

Die Bedeutung geogener Grundgehalte für die Bewertung von Sedimentkontaminationen mit Schwermetallen: Das Fallbeispiel Wupper

RENÉ SCHENK

Mit 6 Tabellen

Zusammenfassung:

Es wurden Literaturwerte und eigene Erhebungen relevanter Daten zusammengestellt, die zur Beurteilung des geogenen Schwermetallgehaltes von Wuppersedimenten herangezogen werden können. Vor allem die natürlichen Schwermetallgehalte von Gesteinen, Böden und Sedimenten dienen als Bewertungsgrundlage anthropogener Kontaminationen. In einem Vergleich der Schwermetallkonzentrationen in Wuppersedimenten mit der recherchierten Datenbasis geogener Grundgehalte zeigt sich eine starke Kontamination der Sedimente der unteren Wupper. Dagegen enthalten die Sedimente der oberen Wupper geringere Schwermetallkonzentrationen, punktuell können jedoch auch dort erhöhte Werte auftreten.

Abstract

Values from references and own investigations of relevant data were compiled, which can be applied to evaluate the natural heavy metal concentration of river Wupper sediments. Particularly the natural heavy metal contents of rocks, soils and sediments are used to estimate the anthropogenic contamination. Related to the contents of the natural deposits, the sediments of the lower Wupper are estimated as being heavily polluted. By contrast the sediments of the upper Wupper contain lower contents of heavy metals, but selectively high concentrations can also be found.

1 Einleitung

Alle Überlegungen, die zu einer Charakterisierung von Sedimenten als mit Schwermetallen „belastet“ oder „unbelastet“ führen sollen, müssen die natürlichen Grundgehalte der Elemente in der Geosphäre berücksichtigen. Denn erst wenn die geogenen Ausgangskonzentrationen bekannt sind, kann das Ausmaß einer anthropogenen Beeinflussung abgeschätzt werden. Häufig ist die Ermittlung eines natürlichen Stoffgehaltes nicht mehr möglich, da es durch Emissionen bereits zu einer ubiquitären Verbreitung und Anreicherung gekommen ist. In diesem Fall bezeichnet man die vorgefundenen Konzentrationen als Hintergrundwerte.

Für verschiedene Umweltmedien liegen bereits relativ umfangreiche Datensammlungen von geogenen Grundgehalten bzw. Hintergrundgehalten aus dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vor, z. B.: Grundwasser (GRIMM-STRELE et al. 1993; SCHLEYER & KERNDORFF 1992), Böden (HINDEL & FLEIGE 1990; LABO 1995), Sedimente (FAUTH et al. 1985).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen Überblick über den Datenpool zu geben, der für eine Bewertung der Kontamination von Wuppersedimenten als Beurteilungsgrundlage dienen kann. Zu berücksichtigen bleibt dabei, daß den Meßwerten der jeweiligen Literaturquellen unterschiedliche Aufschlußmethoden und Analyseverfahren zugrunde liegen. Die sich daraus ergebenden möglichen Differenzen sollen hier nicht diskutiert werden.

2 Geologie des Wuppereinzugsgebietes

Im wesentlichen stehen im Wuppereinzugsgebiet unter- und mitteldevonische Gesteine an, in denen die küstennah gebildete Rheinische Fazies vorherrscht. Sie baut sich vor allem aus Sandsteinen und sandig-schluffigen Tonsteinen auf. Im Bereich der Stadt Wuppertal sind mächtige Massenkalkvorkommen ausgebildet. An ihrem Unterlauf durchquert die Wupper die pleistozänen und holozänen Ablagerungen des Rheins.

3 Schwermetallgehalte in Gesteinen, Böden und Sedimenten

3.1 Schwermetallgehalte in Gesteinen

Häufig werden zur Beurteilung von Boden- oder Sedimentbelastungen der Tongesteinstandard und der Grauwackenstandard (TUREKIAN & WEDEPOHL 1961; WEDEPOHL 1984) herangezogen. Dieser Vorgehensweise liegt die Überlegung zugrunde, daß sich in den Elementgehalten von Gesteinen aus früheren Epochen der Erdgeschichte noch kein anthropogener Einfluß widerspiegelt. Unberücksichtigt bleibt dabei jedoch eine unterschiedliche geochemische Zusammensetzung der Gesteine, deren Verwitterungsprodukt die Tongesteine und Grauwacken sind.

