

Inhalt

1	Hydrogeologische Grundlagen	1
1.1	Die Gesteine	1
1.2	Das unterirdische Wasser	8
1.2.1	Grundwasser-Definition	8
1.2.2	Der Sickerraum	9
1.2.3	Der Grundwasserleiter	14
1.2.3.1	Die Hohlräume im Untergrund	14
1.2.3.1.1	Poren-Hohlräume	15
1.2.3.1.2	Kluft-Hohlräume	20
1.2.3.1.3	Karst-Hohlräume	24
1.2.3.2	Grundwasserhydrologie	26
1.2.3.2.1	Hydrogeologische Begriffe	26
1.2.3.2.2	Grundwasser-Potentiale	28
1.2.3.2.3	Hydraulische Leitfähigkeit (Durchlässigkeitsbeiwert) der Gesteine	34
1.3	Ermittlung der Grundwasserneubildung	54
1.3.1	Der Wasserkreislauf	54
1.3.2	Niederschlag	56
1.3.3	Verdunstung	58
1.3.4	Abfluß	60
1.3.4.1	Oberirdischer Abfluß	60
1.3.4.2	Unterirdischer Abfluß	62
1.3.5	Wasserbilanz der Bundesrepublik Deutschland	67
1.3.6	Wasserhaushalt anderer Klimagebiete	67
1.4	Grundwasserbeschaffenheit	72
1.4.1	Einleitung	72
1.4.2	Physikalische und chemische Grundlagen	72
1.4.3	Chemisch-physikalische Prozesse im Grundwasser	86
1.4.4	Mikrobiologische Prozesse	91
1.4.5	Die Grundwasseruntersuchung	92
1.5	Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit	102
1.5.1	Die natürlichen (geogenen) Lösungsinhalte in Grundwässern	102
1.5.2	Beurteilung der Nutzungsmöglichkeiten	107
1.6	Hydrogeologische Karten	111
2	Bemessung und Betrieb von Grundwasserfassungen	115
2.1	Begriffsbestimmungen	115
2.2	Mathematisches Modell der Grundwasserströmung	117
2.2.1	Grundsätze der mathematischen Modellbildung	117
2.2.2	Die DARCY-Gleichung	120
2.2.2.1	Der DARCY-Versuch	120
2.2.2.2	Gültigkeitsgrenzen der DARCY-Gleichung	122

2.2.3	Bilanzgleichung der Geofiltration	125
2.2.3.1	Bilanzgleichung der horizontal-ebenen Grundwasserströmung	125
2.2.3.2	DUPUIT-Annahmen	126
2.2.3.3	Das GIRINSKIJ-Potential	127
2.2.3.4	Nebenbedingungen	129
2.2.4	Grabenanströmung	130
2.2.4.1	Stationäre Grabenanströmung	131
2.2.4.2	Nichtstationäre Grabenanströmung	136
2.2.5	Brunnenanströmung	139
2.2.5.1	Stationäre Brunnenanströmung	140
2.2.5.2	Nichtstationäre Brunnenanströmung	144
2.3	Parameterermittlung	147
2.3.1	Grundlagen der Parameterermittlung	147
2.3.2	Zusammenstellung und Beschreibung der Parameter	152
2.3.3	Laborverfahren	157
2.3.3.1	Ermittlung von Durchlässigkeitsparametern	157
2.3.3.2	Ermittlung der Hohlraumanteile	157
2.3.3.3	Fehlerbetrachtungen	159
2.3.4	Feldverfahren	160
2.3.4.1	Pumpversuche	160
2.3.4.1.1	Pumpversuchsarten und -ziele	160
2.3.4.1.2	Planung von Pumpversuchen	163
2.3.4.1.3	Durchführung von Pumpversuchen	164
2.3.4.1.4	Graphisch-analytische Auswertung	169
2.3.4.1.5	Rechnergestützte Verfahren	181
2.3.4.1.6	Numerische Verfahren	183
2.3.4.1.7	Praktische Hinweise	186
2.3.4.2	Bohrlochtests	189
2.3.4.3	Auswertung von Parallelströmungsverhältnissen	193
2.3.4.4	Auswertung von Wärmemessungen	196
2.3.4.5	Repräsentativwert-Ermittlung	197
2.4	Geohydraulische Berechnungen	200
2.4.1	Analytische Lösungen	200
2.4.1.1	Vertikalfilterbrunnen	200
2.4.1.1.1	Das Superpositionsprinzip	200
2.4.1.1.2	Erfassung von Randbedingungen	203
2.4.1.1.3	Erfassung der Unvollkommenheit des Brunnens	207
2.4.1.1.4	Erfassung der Kolmation	209
2.4.1.1.5	Zusammenstellung von Lösungsverfahren zur Vertikalfilterbrunnen- berechnung	210
2.4.1.2	Horizontalfilterbrunnen	231
2.4.1.3	Heberleitungssysteme	236
2.4.2	Analytisch-numerische Lösungen	243
2.4.3	Numerische Lösungen	255
2.4.3.1	Formulierung der Aufgabenstellung	255
2.4.3.2	Ortsdiskretisierung	258
2.4.3.3	Zeitdiskretisierung	262

