

Peter Fritsch | Werner Knaus | Gerhard Merkl |
Erwin Preininger | Joachim Rautenberg |
Matthias Weiß | Burkhard Wricke

Mutschmann/Stimmelmayr

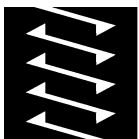
Taschenbuch der Wasserversorgung

Peter Fritsch | Werner Knaus | Gerhard Merkl |
Erwin Preininger | Joachim Rautenberg |
Matthias Weiß | Burkhard Wricke

Mutschmann / Stimmelmayr **Taschenbuch der Wasserversorgung**

15., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage
Mit 422 Abbildungen und 286 Tabellen

PRAXIS



**VIEWEG+
TEUBNER**

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 einschließlich der 11. Auflage erschien das Buch im Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart.

- 12. Auflage 1999
- 13. Auflage 2002
- 14. Auflage 2007
- 15., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage 2011

Alle Rechte vorbehalten

© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011

Lektorat: Karina Danulat | Sabine Koch

Vieweg+Teubner Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.viewegteubner.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.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Satz/Layout: Annette Prenzer

Druck und buchbinderische Verarbeitung: MercedesDruck, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8348-0951-3

Kapitelübersicht

Vorworte, Bearbeiter	IX
Inhaltsverzeichnis	XIII
Liste der Abkürzungen	XLI
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 Struktur der öffentlichen Wasserversorgung	13
2.2 Anschlussgrad	14
2.3 Wasserabgabe – Wasserverbrauch	14
2.4 Wasserverbrauch je Verbrauchseinheit	31
2.5 Wasserverbrauch der Industrie	36
2.6 Wassersparen	36
2.7 Wasserbedarf	38
3. Wassergewinnung	49
3.1 Wasserbilanz	49
3.2 Wasserhaushalt	52
3.3 Wasserangebot	63
3.4 Wasserfassungen	102
3.5 Wasserschutzgebiete	143
4. Wasseraufbereitung	157
4.1 Wasserbeschaffenheit	157
4.2 Trinkwasseraufbereitung	229
5. Wasserförderung	325
5.1 Maschinelle Einrichtungen	325
5.2 Elektrotechnik	347
5.3 Prozessleitsysteme und Fernwirktechnik	366
5.4 Förderanlagen	380
5.5 Wasserzählung und Wassermessung	411
6. Wasserspeicherung	429
6.1 Aufgaben der Wasserspeicherung	429
6.2 Arten der Wasserspeicherung	431
6.3 Speicherinhalt	434
6.4 Hochbehälter	443
6.5 Wasserturm	493
6.6 Tiefbehälter	504
6.7 Löschwasserbehälter	505
6.8 Maßnahmen zur Instandhaltung von Wasserbehältern	508

7.	Wasserverteilung	521
7.1	Allgemeines	521
7.2	Werkstoffe	521
7.3	Bestandteile der Rohrleitungen	528
7.4	Planung von Rohrleitungen	573
7.5	Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen und Rohrnetzen	586
7.6	Rohrleitungsbau	655
7.7	Hausinstallation (Trinkwasser-Installation)	708
8.	Brandschutz	721
8.1	Allgemeines	721
8.2	Löschwasserversorgung	721
8.3	Feuerlöschanlagen	722
8.4	Löschwasserleitungen	725
8.5	Ausrüstung der Feuerwehr	726
9.	Trinkwasserversorgung im Krisenfall	731
9.1	Allgemeines	731
9.2	Begriffsbestimmungen	731
9.3	Vorsorgemaßnahmen	732
9.4	Maßnahmen bei drohender Gefahr	736
9.5	Maßnahmen im Krisenfall	737
Bauabwicklung und Betrieb von Wasserversorgungsanlagen		739
10.	Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen	741
10.1	Allgemeines	741
10.2	Kleinanlage	741
10.3	Nicht ortsfeste Anlagen	744
11.	Planung und Bau	747
11.1	Aufgaben	747
11.2	Mitwirkung eines Ingenieurbüros	748
11.3	Verantwortlichkeit der am Bau Beteiligten	756
11.4	Vorplanung/Vorentwurf (VE)	758
11.5	Entwurfsplanung/Entwurf (E)	760
11.6	Bauoberleitung (BO)	765
11.7	Örtliche Bauüberwachung (BÜ)	766
11.8	Bauverwaltung (fachlich zuständige technische staatliche Verwaltung)	767
11.9	Üblicher Ablauf einer Wasserversorgungs-Baumaßnahme	768
12.	Baukosten von Wasserversorgungsanlagen	779
12.1	Allgemeines	779
12.2	Ermittlung der Angebotspreise (Kalkulation)	780
12.3	Kostenschätzung	786
12.4	Baukosten je Einheit	799
12.5	Kostenanteil der Anlageteile an den Gesamtkosten	800
12.6	Wertberechnung bestehender Anlagen	800
12.7	Lohn- und Materialanteil an den Gesamtkosten	804
13.	Betrieb, Verwaltung und Überwachung	805
13.1	Allgemeines	805
13.2	Organisation	806
13.3	Betrieb	814

13.4	Verwaltung.....	863
13.5	Überwachung.....	875
Anhang.....		879
14.	Gesetzliche Einheiten, Zahlenwerte, DVGW-Regelwerk, DIN-Normen u. Ä.....	881
14.1	Gesetzliche Einheiten.....	881
14.2	Umrechnung von Maßeinheiten aus dem amerikanischen („[US]“) und englischen („[E]“) ins metrische Maßsystem.....	885
14.3	Häufig benötigte Zahlenwerte und Gleichungen.....	886
14.4	Griechisches Alphabet.....	888
14.5	Verbände und Vereine.....	889
14.6	DVGW-Regelwerk.....	890
14.7	DIN-Normen.....	898
14.8	Gesetze, Verordnungen, Richtlinien.....	911
14.9	Zeitschriften des Wasserversorgungsfaches.....	915
14.10	Weitere Schriftenreihen und technische Mitteilungen.....	915
15.	Stichwortverzeichnis.....	917

Vorwort zur 15. Auflage

Folgende Autoren haben die vorliegende 15. Auflage in sämtlichen Kapiteln aktualisiert:

Dr. Peter Fritsch, Hof
 Werner Knaus, Nördlingen
 Dr.-Ing. Gerhard Merkl, München
 Dipl.-Ing. Erwin Preininger, München (**Schriftleitung**)
 Dipl.-Ing. Joachim Rautenberg, Uffenheim
 Dr.-Ing. Burkhard Wricke, Dresden
 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 2010

Die Verfasser

Bearbeiter der 15. Auflage

1. Dr. Peter Fritsch, Regierungsdirektor

für das Kapitel

– Wassergewinnung (3)

Fritsch ist Geologe und war lange Jahre am Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg Leiter des Fachbereichs Wasserversorgung, Grundwasser- und Bodenschutz. Einen Schwerpunkt seiner Tätigkeit bildete die Begutachtung von Wassergewinnungsanlagen und -schutzgebieten. Seit 2007 ist er beim Bayerischen Landesamt für Umwelt in Hof tätig und leitet dort das Referat Grundwasserschutz.

2. Werner Knaus, Werkleiter

für das Kapitel

– Betrieb, Verwaltung und Überwachung (13)

Knaus ist Bankkaufmann und Betriebswirt (prakt.). Von 1975 bis 2008 war er beim Zweckverband Bayerische Rieswasserversorgung in Nördlingen zunächst als kaufmännischer Geschäftsführer und seit 1990 als alleiniger Werkleiter tätig. Er brachte seine Erfahrungen in zahlreiche technisch-wissenschaftliche und kommunale Spitzenvereine und -verbände ein.

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 im Krisenfall (9)
- Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen (10)
- Planung und Bau (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. 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.

7. Dr.-Ing. Burkhard Wricke

für das Kapitel

- Wasseraufbereitung (4)

Wricke ist als promovierter Diplomingenieur Leiter der Außenstelle Dresden des DVGW-Technologiezentrums Wasser (TZW) Karlsruhe mit den Arbeitsschwerpunkten Trinkwasseraufbereitung und Wasserverteilung. Seine beruflichen praxisorientierten Erfahrungen ergänzen sich durch die Mitarbeit in nationalen und internationalen Gremien.

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

- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW – www.bdew.de)
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW – www.dvgw.de)
- Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN – www.beuth.de)
- Verband Kommunaler Unternehmen e.V. (VKU – www.vku.de)
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA – www.lawa.de)
- International Water Association (IWA – www.iwahq.org)

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

Vorwort zur 2. bis 14. Auflage

Zwischen 1956 und 1983 liegen 27 Jahre umfangreicher Erkenntnisse und Entwicklungen in der Wasserversorgungstechnik. Außerdem fallen 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 wird 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 ist 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 sind Anlass, das Taschenbuch völlig neu zu bearbeiten. Der in den früheren Auflagen enthaltene Allgemeine Teil, bestehend aus den Kapiteln Rechengrundlagen, Statik und Festigkeitslehre sowie Vermessung wird nicht mehr übernommen. Vor allem Taschenrechner, wie auch andere Taschenbücher, z. B. Betonkalender, Tiefbau-Taschenbuch u. a. sind hier einsetzbar. Die im Taschenbuch in einigen Kapiteln aufgeführten Formeln sind mit den heutigen programmierbaren Taschenrechnern unschwer zu handhaben, hierzu sind auch einige Rechenprogramme enthalten.

