

Inhaltsverzeichnis

KAPITEL 1: Hydrogeologie (H. SCHNEIDER)

1.1	Allgemeine Grundlagen	1	1.1.8.1.1	Salzungsversuche	44
1.1.1	Werden und Vergehen der Gesteine . .	1	1.1.8.1.1.1	Salzung mit Steinsalz (NaCl)	44
1.1.2	Anfertigen und Lesen geologischer Karten	3	1.1.8.1.1.2	Salzung mit Lithiumchlorid (LiCl)	45
1.1.3	Geologische Formen und Strukturen	4	1.1.8.1.2	Färbversuche mit Uranin	46
1.1.4	Die Wasserführung der Gesteine	8	1.1.8.1.3	Sporenriftversuche	46
1.1.4.1	Wasser in Lockergesteinen	9	1.1.8.1.3.1	Sporenriftversuch von Korbach	46
1.1.4.1.1	Die Wasseraufnahmefähigkeit	9	1.1.8.1.4	Versuche mit <i>Serratia marcescens</i> (<i>Baterium prodigiosum</i>)	48
1.1.4.1.1.1	Berechnung des Porenvolumens nach G. MAROTZ	10	1.1.8.1.4.1	Anreicherungsverfahren	49
1.1.4.1.2	Die Erscheinungsformen des Wassers in Lockergesteinen	10	1.1.8.1.4.2	Membranfiltermethode	49
1.1.4.1.3	Die Wasserabgabefähigkeit	12	1.1.8.1.4.3	Keimzahlbestimmung	49
1.1.4.2	Wasser in verfestigten, klüftigen Gesteinen	13	1.1.8.1.5	Beispiele von Salzungs- und Färb- versuchen	49
1.1.4.2.1	Wasserführung der kristallinen Gesteine	15	1.1.8.1.5.1	Salzungsversuche im Buntsandstein des mittleren Schwarzwaldes	49
1.1.4.2.2	Die Wasseraufnahmefähigkeit	17	1.1.8.1.5.2	Salzungsversuch von Herzogweiler- Cresbach bei Freudenstadt	50
1.1.5	Die Grundwasserspeicher	18	1.1.8.1.5.3	Färbversuch im Mittleren Lombach- tal südlich Wittlensweiler bei Freu- denstadt	50
1.1.5.1	Voraussetzungen zur Entstehung von Grundwasserspeichern	19	1.1.8.1.6	Markierungsversuche mit Detergen- tien und Geruchsstoffen	51
1.1.6	Grundwasserleiter	20	1.1.8.1.6.1	Versuche mit Alkylbenzolsul- fonaten	51
1.1.6.1	Grundwasserleiter und Art ihrer Erschließung	21	1.1.8.1.6.2	Versuche mit Geruchsstoffen	51
1.1.6.1.1	Trogtyp	21	1.1.8.1.7	Fließgeschwindigkeiten in Klüft- und Karstwasserleitern	52
1.1.6.1.2	„Flächentyp“	22	1.1.8.1.7.1	Kluftwasserleiter	52
1.1.6.1.3	„Muldentyp“	23	1.1.8.1.7.2	Karstwasserleiter	52
1.1.6.1.4	„Satteltyp“	24	1.1.8.1.8	Fließgeschwindigkeiten in Talauen	55
1.1.6.1.5	„Flankentyp“	25	1.1.8.1.9	Außerdeutsche Untersuchungen	55
1.1.6.1.6	„Mehrstockwerktypen“	26	1.1.8.1.9.1	Frankreich	55
1.1.6.1.6.1	Unechte Grundwasserspiegel	26	1.1.8.1.9.2	Schweiz	55
1.1.6.1.7	„Schwimmende Süßwasser“	28	1.1.8.1.9.3	Jugoslawien	55
1.1.6.2	Grundwasser in Gebieten dauernder Gefrornis	29	1.1.8.2	Einflußbreiten der Versickerungen und Versinkungen	55
1.1.7	Quellen	30	1.1.8.3	Vergleich der Untersuchungsmetho- den	55
1.1.7.1	Vorkommen und Aufsuchen von Quellen	30			
1.1.7.1.1	Geologische Strukturen und Quell- bildung	30	1.2	Hydrogeologische Arbeitsmetho- den	58
1.1.7.1.2	Voraussetzungen der Quellschüt- tungen	35	1.2.1	Studium der geologischen Karten und Sammeln von Unterlagen	58
1.1.7.1.2.1	Niederschläge	35	1.2.2	Grundwasserleiter in Lockergestei- nen	59
1.1.7.1.2.2	Verdunstung	35	1.2.2.1	Das geologische Bohrprofil	59
1.1.7.1.2.3	Vegetation	35	1.2.2.2	Die Bohrprofilkarte	59
1.1.7.1.2.4	Der oberflächliche Abfluß	36	1.2.2.3	Geologische Schnitte	60
1.1.7.1.2.5	Einzugs- oder Nährgebiete der Quellen	36	1.2.2.4	Petrographische Profile und Schnit- te	61
1.1.7.2	Quellschüttungsmessungen	36	1.2.2.4.1	Korngrößenuntersuchungen	61
1.1.7.2.1	Der vollkommene Überfall ohne Seitenkontraktion	37	1.2.2.4.1.1	Probeentnahmen bei Trockenboh- rungen	61
1.1.7.2.2	Der Überfall mit Seiten- kontraktion	37	1.2.2.4.1.2	Probeentnahmen bei Saugbohrun- gen	61
1.1.7.2.3	Meßkasten mit kreisförmigem Ausfluß	39	1.2.2.4.1.3	Die Siebanalyse	61
1.1.7.2.4	Dreiecksüberfall nach THOMPSON . .	39	1.2.2.4.1.4	Auswertung der Siebanalysen	62
1.1.7.2.5	Ermittlung kleinster Quellschüt- tungen	40	1.2.2.5	Schnittprofilkarten	62
1.1.7.2.6	Ergiebigkeitsschwankungen	40	1.2.2.6	Tektonik	63
1.1.7.3	Quelltemperaturen	40	1.2.2.7	Mächtigkeitkarten	66
1.1.7.4	Chemie der Quellwässer	41	1.2.2.8	Flurabstandskarten	67
1.1.8	Hydrogeologie des Karstes	41	1.2.3	Grundwasserleiter in Klüftgesteinen	68
1.1.8.1	Nachweis der unterirdischen Abfluß- wege im Karst und klüftigen Grund- wasserleitern	44	1.2.3.1	Geologische Schnitte	69

1.2.3.1.1	Geologische Schnitte nach der geologischen Karte	69	1.2.3.3	Großräumige Untersuchungen	70
1.2.3.1.2	Geologische Schnitte nach durchgeführten Bohrungen	69	1.2.3.3.1	Umwertung stratigraphischer in hydrogeologische Übersichten	70
1.2.3.2	Tektonik	70	1.2.3.3.2	Auswertung von Faciesprofilen und Facieskarten	71

KAPITEL 2: Spezielle hydrogeologische Probleme in ariden Gebieten (aufgezeigt an Beispielen Nordafrikas) (H. SCHNEIDER)

2.1	Allgemeines	73	2.6	Nordostafrika	86
2.2	Nordwestafrika	73	2.6.1	Ägypten	86
2.2.1	Algerien	75	2.6.1.1	Einzellandschaften	88
2.2.2	Marokko	76	2.6.1.1.1	Die Oase Kharga	88
2.3	Tunesien	77	2.6.1.1.2	Die Oase Dakhla	93
2.3.1	Nord-Tunesien	77	2.6.1.1.3	Die Oasa Farafra	93
2.3.2	Zentral- und Osttunesien	78	2.6.1.1.4	Die Oase Bahariya	93
2.3.3	Südtunesien	80	2.6.1.1.5	Die Kattara-Depression	93
2.4	Libyen	81	2.6.1.1.6	Die Oase Siwa	93
2.4.1	Die Küstenzone	81	2.6.1.1.7	Das Mamarica-Plateau	93
2.4.2	Der Fezzan	81	2.6.1.1.8	Die Küstenebene der Mamarica	93
2.4.3	Das Gebiet von Koufra	82	2.6.1.1.9	Das Niltal	94
2.5	Die Südsahara	82	2.6.2	Die Chemie der Grundwässer	94
2.5.1	Das Chad-Becken	82	2.6.3	Das Alter der Wässer der westlichen Wüstengebiete	94
2.5.2	Niger	82	2.6.4	Die Grundwassertemperaturen	95
2.5.3	Senegal und Südmauretanien	83	2.7	Der Sudan	95
2.5.3.1	Die abflußlosen Grundwasserspiegeldepressionen	83	2.8	Vergleich der Bewirtschaftungsmöglichkeiten von Grundwasservorkommen in humiden und ariden Gebieten	96

KAPITEL 3: Geohydrochemie (H. SCHNEIDER)

3.1	Die wichtigsten chemischen Stoffe im Grundwasser	99	3.1.0.7.4	Die Bedeutung des Nitratgehaltes	119
3.1.0.1	Der Chloridgehalt	100	3.1.0.8	Die Nitrite (N ₂ O ₃)	121
3.1.0.1.1	Aufsteigen Cl ⁻ -haltiger Wässer	100	3.1.0.9	Der Kaliumpermanganat (KMnO ₄)-Verbrauch	122
3.1.0.1.2	Beispiele von Cl ⁻ -Kartierungen	100	3.1.1.0	Aggressive Wässer	122
3.1.0.1.3	Vorausbestimmung der Cl ⁻ -Zunahme in Bohrungen	101	3.1.1.1	Fluor (F ⁻)	122
3.1.0.1.4	Vorausbestimmung der Cl ⁻ -Zunahme im Förderwasser	103	3.1.1.2	Selen (Se ⁻²) im Grund- und Oberflächenwasser	123
3.1.0.1.5	Indirekte Cl ⁻ Einwanderung durch gegenseitige Beeinflussung von Fassungen	104	3.1.1.3	Radionuklide im Grundwasser	125
3.1.0.1.6	Chloride in Kluftwasserleitern	105	3.1.1.4	Metal und Mörtel angreifende Wässer	127
3.1.0.1.7	Chloride im Küstenbereich	105	3.1.1.5	Das Redoxpotential	127
3.1.0.2	Grundwasserhärten	108	3.1.1.5.1	Theorie	127
3.1.0.2.1	Weiches über hartem Wasser in gleichen Grundwasserleiter	110	3.1.1.5.2	Anwendungsbereich	128
3.1.0.2.2	Chloride und Härten	111	3.1.1.5.3	Geräte und Chemikalien	128
3.1.0.3	Der Eisengehalt	112	3.1.1.5.4	Ausführung der Bestimmung	128
3.1.0.3.1	Einfluß von Bewässerungswiesen	112	3.1.1.5.4.1	Erstreinigung	128
3.1.0.3.2	Eisengehalt und Tektonik	112	3.1.1.5.4.2	Nachreinigen	128
3.1.0.4	Der Mangangehalt	114	3.1.1.5.4.3	Berechnung	129
3.1.0.5	Sulfat- und Magnesiumgehalt	114	3.2	Natürliche Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers	129
3.1.0.6	Die Wasserstoffionenkonzentration	115	3.2.1	Unbeanspruchte Grundwasserleiter	129
3.1.0.7	Der Nitrat und Ammoniakgehalt	115	3.2.1.1	Bedeutung des Schwefeleisens (FeS ₂) im Boden	130
3.1.0.7.1	Nitratgehalt im Grundwasser unter Waldbeständen	115	3.2.1.1.1	Umwandlung von FeS ₂ bei Gegenwart von Nitraten im kalkarmen Boden	130
3.1.0.7.2	Nitratgehalte im Grundwasser unter Acker- und Grünlandflächen	115	3.2.1.1.2	Umwandlung von FeS ₂ und MnO ₂ bei Sauerstoffreichtum	130
3.1.0.7.2.1	Nitratauswaschung im Ackerbau und Grünland	115	3.2.1.1.3	Umwandlung von FeS ₂ im kalkreichen Boden	130
3.1.0.7.3	Metallangreifende Eigenschaften des Nitrats	119			

