

Inhaltsverzeichnis

KAPITEL 1: Hydrogeologie (H. SCHNEIDER)

1.1	Allgemeine Grundlagen	1	1.1.8.1.4	Versuche mit <i>Serratia marcescens</i> (<i>Bacterium prodigosum</i>)	49
1.1.1	Werden und Vergehen der Gesteine	1	1.1.8.1.4.1	Anreicherungsverfahren	50
1.1.2	Anfertigen und Lesen geologischer Karten	3	1.1.8.1.4.2	Membranfiltermethode	50
1.1.3	Geologische Formen und Strukturen	4	1.1.8.1.4.3	Keimzahlbestimmung	50
1.1.4	Die Wasserführung der Gesteine	8	1.1.8.1.5	Beispiel von Salzungs- und Färbversuchen	50
1.1.4.1	Wasser in Lockergesteinen	9	1.1.8.1.5.1	Salzungsversuche im Buntsandstein des mittleren Schwarzwaldes	50
1.1.4.1.1	Die Wasseraufnahmefähigkeit	9	1.1.8.1.5.2	Salzungsversuch von Herzogsweiler- Cresbach bei Freudenstadt	51
1.1.4.1.2	Die Erscheinungsformen des Wassers in Lockergesteinen	10	1.1.8.1.5.3	Färbversuch im Mittleren Lombachtal	51
1.1.4.1.3	Die Wasserabgabefähigkeit	12	1.1.8.1.6	Markierungsversuche mit Detergentien und Geruchsstoffen	52
1.1.4.2	Wasser in verfestigten, klüftigen Gesteinen	12	1.1.8.1.6.1	Versuche mit Alkylbenzolsulfonaten	52
1.1.4.2.1	Wasserführung der kristallinen Gesteine	15	1.1.8.1.6.2	Versuche mit Geruchsstoffen	52
1.1.4.2.2	Die Wasseraufnahmefähigkeit	17	1.1.8.1.7	Fließgeschwindigkeiten in Kluftwasserleitern	53
1.1.5	Die Grundwasserspeicher	18	1.1.8.1.8	Fließgeschwindigkeiten in Talauen	54
1.1.5.1	Voraussetzungen zur Entstehung von Grundwasserspeichern	19	1.1.8.1.9	Außerdeutsche Untersuchungen	54
1.1.6	Grundwasserleiter	20	1.1.8.1.9.1	Frankreich	54
1.1.6.1	Grundwasserleiter und Art ihrer Erschließung	20	1.1.8.1.9.2	Schweiz	54
1.1.6.1.1	Trogtyp	21	1.1.8.1.9.3	Jugoslawien	54
1.1.6.1.2	Flächentyp	22	1.1.8.2	Einflußbreiten der Versickerungen und Versinkungen	54
1.1.6.1.3	Muldentyp	23	1.1.8.3	Vergleich der Untersuchungs- methoden	54
1.1.6.1.4	Satteltyp	24	1.2	Hydrogeologische Arbeitsmethoden	57
1.1.6.1.5	Flankentyp	24	1.2.1	Studium der geologischen Karten und Sammeln von Unterlagen	57
1.1.6.1.6	Mehrstockwerktypen	25	1.2.2	Grundwasserleiter in Locker- gesteinen	58
1.1.6.1.6.1	Unechte Grundwasserspiegel	25	1.2.2.1	Das geologische Bohrprofil	58
1.1.6.1.7	Schwimmendes Süßwasser	27	1.2.2.2	Die Bohrprofilkarte	58
1.1.6.2	Grundwasser in Gebieten dauernder Gefornis	28	1.2.2.3	Geologische Schnitte	59
1.1.7	Quellen	29	1.2.2.4	Petrographische Profile und Schnitte	60
1.1.7.1	Vorkommen und Aufsuchen von Quellen	29	1.2.2.4.1	Korngrößenuntersuchungen	60
1.1.7.1.1	Geologische Strukturen und Quellbildung	29	1.2.2.4.1.1	Probeentnahmen bei Trocken- bohrungen	60
1.1.7.1.2	Voraussetzungen der Quellschüttungen	34	1.2.2.4.1.2	Probeentnahme bei Saugbohrungen	60
1.1.7.1.2.1	Niederschläge	34	1.2.2.4.1.3	Die Siebanalyse	60
1.1.7.1.2.2	Verdunstung	34	1.2.2.4.1.4	Auswertung der Siebanalysen	61
1.1.7.1.2.3	Vegetation	34	1.2.2.5	Schnittprofilkarten	61
1.1.7.1.2.4	Der oberflächliche Abfluß	35	1.2.2.6	Tektonik	62
1.1.7.1.2.5	Einzugs- oder Nährgebiete der Quellen	35	1.2.2.7	Mächtigkeitkarten	65
1.1.7.2	Quellschüttungsmessungen	35	1.2.2.8	Flurabstandskarten	65
1.1.7.2.1	Der vollkommene Überfall ohne Seitenkontraktion	36	1.2.3	Grundwasserleiter in Kluft- gesteinen	67
1.1.7.2.2	Der Überfall mit Seitenkontraktion	36	1.2.3.1	Geologische Schnitte	68
1.1.7.2.3	Meßkasten mit kreisförmigem Ausfluß	38	1.2.3.1.1	Geologische Schnitte nach der geologischen Karte	68
1.1.7.2.4	Dreiecksüberfall nach Thompson	38	1.2.3.1.2	Geologische Schnitte nach durch- geführten Bohrungen	68
1.1.7.2.5	Ermittlung kleinster Quellschüttungen	39	1.2.3.2	Tektonik	69
1.1.7.2.6	Ergiebigkeitsschwankungen	39	1.2.3.3	Großräumige Untersuchungen	69
1.1.7.3	Quelltemperaturen	39	1.2.3.3.1	Umwertung stratigraphischer in hydrogeologische Übersichten	69
1.1.7.4	Chemie der Quellwässer	40	1.2.3.3.2	Auswertung von Faciesprofilen und Facieskarten	70
1.1.8	Hydrogeologie des Karstes	40	1.3	Hydrogeologische Karten	70
1.1.8.1	Nachweis der unterirdischen Abflußwege im Karst und klüftigen Grundwasserleitern	46	1.3.1	Karten mit spezieller Aufgaben- stellung	70
1.1.8.1.1	Salzungsversuche	46	1.3.2	Karten mit genereller Aufgaben- stellung	72
1.1.8.1.1.1	Salzung mit Steinsalz (NaCl)	46			
1.1.8.1.1.2	Salzung mit Lithiumchlorid (LiCl)	47			
1.1.8.1.2	Färbversuche mit Uranin	47			
1.1.8.1.3	Sporentriftversuche	47			
1.1.8.1.3.1	Sporentriftversuch von Korbach	47			

1.3.3	Höffigkeitskarten für Versorgungsmöglichkeiten	79	1.3.5.2	Hydrogeologische Karte 1 : 100 000 des Geologischen Landesamtes von Nordrhein-Westfalen	81
1.3.4	Höffigkeitskarten mit Brunnenleistungen	79	1.3.5.3	Hydrogeologische Karte 1 : 25 000 des Geologischen Landesamtes Nordrhein-Westfalen	82
1.3.5	Kombination von hydrogeologischen Karten und Höffigkeitskarten	79	1.3.5.4	Hydrogeologische Karten 1 : 25 000 von H. Breddin	82
1.3.5.1	Hydrogeologische Karte Westdeutschlands 1 : 500 000	79			

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

2.1	Allgemeines	85	2.5.3.1	Die abflußlosen Grundwasserspiegeldepressionen	95
2.2	Nordwestafrika	85	2.6	Nordostafrika	98
2.2.1	Algerien	87	2.6.1	Ägypten	98
2.2.2	Marokko	88	2.6.1.1	Einzellandschaften	100
2.3	Tunesien	89	2.6.1.1.1	Die Oase Kharga	100
2.3.1	Nord-Tunesien	89	2.6.1.1.2	Die Oase Dakhla	105
2.3.2	Zentral- und Ost-Tunesien	90	2.6.1.1.3	Die Oase Farafra	105
2.3.3	Süd-Tunesien	92	2.6.1.1.4	Die Oase Bahariya	105
2.4	Libyen	93	2.6.1.1.5	Die Kattara-Depression	105
2.4.1	Die Küstenzone	93	2.6.1.1.6	Die Oase Siwa	105
2.4.2	Die Fezzan	93	2.6.1.1.7	Das Mamarica-Plateau	105
2.4.3	Das Gebiet von Koufra	94	2.6.1.1.8	Die Küstenebene der Mamarica	105
2.5	Die Südsahara	94	2.6.1.1.9	Das Niltal	106
2.5.1	Das Chad-Becken	94	2.6.2	Die Chemie der Grundwässer	106
2.5.2	Niger	94	2.6.3	Das Alter der Wässer der westlichen Wüstengebiete	106
2.5.3	Senegal und Süd-Mauretanien	95	2.6.4	Die Grundwassertemperaturen	107
			2.7	Der Sudan	107

**KAPITEL 3:
Geochemie (H. SCHNEIDER)**

3.1	Die wichtigsten chemischen Stoffe im Grundwasser	109	3.1.1.1	Fluor (F ⁻)	128
3.1.0.1	Der Chloridgehalt	110	3.1.1.2	Selen (Se ²⁻) im Grund- und Oberflächenwasser	129
3.1.0.1.1	Aufsteigen Cl ⁻ -haltiger Wässer	110	3.1.1.3	Radionuklide im Grundwasser	130
3.1.0.1.2	Beispiele von Cl ⁻ -Kartierungen	110	3.1.1.4	Metall und Mörtel angreifende Wässer	131
3.1.0.1.3	Vorausbestimmung der Cl ⁻ -Zunahme in Bohrungen	111	3.1.1.5	Das Redoxpotential	135
3.1.0.1.4	Vorausbestimmung der Cl ⁻ -Zunahme im Förderwasser	113	3.1.1.5.1	Theorie	135
3.1.0.1.5	Indirekte Cl ⁻ -Einwanderung durch gegenseitige Beeinflussung von Fassungen	114	3.1.1.5.2	Anwendungsbereich	135
3.1.0.1.6	Chloride in Kluftwasserleitern	115	3.1.1.5.3	Geräte und Chemikalien	135
3.1.0.1.7	Chloride im Küstenbereich	115	3.1.1.5.4	Ausführung der Bestimmung	135
3.1.0.2	Die Grundwasserhärten	118	3.1.1.5.4.1	Erstreinigung	135
3.1.0.2.1	Weiches über hartem Wasser im gleichen Grundwasserleiter	120	3.1.1.5.4.2	Nachreinigen	135
3.1.0.2.2	Chloride und Härten	121	3.1.1.5.4.3	Berechnung	136
3.1.0.3	Der Eisengehalt	122	3.2	Natürliche Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers	136
3.1.0.3.1	Einfluß von Bewässerungswiesen	122	3.2.1	Unbeanspruchte Grundwasserleiter	136
3.1.0.3.2	Eisengehalt und Tektonik	122	3.2.1.1	Bedeutung des Schwefeleisens (FeS ₂) im Boden	137
3.1.0.4	Der Manganengehalt	124	3.2.1.1.1	Umwandlung von FeS ₂ bei Gegenwart von Nitraten im kalkarmen Boden	137
3.1.0.5	Sulfat- und Magnesiumgehalt	124	3.2.1.1.2	Umwandlung von FeS ₂ und MnO ₂ bei Sauerstoffreichtum	137
3.1.0.6	Die Wasserstoffionen-Konzentration (pH-Wert)	125	3.2.1.1.3	Umwandlung von FeS ₂ im kalkreichen Boden	137
3.1.0.7	Der Nitrat- und Ammoniakgehalt	125	3.2.1.2	Bodenverockerung	137
3.1.0.7.1	Die Bedeutung des Nitratgehaltes	125	3.2.1.3	Schwankungen bei Tiefenwässern und gespannten Grundwässern	138
3.1.0.8	Die Nitrite (N ₂ O ₃)	125	3.2.1.4	Schwankungen in oberflächennahen Grundwässern mit freiem Spiegel	138
3.1.0.9	Der Kaliumpermanganat-(KMnO ₄)-Verbrauch	126			
3.1.1.0	Aggressive Wässer	127			

