

Johann Mutschmann †
Fritz Stimmelmayr †

**Taschenbuch
der Wasserversorgung**

Aus dem Programm

Bauwesen

Bauentwurfslehre

von E. Neufert

Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 1

von W. M. Willems, K. Schild und S. Dinter

Vieweg Handbuch Bauphysik Teil 2

von W. M. Willems, K. Schild und S. Dinter

Brand- und Explosionsschutz von A-Z

von H. Portz

Ausschreibungshilfe Haustechnik

von M. Mittag

Taschenbuch der Wasserversorgung

von J. Mutschmann und F. Stimmelmayer

Überfälle und Wehre

von G. Peter

Hochbaukosten – Flächen – Rauminhalte

von P. J. Fröhlich

Lehmbau Regeln

vom Dachverband Lehm e.V. (Hrsg.)

Bausanierung

von M. Stahr (Hrsg.)

Bauordnung für Berlin

von D. Wilke, H.-J. Dageförde, A. Knuth und Th. Meyer

Dynamik der Baukonstruktionen

von Ch. Petersen

vieweg

Dipl.-Ing. Johann Mutschmann †
Dipl.-Ing. Fritz Stimmelmayer †

Taschenbuch der Wasserversorgung

14., vollständig überarbeitete Auflage

Mit 420 Abbildungen und 283 Tabellen

Bearbeitet von
Werner Knaus
Dipl.-Ing. Karl Heinz Köhler
Dr.-Ing. Gerhard Merkl
Dipl.-Ing. Erwin Preininger
Dipl.-Ing. Joachim Rautenberg
Prof. Dr.-Ing. Reinhard Weigelt
Dipl.-Ing. Matthias Weiß



Bibliografische Information Der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Bis zur 11. Auflage erschien das Buch im Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart.

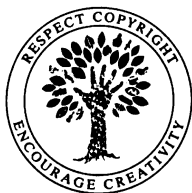
12., überarbeitete Auflage September 1999
13., vollständig überarbeitete Auflage Oktober 2002
14., vollständig überarbeitete Auflage Januar 2007

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlag | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2007

Lektorat: Günter Schulz / Karina Danulat

Der Vieweg Verlag ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media.
www.vieweg.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Umschlaggestaltung: Ulrike Weigel, www.CorporateDesignGroup.de

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Wilhelm & Adam, Heusenstamm

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-0012-1

Kapitelübersicht

Vorworte, Bearbeiter	IX
Inhaltsverzeichnis	XIII
Liste der Abkürzungen	XLIII
Technik der Wasserversorgung	1
1. Aufgaben der Wasserversorgung	3
1.1 Wasserwirtschaft und Umweltschutz	3
1.2 Lebensmittel Trinkwasser	4
1.3 Entwicklung der öffentlichen Wasserversorgung	6
1.4 Anforderungen an eine Wasserversorgungsanlage	7
1.5 Planung einer Wasserversorgungsanlage	10
1.6 Anlageteile einer Wasserversorgungsanlage	11
2. Wasserabgabe – Wasserverbrauch – Wasserbedarf	13
2.1 Art der Wassergewinnung	13
2.2 Anschlussgrad	14
2.3 Wasserabgabe – Wasserverbrauch	14
2.4 Wasserverbrauch je Verbrauchseinheit	31
2.5 Wasserverbrauch der Industrie	35
2.6 Wassersparen	36
2.7 Wasserbedarf	38
3. Wassergewinnung	49
3.1 Hydrologie und Hydrogeologie	49
3.2 Wasserfassungen	89
3.3 Trinkwasserschutzgebiete	129
4. Wasseraufbereitung	151
4.1 Wasserbeschaffenheit	151
4.2 Trinkwasseraufbereitung	228
5. Wasserförderung	329
5.1 Maschinelle Einrichtungen	329
5.2 Elektrotechnik	349
5.3 Fernwirkanlagen	370
5.4 Förderanlagen	380
5.5 Wasserzählung und Wassermessung	407
6. Wasserspeicherung	425
6.1 Aufgaben der Wasserspeicherung	425
6.2 Arten der Wasserspeicherung	427
6.3 Speicherinhalt	430
6.4 Hochbehälter	439
6.5 Wasserturm	487
6.6 Tiefbehälter	499
6.7 Löschwasserbehälter	500
6.8 Maßnahmen zur Instandhaltung von Wasserbehältern	503

7.	Wasserverteilung	517
7.1	Allgemeines	517
7.2	Werkstoffe	518
7.3	Bestandteile der Rohrleitungen	524
7.4	Planung von Rohrleitungen.....	568
7.5	Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen und Rohrnetzen	582
7.6	Rohrleitungsbau.....	651
7.7	Verbrauchsleitungen (Trinkwasser-Installation).....	702
8.	Brandschutz.....	715
8.1	Allgemeines	715
8.2	Löschwasserversorgung.....	715
8.3	Feuerlöschanlagen	716
8.4	Löschwasserleitungen.....	719
8.5	Ausrüstung der Feuerwehr.....	720
9.	Trinkwasserversorgung in Notstandsfällen	725
9.1	Allgemeines	725
9.2	Ursachen von Notstandsfällen	725
9.3	Vorsorgemaßnahmen	725
9.4	Maßnahmen bei drohender Gefahr.....	728
9.5	Maßnahmen im Notstandsfall.....	729
	Bauabwicklung und Betrieb von Wasserversorgungsanlagen	731
10.	Eigen- und Einzeltrinkwasserversorgung	733
10.1	Wasserbeschaffenheit	733
10.2	Technische Hinweise	734
11.	Planung und Bau.....	735
11.1	Aufgaben.....	735
11.2	Mitwirkung eines Ingenieurbüros	736
11.3	Verantwortlichkeit der am Bau Beteiligten.....	744
11.4	Vorplanung/Vorentwurf (VE).....	746
11.5	Entwurfsplanung/Entwurf (E).....	747
11.6	Bauoberleitung (BO).....	753
11.7	Örtliche Bauüberwachung (BÜ)	754
11.8	Bauverwaltung (fachlich zuständige technische staatliche Verwaltung).....	755
11.9	Üblicher Ablauf einer Wasserversorgungs-Baumaßnahme.....	756
12.	Baukosten von Wasserversorgungsanlagen	767
12.1	Allgemeines	767
12.2	Ermittlung der Angebotspreise (Kalkulation).....	767
12.3	Kostenschätzung	773
12.4	Baukosten je Einheit	787
12.5	Kostenanteil der Anlageteile an den Gesamtkosten	787
12.6	Wertberechnung bestehender Anlagen.....	788
12.7	Lohn- und Materialanteil an den Gesamtkosten.....	791
13.	Betrieb, Verwaltung und Überwachung	793
13.1	Allgemeines	793
13.2	Organisation.....	794
13.3	Betrieb	802
13.4	Verwaltung	850
13.5	Überwachung.....	860

Anhang	865
14. Gesetzliche Einheiten, Zahlenwerte, DVGW-Regelwerk, DIN-Normen u. ä.	867
14.1 Gesetzliche Einheiten.....	867
14.2 Umrechnung von Maßeinheiten aus dem amerikanischen („[US]“) und englischen („[E]“) ins metrische Maßsystem.....	871
14.3 Häufig benötigte Zahlenwerte und Gleichungen.....	872
14.4 Griechisches Alphabet.....	874
14.5 Verbände und Vereine.....	874
14.6 DVGW-Regelwerk.....	876
14.7 DIN-Normen.....	885
14.8 Gesetze, Verordnungen, Richtlinien.....	896
14.9 Zeitschriften des Wasserversorgungsfaches.....	901
14.10 Weitere Schriftenreihen und technische Mitteilungen.....	901
15. Stichwortverzeichnis	903
Faksimile aus der 1. Auflage (Auszug)	911

Vorwort zur 14. Auflage

Folgende Autoren haben die vorliegende 14. Auflage in sämtlichen Kapiteln aktualisiert:

Werner Knaus, Nördlingen
 Dipl.-Ing. Karl Heinz Köhler, München
 Dr.-Ing. Gerhard Merkl, München
 Dipl.-Ing. Erwin Preininger, München (**Schriftleitung**)
 Dipl.-Ing. Joachim Rautenberg, Uffenheim
 Professor Dr.-Ing. Reinhard Weigelt, München
 Dipl.-Ing. Matthias Weiß, Stuttgart

Die Autoren führen das Taschenbuch der Wasserversorgung im Sinne der geschätzten Erstverfasser unter deren Namen weiter. Sie hoffen gemeinsam mit dem Verlag, auch diesmal ein umfassendes, handliches und übersichtliches Werk all denen vorzulegen, die sich in der Ausbildung oder im Beruf mit der Planung, dem Bau, dem Betrieb und der Verwaltung von Wasserversorgungsanlagen befassen. Für zugehende Anregungen sind die Autoren jederzeit dankbar.

Herbst 2006

Die Verfasser

Bearbeiter der 14. Auflage

1. Werner Knaus, Werkleiter

für das Kapitel

– Betrieb, Verwaltung und Überwachung (13)

Knaus ist Bankkaufmann und Betriebswirt (prakt.). Seit 1975 ist er beim Zweckverband Bayerische Rieswasserversorgung in Nördlingen zunächst als kaufmännischer Geschäftsführer und seit 1990 als alleiniger Werkleiter tätig. Er bringt seine Erfahrungen in zahlreiche technisch-wissenschaftliche und kommunale Spitzenvereine und -verbände ein.

