

Inhaltsverzeichnis

1. Zur Einführung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Anwendungsbereiche und Bedeutung für die Praxis	2
2. Hohlräume im nichtkarbonatischen Festgestein und im Gebirge	6
2.1 Allgemeines	6
2.2 Poren im Gestein	7
2.2.1 Definitionen	7
2.2.2 Porenraum von mittel- und grobklastischen Festgesteinen	7
2.2.3 Porenraum von tonigen Festgesteinen	11
2.2.4 Porenraum von Tuffgesteinen, pyroklastischen und Lavagesteinen	12
2.2.5 Porenraum in plutonischen, vulkanischen und metamorphen Gesteinen	13
2.3 Fugen (Trennfugen) im Gebirge	13
2.3.1 Schichtfugen	13
2.3.2 Klüfte	15
2.3.3 Schieferungsfugen	18
2.3.4 Scherfugen	19
2.3.5 Störungen	19
2.4 Höhlungen in festen und halbfesten Gesteinen	24
Literatur	25
3. Grundlagen zur hydrogeologischen Beurteilung nichtkarbonatischer Festgesteine	28
3.1 Der Aquifer im festen Gebirge	28
3.2 Allgemeines zur Gesteins- und Gebirgsdurchlässigkeit	31
3.3 Porendurchlässigkeit bei Festgesteinen (Permeabilität)	32
3.4 Fugendurchlässigkeit des aus nicht verkarstungsfähigen Festgesteinen aufgebauten Gebirges	35
3.4.1 Strömung in Klüften und Störungen	35
3.4.2 Geologische und hydrogeologische Erkundung zur groben Abschätzung der Wegsamkeit des Gebirges	36
3.4.3 Pumpversuche zur Bestimmung der Gebirgsdurchlässigkeit	38
Pumpversuche mit stationären Bedingungen	40
Pumpversuche mit nichtstationären Bedingungen	42
3.4.4 Vergleiche der Gesteinsdurchlässigkeiten mit Pumpeergebnissen	44
3.4.5 Weitere Methoden zur Abschätzung der Gebirgsdurchlässigkeit	45
3.4.5.1 Auffüllversuche bei Bohrlöchern	45
3.4.5.2 Geophysikalische Transmissivitätsmessungen mit Hilfe des „Einschwingverfahrens“ für den Grundwasserspiegel in Brunnen bei Festgesteinen	47
3.4.5.3 Flußmesser (flowmeter)-Messungen in Bohrlöchern	48
3.4.5.4 Färbe-, Salzungs- und Isotopenimpfversuche sowie Temperaturmessungen	49
3.4.5.5 Auswertung von Grundwasserhöhengleichen-Plänen	53
3.4.5.6 Auswertung von Korngrößenuntersuchungen	53
3.5 Grundwasserabfluß und -erneuerung und ihr Bezug zum geologischen und lithologischen Aufbau des Gebirges	54
3.5.1 Grundwasserhaushalt — Abtrennung des Grundwasserabflusses	54

3.5.2	Trockenwetterabflußkurve und ihre Beziehung zu den geologischen Verhältnissen	56
3.5.3	Ermittlung von Gebieten erhöhter Grundwasserspende aus Niedrigwasserabflüssen in lithologisch einförmigen Gebieten	59
3.6	Zur Chemie des Grundwassers in Festgesteinen	62
3.6.1	Grundwasserbeschaffenheit in magmatischen Gesteinen und Metamorphiten	62
3.6.2	Grundwasserbeschaffenheit in konsolidierten, nichtkarbonatischen Sedimentgesteinen	63
3.6.3	Wichtige gelöste Bestandteile im Grundwasser von Festgesteinen	64
	Schwermetalle	64
	Barium und Strontium	66
	Lithium	67
	Brom und Jod	67
	Fluor und Bor	68
	Chlor	68
	Literatur	69
4.	Berechnungsgrundlagen und Rechenverfahren für Wasserströmung in Trennfugen (M. WALLNER)	72
4.1	Problemstellung	72
4.2	Berechnungsgrundlagen	73
4.3	Berechnungsverfahren	78
	Literatur	84
5.	Grundwasservorkommen und Wassergewinnung in verschiedenartigen Gesteinsbereichen und ausgewählten Grundwasserlandschaften	86
	Vorbemerkung (H. KARRENBERG und R. HOHL)	86
5.1	Magmatite des kristallinen Grundgebirges	89
5.1.1	Fennoskandia	89
5.1.2	Böhmische Masse (mit einem Beitrag von R. HOHL)	93
5.1.3	Sonstige Kristallingebiete im westeuropäischen Raum (mit einem Beitrag von R. HOHL)	96
5.1.4	Kristallingebiete in Afrika, Nord- und Südamerika	99
5.1.5	Zusammenfassung der Erfahrungen für den Bereich der Magmatite	102
	a) Gewinnbare Wassermengen	102
	b) Wasserqualität	104
	c) Wasserbedarfsdeckung	104
	d) Maßnahmen zur Erkundung und Gewinnung	104
	Literatur	105
5.2	Metamorphite (Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite (mit Beiträgen von R. HOHL)	106
	Gneise	107
	Glimmerschiefer und Phyllite	108
	Literatur	110
5.3	Nichtkarbonatische Gesteine des gefalteten Paläozoikums in Europa (Quarzite, Sandsteine, Konglomerate, Grauwacken, Siltsteine, Tonsteine, Diabase, Schalesteine, Keratophyre und Tuffe)	110
5.3.1	Rheinisches Schiefergebirge	111
	Quarzite	112
	Sandsteine, Grauwacken und Mischgesteine	114
	Siltsteine, Tonsteine und Mischgesteine in gebänderter oder flasriger Art	115
	Diabase, Schalestein und Roteisenstein	116
	Zusammenfassender Überblick	116
5.3.2	Harz (R. HOHL)	119
5.3.3	Vogtländisch-Thüringisches Schiefergebirge (R. HOHL)	122
5.3.4	Zusammenfassung von Erfahrungen bei gefalteten Gesteinen des Variszischen Gebirges (Kap. 5.3.1—5.3.3)	127
	Literatur	128