3.2.1.5	Austauschwässer (E. LÖHNERT)	138	3.4.2.2.4	Abwässer aus Solbadeanstalten	165
3.2.1.5.1	Allgemeines	138	3.4.2.2.5	Perchloräthylen	166
3.2.1.5.2	Grundlagen	138	3.4.2.2.6	Auswirkung von Kaliabwässer- versenkungen	167
3.2.1.5.2.1	Hydrochemische Voraussetzungen und Nomenklatur	138	3.4.2.2.7	Abwasser aus Aluminium-Anodisierbetrieben (Cadmium und Chrom)	170
3.2.1.5.2.2	Sedimentologische Voraussetzungen	140	3.4.2.2.8	Grundwasserverunreinigung durch Magnesiumchlorid	170
3.2.1.5.2.3	Hydrologische Voraussetzungen	140	3.4.2.3	Veränderung durch Ablagerung fester Stoffe und Schlämme	170
3.2.1.5.3	Beispiele	140	3.4.2.3.1	Mülldeponien	170
3.2.1.5.4	Nutzanwendung	142	3.4.2.3.1.1	Mülldeponien mit trockenem Fuß	171
3.2.1.5.5	Zusammenfassung	144	3.4.2.3.1.2	Mülldeponien mit nassem Fuß	172
3.2.2	Beanspruchte Grundwasserleiter (H. SCHNEIDER)	144	3.4.2.3.2	Kalkschlammablagerungen	175
3.2.2.1	Beeinflussung aus den Deckschichten	144	3.4.2.3.3	Ablaugeaschen der Zellstoffindustrie	177
3.2.2.2	Einfluß von Hochwässern in Niederungsgebieten	146	3.4.2.3.4	Deponien mit cyanhaltigen Stoffen	177
3.2.2.3	Kluftwässer	148	3.4.2.3.5	Schlämme galvanischer Abwässer	177
3.2.2.4	Folgerungen für Wasser- gewinnungsanlagen	148	3.4.2.3.6	Radioaktive Abfälle	177
3.2.2.5	Beeinflussungen aus dem tieferen Untergrund	148	3.5	Mineralölprodukte und Grundwasser	180
3.2.2.6	Einfluß der mit der Temperatur veränderlichen Viskosität des Wassers	149	3.5.1	Allgemeines	180
3.2.2.7	Härtezunahmen in Wasserwerken in Schleswig-Holstein	149	3.5.2	Bewegung der Mineralöle im Untergrund	181
3.3	Geohydrochemische Arbeitsmethoden	150	3.5.2.1	Durchlässigkeitsbeiwert für Mineralöle und die Gültigkeit des Filtergesetzes von Darcy	181
3.3.1	Geohydrochemische Bestands- aufnahmen	150	3.5.2.2	Gleichzeitiges Fließen nicht mischbarer Phasen im Porenraum	182
3.3.1.1	Flächenhafte Untersuchungen und Kontrolle durch Bohrungen	150	3.5.2.2.1	Versickern von Mineralöl in stärker wasserhaltigen Böden	183
3.3.1.1.1	Beispiel einer flächenhaften Unter- suchung mit Kontrollbohrungen bei Boholt/Westf.	152	3.5.2.2.2	Das echte gemeinsame Fließen zweier Phasen	183
3.3.1.1.1.1	pH-Wert	152	3.5.2.3	Die Ausbreitung von Mineralöl im Untergrund	185
3.3.1.1.1.2	Gesamthärte	152	3.5.2.4	Beispiele von Mineralöl- verschmutzungen	185
3.3.1.1.1.3	Sulfathärte (Resthärte)	153	3.6	Einwirkungen von Friedhöfen auf die chemische und bakteriologische Beschaffenheit des Grundwassers	187
3.3.1.1.1.4	Sulfatgehalt	153	3.6.1	Allgemeines	187
3.3.1.1.1.5	Chloridgehalt	153	3.6.2	Zersetzung der Leichen	187
3.3.1.1.1.6	Eisengehalt	154	3.6.3	Die reinigende Wirkung des Bodens	188
3.3.1.1.1.7	Mangangehalt	154	3.6.4	Beispiele untersuchter Grundwässer unter Friedhöfen	188
3.3.1.2	Chemische Schichtung im Grundwasserleiter	155	3.7	Geohydrochemische Karten	189
3.3.1.3	Untersuchung bestehender Brunnenreihen	156	3.7.1	Allgemeines	189
3.4	Veränderung der Chemie des geförderten Wassers mit der Zeit	157	3.7.2	Karten mit spezieller Aufgabenstellung	190
3.4.1	Veränderungen durch natürliche Faktoren	157	3.7.3	Karten mit genereller Aufgabenstellung	191
3.4.2	Veränderungen durch Fremdeinflüsse	159	3.7.4	Übersichtskarten	194
3.4.2.1	Versickerung von Fäkalien	159	3.7.5	Hydrogeologische Karten mit allgemei- nen Angaben über den Chemismus	194
3.4.2.1.1	Einmalige Versickerung von Fäkalien	159	3.7.6	Karten der Zonalität des Grundwassers unter dem Gesichtspunkt der Herkunft der chemischen Haupteigenschaften	197
3.4.2.1.2	Laufende Versickerung von Fäkalien	160			
3.4.2.1.3	Düngung	163			
3.4.2.2	Versickerung von Industrieabwässern und Säuren	164			
3.4.2.2.1	Sulfitablaugen	164			
3.4.2.2.2	Schwefelsäure	164			
3.4.2.2.3	Salzsäure	165			

KAPITEL 4

Geophysik (H. FLATHE und J. HOMILIUS)

4.1	Geoelektrik in der Wassererschließung	201	4.1.2.6	Schlumberger- und Wenner-Anordnung	206
4.1.2	Die Grundlagen der Widerstands- methode	202	4.1.3	Durchführung von Feldmessungen	207
4.1.2.1	Das Ohm'sche Gesetz	202	4.1.3.1	Ausführung einer Messung nach der Vierpunktmethode	207
4.1.2.2	Homogener Untergrund	203	4.1.3.2	Meßapparaturen für die Widerstands- methode	208
4.1.2.3	Das Prinzip der geoelektrischen Sondierung	204	4.1.3.2.1	Warum Gleichstrommessungen?	208
4.1.2.4	Der sogenannte „scheinbare“ Widerstand	205	4.1.3.2.2	Das Messen der Sondenspannung	209
4.1.2.5	Die Sondierungskurve	205	4.1.3.2.3	Das Erzeugen des Elektrodenstromes	209
			4.1.3.2.3.1	Leistungsfähigkeit der Stromquelle	209