In Tab. 1 sind Elementgehalte für verschiedene Gesteine nach TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) und WEDEPOHL (1984) aufgelistet. Man erkennt die z. T. erheblichen Unterschiede. Ein Vergleich des Tongesteinstandards mit Proben aus dem Septarienton bei Dinslaken macht deutlich, daß auch zwischen Gesteinen, deren Ausgangsmaterial ein ähnliches Korngrößenspektrum umfaßt, erhebliche Konzentrationsdifferenzen bestehen können.

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
	[mg/kg]									
Tongestein	10	0,130	90	45	48000	0,45	850	68	22	95
Grauwacken	8	0,090	50	45	38000	0,11	750	40	14	105
Kalkstein	1	0,035	11	4	3800	0,04	1100	20	9	20
Septarienton	n.b.	<0,200	115	21	38000	n.b.	176	51	20	83

Tab. 1: Elementgehalte in Tongestein und Grauwacken (WEDEPOHL 1984: 4), in Kalkstein (TUREKIAN & WEDEPOHL 1961), im Septarienton (HOFFMANN & POLL 1985: 31)

Als Ergänzung zu den Literaturwerten wurden auch einige Gesteine im Wuppergebiet auf ihre Metallgehalte untersucht (SCHENK 1994: 25). Als Probenmaterial dienten typische Gesteine der wichtigsten stratigraphischen Einheiten. Es handelt sich dabei um groben Sandstein (Ebbe-Sandstein, G 1), feinen Sandstein (Mühlenbergschichten, G 2), geschichteten Sandstein (Remscheider Schichten, G 3), Ton-schiefer (Remscheider Schichten, G 4), feinen Sandstein (Mühlenbergschichten, G 5), schwach dolomitisierten Massenkalk (Massenkalk, G 6), Sandstein (Brandenbergschichten, G 7) und Tonschiefer (Brandenbergschichten, G 8) (Tab. 2).

	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	
	[mg/kg]									
G 1 (S)	0,12	23	2,5	15100	0,013	177	26	15	36	
G 2 (S)	0,05	24	2,3	19900	0,011	558	25	7	29	
G 3 (S)	0,08	45	26,0	46100	0,038	1415	65	21	68	
G 4 (T)	0,13	34	2,2	38900	0,008	457	61	5	62	
G 5 (S)	0,14	48	35,8	49400	0,032	695	80	24	79	
G 6 (M)	0,07	1	1,9	13300	0,022	2440	5	9	56	
G 7 (S)	0,11	27	9,5	31100	0,027	306	52	11	72	
G 8 (T)	0,16	27	1,2	20600	0,005	232	63	13	62	

Tab. 2: Die Metallgehalte einiger typischer Gesteine im Untersuchungsgebiet (S = Sandstein, T = Ton-schiefer, M = Massenkalk; SCHENK 1994: 25)

Nur zum Teil liegt eine gute Übereinstimmung mit den Werten von TUREKIAN & WEDEPOHL (1961) vor. Es fällt auf, daß sich in Einzelfällen (G 3/G4: Cd, Ni, Zn; G 7/G 8: Cd, Cr, Pb, Zn) die Zugehörigkeit zu derselben stratigraphischen Einheit

erher in den Elementgehalten widerspiegelt, als daß sich fazielle Unterschiede auswirken. Der Massenkalk zeichnet sich durch einen vergleichsweise geringen Cr- und Ni-Gehalt und eine wesentlich höhere Mn-Konzentration aus.

3.2 Schwermetallgehalte in Böden

Sedimente bestehen neben verwittertem Gesteinsmaterial auch aus erodiertem Boden-substrat. Da es bei der Bodenbildung zu Stoffanreicherung bzw. -austrag kommen kann (BLUME 1981; FLEIGE & HINDEL 1987), können Bodenschwermetallgehalte wichtige Hinweise auf natürlich erhöhte Konzentrationen in den Sedimenten eines Einzugsgebietes geben (EBERHARDT 1988).