5.3.5	Klastische Gesteine des gefalteten Teils der Subvariszischen Saumsenke, am Beispiel des Steinkohlenreviers der Ruhr (Wechselfolgen von Sandsteinen, Siltsteinen und Tonsteinen)	129
5.3.5.1	Hydrogeologischer Überblick über das Ruhrkarbon und sein Deckgebirge	131
5.3.5.2	Hydrogeologische Verhältnisse im Oberkarbon des Ruhrgebietes	132
5.3.5.3	Zur bergbaulichen Wasserwirtschaft im Ruhrgebiet	136
5.3.5.4	Gewinnung von nutzbarem Grundwasser außerhalb der Grubenbereiche und Beseitigung von Abwässern	138
	Literatur	139
5.3.6	Vergleiche mit anderen gefalteten Teilen der Subvariszischen Saumsenke	140
5.3.6.1	Aachen-Erkelenzer Steinkohlenrevier	140
5.3.6.2	Steinkohlenrevier von Ibbenbüren	141
	Literatur	144
5.3.7	Zusammenfassung von Erfahrungen in gefalteten Schichtfolgen der Subvariszischen Saumsenke (Kap. 5.3.5—5.3.6)	144
5.4	Klastische Gesteine des ungefalteten Paläozoikums in den europäischen Tafelgebieten (ohne Rotliegendes)	145
5.4.1	Ungefaltete Vorland-Sedimente des variszischen Gebirges zwischen Ruhrgebiet und Nordsee (ohne Rotliegendes)	145
5.4.2	Baltischer Schild in der Umgebung der Baltischen Synklise	147
5.4.3	Baltischer Schild in der nördlichen Umrahmung des Moskauer Beckens	148
5.4.4	Böhmen	150
5.4.5	Hinweise auf ungefaltetes Paläozoikum in anderen Teilen der Erde	151
5.4.6	Zusammenfassung für den Bereich des ungefalteten Paläozoikums	151
	Literatur	153
5.5	Das Molassestockwerk des paläozoischen Gebirges (Oberkarbon und Rotliegendes)	154
5.5.1	Allgemeines (R. HOHL und H. KARRENBERG)	154
5.5.2	Hydrogeologische Verhältnisse der permosilesischen Sedimente im sächsisch-thüringischen Raum (R. HOHL)	155
5.5.3	Hydrogeologische Verhältnisse der Vulkanitkomplexe des Molasse-Stockwerkes in Thüringen und Sachsen (R. HOHL)	162
5.5.4	Zur Hydrogeologie der Sedimente und Vulkanite des Saar-Wetterau-Werra-Troges	165
5.5.5	Zur Hydrogeologie der Ablagerungen im Rotliegendbecken des nördlichen Mitteleuropa	169
5.5.6	Zusammenfassung einiger Erfahrungen für den Bereich der Rotliegend-Sedimente und -Vulkanite	170
	Literatur	171
5.6	Sandsteine des Mesozoikums	173
5.6.1	Sandsteine der Trias	174
5.6.1.1	Buntsandstein in Deutschland	174
	Geologischer Überblick	174
	Hydrogeologischer Überblick	175
	Grundwasserneubildung	179
	Grundwasserbeschaffenheit	179
	Grundwassergewinnung und -nutzung	180
5.6.1.2	Vergleich mit dem Buntsandstein in England und Frankreich	181
5.6.1.3	Sandsteine des Unteren und Mittleren Keupers, vorwiegend in Süddeutschland	183
5.6.1.4	Sandsteine des Oberen Keupers (Rhät) in der Bundesrepublik Deutschland	185
5.6.2	Sandsteine des Juras	185
5.6.3	Sandsteine der Unterkreide	186
5.6.3.1	Osning-Sandstein	187
5.6.3.2	Hilssandstein	187