4.1.3.2.3.2	Gleichspannungswandler als Stromgeneratoren	210	4.1.6.3	Grundwasserleiter mit stark veränderlichem Elektrolytgehalt des Porenwassers	254
4.1.3.2.3.3	Die Widerstandsmeßapparatur	210	4.1.6.3.1	Das Problem der Küstenversalzung	254
4.1.3.2.3.4	Zubehör für Widerstandsmessungen	211	4.1.6.3.1.1	Allgemeines	254
4.1.3.3	Fehlereinflüsse bei Widerstandsmessungen	211	4.1.6.3.1.2	Süßwasservorkommen auf der Insel Juist	255
4.1.4	Auswertung geoelektrischer Sondierungskurven	212	4.1.6.3.1.3	Veränderungen der Süßwasserlinse auf der Insel Baltrum (O. RÜLKE)	256
4.1.4.1	Der Zweischichtfall	212	4.1.6.3.1.3.1	Aufgabenstellung	256
4.1.4.2	Der Dreischichtfall	214	4.1.6.3.1.3.2	Spezifische Widerstände und Sondierungskurven	256
4.1.4.3	Die Hilfspunktverfahren	216	4.1.6.3.1.3.3	Veränderungen der Süßwasserlinie in den Jahren 1950 bis 1968	257
4.1.4.4	Der n-Schichtfall ($n > 3$)	219	4.1.6.3.1.4	Küstenversalzen in Norddeutschland, speziell im Gebiet der Ley-Bucht	261
4.1.4.5	Der Elektronenrechner als Hilfsmittel	221	4.1.6.3.2	Grundwasserversalzung im Binnenland	262
4.1.5	Probleme bei der Deutung geoelektrischer Sondierungskurven	224	4.1.6.3.2.1	Soleaufstiege im Festgestein bei Bad Salzungen/Hessen	262
4.1.5.1	Das Äquivalenzprinzip und das Prinzip der Schichtunterdrückung	224	4.1.6.3.2.1.1	Aufgabenstellung	262
4.1.5.2	Einfluß oberflächennaher Schichten hinsichtlich des Auflösungsvermögens	226	4.1.6.3.2.1.2	Geologische und hydrogeologische Übersicht	263
4.1.5.3	Die Mikroanisotropie	227	4.1.6.3.2.1.3	Ergebnisse der Widerstandsmessungen	263
4.1.5.4	Einfluß nichtparalleler Schichtung auf eine Sondierung	228	4.1.6.3.2.1.4	Bohrergebnis	264
4.1.5.5	Einfluß lateraler oberflächennaher Störkörper	229	4.1.6.3.2.2	Salzwasser im Chaco Boreal in Paraguay/Südamerika	264
4.1.6	Anwendung auf hydrogeologische Probleme	231	4.1.6.3.2.3	Grundwasserversalzung im südlichen Jordan-Graben	266
4.1.6.1	Allgemeines	231	4.1.6.3.2.3.1	Problemstellung	266
4.1.6.1.1	Allgemeine Gesichtspunkte	231	4.1.6.3.2.3.2	Ergebnisse	267
4.1.6.1.2	Die spezifischen Gesteinswiderstände	231	4.1.6.4	Probleme in Karstgebieten	270
4.1.6.2	Grundwasserleiter mit niedrigem Elektrolytgehalt des Porenwassers	232	4.1.6.4.1	Die spezifischen Widerstände des Kalksteins	270
4.1.6.2.1	Ein Grundwasserstockwerk, Haddorf/Münsterland	232	4.1.6.4.2	Das Problem der Karsthohlräume	272
4.1.6.2.1.1	Aufgabenstellung	232	4.1.6.4.3	Wassereinspeisung von Lockergestein auf Karstwegen, Donauried bei Ulm	272
4.1.6.2.1.2	Relief der Sohlenschicht	233	4.1.6.4.3.1	Geologischer und hydrogeologischer Überblick (F. WEIDENBACH)	272
4.1.6.2.1.3	Ausbildung des Grundwasserleiters	233	4.1.6.4.3.2	Geoelektrische Untersuchungen	274
4.1.6.2.1.4	Meßkurven	233	4.1.6.4.4	Versalzen im Karst, Insel Madura/Indonesien	275
4.1.6.2.2	Zwei Grundwasserstockwerke, Aachtal bei Singen	237	4.2	Seismik in der Wassererschließung (K. DEPPERMANN)	277
4.1.6.2.2.1	Aufgabenstellung	237	4.2.1	Allgemeines	277
4.1.6.2.2.2	Geologische Schichten und ihre Widerstände	237	4.2.2	Grundlagen der seismischen Wellenausbreitung	277
4.1.6.2.2.3	Ergebnisse	239	4.2.2.1	Ursachen für die Entstehung seismischer Wellen	277
4.1.6.2.2.4	Gestalt und Interpretation der Meßkurven	241	4.2.2.2	Elastische Deformationen	278
4.1.6.2.2.5	Pleistozäne Rinnen im Hegau (A. SCHREINER)	241	4.2.2.3	Seismische Wellentypen	278
4.1.6.2.3	Probleme bei tiefliegender Grundwasser Oberfläche, Wurzbacher Becken	242	4.2.2.4	Die Schallhärte der Gesteine	279
4.1.6.2.3.1	Gestalt der Meßkurven über einem Kieskörper mit ungespanntem Grundwasser	242	4.2.2.5	Das Snelliussche Berechnungsgesetz	281
4.1.6.2.3.2	Meßkurven ohne erkennbare Gliederung in der Kiesschicht	243	4.2.3	Das refraktionseismische Verfahren	281
4.1.6.2.3.3	Möglichkeiten der Deutung von Meßkurven über einem Kieskörper mit ungespanntem Grundwasser und toniger Bedeckung	243	4.2.3.1	Prinzip der Methode	281
4.1.6.2.3.4	Messungen im Wurzbacher Becken	244	4.2.3.2	Die Laufzeitkurve	281
4.1.6.2.4	Grundwasserleiter in tektonisch beeinflussten Gebieten, Kabuler Becken Afghanistan	246	4.2.3.3	Auswerteformeln für den horizontalen Mehrschichtenfall	282
4.1.6.2.4.1	Aufgabenstellung	247	4.2.3.4	Geneigte Schichtflächen	283
4.1.6.2.4.2	Das Untersuchungsgebiet	247	4.2.3.5	Schwach gekrümmte Schichtflächen	285
4.1.6.2.4.3	Meßergebnisse aus dem Oberen und Unteren Kabul-Becken	247	4.2.3.6	Das Wellenfrontenverfahren	286
4.1.6.2.4.4	Meßkurven aus dem Raum Kabul	251	4.2.4	Das reflexionsseismische Verfahren	287
4.1.6.2.5	Veränderlicher Elektrolytgehalt des Porenwassers, Grundwasserexploration im Hümmling	252	4.2.4.1	Prinzip der Methode	287
4.1.6.2.5.1	Problemstellung	252	4.2.4.2	Laufzeitkurven	288
4.1.6.2.5.2	Durchführung des Untersuchungsprogramms	253	4.2.4.3	Geschwindigkeitsbestimmungen	289
			4.2.4.4	Gesichtspunkt für die Wahl zwischen der Reflexions- und Refraktionsmethode	290
			4.2.5	Meßinstrumente für die Flachseismik	291
			4.2.5.1	Allgemeine Konstruktionsmerkmale	291
			4.2.5.2	Das Geophon	292
			4.2.5.3	Instrumente zur direkten Laufzeitbestimmung	292
			4.2.5.4	Mehrspurige Aufnahmeapparaturen	293
			4.2.5.5	Stapelnde Registrierapparaturen	294

4.2.6	Anwendung der Seismik auf hydrogeologische Probleme (K. DEPPERMAN und A. HILDEBRAND)	296	4.4.1.2.1	Detektoren und Strahlungsmeßgeräte	315
4.2.6.1	Bestimmung der Grundwasser-oberfläche	296	4.4.1.2.2	Nachweis der Strahlung	316
4.2.6.2	Bestimmung der Mächtigkeit von Lockersedimenten	298	4.4.1.3	Strahlenschutz bei hydrologischen Untersuchungen mit Radionukliden	317
4.2.6.2.1	Allgemeine Gesichtspunkte	298	4.4.1.3.1	Strahlenschutzverordnung und Grundbegriffe des Strahlenschutzes	317
4.2.6.2.2	Lockersedimente über mesozoischem Untergrund	298	4.4.1.3.2	Sicherheit des beruflich strahlenexponierten Personals	318
4.2.6.3	Ermittlung von Verwitterungszonen im Festgestein	299	4.4.1.3.3	Abschirmung radioaktiver Strahlung und Transport radioaktiver Stoffe	319
4.2.6.3.1	Allgemeine Gesichtspunkte	299	4.4.1.3.4	Sicherheit der Bevölkerung	319
4.2.6.3.2	Der Klüftigkeitskoeffizient	300	4.4.2	Die Anwendung von radioaktiven Tracern in der Grundwasserkunde	320
4.2.6.3.3	Auflockerungszonen im Buntsandstein, Schwarzwald	300	4.4.2.1	Messung der Filtergeschwindigkeit in einem Filterpegelrohr mit der Verdünnungsmethode	321
4.2.6.3.4	Auflockerungszonen in Kreidemergeln, Münsterland	301	4.4.2.1.1	Grundlagen	321
4.2.6.4	Aufsuchen von Störungen und Klüftzonen	301	4.4.2.1.2	Filterrohrpermeabilität k_f	322
4.3	Bohrlochmessungen bei der Wassererschließung (O. RÜLKE)	302	4.4.2.1.3	Der Einfluß der Permeabilität des Grundwasserleiters und des Kiesfilters auf den α -Wert	322
4.3.1	Allgemeines	302	4.4.2.1.4	Apparative Technik	323
4.3.1.1	Aufgabe der Bohrlochmessungen	302	4.4.2.1.5	Durchführung der Messung	325
4.3.1.2	Anwendungsmöglichkeiten	303	4.4.2.1.6	Andere Meßanordnungen	325
4.3.1.3	Arbeitsweise	303	4.4.2.1.7	Feldversuche	326
4.3.1.4	Gesteinsbeeinflussungen durch den Bohrvorgang	303	4.4.2.1.8	Zusammenfassung	327
4.3.2	Elektrische Methoden	304	4.4.2.2	Die „Tracer-Pulse-Technique“ zur Untersuchung von Parametern des Grundwasserleiters	327
4.3.2.1	Widerstandsverfahren	304	4.4.2.2.1	Einführung	327
4.3.2.2	Eigenpotentialmessung	306	4.4.2.2.2	Meßmethode bei Verwendung eines Filterpegelrohrs	327
4.3.2.3	Physikalische Grundlagen der elektrischen Methoden	307	4.4.2.2.3	Meßmethoden bei Verwendung von zwei Filterpegelrohren	328
4.3.2.3.1	R_f -Bestimmung	307	4.4.2.2.4	Durchführung der Messung und Meßergebnisse	328
4.3.2.3.2	R_{XO} -Bestimmung	308	4.4.2.3	Messung der Tracerbewegung im Grundwasser zur Bestimmung der Abstandsgeschwindigkeit, der Dispersion von Tracern und der Kommunikation von Wasserkörpern	328
4.3.2.3.3	R_w -Bestimmung	308	4.4.2.3.1	Zugabe des Tracers	339
4.3.3	Radioaktive Methoden	308	4.4.2.3.2	Dispersion des Tracers	329
4.3.3.1	Messung der natürlichen Gammastrahlung	308	4.4.2.3.3	Probenahme und Messung	329
4.3.3.2	Neutron-Gamma-Verfahren	309	4.4.2.3.4	Diskussion	329
4.3.3.3	Gamma-Gamma-Verfahren (Dichte-Log)	309	4.4.2.3.5	Feldversuche zur Erfassung der Kommunikation von Wasserkörpern	330
4.3.4	Sonstige Verfahren	310	4.4.2.3.6	Feldversuche zur Bestimmung der Abstandsgeschwindigkeit und der Dispersion	330
4.3.4.1	Messung der Schalllaufzeit	310	4.4.2.4	Messung der Grundwasserfließrichtung	331
4.3.4.2	Temperaturmessungen	310	4.4.2.4.1	Meßsonden	331
4.3.4.3	Kalibermessung	310	4.4.2.4.2	Auswahl des Tracers	331
4.3.4.4	Flußmessung	310	4.4.2.4.3	Auswahl der Impfmethode	332
4.3.5	Beispiele	310	4.4.2.4.4	Durchführung der Messung	332
4.3.5.1	Qualitative Deutung nach Widerstand, SP und Gamma	310	4.4.2.4.5	Andere Meßanordnungen	332
4.3.5.2	Parallelisierung von Bohrungen nach Widerstand und Gamma	310	4.4.2.4.6	Feldversuche	333
4.3.5.3	Qualitative und quantitative Deutung nach Widerstand und Gamma	310	4.4.2.4.7	Zusammenfassung	333
4.3.5.4	Qualitative Deutung nach Gamma- und Neutron-Gamma-Kurve	312	4.4.2.5	Die Messung von Vertikalströmungen in Filterrohren und ihre hydrologische Auswertung	333
4.3.5.5	Flußmessungen und Bestimmung der relativen Durchlässigkeit	313	4.4.2.5.1	Meßmethoden zur Bestimmung des vertikalen Durchflusses in einem Filterrohr	333
4.4	Anwendung von Radionukliden in der Hydrologie (H. MOSER und F. NEUMAIER, W. RAUERT)	313	4.4.2.5.2	Berechnung des Wasseraustausches zwischen Filterrohr und Boden	334
4.4.1	Vorbemerkung über Physik und Meßtechnik der Radionuklide	314	4.4.2.5.3	Apparative Technik	334
4.4.1.1	Radioaktivität	314	4.4.2.5.4	Durchführung der Messung und Auswertung	335
4.4.1.1.1	Allgemeines und Definitionen	314	4.4.2.5.5	Feldversuche	336
4.4.1.1.2	Eigenschaften der Alpha-, Beta-, Gamma- und Neutronenstrahlen	315	4.4.2.5.6	Zusammenfassung	337
4.4.1.2	Messung radioaktiver Strahlung bei der Anwendung von Radionukliden in der Grundwasserhydrologie	315	4.4.2.6	Die Verwendung von radioaktiven Tracern in der Karsthydrologie	337
			4.4.2.6.1	Tracerauswahl und Messung	337

