

Grundlagen der

GEOCHEMIE

*Herausgegeben von
Rolf Seim
und
Gerhard Tischendorf*

Mit 274 Bildern,
130 Tabellen
sowie 13 Anlagen



**VEB Deutscher Verlag
für Grundstoffindustrie,
Leipzig**

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Symbole und Abkürzungen	12
---	----

1. Einführung (G. Tischendorf)

1.1. Aufgaben und Ziele der Geochemie	15
1.2. Gliederung der Geochemie	16
1.3. Geschichte und Entwicklung der Geochemie	17
1.4. Kommunikationsmittel der Geochemie	23

ALLGEMEINER TEIL

2. Allgemeine Geochemie

2.1. Zur Methodologie in der Geochemie (G. Tischendorf, J. Eidam)	26
2.1.1. Allgemeines	26
2.1.2. Systeme in der Geochemie	27
2.1.3. Objekte in der Geochemie	29
2.1.3.1. Häufigkeit der chemischen Elemente	29
2.1.3.2. Akkumulations- bzw. Dispersionsgrad der chemischen Elemente	33
2.1.3.3. Geochemisches Verhalten der Elemente	36
2.1.4. Strukturen in der Geochemie	37
2.1.4.1. Das geochemische Feld	38
2.1.4.2. Der geochemische Fond (Untergrund)	38
2.1.4.3. Die geochemische Anomalie	40
2.1.4.4. Analyse geochemischer Strukturen	40
2.1.5. Prozesse in der Geochemie	44
2.1.6. Prinzipien in der Geochemie	46
2.2. Atomstruktur und Periodensystem der Elemente (J. Eidam, G. Tischendorf)	47
2.2.1. Atomstruktur	48
2.2.2. Elektronenkonfiguration und Periodensystem	58
2.2.3. Periodizität der Eigenschaften der Elemente	59
2.3. Grundlagen der geochemischen Migration (J. Eidam, G. Tischendorf)	69
2.3.1. Atomistische Grundlagen der geochemischen Migration	72
2.3.1.1. Ionenmodelle der Elementsubstitution	73
2.3.1.2. Kovalenzmodelle der Elementsubstitution	91
2.3.2. Thermodynamische Grundlagen der geochemischen Migration	95
2.3.2.1. Energiequellen	97
2.3.2.2. Energetik und Reaktionsvermögen geochemischer Systeme	101
2.3.2.3. Geochemische Gleichgewichte	109
2.3.2.4. Zur Thermodynamik fluider Phasen	125
2.3.2.5. Geothermometrie und Geobarometrie	137
2.3.3. Kolloide	142
2.3.4. Kinetische Grundlagen der geochemischen Migration	146
2.4. Geochemische Klassifikation der Elemente (J. Eidam, G. Tischendorf)	152

3.	Grundlagen der Isotopengeochemie (J. Pilot)	
3.1.	Allgemeines	160
3.2.	Grundlagen	161
3.2.1.	Isotopenhäufigkeiten	161
3.2.2.	Messung der Isotopenhäufigkeiten	163
3.2.3.	Veränderung der Isotopenhäufigkeiten	163
3.2.3.1.	Isotopieeffekte	163
3.2.3.2.	Einige allgemeine Aspekte	168
3.2.3.3.	Kernprozesse und Radioaktivität der Elemente	169
3.3.	Isotopengeochemie ausgewählter Elemente	173
3.3.1.	Wasserstoff	173
3.3.2.	Sauerstoff	176
3.3.3.	Kohlenstoff	186
3.3.4.	Schwefel	190
3.3.5.	Stickstoff	197
3.3.6.	Radiogene Isotope; Mantel- und Krustenstruktur	198
3.4.	Isotopengeochemie einzelner Systeme	205
3.4.1.	Isotopengeochemie von Wässern	205
3.4.2.	Isotopengeochemische Untersuchung von Lagerstätten	211
4.	Grundzüge der Historischen Geochemie (G. Tischendorf)	
4.1.	Zur Entwicklung einiger äußerer Migrationsfaktoren	216
4.1.1.	Temperatur der Kruste	216
4.1.2.	Sauerstoffgehalt der Atmosphäre	218
4.1.3.	Evolution und Wirkung der organischen Materie	219
4.1.4.	Einfluß des Menschen und der menschlichen Gesellschaft	220
4.2.	Zur Ausgliederung geochemischer Etappen	220
4.3.	Trends geochemischer Evolutionen	225
5.	Grundzüge der Regionalen Geochemie (G. Tischendorf)	
5.1.	Geologisch-tektonische Faktoren	232
5.2.	Klimatisch-geomorphologische Faktoren	235
5.3.	Anthropogen-technogene Faktoren	236
5.4.	Geochemische Rayonierung	237