Mit dem Verlag wird 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 führt bereits im Jahre 1986 zur 9. Auflage, die insbesondere in den Kapiteln 5 (Wasserrförderung), 6 (Wasserspeicherung) und 7 (Wasserverteilung) neu bearbeitet wird.

Ein weitgehend neues Autorenteam zeichnet für die vollständig überarbeitete und aktualisierte 10. Auflage, die 1991 in erweiterter Stückzahl erschien und auch in den neuen Bundesländern Eingang findet. Der gute Absatz des Fachbuches führt bereits 1995 zur 11. Auflage ebenfalls in erweiterter Stückzahl.

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

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

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

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

Im Jahre 2007 erscheint die vollständig überarbeitete 14. Auflage und somit ist das Taschenbuch der Wasserversorgung 50 Jahre auf dem Markt.

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

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 <i>Allgemeine Forderungen</i>	7
1.4.2 <i>Arten der Wasserversorgung</i>	8
1.4.3 <i>Einzel- oder Doppelte Wasserversorgungsnetze</i>	8
1.4.4 <i>Keine Verbindung von öffentlichen Wasserversorgungsanlagen mit Eigenanlagen</i>	9
1.4.5 <i>Fremdwasserbezug</i>	10
1.5 <i>Planung einer Wasserversorgungsanlage</i>	10
1.6 <i>Anlagenteile einer Wasserversorgungsanlage</i>	11
<i>Literatur</i>	12
2. Wasserabgabe – Wasserverbrauch – Wasserbedarf	13
2.1 <i>Struktur der öffentlichen Wasserversorgung</i>	13
2.2 <i>Anschlussgrad</i>	14
2.3 <i>Wasserabgabe – Wasserverbrauch</i>	14
2.3.1 <i>Begriffe und bestimmende Faktoren</i>	14
2.3.2 <i>Wasserabgabe im Betrachtungszeitraum</i>	16
2.3.3 <i>Wasserabgabe pro Jahr</i>	16
2.3.3.1 <i>Größe und Bemessungsgrundlage</i>	16
2.3.3.2 <i>Schwankungen Q_a</i>	18
2.3.4 <i>Wasserabgabe pro Monat</i>	18
2.3.4.1 <i>Größe</i>	18
2.3.4.2 <i>Schwankung Q_{Mt} im Jahr</i>	18
2.3.5 <i>Wasserabgabe pro Tag</i>	19
2.3.5.1 <i>Größe und Bemessungsgrundlage</i>	19
2.3.5.2 <i>Schwankungen Q_d im Jahr</i>	19
2.3.5.2.1 <i>Größtwert $Q_{d\ max}$</i>	19
2.3.5.2.2 <i>Kleinstwert $Q_{d\ min}$</i>	21
2.3.5.3 <i>Schwankungen Q_d in der Woche</i>	21
2.3.5.4 <i>Wasserabgabe – Ganglinie – Dauerlinie</i>	21
2.3.6 <i>Wasserabgabe pro Stunde</i>	23
2.3.6.1 <i>Größe und Bemessungsgrundlage</i>	23
2.3.6.2 <i>Schwankungen Q_h während des Tages</i>	23
2.3.6.3 <i>Größtwert $Q_{h\ max}$</i>	25
2.3.6.3.1 <i>Größtwert $Q_{h\ max}$ nach DVGW-Umfragen</i>	25
2.3.6.3.2 <i>$Q_{h\ max}$ nach Stundenspitzenfaktor</i>	25
2.3.6.3.3 <i>$Q_{h\ max}$ nach max. Stundenprozentwert</i>	26
2.3.6.3.4 <i>$Q_{h\ max}$ nach einwohnerbezogener max. Stundenabgabe</i>	27
2.3.6.4 <i>Kleinstwert $Q_{h\ min}$</i>	28
2.3.7 <i>Bemessungsgrundlage für Sonderobjekte</i>	28
2.4 <i>Wasserverbrauch je Verbrauchseinheit</i>	31
2.4.1 <i>Berechnungsdurchfluss von Auslauf-Armaturen</i>	31

2.4.2	Wasserverbrauch je Einzelvorgang.....	32
2.4.3	Wasserverbrauch im Haushalt für einzelne Zwecke	32
2.4.4	Erfahrungswerte des Wasserverbrauchs je Verbrauchseinheit.....	33
2.4.5	Eigenverbrauch der WVU.....	35
2.4.6	Wasserverlust.....	35
2.5	<i>Wasserverbrauch der Industrie</i>	36
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.....	38
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.....	39
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 Wasserbedarf.....	41
2.7.3.4	Spitzenwerte	42
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	Grundschutz.....	43
2.7.4.3	Objektschutz	44
2.7.4.4	Löschwasser-Bereitstellung durch das WVU	44
2.7.5	Wasserbedarf im Krisenfall	44
2.7.6	Beispiel einer Wasserbedarfsberechnung.....	45
	<i>Literatur</i>	47
3.	Wassergewinnung	49
3.1	<i>Wasserbilanz</i>	49
3.1.1	Wasservorkommen der Erde	49
3.1.2	Arten der Wassergewinnung.....	50
3.2	<i>Wasserhaushalt</i>	52
3.2.1	Niederschlag	52
3.2.2	Verdunstung.....	56
3.2.3	Abfluss.....	57
3.2.3.1	Oberirdischer Abfluss	57
3.2.3.2	Unterirdischer Abfluss.....	59
3.2.3.2.1	Bodenwasser.....	59
3.2.3.2.2	Grundwasser	60
3.2.4	Einfluss des Klimawandels	63
3.3	<i>Wasserdargebot</i>	63
3.3.1	Grundwasser	63
3.3.1.1	Grundwasserleiter.....	63
3.3.1.2	Grundwasservorkommen	64

3.3.1.3	Grundwasserhydraulik	65
3.3.1.3.1	Allgemeines	65
3.3.1.3.2	Pumpversuche	67
3.3.1.3.3	Hohlraumanteil	75
3.3.1.3.4	Grundwasserströmung und -gefälle	76
3.3.1.3.5	Grundwasserfließgeschwindigkeit	77
3.3.1.4	Grundwassererkundung	79
3.3.1.4.1	Allgemeine Voraussetzungen	79
3.3.1.4.2	Hydrogeologische Untersuchungen	79
3.3.1.4.3	Geophysikalische Methoden	81
3.3.1.4.4	Versuchsbohrungen	82
3.3.1.4.5	Bohrlochmessungen	82
3.3.1.4.6	Grundwassermessstellen	83
3.3.1.4.7	Wasserbeschaffenheit	83
3.3.1.4.8	Auswirkungen	84
3.3.1.5	Grundwasserentnahme aus Brunnen	84
3.3.1.5.1	Allgemeines	84
3.3.1.5.2	Hydraulische Verhältnisse bei Einzelbrunnen	85
3.3.1.5.3	Hydraulische Verhältnisse bei Mehrbrunnenanlagen	89
3.3.1.5.4	Hydraulische Verhältnisse bei Sickergalerien	89
3.3.1.5.5	Hydraulische Verhältnisse bei Horizontalfilterbrunnen	90
3.3.1.6	Grundwasserableitung aus Quellen	92
3.3.1.7	Grundwassermodelle	94
3.3.2	Uferfiltrat	96
3.3.3	Grundwasseranreicherung	97
3.3.3.1	Unterirdische Versickerungsanlagen	98
3.3.3.2	Oberirdische Versickerungsanlagen	98
3.3.4	Oberflächenwasser	100
3.3.4.1	Niederschlagswasser	100
3.3.4.2	Luftfeuchtigkeit	100
3.3.4.3	Meerwasser	100
3.3.4.4	Flusswasser	100
3.3.4.5	Seen und Trinkwassertalsperren	100
3.3.5	Wahl der Wasserdargebots	101
3.4	<i>Wasserfassungen</i>	102
3.4.1	Quellfassungen	102
3.4.1.1	Vorbereitungen	102
3.4.1.2	Schichtquellenfassungen (absteigende Quellen)	102
3.4.1.3	Stauquellenfassungen (aufsteigende Quellen)	105
3.4.1.4	Dokumentation	107
3.4.1.5	Betrieb	107
3.4.1.6	Rückbau	107
3.4.2	Brunnen	108
3.4.2.1	Allgemeines	108
3.4.2.2	Schlagbrunnen	108
3.4.2.3	Spülbrunnen	108
3.4.2.4	Schachtbrunnen	108
3.4.2.5	Bohrbrunnen	109
3.4.2.5.1	Allgemeines	109
3.4.2.5.2	Planung und Bemessung	109
3.4.2.5.3	Herstellen der Bohrung	111
3.4.2.5.4	Brunnenausbau	117
3.4.2.5.5	Klarpumpen und Entsandern	125

