

Wasserversorgung

5., überarbeitete Auflage

von

Prof. Dr.-Ing. habil. *Harry Kittner*

Dipl.-Ing. *Wolfgang Starke*

Dr.-Ing. *Dieter Wisse!*

VEB VERLAG FÜR BAUWESEN • BERLIN

Distributed by

1=23
inist&sohn

Verlag für Architektur
und technische Wissenschaften
Berlin

Inhaltsverzeichnis

1.	Planung — Entwurf — Betrieb.	15
1.1.	Volkswirtschaftliche Stellung und wasserwirtschaftliche Grundsätze	15
1.2.	Planung und Entwurf.	20
1.2.1.	Planung.	20
1.2.2.	Entwurf.	23
1.3.	Betrieb.	24
1.3.1.	Betriebsweisen.	25
1.3.1.1.	Bereichssystem.	25
1.3.1.2.	Führungssysteme.	26
2.	Wasserbedarf.	32
2.1.	Bestimmende Faktoren.	32
2.2.	Entwicklung des Wasserbedarfs.	33
2.3.	Größe des Trinkwasserbedarfs.	35
2.3.1.	Ermittlung des Tagesbedarfs.	35
2.3.2.	Verbrauchsschwankungen.	37
2.4.	Größe des Löschwasserbedarfs.	40
2.5.	Größe des Betriebswasserbedarfs.	41
3.	Wassergewinnung.	46
3.1.	Oberflächenwassergewinnung	46
3.1.1.	Bach-und Flußwassergewinnung.	46
3.1.2.	Seewassergewinnung	48
3.1.3.	Regenwassergewinnung	49
3.2.	Quellwassergewinnung.	49
3.2.1.	Quellentypen und deren Erschließung	49
3.2.2.	Quellwasserfassungen.	52
3.3.	Grundwassergewinnung	54
3.3.1.	Bemerkungen zu den geohydrologischen Vorarbeiten.	54
3.3.2.	Grundwasserfassungsanlagen.	57
3.3.2.1.	Fassungsarten.	57
3.3.2.2.	Berechnungsgrundlagen.	61
3.3.2.2.1.	Grundwasserzufluß V_{GW} .	62
3.3.2.2.2.	Grundwasserergiebigkeit V_E .	74
3.3.2.2.3.	Fassungsvermögen V_F .	84
3.3.2.3.	Herstellung von Bohrb Brunnen.	94
3.3.2.3.1.	Bohrtechnik.	94
3.3.2.3.2.	Ausbau.	96

3.3.2.3.3.	Ergiebigkeitsberechnung und Bemessung an einem Beispiel	104
3.3.2.4.	Herstellung von Schachtbrunnen und horizontalen Sickerleitungen	111
3.3.2.4.1.	Schachtbrunnen	111
3.3.2.4.2.	Horizontale Sickerleitungen	112
3.3.2.5.	Horizontalfilterbrunnen (HFB)	114
3.3.2.6.	Technologische Besonderheiten	115
3.3.2.6.1.	Sonderausführungen der Fassungsanlagen	115
3.3.2.6.2.	Uferfiltration	117
3.3.2.6.3.	Künstliche Grundwasseranreicherung	119
3.4.	Wasserschutzgebiete	119
3.4.1.	Allgemeine Grundsätze	119
3.4.2.	Wasserschutzgebiete für Oberflächenwässer, Fassungszone	121
3.4.3.	Wasserschutzgebiete für Grundwasser	121
3.5.	Wartung und Instandhaltung von Wasserfassungsanlagen	123
3.5.1.	Korrosion	123
3.5.2.	Inkrustation	124
3.5.3.	Verhütung und Beseitigung der Inkrustation	126
3.5.4.	Betriebsaufgaben zur Wartung und Instandhaltung	131
3.6.	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	132
3.6.1.	Methodische Hinweise	132
3.6.2.	Vergleich der einzelnen Fassungsarten	133
3.7.	Betriebsweise von Wasserfassungsanlagen	135
3.7.1.	Oberflächenwasserfassungen	135
3.7.2.	Grundwasserfassungen	136
4.	Wassergüte	141
4.1.	Physikalische und chemische Eigenschaften des reinen Wassers	142
4.2.	Beschaffenheit des in der Natur vorkommenden Wassers	142
4.2.1.	Physikalische Beschaffenheit	146
4.2.2.	Chemische Beschaffenheit	148
4.2.3.	Biologisch-bakteriologische Beschaffenheit	158
4.3.	Richtwerte für die Trink- und Betriebswasserqualität	159
4.3.1.	Richtwerte für die Trinkwasserqualität	159
4.3.2.	Richtwerte für die Betriebswasserqualität	160
4.4.	Allgemeine hygienische Anforderungen an eine zentrale Trinkwasserversorgungsanlage	161
4.5.	Werkstoffzerstörungen in Wasserversorgungsanlagen	162
4.5.1.	Schutzschichtbildung	162
4.5.2.	Schutzmaßnahmen	163
4.6.	Wasseruntersuchungen	164
4.6.1.	Darstellung der Analyseergebnisse	164
4.6.2.	Probenentnahme	165
4.6.3.	Untersuchungen, die nach Möglichkeit an Ort und Stelle durchzuführen sind	166
4.6.4.	Chemische, physikalische, physikalisch-chemische und elektrochemische Untersuchungen im Labor	166
5.	Wasseraufbereitung	168
5.1.	Verfahren der Wasseraufbereitung	169

