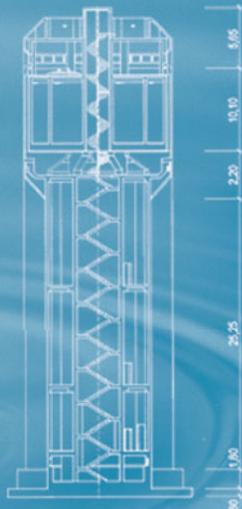


Andreas Baur
Peter Fritsch
Winfried Hoch
Gerhard Merkl
Joachim Rautenberg
Matthias Weiß
Burkhard Wricke



Mutschmann/ Stimmelmayr Taschenbuch der Wasserversorgung

17. Auflage

EBOOK INSIDE



Springer Vieweg

Mutschmann/Stimmelmayr
Taschenbuch der Wasserversorgung

Andreas Baur · Peter Fritsch · Winfried Hoch ·
Gerhard Merkl · Joachim Rautenberg ·
Matthias Weiß · Burkhard Wricke

Mutschmann/Stimmelmayr Taschenbuch der Wasser- versorgung

17. Auflage

Andreas Baur
Baurconsult, Architekten · Ingenieure
Haßfurt, Deutschland

Winfried Hoch
Stuttgart, Deutschland

Joachim Rautenberg
Uffenheim, Deutschland

Burkhard Wricke
Dresden, Deutschland

Peter Fritsch
Hof, Deutschland

Gerhard Merkl
München, Deutschland

Matthias Weiß
Weil der Stadt, Deutschland

ISBN 978-3-658-23221-4 ISBN 978-3-658-23222-1 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-23222-1>

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 1999, 2002, 2007, 2011, 2014, 2019, korrigierte Publikation 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Dr. Daniel Fröhlich

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Kapitelübersicht

Vorwort zur 17. Auflage	IX
Bearbeiter der 17. Auflage	IX
Liste der Abkürzungen	XLI

Einführung

1

1. Ziele und Aufgaben der Wasserversorgung	3
1.1 Übergeordnete Ziele	3
1.2 Ziele der Wasserversorgungsunternehmen	4
1.3 Hauptaufgaben der Wasserversorgung	9
1.4 Entwicklung der öffentlichen Wasserversorgung	12
Literatur	13

Grundlagen

15

2. Wasserabgabe und Wasserbedarf	17
2.1 Struktur der öffentlichen Wasserversorgung	17
2.2 Wasserbedarf	18
2.3 Wasserbedarf je Verbrauchseinheit	38
2.4 Wasserbedarf der Industrie	45
2.5 Wassersparen	46
2.6 Ermittlung des Wasserbedarfs	48
2.7 Beispiel einer Wasserbedarfsberechnung	52
3. Hydraulische Berechnungsgrundlagen	55
3.1 Allgemeines	55
3.2 Hydrostatische Berechnungen	55
3.3 Hydraulische Druckverlustberechnungen	58
3.4 Berechnen von Rohrnetzen	80
3.5 Ausflussformel nach Torricelli	92
3.6 Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen	94
Literatur	99

Technik der Wasserversorgung

101

4. Wassergewinnung	103
4.1 Wasserbilanz	103
4.2 Wasserhaushalt	106
4.3 Wasserdargebot	117
4.4 Wasserfassungen	158
4.5 Allgemeiner Gewässerschutz und Sanierungsmaßnahmen	201
4.6 Trinkwasserschutz	211
Literatur	223

5.	Wasseraufbereitung	227
5.1	Wasserbeschaffenheit	227
5.2	Trinkwasseraufbereitung	284
5.3	Sicherung der Trinkwasserbeschaffenheit bei der Verteilung	368
5.4	Wasserbehandlung in der Trinkwasser-Installation	378
	Literatur	381
6.	Energieeinsatz und Wasserförderung	385
6.1	Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen	385
6.2	Elektrotechnik	389
6.3	Förderanlagen	409
	Literatur	461
7.	Wasserspeicherung	463
7.1	Aufgaben der Wasserspeicherung	464
7.2	Arten der Wasserspeicherung	466
7.3	Speicherinhalt	469
7.4	Hochbehälter	478
7.5	Wasserturm	540
7.6	Tiefbehälter	547
7.7	Löschwasserbehälter	548
7.8	Maßnahmen zur Instandhaltung von Wasserbehältern	551
	Literatur	564
8.	Wasserverteilung	569
8.1	Allgemeines	569
8.2	Werkstoffe	570
8.3	Bestandteile der Rohrleitungen	576
8.4	Planung von Rohrleitungen	625
8.5	Rohrleitungsbau	647
8.6	Hausinstallation (Trinkwasser-Installation)	701
	Literatur	707
9.	Löschwasserversorgung	707
9.1	Allgemeines	707
9.2	Löschwasserbedarf	708
9.3	Löschwasser-Bereitstellung für den Grundschutz durch das WVU	710
9.4	Brandschutz	712
9.5	Ausrüstung der Feuerwehr	717
9.6	Wasserbedarf im Krisenfall	720
	Literatur	721
10.	Prozessleittechnik und Messtechnik	723
10.1	Prozessleittechnik	723
10.2	Wasserzähler und Wassermessung	739
10.3	Sicherheit in der Informationstechnologie	755
	Literatur	759

11. Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen	761
11.1 Allgemeines	761
11.2 Kleinanlagen	761
11.3 Nicht ortsfeste Anlagen	764
Literatur	765

Planung, Bau, Betrieb, Instandhaltung und Management 767

12. Planung und Bau	769
12.1 Aufgaben und Verantwortlichkeit	769
12.2 Vorplanung/Vorentwurf (VE)	787
12.3 Entwurfsplanung/Entwurf (E)	789
12.4 Ausführungsplanung, Vorbereiten der Vergabe und Mitwirken bei der Vergabe	795
12.5 Bauoberleitung (BO)	796
12.6 Örtliche Bauüberwachung (BÜ)	797
12.7 Bauverwaltung (fachlich zuständige technische staatliche Verwaltung)	798
12.8 Üblicher Ablauf einer Wasserversorgungs-Baumaßnahme	799
12.9 Baukosten von Wasserversorgungsanlagen	809
Literatur	835

13. Management, Betrieb und Instandhaltung	837
13.1 Allgemeines	837
13.2 Versorgungsmöglichkeiten	837
13.3 Kommunale Pflichtaufgabe	838
13.4 Größenstruktur	839
13.5 Organisationsformen und Organisationsstruktur	839
13.6 Kaufmännische Aufgaben (Verwaltung)	849
13.7 Aufgaben des technischen Bereiches	858
13.8 Weitere Aufgaben	884
13.9 Technisches Sicherheitsmanagement (TSM)	909
13.10 Rechtliche Grundlagen	910
13.11 Staatliche Überwachung	922
Literatur	923

