

Inhaltsverzeichnis

1	Technische Geochemie – Konzepte und Praxis	1
	ULRICH FÖRSTNER	
1.1	Ingenieurgeochemie – Einführung	5
1.1.1	Fachliche Grundlagen der Ingenieurgeochemie.....	7
1.1.2	Definitionen und Fallbeispiele.....	8
1.1.2.1	Begriff „Ingenieurgeochemie“.....	8
1.1.2.2	Beispiele aus Forschung und Praxis.....	9
1.2	Geochemie im Leitbild „Nachhaltigkeit“	11
1.2.1	Kapazitätsgrenzen für Stoffflüsse.....	11
1.2.1.1	Stoffwirtschaftliche Prioritäten.....	12
1.2.1.2	Regionale Kapazitätsermittlung.....	14
1.2.2	Gekoppelte geochemische Systemfaktoren.....	15
1.2.2.1	Schadstofffreisetzung in verzögerten Prozessen.....	16
1.2.2.2	Geochemische Steuerfaktoren.....	18
1.2.2.3	Kapazitätsbestimmende Eigenschaften.....	20
1.2.2.4	Kopplung geochemischer Systemfaktoren.....	23
1.2.2.5	Messparameter für langfristige Prognosen.....	25
1.2.3	Geochemische Barrieren-Konzepte.....	25
1.2.3.1	Biologisch-geochemische Barrieren.....	27
1.2.3.2	Geochemische pH-Eh-Barrieren.....	27
1.2.3.3	Redoxzonen als Barrieren.....	29
1.2.3.4	Innere Barrieren-Systeme.....	31
1.2.3.5	Schadstoffrückhaltepotential.....	33
1.2.4	Leitbild „Endlagerqualität“.....	35
1.2.4.1	Reaktor- und Inertstoffdeponie.....	36
1.2.4.2	Langzeitprognosen für Deponie-Sickerwässer.....	38
1.2.5	Geowissenschaften und nachhaltige Abfallwirtschaft.....	39
1.2.5.1	Endlagerqualität, Verwertung und Nachhaltigkeit.....	40
1.2.5.2	Bewertung des Langzeitverhaltens von Abfall.....	41
1.2.5.3	Geochemische Kriterien für anthropogene Rohstofflager.....	41
1.3	Umweltchemie – Technologische Aspekte	43
1.3.1	Umweltchemische Konzepte.....	44
1.3.1.1	Übersicht Lehrbücher „Umweltchemie“.....	44
1.3.1.2	Zielsetzungen der Umweltchemie.....	47
1.3.1.3	„Diagnose“ und „Therapie“ bei Altlasten.....	48
1.3.1.4	Produktionsintegrierte Schadstoffminderung.....	52
1.3.1.5	Übergänge zur „äußeren Umwelt“.....	53

1.3.2	Umweltchemikalien und Stoffdynamik	55
1.3.2.1	Eigenschaften von Umweltchemikalien	56
1.3.2.2	Parameter der Stoffdynamik in der Umwelt	57
1.3.2.3	Bewertung der Grundwassergängigkeit	58
1.3.3	Schadstoffquellen und Belastungspfade	61
1.3.3.1	Skalen der Schadstoffausbreitung	62
1.3.3.2	Schadstoffe aus Abfallablagerungen	64
1.3.4	Medienübergreifende Schadstoffflüsse	66
1.4	Umweltgeochemie – Grundlagen und Anwendungen	69
1.4.1	Globale und regionale Stoffflüsse	69
1.4.1.1	Globale Stoffflüsse	70
1.4.1.2	Regionaler Stoffhaushalt – Beispiel Metalle	74
1.4.1.3	Sedimente als Verschmutzungsindikatoren	77
1.4.2	Untersuchung mobilisierender Einflussfaktoren	80
1.4.2.1	Schadstofftransport durch Kolloide	80
1.4.2.2	Remobilisierbarkeit von Schadstoffen	83
1.4.2.3	Langzeiteinflüsse auf kontaminierte Böden	86
1.4.3	Natürliche Demobilisierung von Schadstoffen	90
1.4.3.1	Organische Schadstoffe	91
1.4.3.2	Anorganische Schadstoffe	93
1.4.4	Chemische Bewertung kontaminierter Feststoffe	95
1.4.4.1	Strategien für Langzeitprognosen	96
1.4.4.2	Untersuchung und Bewertung von Alterungseffekten	97
1.4.4.3	Fazit für geochemische Untersuchungen	98
1.5	Ingenieurgeochemie und Abfallwirtschaft	99
1.5.1	Abfallvermeidung bei der Rohstoffgewinnung	99
1.5.1.1	Umweltbelastung durch Bergbau	100
1.5.1.2	Abfälle aus dem Erzbergbau	101
1.5.1.3	Abfallvermeidung bei der Aufbereitung	103
1.5.1.4	Nutzung der anthropogenen Lager	106
1.5.2	Langzeitstabilisierung von Abfall	109
1.5.2.1	Subaquatische Lagerung	111
1.5.2.2	Konditionierung von Abfallstoffen	114
1.5.2.3	Festlegung in Speichermineralen	116
1.5.2.4	Chemische und biologische Extraktion	120
1.5.2.5	Schmelzverfahren	121
1.5.2.6	Kostenvergleich der Verfahren	123
1.5.3	Ingenieurgeochemisches Handlungskonzept	124
1.5.3.1	Abfolge von Arbeitsschritten – Beispiel „Altbergbau“	125
1.5.3.2	Entwicklung eines Handlungskonzepts	127
	Literatur	133

