

Inhalt

1	Physikalische und chemische Grundlagen	1
1.1	Physikalische Eigenschaften des Wassers	1
1.1.1	Das Wassermolekül	1
1.1.2	Isotopische Zusammensetzung des Wassers	2
1.1.3	Physikalische Eigenschaften des reinen Wassers	11
	Aggregatzustände und kalorische Werte des Wassers 11 – Dichte 14 – Kompressibilität 14 – Kubische Ausdehnung (Dilatation) 14 – Viskosität 14 – Oberflächenspannung 15	
1.1.4	Elektrolytische Dissoziation, Ionenprodukt, pH-Wert, Eigenleitfähigkeit	15
1.2	Lösung	16
1.2.1	Löslichkeit von Gasen	16
1.2.2	Löslichkeit fester und flüssiger Stoffe	18
1.2.2.1	Löslichkeit in wäßrigen Lösungen	21
	Grundkonzepte und Begriffe der chemischen Thermodynamik 21 – Phasengesetz 25 – Chemisches Potential, Fugazität und Aktivität 26 – Aktivität und Löslichkeit 38 – Komplexbildung 40 – Chemisches Gleichgewicht und Freie Enthalpie 42 – Temperatur- Abhängigkeit der chemischen Gleichgewichte 49 – Druck- Abhängigkeit chemischer Gleichgewichte 51 – Reaktionskinetik 51	
1.2.2.1.1	Karbonat-Kohlendioxid-Wasser-Gleichgewichte	61
	Calciumkarbonat-Kohlendioxid-Wasser-Gleichgewicht 61 – Einfluß des Druckes auf Karbonat-Gleichgewichte 69 – Löslichkeit anderer Karbonate 69 – Kinetik der Karbonatlösung und -fällung 70 – Niederschlag von CaCO_3 72	
1.2.2.2	Bedeutung des pH für die Löslichkeit	73
1.2.2.3	Bedeutung des Redox-Potentials für die Löslichkeit	74
1.2.2.4	Darstellung des Zusammenhanges von pH und E_H bzw. p_e bei der Löslichkeit in Stabilitätsfeld-Diagrammen	81
1.2.3	Löslichkeit organischer Stoffe	86
1.2.4	Kolloide Lösungen	88
1.2.5	Elektrische Leitfähigkeit von wäßrigen Lösungen	93
2	Geochemische Prozesse unter Beteiligung des Wassers	95
2.1	Auflösung, Hydrolyse und Ausfällung	95
	Rolle der Kontaktfläche und der Kontaktzeit Wasser–Gestein und der Temperatur 96 – Lösung von Salzen 102 – Hydrolyse 103 – Hydrolytischer Abbau organischer Substanzen 110 – Änderung der Wasserbeschaffenheit durch Auflösung und Ausfällung 111 – Auflösung und Ausfällung in Abhängigkeit vom Klima 113 – Konzentrationszunahme und Ausfällung 116 – Auflösung und Ausfällung bei Mischungsvorgängen 117 – Mitfällung 117 – Komplexbildung 118	