4.4.2.6.2	Auswertung	337	4.4.3.2.4	Die Größe des von der Messung	
4.4.2.6.3	Feldversuche	338		erfaßten Volumens	344
4.4.2.6.4	Zusammenfassung	338	4.4.3.2.5	Bestimmung des Wassergehaltes	
4.4.2.7	Versuche mit Tritium zur Messung der			aus der Neutronenzählrate und der	
	Regenerierung des Grundwasservorrats	338		Feuchtdichte	345
4.4.3	Die Anwendung von Radionukliden zur		4.4.3.2.6	Fehlereinflüsse	345
	Bestimmung der Dichte und des Wasser-		4.4.3.3	Bestimmung der Feuchtdichte	
	gehaltes des Bodens (S. LORCH)	339		und der Wassergehaltsänderung	
4.4.3.1	Bestimmung der Dichte des Bodens			mittels Gammastrahlen	345
	mittels gestreuter Gammastrahlen	339	4.4.3.3.1	Allgemeines	345
4.4.3.1.1	Allgemeines	339	4.4.3.3.2	Beschreibung der Methode	345
4.4.3.1.2	Beschreibung der Methode	339	4.4.3.3.3	Grundgleichungen der Methode	346
4.4.3.1.3	Die Eichkurve	339	4.4.3.3.4	Berechnung der Feuchtdichte und der	
4.4.3.1.4	Die Größe des bei der Messung			Wassergehaltsänderung	347
	erfaßten Volumens	340	4.4.3.3.5	Das Schichtauflösungsvermögen der	
4.4.3.1.5	Fehlereinflüsse	341		Gamma-Doppelsonde	347
4.4.3.1.6	Praktische Anwendung der		4.4.3.3.6	Fehlereinflüsse	348
	Gamma-Gamma-Sonde	341	4.4.3.3.7	Praktische Anwendung der	
4.4.3.2	Messung des Wassergehaltes des Bodens			Gamma-Doppelsonde	349
	mittels gestreuter Neutronen	341	4.4.4	Die Isotopenmethode zur Datierung	
4.4.3.2.1	Allgemeines	341		von Grundwasser (I. WENDT)	350
4.4.3.2.2	Beschreibung der Methode	342	4.4.4.1	Die ¹⁴ C-Methode	350
4.4.3.2.3	Die Eichkurve	342	4.4.4.2	Die Tritium-Methode	351

KAPITEL 5 Geohydrologie (H. SCHNEIDER)

5.1	Der Kreislauf des Wassers	353	5.3.1.1.3	Grundwasserspiegelmessungen	377
5.2	Grundwasserspiegelschwankungen,		5.3.1.1.4	Kontrolle vorhandener Meßbrunnen	378
	ihre Ursachen und praktische		5.3.1.2	Normaler Abfluß im Grundwasserleiter	
	Bedeutung	354		mit freiem Spiegel	379
5.2.1	Auswirkungen junger Boden-		5.3.1.3	Normaler Abfluß im Grundwasserleiter	
	bewegungen	355		mit gespanntem Spiegel	380
5.2.1.1	Natürliche Bodenbewegungen	355	5.3.1.4	Anschluß des freien Grundwasser-	
5.2.1.2	Bodenbewegungen durch den Bergbau	355		spiegel an die Vorfluter	380
5.2.2	Auswirkungen von Flußerosionen	356	5.3.1.4.1	Anschluß an Kiesgruben mit offenen	
5.2.2.1	Förderverluste bei Uferfiltratswerken			Wasserspiegeln	382
	durch Tiefenerosionen	359	5.3.1.4.2	Anschluß an den Vorfluter mit	
5.2.3	Grundwasserspiegelsenkungen in			offener Sohle	382
	Mitteleuropa	360	5.3.1.4.2.1	Anschluß an den gestreckten Flußlauf	382
5.2.3.1	Die Niederschlagsverteilung in			Bei fallenden Wasserständen	
	den letzten 200 Jahren	360		im Vorfluter	382
5.2.3.1.1	Langfristige Niederschlagsentwicklung		5.3.1.4.2.1.2	Bei steigenden Wasserständen	
	in Emden, Görlitz, Bamberg	360		im Vorfluter	383
	und Bielefeld	360	5.3.1.4.2.2	Die durchströmte Flußschleife	384
5.2.3.1.2	Langfristige Niederschlagsentwicklung			Bei fallenden Wasserständen	
	in Karlsruhe	363		im Vorfluter	384
5.2.3.1.3	Langfristige Niederschlagsentwicklung		5.3.1.4.2.2.2	Bei steigenden Wasserständen	
	in Darmstadt	365		im Vorfluter	385
5.2.3.1.4	Langfristige Niederschlagsentwicklung		5.3.1.4.2.3	Die nicht durchströmte Flußschleife	385
	in Frankfurt/M.	366	5.3.1.4.2.3.1	Bei fallenden Wasserständen	
5.2.3.1.5	Langfristige Niederschlagsentwicklung			im Vorfluter	385
	in Gütersloh	367	5.3.1.4.2.3.2	Bei steigenden Wasserständen	
5.2.3.1.6	Langfristige Niederschlagsentwicklung			im Vorfluter	385
	in Berlin-Dahlem	368	5.3.1.4.2.4	Der Anschluß des Grundwasserspiegels	
5.2.3.2	Gang der natürlichen Grundwasser-			am Prallhang	385
	stände in den letzten Jahrzehnten	368	5.3.1.4.2.4.1	Bei fallenden Wasserständen	
5.2.3.3	Einflüsse auf den Grundwasserhaushalt	369		im Vorfluter	385
5.2.3.3.1	Flußregelungen	369	5.3.1.4.2.4.2	Bei steigenden Wasserständen	
5.2.3.3.2	Abholzung	371		im Vorfluter	386
5.2.3.3.3	Intensivierung der Landwirtschaft	371	5.3.1.4.2.5	Übergang des freien Grundwasser-	
5.2.3.3.4	Grundwassergewinnungsanlagen	371		spiegels von einer höheren Terrasse	
				in eine weite Talau	386
5.3	Geohydrologische Arbeitsmethoden	373	5.3.1.4.2.6	Dauernd infiltrierende Vorfluter	387
5.3.1	Ermittlung der unterirdischen		5.3.1.4.2.7	Auswirkung von Stauen im Vorfluter	388
	Abflußwege in Lockergesteinen	373	5.3.1.5	Anschluß des gespannten Grundwasser-	
5.3.1.1	Anfertigung von Grundwasserspiegel-			spiegels an den Vorfluter	389
	plänen	373	5.3.1.6	Anschluß an den Vorfluter	
5.3.1.1.1	Aufsuchen und Einrichten von			mit dichter Sohle	390
	Grundwassermessstellen	373	5.3.1.7	Anschluß an den Vorfluter	
5.3.1.1.2	Das Nivellement der Grundwasser-			mit teilweise verdichteter Sohle	390
	messstellen	375	5.3.1.7.1	Sohlenverdichtungen durch	
				Uferfiltratsentnahmen	391

5.3.1.7.1.1	Verdichtung der Fuldasohe beim Wasserwerk „Neue Mühle“ bei Kassel und deren Beseitigung	393	5.3.4.2.1.1	Sandboden	436
5.3.1.7.2	Sohlenverdichtungen als Folge der Kanalisierung der Flüsse	398	5.3.4.2.1.2	Lehmiger Sand	436
5.3.1.8	Gestörter Grundwasserabfluß durch Grundwasserentnahmen	400	5.3.4.2.1.3	Humoser Boden	436
5.3.1.8.1	Der Absenkungstrichter	400	5.3.4.2.1.4	Unbewachsener Löß	437
5.3.1.8.2	Die untere Kulmination und Entnahmegrenze	400	5.3.4.2.1.5	Bewachsener Löß	438
5.3.1.8.2.1	Bei reiner Grundwasserentnahme	400	5.3.4.2.2	Ergebnisse der Lysimeteranlage	
5.3.1.8.2.2	Bei gemischter Entnahme von Grund- und Uferfiltratswasser	401		Dortmund-Geisecke	438
5.3.1.8.2.3	Verlagerung der Entnahmegrenzen	403	5.3.4.2.3	Lysimeter im Niedersächsischen Raum	439
5.3.1.8.2.3.1	Bei reinem Grundwasserzufluß	403	5.3.4.2.4	Lysimeter in der Senne bei Bielefeld	440
5.3.1.8.2.3.2	Bei gemischter Förderung von Grund- und Uferfiltratswasser	403	5.3.4.2.5	Lysimeter in Eberswalde	441
5.3.1.8.2.3.3	Verlagerung der Entnahmegrenzen bei gegenseitiger Beeinflussung von Wasserfassungen	404	5.3.4.2.6	Lysimeter im Gebiet der Halterner Sande	441
5.3.2	Ermittlung der unterirdischen Abflußwege in Kluftwasserleitern	406	5.3.4.2.7	Lysimeter in Castricum (Holland)	441
5.3.2.1	Färb- und Salzungsversuche	407	5.3.4.2.8	Lysimeter in Rothamsted (Großbritannien)	442
5.3.2.2	Grundwasserspiegelpläne	407	5.3.4.2.9	Sonstige Lysimeterergebnisse	442
5.3.3	Nachweis der Auswirkungen von Grundwasserentnahmen im Grundwasserleiter	408	5.3.4.3	Niederschlags- und Sickerwassermengen	442
5.3.3.1	Auswertung der Grundwasserganglinien	409	5.3.4.3.1	Abhängigkeit der Versickerungsvon den Niederschlagsmengen	442
5.3.3.2	Flächenhafter Nachweis von Grundwasserspiegelveränderungen	409	5.3.4.3.2	Veränderungen der Versickerungsfaktoren mit der Niederschlagsmenge	448
5.3.3.2.1	Der Grundwasserspiegel-Differenzplan	410	5.3.4.3.3	Ermittlung der Grundwasserneubildung für Trockenzeiten	449
5.3.3.2.2	Verwendungsmöglichkeiten des Grundwasserspiegel-Differenzplanes	412	5.3.4.4	Theoretische Beispiele zur Ermittlung der Grundwasserneubildung	449
5.3.3.2.2.1	Ermittlung des Senkungsfeldes um eine Wasserfassung	412	5.3.4.5	Ermittlung der Grundwasserneubildung an bestehenden Wasserwerken im Vergleich mit den theoretischen Ermittlungen	453
5.3.3.2.2.2	Nachweis flächenhafter Grundwasserspiegelveränderungen für Fragen der Landeskultur	413	5.3.4.5.1	Wasserwerk Burgsteinfurt-Ahlinteln	454
5.3.3.2.2.2.1	Einwirkungen der Grundwasserentnahmen und Absenkungen auf die Landeskultur	413	5.3.4.5.2	Wasserwerk Gescher in Nordvelen	454
5.3.3.2.2.2.2	Untersuchung der angeblichen Schäden am Waldaufwuchs im Bereich des Wasserwerkes Gescher/Westf.	415	5.3.4.5.3	Wasserwerk I der Stadt Bielefeld in der Senne	455
5.3.3.2.2.3	Nachweis der gegenseitigen Beeinflussung von Wasserfassungen	418	5.3.4.5.4	Wasserwerk IV der Stadt Bielefeld in der Senne	456
5.3.3.2.2.4	Nachweis der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf benachbarte Wasserfassungen	419	5.3.4.5.5	Wasserwerk im Raum Köln (rechtsrheinisch)	457
5.3.3.2.2.5	Nachweis des Hochwassereinflusses aus Vorflutern auf den Grundwasserleiter	424	5.3.4.5.6	Wasserwerk I der Stadt Karlsruhe	458
5.3.3.2.2.5.1	Der Druckausgleich zwischen Flußwasser und Grundwasser	424	5.3.4.5.7	Wasserwerk mit einem das Einzugsgebiet querenden infiltrierenden Fluß	459
5.3.3.2.2.5.1.1	Vorausbestimmung des zu erwartenden Grundwasserstandes	424	5.3.4.5.8	Beispiel zur Ermittlung von Grundwasserzuflüssen aus nicht genau zu erfassenden Teilen eines Einzugsgebietes	460
5.3.3.2.2.5.1.2	Ausbreitungsgeschwindigkeit des Druckausgleiches	426	5.3.4.6	Grundwasserneubildung in ariden Gebieten	462
5.3.4	Die Grundwasserneubildung	427	5.3.4.7	Grundwasserneubildung in Kluftwasserleitern	463
5.3.4.1	Ermittlung der Grundwasserneubildung in Lockergesteinen	428	5.3.4.7.1	Gebirgsstörungen und Grundwasserneubildung	466
5.3.4.1.1	Ermittlung über die mittlere Gebietsverdunstung	429	5.3.4.7.2	Zusätzliche Grundwasserneubildung durch Infiltrat aus Quertälern	466
5.3.4.1.2	Ermittlung über die Niedrigwasserabflußspenden	429	5.3.4.7.3	Beispiele überbeanspruchter fester, klüftiger Grundwasserleiter (Helmstedt)	466
5.3.4.1.3	A _u -Linienverfahren nach E. NATERMANN	429	5.3.4.7.4	Beispiel eines Grundwasser-Bewirtschaftungsplanes in einem gestörten Kluftwasserleiter	471
5.3.4.1.3.1	Vergleich des A _u -Linienverfahrens mit grundwasserhaushaltlichen Ermittlungen	431	5.3.5	Uferfiltratswasser	471
5.3.4.1.4	Abflußmengen-Differenzmessungen in Vorflutern	433	5.3.5.1	Anteilsbestimmungen mittels der Temperatur	471
5.3.4.2	Auswertung von Lysimetermessungen	434	5.3.5.2	Temperaturmessungen zur Beurteilung der Durchlässigkeit der Vorflutersohlen	477
5.3.4.2.1	Die Sickerwasserspenden der Gießener Lysimeter	435	5.3.5.3	Anteilsbestimmungen mittels chemischer Inhaltsstoffe	478
			5.3.5.3.1	Die Qualität des Oberflächenwassers	478
			5.3.5.3.1.1	Die Beschaffenheit des Rheinwassers	478
			5.3.5.3.1.1.1	Die Chloride	479
			5.3.5.3.1.1.2	Die Phenole	480
			5.3.5.3.1.1.3	Die Nitrate	482
			5.3.5.3.1.1.4	Der Ammoniakgehalt	482
			5.3.5.3.1.1.5	Der Eisengehalt	483
			5.3.5.3.1.1.6	Der Mangengehalt	483

