteilung in Oberflächenwässern und Bachsedimenten zeigt Abhängigkeiten von der geologischen Situation (petrographische Zusammensetzung und geochemische Spezialisierung der Gesteine in großräumigen, geotektonischen Provinzen, Auftreten von Mineralisationen und Bruchstrukturen, Ausdehnung der jüngsten Vergletscherungen in der Weichselkaltzeit), von den geochemischen Landschaften und der Intensität der Bodennutzung (Abb. 1), d.h. der anthropogenen

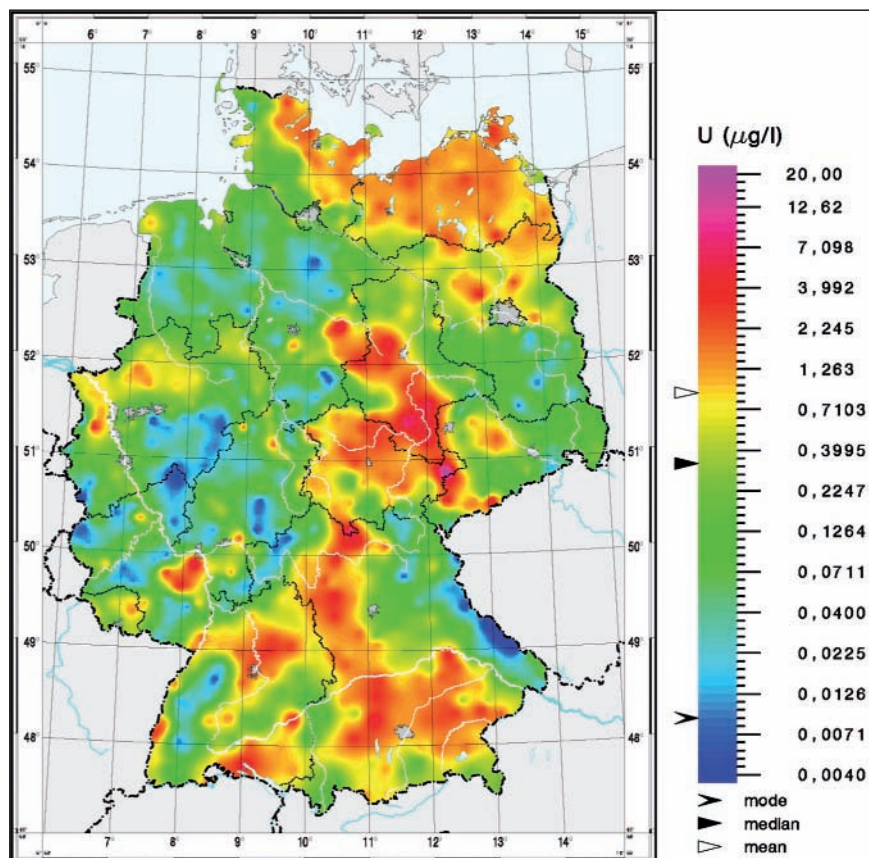


Abb. 1.
Uranverteilung in den Oberflächenwässern.

^{*)} Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, D 30655 Hannover.
manfred.birke@bgr.de

^{**)} Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Dienstbereich Berlin, Wilhelmstrasse 25–30, D 13593 Berlin.
uwe.rauch@bgr.de

^{***)} Lahriede 17, D 30916 Hannover.

Beeinflussung infolge von Stoffzufuhr und -abfuhr durch feste, flüssige und gasförmige Abprodukte (Industrieemissionen, Bergbaufolgeschäden, Haldenabflüsse, Industrie- und Ballungsräume, Landwirtschaft u.a.). In den traditionellen Bergbaugebieten ist das natürliche geochemische Grundgebote durch Förderung, Erztransport, Aufbereitung und z.T. auch Verhüttung so stark technogen verändert worden, dass sich in den Bachsedimenten anthropogene Dispersionsströme z.T. eindeutig nachweisen und zuordnen lassen.