2.2	Sorption und Ionenaustausch	119
	Ionenaustausch 120 – Einfluß der Temperatur 123 – Sorptions-Isothermen 123 – Selektive Sorption 125 – Sorptionsmechanismen 128 – Sorption organischer Stoffe 132 – Sorptions–Desorptions-Kinetik 137 – Einfluß der Sorption auf das Transportverhalten von Stoffen im Untergrund 139 – Sorption von Bakterien und Viren 146 – Sorptionsvorgänge in den Deck- schichten 147 – Austauschvorgänge im Grundwasserbereich 149 – Sorption und Filterwirkung 150 – Ionenfiltration durch Membraneffekte 153	
2.3	Oxidation und Reduktion	155
2.4	Gasaustausch Grundwasser–Atmosphäre	163
2.5	Biologische Vorgänge	169
	Mikrobielle Stoffumsetzungen 169 – Stickstoff-Verbindungen 175 – Schwefel und Schwefel-Verbindungen 177 – Eisen und Mangan 178 – Organische Substanz 179 – Abbauraten 183 – Hemmung mikrobieller Tätigkeit durch Giftstoffe 190 – Grundwasser – bewohnende Tiere 193 – Einfluß der höheren Pflanzen auf die Grundwasserbeschaffenheit 194	
2.6	Anthropogene Veränderungen	196
	Anthropogene Veränderungen und Grundwasser-Verunreinigungen 196 – Verunreinigungen durch Aerosole und Gase 199 – Verunreinigungen durch flüssige Stoffe 207 – Verunreinigungen durch feste Stoffe 209 – Aus- wirkungen der Beseitigung von Abwässern 209 – Einleitung in oberirdische Gewässer 210 – Versickerung über Senkgruben 210 – Abwasserverregnung und -verrieselung 211 – Versenkung in den tieferen Untergrund 212 – Trocknung und Verbrennung der Abwässer 212 – Beseitigung radioaktiver Abwässer 212 – Auswirkungen fester Abfallstoffe auf die Grundwasserbeschaffenheit 214 – Einflüsse der Düngung 223 – Einflüsse von Pestiziden (Pflanzen- schutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel) 226 – Veränderungen durch Auftausalze und Straßenverkehr 228 – Räumliche Ausbreitung von Grund- wasserbeeinflussungen 229 – Transportvorgänge 230 – Simultanes Fließen von nicht mischbaren Fluiden 238 – Schutzgebiete für Grundwasser 241 – Heilquellenschutzgebiete 243 – Sanierung von Grundwasser- Verunreinigungen 244 – Transportmodelle 244	
3	Grundwasser	249
3.1	Herkunft des Grundwassers	249
3.1.1	Niederschlagswasser	249
	Gelöste und suspendierte Feststoffe 250 – Aerosole aus Gasreaktionen 254	
3.1.2	Sickerwasser	256
	Verweildauer des Sickerwassers in der Wasser-ungesättigten Zone 256 – Lösung von Gasen aus der Grundluft 257 – Lösung von festen Substanzen aus dem Boden 258 – Bodenlösungen 266 – Lysimeterabläufe 270 – Zeitliche Änderungen der Zusammensetzung der Bodenlösungen 270 – Vergleiche zwischen der Sicker- und Grundwasserbeschaffenheit 271	
3.1.3	Oberirdische Binnengewässer	276
3.1.4	Meerwasser	282
3.2	Grundwassereigenschaften und -bestandteile	283

3.2.1	Grundwassertemperaturen	283
	Quellwassertemperatur 291	
3.2.2	Inhaltsstoffe des Grundwassers	293
3.2.2.1	Gelöste Bestandteile	303
3.2.2.1.1	Hauptbestandteile	303
3.2.2.1.2	Nebenbestandteile und Spurenelemente	326
3.2.2.1.3	Organische Substanzen	350
3.2.2.2	Ungelöste Bestandteile	353
3.2.2.2.1	Suspendierte Substanzen	353
3.2.2.2.2	Organismen im Grundwasser	353
3.3	Einfluß des Grundwasserleiters auf die Beschaffenheit des Grundwassers	355
	Magmatite und Metamorphite 356 – Grundwässer in Granit, Rhyolith, Gneis und ähnlichen Gesteinen 357 – Grundwässer in Gabbro, Basalt und vergleichbaren Kristallingesteinen 357 – Grundwässer in Sedimentgesteinen 358	
4	Klassifizierung und Beurteilung von Grundwässern	364
4.1	Gewinnung, Wiedergabe und Bearbeitung physikalischer und chemischer Meßdaten – Methoden der Analysendarstellung	364
4.1.1	Numerische Wiedergabe	364
4.1.2	Graphische Darstellung von Analysen	374
4.1.2.1	Einzeldiagramme	374
	Säulendiagramme 374 – Kreisdiagramme 377 – Strahlendiagramme 378	
4.1.2.2	Sammeldiagramme	381
	Dreiecksdiagramme 381 – Quadratdiagramme 383 – Rechtecksdiagramme 385 – Paralleldiagramme 385 – Horizontale Diagramme 385 – Vertikale Diagramme 386	
4.1.2.3	Darstellung auf Karten	388
4.1.3	Datenspeicherung und -verarbeitung	390
4.1.3.1	Hydrogeochemische Modelle	392
4.2	Klassifizierung von Grundwässern	397
4.2.1	Einteilung nach der Herkunft	397
4.2.2	Einteilung nach dem Lösungsinhalt	401
4.2.3	Einteilung nach der Nutzungsmöglichkeit	411
4.2.3.1	Trinkwasser	411
4.2.3.2	Landwirtschaftliche Zwecke	418
4.2.3.3	Betriebswasser	423
4.2.3.4	Erholungszwecke	424
Literatur	425
Register	483