	3.4.2.5.6	Pumpversuche.....	129
	3.4.2.5.7	Überwachung der Bohrung.....	130
	3.4.2.5.8	Dokumentation und Abnahme.....	130
	3.4.2.6	Großvertikalfilterbrunnen.....	131
	3.4.2.7	Brunnenreihen.....	132
	3.4.2.8	Horizontalfilterbrunnen.....	132
	3.4.2.9	Betrieb.....	134
	3.4.2.10	Leistungsrückgang.....	135
	3.4.2.11	Regenerierung.....	136
	3.4.2.12	Sanierung und Rückbau.....	137
3.4.3		Sickerfassungen.....	139
3.4.4		Stollenfassungen.....	139
3.4.5		Oberflächenwasserentnahmen.....	139
	3.4.5.1	Allgemeines.....	139
	3.4.5.2	Trinkwassertalsperren.....	139
	3.4.5.3	Seewasserfassungen.....	142
	3.4.5.4	Flusswasserfassungen.....	142
3.5		<i>Wasserschutzgebiete</i>	143
3.5.1		Schutzgebiete für Grundwasser.....	144
	3.5.1.1	Gefährdungen und Beeinträchtigungen.....	144
	3.5.1.2	Reinigungswirkung des Untergrundes.....	144
	3.5.1.3	Bemessung des Schutzgebiets und der Schutzzonen.....	145
	3.5.1.4	Schutzgebietsverordnung.....	147
	3.5.1.5	Überwachung.....	150
3.5.2		Schutzgebiete für Talsperren.....	150
	3.5.2.1	Allgemeines.....	150
	3.5.2.2	Gefährdungen und Beeinträchtigungen.....	151
	3.5.2.3	Bemessung des Schutzgebietes und der Schutzzonen.....	151
	3.5.2.4	Schutzgebietsverordnung.....	152
	3.5.2.5	Überwachung.....	154
3.5.3		Schutzgebiete für Seen und Flüsse.....	154
		<i>Literatur</i>	155
4.		Wasseraufbereitung	157
4.1		<i>Wasserbeschaffenheit</i>	157
4.1.1		Physikalisch-chemische Eigenschaften des reinen Wassers.....	157
	4.1.1.1	Bestandteile.....	157
	4.1.1.2	Aggregatzustand und Masse.....	157
	4.1.1.3	Viskosität.....	158
	4.1.1.4	Spezifische Wärme.....	158
	4.1.1.5	Zusammendrückbarkeit.....	159
	4.1.1.6	Chemisches Lösungsvermögen.....	159
	4.1.1.7	Folgeerscheinungen.....	160
4.1.2		Natürliche Rohwässer – Beschaffenheit und Anforderungen.....	160
	4.1.2.1	Allgemeines.....	160
	4.1.2.2	Grundwasser und Quellwasser.....	161
	4.1.2.3	Oberflächenwasser.....	165
	4.1.2.4	Künstlich angereichertes Grundwasser und Uferfiltrat.....	168
		4.1.2.4.1 Künstlich angereichertes Grundwasser.....	168
		4.1.2.4.2 Uferfiltrat.....	169
	4.1.2.5	Regenwasser.....	169
4.1.3		Anforderungen an Trinkwasser – DIN 2000.....	169
4.1.4		Anforderungen der EU-Richtlinie und der Trinkwasserverordnung (TrinkwV).....	170

4.1.5	Parameter zur Beurteilung der Wasserbeschaffenheit	172
4.1.5.1	Allgemeines	172
4.1.5.2	Mikrobiologische Parameter	173
4.1.5.2.1	Allgemeines	173
4.1.5.2.2	Escherichia coli, Coliforme Bakterien, Enterokokken	174
4.1.5.2.3	Koloniezahl, Clostridium perfringens (als Indikator für Parasiten)	174
4.1.5.2.4	Legionella pneumophila und andere Mikroorganismen	175
4.1.5.3	Chemische Parameter	175
4.1.5.3.1	Antimon (Sb)	175
4.1.5.3.2	Arsen (As)	176
4.1.5.3.3	Blei (Pb)	176
4.1.5.3.4	Cadmium (Cd)	177
4.1.5.3.5	Chrom (Cr)	177
4.1.5.3.6	Cyanid (CN ⁻)	177
4.1.5.3.7	Fluorid (F ⁻)	178
4.1.5.3.8	Nickel (Ni)	178
4.1.5.3.9	Nitrat (NO ₃ ⁻)	179
4.1.5.3.10	Nitrit (NO ₂ ⁻)	181
4.1.5.3.11	Quecksilber (Hg)	181
4.1.5.3.12	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	181
4.1.5.3.13	Organische Chlorverbindungen, THM, Bromat	182
4.1.5.3.14	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte (PSM)	182
4.1.5.3.15	Kupfer (Cu)	184
4.1.5.3.16	Selen (Se)	185
4.1.5.3.17	Bor (B)	185
4.1.5.3.18	Uran (U)	185
4.1.5.4	Indikatorparameter und Parameter ohne Grenzwerte	186
4.1.5.4.1	Allgemeines	186
4.1.5.4.2	Färbung	186
4.1.5.4.3	Trübung	186
4.1.5.4.4	Geruch	187
4.1.5.4.5	Temperatur	188
4.1.5.4.6	pH-Wert, Calcitlösekapazität	190
4.1.5.4.7	Leitfähigkeit	194
4.1.5.4.8	Oxidierbarkeit	195
4.1.5.4.9	Aluminium (Al)	195
4.1.5.4.10	Ammonium (NH ₄ ⁺)	197
4.1.5.4.11	Benzinzusatz MTBE	197
4.1.5.4.12	Barium (Ba)	198
4.1.5.4.13	Calcium (Ca)	198
4.1.5.4.14	Chlorid (Cl)	198
4.1.5.4.15	Eisen (Fe)	200
4.1.5.4.16	Kalium (K)	200
4.1.5.4.17	Zink (Zn)	200
4.1.5.4.18	Magnesium (Mg)	201
4.1.5.4.19	Mangan (Mn)	201
4.1.5.4.20	Natrium (Na)	202
4.1.5.4.21	Phenole (C ₆ H ₅ OH)	202
4.1.5.4.22	Phosphor (P)	202
4.1.5.4.23	Silber (Ag)	203
4.1.5.4.24	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	203
4.1.5.4.25	Gelöste oder emulgierte Kohlenwasserstoffe; Mineralöle	204
4.1.5.4.26	Arzneimittelrückstände	204

	4.1.5.4.27 Oberflächenaktive Stoffe.....	205
	4.1.5.4.28 Radioaktive Stoffe.....	205
	4.1.5.4.29 Pufferung, Säure- und Basekapazität.....	206
	4.1.5.4.30 Summe Erdalkalien (Härte).....	207
	4.1.5.4.31 Kohlensäure (CO ₂), anorganischer Kohlenstoff.....	209
	4.1.5.4.32 Summen- und Gruppenparameter für organische Stoffe.....	212
	4.1.5.4.33 Sauerstoff.....	213
	4.1.5.4.34 Redoxspannung.....	213
	4.1.5.4.35 Schwefelwasserstoff.....	214
	4.1.5.4.36 Geschmack.....	214
4.1.6	Zusatzstoffe zur Trinkwasseraufbereitung (Aufbereitungsstoffe).....	215
4.1.7	Durchführung der Wasseruntersuchungen.....	215
	4.1.7.1 Allgemeines.....	215
	4.1.7.2 Umfang und Häufigkeit der Untersuchungen.....	216
	4.1.7.3 Probenentnahme, Untersuchungen vor Ort.....	219
	4.1.7.4 Ergebnisangabe.....	220
	4.1.7.5 Beurteilung der Wasserbeschaffenheit einschließlich Korrosivität.....	221
4.1.8	Schutz des Wassers und Sanierungsmaßnahmen.....	223
	4.1.8.1 Allgemeines.....	223
	4.1.8.2 Schutz der Trinkwasserressourcen.....	224
	4.1.8.3 Schutz des Trinkwassers.....	227
4.1.9	Sicherheit in der Trinkwasserversorgung.....	228
4.2	<i>Trinkwasseraufbereitung</i>	229
4.2.1	Anforderungen und Verfahren.....	229
4.2.2	Physikalische Verfahren.....	231
	4.2.2.1 Vorreinigungsverfahren.....	231
	4.2.2.1.1 Rechen.....	231
	4.2.2.1.2 Entsandung.....	231
	4.2.2.1.3 Entölung.....	232
	4.2.2.1.4 Sieben.....	232
	4.2.2.2 Flockung, Sedimentation, Flotation.....	233
	4.2.2.2.1 Allgemeines.....	233
	4.2.2.2.2 Flockung.....	233
	4.2.2.2.3 Sedimentation.....	236
	4.2.2.2.4 Flotation.....	239
	4.2.2.3 Gasaustausch.....	239
	4.2.2.3.1 Allgemeines und Grundlagen.....	239
	4.2.2.3.2 Anlagen und Leistungsdaten.....	241
	4.2.2.4 Filtration.....	244
	4.2.2.4.1 Allgemeines.....	244
	4.2.2.4.2 Einteilung der Filter.....	244
	4.2.2.4.3 Bestandteile des Filters.....	245
	4.2.2.4.4 Filtermaterialien.....	246
	4.2.2.4.5 Bemessung und Betrieb.....	246
	4.2.2.4.6 Filterrückspülung.....	249
	4.2.2.4.7 Langsamfilter.....	250
	4.2.2.4.8 Feinfiltersysteme.....	251
	4.2.2.5 Membranverfahren.....	251
	4.2.2.5.1 Allgemeines.....	251
	4.2.2.5.2 Umkehrosiose und Nanofiltration (UO und NF).....	253
	4.2.2.5.3 Ultrafiltration und Mikrofiltration (UF und MF).....	255
4.2.2.6	Adsorption an Aktivkohle.....	255
	4.2.2.6.1 Allgemeines.....	255