3.2.1.2	Bodenverockerung	130	3.4.2.2.6	Grundwasserverunreinigungen durch Cadmium (Cd) und Chrom (Cr)	160
3.2.1.3	Schwankungen bei Tiefenwässern und gespannten Grundwässern	131	3.4.2.2.6.1	Abwässer aus Aluminium-Anodisierbetrieben	160
3.2.1.4	Schwankungen in oberflächennahen Grundwässern mit freiem Spiegel	131	3.4.2.2.6.2	Chrom aus Holzimprägnierbetrieben	160
3.2.1.5	Austauschwässer (E. LÖHNERT)	131	3.4.2.2.6.2.1	Geologische Verhältnisse	164
3.2.1.5.1	Allgemeines	131	3.4.2.2.6.2.2	Hydrologische Verhältnisse	164
3.2.1.5.2	Grundlagen	131	3.4.2.2.7	Grundwasserverunreinigung durch Magnesiumchlorid (MgCl ₂)	165
3.2.1.5.2.1	Hydrochemische Voraussetzungen und Nomenklatur	131	3.4.2.3	Veränderungen durch Ablagerungen fester Stoffe und Schlämme	165
3.2.1.5.2.2	Sedimentologische Voraussetzungen	133	3.4.2.3.1	Mülldeponien	165
3.2.1.5.2.3	Hydrologische Voraussetzungen	133	3.4.2.3.1.1	Mülldeponien mit trockenem Fuß	166
3.2.1.5.3	Beispiele	133	3.4.2.3.1.2	Abdichtung von Mülldeponien mit trockenem Fuß	168
3.2.1.5.4	Nutzanwendung	135	3.4.2.3.1.3	Mülldeponien mit nassem Fuß	170
3.2.1.5.5	Zusammenfassung	137	3.4.2.3.2	Kalkschlammablagerungen	173
3.2.2	Beanspruchte Grundwasserleiter (H. SCHNEIDER)	137	3.4.2.3.3	Ablaugeaschen der Zellstoffindustrie	175
3.2.2.1	Beeinflussungen aus den Deckschichten	137	3.4.2.3.4	Deponien mit cyanhaltigen Stoffen (CN ⁻)	175
3.2.2.2	Einfluß von Hochwässern in Niederungsgebieten	139	3.4.2.3.5	Schlämme galvanischer Abwässer	175
3.2.2.3	Kluftwässer	141	3.4.2.3.6	Radioaktive Abfälle	175
3.2.2.4	Folgerungen für Wassergewinnungsanlagen	141	3.5	Mineralölprodukte und Grundwasser	178
3.2.2.5	Beeinflussungen aus dem tieferen Untergrund	141	3.5.1	Allgemeines	178
3.2.2.6	Einflüsse der mit der Temperatur veränderlichen Viskosität des Wassers	142	3.5.2	Bewegung der Mineralöle im Untergrund	179
3.2.2.7	Härtezunahmen in Wasserwerken in Schleswig-Holstein	142	3.5.2.1	Durchlässigkeitsbeiwert für Mineralöle und Gültigkeit des Flitergesetzes von DARCY	179
3.3	Geohydrochemische Arbeitsmethoden	143	3.5.2.2	Gleichzeitiges Fließen nicht mischbarer Phasen im Porenraum	180
3.3.1	Geohydrochemische Bestandsaufnahme	143	3.5.2.2.1	Versickern von Mineralöl in stärker wasserhaltige Böden	181
3.3.1.1	Flächenhafte Untersuchungen und Kontrolle durch Bohrungen	143	3.5.2.2.2	Das echte gemeinsame Fließen zweier Phasen	181
3.3.1.1.1	Beispiel einer flächenhaften Untersuchung mit Kontrollbohrungen bei Bocholt/Westf.	145	3.5.2.3	Die Ausbreitung von Mineralöl im Untergrund	183
3.3.1.1.1.1	pH-Wert	145	3.5.2.4	Beispiele von Mineralölverschmutzungen	183
3.3.1.1.1.2	Gesamthärte	145	3.5.2.5	Mikrobieller Abbau von Kohlenwasserstoffen	185
3.3.1.1.1.3	Sulfathärte (Resthärte)	146	3.6	Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW) im Grundwasser	186
3.3.1.1.1.4	Sulfatgehalt (SO ₄ ⁻²)	146	3.6.1	Produktion, Einsatzbereiche, Verwendungstechnologien	186
3.3.1.1.1.5	Chloridgehalt (Cl ⁻)	146	3.6.2	Ursachen der Grundwasserverunreinigung	187
3.3.1.1.1.6	Eisengehalt (Fe)	147	3.6.3	Gesundheitliche Beurteilung	187
3.3.1.1.1.7	Mangangehalt (Mn)	147	3.6.4	Verhalten von CKW im Untergrund	187
3.3.1.2	Chemische Schichtung im Grundwasserleiter	148	3.6.4.1	Bewegung der CKW im Untergrund	188
3.3.1.3	Untersuchung bestehender Brunnenreihen	149	3.6.4.2	Die Ausbreitung der flüssigen Phase	188
3.4	Veränderung des Chemismus des geförderten Wassers mit der Zeit	150	3.6.4.3	Die Ausbreitung in wässriger Lösung	189
3.4.1	Veränderungen durch natürliche Faktoren	150	3.6.4.4	Die Ausbreitung als Gasphase	190
3.4.2	Veränderungen durch Fremdeinflüsse	152	3.6.4.5	Fließwege der CKW in Talkiesen, klüftigem Gebirge und im Karst	190
3.4.2.1	Versickerung von Fäkalien	152	3.6.4.6	Das Verhalten in klüftigen Gesteinen	192
3.4.2.1.1	Einmalige Versickerung von Fäkalien	152	3.6.5	Maßnahmen zur Lokalisierung und Sanierung von Kontaminationsquellen und Kontaminationsfahnen	192
3.4.2.1.2	Laufende Versickerung von Fäkalien	153	3.6.5.1	Akute Schadensfälle	192
3.4.2.1.3	Düngung	156	3.6.5.2	Ältere Schadensfälle	192
3.4.2.2	Versickerung von Industrieabwässern und Säuren	157	3.6.5.2.1	Der Kontaminationsherd ist bekannt	192
3.4.2.2.1	Sulfitablaugen	157	3.6.5.2.2	Bodenluftuntersuchungen	193
3.4.2.2.2	Schwefelsäure	157	3.6.5.2.3	Der Kontaminationsherd ist unbekannt	193
3.4.2.2.3	Salzsäure	158	3.6.6	Beispiele von CKW-Schadensfällen	193
3.4.2.2.4	Abwässer aus Solbadeanstalten	158	3.6.6.1	Schadensfall Horb am Neckar	193
3.4.2.2.5	Auswirkungen von Kaliabwässerversenkungen	159	3.6.6.2	Schadensfall Heidelberg-Wieblingen	194

3.6.6.2.1	Hydrogeologische Gegebenheiten . . .	194	3.7	Einwirkungen von Friedhöfen auf die chemische und bakteriologische Beschaffenheit des Grundwassers . . .	199
3.6.6.2.2	Ursachen des Schadensfalles	196			
3.6.6.2.3	Ausbreitung der CKW im Grundwasser	196			
3.6.6.2.4	Sanierung auf dem Betriebsgelände . .	197	3.7.1	Allgemeines	199
3.6.6.2.5	Verfolgen der Kontaminationsfahne	197	3.7.2	Zersetzung der Leichen	199
5.6.6.3	Schadensfall Norderstedt bei Hamburg	197	3.7.3	Die reinigende Wirkung des Bodens	200
			3.7.4	Beispiele untersuchter Grundwässer unter Friedhöfen	200

KAPITEL 4: Geophysik (J. HOMILIUS)

