

Rolf Mull
Hartmut Holländer

Grundwasser- hydraulik und -hydrologie

Eine Einführung

Mit 157 Abbildungen und 20 Tabellen



Springer

Inhaltsverzeichnis

1	Bedeutung des Grundwassers	1
2	Strukturen der Grundwassersysteme	4
2.1	Vertikaler Aufbau.....	4
2.2	Grundwasserleitertypen.....	5
2.2.1	Lockergesteinsgrundwasserleiter.....	5
2.2.2	Kluftgrundwasserleiter.....	6
2.2.3	Karstgrundwasserleiter	7
2.3	Wasserbewegung in Grundwassersystemen	8
3	Beschreibung der Grundwasserströmung	14
3.1	Stationäre Strömung, Erhaltung der Energie	14
3.1.1	Hagen - Poiseuille - Gesetz.....	14
3.1.2	Darcy - Gesetz	18
3.1.3	Standrohrspiegelhöhe und Gefälle.....	19
3.1.4	Gespanntes und freies Grundwasser	21
3.1.5	Geschwindigkeiten des Grundwassers.....	22
3.2	Instationäre Strömung, Erhaltung der Masse.....	25
3.2.1	Allgemeine Kontinuitätsgleichung	25
3.2.2	Allgemeines Fließgesetz.....	27
3.2.3	Allgemeines Fließgesetz für die zweidimensionale horizontale Strömung	29
4	Systemeigenschaften	30
4.1	Flüssigkeitseigenschaften	30
4.1.1	Dichte.....	30
4.1.2	Zähigkeit.....	30
4.1.3	Kompressibilität.....	31
4.1.4	Oberflächenspannung	32
4.2	Gesteinseigenschaften	34
4.2.1	Durchlässigkeit	34

4.2.2	Speichernutzbarer Hohlraumanteil.....	37
4.3	Eigenschaften der Grundwasserleiter	39
5	Zuströmung zu einem Brunnen	41
5.1	Prinzipieller Aufbau eines Vertikalbrunnens.....	41
5.2	Stationäre Zuströmung zum vollkommenen Brunnen	44
5.2.1	Absenkung bei Grundwasserentnahmen aus mehreren Brunnen	47
5.2.2	Potenzialtheoretische Behandlung der Grundwasserströmung	48
5.2.3	Brunnen in einer Parallelströmung	52
5.2.4	Einzugsgebiet mit Grundwasserneubildung bei radialer Zuströmung.....	55
5.3	Instationäre Zuströmung zum vollkommenen Brunnen	58
5.3.1	Ausbreitung der Grundwasserabsenkung als Funktion der Zeit.....	62
5.3.2	Parameteridentifikation.....	63
5.3.2.1	Pumpversuch bei stationären Verhältnissen	65
5.3.2.2	Typendeckungsverfahren nach THEIS.....	65
5.3.2.3	Verfahren nach JACOB.....	67
5.3.2.4	Ermittlung der Transmissivität und des Speicher-koefizienten aus dem Wiederanstieg.....	68
6	Spezielle Strömungsprobleme	70
6.1	Wasseraustausch zwischen Oberflächengewässern und Grundwasserleitern.....	70
6.1.1	Fließgewässer.....	70
6.1.2	Stillgewässer	74
6.2	Selbstdichtung und Einflüsse auf die Wasserbewegung.....	76
6.3	Entwässerung durch Gräben und Dräne	78
6.4	Infiltration aus Gräben und Flüssen.....	80
6.5	Grundwasserabsenkung an Baugruben und Tagebauen.....	81
7	Ungesättigte Bodenzone.....	85
7.1	Strömung im ungesättigten porösen Medium.....	85
7.2	Kapillarität.....	88
7.3	Instationäre Wasserbewegung in der ungesättigten Zone.....	92
7.4	Kapillarer Aufstieg und Aufstiegsrate	101
7.5	Effektive Wurzelzone	103
7.6	Wechselwirkung zwischen Pflanzen und Grundwasser.....	105
8	Grundwasserhaushalt.....	107
8.1	Haushaltskomponenten.....	107

8.2	Grundwasserneubildung	108
8.3	Grundwasserganglinien und Speicherinhalt	115
8.4	Abfluss zu Entnahmegeräten	119
8.4.1	Abfluss zu Brunnen, Quellen und Oberflächengewässern	119
8.4.2	Abfluss zu Feuchtgebieten	120
8.5	Künstliche Anreicherung	120
9	Schutzzonenkonzept	122
9.1	Zielsetzung von Trinkwasserschutzgebieten	122
9.2	Bezeichnung der Schutzzonen und deren Aufgaben	122
9.3	Ermittlung der Schutzzonen unter geohydrologischen Gesichtspunkten	125
9.3.1	Fassungsbereich	125
9.3.2	Schutzone II	125
9.4	Kritische Anmerkungen	128
10	Entwässerung von Deponieoberflächen	129
10.1	Berechnungsgrundlagen	129
10.2	Diskussion der Bemessungsgrößen	132
10.2.1	Sickerrate	132
10.2.2	Durchlässigkeit	133
10.2.3	Gefälle	133
11	Grundwasserentnahmen und Sekundäreffekte	134
11.1	Grundwasserstand und Feuchtgebiete	134
11.1.1	Gefahren, die von einer Übernutzung des Grundwassers ausgehen	134
11.1.2	Grundwasserabhängige Feuchtgebiete	134
11.2	Grundwasserabsenkungen und Bodensenkungen	135
11.3	Grundwasserentnahmen und Salzwasserintrusion	137
12	Mehrphasenströmungen	144
12.1	Bewegung von drei mobilen Phasen im Hohlraum	144
12.2	Ausbreitung von Flüssigkeiten im Grundwasser mit größerer Dichte als Wasser	147
12.3	Ausbreitung von Flüssigkeiten mit geringerer Dichte als Wasser	149
12.4	Anmerkungen zum Abpumpen solcher Flüssigkeiten als Phase	150

13 Transport von im Wasser gelösten Stoffen	152
13.1 Diffusion.....	152
13.2 Dispersion.....	155
13.2.1 Längsdispersion	155
13.2.2 Querdispersion	159
13.2.3 Analytische Berechnung von Stoffausbreitungen unter Berücksichtigung der Dispersion	160
13.3 Adsorption und Retardation.....	164
13.4 Zerfall von Stoffen	168
14 Verschiedene Stoffe im unterirdischen Wasser.....	170
14.1 Nitrat.....	170
14.1.1 Stickstoffeinträge von ackerbaulich genutzten Flächen.....	171
14.1.2 Nitrataustrag in Oberflächengewässer	172
14.2 Pflanzenschutzmittel (PSM).....	178
14.3 Chlorierte Kohlenwasserstoffe	183
15 Wärmetransport	189
15.1 Die Temperaturverteilung im Untergrund	190
15.2 Temperaturanomalien	191
15.3 Transportvorgänge.....	192
15.4 Abkühllänge	197
16 Grundzüge der Grundwasserüberwachung	199
16.1 Standrohrspiegelhöhen (Grundwasserstände).....	199
16.1.1 Flurabstände.....	201
16.1.2 Grundwasserganglinien.....	201
16.1.3 Grundwassergleichen.....	202
16.2 Grundwassergüte	204
17 Aspekte der Grundwasserbewirtschaftung	207
17.1 Grundwassermenge	208
17.2 Grundwassergüte	210
17.3 Ökonomische und soziale Aspekte.....	212
Literatur	213
Glossar	217
Sachverzeichnis.....	237