	4.2.2.6.2	Einsatz von Kornaktivkohle.....	256
	4.2.2.6.3	Einsatz von Pulveraktivkohle.....	257
	4.2.2.7	Grundwasseranreicherung.....	257
4.2.3		Chemische Verfahren.....	258
	4.2.3.1	Flockung/Fällung.....	258
	4.2.3.2	Oxidation.....	258
	4.2.3.2.1	Allgemeines.....	258
	4.2.3.2.2	Ozon (O ₃).....	259
	4.2.3.2.3	Wasserstoffperoxid (H ₂ O ₂).....	261
	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 Calciumcarbonat.....	263
	4.2.3.3.3	Filtration über halbgebranntem Dolomit.....	264
	4.2.3.3.4	Zugabe von Alkalien.....	265
	4.2.3.4	Ionenaustausch.....	267
	4.2.3.4.1	Allgemeines.....	267
	4.2.3.4.2	Prinzip des Ionenaustausches.....	267
	4.2.3.4.3	Betrieb eines Ionenaustauschers.....	267
	4.2.3.4.4	Arten des Ionenaustausches.....	268
	4.2.3.4.5	Carix-Verfahren.....	269
	4.2.3.4.6	Elimination von Schwermetallen.....	270
4.2.4		Biologische Verfahren.....	270
4.2.5		Anwendung der Aufbereitungsverfahren.....	270
	4.2.5.1	Allgemeines.....	270
	4.2.5.2	Entsäuerung.....	271
	4.2.5.2.1	Allgemeines.....	271
	4.2.5.2.2	Verfahren zur Entsäuerung.....	271
	4.2.5.2.3	Auswahl des Verfahrens.....	271
	4.2.5.3	Enteisenung.....	273
	4.2.5.3.1	Allgemeines.....	273
	4.2.5.3.2	Sauerstoffzufuhr.....	273
	4.2.5.3.3	Sedimentation.....	274
	4.2.5.3.4	Filtration.....	274
	4.2.5.3.5	Unterirdische Enteisenung (und Entmanganung).....	276
	4.2.5.4	Entmanganung.....	277
	4.2.5.5	Aufbereitung von reduzierten Wässern.....	278
	4.2.5.6	Entfernen von organischen Inhaltsstoffen.....	279
	4.2.5.6.1	Algen, Plankton, sonstige organische Partikel.....	279
	4.2.5.6.2	Farbe, Geruch, Geschmack.....	279
	4.2.5.6.3	Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW).....	280
	4.2.5.6.4	Organische Spurenstoffe.....	280
	4.2.5.7	Entfernen der Stickstoffverbindungen.....	281
	4.2.5.7.1	Allgemeines.....	281
	4.2.5.7.2	Nitratentfernung.....	281
	4.2.5.7.3	Nitritentfernung.....	283
	4.2.5.7.4	Ammoniumentfernung.....	284
	4.2.5.8	Enthärtung.....	287
	4.2.5.8.1	Allgemeines.....	287
	4.2.5.8.2	Übersicht zu den Enthärtungsverfahren.....	287
	4.2.5.8.3	Langsamentcarbonisierung.....	290
	4.2.5.8.4	Schnellentcarbonisierung.....	290
	4.2.5.8.5	Kalk-Soda-Verfahren.....	291

4.2.5.9	Entsalzung	291
4.2.5.10	Aufhärtung.....	292
4.2.5.11	Dosierung von Phosphat und Silikat.....	293
4.2.5.12	Entfernen von anorganischen Spurenstoffen.....	294
	4.2.5.12.1 Allgemeines.....	294
	4.2.5.12.2 Arsenentfernung	294
	4.2.5.12.3 Aluminiumentfernung	295
	4.2.5.12.4 Nickelentfernung	296
	4.2.5.12.5 Uranentfernung.....	296
4.2.5.13	Dekontamination.....	296
4.2.5.14	Desinfektion.....	298
	4.2.5.14.1 Allgemeines.....	298
	4.2.5.14.2 Desinfektion mit Chlor und Hypochloriten	300
	4.2.5.14.3 Desinfektion mit Chlordioxid	303
	4.2.5.14.4 UV-Bestrahlung.....	305
	4.2.5.14.5 Desinfektion von Anlagen der Wasserversorgung.....	306
4.2.5.15	Spülwasser- und Schlammbehandlung	307
4.2.6	Mischwasser	311
	4.2.6.1 Allgemeines.....	311
	4.2.6.2 Zonentrennung.....	312
	4.2.6.3 Zentrale Mischung	313
	4.2.6.4 Aufbereitung bei der zentralen Mischung.....	313
	4.2.6.5 Angleichung der Wasserbeschaffenheit durch Aufbereitung	313
4.2.7	Beispielschemata von Aufbereitungsanlagen.....	314
4.2.8	Trinkwassernachbehandlung.....	315
	4.2.8.1 Allgemeines.....	315
	4.2.8.2 Mechanisch wirkende Filter.....	315
	4.2.8.3 Dosierung von Phosphaten und Silikaten	316
	4.2.8.4 Kationenaustauscher zur Enthärtung	316
	4.2.8.5 Sonstige Anlagen zur Trinkwassernachbehandlung.....	317
4.2.9	Bauwerke der Wasseraufbereitung	318
	4.2.9.1 Wahl des Verfahrens und des Standorts der Anlage	318
	4.2.9.2 Planung der Anlagenteile	318
	4.2.9.3 Ausschreibung	321
	4.2.9.4 Abnahme, Einweisung und Bedienungsvorschrift	321
	<i>Literatur</i>	323
5.	Wasserförderung	325
5.1	<i>Maschinelle Einrichtungen</i>	325
5.1.1	Betriebswerte von Pumpensystemen.....	325
	5.1.1.1 Förderstrom	325
	5.1.1.2 Förderhöhe und Förderdruck	325
	5.1.1.3 Nutzleistung einer Pumpe	327
	5.1.1.4 Leistungsbedarf eines Pumpenaggregates.....	327
5.1.2	Kreiselpumpen (KrP).....	327
	5.1.2.1 Anwendungsgebiet	327
	5.1.2.2 Bauformen von Kreiselpumpen	327
	5.1.2.2.1 Grundsätzlicher Aufbau.....	327
	5.1.2.2.2 Betriebsverhalten und Kennlinien von Kreiselpumpen	328
	5.1.2.2.3 Bauarten.....	330
	5.1.2.3 Saugverhalten von Kreiselpumpen	331
	5.1.2.4 Zusammenhang zwischen Kennlinie einer Kreiselpumpe und der Anlagenkennlinie.....	333

5.1.2.5	Regelung von Kreiselpumpen	335
5.1.2.5.1	Drehzahlregelung von Kreiselpumpen.....	335
5.1.2.5.2	Parallelbetrieb von Kreiselpumpen.....	336
5.1.2.5.3	Hintereinanderschalten von Kreiselpumpen	336
5.1.2.5.4	Drosselregelung von Kreiselpumpen	337
5.1.2.5.5	Bypassregelung von Kreiselpumpen.....	338
5.1.3	Abnahmeprüfung von Kreiselpumpen	338
5.1.3.1	Werkstoffprüfung.....	338
5.1.3.2	Hydraulische Abnahmeprüfung	338
5.1.3.2.1	Garantiewerte.....	339
5.1.3.2.2	Prüfergebnisse und Toleranzfaktoren	339
5.1.3.2.3	Nichterreichen vereinbarter Kennwerte	341
5.1.4	Sonstige Wasserhebevorrichtungen.....	341
5.1.4.1	Kolbenpumpen.....	341
5.1.4.1.1	Anwendungsgebiet.....	341
5.1.4.1.2	Bauarten und Förderstrom	341
5.1.4.1.3	Technische Eigenschaften.....	342
5.1.4.2	Mischluftpheber	342
5.1.4.3	Widder	343
5.1.4.4	Dosierpumpen	343
5.1.5	Nichtelektrische Antriebsmaschinen	344
5.1.5.1	Verbrennungsmotoren.....	344
5.1.5.1.1	Dieselmotoren.....	344
5.1.5.1.2	Benzinmotoren.....	345
5.1.5.1.3	Gasmotoren.....	345
5.1.5.2	Wasserkraftmaschinen	345
5.1.5.2.1	Wasserräder	345
5.1.5.2.2	Wasserturbinen	346
5.1.6	Luftverdichter und Gebläse.....	346
5.2	<i>Elektrotechnik</i>	347
5.2.1	Allgemeine Zusammenhänge	347
5.2.1.1	Grundgrößen	348
5.2.1.1.1	Stromarten	348
5.2.1.1.2	Spannung	348
5.2.1.1.3	Netzfrequenz in Drehstromnetzen.....	349
5.2.2	Elektromotoren.....	349
5.2.2.1	Wirkungsgrad.....	350
5.2.2.2	Drehzahl und Drehrichtung.....	350
5.2.2.2.1	Feste Drehzahlen.....	350
5.2.2.2.2	Variable Drehzahlen – Frequenzumrichter	351
5.2.2.2.3	Drehrichtung	352
5.2.2.3	Kraftübertragung	352
5.2.2.4	Anlassen von Elektromotoren	353
5.2.2.4.1	Direktanlauf.....	354
5.2.2.4.2	Stern-Dreieck-Anlauf.....	354
5.2.2.4.3	Elektronischer Sanftanlaufstarter	356
5.2.2.4.4	Frequenzumrichter	356
5.2.2.4.5	Anlasstransformator.....	357
5.2.2.4.6	Anlasswiderstände (Nur bei Schleifringläufermaschinen).....	357
5.2.2.5	Bauformen und Schutzarten der Elektromotoren	357
5.2.2.6	Blindstromkompensation	357
5.2.2.7	Motorerwärmung	358