2. Dipl.-Ing. Karl Heinz Köhler, Baudirektor

für das Kapitel

– Wassergewinnung (3)

Köhler war im Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft langjähriger Referent im ehemaligen regionalen Sachgebiet Grundwasserwirtschaft und Wasserversorgung Franken mit der Sonderaufgabe Wassergewinnung und leitet im jetzigen Bayerischen Landesamt für Umwelt das Referat Wasserversorgungsanlagen in der Abteilung Grundwasserschutz, Wasserversorgung.

3. Dr.-Ing. Gerhard Merkl, Ltd. Akad. Direktor a.D. Privatdozent

für das Kapitel

– Wasserspeicherung (6)

Merkl war Privatdozent für das Fachgebiet Wasserversorgungstechnik an der Technischen Universität München. Neben einer langjährigen Lehr- und Forschungstätigkeit, zwischendurch Praxis in der Bauindustrie mit Baustellentätigkeit, ist er bekannt durch die von ihm organisierten wasser-technischen Seminare an der TU München.

4. Dipl.-Ing. Erwin Preininger, Ltd. Baudirektor a.D.

für die Kapitel

- Aufgaben der Wasserversorgung (1)
- Wasserabgabe – Wasserverbrauch - Wasserbedarf (2)

Preininger war im Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft langjähriger Leiter des Sachgebietes Fachplanung Grundwasserwirtschaft und Wasserversorgung, zuletzt Projektmanager für interdisziplinäre wasserwirtschaftliche Projekte.

Bei Preininger liegt seit 1990 die Schriftleitung dieses Taschenbuches.

5. Dipl.-Ing. Joachim Rautenberg, Betriebsleiter

für die Kapitel

- Wasserverteilung (7)
- Brandschutz (8)
- Trinkwasserversorgung in Notstandsfällen (9)
- Eigen- und Einzeltrinkwasserversorgung (10)
- Planung und Baudurchführung (11)
- Baukosten von Wasserversorgungsanlagen (12)
- Anhang (14)

Rautenberg war viele Jahre Mitarbeiter in einem überregional tätigen Ingenieurbüro und zwar in der Planung, Bauleitung und Begutachtung wasserwirtschaftlicher Anlagen mit Schwerpunkt Wasserversorgung. Seit langem ist er Betriebsleiter der Fernwasserversorgung Franken in Uffenheim.

6. Professor Dr.-Ing. Reinhard Weigelt

für das Kapitel

- Wasseraufbereitung (4)

Weigelt war Chefingenieur und Leiter der Wasserversorgung Dresden, lehrt seit 1985 Wasserversorgung an der Fachhochschule München und ist als Fachgutachter tätig.

7. Dipl.-Ing. Matthias Weiß, stellv. Technischer Geschäftsführer

für das Kapitel

- Wasserförderung (5)

Weiß ist stellv. Technischer Geschäftsführer des Zweckverbandes Bodensee-Wasserversorgung (BWV) in Stuttgart. Zu seinen Schwerpunkten gehören Planung und Betrieb des Fernleitungssystems. Weiterhin ist er als Dozent an der Berufsakademie in Mannheim Fachbereich Engineering/Versorgungswirtschaft tätig.

Die Autoren sind in einschlägigen Gremien der technisch-wissenschaftlichen und kommunalen Spitzenvereine oder -verbände oder in ähnlichen Institutionen tätig, z. B.

- Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW)
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)
- Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN)
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
- Verband Kommunaler Unternehmen e.V. (VKU)

Die Autoren haben in zahlreichen Vorträgen und Veröffentlichungen aus ihrem Arbeitsbereich berichtet.

Vorwort zur 2. bis 13. Auflage

Zwischen 1956 und 1983 lagen 27 Jahre umfangreicher Erkenntnisse und Entwicklungen in der Wasserversorgungstechnik. Außerdem fielen in diese Zeit große und umfangreiche Neubauten, Erweiterungen, Ergänzungen und Modernisierungen in der kommunalen und industriellen Wasserversorgung im Inland, im europäischen Raum und in den Entwicklungsländern. Die große Nachfrage nach dem Taschenbuch und die technische Entwicklung bedingten sieben weitere Auflagen, jeweils in Zeitabständen von drei bis fünf Jahren.

Mit der 8. Auflage wurde 1983 auch das Erscheinungsbild neu gestaltet, ohne jedoch die Zielsetzung zu verändern. Sie ist die gleiche wie seit der 1. Auflage 1956, nämlich:

Das Taschenbuch der Wasserversorgung soll allen, die sich in Ausbildung und Beruf mit Fragen der Wasserversorgung zu beschäftigen haben, Unterlagen geben, die sich für die Lösung der vielfältigen Aufgaben bei dem Bau, dem Betrieb und der Verwaltung von Wasserversorgungsanlagen in der Praxis bewährt haben.

Die Zahl der Auflagen sind ein Beweis, daß ein Bedarf nach der Darstellung der Aufgaben der Wasserversorgung in der vorliegenden Form besteht.

Die Fortschritte auf dem Gebiet der Wasserversorgungstechnik und der Rechenhilfsmittel waren Veranlassung, das Taschenbuch völlig neu zu bearbeiten. Der in den früheren Auflagen enthaltende Allgemeine Teil, bestehend aus den Kapiteln Rechengrundlagen, Statik und Festigkeitslehre sowie Vermessung wurde nicht mehr übernommen. Vor allem Taschenrechner, wie auch andere Taschenbücher, z.*2B. Betonkalender, Tiefbau-Taschenbuch u.*2a. sind hier einsetzbar. Die im Taschenbuch in einigen Kapiteln aufgeführten Formeln sind mit den heutigen programmierbaren Taschenrechnern un schwer zu handhaben, hierzu sind auch einige Rechenprogramme enthalten.

Mit dem Verlag wurde eine neue Form des Taschenbuchs vereinbart, mit der Absicht, das Taschenbuch handlich und den Inhalt leicht lesbar zu machen. Die überraschend rege Nachfrage nach der völlig neu gestalteten 8. Auflage des Jahres 1983 hat bereits im Jahre 1986 zur 9. Auflage geführt, die insbesondere in den Kapiteln 5 (Wasserrförderung), 6 (Wasserspeicherung) und 7 (Wasserverteilung) neu bearbeitet wurde.

Ein weitgehend neues Autorenteam zeichnete für die vollständig überarbeitete und aktualisierte 10. Auflage, die 1991 in erweiterter Stückzahl erschien und auch in den neuen Bundesländern Eingang fand. Der gute Absatz des Fachbuches führte bereits 1995 zur 11. Auflage ebenfalls in erweiterter Stückzahl. Für den ausgeschiedenen Autor Prof. Dipl.-Ing. A. Bazan wechselte Dipl.-Ing. M. Edenhofner als Autor ein.

Im Jahre 1997 starb 87-jährig der geschätzte Erstautor Dipl.-Ing. J. Mutschmann.

Im Jahre 1998 übernahm der renommierte Verlag Vieweg in Wiesbaden vom bisherigen Franckh-Kosmos Verlag in Stuttgart die Herausgabe dieses Fachbuches.

Im Jahre 1999 erschien die 12. überarbeitete Auflage in neuer Aufmachung und im Jahre 2002 die 13. überarbeitete Auflage.

Im Jahre 2001 verstarb der langjährige Mitautor Dipl.-Ing. G. Brendel; ihm folgte 2006 Dipl.-Ing. Matthias Weiß. Für die ausgeschiedenen Autoren Dipl.-Ing. M. Edenhofner und Dipl.-Ing. H. Gaschler wechselten Dipl.-Ing. Joachim Rautenberg und Betriebswirt Werner Knaus als Autoren ein. Privatdozent Dr.-Ing. Gerhard Merkl ergänzte das Autorenteam.

Vorwort zur 1. Auflage

Das Taschenbuch der Wasserversorgung soll allen, die sich in Ausbildung und Beruf mit Fragen der Wasserversorgung zu beschäftigen haben, Unterlagen geben, die sich für die Lösung ihrer vielfältigen Aufgaben bei dem Bau, dem Betrieb und der Verwaltung von Wasserversorgungsanlagen in der Praxis bewährt haben.

Die Verfasser waren dabei bemüht, ein kleines, handliches Taschenbuch des praktischen Wasserversorgungswesens zu schaffen, das im Büro, auf der Baustelle und bei Besprechungen stets mitgeführt werden kann.

Das Taschenbuch richtet sich an den großen Kreis der bei Planung, Bau, Betrieb, Wartung und Verwaltung von Wasserversorgungsanlagen Beteiligten:

an die Techniker, vom Schachtmeister, Rohrmeister bis zum Dipl.-Ing., deren Aufgabe es ist, Wasserversorgungsanlagen zu entwerfen, auszuführen, oder die Ausführung zu leiten und zu überwachen, an die Gutachter, welche Wasserversorgungsanlagen hinsichtlich des baulichen Zustandes und der Wirtschaftlichkeit zu prüfen haben,

an die Gesundheitsbehörden, welche den hygienischen Zustand der Anlagen beurteilen müssen, an das Betriebspersonal, vom Wasserwerksmeister bis zum Betriebsleiter mittlerer Werke, aber auch an die Verwaltungsfachleute, Bürgermeister, Stadträte, Gemeinderäte, welche in Werkausschüssen über Baumaßnahmen und Ausgaben der Wasserwerke, über Wasserleitungssatzungen und Gebührenordnungen zu beraten haben.