Inhaltsverzeichnis

.1.	Überblick	169
.2.	Gasaustausch	169
.3.	Entfernung grob-und kolloiddisperser Stoffe	173
.3.1.	Sieben	173
.3.2.	Sedimentation	174
.3.3.	Filtration	178
.3.4.	Flockung	183
.4.	Entfernung gelöster Stoffe	191
.4.1.	Enteisenung	192
.4.2.	Entmanganung	198
.4.3.	Enthärtung	200
.4.4.	Entsalzung	203
.4.5.	Chemische Stabilisierung und Korrosionsschutz	207
.4.6.	Entfernung von Geruch, Geschmack und Mikroverunreinigungen	210
.5.	Grundwasseranreicherung als komplex wirkendes Wasseraufbereitungsverfahren	214
.5.1.	Qualitätsverbesserung bei der Grundwasseranreicherung	215
.5.2.	Verfahrenstechnik der Grundwasseranreicherung	216
.6.	Desinfektion	217
.6.1.	Chlorgasverfahren	217
.6.2.	Hypochloritverfahren	220
.6.3.	Chlordioxidverfahren	220
.6.4.	Ozonverfahren	220
.6.5.	Sonstige Verfahren zur Desinfektion	220
.7.	Thermische Wasserbehandlungsverfahren	220
.7.1.	Thermische Entgasung	221
.7.2.	Entsalzung mit Verdampfern und Dampfumformern	221
.8.	Weitere Verfahren der Wasseraufbereitung	223
.8.1.	Entölung von Betriebswasser	223
.8.2.	Chemische Entgasung	223
.8.3.	Meerwasserentsalzung	224
5.1.8.4.	Entaktivierung	227
5.1.8.5.	Fluorierung	227
5.1.8.6.	Nitrateliminierung	228
5.1.8.7.	Sonstige Verfahren	229
5.2.	Anlagen zur Wasseraufbereitung	229
5.2.	Anlagen zum Gasaustausch	232
5.2. .1.	Rohrgitterkaskaden	232
5.2. .2.	Intensivbelüftung (Inkabelüftung)	233
5.2. .3.	Druckbelüftung	234
5.2. .4.	Sonderlösungen und Weiterentwicklungen zum Gasaustausch	234
5.2.2.	Grobreinigungsanlagen zur physikalischen Abtrennung	236
5.2.2.1.	Rechen	236
5.2.2.2.	Siebbandanlagen und Siebtrommeln	237
5.2.2.3.	Mikrosiebanlagen	237
5.2.2.4.	Sandfänge, Absetzbecken und Grobfilter	239
5.2.2.5.	Drehfilter	240
5.2.3.	Grobreinigungsanlagen zur Flockung und Fällung	241
5.2.3.1.	Rechteckige Absetzbecken	242
5.2.3.2.	Etagenabsetzbecken	243
5.2.3.3.	Röhrenabsetzbecken	244
5.2.3.4.	Schwebefilter	244
5.2.3.5.	Schlammkontaktanlagen mit Schlammkreislauf	247
5.2.4.	Filteranlagen	250