5.2.3	Energieverteilung.....	358
5.2.3.1	Schaltgeräte	358
5.2.3.1.1	Schaltgeräte für Mittelspannungsanlagen	358
5.2.3.1.2	Schaltgeräte für Niederspannungsanlagen	359
5.2.3.2	Leitungen und Zubehör.....	359
5.2.3.2.1	Stromleitungen	359
5.2.3.2.2	Motoranschlüsse und Sicherungen	362
5.2.3.3	Transformatoren (Umspanner).....	362
5.2.3.4	Ersatzstromerzeugungsanlagen.....	363
5.2.4	Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen.....	363
5.2.4.1	Schutz gegen direktes Berühren.....	363
5.2.4.2	Schutz bei indirektem Berühren.....	363
5.2.4.2.1	Schutzisolierung	363
5.2.4.2.2	Schutztrennung	363
5.2.4.2.3	Schutzeinrichtungen im TN-Netz	364
5.2.4.2.4	Schutzeinrichtungen im TT-Netz.....	364
5.2.4.2.5	Schutzeinrichtungen im IT-Netz.....	365
5.2.4.2.6	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD).....	365
5.2.4.3	Weitere Sicherheitsregeln	365
5.3	<i>Prozessleitsysteme und Fernwirktechnik</i>	366
5.3.1	Aufgaben.....	366
5.3.1.1	Allgemeines.....	366
5.3.1.2	Messwerte und Meldungen	367
5.3.1.3	Besondere Sensoren und Geräte für selbsttätige Steuerungen und zur Fernüberwachung	368
5.3.2	Technischer Aufbau	369
5.3.2.1	Anlagenformen und -bestandteile	369
5.3.2.1.1	Anlagenformen	369
5.3.2.1.2	Zentrale.....	370
5.3.2.1.3	Unterstationen.....	370
5.3.2.1.4	Messumformer.....	370
5.3.2.2	Übertragungsrichtung	371
5.3.2.2.1	Fernüberwachungseinrichtungen zur Übertragung von Messwerten und Meldungen	371
5.3.2.2.2	Fernsteuereinrichtungen zur Übertragung von Stellwerten und Befehlen	371
5.3.2.3	Übertragungsverfahren	371
5.3.2.3.1	Zeit-Multiplex-Übertragung (ZM).....	371
5.3.2.3.2	Ältere Übertragungsverfahren	371
5.3.2.4	Übertragungswege	372
5.3.2.4.1	Betriebseigene Übertragungswege	372
5.3.2.4.2	Öffentliche Übertragungswege	372
5.3.2.4.3	Vergleich der Übertragungswege	373
5.3.3	Datenbehandlung	373
5.3.3.1	Datenerfassung und -verarbeitung	373
5.3.3.2	Datendarstellung und -speicherung und elektronische Verarbeitung	373
5.3.4	Betriebsweise der Anlagen.....	375
5.3.4.1	Handbetrieb	375
5.3.4.2	Halbautomatischer Betrieb	375
5.3.4.3	Vollautomatischer Betrieb	375
5.3.4.4	Allgemeines zum Eingreifen in Betriebsabläufe.....	377
5.3.5	Leittechnische Einrichtungen.....	377
5.3.5.1	Zentrales Prozessleitsystem	377

5.3.5.2	Vor-Ort-Bedienung	378
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.....	380
5.4.1.2.1	Hauptpumpwerk	380
5.4.1.2.2	Zwischenpumpwerk	381
5.4.1.2.3	Druckerhöhungsanlagen (DEA).....	381
5.4.2	Aspekte einzelner Förderanlagen	381
5.4.2.1	Grundwasserpumpwerk (GPW)	381
5.4.2.2	Druckerhöhungsanlagen (DEA) in Versorgungssystemen.....	383
5.4.2.2.1	Druckerhöhungsanlagen mit drehzahlgeregelten Antriebs- motoren	384
5.4.2.2.2	Druckerhöhungsanlagen als Druckbehälterpumpwerke (DBPW) ..	386
5.4.2.3	Drucksteigerungspumpwerke	387
5.4.2.4	Druckerhöhungsanlagen in Grundstücken	388
5.4.2.5	Pumpen als Turbinen (PAT)	390
5.4.3	Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen	392
5.4.3.1	Ursachen dynamischer Druckänderungen	392
5.4.3.2	Größe der Druckstöße	392
5.4.3.3	Abhilfemaßnahmen	393
5.4.4	Planung und Ausführung von Pumpwerken	394
5.4.4.1	Hydraulische Anforderungen	394
5.4.4.1.1	Verbundenes Gang- und Summenlinienverfahren.....	395
5.4.4.1.2	Verbundenes Gang-Dauerlinienverfahren	396
5.4.4.2	Pumpenbauart und Größe der Pumpensätze	397
5.4.4.2.1	Horizontale Kreiselpumpen	397
5.4.4.2.2	Vertikale Kreiselpumpen	397
5.4.4.2.3	Unterteilung der Pumpensätze	398
5.4.4.3	Standort einer Förderanlage	398
5.4.4.4	Raumprogramm	399
5.4.4.4.1	Lage der Räume zueinander.....	399
5.4.4.4.2	Raumhöhen	399
5.4.4.4.3	Platzbedarf für die Pumpensätze.....	399
5.4.4.4.4	Anordnung der Rohrleitungen	399
5.4.4.4.5	Unterbringung der elektrischen Anlagen	400
5.4.4.4.6	Belichtung und Beheizung	401
5.4.4.5	Sicherheit gegen Einbruch und Brand.....	401
5.4.4.6	Anforderungen an die Entwurfsplanung	402
5.4.4.7	Ausschreibung von Förderanlagen	402
5.4.4.7.1	Allgemeines	402
5.4.4.7.2	Anfragen für Kreiselpumpen	403
5.4.5	Dokumentation und Abnahme von Förderanlagen	403
5.4.6	Überwachung von Förderanlagen	404
5.4.7	Ausführungsbeispiele	406
5.5	<i>Wasserzählung und Wassermessung</i>	411
5.5.1	Allgemeines	411
5.5.1.1	Volumenmessungen (Wasserzähler)	412
5.5.1.2	Durchflussmessungen	412
5.5.2	Wasserzählung	412
5.5.2.1	Bauarten der Zähler.....	412
5.5.2.1.1	Flügelradzähler	412
5.5.2.1.2	Ringkolbenzähler	413

5.5.2.1.3	Woltmannzähler	413
5.5.2.1.4	Woltmannverbundzähler.....	414
5.5.2.1.5	Sonderzähler.....	414
5.5.2.1.6	Nass- und Trockenläufer.....	415
5.5.2.1.7	Zählwerke und Datenauslesung.....	415
5.5.2.2	Begriffe und Anforderungen.....	415
5.5.2.2.1	Maßgebende Begriffe	415
5.5.2.2.2	Anforderungen.....	416
5.5.2.3	Zählergrößen und Dimensionierung.....	417
5.5.2.3.1	Zählergrößen und Hauptmaße	417
5.5.2.3.2	Dimensionierung von Wasserzählern	418
5.5.3	Wassermessung.....	418
5.5.3.1	Durchflussmessung mittels Wasserzähler mit Zusatzeinrichtungen	418
5.5.3.2	Durchflussmessung nach dem magnetisch-induktiven Messverfahren	419
5.5.3.3	Durchflussmessung mittels Ultraschallgeräten	420
5.5.3.4	Weitere Verfahren	420
5.5.3.4.1	Durchflussmessung nach dem Wirkdruckverfahren	420
5.5.3.4.2	Durchflussmessung mit Schwebekörper.....	421
5.5.3.4.3	Überfallmessung.....	421
5.5.3.4.4	Kübelmessung	421
5.5.4	Hinweise für Einbau, Inbetriebnahme und Wartung von Zählern und Messvorrichtungen	422
5.5.4.1	Hauswasserzähler	422
5.5.4.1.1	Einbau.....	422
5.5.4.1.2	Einbauort	422
5.5.4.1.3	Inbetriebnahme	423
5.5.4.1.4	Wartung.....	423
5.5.4.1.5	Lagerung und Beförderung.....	423
5.5.4.2	Woltmannzähler.....	423
5.5.4.3	Ultraschall- und Venturi-Messanlagen	424
5.5.4.4	Magnetisch-induktive Messeinrichtungen	424
5.5.5	Zulassung, Eichung und Prüfung der Zähler.....	425
5.5.5.1	Technische und rechtliche Grundlagen.....	425
5.5.5.2	Prüfung und Überwachung durch das Wasserversorgungs-unternehmen	426
<i>Literatur</i>		426
6.	Wasserspeicherung	429
6.1	<i>Aufgaben der Wasserspeicherung</i>	429
6.1.1	Ausgleich zwischen Wasserzufluss und Wasserentnahme, Abdeckung von Verbrauchsspitzen.....	430
6.1.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung.....	430
6.1.3	Einhalten der Druckbereiche in Zubringerleitungen und Versorgungsleitungen	430
6.1.4	Überbrücken von Betriebsstörungen.....	430
6.1.5	Bereithalten von Löschwasser.....	431
6.1.6	Druckzonenversorgung	431
6.1.7	Misch- und Absetzbecken.....	431
6.1.8	Ausgleich der Abflüsse eines oberirdischen Gewässers in einer Trinkwassertalsperre....	431
6.2	<i>Arten der Wasserspeicherung</i>	431
6.2.1	Wasserbehälter in Hochlage.....	431
6.2.1.1	Hochbehälter.....	431
6.2.1.2	Wasserturm.....	432
6.2.2	Wasserbehälter in Tieflage.....	432
6.2.3	Druckbehälter	432