Möge das Taschenbuch der Wasserversorgung ein Ratgeber und Helfer bei der großen Aufgabe sein, für die Bevölkerung einwandfreie Wasserversorgungsverhältnisse zu schaffen und zu erhalten.

Frühjahr 1956

Die Verfasser

Ein Auszug aus dieser 1. Auflage ist in Faksimile im Anschluss an das Stichwortverzeichnis am Ende des Taschenbuches abgedruckt.

Inhaltsverzeichnis

Technik der Wasserversorgung	1
1. Aufgaben der Wasserversorgung	3
1.1 <i>Wasserwirtschaft und Umweltschutz</i>	3
1.2 <i>Lebensmittel Trinkwasser</i>	4
1.3 <i>Entwicklung der öffentlichen Wasserversorgung</i>	6
1.4 <i>Anforderungen an eine Wasserversorgungsanlage</i>	7
1.4.1 Allgemeine Forderungen.....	7
1.4.2 Art der Wasserversorgung.....	7
1.4.3 Einzel- oder Doppelte Wasserversorgungsnetze.....	8
1.4.4 Keine Verbindung von öffentlichen Wasserversorgungsanlagen mit Eigenanlagen.....	9
1.4.5 Fremdwasserbezug.....	10
1.5 <i>Planung einer Wasserversorgungsanlage</i>	10
1.6 <i>Anlageteile einer Wasserversorgungsanlage</i>	11
<i>Literatur</i>	12
2. Wasserabgabe – Wasserverbrauch – Wasserbedarf	13
2.1 <i>Art der Wassergewinnung</i>	13
2.2 <i>Anschlussgrad</i>	14
2.3 <i>Wasserabgabe – Wasserverbrauch</i>	14
2.3.1 Begriffe und bestimmende Faktoren.....	14
2.3.2 Wasserabgabe im Betrachtungszeitraum.....	16
2.3.3 Wasserabgabe/Jahr.....	16
2.3.3.1 Größe und Bemessungsgrundlage.....	16
2.3.3.2 Schwankungen Q_a	18
2.3.4 Wasserabgabe/Monat.....	18
2.3.4.1 Größe.....	18
2.3.4.2 Schwankung Q_{Mt} im Jahr.....	18
2.3.5 Wasserabgabe/Tag.....	19
2.3.5.1 Größe und Bemessungsgrundlage.....	19
2.3.5.2 Schwankungen Q_d im Jahr.....	19
2.3.5.2.1 Größtwert $Q_{d\max}$	19
2.3.5.2.2 Kleinstwert $Q_{d\min}$	21
2.3.5.3 Schwankungen Q_d in der Woche.....	21
2.3.5.4 Wasserabgabe – Ganglinie – Dauerlinie.....	21
2.3.6 Wasserabgabe/Stunde.....	23
2.3.6.1 Größe und Bemessungsgrundlage.....	23
2.3.6.2 Schwankungen Q_h während des Tages.....	23
2.3.6.3 Größtwert $Q_{h\max}$	25
2.3.6.3.1 Größtwert $Q_{h\max}$ nach DVGW-Umfragen.....	25
2.3.6.3.2 $Q_{h\max}$ nach Stundenspitzenfaktor.....	26
2.3.6.3.3 $Q_{h\max}$ nach max. Stundenprozentwert.....	26
2.3.6.3.4 $Q_{h\max}$ nach einwohnerbezogener max. Stundenabgabe.....	27
2.3.6.4 Kleinstwert $Q_{h\min}$	28
2.3.7 Bemessungsgrundlage für Sonderobjekte.....	28
2.4 <i>Wasserverbrauch je Verbrauchseinheit</i>	31
2.4.1 Berechnungsdurchflüsse von Auslauf-Armaturen.....	31
2.4.2 Wasserverbrauch je Einzelvorgang.....	31
2.4.3 Wasserverbrauch l/Ed im Haushalt für einzelne Zwecke.....	32

2.4.4	Erfahrungswerte des Wasserverbrauchs je Verbrauchereinheit	32
2.4.5	Eigenverbrauch der WVU.....	35
2.4.6	Wasserverlust.....	35
2.5	<i>Wasserverbrauch der Industrie</i>	35
2.6	<i>Wassersparen</i>	36
2.6.1	Fachliche Randbedingungen	36
2.6.2	Maßnahmen	37
2.6.2.1	Wasserversorgungsunternehmen	37
2.6.2.2	Industrie und verarbeitendes Gewerbe.....	37
2.6.2.3	Landwirtschaft.....	37
2.6.2.4	Haushaltsbereich.....	37
2.6.2.5	Öffentliche Einrichtungen, Hotel- und Gaststättengewerbe.....	38
2.6.2.6	Wasserrechtliche Gestattung.....	38
2.7	<i>Wasserbedarf</i>	38
2.7.1	Bemessungsgrößen des Wasserbedarfs.....	38
2.7.2	Bemessungszeitraum.....	39
2.7.3	Feststellen der Bemessungsgrundlagen.....	39
2.7.3.1	Derzeitige und künftige Zahl der versorgten Einwohner	39
2.7.3.2	Wohndichte.....	40
2.7.3.3	Einwohnerbezogener Bedarf.....	40
2.7.3.4	Spitzenwerte	41
2.7.3.5	Entwicklung des industriellen und sonstigen Wasserbedarfs.....	42
2.7.3.6	Klimatische Verhältnisse	42
2.7.3.7	Anschlussgrad.....	42
2.7.4	Löschwasserbedarf.....	42
2.7.4.1	Allgemeines.....	42
2.7.4.2	Grundschatz.....	43
2.7.4.3	Objektschutz	44
2.7.4.4	Löschwasser-Bereitstellung durch das WVU	44
2.7.5	Wasserbedarf in Notstandsfällen.....	44
2.7.6	Beispiel einer Berechnung des Wasserbedarfs.....	45
	<i>Literatur</i>	46
3.	Wassergewinnung	49
3.1	<i>Hydrologie und Hydrogeologie</i>	49
3.1.1	Allgemeines	49
3.1.2	Wasserbilanz.....	50
3.1.2.1	Wasserhaushaltsgleichung	50
3.1.2.2	Niederschlag	50
3.1.2.3	Verdunstung.....	54
3.1.2.4	Oberirdischer Abfluss.....	55
3.1.2.5	Unterirdischer Abfluss.....	57
3.1.2.5.1	Verteilung des unterirdischen Abflusses im Boden.....	57
3.1.2.5.2	Grundwasser-Neubildung	59
3.1.3	Für die Wasserversorgung nutzbare Oberflächengewässer.....	61
3.1.3.1	Regenwasser	61
3.1.3.2	Flusswasser.....	61
3.1.3.3	Seewasser, Trinkwassertalsperren	61
3.1.4	Für die Wasserversorgung nutzbares Grundwasser	61
3.1.4.1	Allgemeines.....	61
3.1.4.2	Arten der Grundwasserleiter	61
3.1.4.3	Grundwasservorkommen in den geologischen Formationen	62

3.1.4.4	Grundwasser-Erkundung	62
3.1.4.4.0	Allgemeines.....	62
3.1.4.4.1	Örtliche Verhältnisse – Schützbarkeit	62
3.1.4.4.2	Hydrogeologisches Profil – Geophysik	63
3.1.4.4.3	Grundwasserspiegel.....	65
3.1.4.4.4	Grundwassersohle	65
3.1.4.4.5	Grundwasserhydraulische Verhältnisse.....	65
3.1.4.4.6	Grundwasser-Bilanz – Grundlage einer nachhaltigen Bewirtschaftung	65
3.1.4.4.7	Wasserbeschaffenheit.....	66
3.1.4.4.8	Auswirkungen – Umweltverträglichkeit.....	66
3.1.5	Grundwasser-Hydraulik in Poren-Grundwasserleitern.....	67
3.1.5.1	Allgemeines	67
3.1.5.2	Grundwasser-Fließrichtung und Grundwasser-Gefälle	67
3.1.5.2.1	Grundwasser-Höhenplan	67
3.1.5.2.2	Grundwasser-Messdreieck	67
3.1.5.3	Grundwasser-Fließgeschwindigkeit	68
3.1.5.3.1	Arten der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit	68
3.1.5.3.2	Messung der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit mit Hilfe von Markierungsversuchen	69
3.1.5.3.3	Berechnung der Grundwasser-Fließgeschwindigkeit	70
3.1.5.4	Grundwasserabfluss	71
3.1.5.5	Grundwasserentnahme aus Einzelbrunnen.....	71
3.1.5.5.1	Entnahme und GW-Absenkung.....	71
3.1.5.5.2	Vorbereitung und Durchführung von Pumpversuchen	72
3.1.5.5.3	Grundwasser-Absenkungskurve – Auswerten der Pumpversuche	74
3.1.5.5.4	Wasserandrangkurve	77
3.1.5.5.5	Brunnenfassungsvermögen.....	78
3.1.5.5.6	Wasserspiegel am Brunnen bei ungespanntem Aquifer	78
3.1.5.5.7	Strömungsverhältnisse am Brunnen	78
3.1.5.5.8	Auswirkung der GW-Entnahme – Entnahmebereich.....	79
3.1.5.5.9	Strömungsverhältnisse bei Uferfiltration.....	80
3.1.5.6	Grundwasserentnahme mittels Mehrbrunnenanlage	80
3.1.5.6.1	Gegenseitige Beeinflussung von Brunnen.....	80
3.1.5.6.2	Mehrbrunnengleichung	81
3.1.5.6.3	Berechnung der Absenkung einer Mehrbrunnenanlage aus den Messungen der Einzel-Pumpversuche	81
3.1.5.7	Grundwasserentnahmen aus liegender Fassung	82
3.1.5.7.1	Grundwasser-Galerie.....	82
3.1.5.7.2	Horizontalfilterbrunnen	82
3.1.5.8	Grundwasseranreicherung durch Versickerung.....	84
3.1.5.8.1	Versickerung mittels Schluckbrunnen.....	84
3.1.5.8.2	Versickerung oberhalb des GW mittels Sickerbecken, Sickergräben.....	85
3.1.5.9	Grundwassermodelle.....	85
3.1.6	Grundwasser-Hydraulik in Kluft-Grundwasserleitern.....	87
3.1.7	Grundwasser-Hydraulik in Karst-Grundwasserleitern	87