Anhang 925

14. Gesetzliche Einheiten, Zahlenwerte, DVGW-Regelwerk, DIN-Normen u. Ä.	927
14.1 Gesetzliche Einheiten	927
14.2 Umrechnung von Maßeinheiten aus dem amerikanischen („[US]“) und englischen („[E]“) ins metrische Maßsystem	931
14.3 Häufig benötigte Zahlenwerte und Gleichungen	932
14.4 Griechisches Alphabet	934
14.5 Verbände und Vereine	935
14.6 DVGW-Regelwerk	936
14.7 DIN-Normen	945
14.8 Gesetze, Verordnungen, Richtlinien	959
14.9 Zeitschriften des Wasserversorgungsfaches	963
14.10 Weitere Schriftenreihen und technische Mitteilungen	964

Erratum zu: Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung	E1
---	----

Sachwortverzeichnis	965
---------------------------	-----

Vorwort zur 17. Auflage

Nach dem Ausscheiden von Dr.-Ing. Franz Otillinger haben die folgende Autoren die vorliegende 16. Auflage in sämtlichen Kapiteln aktualisiert und zum Teil neu gegliedert:

Dipl. Ing. Andreas Baur, Haßfurt
 Dr. Peter Fritsch, Hof
 Prof. Dr.-Ing. Winfried Hoch, Stuttgart
 Dr.-Ing. habil. Gerhard Merkl, München
 Dipl.-Ing. Joachim Rautenberg, Uffenheim (**Schriftleitung**)
 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, der Instandhaltung und dem Management von Wasserversorgungsanlagen befassen.

Für zugehende Anregungen sind die Autoren jederzeit dankbar.

August 2018

Die Verfasser

Bearbeiter der 17. Auflage

1. Dipl. Ing. Andreas Baur

für das Kapitel

– Planung und Bau (12)

Baur ist nach Studium an der TU München und Tätigkeit in einer Baufirma und als Entwicklungshelfer des DED in Nepal seit 1999 geschäftsführender Gesellschafter von BAURCONSULT Architekten Ingenieure in Haßfurt. Sein Tätigkeitsschwerpunkt ist die Planung von Anlagen zur Wasserversorgung. Daneben ist er Leiter der Fachkommission Wasserwirtschaft des AHO Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V.

2. Dr. Peter Fritsch, Regierungsdirektor

für das Kapitel

– Wassergewinnung (4)

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.

3. Prof. Dr.-Ing Winfried Hoch, Honorarprofessor

für die Kapitel

- Wasserabgabe und Wasserbedarf (2)
- Hydraulische Berechnungsgrundlagen (3)
- Brandschutz (9)

Hoch war in leitender Funktion bei den früheren TWS (Technische Werke der Stadt Stuttgart) sowie den NWS (Neckarwerke Stuttgart) und zuletzt bei EnBW Regional AG als Asset-Manager zuständig für Planung, Berechnung und Standardisierung der Gas- und Wasserverteilung im Stadtgebiet und Umland von Stuttgart. Weiterhin lehrt er als Honorarprofessor an der UNI Stuttgart für Bau- und Umweltwissenschaften.

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

für das Kapitel

- Wasserspeicherung (7)

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.

5. Dipl.-Ing. Joachim Rautenberg, Betriebsleiter a.D.

für die Kapitel

- Ziele und Aufgaben der Wasserversorgung (1)
- Wasserverteilung (8)
- Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen (11)
- Management Betrieb und Instandhaltung (13)
- Anhang (14)

Rautenberg war viele Jahre Mitarbeiter in einem überregional tätigen Ingenieurbüro. Zu seinen Aufgaben gehörten Planung, Bauleitung und Begutachtung wasserwirtschaftlicher Anlagen mit Schwerpunkt Wasserversorgung. 25 Jahre lang war er Betriebsleiter der Fernwasserversorgung Franken in Uffenheim. Weiterhin ist er im Auftrag des Bayerischen Gemeindetages als Berater für die Organisation und den Betrieb von kommunalen Wasserversorgungsanlagen tätig.

Bei Rautenberg liegt seit 2012 die Schriftleitung dieses Taschenbuches.

6. Dipl.-Ing. Matthias Weiß, stellvertretender Technischer Geschäftsführer

für die Kapitel

- Energieeinsatz und Wasserförderung (6)
- Prozessüberwachung und-steuerung (10)

Weiß ist stellvertretender 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 (5)

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.

Wiesbaden 2018

Der Verlag

Vorwort zur 2. bis 15. 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, der bereits 2010 die 15. Auflage folgt, in der Dr. P. Fritsch und Dr. B. Wricke die Nachfolge der ausgeschiedenen Autoren Dipl. Ing. K. H. Köhler und Prof. Dr. Ing. R. Weigelt übernehmen.

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

Vorwort zur 17. Auflage	IX
Bearbeiter der 17. Auflage	IX
Liste der Abkürzungen	XLI
1. Technische Bezeichnungen	XLI
2. Behörden, Verbände	XLII

Einführung	1
1. Ziele und Aufgaben der Wasserversorgung	3
1.1 Übergeordnete Ziele	3
1.2 Ziele der Wasserversorgungsunternehmen	4
1.2.1 Versorgungssicherheit	4
1.2.2 Trinkwasserqualität	5
1.2.3 Nachhaltigkeit	6
1.2.4 Kundenservice	7
1.2.5 Wirtschaftlichkeit	8
1.3 Hauptaufgaben der Wasserversorgung	9
1.3.1 Aufgaben der Verwaltung	9
1.3.2 Technische Aufgaben	9
1.3.2.1 Wasserwirtschaft	9
1.3.2.2 Wassergewinnung	10
1.3.2.3 Wasseraufbereitung	10
1.3.2.4 Wasserspeicherung	11
1.3.2.5 Wasserverteilung	11
1.4 Entwicklung der öffentlichen Wasserversorgung	12
Literatur	13

Grundlagen	15
2. Wasserabgabe und Wasserbedarf	17
2.1 Struktur der öffentlichen Wasserversorgung	17
2.2 Wasserbedarf	18
2.2.1 Begriffe und bestimmende Faktoren	18
2.2.2 Wasserabgabe im Betrachtungszeitraum	20
2.2.3 Wasserabgabe pro Jahr	20
2.2.4 Wasserabgabe pro Monat	22
2.2.5 Wasserabgabe pro Tag	23
2.2.5.1 Größe und Bemessungsgrundlage	23
2.2.5.2 Schwankungen Q_d im Jahr	23
2.2.5.2.1 Größtwert $Q_{d\max}$	23
2.2.5.2.2 Kleinstwert $Q_{d\min}$	25
2.2.5.3 Schwankungen Q_d in der Woche	25
2.2.5.4 Wasserabgabe – Ganglinie – Dauerlinie	25