5.3.5.3.1.1.7	Geruchsschwellenwerte und Geruchsarten	484	5.5.4	Hydrologische Verhältnisse	517
5.3.5.3.1.1.8	Die organischen extrahierbaren Stoffe bzw. Mineralölprodukte im Rhein	486	5.5.4.1	Grundwasserspiegelplan von Dezember 1921	518
5.3.5.3.1.1.8.1	Organische Extraktstoffe im Wasser des Niederrheins	486	5.5.4.2	Grundwasserspiegelplan vom 6. 7. 1925	521
5.3.5.3.1.1.8.2	Herkunft der Mineralölstoffe im Rhein	486	5.5.4.3	Grundwasserspiegelplan vom 27./29. 11. 1961	521
5.3.5.3.2	Chemische Vorgänge im Grundwasserleiter der Infiltratsstrecke	486	5.5.4.4	Die Entwicklung der Grundwasserstände	524
5.3.5.3.3	Anteilsbestimmungen über die Grundwasserbilanz	487	5.5.4.4.1	Örtliche Veränderung der Grundwasserstände	524
5.3.5.3.3.1	Bestimmung des mittleren Uferfiltratsanteil beim Wasserwerk Westhoven/Köln	488	5.5.4.4.2	Zeitliche Veränderung der Grundwasserstände	528
5.3.5.3.4	Radionuklide und Uferfiltrat	488	5.5.4.4.2.1	Gebiet Waldhof-Käfertal	528
5.3.5.3.4.1	Radionuklide und Oberflächenwasser	488	5.5.4.4.2.2	Gebiet Käfertal-Viernheim-Weinheim	529
5.3.5.3.4.2	Das Verhalten radioaktiver Spaltprodukte in Oberflächengewässern	491	5.5.4.4.2.3	Gebiet Wallstadt-Heddesheim-Ladenburg-Dossenheim	531
5.3.5.3.4.3	Ergebnisse von Dekontaminierungsversuchen in Langsandsfiltern	492	5.5.4.4.2.4	Die Ufergebiete des Neckars	533
5.3.5.3.4.4	Natürliche Dekontamination in Fließ- und Staugewässern	492	5.5.4.4.2.5	Grundwassergebiet Schwetzingen-Sandhausen-Hockenheim	537
5.3.5.3.4.5	Folgerungen für das Uferfiltrat	492	5.5.4.5	Die Verbindung zwischen Neckar und Grundwasser	538
5.4	Beispiele für Vorplanungen von Grundwassergewinnungsanlagen	493	5.5.4.5.1	Hydrologisches Profil an der Autobahnbrücke	538
5.4.1	Vorplanung für eine Wasserfassung für 10 000 m ³ /Tag in einem quartären Sandgebiet über stark gestörtem Untergrund mit Gefahren von Salzwasseraufstiegen im Westen des nordwestfälischen Berglandes bei Hopsten/Dreierwalde	493	5.5.4.5.2	Hydrologisches Profil des Neckars bei Neckarhausen	538
5.4.1.1	Geologische Verhältnisse	493	5.5.4.5.3	Hydrologisches Profil nördlich des Neckars bei Ladenburg	539
5.4.1.2	Hydrologische Verhältnisse	495	5.5.4.5.4	Hydrologisches Profil nördlich des Neckars bei Schwabenheim	539
5.4.1.3	Geohydrochemische Verhältnisse	497	5.5.4.5.5	Hydrologisches Profil bei Edingen	539
5.4.1.3.1	Chloride	497	5.5.4.5.6	Hydrologisches Profil Rauschen-Wieblingen	539
5.4.1.3.2	Härte	498	5.5.4.5.7	Vergleich der hydrologischen Profile mit benachbarten Grundwasserganglinien	540
5.4.1.3.3	pH-Wert	498	5.5.4.5.8	Lage des Grundwasserspiegels zum Neckarwasserspiegel	543
5.4.1.3.4	Eisen und Mangan	499	5.5.4.6	Die flächenhaften Veränderungen der Grundwasserstände	545
5.4.1.3.5	KMnO ₄ -Verbrauch, Nitrate und Ammoniak	499	5.5.4.6.1	Grundwasserspiegel-Differenzenplan vom 27./29. 11. 1961 gegen den 5. 12. 1921	545
5.4.2	Vorplanung für eine Fassung von 10 000 m ³ /Tag im Jung-Pleistozän Schleswig-Holsteins	500	5.5.4.6.2	Grundwasserspiegel-Differenzenplan vom 27./29. 11. 1961 gegen den Juli 1925	548
5.4.2.1	Geologische Gegebenheiten	501	5.5.5	Grundwasserbewirtschaftung	549
5.4.2.2	Hydrologische Gegebenheiten	502	5.5.5.1	Die Bodendeckschichten als Grundlage der Grundwasserneubildung	549
5.4.2.3	Geohydrochemische Verhältnisse	503	5.5.5.1.1	Gebiet des Neckarschwemmkegels	551
5.4.2.3.1	Chloride	503	5.5.5.1.2	Die Gebiete der sandigen Deckschichten des Hochgestades nördlich und südlich des Neckars	551
5.4.2.3.2	Härte	505	5.5.5.1.3	Das Tiefgestade des Rheins und unteren Neckars	551
5.4.2.3.3	Eisen	506	5.5.5.1.4	Rinnen- und Schuttkegelbildungen nördlich und südlich des Neckars	551
5.4.2.3.4	Mangan	506	5.5.5.1.5	Das Lößgebiet nördlich des Neckars	551
5.4.2.3.5	pH-Wert	506	5.5.5.1.6	Das Gebiet des Buntsandsteins	551
5.4.2.3.6	KMnO ₄ -Verbrauch	507	5.5.5.1.7	Siedlungsgebiete	551
5.4.2.4	Untersuchungen vorhandener Großfassungen	507	5.5.5.2	Die Grundwasserneubildung	551
5.4.2.4.1	Die städtische Wasserfassung	507	5.5.5.2.1	Das Gebiet nördlich des Neckars	552
5.4.2.4.2	Weitere Fassungen im Stadtgebiet	507	5.5.5.2.1.1	Grundwasserwirtschaftliche Kontrolle der Einzelgebiete	554
5.5	Grundwasserwirtschaftliche Großraumuntersuchungen	508	5.5.5.2.1.1.1	Sandhofen-Lampertheim (Gebiet A 1)	554
5.5.1	Beispiel: Großraum Mannheim-Heidelberg-Schwetzingen	508	5.5.5.2.1.1.2	Einzugsgebiet Zellstoff Waldhof (Gebiet A 2)	555
5.5.2	Veranlassung und Aufgabenstellung	509	5.5.5.2.1.1.3	Einzugsgebiet Weinheim (Gebiet A 3)	555
5.5.3	Die geographische Begrenzung des Untersuchungsgebietes	509	5.5.5.2.1.1.4	Einzugsgebiet Käfertal (Gebiet A 4)	556
5.5.3.1	Geologische Verhältnisse	509	5.5.5.2.1.1.5	Freudenheim-Heddesheim-Ladenburg (Gebiet A 5)	556
5.5.3.1	Allgemeine geologische Verhältnisse	509			
5.5.3.2	Der Odenwald und die Kraichgaumulde	509			
5.5.3.3	Die tertiären Schichten	510			
5.5.3.4	Die Schichtenfolge des älteren Pleistozäns	511			
5.5.3.5	Die Schichten des jüngeren Pleistozäns (Rhein- und Neckarkiese)	511			