2	Natürlicher Abbau und Rückhalt von Schadstoffen	151
	PETER GRATHWOHL	
2.1	Rückhalt/Sorption organischer Schadstoffe im Untergrund	151
2.1.1	Sorptionsmechanismen und -isothermen	151
2.1.2	Einfluss des natürlichen organischen Materials auf die Sorption	159
2.1.3	„Partitioning“ in natürlichem organischen Material	163
2.1.4	Sorption in heterogenen Materialien	167
2.1.5	Adsorption organischer Verbindungen durch Aktivkohlen	170
2.1.6	Sorptionskinetik	171
2.2	Stofftransport im Grundwasser	
	Advektion/Retardation, Dispersion, Abbau	178
2.2.1	Advektion und Retardation	178
2.2.2	Dispersion und Verdünnung	179
2.2.3	Schadstoffabbau: Stationäre Fahnen	187
2.2.4	Transportvermittlung: Kosolventen/DOC/Kolloide/Partikel	191
2.3	Schadstoff-Freisetzung (Desorptionskinetik, Lösungskinetik)	192
2.3.1	Stoffübergang zwischen mobiler und immobil Phase	193
2.3.2	Lösungskinetik feinverteilter residualer Phasen	197
2.3.3	Löslichkeit und Lösungskinetik	201
2.3.4	Schadstofflösung aus „Pools“	210
2.3.5	Schadstoff-Freisetzung durch diffusionskontrollierte Desorption	214
2.3.6	Rückdiffusion aus Geringleitern (Ton- und Kohlelagen)	218
2.4	Zeitskalen im Schadensherd und Natural Attenuation	221
2.4.1	Zeitskalen der Lösung residualer Flüssigphasen	221
2.4.2	Diffusionslimitierte Desorption	224
2.4.3	Wirkung von Lösungsvermittlern zur beschleunigten Sanierung von Schadensherden	228
2.4.4	Fazit: „Natural Attenuation“ im Schadensherd	231
	Literatur	234
3	Ingenieurgeochemie im Boden- und Gewässerschutz – Praxisbeispiele und rechtlicher Rahmen	243
3.1	Sickerwasserprognose für anorganische Schadstoffe	
	JOACHIM GERTH	255
3.1.1	Anforderungen nach Bundes-Bodenschutzverordnung	255
3.1.1.1	Anwendungsbereich	255
3.1.1.2	Prüfwertkonzept	256
3.1.1.3	Möglichkeiten der Abschätzung nach BBodSchV	257