SPEZIELLER TEIL

6.	Kosmochemie (R. Seim)	
6.1.	Entstehung und kosmische Häufigkeitsverteilung der chemischen Elemente	242
6.1.1.	Entstehung der Elemente	242
6.1.2.	Häufigkeitsverteilung der chemischen Elemente in der kosmischen Materie	248

6.2.	Evolution und Chemismus des Sonnensystems	249
6.2.1.	Kondensation der solaren Materie und planetochemische Differenziation	251
6.2.2.	Sonne	255
6.2.3.	Meteorite	256
6.2.4.	Kometen und interplanetarer Staub	264
6.2.5.	Planeten	266
6.2.6.	Erdmond	268

7. Schalenbau und Stoffbestand der Erde (R. Seim)

7.1.	Geosphären	271
7.2.	Gliederung und Stoffbestand des Erdkörpers	274
7.2.1.	Geophysikalische Gliederung der Erde	275
7.2.2.	Erdkern	277
7.2.3.	Erdmantel	278

8. Geochemie der Erdkruste

8.1.	Gliederung und Stoffbestand der Erdkruste (R. Seim)	283
8.1.1.	Kontinentale Kruste	284
8.1.2.	Ozeanische Kruste	286
8.1.3.	Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Erdkruste (Clarke bzw. CLARKE-Werte)	287
8.2.	Geochemie der Magmatite (G. Tischendorf)	289
8.2.1.	Grundlagen	289
8.2.2.	Ultrabasische und basische Magmatite einschließlich genetisch zugehöriger Lagerstätten	317
8.2.3.	Intermediäre und saure Magmatite einschließlich genetisch zugehöriger Lagerstätten	326
8.2.4.	Alkalische Magmatite einschließlich genetisch zugehöriger Lagerstätten	341
8.3.	Geochemie der Sedimentite (R. Seim)	347
8.3.1.	Haupttypen sedimentärer Gesteine und ihr Mengenanteil	347
8.3.2.	Verwitterung und Verwitterungsbildungen	350
8.3.3.	Klastische Sedimente und Sedimentgesteine sowie genetisch zugehörige Lagerstätten	363
8.3.4.	Chemische und chemisch-biogene Sedimente und Sedimentgesteine sowie genetisch zugehörige Lagerstätten	383
8.4.	Geochemie der Metamorphite (R. Seim)	399
8.4.1.	Gliederung metamorpher Gesteine und Arten der Metamorphose	399
8.4.2.	Ableitung der Bedingungen der Metamorphose	404
8.4.3.	Geochemisches Verhalten der Elemente im Verlauf metamorpher Prozesse	408
8.4.4.	Geochemische Charakteristik von Ausgangsgesteinen	414
8.4.5.	Allochreme Metamorphose und die Bedeutung der fluiden Phase	419

9. Geochemie der Hydrosphäre (R. Seim)

9.1.	Einteilung der natürlichen Wässer	425
9.2.	Wasserreservoir und Wasserkreislauf	427

9.3.	Meerwasser	429
9.3.1.	Chemismus des Meerwassers	430
9.3.2.	Stoffhaushalt des Meerwassers	440
9.4.	Chemismus terrestrischer Oberflächenwässer (Regenwasser, Wasser der Flüsse und Seen)	443
9.5.	Chemismus unterirdischer Wässer	447

10. Geochemie der Biosphäre und biogener organischer Substanzen

(P. Müller, J. Eidam)

10.1.	Zur Entwicklung und geochemischen Funktion der Biosphäre	457
10.2.	Bildung der organischen Substanz und Kreislauf des organischen Kohlenstoffs	459
10.3.	Primäre Zusammensetzung der organischen Substanz	463
10.4.	Sedimentation, Diagenese und Metamorphose der organischen Substanz	469
10.5.	Zur Geochemie der Erdöle	475
10.6.	Zur Geochemie der Erdgase	479
10.7.	Zur Geochemie der Kohle (F. Darbinjan)	482