5.5.5.2.1.1.6	Einzugsgebiet Heidelberg-Nord (Gebiet A 6)	557	5.8.3.5.1	Infiltratsbrunnen	599
5.5.5.2.2	Gebiet B: Stadtgebiet Mannheim	558	5.8.3.5.2	Infiltrationsleitungen	601
5.5.5.2.3	Das Gebiet südlich des Neckars	558	5.8.3.5.3	Infiltrationsbecken	601
5.5.5.2.3.1	Grundwasserwirtschaftliche Kontrolle der Einzelgebiete	559	5.8.3.5.4	Infiltrationsleistungen von Infiltrationsbecken	603
5.5.5.2.3.1.1	Einzugsgebiet Wasserwerk Rheinau usw. (Gebiet C 1)	559	5.8.3.6	Grundwasseranreicherung zur Speicherung	604
5.5.5.2.3.1.2	Einzugsgebiet Heidelberg-Süd (Gebiet C 2)	560	5.8.4	Infiltration zur Abwendung von Fremdwasserzuflüssen	605
5.5.5.2.3.1.3	Gebiet Schwetzingen-Hockenheim (Gebiet C 3)	561	5.8.4.1	Bucht von Los Angeles	605
5.5.5.2.3.1.4	Gebiet Seckenheim-Neckarhausen-Edingen (Gebiet C 4)	562	5.8.4.2	Kluftwasserleiter der paleozänen Kalke von Sebikotane bei Dakar in Senegal	607
5.5.5.3	Neckarinfiltrat und Grundwasser- chemie	563	5.9	Die Abflußsimulatoren in der Geohydrologie	
5.5.5.3.1	Chloridwerte	564		(P. PRUDHOMME)	608
5.5.5.3.2	Natriumgehalte	565	5.9.1	Allgemeines	608
5.5.5.3.3	Sulfatgehalte	565	5.9.1.1	Aufstellen der Bilanz der Grundwasserleiter	610
5.5.5.3.4	Das Verhältnis Erdalkali-/Alkali-Ionen	565	5.9.1.2	Wahl zwischen verschiedenen strukturellen Hypothesen	610
5.5.5.3.5	Grundwasserchemie und Abfluß- verhältnisse des Grundwassers und Neckarinfiltrats	566	5.9.1.3	Aufspüren der Verbindungen zwischen verschiedenen Grundwasserleitern	610
5.5.6	Zusammenfassung	568	5.9.1.4	Vorausschau der aus zusätzlichen Entnahmen resultierenden Auswirkungen	610
5.5.6.1	Gebiet nördlich des Neckars	569	5.9.1.5	Wahl der den Gegebenheiten am besten angepaßten Standorte neu zu erstellender Brunnen	611
5.5.6.2	Gebiet südlich des Neckars	570	5.9.1.6	Schutz gegen Verunreinigung von Grundwasserleitern	611
5.6	Die Vorplanung von Wasserfassungen zur Erschließung von Grundwasser- leitern mit praktischen Beispielen	571	5.9.1.7	Filtration durch Deiche und Sperren	611
5.6.1	Verschaffen eines allgemeinen geologischen, hydrologischen und geohydrochemischen Überblickes	571	5.9.2	Die verschiedenen Typen der Simulatoren	611
5.6.2	Beispiele von Planungen und Fehlplanungen	574	5.9.2.1	Die elektrischen Modelle	611
5.7	Bedeutung der Wünschelrute usw. in der Wassererschließungstechnik	575	5.9.2.1.1	Abströmen von Wasser in einem Grundwasserleiter	611
5.8	Grundwasserspeicherung und künstliche Grundwasseranreicherung	579	5.9.2.1.2	Fließen des elektrischen Stromes in einem Leiter	612
5.8.1	Allgemeines	579	5.9.2.1.3	Korrespondenz zwischen den Parametern	612
5.8.2	Die Grundwasserspeicherung	579	5.9.2.1.4	Die verschiedenen Typen der elektrischen Modelle	612
5.8.2.1	Speicherung oberhalb des natürlichen Grundwasserspiegels	579	5.9.2.1.4.1	Leitendes Papier	613
5.8.2.2	Speicherung unterhalb des natürlichen Grundwasserspiegels	580	5.9.2.1.4.2	Rheoelektrische Wanne	613
5.8.2.2.1	Beispiele der Grundwasserspeicherung unterhalb des natürlichen Grundwasserspiegels	580	5.9.2.1.4.3	Netzmodelle	613
5.8.2.2.1.1	Die „Ferene“-Quelle (Stauquelle) am Balatonsee (Ungarn)	581	5.9.2.1.5	Vorzüge und Nachteile der elektrischen Modelle	614
5.8.2.2.1.2	Die „Janos“-Quelle (aufsteigende Quelle) im Keszthelgebirge in Ungarn	584	5.9.2.1.6	Anwendung der elektrischen Modelle	615
5.8.2.3	Die unterirdische Stauspeicherung	585	5.9.2.2	Die Modelle für viskose Flüssigkeiten vom Typ HELE-SHAW	615
5.8.3	Künstliche Grundwasseranreicherung	586	5.9.2.2.1	Darstellung vorübergehender Erscheinungen	616
5.8.3.1	Allgemeines	586	5.9.2.2.2	Vorzüge und Nachteile dieser Modelle	618
5.8.3.2	Die Behandlung des Rohwassers	587	5.9.2.2.3	Praktische Anwendung der Modelle für viskose Flüssigkeiten	618
5.8.3.2.1	Beispiele	588	5.9.2.3	Die Modelle mit künstlichen porösen Medien	618
5.8.3.2.1.1	Grundwasseranreicherung im Wasserwerk Letzinger Heide der Stadt Magdeburg	588	5.9.2.3.1	Die verschiedenen Modelle mit porösen Medien	618
5.8.3.2.1.2	Wasserwerke der Stadt Dortmund an der Ruhr	588	5.9.2.3.2	Vor- und Nachteile dieser Modelle	619
5.8.3.2.1.3	Wasserwerk Wiesbaden-Schierstein	591	5.9.2.3.3	Die Anwendung dieser Modelle	619
5.8.3.2.1.4	Rheinwasserwerk der Stadt Krefeld in Uerdingen	593	5.9.2.4	Die mathematischen Modelle	619
5.8.3.2.1.4.1	Infiltrationsbrunnen	593	5.9.2.4.1	Vor- und Nachteile der mathematischen Modelle	620
5.8.3.2.1.4.2	Infiltrationsteiche	594	5.9.2.4.2	Anwendung dieser Modelle	620
5.8.3.2.1.5	Wasserwerk Basel-Muttentzer Hard	595	5.9.3	Die Konstruktionsgrundlagen eines Simulators (Analogmodell) für einen Grundwasserleiter	620
5.8.3.3	Die Veränderung des Infiltrats im Grundwasserleiter	595	5.9.3.1	Praktische Konstruktion der Modelle	621
5.8.3.4	Versickerung von Regen- und Kühlwasser	596	5.9.3.2	Wahl des Modelltypes	621
5.8.3.5	Die Infiltration	599	5.9.3.3	Die Praxis der Verwendung der Modelle	621
			5.9.4	Praktische Beispiele für die Anwendung von Simulatoren in der Geohydrologie	622

5.9.4.1	Abschirmung eines Grundwasserleiters gegen Industrieabwasser	622		Vordringen von Salzwasser in einem küstennahen Grundwasserleiter . . .	624
5.9.4.2	Filtration durch einen Deich	623	5.9.4.5	Suche nach den besten Standorten für Bewässerungsbrunnen	626
5.9.4.3	Aufsuchen von Heterogenitäten im Maßstabe eines Grundwasserleiters . . .	623	5.9.4.6	Untersuchung der Verdichtung einer Flußsohle bei Uferfiltratsentnahme . .	628
5.9.4.4	Einfluß neuer Entnahmebrunnen auf das				

KAPITEL 6 Grundwasserhydraulik (H. SCHNEIDER)