In den Böden des Rheinischen Schiefergebirges fanden KICK et al. (1980) deutlich höhere Schwermetallgehalte als im Weserbergland, im Münsterland oder in der Niederrheinischen Bucht. Dabei bestimmt das geologische Ausgangsmaterial die Schwermetallkonzentrationen im Boden deutlicher als landwirtschaftliche Düngungs- und Bewirtschaftungsmaßnahmen. Auch SPÄTE et al. (1991: 411) stellen im Rheinischen Schiefergebirge, verglichen mit anderen Gebieten in Nordrhein-Westfalen, erhöhte Schwermetallgehalte fest. In der Tab. 3 werden die Schwermetallgehalte von KICK et al. (1980) den Normalwerten nach SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) gegenübergestellt.

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg [mg/kg]	Mn	Ni	Pb	Zn
a:	n. b.	0,6-1,8	12-40	4-28	n. b.	0,025-0,125	n. b.	8-32	50-90	60-150
b:	2-20	< 0,5	5-100	2-40	2000-50000	< 0,5	20-800	5-50	2-60	10-80

Tab. 3: Mittlere Schwermetallgehalte in Böden des Rheinischen Schiefergebirges (a: KICK et al. 1980: 18), normale Gehalte in Böden (b: SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1992: 276, 279, 305)

Der Vergleich der Daten von KICK et al. (1980) mit den Werten von SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1992) zeigt die Anreicherung der Schwermetalle Cd, Pb und Zn in den Böden des Rheinischen Schiefergebirges gegenüber normalen Gehalten in Böden, wogegen für die anderen Metalle zum Teil sogar niedrigere Durchschnittsgehalte gemessen wurden.

3.3 Schwermetallgehalte in Sedimenten

Die beste Eignung als geogener Standard besitzen Sedimente, die innerhalb desselben Einzugsgebietes von der Verwitterung über die Erosion bis hin zur Sedimentation den gleichen Werdegang durchlaufen haben, ohne daß sie durch anthropogene Einflüsse kontaminiert wurden. In der Praxis sind solche Sedimentproben nur selten zu gewinnen, da sich der Einfluß des Menschen häufig schon am Oberlauf der Fließgewässer bemerkbar macht, so daß am Unterlauf in der Regel unkontaminierte Sedimente nicht mehr als Probenmaterial vorzufinden sind. Um trotzdem Vergleichswerte für einen Standort zu erhalten, werden häufig fossile Sedimente zu Vergleichszwecken herangezogen (z. B. HINTZE 1982).

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	[mg/kg]					
Bundesrepublik Deutschland						
Mittelwert [mg/kg]	0,6	48	9,4	17	24	53
Minimalwert [mg/kg]	<0,3	<5	<5	<5	<5	10
Maximalwert [mg/kg]	110	5676	2560	1400	57000	13800
Median [mg/kg]	0,6	54	8,9	21	24	52
Probenanzahl	66.281	66.057	66.754	66.751	66.754	66.750
Devon						
Mittelwert [mg/kg]	1,1	125	17	43	53	119
Minimalwert [mg/kg]	<0,3	19	<5	<5	<5	10
Maximalwert [mg/kg]	26	760	1295	390	9585	13800
Median [mg/kg]	1	124	15	44	45	112
Probenanzahl	2699	2575	2700	2700	2700	2698
Einzugsgebiet der Wupper						
Mittelwert [mg/kg]	1,6	138	24,8	42	71	179
Minimalwert [mg/kg]	0,6	40	5,0	10	25	65
Maximalwert [mg/kg]	15,9	855	270	205	630	1845
Median [mg/kg]	1,5	115	15,0	40	55	140
Probenanzahl	216	215	215	214	215	215

Tab. 4: Statistische Größen von Metallgehalten in Bachsedimenten a) der Bundesrepublik Deutschland, b) auf devonischen Gesteinen (FAUTH et al 1985: 9; Mittelwerte sind geometrische Mittel), c) im Einzugsgebiet der Wupper (eigene Berechnung nach BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE; Mittelwerte sind arithmetisches Mittel)