3.1.8	Quellen.....	87
3.1.8.1	Quellen-Hydraulik und Quellenarten.....	87
3.1.8.1.1	Absteigende Quelle.....	87
3.1.8.1.2	Aufsteigende Quellen.....	88
3.1.8.1.3	Sonstige Quellarten.....	88
3.1.8.2	Quellen-Erkundung zur Eignung für Trinkwasserzwecke.....	89
3.2	<i>Wasserfassungen</i>	89
3.2.1	Arten der Wasserfassungen.....	89
3.2.2	Wahl der Wasserfassung.....	90
3.2.3	Quellfassungen.....	90
3.2.3.1	Vorbereitende Erhebungen.....	90
3.2.3.1.1	Austrittsart.....	90
3.2.3.1.2	Wasserdargebot.....	91
3.2.3.1.3	Temperatur.....	91
3.2.3.1.4	Wasserbeschaffenheit.....	91
3.2.3.1.5	Einzugsgebiet mit Schützbarkeit.....	91
3.2.3.2	Aufschürfen von Quellen.....	91
3.2.3.3	Schichtquellenfassung (absteigende Quellen).....	92
3.2.3.3.1	Aufschürfen einer Quelle.....	92
3.2.3.3.2	Sickergalerie.....	93
3.2.3.3.3	Sammelschacht.....	93
3.2.3.4	Stauquellenfassung (aufsteigende Quellen).....	94
3.2.3.5	Dokumentation.....	94
3.2.3.6	Betrieb.....	95
3.2.3.7	Rückbau.....	95
3.2.4	Grundwasserfassungen.....	95
3.2.4.0	Allgemeines.....	95
3.2.4.1	Schlagbrunnen.....	95
3.2.4.2	Spülbrunnen.....	96
3.2.4.3	Schachtbrunnen.....	96
3.2.4.4	Bohrbrunnen.....	96
3.2.4.4.1	Allgemeines.....	96
3.2.4.4.2	Planung und Bemessung.....	96
3.2.4.4.3	Herstellen der Bohrung.....	98
3.2.4.4.4	Brunnenausbau.....	103
3.2.4.4.5	Klarpumpen, Entsandn, und Entwickeln.....	111
3.2.4.4.6	Pumpversuche.....	115
3.2.4.4.7	Überwachung der Bohrung.....	116
3.2.4.4.8	Dokumentation und Abnahme.....	117
3.2.4.5	Brunnenreihen.....	117
3.2.4.5.1	Allgemeines.....	117
3.2.4.5.2	Standort der Brunnen.....	117
3.2.4.5.3	Pumpversuche.....	118
3.2.4.6	Großvertikalfilterbrunnen.....	118
3.2.4.7	Horizontalfilterbrunnen.....	118
3.2.4.8	Leistungsrückgang bestehender Grundwasserfassungen.....	120
3.2.4.8.1	Allgemeines.....	120
3.2.4.8.2	Änderung der hydrologischen Verhältnisse.....	120
3.2.4.8.3	Zunahme des Durchflusswiderstandes durch Brunnenalterung.....	121
3.2.4.9	Regenerierung.....	121
3.2.4.9.1	Vorarbeiten.....	121
3.2.4.9.2	Entsandn.....	121
3.2.4.9.3	Brunnenreinigung.....	122

3.2.5	Grundwasseranreicherung.....	122
3.2.5.1	Allgemeines.....	122
3.2.5.2	Natürliche Grundwasseranreicherung.....	122
3.2.5.2.1	Grundlagen.....	122
3.2.5.2.2	Uferfiltrationsrate.....	122
3.2.5.2.3	Wasserbeschaffenheit.....	123
3.2.5.3	Künstliche Grundwasseranreicherung.....	123
3.2.5.3.1	Allgemeines.....	123
3.2.5.3.2	Oberirdische Versickerungsanlagen.....	124
3.2.5.3.3	Unterirdische Versickerungsanlagen.....	124
3.2.6	Oberflächenwasserentnahmen.....	125
3.2.6.1	Allgemeines.....	125
3.2.6.2	Trinkwassertalsperre.....	125
3.2.6.2.1	Allgemeines.....	125
3.2.6.2.2	Standort.....	125
3.2.6.2.3	Wassertiefe.....	126
3.2.6.2.4	Speicherinhalt.....	126
3.2.6.2.5	Speicherbecken.....	127
3.2.6.2.6	Sperrenbauwerk – Entnahmeeinrichtungen.....	127
3.2.6.2.7	Wasserbeschaffenheit.....	128
3.2.6.3	Seewasserefassung.....	128
3.2.6.4	Flusswasserefassung.....	129
3.3	<i>Trinkwasserschutzgebiete</i>	129
3.3.1	Allgemeines.....	129
3.3.2	Schutzgebiete für Grundwasserentnahmen.....	130
3.3.2.1	Gefährdungen und Beeinträchtigungen.....	130
3.3.2.2	Reinigungswirkung des Untergrundes.....	130
3.3.2.2.1	Reinigungswirkung.....	131
3.3.2.2.2	Verweildauer.....	131
3.3.2.3	Schutzgebietszonen.....	131
3.3.2.3.1	Einteilung.....	131
3.3.2.3.2	Bemessung.....	133
3.3.2.4	Schutzgebietsverordnung.....	134
3.3.3	Schutzgebiete für Trinkwassertalsperren.....	143
3.3.3.1	Allgemeines.....	143
3.3.3.2	Gefährdungen und Beeinträchtigungen.....	144
3.3.3.3	Schutz allgemein.....	144
3.3.3.4	Abgrenzung des Schutzgebietes.....	144
3.3.3.5	Schutzonenbemessung und Schutzziele (nach DVGW-Arbeitsblatt W102).....	144
3.3.3.6	Gefährliche Einrichtungen, Handlungen und Vorgänge in den Schutzonen (nach DVGW-Arbeitsblatt W102).....	145
3.3.3.6.1	Allgemeines.....	145
3.3.3.6.2	Schutzzone I.....	145
3.3.3.6.3	Schutzzone II.....	145
3.3.3.6.4	Schutzzone III.....	146
3.3.3.7	Überwachung.....	147
3.3.4	Schutzgebiete für Seen und Flüsse.....	148
	<i>Literatur</i>	148

4.1.5.4.5	Temperatur	185
4.1.5.4.6	pH-Wert, Calcitlösekapazität	187
4.1.5.4.7	Leitfähigkeit	191
4.1.5.4.8	Oxidierbarkeit	192
4.1.5.4.9	Aluminium (Al).....	192
4.1.5.4.10	Ammonium (NH ₄ ⁺)	194
4.1.5.4.11	Benzinzusatz MTBE.....	194
4.1.5.4.12	Barium (Ba).....	195
4.1.5.4.13	Calcium (Ca).....	195
4.1.5.4.14	Chlorid (Cl).....	195
4.1.5.4.15	Eisen (Fe).....	197
4.1.5.4.16	Kalium (K).....	197
4.1.5.4.17	Zink (Zn).....	197
4.1.5.4.18	Magnesium (Mg).....	198
4.1.5.4.19	Mangan (Mn)	198
4.1.5.4.20	Natrium (Na).....	199
4.1.5.4.21	Phenole (C ₆ H ₅ OH)	199
4.1.5.4.22	Phosphor (P).....	199
4.1.5.4.23	Silber (Ag).....	200
4.1.5.4.24	Sulfat (SO ₄ ²⁻).....	200
4.1.5.4.25	Gelöste oder emulgierte Kohlenwasserstoffe; Mineralöle.....	201
4.1.5.4.26	Arzneimittelrückstände	201
4.1.5.4.27	Oberflächenaktive Stoffe.....	202
4.1.5.4.28	Radioaktive Stoffe.....	202
4.1.5.4.29	Pufferung, Säure- und Basekapazität.....	204
4.1.5.4.30	Summe Erdalkalien (Härte).....	204
4.1.5.4.31	Kohlensäure (CO ₂), anorganischer Kohlenstoff.....	207
4.1.5.4.32	Summen- und Gruppenparameter für organische Stoffe	209
4.1.5.4.33	Sauerstoff	211
4.1.5.4.34	Redoxspannung.....	211
4.1.5.4.35	Schwefelwasserstoff.....	212
4.1.5.4.36	Geschmack.....	212
4.1.6	Zusatzstoffe zur Trinkwasseraufbereitung (Aufbereitungsstoffe).....	213
4.1.7	Durchführung der Wasseruntersuchungen	214
4.1.7.1	Allgemein.....	214
4.1.7.2	Umfang und Häufigkeit der Untersuchungen.....	216
4.1.7.3	Probenentnahme, Untersuchungen vor Ort	217
4.1.7.4	Ergebnisangabe.....	219
4.1.7.5	Beurteilung der Wasserbeschaffenheit einschließlich Korrosivität.....	219
4.1.8	Schutz des Wassers und Sanierungsmaßnahmen	222
4.1.8.1	Gefährdung des Rohwassers	222
4.1.8.2	Schutz des Wassers und Sanierung	224
4.1.8.3	Schutz des Trinkwassers	228
4.2	<i>Trinkwasseraufbereitung</i>	228
4.2.1	Anforderungen und Verfahren	228
4.2.2	Physikalische Verfahren.....	230
4.2.2.1	Vorreinigung.....	230
4.2.2.1.1	Rechen.....	230
4.2.2.1.2	Entsandung.....	230
4.2.2.1.3	Entölung.....	231
4.2.2.1.4	Sieben.....	231