4.1	Geoelektrik in der Wassererschließung (J. HOMILIUS und H. FLATHE †)	203	4.1.6.2	Grundwasserleiter mit niedrigem Elektrolytgehalt des Porenwassers	235
4.1.1	Allgemeines	203	4.1.6.2.1	Ein Grundwasserstockwerk; Haddorf/Münsterland	235
4.1.2	Die Grundlagen der Widerstandsmethode	204	4.1.6.2.1.1	Aufgabenstellung	235
4.1.2.1	Das Ohm'sche Gesetz	204	4.1.6.2.1.2	Relief der Sohlschicht	236
4.1.2.2	Homogener Untergrund	205	4.1.6.2.1.3	Ausbildung des Grundwasserleiters	236
4.1.2.3	Das Prinzip der geoelektrischen Sondierung	206	4.1.6.2.1.4	Meßkurven	236
4.1.2.4	Der sogenannte „scheinbare“ Widerstand	207	4.1.6.2.2	Zwei Grundwasserstockwerke, Aachtal bei Singen	240
4.1.2.5	Die Sondierungskurve	207	4.1.6.2.2.1	Aufgabenstellung	240
4.1.2.6	Schlumberger- und Wenner-Anordnung	208	4.1.6.2.2.2	Geologische Schichten und ihre Widerstände	240
4.1.3	Durchführung von Feldmessungen nach der Widerstandsmethode (K. DEPPERMAN †)	209	4.1.6.2.2.3	Ergebnisse	242
4.1.3.1	Ausführung einer Messung nach der Vierpunktmethode	209	4.1.6.2.2.4	Gestalt und Interpretation der Meßkurven	244
4.1.3.2	Meßapparaturen für die Widerstandsmethode	210	4.1.6.2.2.5	Pleistozäne Rinnen im Hegau (A. SCHREINER)	244
4.1.3.3	Fehlereinflüsse bei Widerstandsmessungen	212	4.1.6.2.3	Probleme bei tiefliegender Grundwasser-oberfläche, Wurzacher Becken	245
4.1.4	Auswertung geoelektrischer Sondierungskurven	212	4.1.6.2.3.1	Gestalt der Meßkurven über einem Kieskörper mit ungespanntem Grundwasser	245
4.1.4.1	Der Zweischichtfall	212	4.1.6.2.3.2	Meßkurven ohne erkennbare Gliederung in der Kiesschicht	246
4.1.4.2	Der Dreischichtfall (E. MUNDRY)	214	4.1.6.2.3.3	Möglichkeiten der Deutung von Meßkurven über einem Kieskörper mit ungespanntem Grundwasser und toniger Bedeckung	246
4.1.4.3	Die Hilfspunktverfahren	216	4.1.6.2.3.4	Messungen im Wurzacher Becken	247
4.1.4.4	Der n-Schichtfall ($n > 3$) (E. MUNDRY)	219	4.1.6.2.4	Grundwasserleiter in tektonisch beeinflussten Gebieten, Kabuler Becken/Afghanistan	249
4.1.4.5	Die indirekte Interpretation mittels Elektronenrechner	221	4.1.6.2.4.1	Aufgabenstellung	250
4.1.4.6	Das Umkehrproblem der Geoelektrik (E. MUNDRY)	222	4.1.6.2.4.2	Das Untersuchungsgebiet	250
4.1.4.7	Probleme bei der Deutung geoelektrischer Sondierungskurven	223	4.1.6.2.4.3	Meßergebnisse aus dem Oberen und Unteren Kabul-Becken	250
4.1.4.7.1	Das Äquivalenzprinzip und das Prinzip der Schichtunterdrückung	223	4.1.6.2.4.4	Meßkurven aus dem Raum Kabul	254
4.1.4.7.2	Einfluß oberflächennaher Schichten hinsichtlich des Auflösungsvermögens	225	4.1.6.2.5	Veränderlicher Elektrolytgehalt des Porenwassers, Grundwasserexploration im Hümmling	255
4.1.4.7.3	Die Mikoranisotropie	226	4.1.6.2.5.1	Problemstellung	255
4.1.4.7.4	Einfluß nichtparalleler Schichtung auf eine Sondierung	227	4.1.6.2.5.2	Durchführung des Untersuchungsprogramms	256
4.1.4.7.5	Einfluß lateraler oberflächennaher Störkörper	228	4.1.6.3	Grundwasserleiter mit stark veränderlichem Elektrolytgehalt des Porenwassers	257
4.1.5	Elektromagnetische Verfahren (E. MUNDRY † und D. VOGEL-SANG)	230	4.1.6.3.1	Das Problem der Küstenversalzung	257
4.1.5.1	Allgemeines	230	4.1.6.3.1.1	Allgemeines	257
4.1.5.2	Das EM Kartierverfahren	231	4.1.6.3.1.2	Süßwasservorkommen auf der Insel Juist	258
4.1.5.3	Meßverfahren auf der Luft	233	4.1.6.3.1.3	Veränderung der Süßwasserlinse auf der Insel Baltrum (O. RÜLKE)	259
4.1.6	Anwendung auf hydrogeologische Probleme	234	4.1.6.3.1.3.1	Aufgabenstellung	259
4.1.6.1	Allgemeines	234	4.1.6.3.1.3.2	Spezifische Widerstände und Sondierungskurven	259
4.1.6.1.1	Allgemeine Gesichtspunkte	234			
4.1.6.1.2	Die spezifischen Gesteinswiderstände	234			

4.1.6.3.1.3.3	Veränderungen der Süßwasserlinie in den Jahren 1950–1968	260	4.2.5.4	Stapelnde Registrierapparaturen	297
4.1.6.3.1.4	Küstenversalzungen in Norddeutschland, speziell im Gebiet der Ley-Bucht	264	4.2.6	Anwendung der Seismik auf hydrogeologische Probleme	299
4.1.6.3.2	Grundwasserversalzung im Binnenland	265	4.2.6.1	Bestimmung der Grundwasseroberfläche	299
4.1.6.3.2.1	Soleaufstiege im Festgestein bei Bad Salzhausen/Hessen (Vogelsberg) (K. DEPPEMANN, H. REPSOLD und W. STENGEL-RUTKOWSKI)	265	4.2.6.2	Bestimmung der Mächtigkeit von Lockersedimenten	300
4.1.6.3.2.1.1	Aufgabenstellung	265	4.2.6.2.1	Allgemeine Gesichtspunkte	300
4.1.6.3.2.1.2	Geologische und hydrogeologische Übersicht	266	4.2.6.2.2	Lockersedimente über Festgestein	300
4.1.6.3.2.1.3	Ergebnisse der Widerstandsmessungen	266	4.2.6.3	Ermittlung von Auflockerungszonen im Festgestein	301
4.1.6.3.2.1.4	Bohrergebnis	267	4.2.6.3.1	Allgemeine Gesichtspunkte	301
4.1.6.3.2.2	Salzwasser im Chaco Boreal in Paraguay/Südamerika	267	4.2.6.3.2	Der Klüftigkeitskoeffizient	302
4.1.6.3.2.3	Grundwasserversalzung im südlichen Jordangraben	269	4.2.6.3.3	Auflockerungszonen in Festgestein	303
4.1.6.3.2.3.1	Problemstellung	269	4.3	Bohrlochmessungen bei der Wassererschließung (H. REPSOLD und E. SCHNEIDER)	305
4.1.6.3.2.3.2	Ergebnisse	270	4.3.1	Vorbemerkungen und allgemeine technische Hinweise	305
4.1.6.4	Probleme in Karstgebieten	273	4.3.2	Die Meßverfahren in tabellarischer Übersicht	308
4.1.6.4.1	Die spezifischen Widerstände des Kalksteins	273	4.3.3	Messungen mittels Radioisotopen	308
4.1.6.4.2	Das Problem der Karsthohlräume	275	4.3.3.1	Messungen der natürlichen Gammastrahlung; Gamma Ray, GR	308
4.1.6.4.3	Wassereinspeisung von Lockergestein auf Karstwegen; Donauried bei Ulm	275	4.3.3.2	Messung der Gesteinsdichte; Density, D, FD	311
4.1.6.4.3.1	Geologischer und hydrogeologischer Überblick (F. WEIDENBACH)	275	4.3.3.3	Messung der Gesteinsporosität; Neutron N	312
4.1.6.4.3.2	Geoelektrische Untersuchungen	277	4.3.4	Seismische Verfahren	313
4.1.6.4.4	Versalzungen im Karst, Insel Madura/Indonesien	278	4.3.4.1	Messung der Schallgeschwindigkeit im Gestein; Sonic Log, Akustiklog, SV	313
4.2	Seismik in der Wassererschließung (G. HILDEBRAND, CL. BEHNKE & DEPPEMANN †)	280	4.3.4.2	Kontrolle einer Zementierung; Cement Bond Log, CBL	314
4.2.1	Allgemeines	280	4.3.5	Bewertung der drei porositäts-empfindlichen Verfahren Neutron, Sonic und Density	314
4.2.2	Grundlagen der seismischen Wellenausbreitung	280	4.3.6	Elektrische Verfahren	314
4.2.2.1	Methoden der Erzeugung seismischer Wellen	280	4.3.6.1	Grundsätzliches zu den Widerstandsverfahren	314
4.2.2.2	Elastische Deformationen	281	4.3.6.2	Anwendungsbereiche der Widerstandsverfahren	315
4.2.2.3	Seismische Wellentypen	281	4.3.6.3	Messung des Gesteinswiderstandes in Mehrpunktanordnung; Elektriklog, ES EL	315
4.2.2.4	Die Schallhärte der Gesteine	282	4.3.6.4	Messung des elektrischen Eigenpotentials; Self Potential, SP	316
4.2.2.5	Reflexions- und Brechungsgesetz	284	4.3.6.5	Messung des Gesteinswiderstandes in fokussierter Anordnung; Fokussiertes Elektriklog, Laterolog, FEL LL	317
4.2.3	Das refraktionsseismische Verfahren	284	4.3.6.6	Messung der elektrischen Gesteinsleitfähigkeit mit fokussierten Induktionsverfahren; Induction Log, IES, IEL	318
4.2.3.1	Prinzip des refraktionsseismischen Verfahrens	284	4.3.6.7	Messung des spez. elektrischen Widerstandes im Bohrlochwandbereich; Mikrolog, Mikrolaterolog, ML, MLL	318
4.2.3.2	Die Laufzeitkurve	284	4.3.6.8	Messung des spez. elektrischen Widerstandes der Bohrlochflüssigkeit (Wasser bzw. Spülung); Salinometer, SAL	318
4.2.3.3	Auswerteformeln für den horizontalen Mehrschichtfall	285	4.3.7	Sonstige Verfahren	319
4.2.3.4	Geneigte Schichtflächen	287	4.3.7.1	Messung der Temperatur der Bohrlochflüssigkeit (Wasser bzw. Spülung); Temperatur, TEMP	319
4.2.3.5	Schwach gekrümmte Schichtflächen	289	4.3.7.2	Messung der vertikalen Flüssigkeitsströmung im Bohrloch oder Brunnen; Flowmeter, FLOW	319
4.2.3.6	Das Wellenfrontenverfahren	291	4.3.7.2.1	Prinzip des Flowmeters	319
4.2.4	Das reflexionsseismische Verfahren	293	4.3.7.2.2	Kalibrierung des Flowmeters	320
4.2.4.1	Prinzip des reflexionsseismischen Verfahrens	293	4.3.7.2.3	Durchführung der Flowmetermessung und Auswertung	320
4.2.4.2	Laufzeitkurven	293			
4.2.4.3	Geschwindigkeitsbestimmungen	294			
4.2.4.4	Gesichtspunkte für die Wahl zwischen den Reflexions- und Refraktionsmethoden	295			
4.2.5	Meßinstrumente für die Flachseismik	296			
4.2.5.1	Allgemeine Konstruktionsmerkmale	296			
4.2.5.2	Instrumente zur direkten Laufzeitbestimmung	297			
4.2.5.3	Mehrspurige Aufnahmeapparaturen	297			