5.2.4.1.	Offene Schnellfilter.	250
5.2.4.2.	Druckfilter.	255
5.2.4.3.	Sonderformen und weitere Entwicklung	259
5.2.5.	Anlagen zur Entfernung von Geruch, Geschmack und Mikroverunreinigungen	263
5.2.5.1.	Behandlung des Wassers mit Aktivkohle.	263
5.2.5.2.	Ozonanlagen	263
5.2.6.	Anlagen zur Desinfektion des Wassers	265
5.2.7.	Anlagen zur Grundwasseranreicherung	267
5.2.8.	Mischeinrichtungen	268
5.2.9.	Enthärtungs- und Entsalzungsanlagen	269
5.2.9.1.	Enthärtungsanlagen mit Fällverfahren	269
5.2.9.2.	Entkarbonisierung durch Säureimpfung	270
5.2.9.3.	Ionenaustauscheranlagen	270
5.2.10.	Thermische Wasseraufbereitungsanlagen	281
5.2.10.1.	Entgaser	281
5.2.10.2.	Anlagen zur Verdampfung	282
5.2.11.	Anlagen zur Chemikalienaufbereitung	284
5.2.11.1.	Übersicht über die eingesetzten Chemikalien	284
5.2.11.2.	Speicherung von Chemikalien	284
5.2.11.3.	Ansetzen der Chemikalienlösungen und-aufschwemmungen	285
5.2.11.4.	Dosierung von Chemikalien	287
5.2.12.	Schlammbehandlungsanlagen	289
5.3.	Gesamtkonzeption einer Wasseraufbereitungsanlage	291
5.4.	Beispiel für die Auslegung einer Wasseraufbereitungsanlage	295
5.5.	Betrieb von Wasseraufbereitungsanlagen	298
5.5.1.	Allgemeine Überwachungsarbeiten	298
5.5.2.	Mechanisierung und Automatisierung	299
6.	Förderung von Flüssigkeiten und Gasen	302
6.1.	Pumpen	302
6.1.1.	Hubkolbenpumpen	302
6.1.1.1.	Bauarten	302
6.1.1.2.	Antrieb	303
6.1.1.3.	Förderstrom, spezifische Förderarbeit und Förderhöhe	305
6.1.1.4.	Windkessel	306
6.1.1.5.	Wirkungsgrad	307
6.1.1.6.	Dosierpumpen	307
6.1.1.7.	Membran-und Flügelumpen	309
6.1.1.8.	Vorteile, Nachteile und Verwendung von Hubkolbenpumpen	309
6.1.2.	Umlaufkolbenpumpen	311
6.1.3.	Kreiselpumpen	311
6.1.3.1.	Bauarten	312
6.1.3.2.	Förderstrom, spezifische Förderarbeit und Förderhöhe	312
6.1.3.3.	Laufpad und spezifische Drehzahl	315
6.1.3.4.	Pumpengehäuse und Leitapparate	319
6.1.3.5.	Axialschub, Lager, Stopfbuchse	319
6.1.3.6.	Wirkungsgrad	320
6.1.3.7.	Selbstansaugende Kreiselpumpen	321
6.1.3.8.	Kreiselpumpen für spezielle Fördermedien	323
6.1.3.9.	Vertikale Pumpen und Unterwassermotorpumpen	325
6.1.3.10.	Vorteile, Nachteile und Verwendung von Kreiselpumpen	328
6.1.4.	Strahlpumpen	328

Inhaltsverzeichnis

6.2.	Entwurf und Betrieb von Pumpenanlagen	330
6.2.1.	Grundlagen	330
6.2.2.	Berechnung der Förderhöhe	332
6.2.3.	Regelung von Kreiselpumpen	341
6.2.3.1.	Drosseln	341
6.2.3.2.	Drehzahlregelung	343
6.2.3.3.	Abdrehen des Laufrads	345
6.2.4.	Parallel- und Hintereinanderschalten von Pumpen	346
6.2.5.	Pumpensteuerung und -Staffelung	356
6.2.5.1.	Anfahren und Abschalten von Pumpen	356
6.2.5.2.	Förderung in Speicherbehälter	358
6.2.5.3.	Förderung mit Druckkessel (Hydrophoranlagen)	361
6.2.5.4.	Förderung ins Versorgungsnetz	371
6.2.5.5.	Steuerung und Regelung von Dosierpumpen	374
6.2.6.	Bestellangaben für Pumpen	375
6.2.7.	Konstruktion von Pumpenanlagen	376
6.2.8.	Betriebsüberwachung	382
6.3.	Verdichter und Vakuumpumpen	384
6.3.1.	Hubkolbenverdichter	385
6.3.2.	Umlaufkolbenverdichter	386
6.3.3.	Kreiselpumpenverdichter	387
6.3.4.	Vakuumpumpen	387
6.4.	Entwurf und Betrieb von Verdichteranlagen	389
6.4.1.	Thermodynamische Grundlagen	389
6.4.2.	Bemessung von Luftleitungen, Druckverluste und Förderdruck	391
6.4.3.	Anfahren, Abschalten, Steuern und Regeln von Verdichtern	395
6.4.4.	Bemessung von Schaltkesseln	395
6.4.5.	Vakuumanlagen	396
6.4.6.	Druckluftanlagen	399
6.4.7.	Bestellangaben für Verdichter	401
6.5.	Leistungsbedarf und elektrische Antriebe für Pumpen und Verdichter	401
6.5.1.	Kupplungsleistung der Pumpen	401
6.5.2.	Kupplungsleistung der Verdichter	402
6.5.3.	Anfahren der Pumpen und Verdichter	403
6.5.4.	Elektrische Antriebe	406
6.5.5.	Drehzahlregelung	409
7.	Wasserspeicherung	412
7.1.	Art der Wasserspeicher	412
7.2.	Lage der Wasserspeicher	413
7.3.	Bemessung der Größe der Wasserspeicher	414
7.4.	Bau und Ausrüstung von Erdhochbehältern	417
7.4.1.	Konstruktionsgrundlagen	421
7.4.2.	Ausrüstung	428
7.5.	Bau und Ausrüstung von Tief- und Löschwasserbehältern	431
7.6.	Bau und Ausrüstung von Wassertürmen	431
7.6.1.	Bauliche Grundsätze	431
7.6.2.	Ausrüstung	436
7.7.	Abnahme und Betrieb von Wasserspeichern	436

