

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Physikalische und chemische Grundlagen</b> .....	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 $\text{CaCO}_3$ 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
<b>2</b>	<b>Geochemische Prozesse unter Beteiligung des Wassers</b> .....	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 – Abwasserregnung 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	
<b>3</b>	<b>Grundwasser</b> .....	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

Inhalt	IX
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 Suspensierte 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	
<b>4 Klassifizierung und Beurteilung von Grundwässern .....</b>	<b>364</b>
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 .....	484