4.2.2.2	Flockung, Sedimentation, Flotation	232
4.2.2.2.1	Allgemeines	232
4.2.2.2.2	Flockung	232
4.2.2.2.3	Sedimentation	235
4.2.2.2.4	Flotation	238
4.2.2.3	Gas austausch	238
4.2.2.3.1	Allgemeines und Grundlagen	238
4.2.2.3.2	Anlagen und Leistungsdaten	240
4.2.2.4	Filtration	243
4.2.2.4.1	Allgemeines	243
4.2.2.4.2	Einteilung der Filter	243
4.2.2.4.3	Bestandteile des Filters	244
4.2.2.4.4	Filtermaterialien	245
4.2.2.4.5	Bemessung und Betrieb	245
4.2.2.4.6	Filtrerrückspülung	249
4.2.2.4.7	Langsamfilter	249
4.2.2.4.8	Feinfiltersysteme	250
4.2.2.5	Membranverfahren	250
4.2.2.5.1	Allgemein	250
4.2.2.5.2	Umkehrosmose (UO)	252
4.2.2.5.3	Elektrodialyse (ED)	254
4.2.2.5.4	Ultrafiltration und Mikrofiltration (UF und MF)	254
4.2.2.5.5	Nanofiltration (NF)	255
4.2.2.6	Adsorption	255
4.2.2.6.1	Allgemeines	255
4.2.2.6.2	Aktivkohlefilter	256
4.2.2.6.3	Pulverkohleeinsatz	257
4.2.2.7	Grundwasseranreicherung	258
4.2.3	Chemische Verfahren	258
4.2.3.1	Fällung	258
4.2.3.2	Oxidation	259
4.2.3.2.1	Allgemein	259
4.2.3.2.2	Ozon (O ₃)	259
4.2.3.2.3	Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂)	262
4.2.3.2.4	Kaliumpermanganat (KMnO ₄)	262
4.2.3.3	Neutralisation	262
4.2.3.3.1	Allgemeines	262
4.2.3.3.2	Filtration über Kalkstein	263
4.2.3.3.3	Filtration über dolomitische Materialien	266
4.2.3.3.4	Zugabe von Alkalien	267
4.2.3.4	Ionenaustausch	269
4.2.3.4.1	Allgemeines	269
4.2.3.4.2	Prinzip des Ionenaustausches	269
4.2.3.4.3	Betrieb eines Ionenaustauschers	269
4.2.3.4.4	Arten des Ionenaustausches	270
4.2.3.4.5	Carix-Verfahren	271
4.2.4	Biologische Verfahren	272
4.2.5	Anwendung der Aufbereitungsverfahren	272
4.2.5.1	Allgemeines	272
4.2.5.2	Entsäuerung	273
4.2.5.2.1	Allgemeines	273
4.2.5.2.2	Verfahren zur Entsäuerung	273
4.2.5.2.3	Auswahl des Verfahrens	273

4.2.5.3	Enteisung.....	275
4.2.5.3.1	Allgemeines.....	275
4.2.5.3.2	Sauerstoffzufuhr.....	275
4.2.5.3.3	Sedimentation.....	276
4.2.5.3.4	Filtration.....	276
4.2.5.3.5	Unterirdische Enteisung (und Entmanganung).....	278
4.2.5.4	Entmanganung.....	278
4.2.5.5	Aufbereitung von reduzierten Wässern.....	280
4.2.5.6	Entfernen von organischen Inhaltsstoffen.....	280
4.2.5.6.1	Algen, Plankton, sonstige organische Partikel.....	280
4.2.5.6.2	Farbe, Geruch, Geschmack.....	281
4.2.5.6.3	Chlorierte Kohlenwasserstoffe.....	281
4.2.5.6.4	Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel.....	282
4.2.5.7	Entfernen der Stickstoffverbindungen.....	282
4.2.5.7.1	Allgemeines.....	282
4.2.5.7.2	Nitratentfernung.....	283
4.2.5.7.3	Nitritentfernung.....	287
4.2.5.7.4	Ammoniumentfernung.....	287
4.2.5.8	Enthärten.....	290
4.2.5.8.1	Allgemeines.....	290
4.2.5.8.2	Übersicht zu den Enthärtungsverfahren.....	291
4.2.5.8.3	Langsamentcarbonisierung.....	292
4.2.5.8.4	Schnellentcarbonisierung.....	293
4.2.5.8.5	Kalk-Soda-Verfahren.....	294
4.2.5.9	Entsalzen.....	294
4.2.5.10	Aufhärten.....	295
4.2.5.11	Dosierung von Phosphat und Silikat.....	296
4.2.5.12	Entfernen von anorganischen Spurenstoffen.....	297
4.2.5.12.1	Allgemeines.....	297
4.2.5.12.2	Arsenentfernung.....	297
4.2.5.12.3	Aluminiumentfernung.....	298
4.2.5.12.4	Nickelentfernung.....	298
4.2.5.13	Dekontamination.....	299
4.2.5.14	Desinfektion.....	301
4.2.5.14.1	Allgemeines.....	301
4.2.5.14.2	Abkochen.....	303
4.2.5.14.3	Filtern.....	303
4.2.5.14.4	Chlorung, Chlordioxid.....	303
4.2.5.14.5	UV-Bestrahlung.....	308
4.2.5.14.6	Silberung.....	310
4.2.5.14.7	Desinfektion von Anlageteilen der Wasserversorgung.....	310
4.2.5.15	Schlammbehandlung.....	311
4.2.6	Mischwasser.....	315
4.2.6.1	Allgemeines.....	315
4.2.6.2	Zonentrennung.....	316
4.2.6.3	Zentrale Mischung.....	317
4.2.6.4	Aufbereitung bei der zentralen Mischung.....	317
4.2.6.5	Angleichung der Wasserbeschaffenheit durch Aufbereitung.....	317
4.2.7	Beispielschemata von Aufbereitungsanlagen.....	318
4.2.8	Trinkwassernachbehandlung.....	319
4.2.8.1	Allgemeines.....	319
4.2.8.2	Mechanisch wirkende Filter.....	319
4.2.8.3	Dosiergeräte.....	320

4.2.8.4	Kationenaustauscher zur Enthärtung	320
4.2.8.5	Sonstige Anlagen zur Trinkwassernachbehandlung	321
4.2.9	Bauwerke der Wasseraufbereitung	322
4.2.9.1	Wahl des Verfahrens und des Standorts der Anlage	322
4.2.9.2	Planung der Anlagenteile	322
4.2.9.3	Ausschreibung	325
4.2.9.4	Abnahme, Einweisung und Bedienungsvorschrift	325
	<i>Literatur</i>	326
5.	Wasserrförderung	329
5.1	<i>Maschinelle Einrichtungen</i>	329
5.1.1	Betriebswerte von Pumpen	329
5.1.1.1	Förderstrom	329
5.1.1.2	Förderhöhe und Förderdruck	329
5.1.1.3	Nutzleistung einer Pumpe	330
5.1.1.4	Leistungsbedarf an der Pumpenwelle	331
5.1.2	Kreiselpumpen (KrP)	331
5.1.2.1	Anwendungsgebiet	331
5.1.2.2	Bauformen von Kreiselpumpen	331
5.1.2.2.1	Grundsätzlicher Aufbau	331
5.1.2.2.2	Betriebsverhalten und Kennlinien von Kreiselpumpen	331
5.1.2.2.3	Bauarten	334
5.1.2.3	Saugverhalten von Kreiselpumpen	336
5.1.2.4	Zusammenhang zwischen Kennlinie einer Kreiselpumpe und der Anlagenkennlinie	338
5.1.2.5	Betrieb mehrerer Kreiselpumpen	339
5.1.2.5.1	Parallelbetrieb von Kreiselpumpen	339
5.1.2.5.2	Hintereinanderschalten von Kreiselpumpen	340
5.1.2.6	Anfragen für Kreiselpumpen	340
5.1.3	Abnahmeprüfung von Kreiselpumpen	341
5.1.3.1	Werkstoffprüfung	341
5.1.3.2	Hydraulische Abnahmeprüfung	341
5.1.3.2.1	Garantiewerte	341
5.1.3.2.2	Prüfergebnisse und Toleranzfaktoren	342
5.1.3.2.3	Nichterreichenden vereinbarter Kennwerte	344
5.1.4	Sonstige Wasserhebevorrichtungen	344
5.1.4.1	Kolbenpumpen	344
5.1.4.1.1	Anwendungsgebiet	344
5.1.4.1.2	Bauarten und Förderstrom	344
5.1.4.1.3	Technische Eigenschaften	345
5.1.4.2	Mischluftheber	345
5.1.4.3	Widder	345
5.1.4.4	Dosierpumpen	346
5.1.5	Nichtelektrische Antriebsmaschinen	346
5.1.5.1	Verbrennungsmotoren	346
5.1.5.1.1	Dieselmotoren	346
5.1.5.1.2	Benzinmotoren	347
5.1.5.1.3	Gasmotoren	347
5.1.5.2	Wasserkraftmaschinen	348
5.1.5.2.1	Wasserräder	348
5.1.5.2.2	Wasserturbinen	348
5.1.5.2.3	Kreiselpumpen im Turbinenbetrieb	348