✓ 6.1	Ergiebigkeitsbestimmungen von Wasserfassungen	629		vom k_f -Wert und den Korngrößen des Grundwasserleiters	644
✓ 6.1.1	Quellen	629	6.2.5	Der Einfluß der Änderung des Brunnendurchmessers auf das Maß der tiefsten Absenkung	645
✓ 6.1.2	Einzelbrunnen	629	6.2.6	Erhöhung des Fassungsvermögens	646
✓ 6.1.2.1	Leistungscharakteristiken von Brunnen	629	6.2.7	Brunnen-Eintrittswiderstände	647
✓ 6.1.2.1.1	Brunnen in Kluftwasserleitern	629	6.2.7.1	Der Filtereintrittswiderstand	647
✓ 6.1.2.1.2	Brunnen in Grundwasserleitern in Lockergesteinen	630	6.2.7.2	Die Sickerstrecke	648
✓ 6.1.2.1.2.1	Gespannter Grundwasserspiegel	630	6.2.7.3	Veränderung des Filtereintrittswiderstandes	649
✓ 6.1.2.1.2.2	Freier Grundwasserspiegel	630	6.3	Das Altern von Brunnen	650
✓ 6.1.2.1.2.3	Übergang vom gespannten zum freien Grundwasserspiegel	631	6.3.1	Allgemeines	650
✓ 6.1.2.2	Die spezifische Ergiebigkeit (E) eines Einzelbrunnens	631	6.3.2	Versandung	651
✓ 6.1.2.2.1	Gespannter Grundwasserspiegel	631	6.3.3	Abscheidung fester Phasen	651
✓ 6.1.2.2.2	Freier Grundwasserspiegel	632	6.3.4	Korrosion	652
6.1.2.3	Betrag der Zunahme der Leistung bei zunehmender Absenkung	632	6.3.5	Biologische Verockerung	652
6.1.2.3.1	Gespannter Grundwasserspiegel	632	6.4	Säuern von Brunnen	653
6.1.2.3.2	Freier Grundwasserspiegel	632	6.5	Leistungsänderungen von Brunnen in überbeanspruchten Grundwasserleitern	653
6.1.2.4	Zunahme der Absenkung bei Leistungssteigerung	632	6.5.1	Gleichmäßige Überbeanspruchung	654
6.1.2.5	Veränderung der spezifischen Ergiebigkeit (E) bei abnehmender Grundwasserhöhe (H) (Grundwasserspiegelsenkung)	633	6.5.2	Gleichmäßig wachsende Überbeanspruchung	655
6.1.2.5.1	Bei gespanntem Grundwasserspiegel	633	6.6	Der Pumpversuch	656
6.1.2.5.2	Bei freiem Grundwasserspiegel	633	6.6.1	Aufbau des Pumpversuches	657
6.1.2.5.3	Beim Übergang vom gespannten zum freien Grundwasserspiegel	633	6.6.2	Die Durchführung des Pumpversuches	659
6.1.2.6	Die Leistung von Brunnen mit geschlossenen Böden in Abhängigkeit von der Mächtigkeit des erschlossenen Grundwasserleiters	633	6.6.2.1	Wassermessungen bei Pumpversuchen (CHR. TRUELSEN)	662
6.1.2.7	Abhängigkeit der Brunnenleistung vom Maß der Absenkung im Verhältnis zur Grundwasserleitermächtigkeit	634	6.6.2.1.1	Die Meßblende	662
6.1.2.8	Die Ergiebigkeit von Einzelbrunnen in Abhängigkeit vom Brunnendurchmesser	635	6.6.2.1.2	Der Brunnenleistungsanzeiger	667
6.1.2.9	Abhängigkeit des Steigungsfaktors der Leistungscharakteristik vom Brunnendurchmesser	636	6.6.3	Auswertung des Pumpversuches (H. SCHNEIDER)	667
6.1.3	Bestimmung der Leistungsanteile einzelner Brunnen in einer gealterten Brunnenlage mit Hebeleitung und Sammelbrunnen mit offener Sohle	636	6.6.3.1	Während der Durchführung des Pumpversuches	667
6.1.3.1	Beschreibung der Brunnenanlage	636	6.6.3.1.1	Auftragen der Grundwasserspiegelgänge und Fördermengen	667
6.1.3.2	Durchführung des Versuches zur Ermittlung der Leistungsanteile	637	6.6.3.1.2	Graphische Auftragung der chemischen Daten des geförderten Wassers	667
6.1.3.3	Auswertung der Versuche	637	6.6.3.2	Graphische Auswertung nach Abschluß des Pumpversuches	667
6.2	Das Fassungsvermögen von Bohrbrunnen	640	6.6.3.2.1	Grundwasserspiegelpläne und ihre Deutung	667
× 6.2.1	Der Begriff des Brunnenfassungsvermögens und des Fassungsverwertes	640	6.6.3.2.2	Grundwasserspiegel-Differenzpläne	668
6.2.2	Fassungsvermögen und Grundwasserspiegelgefälle am Brunnenaußenmantel	642	6.6.3.2.3	Chemische Pläne	668
6.2.3	Das Grenzgefälle in Abhängigkeit von k_f -Wert (Grenz k_f -Wert)	643	6.6.3.2.4	Grundwasser-Temperaturkarten	668
6.2.4	Die wirkliche Grundwassergeschwindigkeit am äußeren Brunnenmantel in Abhängigkeit		6.7	Die hydrologischen Berechnungsverfahren zur mathematischen Auswertung des Pumpversuches	671
			6.7.1	k_f -Wertbestimmung unter stationären Bedingungen (H. SCHNEIDER)	671
			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 (Sicker galerie) bei gespanntem Grundwasserspiegel	671	6.8.2	Durchführung der Versuche	716
6.7.1.1.5	Ableitung der DARCY-DUPUIT'schen Brunnengleichungen	671	6.8.3	Auswertung der Versuche	717
6.7.1.1.6	Die Gleichungen der Absenkungskurven	673	6.8.3.1	Bestimmung der Leistungscharakteristiken der Brunnen	717
6.7.1.2	Berechnung des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f nach DARCY-DUPUIT	673	6.8.3.1.1	Leistungscharakteristik für den Brunnen B_1 bei Einzelbetrieb	717
6.7.1.3	Das DUPUIT-THIEM'sche Verfahren	673	6.8.3.1.2	Leistungscharakteristik für den Brunnen B_2 bei Einzelbetrieb	717
6.7.1.3.1	Beziehung zwischen α und $k_f = \epsilon$ (THIEM)	673	6.8.3.1.3	Leistungscharakteristik für den Brunnen B_1 bei gemeinsamen Betrieb der Brunnen B_1 und B_2	717
6.7.1.4	k_f -Wert-Bestimmung aus einem Einzelbrunnen n. V. PAAVEL	674	6.8.3.1.4	Leistungscharakteristik für den Brunnen B_2 bei gemeinsamen Betrieb der Brunnen B_1 und B_2	717
6.7.1.5	Berechnung des Grundwasserzuflusses im Grundwasserleiter	674	6.8.3.2	Der Wasserandrang in Brunnenhöhe in Abhängigkeit von der Absenkung in den Brunnen B_1 und B_2	718
6.7.1.6	Laufzeit des Zuflusses von Uferfiltrat oder künstlichem Infiltrat zu einer waagerechten Fassung	674	6.8.3.3	Die erforderlichen Fassungsängen	719
6.7.1.7	Anwendung der Laufzeitbestimmungen für Infiltrat bei Einzelbrunnen	675	6.9	Berechnung von Sickeranlagen (Sickerbrunnen) (H. SCHNEIDER)	719
6.7.1.8	Kritische Betrachtungen zu den Bestimmungen des k_f -Wertes mittels der DARCY-DUPUIT-THIEM'schen Gleichungen	675	6.9.1	Versickerung in das Grundwasser bei freiem Grundwasserspiegel	719
6.7.1.8.1	Definitionen für den k_f -Wert	675	6.9.1.1	Die Sickermenge in Abhängigkeit von der erschlossenen Grundwasserleitermächtigkeit	721
6.7.1.8.2	Ältere Untersuchungen über die Konstanz des k_f -Wertes	676	6.9.1.2	Die Überdruckhöhe in Abhängigkeit von der gewünschten Sickermenge	721
6.7.1.8.3	k_f -Wert-Bestimmungen mit den DARCY-DUPUIT-THIEM'schen Brunnengleichungen in der Nähe von Vorflutern	678	6.9.1.3	Die Beziehung zwischen der erschlossenen Grundwasserleitermächtigkeit und der Überdruckhöhe	721
6.7.1.8.4	Ergebnisse neuerer Untersuchungen	681	6.9.1.4	Die Beziehung zwischen Sickerbrunnenhalmmesser und Überdruckhöhe bei gegebener erschlossener Grundwasserleitermächtigkeit	722
6.7.1.8.5	Folgerungen für die Gültigkeit der DARCY-DUPUIT-THIEM'schen Brunnengleichungen	690	6.9.1.5	Das Verhältnis zwischen Sickerbrunnradius und erschlossener Grundwasserleitermächtigkeit	722
6.7.2	k_f -Wert-Bestimmungen aus Pumpversuchen unter nichtstationären Bedingungen (H. J. DÜRBAUM)	693	6.9.2	Versickerung in das Grundwasser mit gespanntem Grundwasserspiegel	723
6.7.2.1	Allgemeines	693	6.9.3	Versickerung auf den Grundwasserspiegel oder eine dichtende Unterlage bei grundwasserfreiem Sickerkörper	724
6.7.2.2	Kontinuitätsgleichung und Speicherkoeffizient	695	6.9.3.1	Die Sickergleichung für den Sonderfall der erschlossenen Grundwasserleitermächtigkeit $H = 0$	724
6.7.2.3	Differentialgleichung für die Grundwasserströmung unter nichtstationären Verhältnissen	696	6.9.3.2	Die Sickermenge in Abhängigkeit von der Überdruckhöhe	724
6.7.2.4	Die THEIS'sche Lösung für den Grundwasserleiter mit Druckspiegel	697	6.9.3.3	Die Beziehung zwischen Sickerbrunnhalmmesser und Überdruckhöhe	725
6.7.2.5	Näherungsverfahren nach THEIS (1935) und JACOB (1940) für den Grundwasserleiter mit Druckspiegel	701	6.9.4	Versickerung auf das Grundwasser oberhalb des Grundwasserspiegels (grundwasserverbundenes Sickerwasser)	725
6.7.2.6	Methode von C. E. JACOB (1963) für horizontalen Grundwasserleiter mit freiem Spiegel	702	6.9.4.1	Die Sickergleichung und ihre Anwendung auf die Versickerung oberhalb des Grundwasserspiegels	725
6.7.2.7	Einfluß von Begrenzungsflächen	704	6.9.4.2	Sickermengen in Abhängigkeit von der Sickerstrecke	726
6.7.2.8	HANTUSH-Wendepunktmethode für semigespannten Grundwasserleiter	708	6.9.4.3	Die Überdruckhöhe in Abhängigkeit von der Sickermenge	726
6.7.2.9	Bestimmung der Transmissivität aus Wiederanstiegsbeobachtungen	710	6.9.4.4	Das Verhältnis zwischen Überdruckhöhe und Sickerstrecke	726
6.7.2.10	Auswirkung des natürlichen Gefälles auf den Absenkungsvorgang	710	6.9.4.5	Das Verhältnis zwischen Überdruckhöhe und Sickerschachthalmmesser	727
6.7.3	Weitere Methoden zur Bestimmung des k_f -Wertes (H. SCHNEIDER)	711	6.9.4.6	Das Verhältnis von Sickerschachtradius zur Länge der Sickerstrecke	727
6.7.3.1	k_f -Wert-Bestimmung aus Grundwasserspiegelgefälle, Mächtigkeit des Grundwasserleiters, Fördermenge und Grundwasserbilanz	711	6.9.5	Versickerung oberhalb des Grundwassers mittels offener Drainleitungen	728
6.7.3.1.1	Berechnung des Gebiets- k_f -Wertes für das Wasserwerk Köln-Westhoven (n. P. WEYER)	711	6.9.6	Die Sickerbrunnengleichungen unter Einführung des Steigungsfaktors α der Überdruck-Sickermengen-Charakteristik	728
6.7.3.2	Die wirksame Korngröße und k_f -Wert-Bestimmung nach HAZEN	713			
6.8	Ermittlung der technisch förderbaren Wassermengen (H. SCHNEIDER)	715			
6.8.1	Allgemeines	715			

KAPITEL 7 Wasserfassungen (H. SCHNEIDER)