3	Wasserfassung	270
3.1	Wasserbedarf und Wasserversorgung	270
3.1.1	Wasserbedarf	270
3.1.2	Wasserversorgung	274
3.2	Ramm-, Einspül- und Schachtbrunnen	278
3.2.1	Rammbrunnen	278
3.2.2	Einspülbrunnen (Spülfilterbrunnen)	280
3.2.3	Schachtbrunnen	281
3.3	Bohrverfahren	288
3.3.1	Schlagbohren	289
3.3.2	Drehbohren	295
3.3.2.1	Drehbohren mit regulärer Spülstromrichtung (Rotary-Bohrung)	296
3.3.2.2	Drehbohren mit inverser Spülstromrichtung	300
3.3.3	Geologischer Bohrbericht	301
3.3.4	Wahl des Bohrpunktes bei der Erschließung von Grundwasser	306
3.3.4.1	Hydrogeologische Methoden	306
3.3.4.2	Hydrologische Methoden	311
3.3.4.3	Geophysikalische Oberflächenmethoden (Dr. REINHARD KIRSCH)	314
3.3.4.3.1	Seismische Methoden	315
3.3.4.3.2	Geoelektrische und elektromagnetische Methoden	321
3.3.4.3.3	Bodenradar	331
3.3.4.3.4	Gravimetrische Methoden	333
3.3.4.3.5	Magnetische Methoden	334
3.4	Bohrloch- Geophysik	335
3.4.1	Einsatz der Bohrloch-Geophysik	335
3.4.2	Aussagen der Bohrloch-Geophysik	335
3.4.2.1	Lithologische Parameter	335
3.4.2.2	Fluid-Parameter	337
3.4.2.3	Ausbaukontrolle	337
3.4.3	Externe Einflüsse auf Bohrlochmessungen	339
3.4.3.1	Geometrische Effekte	339
3.4.3.2	Bohrloch-Effekte	339
3.4.4	Bohrloch-geophysikalische Methoden	340
3.4.4.1	Kaliber-Logs (CAL)	340
3.4.4.2	Elektrische Logs	340
3.4.4.3	Strahlen- (Nukleare) Logs	351
3.4.4.4	Temperatur-Logs	356
3.4.4.5	Salinometer- (Fluid-Leitfähigkeits-) Logs	358
3.4.4.6	Flowmeter- (Fluid-Strömungs-) Logs (FLOW)	359
3.4.4.7	Akustische Logs	359
3.4.4.8	Trübungs-Logs	363
3.4.4.9	Schichtneigungs-Logs und Abweichungs-(Deviations-) Messung	363
3.4.4.10	Photo- und Fernseh-Logs	364
3.4.4.11	Probensammler (SAMP)	369
3.4.5	Beispiele für Standard-Logs	369
3.5	Bohrbrunnen	371
3.5.1	Allgemeine Überlegungen	371
3.5.2	Bohrbrunnen in Festgesteinen	376
3.5.3	Bohrbrunnen in Lockergesteinen	376