Für den Geochemischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland (West) (FAUTH et al. 1985) wurden zahlreiche Sedimentproben auf ihre Schwermetallgehalte untersucht. Um die Gefahr einer Verfälschung der Meßergebnisse durch kontaminierte Proben zu minimieren, verwendete man vor allem quellnahe Sedimente. In Tab. 4 sind die Ergebnisse wiedergegeben: Es wird differenziert zwischen dem Gesamt-datensatz und - für das Gebiet der Wupper noch bedeutsamer - Proben von devonischem Untergrund. Darüber hinaus sind die Proben, die im Wuppereinzugsgebiet gewonnen wurden, statistisch ausgewertet worden. Die Sedimente auf devonischen Gesteinen enthalten von Natur aus höhere Schwermetallkonzentrationen, als es dem bundesrepublikanischen Durchschnitt entspricht. Im Wuppereinzugsgebiet ist gegenüber dem Datenpool der Sedimente auf devonischen Gesteinen eine noch weitergehende Anreicherung von Schwermetallen zu beobachten. Dies zeigt, daß großräumig erhobene Daten als Interpretationsgrundlage für kleinere räumliche Einheiten ein falsches Bild liefern können.

Im folgenden soll die Plausibilität der Werte aus Tab. 4 (Einzugsgebiet der Wupper) anhand anderer Untersuchungen überprüft werden. Das LWA (1986: 12-13) untersuchte Sedimente aus dem Quellgebiet der Wupper zur Beurteilung des anthropogenen Einflusses. Für die Metalle Cd, Cu, Pb und Zn treten dort bereits erhöhte Werte auf, die auf eine mögliche Kontamination des Standortes hindeuten. Tab. 5 zeigt die LWA-Daten (1986: 13) eines Standortes (Flußkilometer 7) und eigene Erhebungen, für die neben den Wuppersedimenten auch Nebengewässer- und Auensedimente als Probenmaterial dienten (SCHENK 1994: 167).

	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn
	[mg/kg]									
Mittelwert	10,26	1,54	24,4	28,22	24600	0,155	2056	32	110	168
Minimalwert	3,80	0,29	16,7	9,27	10600	0,004	80	3	39	26
Maximalwert	14,91	2,97	32,4	118,26	39300	1,459	6055	53	227	359
Median	10,48	1,50	23,8	24,33	25400	0,080	1835	32	100	147
Probenanzahl	26	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Flußkilometer 7	24,90	3,00	151,0	64,90	44200	n.b.	6090	71,4	326	610

Tab. 5: Statistische Größen der Metallgehalte in aktuellen Sedimenten und Auensedimenten der Wupper und in aktuellen Sedimenten von Zuflüssen der Wupper bis km 17,4 (SCHENK 1994: 167) und Metallgehalte in quellnahen Sedimenten (Flußkilometer 7, arithmetischer Mittelwert aus acht Untersuchungen 1980-1983; LWA 1986: 13)

Man erkennt deutlich, daß bei SCHENK (1994: 167) durch eine höhere Probenanzahl und die Einbeziehung von Nebengewässersedimenten für alle Elemente niedrigere Mittelwerte berechnet wurden. Allerdings kann für das Einzugsgebiet bis Fluss-

kilometer 17,4 ein anthropogener Einfluß nicht ausgeschlossen werden, da sich in diesem Bereich sowohl Industriebetriebe als auch Siedlungen befinden. Auffällig ist für die Schwermetalle Cd, Cu, Ni und Zn die gute Übereinstimmung mit den Werten der BGR aus dem Wuppereinzugsgebiet (Tab. 4).

3.4 Kontamination der Wuppersedimente mit Schwermetallen

Schon FÖRSTNER & MÜLLER (1974) fanden bei einer Untersuchung von Flußsedimenten der Bundesrepublik Deutschland eine außergewöhnlich hohe Kontamination der Wuppersedimente mit Schwermetallen. In weiteren Publikationen wurde dies bestätigt, wobei ein z. T. wesentlich engeres Probenahmeraster eine detaillierte Bewertung ermöglichte (GAIDA & RADTKE 1990; GAIDA et al. 1993; LWA 1986; SCHENK & GAIDA 1994).