7.1	Quellfassungen	729			
7.1.1	Verwendbarkeit und Nutzung von Quellen	729	7.4.2.1	und Bohrbrunnen (CHR. TRUELSEN)	756
7.1.1.1	Bewertung von Quellen	729	7.4.2.1.1	Bau von Schachtbrunnen	756
7.1.1.2	Beispiel einer unzureichenden Quellwasserversorgung	729	7.4.2.1.2	Wasserzutritt und Sandeintrieb	756
7.1.1.3	Quellbeeinflussung durch Brunnen	729	7.4.2.1.3	Bestimmung der Wandstärken	758
7.1.1.4	Chemisch-physikalische und hygienische Beurteilung von Quellen	729	7.4.2.1.4	Der Senkschuh	758
7.1.2	Aufschürfen und Fassen von Quellen	730	7.4.2.2	Schachtbrunnen in standfestem Boden	759
7.1.2.1	Aufschürfen von Quellen	730	7.4.2.2.1	Bohrbrunnen	759
7.1.2.2	Ausbau des Schurfes zur Fassung	732	7.4.2.2.2	Entwicklung des Bohrbrunnens und der Brunnenfilter	759
7.1.2.3	Quellstollen	732	7.4.2.2.3	Brunnenschächte	764
7.1.2.4	Aufnahme von Füll- und Mengenkurven	734	7.4.2.3	Bohrbrunnen ohne Schacht	765
7.1.3	Ausbau und Installation von Quellfassungen (CHR. TRUELSEN)	734	7.4.2.3.1	Ausbau der Bohrbrunnen	766
7.1.3.1	Allgemeines	734	7.4.2.3.1.1	Bestimmung der Brunnenabmessungen	767
7.1.3.2	Stauquellen (Fassung oder Bohrbrunnen)	735	7.4.2.3.1.2	Wasseraufnahmevermögen	767
7.1.3.3	Fassung von Schicht-, Hang- und Stauquellen	735	7.4.2.3.1.3	Wasserzutritts-geschwindigkeit	767
7.2	Wassergewinnung aus schmalen Grundwasserleitern (CHR. TRUELSEN)	736	7.4.2.3.1.4	Größte Brunnenleistung	768
7.2.1	Bau von Sickerleitungen	737	7.4.2.3.2	Ideelle Brunnenleistung	768
7.2.1.1	Anlage und Ausbau	737	7.4.2.4	Brunnen für vorübergehende Zwecke	768
7.2.1.2	Sammelschächte bei Sickerleitungen am Hang	738	7.4.2.4.1	Die Filterkieskörnung	768
7.2.1.3	Sammelschächte bei Sickerleitungen in ebenem Gelände	739	7.4.2.4.2	Entnahme der Bodenproben	768
7.3	Dünenwassergewinnung	740	7.4.2.4.3	Durchführung der Siebanalyse	768
7.4	Vertikalbrunnen	741	7.4.2.4.4	Der Ungleichförmigkeitsfaktor U	769
7.4.1	Das Abteufen von Schacht-, Rohr- und Bohrbrunnen (H. SCHNEIDER)	741	7.4.2.4.5	Graphische Umarbeitung der Siebkurve auf den U-Wert 5	770
7.4.1.1	Bau von Schachtbrunnen	741	7.4.2.5	Bestimmung der Filterkieskörnung durch Versuche	771
7.4.1.2	Kesselbrunnen größerer Ausmaße	742	7.4.2.5.1	Berechnungsbeispiele	771
7.4.1.3	Bohrbrunnen in Lockergesteinen	742	7.4.2.5.2	Beispiel: Feuerlöschbrunnen	771
7.4.1.3.1	Bohrwerkzeuge am festen Gestänge	743	7.4.2.5.3	Beispiel: Bohrbrunnen mit verloren eingebautem Hartholzfilter	772
7.4.1.3.2	Ventilbohrer und Kiespumpe	743	7.4.2.5.3.1	Beispiel: Steinzeug-Bohrbrunnen	773
7.4.1.3.3	Bohrungen ohne Hilfsverrohrung	745	7.4.2.5.4	Gewebekörbe	774
7.4.1.3.3.1	Drehbohren mit Großgestänge	746	7.4.2.5.5	Beispiel: Steinzeug-Bohrbrunnen bei größerer Mächtigkeit des Grundwasserleiters	774
7.4.1.3.3.2	Spülbohrverfahren – Salzgitterverfahren	746	7.4.2.5.6	Beispiel: Steinzeug-Kiesschüttungsbrunnen mit in Saughöhe stehendem Grundwasserspiegel	774
7.4.1.3.3.3	Lufthebeverfahren – Preußagverfahren	747	7.4.2.6	Rohrbrunnen-Abmessungen bei Grundwässern, deren Qualität eine frühzeitige Verdichtung der Filterkiesschüttung durch Eisen- und Mangan-ausscheidungen befürchten läßt	775
7.4.1.4	Bohrbrunnen in festen Gesteinen	748	7.4.2.6.1	Sammelschächte und Sammelbrunnen (CHR. TRUELSEN)	777
7.4.1.4.1	Die Bohrmeißel	748	7.4.2.6.1.1	Herstellung von Sammelschachtsohlen nach dem Contractor-Verfahren	777
7.4.1.4.2	Leistung der Meißel	748	7.4.2.6.1.2	Zusammensetzung und Bereitung der Betonmischung	777
7.4.1.4.3	Spülbohrungen	748	7.4.2.6.1.3	Ausführungs-Einzelheiten	778
7.4.1.4.4	Nachfall	749	7.4.2.6.2	Berechnung der Sohlenstärke	779
7.4.1.4.5	Rotierende Meißel	749	7.4.2.6.2.1	Bau von Sammelschächten	779
7.4.1.4.6	Saugbohren und Lufthebeverfahren	750	7.4.2.6.2.2	Der Mörtel	780
7.4.1.5	Geologische, hydrologische und hydrochemische Beobachtungen beim Bohren	750	7.4.2.6.2.3	Wasserdichter Putz	780
7.4.1.5.1	Entnahme der Bodenproben	750	7.4.2.6.2.4	Verfugen	781
7.4.1.5.1.1	Lockergesteine	750	7.4.2.6.2.5	Palesit-Schmelzmasse als Außenisolation	781
7.4.1.5.1.2	Zweck der Probeentnahmen	750	7.4.2.7	Bau von Sammelschächten	781
7.4.1.5.1.3	Feste Gesteine	751	7.4.2.7.1	Erkenntnisse und Erfahrungen im Bohrbrunnenbau (CHR. TRUELSEN)	781
7.4.1.5.2	Hydrologische Beobachtungen	751	7.4.2.7.2	Einbaumaterialien	781
7.4.1.5.3	Entnahme der Wasserproben	751	7.4.2.7.3	Durchmesser	781
7.4.1.6	Bohrbarkeit der Gesteine	752	7.4.2.7.4	Filterlängen	781
7.4.1.7	Torpedieren von Bohrungen	754	7.4.2.7.5	Kieskörnungen der Schüttungen	782
7.4.1.7.1	Ladungsberechnungen	754	7.4.2.7.6	Wiederziehen von Filtern	782
7.4.1.7.2	Sprengung von Geschieben in Lockergesteinen	756	7.4.2.7.7	Schachtsohle und Aufsatzrohr	783
7.4.2	Ausbau und Installation von Schacht-		7.4.2.7.8	Kontrolle der Brunnenleistung	783
				Rohrbrunnen-Fußventil	783

7.5	Vertikale Hochleistungsbrunnen (H. SCHNEIDER)	784	7.6.1.2	Vorzüge des Verfahrens	805
7.5.1	Die Entwicklung der Vertikal-Filterbrunnen seit 1949	784	7.6.1.3	Anwendungsbereich des Verfahrens	805
7.5.2	Vorgänge beim Bohren der Brunnen	784	7.6.1.4	Zu den Vorzügen des Ranney-Verfahrens	807
7.5.2.1	Das Trockenbohren	784	7.6.2	Das Fehlmann-Verfahren	810
7.5.2.2	Das Saugbohrverfahren	784	7.6.3	Hydrologische und grundwasserwirtschaftliche Voraussetzungen für Horizontal-Filterbrunnen-Fassungen	810
7.5.3	Die Siebanalysen und deren Auswertung	785	7.6.4	Wichtige Daten von im Ausland ausgeführten Anlagen nach dem Ranney- und Fehlmann-Verfahren	812
7.5.4	Das Aufstellen der Schüttpläne	786	7.6.4.1	Ranney-Verfahren	812
7.5.5	Das Entsanden der vertikalen Kies-schüttungsbrunnen	786	7.6.4.2	Fehlmann-Verfahren	813
7.5.6	Messungen beim Entsanden und deren Auswertungen	787	7.6.5	Horizontalbrunnen nach Nebolsine	815
7.5.6.1	Wassermengen und Wasserstände	787	7.6.6	Horizontalbrunnen der Fa. Preußag (Preußag-Horizontal-Kiesmantelbrunnen)	815
7.5.6.1.1	Entsanden des Brunnen 6 der DEGUSSA Wesseling	788		Besondere Bauformen	815
7.5.6.1.2	Entsanden des Brunnen 7 der DEGUSSA Wesseling	789	7.6.7	Mannesmann Schrägfassung	815
7.5.6.2	Kontrolle der Sandführung beim Entsanden	790	7.6.7.1	Diagonalfilterbrunnen, Bauart Loeck	816
7.5.6.3	Die Bedeutung der Belastung der einzelnen Filterstrecken für den Entsandungseffekt	792	7.6.7.2	Tellerbrunnen, Bauart Scheven	816
7.5.6.3.1	Aufbau der Bodenprofile	792	7.6.7.3	Veränderungen der Leistungen in Horizontalfilterbrunnen	816
7.5.6.3.2	Der Ausbau der Brunnen	794	7.6.8	Schwankungen der Leistungen mit dem Wasserstand im Vorfluter	817
7.5.6.3.3	Die Belastung der Filterstrecken	795	7.6.8.1	Brunnenleistungen in Abhängigkeit von der Infiltratswassertemperatur	817
7.5.6.4	Entsanden von Bohrbrunnen mittels Preßluft (CHR. TRUELSEN)	796	7.6.8.2	Leistungsänderungen durch Sohlenverdichtungen	817
7.5.6.5	Entsanden von Bohrbrunnen in Kalk- und Buntsandstein (CHR. TRUELSEN)	798	7.6.8.3	Von 1950 bis 1959 in Deutschland gebaute Horizontalbrunnen	820
7.5.7	Beispiele von differenziert geschütteten und intensiv entsandeten vertikalen Hochleistungsbrunnen (H. SCHNEIDER)	798	7.6.9		
7.5.7.1	Brunnen der Deutschen SHELL AG in Köln-Godorf	798	7.7	Entwurf und Bau von Heberleitungen (CHR. TRUELSEN)	821
7.5.7.2	Brunnen 2 der Deutschen SHELL AG in Köln-Godorf	799	7.7.1	Allgemeines	821
7.5.7.3	Brunnen Marquardt Beuel	801	7.7.2	Berechnung der Heberleitungen	823
7.5.7.4	Brunnenanlage RHENAG in Köln-Westhoven	801	7.7.3	Entlüftung von Heberleitungen	824
7.5.7.5	Brunnen der Rheinischen Olefinwerke und der UK Wesseling	801	7.7.4	Entwurfs- und Ausführungseinzelheiten	826
7.5.8	Vergleich Vertikal-Horizontalbrunnen	802	7.7.5	Dichtigkeitsprüfungen von Heberleitungen	827
7.6	Horizontal-Filterbrunnen-Fassungen (H. SCHNEIDER)	803	7.8	Brunnenabnahme und Brunnenüberwachung mittels Unterwasserfotografie (H. SCHNEIDER)	827
7.6.1	Das Ranney-Verfahren	803	7.8.1	Allgemeines	827
7.6.1.1	Beschreibung des Verfahrens	803	7.8.2	Abnahme neuer Brunnen	828
			7.8.3	Untersuchung in Betrieb befindlicher Brunnen	829

KAPITEL 8

Schutz des Grundwassers (H. SCHNEIDER)

8.1.	Die Festlegung der Schutzzonen in Lockergesteinen	839	8.2	Ausweisung von Schutzzonen in Kluftwasserleitern	842
8.1.1	Die Festlegung der Schutzzone I	839			
8.1.2	Die Festlegung der Schutzzone II	841			
8.1.2.1	Ermittlung der Abflußverhältnisse	841	8.3	Beispiel einer Schutzzonenfestlegung in einem Grundwasserleiter in Lockergesteinen	843
8.1.2.2	Ermittlung der k_f -Werte	841	8.3.1	Hydrologische Verhältnisse	844
8.1.2.3	Berechnung der Fließdauer des Grundwassers	841	8.3.2	Festlegung der Schutzzone II	844
8.1.3	Festlegung der Schutzzone III	841	8.3.3	Festlegung der Schutzzonen III A und III B	845
8.1.3.1	Schutzzone III A	841			
8.1.3.2	Schutzzone III B	842			

KAPITEL 9

Literaturverzeichnis

9.1	Selbständige Werke		9.2	Selbständige Werke zur Angewandten Geophysik, Kap. 4	859
9.1.1	Spezialliteratur zu den Beiträgen des Herausgebers	849	9.2.1	Literatur zum Kap. 4.1: Geoelektrik in der Wassererschließung	860
9.1.2	Literaturverzeichnis zu Kap. 3.2.1.5	859			

9.2.1.1	Kurvenatlanten für die Widerstandsmethode	860	9.2.4.1	Literatur zu Kap. 4.4.1	864
9.2.1.2	Weitere Literatur zu Kap. 4.1	860	9.2.4.2	Literatur zu Kap. 4.4.2	865
9.2.2	Literatur zu Kap. 4.2: Seismik in der Wassererschließung	862	9.2.4.3	Literatur zu Kap. 4.4.3	868
9.2.3	Literatur zu Kap. 4.3: Bohrlochmessungen bei der Wassererschließung	863	9.2.4.4	Literatur zu Kap. 4.4.4	868
9.2.4	Literatur zu Kap. 4.4: Anwendung von Radionukliden in der Hydrologie	864	9.3	Literatur zu Kap. 6.7.2: k_f-Wertbestimmung aus Pumpversuchen unter nichtstationären Bedingungen	868
			10.	Sachverzeichnis	871