5.1.6	Luftverdichter und Gebläse	348
5.2	<i>Elektrotechnik</i>	349
5.2.1	Allgemeine Zusammenhänge	349
5.2.1.1	Grundgrößen	351
5.2.1.1.1	Stromarten	351
5.2.1.1.2	Spannung	351
5.2.1.1.3	Netzfrequenz in Drehstromnetzen	352
5.2.2	Elektromotoren	352
5.2.2.1	Wirkungsgrad	352
5.2.2.2	Drehzahl und Drehrichtung	352
5.2.2.2.1	Feste Drehzahlen	352
5.2.2.2.2	Variable Drehzahlen – Frequenzumrichter	353
5.2.2.2.3	Drehrichtung	354
5.2.2.3	Kraftübertragung und Antriebsart	354
5.2.2.4	Anlassen von Elektromotoren	355
5.2.2.4.1	Direktanlauf	356
5.2.2.4.2	Stern-Dreieck-Anlauf	356
5.2.2.4.3	Elektronischer Sanftanlaufstarter	358
5.2.2.4.4	Frequenzumrichter	358
5.2.2.4.5	Anlasstransformator	359
5.2.2.4.6	Anlasswiderstände (Nur bei Schleifringläufermaschinen)	359
5.2.2.5	Bauformen und Schutzarten der Elektromotoren	359
5.2.2.6	Blindstromkompensation	359
5.2.2.7	Motorerwärmung	360
5.2.3	Energieverteilung	360
5.2.3.1	Schaltgeräte	360
5.2.3.1.1	Schaltgeräte für Mittelspannungsanlagen	360
5.2.3.1.2	Schaltgeräte für Niederspannungsanlagen	361
5.2.3.1.3	Besondere Sensoren und Geräte für selbsttätige Steuerungen und zur Fernüberwachung	361
5.2.3.2	Leitungen und Zubehör	362
5.2.3.2.1	Stromleitungen	362
5.2.3.2.2	Motoranschlüsse und Sicherungen	362
5.2.3.3	Transformatoren (Umspanner)	363
5.2.3.4	Ersatzstromerzeugungsanlagen	363
5.2.4	Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen	366
5.2.4.1	Schutz gegen direktes Berühren	366
5.2.4.2	Schutz bei indirektem Berühren	366
5.2.4.2.1	Schutzisolierung	366
5.2.4.2.2	Schutztrennung	366
5.2.4.2.3	Schutzeinrichtungen im TN-Netz	366
5.2.4.2.4	Schutzeinrichtungen im TT-Netz	367
5.2.4.2.5	Schutzeinrichtungen im IT-Netz	367
5.2.4.2.6	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	368
5.2.4.3	Weitere Sicherheitsregeln	368
5.2.5	Messprogramm und Messwertdarstellung	368
5.2.5.1	Messprogramm	368
5.2.5.2	Anzeigeinstrumente	369
5.3	<i>Fernwirkanlagen</i>	370
5.3.1	Aufgaben und Ziele von Fernwirkanlagen	370

5.3.2	Technischer Aufbau	371
5.3.2.1	Anlagenformen und -bestandteile	371
5.3.2.1.1	Anlagenformen	371
5.3.2.1.2	Zentrale	372
5.3.2.1.3	Unterstationen	372
5.3.2.1.4	Messumformer	372
5.3.2.2	Übertragungsrichtung	372
5.3.2.2.1	Fernüberwachungseinrichtungen zur Übertragung von Messwerten und Meldungen	372
5.3.2.2.2	Fernsteuereinrichtungen zur Übertragung von Stellwerten und Befehlen	372
5.3.2.3	Übertragungsverfahren	372
5.3.2.3.1	Zeit-Multiplex-Übertragung (ZM)	372
5.3.2.3.2	Frequenz-Multiplex-Übertragung (FM)	373
5.3.2.3.3	Raum-Multiplex-Übertragung (RM)	373
5.3.2.3.4	Kombination des RM-, FM- und ZM-Systems	373
5.3.2.3.5	Vergleich der Übertragungsverfahren	373
5.3.2.4	Übertragungswege	374
5.3.2.4.1	Betriebseigene Übertragungswege	374
5.3.2.4.2	Übertragungswege der kommerziellen Telekommunikationsanbieter	374
5.3.2.4.3	Vergleich der Übertragungswege	374
5.3.3	Datenbehandlung	375
5.3.3.1	Datenerfassung und -verarbeitung	375
5.3.3.2	Datendarstellung und -speicherung und elektronische Verarbeitung	375
5.3.4	Betriebsweise der Anlagen	377
5.3.4.1	Handbetrieb	377
5.3.4.2	Halbautomatischer Betrieb	377
5.3.4.3	Vollautomatischer Betrieb	377
5.3.4.4	Allgemeines zum Eingreifen in Betriebsabläufe	379
5.3.5	Leittechnische Einrichtungen	379
5.4	<i>Förderanlagen</i>	380
5.4.1	Systemvarianten von Förderanlagen	380
5.4.1.1	Förderanlagen zur Gewinnung und Aufbereitung	380
5.4.1.2	Förderanlagen für Wassertransport und Wasserverteilung	381
5.4.1.2.1	Hauptpumpwerk	381
5.4.1.2.2	Zwischenpumpwerk	382
5.4.1.2.3	Druckerhöhungsanlagen (DEA)	382
5.4.2	Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen	382
5.4.2.1	Ursachen dynamischer Druckänderungen	382
5.4.2.2	Größe der Druckstöße	383
5.4.2.3	Abhilfemaßnahmen	384
5.4.3	Planung und Ausführung von Pumpwerken	385
5.4.3.1	Anforderungen an die Entwurfsplanung	385
5.4.3.2	Pumpenbauart und Größe der Pumpensätze	386
5.4.3.2.1	Horizontale Kreiselpumpen	386
5.4.3.2.2	Vertikale Kreiselpumpen	386
5.4.3.2.3	Größe der Pumpensätze	386
5.4.3.2.4	Unterteilung der Pumpensätze	387
5.4.3.3	Ausschreibung von Förderanlagen	387
5.4.3.4	Standort einer Förderanlage	387

5.4.3.5	Raumprogramm	387
5.4.3.5.1	Lage der Räume zueinander	388
5.4.3.5.2	Raumhöhen	388
5.4.3.5.3	Platzbedarf für die Pumpensätze	388
5.4.3.5.4	Anordnung der Rohrleitungen	388
5.4.3.5.5	Unterbringung der elektrischen Anlagen	389
5.4.3.5.6	Belichtung und Beheizung	390
5.4.3.6	Sicherheit gegen Einbruch und Brand	390
5.4.4	Abnahme von Förderanlagen	391
5.4.5	Aspekte einzelner Förderanlagen	391
5.4.5.1	Grundwasserpumpwerk (GPW)	391
5.4.5.2	Druckerhöhungsanlagen als Druckbehälterpumpwerke (DBPW)	393
5.4.5.2.1	Größe der Pumpen bei Druckbehälterpumpwerken	393
5.4.5.2.2	Volumen der Druckbehälter	393
5.4.5.2.3	Schaltmöglichkeiten	394
5.4.5.2.4	Zubehör	395
5.4.5.3	Druckerhöhungsanlagen mit drehzahlgeregelten Antriebsmotoren	395
5.4.5.4	Drucksteigerungspumpwerke	396
5.4.5.5	Druckerhöhungsanlagen in Grundstücken	398
5.4.6	Überwachung von Förderanlagen	399
5.4.7	Ausführungsbeispiele	401
5.5	<i>Wasserzählung und Wassermessung</i>	407
5.5.1	Allgemeines	407
5.5.1.1	Volumenmessungen (Wasserzähler)	407
5.5.1.2	Durchflussmessungen	408
5.5.2	Wasserzählung	408
5.5.2.1	Bauarten der Zähler	408
5.5.2.1.1	Flügelradzähler	408
5.5.2.1.2	Ringkolbenzähler	409
5.5.2.1.3	Woltmannzähler	409
5.5.2.1.4	Woltmannverbundzähler	410
5.5.2.1.5	Sonderzähler	410
5.5.2.1.6	Nass- und Trockenläufer	411
5.5.2.1.7	Zählwerke und Datenauslesung	411
5.5.2.2	Begriffe und Anforderungen	411
5.5.2.2.1	Maßgebende Begriffe	411
5.5.2.2.2	Anforderungen	412
5.5.2.3	Zählergrößen	413
5.5.2.3.1	Zähler mit Gewindeanschluss	413
5.5.2.3.2	Zähler mit Flanschanschluss	413
5.5.2.3.3	Größe von Flügelradzählern in Wohngebäuden (DVGW W 406)	413
5.5.3	Wassermessung	414
5.5.3.1	Durchflussmessung mittels Wasserzähler mit Zusatzeinrichtungen	414
5.5.3.2	Durchflussmessung nach dem magnetisch-induktiven Messverfahren	414
5.5.3.3	Durchflussmessung mittels Ultraschallgeräten	415
5.5.3.4	Weitere Verfahren	415
5.5.3.4.1	Durchflussmessung nach dem Wirkdruckverfahren	415
5.5.3.4.2	Durchflussmessung mit Schwebekörper	416
5.5.3.4.3	Überfallmessung	416
5.5.3.4.4	Kübelmessung	417