4.3.7.3	Messung des Bohrloch- bzw. Rohrdurchmessers; Kaliber, CAL	321	4.4.1.3.1.3	Bestimmung des Porenvolumens und der Transmissivität eines Grundwasserleiters	338
4.3.7.4	Rohrverbindungsanzeiger in Stahlverrohrungen; Casing Collar Locator, CCL	322	4.4.1.3.1.4	Karsthydrologische Untersuchungen	338
3.4.7.5	Messung der Bohrlochabweichung von der Lotrechten; Abweichung, Deviation, DV	322	4.4.1.3.1.5	Messung der Sickerwasserbewegung in der ungesättigten Bodenzone	338
4.3.7.6	Messung von Streichen und Fallen der Gesteinsschichten; Dipmeter, DIP	322	4.4.1.3.2	Anwendungen	338
4.3.8	Probenentnahme (Wasser bzw. Spülung); Probennehmer, SAMP	323	4.4.2	Methoden der Umweltisotope (M.A. GEYH)	339
4.3.9	Optische Untersuchungen; Bohrloch-, Fernsehkamera, OPT	323	4.4.2.1	Einführung	339
4.3.10	Symbole und Abkürzungen	323	4.4.2.2	Stabile Umweltisotope	341
4.4	Isotopenhydrologische Methoden (W. DROST, M. GEYH und H. MOSER)	325	4.4.2.2.1	Sauerstoff- und Wasserstoffisotope	341
4.4.0	Einleitung	325	4.4.2.2.1.1	Isotopenzusammensetzungen im Grundwasser	341
4.4.1	Tracermethoden (W. DROST und H. MOSER)	325	4.4.2.2.1.2	Isotopenphänomene	341
4.4.1.1	Tracer	325	4.4.2.2.1.3	Anwendungen	342
4.4.1.1.1	Vorbemerkungen	325	4.4.2.2.2	Kohlenstoffisotope	343
4.4.1.1.2	Tracermethodik bei Grundwasseruntersuchungen	326	4.4.2.2.3	Stickstoffisotope	344
4.4.1.1.3	Eigenschaften von Tracern	327	4.4.2.2.4	Schwefelisotope	344
4.4.1.1.3.1	Radioaktive Tracer	327	4.4.2.2.5	Meßtechnik stabiler Isotope	344
4.4.1.1.3.2	Fluoreszenztracer	329	4.4.2.3	Natürliche und anthropogene radioaktive Umweltisotope	344
4.4.1.2	Einbohrlochverfahren	330	4.4.2.3.1	Gemeinsamkeiten der Methoden	344
4.4.1.2.1	Grundwasserströmungsfeld in der Umgebung eines Filterpegels	331	4.4.2.3.2	Radiokohlenstoff-Methode	346
4.4.1.2.2	Bestimmung der Filtergeschwindigkeit und der Fließrichtung des Grundwassers	331	4.4.2.3.2.1	Grundlagen	346
4.4.1.2.2.1	Methodik	331	4.4.2.3.2.2	Korrekturen der ¹⁴ C-Meßdaten	346
4.4.1.2.2.2	Anwendungen	334	4.4.2.3.2.3	Anwendungen	348
4.4.1.2.3	Bestimmung des vertikalen Grundwasserabflusses in einem Pegel	335	4.4.2.3.3	Tritium-Methode	348
4.4.1.2.3.1	Methodik	335	4.4.2.3.4	Krypton-85-Methode	349
4.4.1.2.3.2	Anwendungen	335	4.4.2.3.5	Silizium-32-Methode	349
4.4.1.2.4	Bestimmung des Porenvolumens und der Dispersivität eines Grundwasserleiters	335	4.4.2.3.6	Chlor-36-Methode	349
4.4.1.3	Mehrbohrlochmethoden	336	4.4.2.3.7	Argon-39-Methode	350
4.4.1.3.1	Methodik	336	4.4.2.3.8	Calcium-41-Methode	350
4.4.1.3.1.1	Allgemeines	336	4.4.2.3.9	Krypton-81-Methode	350
4.4.1.3.1.2	Bestimmung der hydrodynamischen Dispersion	337	4.4.2.3.10	Uran-Isotope	350
			4.4.2.3.11	Multi-Isotopenfallstunden	351
			4.4.2.3.12	Meßmethoden radioaktiver Umweltisotope	351
			4.4.2.3.12.1	Allgemeines	351
			4.4.2.3.12.2	Proportionalzählrohr	351
			4.4.2.3.12.3	Flüssigkeitsszintillationszähler	352
			4.4.2.3.12.4	Beschleuniger-Massenspektrometrie	352
			4.4.2.4	Hydrologische Aussagen des Gasgehaltes im Grundwasser	353
			4.4.2.4.1	Edelgase	353
			4.4.2.4.2	Unedle Gase	353
			4.4.2.4.3	Helium/Uran-Methode	353

KAPITEL 5: Geohydrologie (H. SCHNEIDER)

5.1	Der Kreislauf des Wassers	355	5.2.3.1.2	Langfristige Niederschlagsentwicklung in Karlsruhe	365
5.2	Grundwasserspiegelschwankungen, ihre Ursachen und praktische Bedeutung	356	5.2.3.1.3	Langfristige Niederschlagsentwicklung in Darmstadt	367
5.2.1	Auswirkungen junger Bodenbewegungen	357	5.2.3.1.4	Langfristige Niederschlagsentwicklung in Frankfurt/Main	368
5.2.1.1	Natürliche Bodenbewegungen	357	5.2.3.1.5	Langfristige Niederschlagsentwicklung in Gütersloh	369
5.2.1.2	Bodenbewegungen durch den Bergbau	357	5.2.3.1.6	Langfristige Niederschlagsentwicklung in Berlin-Dahlem	370
5.2.2	Auswirkungen von Flußerosionen	358	5.2.3.2	Der Gang der natürlichen Grundwasserstände in den letzten Jahrzehnten	370
5.2.2.1	Förderverluste bei Uferfiltratswerken durch Tiefenerosion	361	5.2.3.3	Einflüsse auf den Grundwasserhaushalt	371
5.2.3	Grundwasserspiegelsenkungen in Mitteleuropa	363	5.2.3.3.1	Flußregelungen	371
5.2.3.1	Die Niederschlagsverteilung in den letzten 200 Jahren	363	5.2.3.3.2	Abholzung	373
5.2.3.1.1	Langfristige Niederschlagsentwicklung in Emden, Görlitz, Bamberg und Bielefeld	363	5.2.3.3.3	Intensivierung der Landwirtschaft	373
			5.2.3.3.4	Grundwassergewinnungsanlagen	373

5.3	Geohydrologische Arbeitsmethoden			
5.3.1	Ermittlung der unterirdischen Abflußwege in Lockergesteinen	375	5.3.1.8.1	Der Absenkungstrichter
5.3.1.1	Anfertigen von Grundwasserspiegelplänen	375	5.3.1.8.2	Die untere Kulmination und Entnahmegrenze
5.3.1.1.1	Aufsuchen und Einrichten von Grundwassermeßstellen	375	5.3.1.8.2.1	Bei reiner Grundwasserentnahme
5.3.1.1.2	Das Nivellement der Grundwassermeßstellen	377	5.3.1.8.2.2	Bei gemischter Entnahme von Grund- und Uferfiltratswasser
5.3.1.1.3	Grundwasserspiegelmessungen	379	5.3.1.8.2.3	Verlagerung der Entnahmegrenzen
5.3.1.1.4	Kontrolle vorhandener Meßbrunnen	380	5.3.1.8.2.3.1	Bei reinem Grundwasserzufluß
			5.3.1.8.2.3.2	Bei gemischter Förderung von Grund- und Uferfiltratswasser
			5.3.1.8.2.3.3	Verlagerung der Entnahmegrenzen bei gegenseitiger Beeinflussung von Wasserfassungen
5.3.1.2	Normaler Abfluß im Grundwasserleiter mit freiem Spiegel	381	5.3.2	Ermittlung der unterirdischen Abflußwege in Kluftwasserleitern
5.3.1.3	Normaler Abfluß im Grundwasserleiter mit gespanntem Spiegel	382	5.3.2.1	Färb- und Salzungsversuche
5.3.1.4	Anschluß des freien Grundwasserspiegels an die Vorfluter	382	5.3.2.2	Grundwasserspiegelpläne
5.3.1.4.1	Anschluß an Kiesgruben mit offenen Wasserspiegeln	384	5.3.3	Nachweis der Auswirkungen von Grundwasserentnahmen im Grundwasserleiter
5.3.1.4.1.1	Bestimmung der Zu- und Abstrombreite eines Baggersees	384	5.3.3.1	Auswertung der Grundwasserganglinien
5.3.1.4.1.2	Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels	385	5.3.3.2	Flächenhafter Nachweis von Grundwasserspiegelveränderungen
5.3.1.4.1.3	Oberstromige Reichweite der Absenkung	385	5.3.3.2.1	Der Grundwasserspiegel-Differenzplan
5.3.1.4.2	Anschluß an den Vorfluter mit offener Sohle	386	5.3.3.2.2	Verwendungsmöglichkeit des Grundwasserspiegel-Differenzplanes
5.3.1.4.2.1	Anschluß an den gestreckten Flußlauf	386	5.3.3.2.2.1	Ermittlung des Senkungsfeldes um eine Wasserfassung
5.3.1.4.2.1.1	Bei fallenden Wasserständen im Vorfluter	386	5.3.3.2.2.2	Nachweis flächenhafter Grundwasserspiegeländerungen für Fragen der Landeskultur
5.3.1.4.2.1.2	Bei steigenden Wasserständen im Vorfluter	387	5.3.3.2.2.2.1	Einwirkungen der Grundwasserentnahmen und Absenkungen auf die Landeskultur
5.3.1.4.2.2	Die durchströmte Flußschleife	388	5.3.3.2.2.2.2	Untersuchung der angeblichen Schäden am Waldaufwuchs im Bereich des Wasserwerkes Gescher/Westf.
5.3.1.4.2.2.1	Bei fallenden Wasserständen im Vorfluter	388	5.3.3.2.2.3	Nachweis der gegenseitigen Beeinflussung von Wasserfassungen
5.3.1.4.2.2.2	Bei steigenden Wasserständen im Vorfluter	389	5.3.3.2.2.4	Nachweis der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf benachbarte Wasserfassungen
5.3.1.4.2.3	Die nicht durchströmte Flußschleife	389	5.3.3.2.2.5	Nachweis des Hochwassereinflusses aus Vorflutern auf den Grundwasserleiter
5.3.1.4.2.3.1	Bei fallenden Wasserständen im Vorfluter	389	5.3.3.2.2.5.1	Der Druckausgleich zwischen Flußwasser und Grundwasser
5.3.1.4.2.3.2	Bei steigenden Wasserständen im Vorfluter	389	5.3.3.2.2.5.1.1	Vorausbestimmung des zu erwartenden Grundwasserstandes
5.3.1.4.2.4	Der Anschluß des Grundwasserspiegels am Prallhang	389	5.3.3.2.2.5.1.2	Ausbreitungsgeschwindigkeit des Druckausgleiches
5.3.1.4.2.4.1	Bei fallenden Wasserständen im Vorfluter	389	5.3.4	Die Grundwasserneubildung
5.3.1.4.2.4.2	Bei steigenden Wasserständen im Vorfluter	390	5.3.4.1	Ermittlung der Grundwasserneubildung in Lockergesteinen
5.3.1.4.2.5	Übergang des freien Grundwasserspiegels von einer höheren Terrasse in eine weite Talaue	390	5.3.4.1.1	Ermittlung über die mittlere Gebietsverdunstung
5.3.1.4.2.6	Dauernd infiltrierende Vorfluter	391	5.3.1.4.2	Ermittlung über die Niedrigwasserabflußspenden
5.3.1.4.2.7	Auswirkung von Stauen im Vorfluter	392	5.3.4.1.3	A _u -Linienverfahren nach E. NATERMANN
5.3.1.5	Anschluß des gespannten Grundwasserspiegels an den Vorfluter	393	5.3.4.1.3.1	Vergleich des A _u -Linienverfahren mit grundwasserhaushaltlichen Ermittlungen
5.3.1.6	Anschluß an Vorfluter mit dichter Sohle	394	5.3.4.1.4	Abflußmengen-Differenzmessungen in Vorflutern
5.3.1.7	Anschluß an Vorfluter mit teilweise verdichteter Sohle	394	5.3.4.2	Die Anwendung von Radionukliden zur Bestimmung der Dichte und des Wassergehaltes des Bodens (L. LORCH)
5.3.1.7.1	Sohlenverdichtungen durch Uferfiltratentnahmen	395	5.3.4.2.1	Bestimmung der Dichte des Bodens mittels gestreuter Gammastrahlung
5.3.1.7.1.1	Verdichtung der Fuldasohe beim Wasserwerk „Neue Mühle“ bei Kassel und deren Beseitigung	397		
5.3.1.7.2	Sohlenverdichtungen als Folge der Kanalisierung der Flüsse	402		
5.3.1.8	Gestörter Grundwasserabfluß durch Grundwasserentnahmen	404		