3.1.2	Materialuntersuchung.....	258
3.1.2.1	Verfahren nach BBodSchV.....	258
3.1.2.2	Verfahrensentwicklungen für anorganische Schadstoffe.....	260
3.1.2.3	Beispiele zur Quellermittlung durch Säulenversuche.....	263
3.1.3	Zeitliche Entwicklung des Quellverhaltens.....	270
3.1.4	Anmerkungen zum Prüfwertkonzept.....	272
3.2	Langzeitverhalten von Deponien	
	GÜNTHER HIRSCHMANN.....	273
3.2.1	Regelungen und Maßnahmen zur Emissionsminderung.....	274
3.2.1.1	Gesetzliche Regelungen für Deponien in Europa.....	274
3.2.1.2	Beschleunigte Stabilisierung der Deponieinhalte.....	275
3.2.1.3	Mechanisch-biologische Vorbehandlung (MBV).....	277
3.2.2	Langzeitverhalten von organischen Deponien.....	279
3.2.2.1	Altdeponien.....	279
3.2.2.2	Langzeitversuche und Modellszenarien.....	280
3.2.2.3	MBV-Deponien.....	281
3.2.2.4	Managementkonzept für organische Deponien.....	281
3.2.3	Ablagerung von thermisch behandelten Abfällen.....	283
3.2.3.1	Charakterisierung von Müllverbrennungsschlacken.....	285
3.2.3.2	Untersuchung des Langzeitverhaltens.....	288
3.2.3.3	Perspektiven für die Schlacke-Deponierung.....	296
3.3	Geochemische In-situ-Stabilisierung von Bergbauallasten	
	MICHAEL PAUL.....	298
3.3.1	Grundlagen der Sauerwasserbildung.....	298
3.3.2	Prognose der Sickerwasserqualität.....	302
3.3.2.1	Statische Tests.....	302
3.3.2.2	Kinetische Tests.....	304
3.3.3	Technologien und Behandlungsmethoden für Sauerwässer bei der Ablagerung von Bergematerialien und Tailings.....	305
3.3.3.1	Überblick.....	305
3.3.3.2	Subaquatische Lagerung.....	307
3.3.3.3	Geringdurchlässige Abdeckungen, Einkapselung („dry covers“)......	308
3.3.3.4	Sauerstoffzehrende und reaktive Abdeckungen.....	309
3.3.3.5	Verschneiden von säuregenerierendem Gestein und Alkalienzugabe.....	310
3.3.3.6	Weitere Verfahren.....	311
3.3.3.7	Komplexe Ablagerungstechnologien.....	313
3.3.4	Verwahrung von Untertagebergwerken und Tagebauen.....	313
3.3.4.1	Grubenflutungen.....	313
3.3.4.2	Flutung von Tagebauen.....	316
3.3.5	Entwicklung umfassender Sanierungsstrategien – Das Fallbeispiel WISMUT.....	316
3.3.5.1	Projektüberblick.....	316
3.3.5.2	Probleme und Sanierungslösungen am Standort Ronneburg.....	318
3.3.5.3	Flutung der Ronneburger Grube.....	320

3.3.5.4	Haldensanierung und Tagebauverfüllung.....	321
3.3.5.5	Sanierung der industriellen Absetzanlagen.....	328
3.3.5.6	Verwahrung eines Untertage-Laugungsbergwerkes: Standort Königstein.....	328
3.4	Gewässersedimente und Baggergut	
	PATRICK JACOBS UND ULRICH FÖRSTNER.....	330
3.4.1	Integrierte Prozessstudien.....	331
3.4.1.1	Experimentiertechniken zur Simulation der Wechselwirkungen zwischen Hydrodynamik, Sedimentverhalten und Stoffsorption.....	331
3.4.1.2	Mikrobieller Umsatz von gelöstem und partikulärem Material.....	333
3.4.1.3	Gekoppelte biogeochemische Prozesse und Schadstoffmobilität.....	334
3.4.1.4	Modellierung des Sediment- und Schadstofftransports.....	335
3.4.1.5	Ansatz zu einem Forschungsverbund „Integrierte Prozessstudien“.....	336
3.4.2	Problemlösungen für Überflutungssedimente.....	338
3.4.2.1	Fallstudie Spittelwasser im Elbe-Einzugsgebiet.....	339
3.4.2.2	Organisation eines interdisziplinären Programms.....	342
3.4.3	Subaquatische Lagerung.....	343
3.4.3.1	Internationale Erfahrungen.....	343
3.4.3.2	Planung und Durchführung.....	346
3.4.4	Capping – Aktive Barriere Systeme.....	347
3.4.4.1	Subaquatische In-situ-Abdeckung.....	347
3.4.4.2	Aktive Barriere Systeme (ABS).....	351
3.4.4.3	Zeolithbasierte ABS.....	355
3.4.5	Strategien für ein integriertes Sedimentmanagement.....	357
3.4.5.1	Integrierte Risikobewertung von Gewässersedimenten.....	358
3.4.5.2	Integrierte Maßnahmen bei der Beseitigung von Baggergut.....	358
	Literatur	361
	Sachverzeichnis	383