6.2.4	Lösungsmöglichkeiten	432
6.2.5	Trinkwassertalsperren	433
6.2.6	Grundwasserspeicher	433
6.2.7	Löschwasserspeicher	434
6.3	<i>Speicherinhalt</i>	434
6.3.1	Ausgleich der Verbrauchsschwankungen – Fluktuierendes Wasservolumen	435
6.3.1.1	Allgemeines	435
6.3.1.2	Rechnerische Ermittlung	435
6.3.1.3	Grafische Ermittlung	435
6.3.1.4	Beurteilung	438
6.3.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung im Tiefbehälter	439
6.3.3	Sicherheitsvorrat	440
6.3.4	Löschwasservorrat	441
6.3.5	Festlegen des Speicherinhalts in der Praxis	441
6.3.5.1	Allgemeines	441
6.3.5.2	Kleine und mittelgroße Anlagen	442
6.3.5.2.1	Nutzinhalt	442
6.3.5.2.2	Löschwasservorrat	442
6.3.5.3	Große Anlagen	442
6.3.5.4	Sehr große Anlagen über 50 000 m ³ /d	442
6.3.5.5	Gruppenanlagen	443
6.3.6	Speicherinhalt von Trinkwassertalsperren	443
6.4	<i>Hochbehälter</i>	443
6.4.1	Allgemeine Anforderungen	443
6.4.1.1	Versorgungstechnische Anforderungen	443
6.4.1.2	Bautechnische Anforderungen	443
6.4.1.3	Betriebliche Anforderungen	444
6.4.1.4	Sicherheitstechnische Anforderungen (Objektschutz)	445
6.4.1.5	Gestalterische Anforderungen	445
6.4.1.6	Wirtschaftliche Anforderungen	446
6.4.2	Lage	446
6.4.2.1	Höhenlage	446
6.4.2.2	Lage zum Versorgungsgebiet	447
6.4.2.2.1	Entfernung	447
6.4.2.2.2	Durchlaufbehälter	447
6.4.2.2.3	Gegenbehälter	448
6.4.2.3	Mehrere Hochbehälter in der gleichen Druckzone	449
6.4.2.3.1	Neuer Hochbehälter in unmittelbarer Nähe des bestehenden	449
6.4.2.3.2	Neuer Hochbehälter in größerer Entfernung zum bestehenden	449
6.4.2.4	Anforderungen an den Bauplatz	451
6.4.3	Bauliche Anordnung	451
6.4.3.1	Allgemein	451
6.4.3.2	Wasserkammer	451
6.4.3.2.1	Anzahl	451
6.4.3.2.2	Grundrissformen	451
6.4.3.2.3	Wassererneuerung	453
6.4.3.2.4	Wassertiefe	455
6.4.3.2.5	Wärmeschutz des Bauwerks	456
6.4.3.2.6	Anbau weiterer Kammern	457
6.4.3.2.7	Konstruktive Hinweise	458
6.4.3.3	Bedienungshaus	461
6.4.4	Bauausführung – Ort betonbauweise	462
6.4.4.1	Allgemeines	462

6.4.4.2	Baustoffe.....	463
6.4.4.2.1	Zement.....	463
6.4.4.2.2	Betonzuschlag.....	463
6.4.4.2.3	Betonzusatzmittel.....	463
6.4.4.2.4	Betonzusatzstoffe.....	463
6.4.4.2.5	Zugabewasser.....	464
6.4.4.2.6	Betonrezeptur.....	464
6.4.4.2.7	Betonstahl.....	464
6.4.4.2.8	Andere Baustoffe.....	464
6.4.4.3	Statische Bearbeitung.....	464
6.4.4.4	Verarbeiten des Betons.....	465
6.4.4.5	Betonnachbehandlung.....	466
6.4.4.6	Oberflächenbehandlung.....	467
6.4.4.6.1	Allgemeines.....	467
6.4.4.6.2	Bedienungshaus.....	467
6.4.4.6.3	Wasserkammern – Innenflächen.....	467
6.4.4.6.4	Wasserkammern – Außenflächen.....	470
6.4.5	Bauausführung – Fertigteilbauweise.....	471
6.4.5.1	Allgemeines.....	471
6.4.5.2	Fertigteil-Rundbehälter in Stahlbetonbauweise.....	471
6.4.5.3	Fertigteil-Rundbehälter in Spannbetonbauweise.....	472
6.4.5.4	Fertigteil-Rechteckbehälter in Stahlbetonbauweise.....	473
6.4.5.5	Fertigteil-Rechteckbehälter in Spannbetonbauweise.....	474
6.4.5.6	Fertigteil-Großrohrbehälter.....	475
6.4.5.7	Geschweißte Edelstahl-Rundbehälter.....	475
6.4.5.8	Vergleichende Betrachtung Trinkwasserbehälter aus Beton oder Edelstahl....	475
6.4.6	Zugang.....	476
6.4.7	Belichtung.....	477
6.4.7.1	Allgemeines.....	477
6.4.7.2	Wasserkammern.....	477
6.4.7.3	Bedienungshaus.....	477
6.4.8	Be- und Entlüftung.....	477
6.4.8.1	Allgemeines.....	477
6.4.8.2	Wasserkammern.....	478
6.4.8.3	Bedienungshaus.....	478
6.4.9	Hydraulische Ausrüstung.....	478
6.4.9.1	Allgemeines.....	478
6.4.9.2	Rohrleitungen.....	479
6.4.9.2.1	Zulaufleitung.....	479
6.4.9.2.2	Entnahmeleitung.....	481
6.4.9.2.3	Überlaufleitung.....	481
6.4.9.2.4	Entleerungsleitung.....	482
6.4.9.2.5	Rohrbruchsicherung.....	482
6.4.9.2.6	Umführungsleitung.....	482
6.4.9.2.7	Löschwasserleitung.....	482
6.4.9.3	Rohrdurchführungen.....	482
6.4.9.4	Rohrmaterial.....	482
6.4.9.5	Korrosionsschutz.....	483
6.4.10	Entwässerungsanlage.....	483
6.4.11	Elektrische Einrichtung.....	484
6.4.11.1	Stromversorgung.....	484
6.4.11.2	Mess-, Steuer- und Regeltechnik.....	484

6.4.12	Dichtheitsprüfung.....	485
6.4.12.1	Forderung.....	485
6.4.12.2	Durchführen der Dichtheitsprüfung	485
6.4.13	Außenanlagen.....	488
6.4.14	Ausführungsbeispiele Hochbehälter.....	488
6.5	<i>Wasserturm</i>	493
6.5.1	Allgemeines	493
6.5.2	Nutzzinhalt.....	493
6.5.3	Lage	493
6.5.3.1	Höhenlage.....	493
6.5.3.2	Lage zum Versorgungsgebiet.....	494
6.5.4	Allgemeine bauliche Anordnung.....	494
6.5.4.1	Allgemeines	494
6.5.4.2	Behälter (Wasserkammern).....	494
6.5.4.3	Schaft (Turmkonstruktion).....	495
6.5.4.4	Bedienungsräume.....	495
6.5.5	Konstruktive Hinweise.....	496
6.5.5.1	Gründung	496
6.5.5.2	Wasserkammern.....	496
6.5.5.3	Besondere Beanspruchungen	496
6.5.5.4	Fertigteilbauweise.....	497
6.5.6	Zugang	497
6.5.7	Hydraulische Ausrüstung	497
6.5.8	Äußere Gestaltung.....	497
6.5.9	Mehrzweckbauwerke	497
6.5.10	Ausführungsbeispiele Wassertürme	498
6.6	<i>Tiefbehälter</i>	504
6.6.1	Allgemeines	504
6.6.2	Speicherinhalt.....	504
6.6.3	Lage	504
6.6.4	Bauliche Anordnung	504
6.7	<i>Löschwasserbehälter</i>	505
6.7.1	Allgemeines	505
6.7.2	Löschwasserteich	505
6.7.2.1	Fassungsvermögen.....	505
6.7.2.2	Lage	505
6.7.2.3	Bauliche und betriebliche Anforderungen.....	505
6.7.3	Unterirdische Löschwasserbehälter.....	506
6.7.3.1	Fassungsvermögen.....	506
6.7.3.2	Lage	506
6.7.3.3	Bauliche und betriebliche Anforderungen.....	506
6.8	<i>Maßnahmen zur Instandhaltung von Wasserbehältern</i>	508
6.8.1	Instandhaltung, Sanierung, Mangel, Schaden.....	508
6.8.2	Betriebshandbuch.....	510
6.8.3	Kontrolle, Reinigung und Desinfektion	510
6.8.4	Mängel und Schäden bei Wasserbehältern	512
6.8.5	Instandsetzungsplan/Instandsetzung, Sanierung oder Neubau	514
	<i>Literatur</i>	518
7.	Wasserverteilung	521
7.1	<i>Allgemeines</i>	521
7.2	<i>Werkstoffe</i>	521
7.2.1	Gusseisen (Grauguss, GG; Duktiguss, GGG)	521