2.2.6	Wasserabgabe pro Stunde	29
2.2.6.1	Größe und Bemessungsgrundlage	29
2.2.6.2	Schwankungen Q_h während des Tages	29
2.2.6.3	Schwankungen Q_h bei Großereignissen (z. B. Fußballspiel)	32
2.2.6.4	Versorgungseinheiten bis 1 000 Einwohner	33
2.2.6.5	Versorgungseinheiten über 1 000 Einwohner	34
2.2.6.5.1	$Q_{h\max}$ nach Stundenspitzenfaktor	34
2.2.6.5.2	$Q_{h\max}$ nach max. Stundenprozentwert	35
2.2.7	Bemessungsgrundlage für Sonderobjekte	36
2.3	Wasserbedarf je Verbrauchseinheit	38
2.3.1	Berechnungsdurchfluss von Auslauf-Armaturen	38
2.3.2	Wasserbedarf je Einzelvorgang	39
2.3.3	Wasserbedarf im Haushalt für einzelne Zwecke	40
2.3.4	Erfahrungswerte des Wasserbedarfs je Verbrauchseinheit	40
2.3.4.1	Spitzenbedarfswerte von Wohngebäuden	40
2.3.4.2	Tagesbedarfswerte von Haushaltungen, Kleingewerbe und öffentlichen Einrichtungen	41
2.3.5	Eigenbedarf der WVU	44
2.3.6	Wasserverlust	44
2.4	Wasserbedarf der Industrie	45
2.5	Wassersparen	46
2.5.1	Fachliche Randbedingungen	46
2.5.2	Maßnahmen	47
2.6	Ermittlung des Wasserbedarfs	48
2.6.1	Bemessungsgrößen des Wasserbedarfs	48
2.6.2	Bemessungszeitraum	49
2.6.3	Feststellen der Bemessungsgrundlagen	49
2.6.3.1	Derzeitige und künftige Zahl der versorgten Einwohner	49
2.6.3.2	Wohndichte	50
2.6.3.3	Einwohnerbezogener Wasserbedarf	50
2.7	Beispiel einer Wasserbedarfsberechnung	52
3.	Hydraulische Berechnungsgrundlagen	55
3.1	Allgemeines	55
3.2	Hydrostatische Berechnungen	55
3.2.1	Hydrostatischer Druck	55
3.2.2	Auftrieb	57
3.3	Hydraulische Druckverlustberechnungen	58
3.3.1	Bewegungsarten des Wassers	58
3.3.1.1	Geschwindigkeitsverteilung	58
3.3.1.2	Reynolds'sche Zahl	59
3.3.2	Kontinuitätsgleichung	59
3.3.3	Gleichung der Erhaltung der Energie	60
3.3.4	Allgemein gültige Geschwindigkeitsformel	60
3.3.5	Druckhöhenverlust in Freispiegelgerinnen	60
3.3.6	Druckhöhenverlust in geraden Druckrohrleitungen	61
3.3.6.1	Formeln von Darcy-Weisbach und Colebrook-White	61
3.3.6.2	Potenzformeln	73
3.3.7	Druckhöhenverlust in Rohrleitungseinbauten	74
3.3.7.1	Allgemeines	74
3.3.7.2	Einzelwiderstände	74
3.3.8	Bemessen und Berechnen von Anschlussleitungen	78

- 3.4 Berechnen von Rohrnetzen 80
- 3.4.1 Arbeitsgrundlagen zur Berechnung von Netzen 81
 - 3.4.1.1 Rohrnetzplan 81
 - 3.4.1.2 Belastungsverteilung 82
- 3.4.2 Berechnen von Verästelungnetzen 83
- 3.4.3 Berechnen von vermaschten Rohrnetzen 85
- 3.4.4 Rechenverfahren, Digital-Modelle 85
 - 3.4.4.1 Allgemeines 85
 - 3.4.4.2 Maschenorientiertes Verfahren 85
 - 3.4.4.3 Knotenorientiertes Verfahren 87
 - 3.4.4.4 Eichung des Netzmodells mittels einer Messvergleichsrechnung 89
 - 3.4.4.5 Planungsrechnungen 92
- 3.5 Ausflussformel nach Torricelli 92
 - 3.5.1 Ausfluss aus einem Behälter 93
 - 3.5.2 Ausfluss aus einer undichten eingeerdeten Rohrleitung 93
- 3.6 Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen 94
 - 3.6.1 Ursachen dynamischer Druckänderungen 94
 - 3.6.2 Druckwellengeschwindigkeit in Rohrleitungen 94
 - 3.6.3 Joukowsky-Stoß 95
 - 3.6.4 Reflexion von Druckstößen an Verzweigungspunkten 96
 - 3.6.5 Laufzeit von Druckstößen 98
- Literatur 99

Technik der Wasserversorgung 101

- 4. Wassergewinnung 103**
 - 4.1 Wasserbilanz 103
 - 4.1.1 Wasservorkommen der Erde 103
 - 4.1.2 Arten der Wassergewinnung 104
 - 4.2 Wasserhaushalt 106
 - 4.2.1 Niederschlag 107
 - 4.2.2 Verdunstung 110
 - 4.2.3 Abfluss 111
 - 4.2.3.1 Oberirdischer Abfluss 111
 - 4.2.3.2 Unterirdischer Abfluss 113
 - 4.2.3.2.1 Bodenwasser 113
 - 4.2.3.2.2 Grundwasser 114
 - 4.2.4 Einfluss des Klimawandels 117
 - 4.3 Wasserdargebot 117
 - 4.3.1 Grundwasser 117
 - 4.3.1.1 Grundwasserleiter 117
 - 4.3.1.2 Grundwasservorkommen 118
 - 4.3.1.3 Grundwasserhydraulik 119
 - 4.3.1.3.1 Allgemeines 119
 - 4.3.1.3.2 Pumpversuche 122
 - 4.3.1.3.3 Hohlraumanteil 129
 - 4.3.1.3.4 Grundwasserströmung und -gefälle 130
 - 4.3.1.3.5 Grundwasserfließgeschwindigkeit 131
 - 4.3.1.4 Grundwassererkundung 134
 - 4.3.1.4.1 Allgemein 134
 - 4.3.1.4.2 Hydrogeologische Untersuchungen 134

4.3.1.4.3	Wasserbeschaffenheit	136
4.3.1.4.4	Auswirkungen	136
4.3.1.5	Grundwasserentnahme aus Brunnen	137
4.3.1.5.1	Allgemeines	137
4.3.1.5.2	Hydraulische Verhältnisse	137
4.3.1.5.3	Erkundung und Erschließung	144
4.3.1.6	Grundwasserableitung aus Quellen	147
4.3.1.6.1	Quellenhydraulik und Quellentypen	147
4.3.1.6.2	Erkundung und Erschließung	149
4.3.1.7	Grundwassermodelle	150
4.3.2	Uferfiltrat	152
4.3.3	Grundwasseranreicherung	153
4.3.3.1	Unterirdische Versickerungsanlagen	154
4.3.3.2	Oberirdische Versickerungsanlagen	154
4.3.4	Oberflächenwasser	156
4.3.4.1	Niederschlagswasser	156
4.3.4.2	Luftfeuchtigkeit	156
4.3.4.3	Meerwasser	156
4.3.4.4	Flusswasser	156
4.3.4.5	Seen und Trinkwassertalsperren	156
4.3.5	Wahl der Wasserdargebots	157
4.4	Wasserfassungen	158
4.4.1	Quellfassungen	158
4.4.1.1	Vorbereitungen	158
4.4.1.2	Schichtquellfassungen (absteigende Quellen)	158
4.4.1.3	Stauquellfassungen (aufsteigende Quellen)	161
4.4.1.4	Dokumentation	163
4.4.1.5	Betrieb	163
4.4.1.6	Rückbau	163
4.4.2	Brunnen	164
4.4.2.1	Allgemeines	164
4.4.2.2	Schlagbrunnen	164
4.4.2.3	Spülbrunnen	164
4.4.2.4	Schachtbrunnen	164
4.4.2.5	Bohrbrunnen	165
4.4.2.5.1	Allgemeines	165
4.4.2.5.2	Planung und Bemessung	166
4.4.2.5.3	Bohrverfahren	167
4.4.2.5.4	Durchführung der Bohrung	170
4.4.2.5.5	Beschreibung und Darstellung der Bohrung	171
4.4.2.5.6	Brunnenausbau	173
4.4.2.5.7	Klarpumpen und Entsandern	182
4.4.2.5.8	Pumpversuche	185
4.4.2.5.9	Überwachung der Bohrung und des Brunnenausbau	187
4.4.2.5.10	Dokumentation und Abnahme	187
4.4.2.6	Großvertikalfilterbrunnen	187
4.4.2.7	Brunnenreihen	187
4.4.2.8	Horizontalfilterbrunnen	189
4.4.2.9	Betrieb	191
4.4.2.10	Leistungsrückgang	192
4.4.2.11	Regenerierung	193
4.4.2.12	Sanierung und Rückbau	194