Quelle bis Wuppertal											
	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	[mg/kg]
Mittelwert	10,45	2,14	43,8	81	26000	0,290	1684	38,9	130	226	
Minimalwert	3,80	0,29	16,7	9	10600	0,004	80	3,0	31	26	
Maximalwert	19,72	7,28	182,6	391	40700	1,529	6055	70,4	322	457	
Probenanzahl	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	
Wuppertal bis Mündung											
	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	[mg/kg]
Mittelwert	90,62	6,91	1112	723	41200	9,38	859	76,0	473	975	
Minimalwert	3,78	0,42	14,6	13	19200	0,02	101	20,9	28	49	
Maximalwert	462,79	31,01	7923	4578	81500	52,01	1625	178,2	1625	3732	
Probenanzahl	105	121	121	121	121	121	121	121	121	121	

Tab. 6: Statistische Daten der Metallgehalte in aktuellen Sedimenten und Auensedimenten der Wupper (SCHENK 1994: 166)

In Tab. 6 sind die statistischen Daten der Schwermetallgehalte von aktuellen Sedimenten (das sind die Sedimente, die direkt aus dem Flußbett gewonnen wurden) und Auensedimenten für den Oberlauf der Wupper bis Wuppertal und von dort flussabwärts aufgeführt. Es wird deutlich, daß die Schwermetallkonzentrationen der Sedimente erheblich zunehmen, nachdem der Fluß das hochindustrialisierte Gebiet der Städte Wuppertal, Remscheid und Solingen passiert hat. Die Untersuchung von Nebengewässersedimenten zeigte, daß die extremen Maxima im unteren Wupperbereich nicht durch geologische Anomalien verursacht werden, sondern das Ergebnis

anthropogener Emissionen sind (SCHENK 1994). Die ausgesprochen hohe Differenz zu natürlichen Gehalten, unabhängig davon, welchen Datensatz man zur Bewertung verwendet, entzieht diese extremen Sedimentkontaminationen einer Anwendung des Bewertungsinstrumentes „geogener Grundgehalt“. In diesem Fall muß man mit Grenzwerten, deren Aufstellung und Anwendbarkeit einen eigenen Problembereich bilden, operieren. Dagegen stellen sich die Sedimente des Oberlaufes der Wupper im Durchschnitt als geringer kontaminiert dar. Punktuell werden aber auch oberhalb Wuppertals hohe Schwermetallkonzentrationen nachgewiesen.

Für den Oberlauf ist die Anwendung der in den Tab. 4 und 5 aufgelisteten Daten als Beurteilungsgrundlage angemessen, da die dort auftretenden Schwermetallgehalte durchaus die Folge von z. B. lokalen Vererzungen sein können.

4 Schlußfolgerungen

Ein Vergleich der für das Einzugsgebiet der Wupper anwendbaren Datensätze zeigt, daß zwischen diesen z. T. erhebliche Differenzen bestehen. Zusammenfassend kann aber für die Wuppersedimente, verglichen mit Sedimenten aus anderen Gebieten Deutschlands, eine erhöhte geogene Grundbelastung festgestellt werden. Auf natürliche Schwermetallanreicherungen im Rheinischen Schiefergebirge deuten auch Literaturwerte von Böden aus diesem Gebiet hin.

Um ein Sediment nicht fälschlicherweise als kontaminiert einzustufen, sind Vergleichsdaten anthropogen unbeeinflußter Sedimente aus demselben Einzugsgebiet als Bewertungsgrundlage unabdingbar. Nur auf diese Weise können geochemische Anomalien als Ursache erhöhter Schwermetallkonzentrationen ausgeschlossen werden.

5 Literatur

- BGR (BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE): Schwermetallgehalte von Sedimenten im Einzugsgebiet der Wupper. - Unveröffentlichter Auszug aus der Datenbank zum Geochemischen Atlas der Bundesrepublik Deutschland (siehe FAUTH et al.)
- BLUME, H. P. (1981): Schwermetallverteilung und -bilanzen typischer Waldböden aus nordischem Geschiebemergel. - Z. Pflanzernähr. Bodenk. 144: 156-163; Weinheim.
- EBERHARDT, J. (1988): Geogene und Anthropogene Schwermetalle in Aueböden. - Diss. Univ. Stuttgart. Stuttgart.
- FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. & ZINNER, J. (1985): Geochemischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland. Verteilung von Schwermetallen in Wässern und Bachsedimenten. - Hanover.
- FÖRSTNER, U. & MÜLLER, G. (1974): Schwermetalle in Flüssen und Seen als Ausdruck der Umweltverschmutzung. - Berlin.