5.3.4.2.1.1	Allgemeines	441	5.3.4.6.4	Wasserwerk IV der Stadt Bielefeld in der Senne	474
5.3.4.2.1.2	Beschreibung der Methode	441	5.3.4.6.5	Wasserwerk im Raum Köln/rechtsrheinisch	475
5.3.4.2.1.3	Die Eichkurve	441	5.3.4.6.6	Wasserwerk I der Stadt Karlsruhe	476
5.3.4.2.1.4	Die Größe des bei der Messung erfaßten Volumens	442	5.3.4.6.7	Wasserwerk mit einem das Einzugsgebiet querenden infiltrierenden Fluß	477
5.3.4.2.1.5	Fehlereinflüsse	443	5.3.4.6.8	Beispiel zur Ermittlung von Grundwasserzuflüssen aus nicht genau zu erfassenden Teilen eines Einzugsgebietes	478
5.3.4.2.1.6	Praktische Anwendung der Gamma-Gamma-Sonde	443	5.3.4.7	Grundwasserneubildung in ariden Gebieten	480
5.3.4.2.2	Messung des Wassergehaltes des Bodens mittels gestreuter Neutronen	443	5.3.4.8	Grundwasserneubildung in Kluftwasserleitern	481
5.3.4.2.2.1	Allgemeines	443	5.3.4.8.1	Gebirgsstörungen und Grundwasserneubildung	484
5.3.4.2.2.2	Beschreibung der Methode	444	5.3.4.8.2	Zusätzliche Grundwasserneubildung durch Infiltrat aus Quertälern	484
5.3.4.2.2.3	Eichkurve	444	5.3.4.8.3	Beispiele überbeanspruchter fester, klüftiger Grundwasserleiter (Helmstedt)	484
5.3.4.2.2.4	Die Größe des von der Messung erfaßten Volumens	446	5.3.4.8.4	Beispiel eines Grundwasser-Bewirtschaftungsplanes in einem gestörten Kluftwasserleiter	489
5.3.4.2.2.5	Bestimmung des Wassergehaltes aus der Neutronenzählrate und der Feuchtdichte	447	5.3.5	Uferfiltratswasser	489
5.3.4.2.2.6	Fehlereinflüsse	447	5.3.5.1	Anteilsbestimmungen mittels der Temperatur	489
5.3.4.2.3	Bestimmung der Feuchtdichte und der Wassergehaltsänderung mittels Gammastrahlen	447	5.3.5.2	Temperaturmessungen zur Beurteilung der Durchlässigkeit der Vorflutersohlen	495
5.3.4.2.3.1	Allgemeines	447	5.3.5.3	Anteilsbestimmungen mittels chemischer Inhaltsstoffe	496
5.3.4.2.3.2	Beschreibung der Methode	447	5.3.5.3.1	Die Qualität des Oberflächenwassers	496
5.3.4.2.3.3	Grundgleichungen der Methode	448	5.3.5.3.1.1	Die Beschaffenheit des Rheinwassers	496
5.3.4.2.3.4	Berechnung der Feuchtdichte und der Wassergehaltsänderung	449	5.3.5.3.1.1.1	Die Chloride	497
5.3.4.2.3.5	Das Schichtauflösungsvermögen der Gamma-Doppelsonde	449	5.3.5.3.1.1.2	Die Phenole	498
5.3.4.2.3.6	Fehlereinflüsse	450	5.3.5.3.1.1.3	Die Nitrate (NO ₃)	500
5.3.4.2.3.7	Praktische Anwendung der Gamma-Doppelsonde	450	5.3.5.3.1.1.4	Der Ammoniakgehalt (NH ₄ ⁺)	500
5.3.4.3	Auswertung von Lysimetermessungen (H. SCHNEIDER)	451	5.3.5.3.1.1.5	Der Eisengehalt (Fe)	501
5.3.4.3.1	Die Sickerwasserspendsen der Gießener Lysimeter	452	5.3.5.3.1.1.6	Der Mangangehalt (Mn)	501
5.3.4.3.1.1	Sandboden	453	5.3.5.3.1.1.7	Geruchsschwellenwerte und Geruchsarten	502
5.3.4.3.1.2	Lehmiger Sand	453	5.3.5.3.1.1.8	Die organischen extrahierbaren Stoffe bzw. Mineralölprodukte im Rhein	504
5.3.4.3.1.3	Humoser Boden	453	5.3.5.3.1.1.8.1	Organische Extraktstoffe im Wasser des Niederrheins	504
5.3.4.3.1.4	Unbewachsener Löß	454	5.3.5.3.1.1.8.2	Herkunft der Mineralölstoffe im Rhein	504
5.3.4.3.1.5	Bewachsener Löß	455	5.3.5.3.2	Chemische Vorgänge im Grundwasserleiter der Infiltratsstrecke	505
5.3.4.3.2	Ergebnisse der Lysimeteranlage Dortmund-Geiseke	455	5.3.5.3.3	Anteilsbestimmung über die Grundwasserbilanz	506
5.3.4.3.3	Lysimeter im niedersächsischen Raum	456	5.3.5.3.3.1	Bestimmung des mittleren Uferfiltratsanteiles beim Wasserwerk Westhofen/Köln	506
5.3.4.3.4	Lysimeter in der Senne bei Bielefeld	457	5.3.5.3.4	Radionuklide und Uferfiltrat	507
5.3.4.3.5	Lysimeter in Eberswalde	458	5.3.5.3.4.1	Radionuklide und Oberflächenwasser	507
5.3.4.3.6	Lysimeter im Gebiet der Haltener Sande	458	5.3.5.3.4.2	Das Verhalten radioaktiver Spaltprodukte in Oberflächengewässern	509
5.3.4.3.7	Lysimeter in Castricum (Holland)	458	5.3.5.3.4.3	Ergebnisse von Dekontaminierungsversuchen in Langsandsfiltern	510
5.3.4.3.8	Lysimeter von Rothamsted (Großbritannien)	459	5.3.5.3.4.4	Natürliche Dekontamination in Fließ- und Staugewässern	510
5.3.4.3.9	Sonstige Lysimeterergebnisse	459	5.3.5.3.4.5	Folgerungen für das Uferfiltrat	510
5.3.4.4	Niederschlags- und Sickerwassermenge	459	5.4	Beispiele für Vorplanungen von Grundwassergewinnungsanlagen	511
5.3.4.4.1	Abhängigkeit der Versickerungsvon der Niederschlagsmenge	459	5.4.1	Vorplanung für eine Wasserfassung für 10 000 m ³ /Tag in einem quar-	
5.3.4.4.2	Veränderung der Versickerungsfaktoren mit der Niederschlagsmenge	465			
5.3.4.4.3	Ermittlung der Grundwasserneubildung für Trockenzeiten	466			
5.3.4.5	Theoretische Beispiele zur Ermittlung der Grundwasserneubildung	466			
5.3.4.6	Ermittlung der Grundwasserneubildung an bestehenden Wasserwerken im Vergleich mit den theoretischen Ermittlungen	470			
5.3.4.6.1	Wasserwerk Burgsteinfurt-Ahlinteln	471			
5.3.4.6.2	Wasserwerk Gescher in Nordvelen	471			
6.3.4.6.3	Wasserwerk I der Stadt Bielefeld in der Senne	472			