8.	Wasserverteilung	438
8.1.	Grundbegriffe.	438
8.1.1.	Rohrleitungsarten.	438
8.1.2.	Rohrnetzformen.	439
8.1.3.	Nennweiten und Druckstufen.	440
8.2.	Rohre.	441
8.2.1.	Gußeiserne Rohre.	441
8.2.2.	Stahlrohre.	443
8.2.3.	Asbestzementrohre.	445
8.2.4.	Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonrohre.	446
8.2.5.	Plastrohre.	447
8.2.6.	Steinzeugrohre.	450
8.3.	Rohrverbindungen.	451
8.4.	Formstücke.	453
8.5.	Armaturen.	455
8.5.1.	Absperr-und Regelarmaturen.	455
8.5.1.1.	Hähne.	455
8.5.1.2.	Ventile.	456
8.5.1.3.	Ringkolbenventile.	456
8.5.1.4.	Schieber.	457
8.5.1.5.	Absperrklappen.	462
8.5.1.6.	Membran-Absperrarmaturen.	463
8.5.2.	Rückflußverhinderer.	463
8.5.3.	Druckregler.	465
8.5.4.	Schwimmerventile.	468
8.5.5.	Sicherheitsventile.	468
8.5.6.	Be- und Entlüftungsventile.	470
8.5.7.	Druckluftsperrventile.	472
8.5.8.	Hydranten.	472
8.5.9.	Ausbau- und Dehnungsstücke.	472
8.5.10.	Anbohrschellen und-brücken.	474
8.6.	Meßgeräte.	474
8.6.1.	Wassermesser.	474
8.6.1.1.	Wasserzähler.	475
8.6.1.2.	Durchflußmesser nach dem Wirkdruckprinzip.	480
8.6.1.3.	Strömungsmesser mit Schwebkegel.	483
8.6.1.4.	Induktive Durchflußmesser.	484
8.6.2.	Druckmesser.	484
8.7.	Entwurf von Rohrleitungen.	485
8.7.1.	Trassierung und Lagepläne.	485
8.7.2.	Rohrgrabentiefe, Gefälle, Längsschnitt.	486
8.7.3.	Be- und Entlüftung.	488
8.7.4.	Entleerung und Spülung.	493
8.7.5.	Anordnung von Absperrorganen und Hydranten im Rohrnetz.	495
8.7.6.	Hausanschlußleitungen.	496
8.7.7.	Kreuzung von Bahnen und Straßen.	497
8.7.8.	Düker, Rohrbrücken, Rohrleitungsaufhängungen an Brücken.	499
8.7.9.	Heberleitungen.	501
8.7.10.	Sammelkanäle.	504
8.7.11.	Rohrbruchsicherungen.	505
8.7.12.	Korrosionsschutz.	505