- GAIDA, R. & RADTKE, U. (1990): Schwermetalle in den Auensedimenten der Wupper. - Decheniana 143: 434-445; Bonn.
- GAIDA, R., RADTKE, U., BECK, G., SAUER, K.-H. & ANDRES, W. (1993): Geochemisch-pedologische Detailanalyse eines Wuppersedimentes bei Leichlingen (Bergisches Land, Rheinland) unter besonderer Berücksichtigung der Bindungsformen der Schwermetalle. - Düsseldorfer Geographische Schriften 31: 169-201; Düsseldorf.
- GAIDA, R., REINARTZ, M. & SPONA, K. (1992): Die Belastung der Sedimente der unteren Wupper mit organischen Schadstoffen. - Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins in Wuppertal 45: 101-113; Wuppertal.
- GRIMM-STRELE, J., BARUFKE, K.-P. & FEUERSTEIN, W. (1993): Stoffliche Charakterisierung von Grundwasserlandschaften zur Ableitung von Referenzwerten. - IWS-Schriftenreihe 18: 43-58; Berlin.
- HINDEL, R. & FLEIGE, H. (1990): Geogene Schwermetallgehalte in Böden der Bundesrepublik Deutschland. - VDI-Ber. 837: 53-74; Düsseldorf.
- HINTZE, B. (1982): Erste Ergebnisse von Untersuchungen zur Geochemie von Schwermetallen in Böden und Sedimenten des Elbtals. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 33: 95-104; Göttingen.
- HOFFMANN, E.-W. & POLL, K. G. (1985): Schwermetallbestimmungen an nicht belasteten Ton-sedimenten des Rheintals bei Dinslaken. - Z. Wasser- Abwasser-Forsch. 18: 31-34; Weinheim.
- KICK, H., BÜRGER, H. & SOMMER, K. (1980): Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr und Co in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden Nordrhein-Westfalens. - Landw. Forsch. 33: 12-22; Frankfurt am Main.
- LABO (BUND-LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENSCHUTZ) (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden. - In: Rosenkranz, D. et al. (Hrsg., 1988): Bodenschutz, Nr. 9006; Berlin.
- LWA (LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL NRW) (1986): Sedimentuntersuchungen in Fließgewässern (1978-1983). - LWA-Schriftenreihe 41; Düsseldorf.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. - 13. Auflage; Stuttgart.
- SCHENK, R. (1994): Verteilung und Dynamik von Schwermetallen in Sedimenten der Wupper. - Dissertation Universität Düsseldorf.
- SCHENK, R. & GAIDA, R. (1994): Die Belastung der Sedimente der Wupper (von Wuppertal-Buchenhofen bis zur Mündung) mit Schwermetallen. - Natur am Niederrhein (N. F.) 9 (2): 57-67; Krefeld.
- SCHLEYER, R. & KERNDORFF, H. (1992): Die Grundwasserqualität westdeutscher Trinkwasserressourcen. - Weinheim.
- SPÄTE, A., WERNER, W. & KÖNIG, W. (1991): Die Erstellung eines Schwermetallkatasters für die Böden von Nordrhein-Westfalen zur Festlegung von Hintergrundwerten im Rahmen der Altlastenproblematik. - Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges. 66: 409-412; Göttingen.
- TUREKIAN, K. K. & WEDEPOHL, K. H. (1961): Distribution of the Elements in Some Major Units of the Earth's Crust. - Bull. Geol. Soc. Amer. 72: 175-192; New York.
- WEDEPOHL, K.-H. (1984): Die Zusammensetzung der oberen Erdkruste und der natürliche Kreislauf ausgewählter Metalle. Ressourcen. - In: Merian, E. (Hrsg.): Metalle in der Umwelt - Verteilung, Analytik und biologische Relevanz: 1-10; Weinheim.

Anschrift des Verfassers:

Dr. RENÉ SCHENK, Landesumweltamt Brandenburg, Referat W3, Postfach 601061, D-14410 Potsdam

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Wuppertal](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [49](#)

Autor(en)/Author(s): Schenk Rene

Artikel/Article: [Die Bedeutung geogener Grundgehalte für die Bewertung von
Sedimentkontaminationen mit Schwermetallen: Das Fallbeispiel Wuppertal 178-186](#)