	tären Sandgebiet über stark gestörtem Untergrund mit Gefahren von Salzwasseranstiegen im Westen des nordwestfälischen Berglandes bei Hopsten/Dreierwalde	511			
5.4.1.1	Geologische Verhältnisse	511	5.5.4.5.4	Hydrologisches Profil nördlich des Neckars bei Schwabenheim	557
5.4.1.2	Hydrogeologische Verhältnisse	513	5.5.4.5.5	Hydrologisches Profil bei Edingen	557
5.4.1.3	Geochemische Verhältnisse	515	5.5.4.5.6	Hydrologisches Profil Rauschen-Wieblingen	557
5.4.1.3.1	Chloride	515	5.5.4.5.7	Vergleich der hydrologischen Profile mit benachbarten Grundwasserganglinien	558
5.4.1.3.2	Härte	516	5.5.4.5.8	Lage des Grundwasserspiegels zum Neckarwasserspiegel	561
5.4.1.3.3	pH-Wert	516	5.5.4.6	Die flächenhaften Veränderungen der Grundwasserstände	563
5.4.1.3.4	Eisen und Mangan	517	5.5.4.6.1	Grundwasserspiegel-Differenzplan 27./29.11.1961 gegen den 5.12.1921	563
5.4.1.3.5	KMnO ₄ -Verbrauch, Nitrate und Ammoniak	517	5.5.4.6.2	Grundwasserspiegel-Differenzplan 27./29.11.1961 gegen den Juli 1925	566
5.4.2	Vorplanung für eine Fassung von 10 000 m ³ /Tag im Jung-Pleistozän Schleswig-Holsteins	518	5.5.5	Grundwasserbewirtschaftung	567
5.4.2.1	Geologische Gegebenheiten	519	5.5.5.1	Die Bodendeckschichten als Grundlage der Grundwasserneubildung	567
5.4.2.2	Hydrogeologische Gegebenheiten	520	5.5.5.1.1	Gebiet des Neckarschwemmkessels	569
5.4.2.3	Geochemische Verhältnisse	521	5.5.5.1.2	Die Gebiete der sandigen Deckschichten des Hochgestades nördlich und südlich des Neckars	569
5.4.2.3.1	Chloride	521	5.5.5.1.3	Das Tiefgestade des Rheines und unteren Neckars	569
5.4.2.3.2	Härte	523	5.5.5.1.4	Rinnen- und Schuttkegelbildungen nördlich und südlich des Neckars	569
5.4.2.3.3	Eisen	524	5.5.5.1.5	Das Lösgebiet nördlich des Neckars	569
5.4.2.3.4	Mangan	524	5.5.5.1.6	Das Gebiet des Buntsandsteins	569
5.4.2.3.5	pH-Wert	524	5.5.5.1.7	Siedlungsgebiete	569
5.4.2.3.6	KMnO ₄ -Verbrauch	525	5.5.5.2	Die Grundwasserneubildung	569
5.4.2.4	Untersuchungen vorhandener Großfassungen	525	5.5.5.2.1	Das Gebiet nördlich des Neckars	570
5.4.2.4.1	Die städtische Wasserfassung	525	5.5.5.2.1.1	Grundwasserwirtschaftliche Kontrolle der Einzelgebiete	572
5.4.2.4.2	Weitere Fassungen im Stadtgebiet	525	5.5.5.2.1.1.1	Sandhofen-Lampertheim (Gebiet A 1)	572
5.5	Grundwasserwirtschaftliche Großraumuntersuchungen	526	5.5.5.2.1.1.2	Einzugsgebiet Zellstoff Waldhof (Gebiet A 2)	573
5.5.1	Veranlassung und Aufgabenstellung	526	5.5.5.2.1.1.3	Einzugsgebiet Weinheim (Gebiet A 3)	573
5.5.2	Die geographische Begrenzung des Untersuchungsgebietes	527	5.5.5.2.1.1.4	Einzugsgebiet Käfertal (Gebiet A 4)	574
5.5.3	Geologische Verhältnisse	527	5.5.5.2.1.1.5	Feudenheim – Heddesheim – Ladenburg (Gebiet A 5)	574
5.5.3.1	Allgemeine geologische Verhältnisse	527	5.5.5.2.1.1.6	Einzugsgebiet Heidelberg-Nord (Gebiet A 6)	575
5.5.3.2	Der Odenwald und die Kraichgaulmulde	527	5.5.5.2.2	Gebiet B: Stadtgebiet Mannheim	576
5.5.3.3	Die tertiären Schichten	528	5.5.5.2.3	Das Gebiet südlich des Neckars	576
5.5.3.4	Die Schichtenfolge des älteren Pleistozäns	529	5.5.5.2.3.1	Grundwasserwirtschaftliche Kontrolle der Einzelgebiete	577
5.5.3.5	Die Schichten des jüngeren Pleistozäns (Rheinkiese und Neckarkiese)	529	5.5.5.2.3.1.1	Einzugsgebiet Wasserwerk Rheinau usw. (Gebiet C 1)	577
5.5.4	Hydrologische Verhältnisse	535	5.5.5.2.3.1.2	Einzugsgebiet Heidelberg-Süd (Gebiet C 2)	578
5.5.4.1	Grundwasserspiegelplan vom Dezember 1921	536	5.5.5.2.3.1.3	Gebiete Schwetzingen – Hockenheim (Gebiet C 3)	579
5.5.4.2	Grundwasserspiegelplan vom 6.7.1925	539	5.5.5.2.3.1.4	Gebiet Seckenheim – Neckarhausen – Edingen (Gebiet C 4)	580
5.5.4.3	Grundwasserspiegelplan vom 27./29.11.1961	539	5.5.5.3	Neckarfiltrat und Grundwasserchemie	581
5.5.4.4	Die Entwicklung der Grundwasserstände	542	5.5.5.3.1	Chloridwerte	582
5.5.4.4.1	Örtliche Veränderung der Grundwasserstände	542	5.5.5.3.2	Natriumgehalte	583
5.5.4.4.2	Zeitliche Veränderung der Grundwasserstände	546	5.5.5.3.3	Sulfatgehalte	583
5.5.4.4.2.1	Gebiet Waldhof–Käfertal	546	5.5.5.3.4	Das Verhältnis Erdalkali-/Alkali-Ionen	583
5.5.4.4.2.2	Gebiet Käfertal–Viernheim–Weinheim	547	5.5.5.3.5	Grundwasserchemie und Abflussverhältnisse des Grundwassers und Neckarfiltrates	584
5.5.4.4.2.3	Gebiet Wallstadt–Heddesheim–Ladenburg–Dossenheim	549	5.5.6	Zusammenfassung	586
5.5.4.4.2.4	Die Ufergebiete des Neckars	551	5.5.6.1	Gebiet nördlich des Neckars	587
5.5.4.4.2.5	Grundwassergebiet Schwetzingen–Sandhausen–Hockenheim	555	5.5.6.2	Gebiet südlich des Neckars	588
5.5.4.5	Die Verbindung zwischen Neckar und Grundwasser	556			
5.5.4.5.1	Hydrologisches Profil an der Autobahnbrücke	556			
5.5.4.5.2	Hydrologisches Profil des Neckars bei Neckarhausen	556			
5.5.4.5.3	Hydrologisches Profil nördlich des Neckars bei Ladenburg	557			

5.6	Die Vorplanung von Wasserfassungen zur Erschließung von Grundwasserleitern mit praktischen Beispielen	589	5.8.3	Künstliche Grundwasseranreicherung	604
5.6.1	Verschaffen eines allgemeinen geologischen, hydrologischen und geohydrochemischen Überblicks	589	5.8.3.1	Allgemeines	604
5.6.2	Beispiele von Planungen und Fehlplanungen	592	5.8.3.2	Die Behandlung des Rohwassers	605
5.7	Bedeutung der Wünschelrute usw. in der Wassererschließungstechnik	593	5.8.3.2.1	Beispiele	606
5.8	Grundwasserspeicherung und künstliche Grundwasseranreicherung	597	5.8.3.2.1.1	Grundwasseranreicherung im Wasserwerk Letzinger Heide der Stadt Magdeburg	606
5.8.1	Allgemeines	597	5.8.3.2.1.2	Wasserwerke der Stadt Dortmund an der Ruhr	606
5.8.2	Die Grundwasserspeicherung	597	5.8.3.2.1.3	Wasserwerk Wiesbaden-Schierstein	609
5.8.2.1	Speicherung oberhalb des natürlichen Grundwasserspiegels	597	5.8.3.2.1.4	Rheinwasserwerk der Stadt Krefeld in Uerdingen	611
5.8.2.2	Speicherung unterhalb des natürlichen Grundwasserspiegels	598	5.8.3.2.1.4.1	Infiltrationsbrunnen	611
5.8.2.2.1	Beispiele der Grundwasserspeicherung unterhalb des natürlichen Grundwasserspiegels	598	5.8.3.2.1.4.2	Infiltrationsteiche	612
5.8.2.2.1.1	Die „Ferene“-Quelle (Stauquelle) am Balatonsee (Ungarn)	599	5.8.3.2.1.5	Wasserwerk Basel-Muttenzer Hard	613
5.8.2.2.1.2	Die „Janos“-Quelle (aufsteigende Quelle) im Keszthelygebirge in Ungarn	602	5.8.3.3	Die Veränderungen des Infiltrats im Grundwasserleiter	613
5.8.2.3	Die unterirdische Stauspeicherung	603	5.8.3.4	Versickerung von Regen- und Kühlwasser	614
			5.8.3.5	Die Infiltration	617
			5.8.3.5.1	Infiltrationsbrunnen	617
			5.8.3.5.2	Infiltrationsleitungen	619
			5.8.3.5.3	Infiltrationsbecken	619
			5.8.3.5.4	Infiltratsleistungen von Infiltrationsbecken	621
			5.8.3.6	Grundwasseranreicherung zur Speicherung	622
			5.8.4	Infiltration zur Abwendung von Fremdwasserzuflüssen	623
			5.8.4.1	Bucht von Los Angeles	623
			5.8.4.2	Kluftwasserleiter der paleozänen Kalke von Sebikotane bei Dakar in Senegal	625

KAPITEL 6: Grundwasserhydraulik (H. SCHNEIDER)

6.1	Ergiebigkeitsbestimmungen von Wasserfassungen	629	6.1.2.7	Abhängigkeit der Brunnenleistung vom Maß der Absenkung im Verhältnis zur Grundwasserleitermächtigkeit	634
6.1.1	Quellen	629	6.1.2.8	Die Ergiebigkeit von Einzelbrunnen in Abhängigkeit vom Brunnendurchmesser d	635
6.1.2	Einzelbrunnen	629	6.1.3	Bestimmung der Leistungsanteile einzelner Brunnen in einer gealterten Brunnenanlage mit Heberleitungen und Sammelbrunnen mit offener Sohle	636
6.1.2.1	Leistungscharakteristiken von Brunnen	629	6.1.3.1	Beschreibung der Brunnenanlage	636
6.1.2.1.1	Brunnen in Kluftwasserleitern	629	6.1.3.2	Durchführung des Versuches zur Ermittlung der Leistungsanteile	637
6.1.2.1.2	Brunnen in Grundwasserleitern in Lockergesteinen	630	6.1.3.3	Auswertung der Versuche	637
6.1.2.1.2.1	Gespannter Grundwasserspiegel	630			
6.1.2.1.2.2	Freier Grundwasserspiegel	630	6.2	Das Fassungsvermögen von Rohbrunnen	640
6.1.2.1.2.3	Übergang vom gespannten zum freien Grundwasserspiegel	631	6.2.1	Der Begriff des Brunnenfassungsvermögens und des Fassungsverwertes	640
6.1.2.2	Die spezifische Ergiebigkeit (E) eines Einzelbrunnens	631	6.2.2	Fassungsvermögen und Grundwasserspiegelgefälle am Brunnenaußenmantel	642
6.1.2.2.1	Gespannter Grundwasserspiegel	631	6.2.3	Das Grenzgefälle in Abhängigkeit vom k_f -Wert (Grenz- k_f -Wert)	643
6.1.2.2.2	Freier Grundwasserspiegel	632	6.2.4	Die wirkliche Grundwassergeschwindigkeit am äußeren Brunnenmantel in Abhängigkeit vom k_f -Wert und den Korngrößen des Grundwasserleiters	644
6.1.2.3	Betrag der Zunahme der Leistung bei zunehmender Absenkung	632			
6.1.2.3.1	Gespannter Grundwasserspiegel	632			
6.1.2.4	Zunahme der Absenkung bei Leistungssteigerung	632			
6.1.2.5	Veränderung der spezifischen Ergiebigkeit (E) bei abnehmender Grundwasserhöhe (H) (Grundwasserspiegelsenkung)	633			
6.1.2.5.1	Bei gespanntem Grundwasserspiegel	633			
6.1.2.5.2	Bei freiem Grundwasserspiegel	633			
6.1.2.5.3	Beim Übergang vom gespannten zum freien Grundwasserspiegel	633			
6.1.2.6	Die Leistung von Brunnen mit geschlossenen Böden in Abhängigkeit von der Mächtigkeit des erschlossenen Grundwasserleiters	633			