4.4.3	Sickerfassungen	196
4.4.4	Stollenfassungen	196
4.4.5	Oberflächenwasserentnahmen	196
4.4.5.1	Allgemeines	196
4.4.5.2	Trinkwassertalsperren	196
4.4.5.3	Seewasserfassungen	199
4.4.5.4	Flusswasserfassungen	199
4.5	Allgemeiner Gewässerschutz und Sanierungsmaßnahmen	201
4.5.1	Ziele und Instrumente	201
4.5.2	Gefährdungen	203
4.5.3	Gewässerschonende Landwirtschaft	205
4.5.3.1	Anbau und Düngung	205
4.5.3.2	Pflanzenschutz	208
4.5.4	Sanierung	208
4.6	Trinkwasserschutz	211
4.6.1	Schutzgebiete für Grundwasser	212
4.6.1.1	Gefährdungen und Beeinträchtigungen	212
4.6.1.2	Reinigungswirkung des Untergrundes	212
4.6.1.3	Bemessung des Schutzgebietes und der Schutzzonen	213
4.6.1.4	Schutzgebietsverordnung	215
4.6.1.5	Überwachung	218
4.6.2	Schutzgebiete für Talsperren	219
4.6.2.1	Allgemeines	219
4.6.2.2	Gefährdungen und Beeinträchtigungen	219
4.6.2.3	Bemessung des Schutzgebietes und der Schutzzonen	220
4.6.2.4	Schutzgebietsverordnung	220
4.6.2.5	Überwachung	222
4.6.3	Schutzgebiete für Seen und Flüsse	223
	Literatur	223
5.	Wasseraufbereitung	227
5.1	Wasserbeschaffenheit	227
5.1.1	Physikalisch-chemische Eigenschaften des reinen Wassers	227
5.1.1.1	Bestandteile	227
5.1.1.2	Aggregatzustand und Masse	227
5.1.1.3	Viskosität	228
5.1.1.4	Spezifische Wärmekapazität	228
5.1.1.5	Kompressibilität	228
5.1.1.6	Chemisches Lösungsvermögen	229
5.1.2	Rohwässer – Beschaffenheit und Anforderungen an die Trinkwasseraufbereitung	230
5.1.2.1	Allgemeines	230
5.1.2.2	Grundwasser	231
5.1.2.3	Oberflächenwasser	232
5.1.2.4	Künstlich angereichertes Grundwasser und Uferfiltrat	235
5.1.2.4.1	Künstlich angereichertes Grundwasser	235
5.1.2.4.2	Uferfiltrat	235
5.1.3	Anforderungen an Trinkwasser	236
5.1.4	Parameter zur Beurteilung der Wasserbeschaffenheit	238
5.1.4.1	Allgemeines	238
5.1.4.2	Mikrobiologische Parameter	239
5.1.4.2.1	Allgemeines	239
5.1.4.2.2	Escherichia coli (E. coli) und Coliforme Bakterien	240

5.1.4.2.3	Enterokokken	240
5.1.4.2.4	Clostridium perfringens	240
5.1.4.2.5	Koloniezahl bei 22 °C und 36 °C	241
5.1.4.2.6	Viren	241
5.1.4.2.7	Legionella pneumophila	242
5.1.4.2.8	Pseudomonas aeruginosa	242
5.1.4.3	Chemische Parameter gemäß Anlage 2 TrinkwV 2001	242
5.1.4.3.1	Acrylamid	242
5.1.4.3.2	Antimon	243
5.1.4.3.3	Arsen	243
5.1.4.3.4	Benzol	243
5.1.4.3.5	Benzo-(a)-pyren	243
5.1.4.3.6	Blei	243
5.1.4.3.7	Bor	244
5.1.4.3.8	Bromat	244
5.1.4.3.9	Cadmium	244
5.1.4.3.10	Chrom	244
5.1.4.3.11	Cyanid	245
5.1.4.3.12	1,2-Dichlorethan	245
5.1.4.3.13	Epichlorhydrin	245
5.1.4.3.14	Fluorid	245
5.1.4.3.15	Kupfer	245
5.1.4.3.16	Nickel	246
5.1.4.3.17	Nitrat	246
5.1.4.3.18	Nitrit	248
5.1.4.3.19	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte	248
5.1.4.3.20	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	250
5.1.4.3.21	Quecksilber	250
5.1.4.3.22	Selen	251
5.1.4.3.23	Tetrachlorethen und Trichlorethen	251
5.1.4.3.24	Trihalogenmethane	251
5.1.4.3.25	Uran	252
5.1.4.3.26	Vinylchlorid	252
5.1.4.4	Indikatorparameter gemäß Anlage 3 TrinkwV	252
5.1.4.4.1	Allgemeines	252
5.1.4.4.2	Aluminium	252
5.1.4.4.3	Ammonium	254
5.1.4.4.4	Chlorid	254
5.1.4.4.5	Eisen	255
5.1.4.4.6	Färbung	255
5.1.4.4.7	Geruch	255
5.1.4.4.8	Geschmack	256
5.1.4.4.9	Elektrische Leitfähigkeit	257
5.1.4.4.10	Mangan	257
5.1.4.4.11	Natrium	257
5.1.4.4.12	Organisch gebundener Kohlenstoff	257
5.1.4.4.13	Oxidierbarkeit	258
5.1.4.4.14	Sulfat	258
5.1.4.4.15	Trübung	258
5.1.4.4.16	pH-Wert	259
5.1.4.4.17	Calcitlösekapazität	260
5.1.4.4.18	Radioaktive Stoffe	261