Die Verteilungsgesetzmäßigkeiten der Elemente und Parameter werden durch äußere und innere Migrationsfaktoren beeinflusst. Äußere Migrationsfaktoren steuern die Dispersion oder Konzentration von Elementen oder Schadstoffen

und bestimmen das geochemische Grundangebot eines Untersuchungsgebietes. Zu den wichtigsten dieser Faktoren zählen Relief, hydrologische Bedingungen, Chemismus der Grund- und Oberflächenwässer, Vegetation, anthropogene Beeinflussung, Klima geologischer Bau, natürliche Elementkonzentrationen in Form von Mineralisationen, strukturelle und tektonische Merkmale, Gesteinschemismus, metallogenetische Besonderheiten sowie Mächtigkeit und Genese quartärer Ablagerungen.

Im Gegensatz dazu prägen die inneren Migrationsfaktoren im Zusammenhang mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften der Atome und Moleküle das Migrationsverhalten (Elementbindung) und die Intensität der Elementmigration in den unterschiedlichen Untersuchungsmedien.

Die Probleme elementspezifischer Besonderheiten werden durch die komplexe und mit Hilfe von multivariaten statistischen Verfahren durchgeführte Auswertung des gesamten bestimmten Elementspektrums (Haupt- und Spurenelemente, pH, spezifische elektrische Leitfähigkeit, organische Schadstoffe und Summenparameter) weitgehend aufgehoben. Es ist möglich, über die Faktor- oder Hauptkomponentenanalyse Elementassoziationen sowie deren Verteilungsgesetzmäßigkeiten zu ermitteln und im Hinblick auf ihre Ursachen zu interpretieren (Abb. 2). Gleichzeitig ermöglicht die Clusteranalyse, regionale und lokale geochemische Untergründe zu bestimmen sowie flächenhafte unterschiedlich verursachte Stoffakkumulationen abzugrenzen.

Der Vergleich der Hintergrundwerte für den alten (80.000 Proben BRD) und neuen Geochemischen Atlas (946 Wasser- und Bachsedimentproben) von Deutschland zeigt, dass nur mit annähernd 1 % der Proben die Hintergrundgehalte für die Schwermetalle in Deutschland bestätigt und z.T. spezifiziert wurden. Dies belegt die hohe Aussagefähigkeit dieser Methode bei einem effizienten Probenahme- und Bearbeitungs- bzw. Auswertungsansatz. Im Vergleich

Tabelle 2.

Geochemische Untergrundgehalte ausgewählter Schwermetalle und organischer Parameter in den Bachsedimenten Deutschlands (in mg/kg).

Parameter	Geochemischer Atlas BRD (FAUTH et al., 1985)	Geochemischer Atlas Deutschland (BIRKE et al., 2006)	
	Median	Geochemischer Untergrundgehalt	Median
Cd	0,60	0,35	0,40
Cr	54,0	74,0	69,5
Cu	8,9	10,8	16,1
F _{Sed.}	25,0	< 50	360
Hg ¹	-	60	70
Ni	21,0	17,6	22,7
Pb	24,0	16,0	26,5
Zn	52,0	50,0	92,8
U	0,4	2,62	2,52
C _{org.} ²	-	2,30	2,90
AOX	-	31	31
MKW	-	19	37
PAK	-	< 0,15	0,51

Tabelle 1.

Geochemische Untergrundgehalte ausgewählter Schwermetalle und organischer Summenparameter in den Oberflächenwässern Deutschlands (in µg/l).