6.2.5	Der Einfluß der Änderung des Brunnendurchmessers auf das Maß der tiefsten Absenkung	645	6.7.1.1.6	Die Gleichungen der Absenkungskurven	673
6.2.6	Erhöhung des Fassungsvermögens	646	6.7.1.2	Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f nach DARCY-DUPOUIT	673
6.2.7	Brunneneintrittswiderstände	647	6.7.1.3	Das DUPOUIT-THIEM'sche Verfahren	673
6.2.7.1	Der Filtereintrittswiderstand	647	6.7.1.3.1	Beziehung zwischen α und $k_f = \epsilon$ (THIEM)	673
6.2.7.2	Die Sickerstrecke	648	6.7.1.4	k_f -Wert-Bestimmung aus einem Einzelbrunnen nach V. PAAVEL	674
6.2.7.3	Veränderung des Filtereintrittswiderstandes	649	6.7.1.5	Berechnung des Grundwasserzuflusses im Grundwasserleiter	674
6.3	Das Altern von Brunnen	650	6.7.1.6	Laufzeit des Zuflusses von Uferfiltrat oder künstlichem Infiltrat zu einer waagerechten Fassung	674
6.3.1	Allgemeines	650	6.7.1.7	Anwendung der Laufzeitbestimmungen für Infiltrat bei Einzelbrunnen	675
6.3.2	Versandung	651	6.7.1.8	Kritische Betrachtungen zu den Bestimmungen des k_f -Wertes mittels der DARCY-DUPOUIT-THIEM'schen Gleichungen	675
6.3.3	Abscheidung fester Phasen	651	6.7.1.8.1	Definitionen für den k_f -Wert	675
6.3.4	Korrosion	652	6.7.1.8.2	Ältere Untersuchungen über die Konstanz des k_f -Wertes	676
6.3.5	Biologische Verockerung	652	6.7.1.8.3	k_f -Wert-Bestimmungen mit den DARCY-DUPOUIT-THIEM'schen Brunnengleichungen in der Nähe von Vorflutern	678
6.4	Säuern von Brunnen	653	6.7.1.8.4	Ergebnisse neuerer Untersuchungen	681
6.5	Leistungsänderung bei Brunnen in überbeanspruchten Grundwasserleitern	653	6.7.1.8.5	Folgerungen für die Gültigkeit der DARCY-DUPOUIT-THIEM'schen Brunnengleichungen	690
6.5.1	Gleichmäßige Überbeanspruchung	654	6.7.2	k_f -Wert-Bestimmungen aus Pumpversuchen unter nichtstationären Bedingungen (H. J. DÜRBAUM)	693
6.5.2	Gleichmäßig wachsende Überbeanspruchung	655	6.7.2.1	Allgemeines	693
6.6	Der Pumpversuch	656	6.7.2.2	Kontinuitätsgleichung und Speicherkoeffizient	695
6.6.1	Aufbau des Pumpversuches	657	6.7.2.3	Differentialgleichung für die Grundwasserströmung unter nichtstationären Verhältnissen	696
6.6.2	Die Durchführung des Pumpversuches	659	6.7.2.4	Die THEIS'sche Lösung für den Grundwasserleiter mit Druckspiegel	697
6.6.2.1	Wassermessungen bei Pumpversuchen (CHR. TRUESEN)	662	6.7.2.5	Näherungsverfahren nach THEIS (1935) und JACOB (1940) für den Grundwasserleiter mit Druckspiegel	701
6.6.2.1.1	Die Meßblende	662	6.7.2.6	Methode von C. E. JACOB (1963) für horizontalen Grundwasserleiter mit freiem Spiegel	702
6.6.2.1.2	Der Brunnen-Leistungsanzeiger	667	6.7.2.7	Einfluß von Begrenzungsflächen	704
6.6.3	Auswertung des Pumpversuches (H. SCHNEIDER)	667	6.7.2.8	HANTUSH-Wendepunktmethode für semigespannten Grundwasserleiter	708
6.6.3.1	Während der Durchführung des Pumpversuches	667	6.7.2.9	Bestimmung der Transmissivität aus Wiederanstiegsbeobachtungen	710
6.6.3.1.1	Auftragen der Grundwasserspiegelläufe und Fördermengen	667	6.7.2.10	Auswirkung des natürlichen Gefälles auf den Absenkungsvorgang	710
6.6.3.1.2	Graphische Auftragung der chemischen Daten des geförderten Wassers	667	6.7.3	Weitere Methoden zur Bestimmung des k_f -Wertes (H. SCHNEIDER)	711
6.6.3.2	Graphische Auswertungen nach Abschluß des Pumpversuches	667	6.7.3.1	k_f -Wert-Bestimmung aus Grundwasserspiegelgefälle, Mächtigkeit des Grundwasserleiters, Fördermenge und Grundwasserbilanz	711
6.6.3.2.1	Grundwasserspiegelpläne und ihre Deutung	667	6.7.3.1.1	Beispiel – Berechnung des Gebiets- k_f -Wertes für das Wasserwerk Köln-Westhoven (n. P. WEYER)	711
6.6.3.2.2	Grundwasserspiegel-Differenzpläne	668	6.7.3.2	Die wirksame Korngröße und k_f -Wert-Bestimmung nach HAZEN	713
6.6.3.2.3	Chemische Pläne	668	6.8	Ermittlung der technisch förderbaren Wassermenge (H. SCHNEIDER)	715
6.6.3.2.4	Grundwasser-Temperaturkarten	668	6.8.1	Allgemeines	715
6.7	Die hydrologischen Berechnungsverfahren zur mathematischen Auswertung des Pumpversuches	671	6.8.2	Durchführung der Versuche	716
6.7.1	k_f -Wertbestimmungen unter stationären Bedingungen (H. SCHNEIDER)	671	6.8.3	Auswertung der Versuche	717
6.7.1.1	Die Brunnengleichungen nach dem DARCY'schen Gesetz	671			
6.7.1.1.1	Für den lotrechten Brunnen im Grundwasserleiter mit freiem Grundwasserspiegel	671			
6.7.1.1.2	Für einen lotrechten Brunnen im Grundwasserleiter mit gespanntem Grundwasserspiegel	671			
6.7.1.1.3	Für die waagerechte Fassung (Sickergalerie) bei freiem Grundwasserspiegel	671			
6.7.1.1.4	Für die waagerechte Fassung (Sickergalerie) bei gespanntem Grundwasserspiegel	671			
6.7.1.1.5	Ableitung der DARCY-DUPOUIT'schen Brunnengleichungen	671			

6.8.3.1	Bestimmung der Leistungscharakteristik der Brunnen	717	6.9.3	Versickerung auf den Grundwasserspiegel oder eine dichtende Unterlage bei grundwasserfreiem Sickerkörper	724
6.8.3.1.1	Leistungscharakteristik für den Brunnen B_1 bei Einzelbetrieb	717	6.9.3.1	Die Sickergleichung für den Sonderfall und erschlossenen Grundwasserleitermächtigkeit $H = 0$	724
6.8.3.1.2	Leistungscharakteristik für den Brunnen B_2 bei Einzelbetrieb	717	6.9.3.2	Die Sickermenge in Abhängigkeit von der Überdruckhöhe	724
6.8.3.1.3	Leistungscharakteristik für den Brunnen B_2 bei gemeinsamen Betrieb der Brunnen B_1 und B_2	717	6.9.3.3	Die Beziehung zwischen Sickerbrunnenhalbmesser und Überdruckhöhe	725
6.8.3.2	Der Wasserandrang in brunnenhöhe in Abhängigkeit von der Absenkung in den Brunnen B_1 und B_2	718	6.9.4	Versickerung auf das Grundwasser oberhalb des Grundwasserspiegels (grundwasserverbundenes Sickerwasser)	725
6.8.3.3	Die erforderlichen Fassungsängen	719	6.9.4.1	Die Sickergleichung und ihre Anwendung auf die Versickerung oberhalb des Grundwasserspiegels	725
6.9	Berechnung von Sickeranlagen (Sickerbrunnen) (H. SCHNEIDER)	719	6.9.4.2	Sickermengen in Abhängigkeit von der Sickerstrecke	726
6.9.1	Versickerung in das Grundwasser bei freiem Grundwasserspiegel	719	6.9.4.3	Die Überdruckhöhe in Abhängigkeit von der Sickermenge	726
6.9.1.1	Die Sickermenge in Abhängigkeit von der erschlossenen Grundwasserleitermächtigkeit	721	6.9.4.4	Das Verhältnis zwischen Überdruckhöhe und Sickerstrecke	726
6.9.1.2	Die Überdruckhöhe in Abhängigkeit von der gewünschten Sickermenge	721	6.9.4.5	Das Verhältnis zwischen Überdruckhöhe und Sickerschachthalbmesser	727
6.9.1.3	Die Beziehung zwischen der erschlossenen Grundwasserleitermächtigkeit und der Überdruckhöhe	721	6.9.4.6	Das Verhältnis von Sickerschachtradius zur Länge der Sickerstrecke	727
6.9.1.4	Die Beziehung zwischen Sickerbrunnenhalbmesser und Überdruckhöhe bei gegebener erschlossener Grundwasserleitermächtigkeit	722	6.9.5	Versickerung oberhalb des Grundwassers mittels offener Drainleitungen	728
6.9.1.5	Das Verhältnis zwischen Sickerbrunnenradius und erschlossener Grundwassermächtigkeit	722	6.9.6	Die Sickerbrunnengleichungen unter Einführung des Steigungsfaktors α der Überdrucksickermergencharakteristik	728
6.9.2	Versickerung in das Grundwasser mit gespanntem Grundwasserspiegel	723			

KAPITEL 7: Wasserfassungen (H. SCHNEIDER)

7.1	Quellfassungen	729	7.2.1.3	Sammelschächte bei Sickerleitungen in ebenem Gelände	739
7.1.1	Verwendbarkeit und Nutzung von Quellen	729	7.3	Dünenwassergewinnung (CHR. TRUELSEN)	740
7.1.1.1	Bewertung von Quellen	729	7.4	Vertikalbrunnen	741
7.1.1.2	Beispiel einer unzureichenden Quellwasserversorgung	729	7.4.1	Das Abteufen von Schacht-, Rohr- und Bohrbrunnen (H. SCHNEIDER)	741
7.1.1.3	Quellbeeinflussung durch Brunnen	729	7.4.1.1	Schachtbrunnen	741
7.1.1.4	Chemisch-physikalische und hygienische Beurteilung von Quellen	729	7.4.1.2	Kesselbrunnen größerer Abmaße	742
7.1.2	Aufschürfen und Fassen von Quellen	730	7.4.1.3	Bohrbrunnen in Lockergesteinen	742
7.1.2.1	Aufschürfen von Quellen	730	7.4.1.3.1	Bohrwerkzeuge am festen Gestänge	743
7.1.2.2	Ausbau des Schurfes zur Fassung	732	7.4.1.3.2	Ventilbohrer und Kiespumpe	743
7.1.2.3	Quellstollen	732	7.4.1.3.3	Bohrungen ohne Hilfsverrohrung	745
7.1.2.4	Aufnahme von Füll- und Mengenkurven	734	7.4.1.3.3.1	Drehbohren mit Großgestänge	746
7.1.3	Ausbau und Installation von Quellfassungen (CHR. TRUELSEN)	734	7.4.1.3.3.2	Spülbohrverfahren – Salzgitterverfahren	746
7.1.3.1	Allgemeines	734	7.4.1.3.3.3	Lufthebeverfahren – Preussagverfahren	747
7.1.3.2	Stauquellen (Fassung oder Bohrbrunnen)	735	7.4.1.4	Bohrbrunnen in festen Gesteinen	748
7.1.3.3	Fassung von Schicht-, Hang- und Stauquellen	735	7.4.1.4.1	Die Bohrmeißel	748
7.2	Wassergewinnung aus schmalen Grundwasserleitern (CHR. TRUELSEN)	736	7.4.1.4.2	Leistung der Meißel	748
7.2.1	Bau von Sickerleitungen	737	7.4.1.4.3	Spülbohrungen	748
7.2.1.1	Anlage und Ausbau	737	7.4.1.4.4	Nachfall	749
7.2.1.2	Sammelschächte bei Sickerleitungen am Hang	738	7.4.1.4.5	Rotierende Meißel	749
			7.4.1.4.6	Saugbohren und Lufthebeverfahren	750
			7.4.1.5	Geologische, hydrologische und hydrochemische Beobachtungen beim Bohren	750