5.1.4.5	Sonstige Parameter	263
5.1.4.5.1	Allgemeines	263
5.1.4.5.2	Säure- und Basekapazität, Pufferungsintensität	263
5.1.4.5.3	Calcium	264
5.1.4.5.4	Kalium	264
5.1.4.5.5	Magnesium	265
5.1.4.5.6	Phosphor	265
5.1.4.5.7	Erdalkalien (Härte)	265
5.1.4.5.8	Kohlensäure	267
5.1.4.5.9	Summen- und Gruppenparameter für organische Wasserinhaltsstoffe	269
5.1.4.5.10	Antrophogene organische Spurenstoffe	270
5.1.4.5.11	Sonstige Parameter	272
5.1.5	Anforderungen an Aufbereitungsstoffe	274
5.1.6	Durchführung der Wasseruntersuchungen	275
5.1.6.1	Allgemeines	275
5.1.6.2	Umfang und Häufigkeit der Untersuchungen	275
5.1.6.3	Probenentnahme, Untersuchungen vor Ort	277
5.1.6.4	Ergebnisangabe	279
5.1.6.5	Beurteilung der Wasserbeschaffenheit	280
5.1.7	Sicherheit in der Trinkwasserversorgung	282
5.2	Trinkwasseraufbereitung	284
5.2.1	Anforderungen	284
5.2.2	Verfahren der Trinkwasseraufbereitung	285
5.2.2.1	Vorreinigungsverfahren	285
5.2.2.1.1	Rechen	285
5.2.2.1.2	Entsandung	285
5.2.2.1.3	Entölung	285
5.2.2.1.4	Sieben	286
5.2.2.2	Sedimentation	286
5.2.2.3	Flotation	290
5.2.2.4	Tiefenfiltration	290
5.2.2.4.1	Allgemeines	290
5.2.2.4.2	Schnellfiltration	290
5.2.2.4.3	Langsamfilter	296
5.2.2.4.4	Feinfiltersysteme	297
5.2.2.5	Flockung	297
5.2.2.6	Gas austausch	300
5.2.2.6.1	Allgemeines	300
5.2.2.6.2	Anlagen und Leistungsdaten	301
5.2.2.7	Membranverfahren	305
5.2.2.7.1	Allgemeines	305
5.2.2.7.2	Mikrofiltration und Ultrafiltration (MF und UF)	307
5.2.2.7.3	Nanofiltration und Umkehrosiose (NF und UO)	308
5.2.2.8	Adsorptionsverfahren	309
5.2.2.8.1	Allgemeines	309
5.2.2.8.2	Einsatz von Kornaktivkohle	310
5.2.2.8.3	Einsatz von Pulveraktivkohle	311
5.2.2.9	Grundwasseranreicherung	311
5.2.2.10	Oxidationsverfahren	312
5.2.2.10.1	Allgemeines	312
5.2.2.10.2	Ozonung	313

5.2.2.10.3	Dosierung von Wasserstoffperoxid	316
5.2.2.10.4	Dosierung von Permanganat	316
5.2.2.11	Chemische Entsäuerungsverfahren	317
5.2.2.11.1	Allgemeines	317
5.2.2.11.2	Filtration über Calciumcarbonat	317
5.2.2.11.3	Filtration über halbgebrannten Dolomit	319
5.2.2.11.4	Dosierung basischer Stoffe	320
5.2.2.12	Ionenaustauscherverfahren	322
5.2.2.12.1	Allgemeines	322
5.2.2.12.2	Betrieb eines Ionenaustauschers	322
5.2.2.12.3	Arten des Ionenaustausches	322
5.2.2.12.4	Eliminierung von Schwermetallen	324
5.2.3	Anwendung der Aufbereitungsverfahren	325
5.2.3.1	Partikeleliminierung	325
5.2.3.1.1	Verfahren zur Partikeleliminierung	325
5.2.3.1.2	Verfahrensauswahl	326
5.2.3.2	Entsäuerung	326
5.2.3.2.1	Verfahren zur Entsäuerung	326
5.2.3.2.2	Verfahrensauswahl	326
5.2.3.3	Enteisenung und Entmanganung	327
5.2.3.3.1	Allgemeines	327
5.2.3.3.2	Sauerstoffzufuhr	328
5.2.3.3.3	Sedimentation	329
5.2.3.3.4	Filtration	329
5.2.3.3.5	Unterirdische Enteisenung und Entmanganung	331
5.2.3.4	Entfernen von organischen Inhaltsstoffen	332
5.2.3.4.1	Gelöster organischer Kohlenstoff (DOC)	332
5.2.3.4.2	Algen, Plankton, sonstige organische Partikel	333
5.2.3.4.3	Farbe, Geruch, Geschmack	333
5.2.3.4.4	Chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)	333
5.2.3.4.5	Organische Spurenstoffe	334
5.2.3.5	Entfernen der Stickstoffverbindungen	335
5.2.3.5.1	Nitratentfernung	335
5.2.3.5.2	Nitritentfernung	339
5.2.3.5.3	Ammoniumentfernung	339
5.2.3.6	Enthärtung	341
5.2.3.6.1	Allgemeines	341
5.2.3.6.2	Übersicht zu den Enthärtungsverfahren	342
5.2.3.6.3	Langsamentcarbonisierung (LEC)	344
5.2.3.6.4	Schnellentcarbonisierung (SEC)	345
5.2.3.6.5	Kalk-Soda-Verfahren	346
5.2.3.6.6	Membranverfahren	346
5.2.3.7	Aufhärtung	346
5.2.3.8	Entfernen von anorganischen Spurenstoffen	347
5.2.3.8.1	Allgemeines	347
5.2.3.8.2	Arsenentfernung	347
5.2.3.8.3	Aluminiumentfernung	348
5.2.3.8.4	Nickelentfernung	348
5.2.3.8.5	Uranentfernung	349
5.2.3.9	Dekontamination	349

5.2.3.10	Desinfektion	351
5.2.3.10.1	Allgemeines	351
5.2.3.10.2	Desinfektion mit Chlor und Hypochloriten	353
5.2.3.10.3	Desinfektion mit Chlordioxid	356
5.2.3.10.4	UV-Bestrahlung	358
5.2.3.10.5	Desinfektion von Anlagen der Wasserversorgung	359
5.2.3.11	Spülwasser- und Schlammbehandlung	361
5.2.4	Bauwerke der Wasseraufbereitung	365
5.2.4.1	Wahl des Verfahrens und des Standorts der Anlage	365
5.2.4.2	Planung der Anlagenteile	365
5.2.4.3	Ausschreibung	367
5.2.4.4	Abnahme, Einweisung und Bedienungsvorschrift	368
5.3	Sicherung der Trinkwasserbeschaffenheit bei der Verteilung	368
5.3.1	Anforderungen	368
5.3.2	Sicherung der mikrobiologischen Beschaffenheit	369
5.3.2.1	Allgemeines	369
5.3.2.2	Erhöhte Koloniezahlen (Aufkeimung)	369
5.3.2.3	Mikrobielle Kontaminationen	372
5.3.3	Verhinderung von Trübung und Braunwasser	373
5.3.4	Mischung von Wässern	376
5.4	Wasserbehandlung in der Trinkwasser-Installation	378
5.4.1	Allgemeines	378
5.4.2	Mechanisch wirkende Filter	379
5.4.3	Dosierung von Phosphaten und Silikaten	380
5.4.4	Kationenaustauscher zur Enthärtung	380
5.4.5	Sonstige Anlagen zur Trinkwassernachbehandlung	381
Literatur	381
6.	Energieeinsatz und Wasserförderung	385
6.1	Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen	385
6.1.1	Übersicht	385
6.1.2	Energiebedarf in der Wasserversorgung	386
6.1.3	Energiebeschaffung und Energiedargebot	386
6.1.1.1	Steigerung der Energieeffizienz	389
6.2	Elektrotechnik	389
6.2.1	Allgemeine Zusammenhänge	389
6.2.1.1	Grundgrößen	390
6.2.1.1.1	Stromarten	390
6.2.1.1.2	Spannungsebenen	391
6.2.1.1.3	Netzfrequenz in Drehstromnetzen	392
6.2.2	Elektrische Antriebe	392
6.2.2.1	Bauarten und Eigenschaften von Elektromotoren	392
6.2.2.1.1	Gleichstrommotor	393
6.2.2.1.2	Drehstromasynchronmotoren	393
6.2.2.1.3	Asynchronmotoren	394
6.2.2.1.4	Synchronmotoren	394
6.2.2.1.5	Bauformen von Elektromotoren	394
6.2.2.2	Wirkungsgrade von Antriebssystemen und Drehstromasynchronmotoren	394
6.2.2.3	Drehzahl und Drehrichtung von Drehstromasynchronmotoren	395
6.2.2.3.1	Feste Drehzahlen	395
6.2.2.3.2	Variable Drehzahlen – Frequenzumrichter	396
6.2.2.3.3	Drehrichtung	397