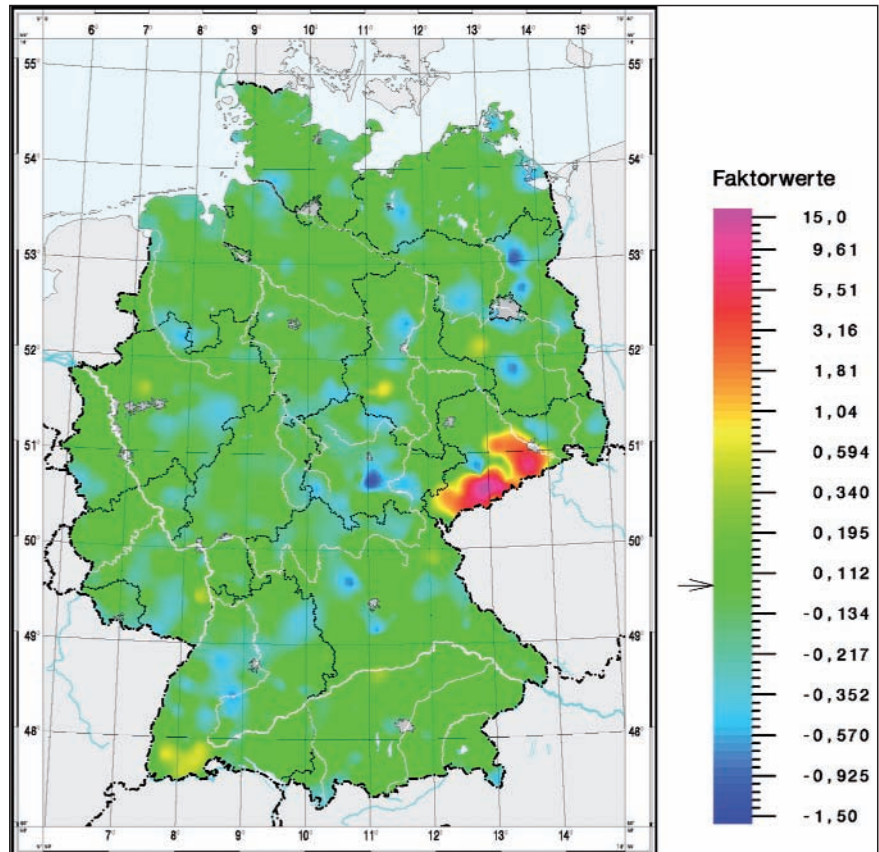
Parameter	Hintergrundgehalt (LAWA, 1998)		Geochemischer Atlas (BIRKE et al., 2006)	
	Wasser, gesamt	Schwankungsbereich	Geochemischer Untergrundgehalt	Median
Cd	0,018	0,009 - 0,036	0,008	0,02
Cr	1,5	1,3 - 5,0	0,19	0,26
Cu	1,0	0,5 - 2,0	0,68	1,03
Hg	0,01	0,005 - 0,02	< 0,01	< 0,01
Ni	1,1	0,6 - 2,2	2,13	3,39
Pb	0,83	0,4 - 1,7	< 0,005	0,11
Zn	3,5	1,8 - 7,0	0,47	3,0
U	-	-	0,009	0,33
AOX	-	-	< 10	14,0
DOC ¹	-	-	0,80	4,20

zu den geochemischen Erhebungen in den achtziger Jahren (FAUTH et al., 1985; RENTZSCH et al. 1990; BIRKE et al. 1995) wurde das anorganische Parameterspektrum ganz erheblich erweitert, insbesondere in den Oberflächenwässern. Die Einbeziehung von organischen Summen- und Schadstoffparametern hat die komplexe Aussagefähigkeit der Daten entscheidend erhöht. Erstmals wurden in Deutschland alle Bundesländer flächendeckend in die Untersuchungen einbezogen.

Eine Zunahme der Versauerung der Oberflächenwässer konnte nicht festgestellt werden. Die Hintergrundwerte des pH-Wertes liegen zwischen 1985 und 1999 unverändert bei 7,6.

Insbesondere für die Konzentration von Uran und weniger anderer Metalle ist eine geringfügige Erhöhung der Hintergrundgehalte für 1999 im Oberflächenwasser (Abb. 1) zu verzeichnen, die neben anthropogenen Ursachen (z.B. Düngemittelsatz in der Landwirtschaft) auch im Zusammenhang mit dem Einsatz modernerer analyti-