3.5.4	Aufsatzrohre	378
3.5.5	Sumpfrohre (Schlammfang)	381
3.5.6	Filterrohre	382
3.5.6.1	Bauformen	382
3.5.6.2	Bemessung der Filterrohre	390
3.5.7	Filterschüttung	397
3.5.7.1	Bemessung des Filterkieses oder -sandess	397
3.5.8	Brunnendurchmesser (Bohrdurchmesser)	408
3.5.9	Einbau des Rohrstranges	418
3.5.9.1	Hängender Einbau	418
3.5.9.2	Stehender Einbau	421
3.5.10	Abdichtungen	422
3.5.11	Zementieren	423
3.5.12	Brunnenreihen	424
3.6	Brunnenentwicklung	424
3.6.1	Entsanden (Entschlammen, Klarpumpen)	424
3.6.2	Bohrlochsprengung	433
3.7	Spezielle Brunnenformen	443
3.7.1	Kombinierte Schacht- und Bohrbrunnen	443
3.7.2	Brunnen mit großem Durchmesser	443
3.7.3	Sammelbrunnen	444
3.7.3.1	Bau von Sammelbrunnen	444
3.7.3.2	Filterbemessung bei Horizontalfilterbrunnen	449
3.7.3.3	Sonderformen	452
3.7.3.4	Vor- und Nachteile von Sammelbrunnen	453
3.8	Pumpen	455
3.8.1	Pumpentypen	455
3.8.2	Verdrängungspumpen	456
3.8.3	Kreiselpumpen (Zentrifugalpumpen)	459
3.8.4	Spezielle Pumpensysteme	472
3.8.4.1	Wasserstrahlpumpe	472
3.8.4.2	Mammutpumpe	472
3.8.4.3	Membranpumpe	473
3.8.4.4	Exzentrerschneckenpumpe	473
3.8.4.5	Hydraulischer Widder (Stoßheber)	475
3.8.4.6	Pumpen zur Entnahme von Wasserproben aus Grundwasser-Meßstellen	476
3.8.5	Pumpen in Entwicklungsländern	476
3.9	Brunnenregenerierung	479
3.9.1	Alterung von Brunnen	479
3.9.1.1	Versandung	479
3.9.1.2	Inkrustation	480
3.9.1.3	Verockerung	482
3.9.1.4	Versinterung	484
3.9.1.5	Verschleimung	485
3.9.1.6	Ablagerungen von Aluminium-Verbindungen	485
3.9.1.7	Korrosion	486
3.9.1.8	Korrosionsschutz	491
3.9.2	Instandsetzen von Brunnen	492
3.9.2.1	Bohrbrunnen ohne Filter	492

3.9.2.2	Bohrbrunnen mit Kiesfiltern	493
3.9.2.3	Horizontalfilterbrunnen	502
3.9.2.4	Bohrbrunnen mit Gewebefiltern	503
3.9.2.5	Schachtbrunnen	504
3.10	Grundwasser-Meßstellen	505
3.10.1	Gestaltung der Grundwasser-Meßstellen	505
3.10.2	Nutzung für physikalische und chemische Messungen	512
3.11	Quellfassungen	516
3.11.1	Quellentypen	516
3.11.2	Erkundung von Quellen	519
3.11.3	Bauformen von Quellfassungen	521
3.11.4	Sickerrohr-Fassungen	525
3.12	Wasserstollen	526
3.13	Grundwasseranreicherung und Uferfiltration	527
3.13.1	Beschaffenheit des oberirdischen Wassers	527
3.13.2	Grundwasseranreicherung	531
3.13.2.1	Veränderung des oberirdischen Wassers im Filterkörper	531
3.13.2.2	Technik der Grundwasseranreicherung	535
3.13.3	Uferfiltration	546
3.13.3.1	Der Vorgang der Uferfiltration	546
3.13.3.2	Selbstdichtung	546
3.13.3.3	Filterkörper und Filtervorgang	548
3.13.3.4	Hydraulische Bedingungen der Uferfiltration	550
3.13.3.5	Ermittlung des Uferfiltrat-Anteils im geförderten Wasser	552
3.13.3.6	Anlagen zur Uferfiltratgewinnung	553
3.13.3.7	Standortwahl von Uferfiltrat-Anlagen	553
3.13.3.8	Hygienische Beurteilung	553
3.13.4	Vergleich Grundwasseranreicherung – Uferfiltratgewinnung	554
4	Grundwasserschutz	555
4.1	Schutz des Grundwassers als öffentliche Aufgabe	555
4.2	Grundlagen für den effektiven Grundwasserschutz	556
4.2.1	Ziel des Grundwasserschutzes	556
4.2.2	Hydrodynamische Aspekte	556
4.2.3	Hydrochemische Aspekte	561
4.2.3.1	Stoffeinträge von der Erdoberfläche	561
4.2.3.2	Hydrochemische, physikalische und biologische Vorgänge in Sicker- und Grundwässern	565
4.2.4	Eintrag und Eliminierung von pathogenen Mikroorganismen	586
4.2.5	Schutzwirkung des Bodens	590
4.3	Trinkwasserschutzgebiete	592
5	Wasserrecht	595
5.1	Begriff – Entstehungsgeschichte	595
5.1.1	Der Einfluß des Rechts der Europäischen Union	597
5.1.2	EU-Richtlinien wasserrechtlichen Inhalts	598
5.2	Das Regelungssystem des WHG und der LWG	599
5.2.1	Gewässer – Begriff, Abgrenzungen	600
5.2.1.1	Oberflächengewässer	601