5.5.4	Hinweise für Einbau, Inbetriebnahme und Wartung von Zählern und Messvorrichtungen.....	417
5.5.4.1	Hauswasserzähler.....	417
5.5.4.1.1	Einbau.....	417
5.5.4.1.2	Einbauort.....	418
5.5.4.1.3	Inbetriebnahme.....	418
5.5.4.1.4	Wartung.....	419
5.5.4.1.5	Lagerung und Beförderung.....	419
5.5.4.2	Woltmannzähler.....	419
5.5.4.3	Venturi- und Ultraschall-Messanlagen.....	420
5.5.4.4	Magnetisch-induktive Messeinrichtungen.....	420
5.5.5	Eichung und Prüfung der Zähler.....	421
5.5.5.1	Technische Eigenschaften und Eichung der Wasserzähler.....	421
5.5.5.2	Prüfung und Überwachung durch das Wasserversorgungsunternehmen.....	422
	<i>Literatur</i>	422
6.	Wasserspeicherung	425
6.1	<i>Aufgaben der Wasserspeicherung</i>	425
6.1.1	Ausgleich zwischen Wasserzufluss und Wasserentnahme, Abdeckung von Verbrauchsspitzen.....	426
6.1.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung.....	426
6.1.3	Einhalten der Druckbereiche in Zubringerleitungen und Versorgungsleitungen.....	426
6.1.4	Überbrücken von Betriebsstörungen.....	426
6.1.5	Bereithalten von Löschwasser.....	427
6.1.6	Druckzonenversorgung.....	427
6.1.7	Misch- und Absetzbecken.....	427
6.1.8	Ausgleich der Abflüsse eines oberirdischen Gewässers in einer Trinkwassertalsperre.....	427
6.2	<i>Arten der Wasserspeicherung</i>	427
6.2.1	Wasserbehälter in Hochlage.....	427
6.2.1.1	Hochbehälter.....	427
6.2.1.2	Wasserturm.....	428
6.2.2	Wasserbehälter in Tieflage.....	428
6.2.3	Druckbehälter.....	428
6.2.4	Lösungsmöglichkeiten.....	428
6.2.5	Trinkwassertalsperren.....	429
6.2.6	Grundwasserspeicher.....	429
6.2.7	Löschwasserspeicher.....	430
6.3	<i>Speicherinhalt</i>	430
6.3.1	Ausgleich der Verbrauchsschwankungen – Fluktuierendes Wasservolumen.....	431
6.3.1.1	Allgemein.....	431
6.3.1.2	Rechnerische Ermittlung.....	431
6.3.1.3	Grafische Ermittlung.....	431
6.3.1.4	Beurteilung.....	434
6.3.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung im Tiefbehälter.....	435
6.3.3	Sicherheitsvorrat.....	436
6.3.4	Löschwasservorrat.....	437
6.3.5	Festlegen des Speicherinhalts in der Praxis.....	437
6.3.5.1	Allgemeines.....	437
6.3.5.2	Kleine und mittelgroße Anlagen.....	438
6.3.5.2.1	Nutzinhalt.....	438
6.3.5.2.2	Löschwasservorrat.....	438
6.3.5.3	Große Anlagen.....	438

6.3.5.4	Sehr große Anlagen über 50 000 m ³ /d	438
6.3.5.5	Gruppenanlagen	439
6.3.6	Speicherinhalt von Trinkwassertalsperren	439
6.4	<i>Hochbehälter</i>	439
6.4.1	Allgemeine Anforderungen	439
6.4.1.1	Versorgungstechnische Anforderungen	439
6.4.1.2	Bautechnische Anforderungen	439
6.4.1.3	Betriebliche Anforderungen	440
6.4.1.4	Sicherheitstechnische Anforderungen (Objektschutz)	441
6.4.1.5	Gestalterische Anforderungen	441
6.4.1.6	Wirtschaftliche Anforderungen	442
6.4.2	Lage	442
6.4.2.1	Höhenlage	442
6.4.2.2	Lage zum Versorgungsgebiet	443
6.4.2.2.1	Entfernung	443
6.4.2.2.2	Durchlaufbehälter	443
6.4.2.2.3	Gegenbehälter	444
6.4.2.3	Mehrere Hochbehälter in der gleichen Druckzone	445
6.4.2.3.1	Neuer Hochbehälter in unmittelbarer Nähe des bestehenden	445
6.4.2.3.2	Neuer Hochbehälter in größerer Entfernung zum bestehenden	445
6.4.2.4	Anforderungen an den Bauplatz	447
6.4.3	Bauliche Anordnung	447
6.4.3.1	Allgemein	447
6.4.3.2	Wasserkammer	447
6.4.3.2.1	Anzahl	447
6.4.3.2.2	Grundrissformen	447
6.4.3.2.3	Wassererneuerung	449
6.4.3.2.4	Wassertiefe	451
6.4.3.2.5	Wärmeschutz des Bauwerks	452
6.4.3.2.6	Anbau weiterer Kammern	453
6.4.3.2.7	Konstruktive Hinweise	454
6.4.3.3	Bedienungshaus	457
6.4.4	Bauausführung – Ortbetonbauweise	458
6.4.4.1	Allgemeines	458
6.4.4.2	Baustoffe	459
6.4.4.2.1	Zement	459
6.4.4.2.2	Betonzuschlag	459
6.4.4.2.3	Betonzusatzmittel	459
6.4.4.2.4	Betonzusatzstoffe	459
6.4.4.2.5	Zugabewasser	459
6.4.4.2.6	Betonrezeptur	460
6.4.4.2.7	Betonstahl	460
6.4.4.2.8	Andere Baustoffe	460
6.4.4.3	Statische Bearbeitung	460
6.4.4.4	Verarbeiten des Betons	461
6.4.4.5	Betonnachbehandlung	462
6.4.4.6	Oberflächenbehandlung	462
6.4.4.6.1	Allgemeines	462
6.4.4.6.2	Bedienungshaus	462
6.4.4.6.3	Wasserkammern – Innenflächen	462
6.4.4.6.4	Wasserkammern – Außenflächen	465

6.4.5	Bauausführung – Fertigteilbauweise	466
6.4.5.1	Allgemeines	466
6.4.5.2	Fertigteil-Rundbehälter in Stahlbetonbauweise	466
6.4.5.3	Fertigteil-Rundbehälter in Spannbetonbauweise	467
6.4.5.4	Fertigteil-Rechteckbehälter in Stahlbetonbauweise	468
6.4.5.5	Fertigteil-Rechteckbehälter in Spannbetonbauweise	469
6.4.5.6	Fertigteil-Großrohrbehälter	469
6.4.6	Zugang	470
6.4.7	Belichtung	471
6.4.7.1	Allgemeines	471
6.4.7.2	Wasserkammern	471
6.4.7.3	Bedienungshaus	471
6.4.8	Be- und Entlüftung	471
6.4.8.1	Allgemeines	471
6.4.8.2	Wasserkammern	471
6.4.8.3	Bedienungshaus	472
6.4.9	Hydraulische Ausrüstung	472
6.4.9.1	Allgemeines	472
6.4.9.2	Rohrleitungen	473
6.4.9.2.1	Zulaufleitung	473
6.4.9.2.2	Entnahmeleitung	475
6.4.9.2.3	Überlaufleitung	475
6.4.9.2.4	Entleerungsleitung	476
6.4.9.2.5	Rohrbruchsicherung	476
6.4.9.2.6	Umführungsleitung	476
6.4.9.2.7	Löschwasserleitung	476
6.4.9.3	Rohrdurchführungen	476
6.4.9.4	Rohrmaterial	476
6.4.9.5	Korrosionsschutz	477
6.4.10	Entwässerungsanlage	477
6.4.11	Elektrische Einrichtung	478
6.4.11.1	Stromversorgung	478
6.4.11.2	Mess-, Steuer- und Regeltechnik	478
6.4.12	Dichtheitsprüfung	479
6.4.12.1	Forderung	479
6.4.12.2	Durchführen der Dichtheitsprüfung	479
6.4.13	Außenanlagen	482
6.4.14	Ausführungsbeispiele Hochbehälter	482
6.5	<i>Wasserturm</i>	487
6.5.1	Allgemein	487
6.5.2	Nutzzinhalt	487
6.5.3	Lage	487
6.5.3.1	Höhenlage	487
6.5.3.2	Lage zum Versorgungsgebiet	488
6.5.4	Allgemeine bauliche Anordnung	488
6.5.4.1	Allgemein	488
6.5.4.2	Behälter (Wasserkammern)	488
6.5.4.3	Schaft (Turmkonstruktion)	489
6.5.4.4	Bedienungsräume	489
6.5.5	Konstruktive Hinweise	490
6.5.5.1	Gründung	490
6.5.5.2	Wasserkammern	490