Abb. 2.
Faktorwertverteilung des Faktors W-In-As-Sn-Bi-Ta-F in den Bachsedimenten (Mineralisationsfaktor)



scher Verfahren zu betrachten ist. Die höhere Nachweisempfindlichkeit führt zu einer verbesserten quantitativen Spezifizierung der Hintergrundwerte (deutliche Abnahme) für bedeutende umweltrelevante Schwermetalle (z.B. Cadmium und Blei), die nicht nur aus dem Rückgang der Schadstoffemissionen nach 1990 in Deutschland resultieren. Die Verringerung des Hintergrundgehaltes für Zink im Oberflächenwasser von 1985 ($9,0 \mu\text{g Zn/l}$) bis 1999 ($3,0 \mu\text{g Zn/l}$) auf ein Drittel bestätigt den Trend zur Reduzierung des Schadstoffeintrags in die Oberflächenwässer. Allerdings weist die deutliche Zunahme der Hintergrundwerte zwischen 1985 und 1999 für Kupfer (1,8-facher Anstieg), Uran (6,3-facher Anstieg) und Zink (1,8-facher Anstieg) in den Bachsedimenten auf noch vorhandene anthropogene Einflussfaktoren hin, die sich bei der Aufklärung und Interpretation der entsprechenden Elementverteilungen in den Oberflächenwässern bestätigen.

Die Komplexität der Untersuchungen gewährleistet sowohl eine multivalente Nutzung der Ergebnisse als auch die quantitative Trennung von geogenen und anthropogenen Einflüssen.

Die Auswertung in Form von Einzel- und Multielementkarten (Abb. 2) liefert die wissenschaftlichen Grundlagen für weitere lokale und regionale umweltgeochemische Nachuntersuchungen und Bestandsaufnahmen in den einzelnen Ländern sowie für Begutachtungsarbeiten und Beratungsaufgaben, die für Auftraggeber aus den Ministerien sowie Bundes- und Landesverwaltungen und der Wirtschaft durchgeführt werden. Die Ergebnisse können für länderübergreifende und regionale Spezialauswertungen (z.B. Geomedizin, Georisiko) sowie für die Bewertung grenzüberschreitender und überregionaler Umweltfragen genutzt werden.

Das Endprodukt ist die Analyse des ermittelten Zustandes, aus der gesetzlich vorgeschriebene Maßnahmen abgeleitet werden können. Geochemische Karten, denen eine qualitätsgesicherte hochwertige Datenbank zugrunde liegt, sind für die Gesellschaft, die Industrie und die Wissenschaft von weit reichender Bedeutung. Die Gehalte chemischer Stoffe in landwirtschaftlich genutzten Böden, Trinkwasser und Pflanzen der Nahrungskette sind wesentliche Parameter für die Bewertung der Unbedenklichkeit der Umwelt und für das Wohlergehen und die Gesundheit von Tier und Mensch. Die geochemischen Datensätze und Karten können multivalent genutzt werden (Geologische Erkundung, Umweltschutz und Landnutzungsplanung, Risikoanalyse von Stoffkreisläufen, nachhaltiges Langzeitmanagement von Umwelt- und Mineralressourcen, Gesundheitsfürsorge, Langzeit-Monitoring an Musterstandorten, Festlegung von gesetzlichen Regelwerken, Einschätzung und Sicherung von Oberflächen-, Grund- und Trinkwasserqualität, Einbindung der Ergebnisse in europäische und internationale Aktivitäten und Programme).

Literatur

- BIRKE, M., RASCHKA, H. & RAUCH, U. (1995): Regionale Oberflächengeochemie. Eine Methode zur umweltgeochemischen Übersichtsaufnahme. – Z. f. Angew. Geologie, 41/1, 10–20.
- BIRKE, M.; RAUCH, U.; RASCHKA, H. u. a. (2006): Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland – Verteilung anorganischer und organischer Parameter in Oberflächenwässern und Bachsedimenten. – 641 S., unveröff. Vorabexemplar,
- BIRKE, M., RAUCH, U. & RENTZSCH, J. (1995): Environmental Results of a Regional Geochemical Survey in Eastern Germany. – Geol. Jahrbuch, Reihe D, 94, S. 35, Stuttgart (Schweizerbart).
- FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. & ZINNER, J. (1985): Geochemischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. – Stuttgart (Schweizerbart).
- LAWA (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – Chemische Gewässergüteklassifikation. – Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Berlin.
- RENTZSCH, J., BIRKE, M. & RAUCH, U. (1990): Zusammenfassende Auswertung der geochemischen Prospektion. – In: RÖLLIG G. u. a.: Vergleichende Bewertung der Rohstoffführung in den Grundgebirgseinheiten im Südtteil der DDR. – Zentrales Geologisches Institut, Berlin, Bericht.