5.2.1.2	Küstengewässer	602
5.2.1.3	Grundwasser	602
5.2.1.4	Landesrechtliche Ausnahmen	604
5.3	Gewässerbenutzung, Erfordernis behördlicher Zulassung – Streitfragen	605
5.3.1	Benutzung eines Gewässers	606
5.3.2	Die Benutzungstatbestände des § 3 WHG	607
5.3.2.1	Benutzung des Oberflächenwassers	607
5.3.2.2	Benutzung des Grundwassers (§ 3 Abs. 1 Nr. 5, 6, Abs. 2 Nr. 1 WHG)	609
5.3.2.3	Die sog. »unechten« Benutzungen	612
5.4	Zulassung und Versagung einer Gewässerbenutzung – Erlaubnis, Bewilligung – Auflagen und Bedingungen	618
5.4.1	Versagung und Zulassung einer Gewässerbenutzung (§ 6 WHG)	618
5.4.1.1	Bewirtschaftungsermessen und unbestimmte Rechtsbegriffe	620
5.4.1.2	Die Prognose einer Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit	625
5.4.1.3	Normative Zulassungsschranken	626
5.4.2	Bedingungen und Auflagen (§§ 6, 4, 5 WHG)	628
5.4.3	Rechtsanspruch auf Zulassung einer Gewässerbenutzung?	631
5.4.3.1	Bedeutung des Gleichbehandlungsgrundsatzes – Ermessensschumpfung	632
5.4.3.2	Vertrauensschutz	633
5.4.3.3	Die Bedeutung des verfassungsrechtlichen Eigentumsschutzes	633
5.4.3.4	Zulassung vor dem Hintergrund wasserwirtschaftlicher Planung	635
5.4.3.5	Gewässerbenutzung in Verbindung mit sonstigen genehmigungsbedürftigen Vorhaben	635
5.5	Formen der Zulassung einer Gewässerbenutzung: Erlaubnis, Bewilligung – Zulassung des vorzeitigen Beginns (§§ 7, 8, 9a WHG)	636
5.5.1	Erlaubnis	637
5.5.2	Bewilligung	641
5.5.3	Verfahren zur Erteilung der Bewilligung und der Erlaubnis	646
5.5.3.1	Bewilligungsverfahren	647
5.5.3.2	Erlaubnisverfahren	648
5.5.4	Zulassung des vorzeitigen Beginns (§ 9a WHG)	649
5.5.5	Ausgleich konkurrierender Nutzungen (§ 18 WHG)	649
5.6	Planfeststellung	652
5.6.1	Gewässerausbau (§ 31 WHG)	652
5.6.2	Planfeststellung für andere Vorhaben – Bergrechtlicher Betriebsplan	653
5.7	Wasserwirtschaftliche Planung: Rahmenplan, Bewirtschaftungsplan, Reinhaltungsordnung – Wasserschutzgebiet	654
5.7.1	Wasserwirtschaftliche Rahmenpläne	655
5.7.2	Bewirtschaftungspläne	656
5.7.3	Reinhaltungsordnungen	659
5.7.4	Wasserschutzgebiete	660
5.7.4.1	Festsetzungszweck, Umfang und Inhalt der Schutzanordnungen	660
5.7.4.2	Wirkungen der Schutzgebietsfestsetzung: Enteignung, Entschädigung – Ausgleich wirtschaftlicher Nachteile	665
5.7.4.3	Der Ausgleich wirtschaftlicher Nachteile (§ 19 Abs. 4 WHG)	672
5.7.4.4	Entschädigungs- und Ausgleichsschuldner	674
5.8	Gewässeraufsicht	676
5.8.1	Staatliche Gewässeraufsicht	676
5.8.2	Übertragung der Aufsicht auf Dritte	678

5.9	Die Gewässergüte als Schutzgegenstand zivil- und strafrechtlicher Sanktionen . .	679
5.9.1	Schadensersatz (§ 22 WHG)	679
5.9.2	Strafbarkeit einer Gewässerverunreinigung (§§ 324, 330 StGB)	681
5.10	Erschließung von Grundwasser	682
5.10.1	Wasserrecht	682
5.10.2	Natur- und Landschaftsschutzrecht	683
5.10.3	Planungsrecht	685
5.10.4	Bergrecht	686
5.10.5	Bürgerliches Recht	686
6	Literatur und Abkürzungen	688
6.1	Literatur zu den Abschnitten 1–4	688
6.2	Abkürzungen und Quellen zu Abschnitt 5	709
7	Register	711