6.2.2.4	Anlassen von Drehstromasynchronmotoren	397
6.2.2.4.1	Direktanlauf	397
6.2.2.4.2	Stern-Dreieck-Anlauf	397
6.2.2.4.3	Elektronischer Sanftanlaufstarter	399
6.2.2.4.4	Frequenzumrichter	401
6.2.2.4.5	Anlasstransformator	401
6.2.2.5	Kraftübertragung	401
6.2.2.6	Motorerwärmung	401
6.2.2.7	Blindstromkompensation	402
6.2.3	Energieverteilung	402
6.2.3.1	Schaltgeräte	402
6.2.3.1.1	Schaltgeräte für Hochspannungsanlagen	402
6.2.3.1.2	Schaltgeräte für Niederspannungsanlagen	403
6.2.3.2	Kabel und Leitungen	403
6.2.3.3	Transformatoren (Umspanner)	404
6.2.4	Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen	405
6.2.4.1	Netzarten und Erdungen	405
6.2.4.2	Überstromschutzeinrichtungen	407
6.2.4.3	Schutzarten für elektrische Betriebsmittel	407
6.2.4.3.1	Schutz gegen direktes Berühren	408
6.2.4.3.2	Schutz bei indirektem Berühren	408
6.2.4.3.3	Schutzisolierung	408
6.2.4.3.4	Schutztrennung	408
6.2.4.3.5	Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)	408
6.2.4.3.6	Isolationsüberwachung	408
6.2.4.4	Weitere Sicherheitsregeln	409
6.2.4.5	Elektrofachkräfte	409
6.3	Förderanlagen	409
6.3.1	Betriebswerte von Fördersystemen	409
6.3.1.1	Förderstrom	409
6.3.1.2	Förderhöhe und Förderdruck	409
6.3.1.3	Nutzleistung einer Pumpe	411
6.3.1.4	Leistungsbedarf eines Pumpenaggregates	411
6.3.2	Kreiselpumpen (KrP)	412
6.3.2.1	Anwendungsgebiet	412
6.3.2.2	Bauformen von Kreiselpumpen	412
6.3.2.2.1	Grundsätzlicher Aufbau	412
6.3.2.2.2	Betriebsverhalten und Kennlinien von Kreiselpumpen	412
6.3.2.2.3	Bauarten	414
6.3.2.3	Saugverhalten von Kreiselpumpen	416
6.3.2.4	Zusammenhang zwischen Kennlinie einer Kreiselpumpe und der Anlagenkennlinie	418
6.3.2.5	Regelung von Kreiselpumpen	420
6.3.2.5.1	Drehzahlregelung von Kreiselpumpen	420
6.3.2.5.2	Parallelbetrieb von Kreiselpumpen	420
6.3.2.5.3	Hintereinanderschalten von Kreiselpumpen	422
6.3.2.5.4	Drosselregelung von Kreiselpumpen	422
6.3.2.5.5	Bypassregelung von Kreiselpumpen	423
6.3.2.6	Abnahmeprüfung von Kreiselpumpen	424
6.3.2.6.1	Hydraulische Abnahmeprüfung	424
6.3.2.6.2	Garantiewerte	424
6.3.2.6.3	Prüfergebnisse und Toleranzfaktoren	425
6.3.2.6.4	Nichterreichen vereinbarter Kennwerte	426

6.3.3	Sonstige Pumpenarten und Aggregate	426
6.3.3.1	Kolbenpumpen	426
	6.3.3.1.1 Anwendungsgebiet	426
	6.3.3.1.2 Bauarten und Förderstrom	427
	6.3.3.1.3 Technische Eigenschaften	427
6.3.3.2	Hydraulischer Widder	428
6.3.3.3	Dosierpumpen	428
6.3.3.4	Luftverdichter und Gebläse	429
6.3.4	Systemvarianten von Förderanlagen	430
6.3.4.1	Förderanlagen zur Gewinnung und Aufbereitung	430
6.3.4.2	Förderanlagen für Wassertransport und Wasserverteilung	430
	6.3.4.2.1 Hauptpumpwerk	430
	6.3.4.2.2 Zwischenpumpwerk	431
	6.3.4.2.3 Druckerhöhungsanlagen (DEA)	431
6.3.5	Aspekte einzelner Förderanlagen	431
6.3.5.1	Grundwasserpumpwerk (GPW)	431
6.3.5.2	Druckerhöhungsanlagen (DEA) in Versorgungssystemen	433
	6.3.5.2.1 Druckerhöhungsanlagen mit drehzahleregelten Antriebsmotoren	434
	6.3.5.2.2 Druckerhöhungsanlagen als Druckbehälterpumpwerke (DBPW)	435
6.3.5.3	Drucksteigerungspumpwerke	437
6.3.5.4	Druckerhöhungsanlagen in Grundstücken	439
6.3.6	Planung und Ausführung von Pumpwerken	440
6.3.6.1	Hydraulische Anforderungen	440
	6.3.6.1.1 Verbundenes Gang- und Summenlinienverfahren	441
	6.3.6.1.2 Verbundenes Gang-Dauerlinienverfahren	442
6.3.6.2	Pumpenbauart und Größe der Pumpensätze	443
	6.3.6.2.1 Horizontale Kreiselpumpen	443
	6.3.6.2.2 Vertikale Kreiselpumpen	443
	6.3.6.2.3 Unterteilung der Pumpensätze	444
6.3.6.3	Standort einer Förderanlage	444
6.3.6.4	Raumprogramm	445
	6.3.6.4.1 Raumanforderungen	445
	6.3.6.4.2 Platzbedarf für die Pumpensätze	445
	6.3.6.4.3 Anordnung der Rohrleitungen	446
	6.3.6.4.4 Unterbringung der elektrischen Anlagen	446
	6.3.6.4.5 Sicherheit gegen Einbruch und Brand	447
6.3.6.5	Entwurf und Ausschreibung von Förderanlagen	448
	6.3.6.5.1 Anforderungen an die Entwurfsplanung	448
	6.3.6.5.2 Funktionale Anforderungen an die Ausschreibung	449
	6.3.6.5.3 Anfragen für Kreiselpumpen	449
6.3.7	Dokumentation und Abnahme von Förderanlagen	450
6.3.8	Überwachung von Förderanlagen	451
6.3.9	Ausführungsbeispiele	453
6.3.10	Energieerzeugung	457
	6.3.10.1 Energiegewinnung aus Wasserversorgungssystemen	457
	6.3.10.2 Wasserturbinen	457
	6.3.10.3 Pumpen als Turbinen (PAT)	457
	6.3.10.4 Ersatzstromerzeugungsanlagen	459
6.3.11	Antriebsmaschinen	460
	6.3.11.1 Dieselmotoren	460
	6.3.11.2 Benzinmotoren	461
	6.3.11.3 Gasmotoren	461
Literatur	461