7.2.2	Stahl (St).....	522
7.2.3	Asbestzement (AZ).....	522
7.2.4	Spannbeton (SpB) und Stahlbeton (StB).....	522
7.2.5	Kunststoffe (PVC, PE, UP-GF)	523
7.2.6	Wahl der Werkstoffe.....	524
7.2.7	Korrosionsschutz	524
7.2.7.1	Außen- und Innenkorrosion	524
7.2.7.2	Arten des Korrosionsschutzes.....	525
7.2.7.2.1	Allgemeines.....	525
7.2.7.2.2	Passiver Schutz.....	525
7.2.7.2.3	Aktiver Schutz.....	527
7.3	<i>Bestandteile der Rohrleitungen</i>	528
7.3.1	Rohre und Formstücke.....	528
7.3.1.1	Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen (GGG)	528
7.3.1.1.1	Herstellung der Rohre.....	528
7.3.1.1.2	Druckstufen	528
7.3.1.1.3	Abmessungen	529
7.3.1.1.4	Verbindungen	530
7.3.1.1.5	Formstücke aus duktilem Gusseisen	536
7.3.1.2	Rohre und Formstücke aus Stahl	536
7.3.1.2.1	Herstellung der Rohre.....	536
7.3.1.2.2	Druckstufen	538
7.3.1.2.3	Abmessungen	538
7.3.1.2.4	Verbindungen	539
7.3.1.2.5	Formstücke aus Stahl.....	540
7.3.1.3	Rohre aus Asbestzement (Faserzement) mit Formstücken aus Grauguss	540
7.3.1.3.1	Allgemeines.....	540
7.3.1.3.2	Druckstufen	540
7.3.1.3.3	Abmessungen	540
7.3.1.3.4	Verbindungen	541
7.3.1.3.5	Formstücke	541
7.3.1.4	Spannbetonrohre und Stahlbetonrohre.....	541
7.3.1.4.1	Allgemeines.....	541
7.3.1.4.2	Druckstufen	542
7.3.1.4.3	Verbindungen	542
7.3.1.5	PVC-U-Rohre (Kunststoff).....	542
7.3.1.5.1	Herstellung der Rohre.....	542
7.3.1.5.2	Druckstufen	542
7.3.1.5.3	Abmessungen der Rohre für MDP 10 und MDP 16	542
7.3.1.5.4	Verbindungen	543
7.3.1.5.5	Formstücke	544
7.3.1.6	Polyethylen-Rohre (Kunststoff).....	544
7.3.1.6.1	Herstellung der Rohre.....	544
7.3.1.6.2	Druckstufen	544
7.3.1.6.3	Abmessungen und Kennzeichnung.....	545
7.3.1.6.4	Verbindungen	545
7.3.1.7	UP-GF-Rohre (Rohre aus glasfaserverstärkten Kunststoffen)	547
7.3.1.7.1	Herstellung der Rohre.....	547
7.3.1.7.2	Abmessungen und Verbindungen.....	547
7.3.2	Armaturen.....	548
7.3.2.1	Allgemeines.....	548
7.3.2.2	Werkstoffe	548

7.3.2.3	Korrosionsschutz.....	548
7.3.2.3.1	Grundsätzliches.....	548
7.3.2.3.2	Korrosionsschutz der Außenseite.....	548
7.3.2.3.3	Korrosionsschutz der Innenseite.....	548
7.3.2.4	Absperr- und Regelarmaturen allgemein.....	549
7.3.2.4.1	Grundsätzliches.....	549
7.3.2.4.2	Fast immer geöffnete Absperrvorrichtungen.....	550
7.3.2.4.3	Fast immer geschlossene Absperrvorrichtungen.....	551
7.3.2.4.4	Regeleinrichtungen (DIN EN 1074-5).....	552
7.3.2.4.5	Einbau von Absperr- und Regelarmaturen.....	553
7.3.2.4.6	Bedienung von Absperrarmaturen.....	554
7.3.2.5	Sonderbauarten.....	554
7.3.2.5.1	Membranventile.....	554
7.3.2.5.2	Ringförmige Gummimembranen.....	555
7.3.2.6	Rückflussverhindernde Armaturen.....	555
7.3.2.7	Sonstige Armaturen.....	556
7.3.2.7.1	Ent- und Belüftungen.....	556
7.3.2.7.2	Spülauslässe und Entleerungsvorrichtungen.....	561
7.3.2.7.3	Behältereinlaufarmaturen.....	563
7.3.2.7.4	Siebe.....	565
7.3.2.7.5	Hydranten.....	565
7.3.2.7.6	Druckminderventile.....	567
7.3.2.8	Armaturen für Hausanschlussleitungen.....	568
7.3.2.8.1	Allgemeines.....	568
7.3.2.8.2	Ventilanbohrschellen.....	569
7.3.2.8.3	Drehscheiben- und Steckscheibenverschlüsse.....	569
7.3.2.8.4	Anbohrbrücken.....	570
7.3.2.8.5	Weichdichtende Absperrschieber.....	570
7.3.2.8.6	Einfache Eckventile.....	570
7.3.3	Rohrleitungszubehör.....	571
7.3.3.1	Entlüftungsrohre.....	571
7.3.3.2	Schachtdeckel.....	571
7.3.3.3	Hinweisschilder.....	572
7.3.3.4	Leitern.....	572
7.4	Planung von Rohrleitungen.....	573
7.4.1	Allgemeines.....	573
7.4.2	Trassieren.....	573
7.4.2.1	Allgemeines.....	573
7.4.2.2	Geländeaufnahmen zu den Lageplänen.....	573
7.4.2.2.1	für Zubringer- und Fernleitungen.....	573
7.4.2.2.2	für Ortsnetze.....	575
7.4.2.3	Höhenaufnahmen für die Längsschnitte.....	577
7.4.2.3.1	Zweck der Längsschnitte.....	577
7.4.2.3.2	In den Längsschnitten festzuhaltende Punkte.....	577
7.4.2.3.3	Arten der Längsschnitte.....	577
7.4.3	Zeichnerische Darstellung.....	577
7.4.3.1	Allgemeines.....	577
7.4.3.2	Lagepläne.....	580
7.4.3.2.1	Berechnungslagepläne.....	580
7.4.3.2.2	Übersichtslagepläne.....	581
7.4.3.2.3	Entwurfslagepläne.....	581
7.4.3.2.4	Bestandslagepläne.....	583
7.4.3.2.5	Ausführungs- und Verlegeskizzen.....	584