6.5.5.3	Besondere Beanspruchungen	490
6.5.5.4	Fertigteilbauweise	491
6.5.6	Zugang	491
6.5.7	Hydraulische Ausrüstung	491
6.5.8	Äußere Gestaltung	491
6.5.9	Mehrzweckbauwerke	491
6.5.10	Ausführungsbeispiele Wassertürme	492
6.6	<i>Tiefbehälter</i>	499
6.6.1	Allgemein	499
6.6.2	Speicherinhalt	499
6.6.3	Lage	500
6.6.4	Bauliche Anordnung	500
6.7	<i>Löschwasserbehälter</i>	500
6.7.1	Allgemein	500
6.7.2	Löschwasserteich	500
6.7.2.1	Fassungsvermögen	500
6.7.2.2	Lage	501
6.7.2.3	Bauliche und betriebliche Anforderungen	501
6.7.3	Unterirdische Löschwasserbehälter	502
6.7.3.1	Fassungsvermögen	502
6.7.3.2	Lage	502
6.7.3.3	Bauliche und betriebliche Anforderungen	502
6.8	<i>Maßnahmen zur Instandhaltung von Wasserbehältern</i>	503
6.8.1	Instandhaltung, Sanierung, Mangel, Schaden	503
6.8.2	Betriebshandbuch	505
6.8.3	Kontrolle, Reinigung und Desinfektion	506
6.8.4	Mängel und Schäden bei Wasserbehältern	507
6.8.5	Instandsetzungsplan/Instandsetzung, Sanierung oder Neubau	509
	<i>Literatur</i>	512
7.	Wasserverteilung	517
7.1	<i>Allgemeines</i>	517
7.2	<i>Werkstoffe</i>	518
7.2.1	Gusseisen (Grauguss, GG; Duktiguss, GGG)	518
7.2.2	Stahl (St)	518
7.2.3	Asbestzement (AZ)	518
7.2.4	Spannbeton (SpB) und Stahlbeton (StB)	519
7.2.5	Kunststoffe (PVC, PE, UP-GF)	519
7.2.6	Wahl der Werkstoffe	520
7.2.7	Korrosionsschutz	520
7.2.7.1	Außen- und Innenkorrosion	520
7.2.7.2	Arten des Korrosionsschutzes	521
7.2.7.2.1	Allgemeines	521
7.2.7.2.2	Passiver Schutz	521
7.2.7.2.3	Aktiver Schutz	523
7.3	<i>Bestandteile der Rohrleitungen</i>	524
7.3.1	Rohre und Formstücke	524
7.3.1.1	Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen (GGG)	524
7.3.1.1.1	Herstellung der Rohre	524
7.3.1.1.2	Druckstufen (nach DIN EN 805)	524
7.3.1.1.3	Abmessungen	525
7.3.1.1.4	Verbindungen	526
7.3.1.1.5	Formstücke aus duktilem Gusseisen	528

7.3.1.2	Rohre und Formstücke aus Stahl	532
7.3.1.2.1	Herstellung der Rohre	532
7.3.1.2.2	Druckstufen	533
7.3.1.2.3	Abmessungen	533
7.3.1.2.4	Verbindungen	534
7.3.1.2.5	Formstücke aus Stahl	535
7.3.1.3	Rohre aus Asbestzement (Faserzement) mit Formstücken aus Grauguss	536
7.3.1.3.1	Allgemeines	536
7.3.1.3.2	Druckstufen	536
7.3.1.3.3	Abmessungen (Tab. 7-10)	536
7.3.1.3.4	Verbindungen	536
7.3.1.3.5	Formstücke	537
7.3.1.4	Spannbetonrohre und Stahlbetonrohre	537
7.3.1.4.1	Allgemeines	537
7.3.1.4.2	Druckstufen	537
7.3.1.4.3	Verbindungen	537
7.3.1.5	PVC-U-Rohre (Kunststoff)	537
7.3.1.5.1	Herstellung der Rohre	537
7.3.1.5.2	Druckstufen	538
7.3.1.5.3	Abmessungen der Rohre für MDP 10 und MDP 16	538
7.3.1.5.4	Verbindungen	539
7.3.1.5.5	Formstücke	539
7.3.1.6	Polyethylen-Rohre (Kunststoff)	540
7.3.1.6.1	Herstellung der Rohre	540
7.3.1.6.2	Druckstufen	540
7.3.1.6.3	Abmessungen	540
7.3.1.6.4	Verbindungen	540
7.3.1.7	UP-GF-Rohre (Rohre aus glasfaserverstärkten Kunststoffen)	542
7.3.1.7.1	Herstellung der Rohre	542
7.3.1.7.2	Abmessungen und Verbindungen	542
7.3.2	Armaturen	543
7.3.2.1	Allgemeines	543
7.3.2.2	Werkstoffe	543
7.3.2.3	Korrosionsschutz	543
7.3.2.3.1	Korrosionsschutz der Außenseite	543
7.3.2.3.2	Korrosionsschutz der Innenseite	543
7.3.2.4	Absperr- und Regelarmaturen allgemein	544
7.3.2.4.1	Grundsätzliches	544
7.3.2.4.2	Fast immer geöffnete Absperrvorrichtungen	544
7.3.2.4.3	Fast immer geschlossene Absperrvorrichtungen	545
7.3.2.4.4	Regeleinrichtungen (DIN EN 1074-5)	547
7.3.2.4.5	Einbau von Absperr- und Regelarmaturen	548
7.3.2.4.6	Bedienung von Absperrarmaturen	549
7.3.2.5	Sonderbauarten	549
7.3.2.5.1	Membranventile	549
7.3.2.5.2	Ringförmige Gummimembranen	550
7.3.2.6	Rückflussverhindernde Armaturen (DIN EN 1074-3)	550
7.3.2.7	Sonstige Armaturen	551
7.3.2.7.1	Ent- und Belüftungen (DIN EN 1074-4)	551
7.3.2.7.2	Spülauslässe und Entleerungsvorrichtungen	556
7.3.2.7.3	Behältereinlaufarmaturen	558
7.3.2.7.4	Siebe	560

7.3.2.7.5	Hydranten.....	560
7.3.2.7.6	Druckminderventile.....	563
7.3.2.8	Armaturen für Hausanschlussleitungen.....	564
7.3.2.8.1	Allgemeines.....	564
7.3.2.8.2	Drehscheiben- und Steckscheibenverschlüsse.....	565
7.3.2.8.3	Anbohrbrücken.....	565
7.3.2.8.4	Bewegliche Steckscheiben.....	565
7.3.2.8.5	Weichdichtende Absperrschieber.....	565
7.3.2.8.6	Einfache Eckventile.....	565
7.3.3	Rohrleitungszubehör.....	566
7.3.3.1	Entlüftungsrohre.....	566
7.3.3.2	Schachtdeckel.....	566
7.3.3.3	Hinweisschilder.....	567
7.3.3.4	Leitern.....	568
7.4	<i>Planung von Rohrleitungen</i>	568
7.4.1	Allgemeines.....	568
7.4.2	Trassieren.....	569
7.4.2.1	Allgemeines.....	569
7.4.2.2	Geländeaufnahmen zu den Lageplänen.....	569
7.4.2.2.1	für Zubringer- und Fernleitungen.....	569
7.4.2.2.2	für Ortsnetze.....	571
7.4.2.3	Höhenaufnahmen für die Längsschnitte.....	572
7.4.2.3.1	Zweck der Längsschnitte.....	572
7.4.2.3.2	In den Längsschnitten festzuhaltende Punkte.....	573
7.4.2.3.3	Arten der Längsschnitte.....	573
7.4.3	Zeichnerische Darstellung.....	573
7.4.3.1	Allgemeines.....	573
7.4.3.2	Lagepläne.....	576
7.4.3.2.1	Berechnungslagepläne.....	576
7.4.3.2.2	Übersichtslagepläne.....	577
7.4.3.2.3	Entwurfslagepläne.....	577
7.4.3.2.4	Bestandslagepläne.....	579
7.4.3.2.5	Ausführungs- und Verlegeskizzen.....	580
7.4.3.3	Längsschnitte.....	580
7.4.3.3.1	Allgemeines.....	580
7.4.3.3.2	Übersichtslängsschnitte.....	580
7.4.3.3.3	Entwurfslängsschnitte.....	581
7.5	<i>Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen und Rohrnetzen</i>	582
7.5.1	Allgemeines.....	582
7.5.2	Hydrostatische Berechnungen.....	583
7.5.2.1	Hydrostatischer Druck.....	583
7.5.2.2	Hydrostatische Druckkraft.....	583
7.5.2.3	Auftrieb.....	584
7.5.3	Hydrodynamische Berechnungen.....	585
7.5.3.1	Grundlagen.....	585
7.5.3.1.1	Bewegungsarten des Wassers.....	585
7.5.3.1.2	Geschwindigkeitsverteilung.....	585
7.5.3.1.3	Reynolds'sche Zahl.....	586
7.5.3.1.4	Kontinuitätsgleichung.....	586
7.5.3.1.5	Gleichung der Erhaltung der Energie.....	586
7.5.3.1.6	Allgemein gültige Geschwindigkeitsformel.....	587
7.5.3.2	Druckhöhenverlust in Freispiegelgerinnen.....	587