Inhaltsverzeichnis

8.7.13.	Versorgungsdruck und Druckzonen	507
8.8.	Statische Berechnung von Rohrleitungen	508
8.8.1.	Axialkräfte infolge Innendruck	508
8.8.2.	Radialkräfte infolge Innen-oder Außendruck	511
8.8.3.	Beanspruchung erdverlegter Rohrleitungen	512
8.8.4.	Temperaturspannungen — Längenänderung	514
8.8.5.	Biegespannungen gebogener Rohrleitungen	515
8.8.6.	Freitragende Rohrleitungen	515
8.9.	Bau von Rohrleitungen	516
8.9.1.	Rohrgraben	516
8.9.2.	Rohrverlegung	518
8.9.3.	Druckprüfung	519
8.9.4.	Spülung und Desinfektion	520
8.9.5.	Bestandspläne	522
8.10.	Betrieb von Rohrleitungen	523
8.10.1.	Wartung	523
8.10.2.	Rohrreinigung	524
8.10.3.	Schadensuche	525
8.10.4.	Reparatur und Sanierung	525
9.	Hydraulische Berechnungen	529
9.1.	Stoffeigenschaften	529
9.2.	Hydrostatik	530
9.2.1.	Hydrostatischer Druck	530
9.2.2.	Auftrieb	534
9.3.	Hydrodynamik	535
9.3.1.	Allgemeine Grundlagen	535
9.3.1.1.	Bewegungsarten	535
9.3.1.2.	Fließformen, <i>Reynoldszahl</i>	535
9.3.1.3.	Kontinuitätsgleichung	536
9.3.1.4.	Bernoulli-Gleichung, Druck-und Energielinie	537
9.3.1.5.	Allgemeine Fließformel von <i>Brahms</i> und <i>de Chezy</i>	538
9.3.2.	Stationäre Strömung in Druckrohrleitungen	539
9.3.2.1.	Rohrreibungsverluste	539
9.3.2.1.1.	Fließformen	540
9.3.2.1.2.	Kinematische Zähigkeit ν	541
9.3.2.1.3.	Rauhigkeitsbeiwert	541
9.3.2.1.4.	Vereinfachte Berechnung von Rohrreibungsverlusten	543
9.3.2.2.	Einzelverluste in vollaufenden Kreisprofilen	544
9.3.2.3.	Reibungsverluste in Schlauchleitungen	546
9.3.3.	Hydraulische Berechnung von Druckrohrleitungen und -netzen	546
9.3.3.1.	Berechnungen von Rohrleitungen mit gleichförmiger Bewegung	547
9.3.3.2.	Berechnung von Rohrleitungen mit ungleichförmiger Bewegung infolge wechselnden Rohrdurchmessers	548
9.3.3.3.	Berechnung einfacher Ringleitungen	551
9.3.3.4.	Berechnung paralleler Rohrleitungen	553
9.3.3.5.	Berechnung von Versorgungsnetzen	555
9.3.3.5.1.	Berechnungsannahmen	555
9.3.3.5.2.	Verästelungsrohrnetze	560
9.3.3.5.3.	Vermaschte Rohrnetze	562
9.3.3.6.	Untersuchung vorhandener Rohrnetze	568

9.3.3.7.	Graphische Verfahren zur Berechnung hydraulischer Systeme.	570
9.3.3.8.	Berechnung von Hausanschluß- und Verbrauchsleitungen.	574
9.3.4.	Stationäre Strömung in offenen Gerinnen.	575
9.3.4.1.	Gleichförmige Bewegung.	576
9.3.4.2.	Ungleichförmige Bewegung.	577
9.3.4.2.1.	Aufstau durch Einbauten.	578
9.3.4.2.2.	Rückstau und Absenkung.	579
9.3.4.2.3.	Fließwechsel zwischen Strömen und Schießen.	580
9.3.4.2.4.	Abzugsrinnen.	581
9.3.5.	Wehre und Überfälle.	583
9.3.6.	Ausfluß aus Öffnungen und Gefäßen.	587
9.3.7.	Hinweise zur Druckstoßberechnung.	590
10.	Gesetzliche Bestimmungen und Standards.	597
10.1.	Gesetzliche Bestimmungen.	597
10.2.	Standards.	599
10.2.1.	Begriffe, Wasserbedarf, Wasserversorgung allgemein.	600
10.2.2.	Wassergewinnung.	600
10.2.3.	Wassergüte.	601
10.2.4.	Wasseraufbereitung.	602
10.2.5.	Förderung von Flüssigkeiten und Gasen.	602
10.2.6.	Wasserverteilung (Rohrleitungen, Hydraulik, Rohrleitungsstatik, Speicherung).	603
11.	Anhang.	605
12.	Sachwörterverzeichnis.	654