7.4.3.3	Längsschnitte	584
7.4.3.3.1	Allgemeines	584
7.4.3.3.2	Übersichtslängsschnitte	584
7.4.3.3.3	Entwurfslängsschnitte	585
7.5	<i>Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen und Rohrnetzen</i>	586
7.5.1	Allgemeines	586
7.5.2	Hydrostatische Berechnungen	587
7.5.2.1	Hydrostatischer Druck	587
7.5.2.2	Hydrostatische Druckkraft	588
7.5.2.3	Auftrieb	589
7.5.3	Hydrodynamische Berechnungen	589
7.5.3.1	Grundlagen	589
7.5.3.1.1	Bewegungsarten des Wassers	589
7.5.3.1.2	Geschwindigkeitsverteilung	589
7.5.3.1.3	Reynolds'sche Zahl	590
7.5.3.1.4	Kontinuitätsgleichung	590
7.5.3.1.5	Gleichung der Erhaltung der Energie	590
7.5.3.1.6	Allgemein gültige Geschwindigkeitsformel	591
7.5.3.2	Druckhöhenverlust in Freispiegelgerinnen	591
7.5.3.3	Druckhöhenverlust in geraden Druckrohrleitungen	591
7.5.3.3.1	Formeln von Darcy-Weisbach und Colebrook-White	591
7.5.3.3.2	Potenzformeln	612
7.5.3.4	Druckhöhenverlust in Rohrleitungseinbauten	614
7.5.3.4.1	Allgemeines	614
7.5.3.4.2	ζ -Wert für Einlauf in eine Rohrleitung	614
7.5.3.4.3	ζ -Wert für Erweiterungen	614
7.5.3.4.4	ζ -Wert für Verengungen	614
7.5.3.4.5	ζ -Wert für Krümmer	615
7.5.3.4.6	ζ -Wert für Kniestücke	615
7.5.3.4.7	ζ -Wert für Abzweige	616
7.5.3.4.8	ζ -Wert für Armaturen	617
7.5.3.4.9	ζ -Wert für Kleinformstücke und -armaturen	617
7.5.3.4.10	ζ -Wert für Wasserzähler	617
7.5.3.5	Freier Ausfluss aus einem Behälter bzw. einer Rohrleitung	618
7.5.3.6	Hydraulische Hilfsrechnungen	618
7.5.3.6.1	Umrechnung von Rohrlängen mit verschiedenem DN	618
7.5.3.6.2	Leistungsverzweigungen	619
7.5.3.6.3	Einteilung einer Rohrleitung in verschiedene DN	620
7.5.4	Bemessung und Berechnung von Rohrleitungen	621
7.5.4.1	Allgemeines	621
7.5.4.2	Bemessen von Zubringer- und Fernleitungen	621
7.5.4.2.1	Allgemeines	621
7.5.4.2.2	Durchfluss Q	621
7.5.4.2.3	Fließgeschwindigkeit	622
7.5.4.2.4	Rauheit	622
7.5.4.2.5	Druckhöhe	622
7.5.4.2.6	Beispiel	623
7.5.4.3	Berechnen bestehender Zubringer- und Fernleitungen	623
7.5.5	Bemessen von Rohrnetzen	623
7.5.5.1	Allgemeines	623
7.5.5.2	Geforderte Leistung des Rohrnetzes	623
7.5.5.2.1	Bemessungsdurchfluss	623
7.5.5.2.2	Löschwasserbedarf	624

	7.5.5.2.3	Druckhöhe	624
7.5.5.3		Bemessungsunterlagen.....	625
	7.5.5.3.1	Rohrnetzplan.....	625
	7.5.5.3.2	Belastungsplan.....	625
	7.5.5.3.3	Bemessungsplan und Bemessungstabelle	625
	7.5.5.3.4	Nachteile des Verästelungssystems.....	626
7.5.6		Berechnen von vermaschten Rohrnetzen	627
	7.5.6.1	Grundlage.....	627
	7.5.6.2	Analog-Modelle	627
	7.5.6.3	Rechenverfahren, Digital-Modelle.....	628
	7.5.6.3.1	Allgemeines	628
	7.5.6.3.2	Verfahren mit Druckhöhenausgleich	628
	7.5.6.3.3	Verfahren mit Durchflussausgleich.....	628
	7.5.6.3.4	Berechnungsunterlagen.....	629
7.5.7		Rohrnetzrechnung unter Verwendung geografischer Informationssysteme	632
7.5.8		Bemessen und Berechnen von Anschlussleitungen.....	632
7.5.9		Statische Beanspruchung von Rohren.....	637
	7.5.9.1	Allgemeines	637
	7.5.9.2	Beanspruchung durch Innendruck.....	637
	7.5.9.2.1	Größe der Belastung	637
	7.5.9.2.2	Spannungen durch Radialkräfte	638
	7.5.9.2.3	Bemessung der Wanddicken von Druckrohren.....	639
	7.5.9.2.4	Beanspruchung durch Axialkräfte.....	640
	7.5.9.3	Beanspruchung erdverlegter Rohre durch äußere Kräfte	641
	7.5.9.3.1	Allgemeines	641
	7.5.9.3.2	Grundformen der Belastung des erdverlegten Rohres.....	641
	7.5.9.3.3	Kennwerte der Belastungen	642
	7.5.9.3.4	Kennwerte der Rohrwerkstoffe.....	643
	7.5.9.3.5	Kennwerte des Beispiels einer Berechnung	644
	7.5.9.3.6	Berechnung der Beanspruchung durch die Erdlast	645
	7.5.9.3.7	Berechnung der Beanspruchung durch eine Flächenlast.....	648
	7.5.9.3.8	Berechnung der Beanspruchung aus Verkehrslast	650
	7.5.9.3.9	Vertikale Gesamtbelastung des Rohres.....	651
	7.5.9.3.10	Horizontale Gesamtbelastung des Rohres.....	651
	7.5.9.3.11	Sicherheiten gegen Verformung, Beulen und Beanspruchung durch äußeren Wasserdruck	652
	7.5.9.3.12	Schnittkräfte und Spannungen des radial belasteten Rohres	652
	7.5.9.3.13	Schnittkräfte und Spannungen des axial belasteten Rohres	654
	7.5.9.4	Beanspruchung des Rohres beim Vortrieb.....	654
	7.5.9.4.1	Vorpresskraft	654
	7.5.9.4.2	Einrichtung für das Vorpressen.....	655
	7.5.9.4.3	Statische Berechnung von Stahlrohren	655
7.6		<i>Rohrleitungsbau</i>	655
7.6.1		Allgemeines	655
7.6.2		Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen.....	656
	7.6.2.1	Herstellen des Rohrgrabens (RG)	656
	7.6.2.1.1	Vorarbeiten	656
	7.6.2.1.2	Arbeitsstreifenbreite.....	656
	7.6.2.1.3	Rohrgrabentiefe	657
	7.6.2.1.4	Rohrgrabenbreite	660
	7.6.2.1.5	Arbeitsvorgang beim RG-Aushub.....	662
	7.6.2.1.6	Bodenarten.....	662
	7.6.2.1.7	Grabenverbau.....	663

	7.6.2.1.8	Wasserhaltung	666
	7.6.2.1.9	Sohlenbefestigung	667
	7.6.2.1.10	Wiedereinfüllen des RG nach dem Einlegen der Rohre	668
7.6.2.2		Einbauen der Rohrleitung	669
	7.6.2.2.1	Abnahme der Rohre und Formstücke	669
	7.6.2.2.2	Transport	670
	7.6.2.2.3	Ausbessern von Schäden	670
	7.6.2.2.4	Anbringen eines zusätzlichen Außenschutzes	670
	7.6.2.2.5	Verlegen der Rohre.....	671
	7.6.2.2.6	Verbinden der Rohre	671
	7.6.2.2.7	Vervollständigen des Außenschutzes nach dem Verbinden der Rohre.....	677
	7.6.2.2.8	Sicherung der Krümmer und Abzweige gegen Ausweichen.....	677
	7.6.2.2.9	Überprüfung der Verlegearbeit.....	680
7.6.2.3		Druckprüfung.....	680
	7.6.2.3.1	Allgemeines.....	680
	7.6.2.3.2	Prüfstrecken.....	681
	7.6.2.3.3	Sichern der Rohrleitung.....	681
	7.6.2.3.4	Füllen der Rohrleitung.....	681
	7.6.2.3.5	Schutz gegen Temperatureinflüsse	681
	7.6.2.3.6	Ermittlung des Prüfdruckes(DVGW W 400-2, Abschn. 16.4).....	682
	7.6.2.3.7	Grundsätzliche Schritte der Druckprüfung	682
	7.6.2.3.8	Gerätetechnik (DVGW W 400-2, Abschn. 16.6).....	682
	7.6.2.3.9	Durchführung der Prüfung.....	683
	7.6.2.3.10	Abnahme	684
7.6.2.4		Nacharbeiten.....	687
	7.6.2.4.1	Endgültiges Überfüllen der Leitungen.....	687
	7.6.2.4.2	Reinigung der Leitungsteile, Anstrich	687
	7.6.2.4.3	Hinweise zum Auffinden der Einbauten und Leitungen.....	687
	7.6.2.4.4	Spülung und Desinfektion der fertigen Rohrleitung	687
	7.6.2.4.5	Durchflussprüfung.....	690
7.6.3		Anschlussleitungen (Hausanschlüsse).....	691
	7.6.3.1	Bestandteile der Anschlussleitung	691
	7.6.3.2	Einbautiefe und Lage	691
	7.6.3.3	Nennweite.....	691
	7.6.3.4	Einbau der Anschlussleitung.....	692
	7.6.3.4.1	Allgemeines.....	692
	7.6.3.4.2	Kunststoffrohre aus Polyethylen.....	692
	7.6.3.4.3	Hauseinführung	692
	7.6.3.4.4	Druckprobe.....	693
	7.6.3.4.5	Anbohren.....	693
	7.6.3.5	Wasserzählereinbau	694
7.6.4		Besondere Bauwerke	696
	7.6.4.1	Straßenkreuzungen	696
	7.6.4.2	Kreuzungen mit Wasserläufen.....	698
	7.6.4.3	Rohrüberführungen über Flüsse (Brückenleitungen).....	701
	7.6.4.4	Bahnkreuzungen	702
	7.6.4.4.1	Grundregeln.....	702
	7.6.4.4.2	Einlegen der Wasserleitung in Bahnunterführungen	703
	7.6.4.4.3	Einlegen der Wasserleitung unter den Gleiskörper.....	703
	7.6.4.4.4	Überführen von Wasserleitungen über Bahngleise.....	704
	7.6.4.4.5	Verlegung von Wasserleitungen an Eisenbahnbrücken.....	705