7.	Wasserspeicherung	463
7.1	Aufgaben der Wasserspeicherung	464
7.1.1	Ausgleich zwischen Wasserzufluss und Wasserentnahme, Abdeckung von Verbrauchsspitzen	464
7.1.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung	465
7.1.3	Einhalten der Druckbereiche in Zubringerleitungen und Versorgungsleitungen	465
7.1.4	Überbrücken von Betriebsstörungen	465
7.1.5	Bereithalten von Löschwasser	465
7.1.6	Druckzonenversorgung	465
7.1.7	Misch- und Absetzbecken	465
7.1.8	Ausgleich der Abflüsse eines oberirdischen Gewässers in einer Trinkwassertalsperre .	466
7.2	Arten der Wasserspeicherung	466
7.2.1	Wasserbehälter in Hochlage	466
	7.2.1.1 Hochbehälter	466
	7.2.1.2 Wasserturm	466
7.2.2	Wasserbehälter in Tieflage	466
7.2.3	Druckbehälter	467
7.2.4	Lösungsmöglichkeiten	467
7.2.5	Trinkwassertalsperren	467
7.2.6	Grundwasserspeicher	468
7.2.7	Löschwasserspeicher	468
7.3	Speicherinhalt	469
7.3.1	Ausgleich der Verbrauchsschwankungen – Fluktuierendes Wasservolumen	469
	7.3.1.1 Allgemeines	469
	7.3.1.2 Rechnerische Ermittlung	470
	7.3.1.3 Grafische Ermittlung	470
	7.3.1.4 Beurteilung	474
7.3.2	Ausgleich zwischen Vor- und Hauptförderung im Tiefbehälter	474
7.3.3	Sicherheitsvorrat	475
7.3.4	Löschwasservorrat	476
7.3.5	Festlegen des Speicherinhalts in der Praxis	476
	7.3.5.1 Allgemeines	476
	7.3.5.2 Kleine und mittelgroße Anlagen	477
	7.3.5.2.1 Nutzinhalt	477
	7.3.5.2.2 Löschwasservorrat	477
	7.3.5.3 Große Anlagen	477
	7.3.5.4 Sehr große Anlagen über 50 000 m ³ /d	477
	7.3.5.5 Gruppenanlagen	478
7.3.6	Speicherinhalt von Trinkwassertalsperren	478
7.4	Hochbehälter	478
7.4.1	Allgemeine Anforderungen	478
	7.4.1.1 Versorgungstechnische Anforderungen	478
	7.4.1.2 Bautechnische Anforderungen	479
	7.4.1.3 Betriebliche Anforderungen	479
	7.4.1.4 Sicherheitstechnische Anforderungen (Objektschutz)	480
	7.4.1.5 Gestalterische Anforderungen	481
	7.4.1.6 Wirtschaftliche Anforderungen	481
7.4.2	Lage	481
	7.4.2.1 Höhenlage	481
	7.4.2.2 Lage zum Versorgungsgebiet	483
	7.4.2.2.1 Entfernung	483
	7.4.2.2.2 Durchlaufbehälter	483
	7.4.2.2.3 Gegenbehälter	483

7.4.2.3	Mehrere Hochbehälter in der gleichen Druckzone	484
7.4.2.3.1	Neuer Hochbehälter in unmittelbarer Nähe des bestehenden	484
7.4.2.3.2	Neuer Hochbehälter in größerer Entfernung zum bestehenden	485
7.4.2.4	Anforderungen an den Bauplatz	486
7.4.3	Bauliche Anordnung	486
7.4.3.1	Allgemein	486
7.4.3.2	Wasserkammer	486
7.4.3.2.1	Anzahl	486
7.4.3.2.2	Grundrissformen	487
7.4.3.2.3	Wassererneuerung	489
7.4.3.2.4	Wassertiefe	491
7.4.3.2.5	Wärmeschutz des Bauwerks	491
7.4.3.2.6	Anbau weiterer Kammern	494
7.4.3.3	Bedienungshaus	494
7.4.4	Bauausführung – Ortbetonbauweise	495
7.4.4.1	Allgemeines	495
7.4.4.2	Baustoffe	496
7.4.4.2.1	Zement	496
7.4.4.2.2	Betonzuschlag	497
7.4.4.2.3	Betonzusatzmittel	497
7.4.4.2.4	Betonzusatzstoffe	497
7.4.4.2.5	Zugabewasser	497
7.4.4.2.6	Betonrezeptur	498
7.4.4.2.7	Betonstahl	498
7.4.4.2.8	Andere Baustoffe	498
7.4.4.3	Statische Bearbeitung	498
7.4.4.3.1	Grundsätzliche Nachweise in der Tragwerksplanung	498
7.4.4.3.2	Schnittgrößen aus Last und Zwang	499
7.4.4.3.3	Statisch-rechnerischer Nachweis der Dichtheit	501
7.4.4.3.4	Hinweise zu Gründung, Sohle, Fugen, Wände, Decken und Stützen	504
7.4.4.4	Verarbeiten des Betons	512
7.4.4.5	Betonnachbehandlung	513
7.4.4.6	Oberflächenbehandlung	514
7.4.4.6.1	Allgemeines	514
7.4.4.6.2	Bedienungshaus	514
7.4.4.6.3	Wasserkammern – Innenflächen	514
7.4.4.6.4	Wasserkammern – Außenflächen	519
7.4.5	Bauausführung – Fertigteilbauweise	519
7.4.5.1	Allgemeines	519
7.4.5.2	Fertigteil-Rundbehälter in Stahlbetonbauweise	520
7.4.5.3	Fertigteil-Rundbehälter in Spannbetonbauweise	521
7.4.5.4	Fertigteil-Rechteckbehälter in Stahlbetonbauweise	522
7.4.5.5	Fertigteil-Rechteckbehälter in Spannbetonbauweise	522
7.4.5.6	Fertigteil-Großrohrbehälter	524
7.4.5.7	Geschweißte Edelstahl-Rundbehälter	524
7.4.5.8	Vergleichende Betrachtung Trinkwasserbehälter aus Beton oder Edelstahl	525
7.4.6	Zugang	526
7.4.7	Belichtung	527
7.4.7.1	Allgemeines	527
7.4.7.2	Wasserkammern	527
7.4.7.3	Bedienungshaus	527