7.4.1.5.1	Entnahme von Bodenproben	750	7.4.2.6.2.5	Sammelbrunnen	781
7.4.1.5.1.1	Lockergesteine	750	7.4.2.7	Erkenntnisse und Erfahrungen im Bohrbrunnenbau (CHR. TRUEL- SEN)	781
7.4.1.5.1.2	Zweck der Bodenprobeentnahmen . .	750	7.4.2.7.1	Einbaumaterialien	781
7.4.1.5.1.3	Feste Gesteine	751	7.4.2.7.2	Durchmesser	781
7.4.1.5.2	Hydrologische Beobachtungen	751	7.4.2.7.3	Filterlängen	781
7.4.1.5.3	Entnahme von Wasserproben	751	7.4.2.7.4	Kieskörnung der Schüttungen	782
7.4.1.6	Bohrbarkeit der Gesteine	752	7.4.2.7.5	Wiederziehen von Filtern	782
7.4.1.7	Torpedieren von Bohrungen	754	7.4.2.7.6	Schachtsohle und Aufsatzrohr	783
7.4.1.7.1	Ladungsberechnungen	754	7.4.2.7.7	Kontrolle der Brunnenleistung	783
7.4.1.7.2	Sprengung von Geschieben in Lockergesteinen	756	7.4.2.7.8	Rohrbrunnen-Fußventil	783
7.4.2	Ausbau und Installation von Schacht- und Bohrbrunnen (CHR. TRUELSEN)	756	7.5	Vertikale Hochleistungsbrunnen (H. SCHNEIDER)	784
7.4.2.1	Bau von Schachtbrunnen	756	7.5.1	Die Entwicklung des Vertikal-Filter- Brunnens seit 1949	784
7.4.2.1.1	Wasserzutritt und Sandeintrieb	756	7.5.2	Vorgänge beim Bohren der Brun- nen	784
7.4.2.1.2	Bestimmung der Wandstärken	758	7.5.2.1	Das Trockenbohrverfahren	784
7.4.2.1.3	Der Senkschuh	758	7.5.2.2	Das Saugbohrverfahren	784
7.4.2.1.4	Schachtbrunnen in standfestem Boden	759	7.5.3	Die Siebanalysen und deren Aus- wertung	785
7.4.2.2	Bohrbrunnen	759	7.5.4	Das Aufstellen der Schüttpläne	786
7.4.2.2.1	Entwicklung des Bohrbrunnens und der Brunnenfilter	759	7.5.5	Das Entsandn der vertikalen Kies- schüttungsbrunnen	786
7.4.2.2.2	Brunnenschächte	764	7.5.6	Messungen beim Entsandn und deren Auswertungen	787
7.4.2.2.3	Bohrbrunnen ohne Schacht	765	7.5.6.1	Wassermengen und Wasserstände	787
7.4.2.3	Ausbau der Bohrbrunnen	766	7.5.6.1.1	Entsandung des Brunnens 6 der DEGUSSA Wesseling	788
7.4.2.3.1	Bestimmungen der Bohrbrunnen- Abmessungen	767	7.5.6.1.2	Entsandung des Brunnens 7 der DEGUSSA Wesseling	789
7.4.2.3.1.1	Wasseraufnahmevermögen	767	7.5.6.2	Kontrolle der Sandführung beim Entsandn	790
7.4.2.3.1.2	Wasserzutritts-geschwindigkeit	767	7.5.6.3	Die Bedeutung der Belastung der einzelnen Filterstrecken für den Entsandungseffekt	792
7.4.2.3.1.3	Größte Brunnenleistung	768	7.5.6.3.1	Aufbau der Bodenprofile	792
7.4.2.3.1.4	Ideelle Brunnenleistung	768	7.5.6.3.2	Der Ausbau der Brunnen	794
7.4.2.3.2	Brunnen für vorübergehende Zwecke	768	7.5.6.3.3	Die Belastung der Filterstrecken	795
7.4.2.4	Die Filterkieskörnung	768	7.5.6.4	Entsandn von Bohrbrunnen mit- tels Preßluft (CHR. TRUELSEN)	796
7.4.2.4.1	Entnahme der Bodenproben	768	7.5.6.5	Entsandn von Bohrbrunnen im Kalk- und Buntsandstein (CHR. TRUELSEN)	798
7.4.2.4.2	Durchführung der Siebanalyse	768	7.5.7	Beispiele von differenziert geschüt- teten und intensiv entsandeten vertikalen Hochleistungsbrunnen (H. SCHNEIDER)	798
7.4.2.4.3	Der Ungleichförmigkeitsfaktor U	769	7.5.7.1	Brunnen der Deutschen SHELL A. G. in Köln-Godorf	798
7.4.2.4.4	Graphische Umarbeitung der Sieb- kurve auf den U-Wert 5	770	7.5.7.2	Brunnen 2 der Deutschen SHELL A. G. in Köln-Godorf	799
7.4.2.4.5	Bestimmung der Filterkieskörnung durch Versuche	771	7.5.7.3	Brunnen Marquardt Beuel	801
7.4.2.5	Berechnungsbeispiele	771	7.5.7.4	Brunnenanlage RHENAG in Köln-Westhoven	801
7.4.2.5.1	Beispiel: Feuerlöschbrunnen	771	7.5.7.5	Brunnen der Rheinischen Ölefin- werke und der UK-Wesseling	801
7.4.2.5.2	Beispiel: Bohrbrunnen mit verloren eingebautem Hartholzfilter	772	7.5.8	Vergleich Vertikal - Horizontal- brunnen	802
7.4.2.5.3	Beispiel: Steinzeug-Bohrbrunnen	773	7.6	Horizontal-Filterbrunnen-Fassungen (H. SCHNEIDER)	803
7.4.2.5.3.1	Gewebekörbe	774	7.6.1	Das Ranney-Verfahren (Ranney- Water-Collector-System)	803
7.4.2.5.4	Beispiel: Steinzeug-Bohrbrunnen bei großer Mächtigkeit des Grund- wasserleiters	774	7.6.1.1	Beschreibung des Verfahrens	803
7.4.2.5.5	Beispiel: Steinzeug-Kiesschüttungs- brunnen mit in Saughöhe stehen- dem Wasserspiegel	774	7.6.1.2	Vorzüge des Verfahrens	805
7.4.2.5.6	Rohrbrunnen-Abmessungen bei Grundwässern, deren Qualität eine frühzeitige Verdichtung der Filter- kiesschüttung durch Eisen- und Manganausscheidungen befürchten läßt	775	7.6.1.3	Anwendungsbereich des Ver- fahrens	805
7.4.2.6	Sammelschächte und Sammelbrun- nen	777	7.6.1.4	Zu den Vorzügen des Ranney- Verfahrens	807
7.4.2.6.1	Herstellung von Sammelschacht- sohlen nach dem Contractor-Ver- fahren	777	7.6.2	Das Fehlmann-Verfahren	810
7.4.2.6.1.1	Zusammensetzung und Bereitung der Betonmischung	777			
7.4.2.6.1.2	Ausführungs-Einzelheiten	778			
7.4.2.6.1.3	Berechnung der Sohlenstärke	779			
7.4.2.6.2	Bau von Sammelschächten	779			
7.4.2.6.2.1	Der Mörtel	780			
7.4.2.6.2.2	Wasserdichter Putz	780			
7.4.2.6.2.3	Verfugen	781			
7.4.2.6.2.4	Palesit-Schmelzmasse als Außen- isolierung	781			

7.6.3	Hydrologische und grundwasserwirtschaftliche Voraussetzungen für Horizontal-Filterbrunnen-Fassungen	810	7.6.9	Von 1950 bis 1959 in Deutschland gebaute Horizontalbrunnen	820
7.6.4	Wichtige Daten von im Auslande ausgeführten Anlagen nach dem Ranney- und Feldmann-Verfahren	812	7.7	Entwurf und Bau von Heberleitungen (CHR. TRUELSEN)	821
7.6.4.1	Ranney-Verfahren	812	7.7.1	Allgemeines	821
7.6.4.2	Fehlmann-Verfahren	813	7.7.2	Berechnung der Heberleitungen	823
7.6.5	Horizontalbrunnen nach Nebolsine	815	7.7.3	Entlüftung von Heberleitungen	824
7.6.6	Horizontalbrunnen der Fa. Preussag	815	7.7.4	Entwurfs- und Ausführungseinzelheiten	826
7.6.7	Besondere Bauformen	815	7.7.5	Dichtigkeitsprüfungen von Heberleitungen	827
7.6.7.1	Mannesmann-Schrägfassung	815	7.8	Optische Untersuchung von Bohr- löchern und Brunnen (CHR. BACK- WINKEL)	827
7.6.7.2	Diagonalfilterbrunnen, Bauart Loeck	816	7.8.1	Allgemeines	827
7.6.7.3	Tellerbrunnen, Bauart Scheven	816	7.8.2	Anwendungsbeispiele für den Einsatz optischer Untersuchungsverfahren	828
7.6.8	Veränderungen der Leistungen in Horizontalfilterbrunnen	816	7.8.2.1	Geologische Untersuchungen im offenen Bohrloch	828
7.6.8.1	Schwankungen der Leistungen mit dem Wasserstand im Vorfluter	818	7.8.2.2	Optische Untersuchungen bei Bohr- und Brunnenbauarbeiten	828
7.6.8.2	Brunnenleistungen in Abhängigkeit von der Infiltratswassertemperatur	818	7.8.2.3	Optische Kontrolle von Brunnen	829
7.6.8.3	Leistungsänderungen durch Sohlenverdichtungen	818			

KAPITEL 8: Schutz des Grundwassers (H. SCHNEIDER)

8.1	Die Festlegung der Schutzzonen in Lockergesteinen	833	8.1.3.2	Schutzzone III B	836
8.1.1	Die Festlegung der Schutzzone I	833	8.2	Ausweisung von Schutzzonen in Kluftwasserleitern	836
8.1.2	Die Festlegung der Schutzzone II	835	8.3	Beispiel einer Schutzzonenfestlegung in einem Grundwasserleiter im Lockergestein	837
8.1.2.1	Ermittlung der Abflußverhältnisse	835	8.3.1	Hydrologische Verhältnisse	837
8.1.2.2	Ermittlung der k_f -Werte	835	8.3.2	Festlegung der Schutzzone II	837
8.1.2.3	Berechnung der Fließdauer des Grundwassers zur Ermittlung der 50-Tage-Grenze	835	8.3.3	Festlegung der Schutzzonen III A und III B	839
8.1.2.4	Ermittlung der 50-Tage-Grenze nach der Volumenmethode	835			
8.1.3	Die Festlegung der Schutzzone III	836			
8.1.3.1	Schutzzone III A	836			