5.6.4 Sandsteine der Oberkreide im sächsisch-böhmischen Bereich (R. Нонн)	188
5.6.5 Bedeutende Sandsteinbildungen des Mesozoikums außerhalb Europas	191
5.6.6 Zusammenfassung einiger Erfahrungen bei mesozoischen Sandsteinen des ungefalteten Deckgebirges	193
Literatur	194
5.7 Mergelgesteine des Mesozoikums und des Tertiärs	197
5.7.1 „Steinmergel“ des Mittleren Keupers im nördlichen Teil der Bundesrepublik Deutschland	198
5.7.2 „Flammenmergel“ des Albien im nördlichen Teil der Bundesrepublik Deutschland	199
5.7.3 Oberkretazische Mergelgesteine (Cenoman bis Ober-Santon) im Deckgebirge des Steinkohlenreviers der Ruhr	199
5.7.4 Mergel der höheren Oberkreide (Vorhelmer Schichten des Campans) im zentralen Teil des Münsterschen Beckens	202
Literatur	205
5.8 Vulkanische Gesteine des Mesozoikums und Känozoikums	206
5.8.1 Allgemeines	206
5.8.2 Island (Iceland)	208
a) Geologischer Überblick	208
b) Hydrogeologie	209
c) Wasserbilanz, Wasserversorgung und sonstige Wassernutzung	212
5.8.3 Kanarische Inseln	212
a) Geologischer Überblick	213
b) Hydrogeologie	213
c) Zur Wasserbilanz und Wasserversorgung	215
5.8.4 Oahu (Hawaii-Inseln)	216
a) Geologischer Überblick	216
b) Hydrogeologie	216
c) Wassergewinnung und Wasserbedarf	217
5.8.5 Vogelsberg	218
a) Geologischer Überblick	218
b) Zur Hydrogeologie	219
c) Nutzung und wasserwirtschaftliche Bedeutung	220
5.8.6 Deccan-Trap in Indien	220
a) Geologischer Überblick	221
b) Hydrogeologie	222
c) Wassergewinnung und Wasserhaushalt	223
5.8.7 Vergleiche und Zusammenfassung	224
Literatur	225
6. Umweltfragen bei Grundwasser in nichtverkarstungsfähigen Festgesteinen	228
6.1 Verunreinigungen des oberflächennahen Grundwassers in klüftigen, nichtkarbonatischen Festgesteinen und Grundwasserschutz	228
6.1.1 Allgemeines	228
6.1.2 Art der Belastungen	229
6.1.2.1 Natürliche Belastungen des Grundwassers	229
6.1.2.2 Anthropogene chemische Verunreinigungen des Grundwassers	230
6.1.2.3 Spezielle Beeinträchtigungen durch Bergbauhalden, Kippen, Dämme und Planierungen mit Bergmaterial des Bergbaus	234
6.1.2.4 Verunreinigungen in geklüfteten Festgesteinen durch Mineralöl und Mineralölprodukte	235
6.1.2.5 Auswirkungen organischer Abfallstoffe und Abwässer	239
6.1.3 Gebirgsspezifische Ausbreitung von Verunreinigungen des Grundwassers und von Abwässern	240
6.1.4 Präventiver Grundwasserschutz bei geklüfteten nichtkarbonatischen Festgesteinen	241
6.1.4.1 „Richtlinien für Schutzgebiete“, bisher mit begrenzter Anwendungsmöglichkeit für Festgesteine	241

6.1.4.2	Notwendige Berücksichtigung von Sonderverhältnissen bei geklüfteten nichtkarbonatischen Festgesteinen in den Richtlinien zur Festlegung von Schutzgebieten	244
6.1.4.3	Ausweisung von Vorrang- bzw. Schongebieten	246
	Literatur	247
6.2	Versenkung von Abwässern in Festgesteinskomplexe des tieferen Untergrundes	249
6.2.1	Allgemeines	249
6.2.2	Hydrogeologische Voraussetzungen für die mögliche Nutzung von nichtkarbonatischen Festgesteinen zur Speicherung (Endlagerung) von flüssigen Abfällen	250
6.2.2.1	Auswahl „günstiger“ Gebiete aufgrund der allgemeinen geologischen Situation	250
6.2.2.2	Spezielle Erkundung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse	252
6.2.2.3	Darstellung der hydrogeologischen Verhältnisse	253
6.2.3	Eigenschaften des natürlichen Flüssigkeitsinhalts des Injektionskörpers (Aquifers) und der injizierten Flüssigkeiten	255
6.2.4	Chemische Reaktionen zwischen Abwasser, Gestein und Lagerstättenwasser	256
6.2.5	Kontrollen des Versenk- und Ausbreitungsvorgangs	257
6.2.6	Nichtkarbonatische Festgesteine als Speicher für tiefversenkte Abwässer (Beispiele)	258
6.2.6.1	Sandsteine	258
6.2.6.2	Schiefer	260
6.2.6.3	Basalt	261
6.2.6.4	Gneis	261
6.2.7	Auslösen von Erdbeben durch Fracken in Festgestein	261
	Literatur	262
7.	Ingenieurgeologisch-geotechnische Aspekte (A. PAHL und H.-J. SCHNEIDER)	264
7.1	System Fels/Wasser	264
7.2	Wasser im Felsbau unter Tage	269
7.3	Bergwasser in Böschungen, Baugruben und bei Talsperren	275
	Literatur	278
	Sachverzeichnis	280