11. Geochemie der Atmosphäre (R. Seim)

11.1.	Gliederung und chemische Zusammensetzung	489
11.2.	Entwicklung der Atmosphäre und Austauschprozesse der Hauptgase N_2 , O_2 und CO_2	491
11.3.	Spurengase der Atmosphäre	496

12. Umweltgeochemie und geochemische Ökologie (B. Voland)

12.1.	Biogeochemischer Kreislauf der Elemente – die Grundlage von Umweltgeochemie und geochemischer Ökologie	499
12.2.	Gegenstand der Umweltgeochemie und geochemischen Ökologie	500
12.3.	Geochemische Mannigfaltigkeit der obersten Bereiche der Erdkruste und ihr Einfluß auf das Ökosystem	503
12.4.	Anthropogen verursachte Veränderungen der Geochemie der Landschaft und Aufgaben der Umweltgeochemie	509
12.4.1.	Anthropogene Veränderungen der Umwelt	509
12.4.2.	Elementkreislauf und umweltgeochemischer Charakter der Elemente	510
12.4.3.	Technophilie als umweltgeochemisches Charakteristikum der Elemente	512
12.4.4.	Geochemie der Aerosole und ihre Indikatoreigenschaften für Umweltbelastungen	513
12.4.5.	Austrag von Elementen aus der Atmosphäre und die Kontamination von Böden und Gewässern	520
12.4.6.	Die besondere Rolle säurebildender Emissionen und ihr Einfluß auf Veränderungen der Landschaft	524

13. Prospektionsgeochemie (W. Pälchen, G. Tischendorf)

13.1.	Grundprinzipien	538
13.2.	Methoden der geochemischen Prospektion	541
13.2.1.	Petrogeochemische Prospektion	545
13.2.2.	Pedogeochemische Prospektion	548
13.2.3.	Bachsedimentgeochemische («stream-sediment»-geochemische) Prospektion	550

13.2.4.	Hydrogeochemische Prospektion	552
13.2.5.	Biogeochemische (phytogenochemische) Prospektion	553
13.2.6.	Atmogenochemische Prospektion	555
13.2.7.	Andere Methoden der geochemischen Prospektion.	557
13.3.	Dokumentation und Interpretation	558
13.3.1.	Dokumentation	558
13.3.2.	Interpretation	561
13.3.2.1.	Abgrenzung von Anomalien	561
13.3.2.2.	Ursachen geochemischer Anomalien	564
13.3.2.3.	Diagnose des Mineralisationstyps	566
13.3.2.4.	Bestimmung des Erosionsniveaus	566
13.3.2.5.	Berechnung von potentiellen Erzmengen	567
13.4.	Aufwand und Nutzen geochemischer Prospektionsarbeiten	567
Literaturverzeichnis		569
Sachwörterverzeichnis		628

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1. Relative Atommassen und Elektronenkonfiguration der Elemente
- Anlage 2. Ionenradien, Radien hydratisierter Ionen und kovalente Radien
- Anlage 3. Ionisierungsenergien und Elektronegativitäten
- Anlage 4. Eh-pH-Diagramme der s-, p- und d-Elemente sowie der f-Elemente Thorium und Uran für Standardbedingungen
- Anlage 5. Isotopenhäufigkeiten stabiler und radioaktiver, langlebiger Nuklide
- Anlage 6. Relative Häufigkeit der chemischen Elemente im Kosmos und in der Sonne
- Anlage 7. Durchschnittsgehalte der Elemente in Chondriten, in der Gesamterde, dem Erdmantel und der Erdkruste
- Anlage 8. Streubereich der Haupt- und Nebenelemente in ultrabasischen, basischen, intermediären und sauren Magmatiten
- Anlage 9. Streubereich der seltenen Elemente in magmatischen Gesteinen
- Anlage 10. Streubereich der sehr seltenen Elemente in magmatischen Gesteinen
- Anlage 11. Streubereich der Seltenerdmetalle in magmatischen Gesteinen
- Anlage 12. Durchschnittsgehalte chemischer Elemente in den Haupttypen der Sedimentite
- Anlage 13. Durchschnittliche Elementgehalte im Meerwasser, häufigste Form des Auftretens und mittlere Verweilzeit