7.4.8	Be- und Entlüftung	527
7.4.8.1	Allgemeines	527
7.4.8.2	Wasserkammern	528
7.4.8.3	Bedienungshaus	528
7.4.9	Hydraulische Ausrüstung	528
7.4.9.1	Allgemeines	528
7.4.9.2	Rohrleitungen	529
7.4.9.2.1	Zulaufleitung	530
7.4.9.2.2	Entnahmeleitung	530
7.4.9.2.3	Überlaufleitung	532
7.4.9.2.4	Entleerungsleitung	532
7.4.9.2.5	Rohrbruchsicherung	532
7.4.9.2.6	Umführungsleitung	532
7.4.9.2.7	Löschwasserleitung	532
7.4.9.3	Rohrdurchführungen	532
7.4.9.4	Rohrmaterial	533
7.4.9.5	Korrosionsschutz	534
7.4.10	Entwässerungsanlage	534
7.4.11	Elektrische Einrichtung	535
7.4.11.1	Stromversorgung	535
7.4.11.2	Mess-, Steuer- und Regeltechnik	535
7.4.12	Dichtheitsprüfung	536
7.4.12.1	Forderung	536
7.4.12.2	Durchführen der Dichtheitsprüfung	536
7.4.13	Außenanlagen	537
7.4.14	Ausführungsbeispiele Hochbehälter	538
7.5	Wasserturm	540
7.5.1	Allgemeines	540
7.5.2	Nutzeninhalt	540
7.5.3	Lage	541
7.5.3.1	Höhenlage	541
7.5.3.2	Lage zum Versorgungsgebiet	541
7.5.4	Allgemeine bauliche Anordnung	541
7.5.4.1	Allgemeines	541
7.5.4.2	Behälter (Wasserkammern)	541
7.5.4.3	Schaft (Turmkonstruktion)	542
7.5.4.4	Bedienungsräume	543
7.5.5	Konstruktive Hinweise	543
7.5.5.1	Gründung	543
7.5.5.2	Wasserkammern	543
7.5.5.3	Besondere Beanspruchungen	544
7.5.5.4	Fertigteilbauweise	544
7.5.6	Zugang	544
7.5.7	Hydraulische Ausrüstung	544
7.5.8	Äußere Gestaltung	545
7.5.9	Mehrzweckbauwerke	545
7.5.10	Ausführungsbeispiele Wassertürme	545
7.6	Tiefbehälter	547
7.6.1	Allgemeines	547
7.6.2	Speicherinhalt	547
7.6.3	Lage	547
7.6.4	Bauliche Anordnung	547

7.7	Löschwasserbehälter	548
7.7.1	Allgemeines	548
7.7.2	Löschwasserteich	548
	7.7.2.1 Fassungsvermögen	548
	7.7.2.2 Lage	548
	7.7.2.3 Bauliche und betriebliche Anforderungen	548
7.7.3	Unterirdische Löschwasserbehälter	549
	7.7.3.1 Fassungsvermögen	549
	7.7.3.2 Lage	550
	7.7.3.3 Bauliche und betriebliche Anforderungen	550
	7.7.3.4 Kunststoffrohre als unterirdische Löschwasserbehälter	551
7.8	Maßnahmen zur Instandhaltung von Wasserbehältern	551
7.8.1	Instandhaltung, Sanierung, Mangel, Schaden	551
7.8.2	Betriebshandbuch	554
7.8.3	Kontrolle, Reinigung und Desinfektion	554
7.8.4	Mängel und Schäden bei Wasserbehältern	556
7.8.5	Instandsetzungsplan/Instandsetzung, Sanierung oder Neubau, BIM	559
	Literatur	563
8.	Wasserverteilung	569
8.1	Allgemeines	569
8.2	Werkstoffe	570
8.2.1	Gusseisen (Grauguss, GG; Duktulguss, GGG)	570
8.2.2	Stahl (St)	570
8.2.3	Asbestzement (AZ)	570
8.2.4	Spannbeton (SpB) und Stahlbeton (StB)	571
8.2.5	Kunststoffe (PVC, PE, UP-GF)	571
8.2.6	Wahl der Werkstoffe	572
8.2.7	Korrosionsschutz	572
	8.2.7.1 Außen- und Innenkorrosion	572
	8.2.7.2 Arten des Korrosionsschutzes	573
	8.2.7.2.1 Allgemeines	573
	8.2.7.2.2 Passiver Schutz	574
	8.2.7.2.3 Aktiver Schutz	575
8.3	Bestandteile der Rohrleitungen	576
8.3.1	Rohre und Formstücke	576
	8.3.1.1 Rohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen (GGG)	576
	8.3.1.1.1 Herstellung der Rohre	576
	8.3.1.1.2 Druckstufen	577
	8.3.1.1.3 Abmessungen	578
	8.3.1.1.4 Verbindungen	579
	8.3.1.1.5 Formstücke aus duktilem Gusseisen	581
	8.3.1.2 Rohre und Formstücke aus Stahl	585
	8.3.1.2.1 Herstellung der Rohre	585
	8.3.1.2.2 Druckstufen	586
	8.3.1.2.3 Abmessungen	586
	8.3.1.2.4 Verbindungen	587
	8.3.1.2.5 Formstücke aus Stahl	589
	8.3.1.3 Rohre aus Asbestzement (Faserzement) mit Formstücken aus Grauguss	589
	8.3.1.3.1 Allgemeines	589
	8.3.1.3.2 Druckstufen	589
	8.3.1.3.3 Abmessungen	589

	8.3.1.3.4	Verbindungen	590
	8.3.1.3.5	Formstücke	590
8.3.1.4		Spannbetonrohre und Stahlbetonrohre	590
	8.3.1.4.1	Allgemeines	590
	8.3.1.4.2	Druckstufen	590
	8.3.1.4.3	Verbindungen	591
8.3.1.5		PVC-U-Rohre (Kunststoff)	591
	8.3.1.5.1	Herstellung der Rohre	591
	8.3.1.5.2	Druckstufen	591
	8.3.1.5.3	Abmessungen der Rohre für MDP 10 und MDP 16	591
	8.3.1.5.4	Verbindungen	592
	8.3.1.5.5	Formstücke	593
8.3.1.6		Polyethylen-Rohre (Kunststoff)	593
	8.3.1.6.1	Herstellung der Rohre	593
	8.3.1.6.2	Druckstufen	593
	8.3.1.6.3	Abmessungen und Kennzeichnung	593
	8.3.1.6.4	Verbindungen	594
8.3.1.7		UP-GF-Rohre (Rohre aus glasfaserverstärkten Kunststoffen)	595
	8.3.1.7.1	Herstellung der Rohre	595
	8.3.1.7.2	Abmessungen und Verbindungen	596
8.3.2		Armaturen	596
	8.3.2.1	Allgemeines	596
	8.3.2.2	Werkstoffe	597
	8.3.2.3	Korrosionsschutz	597
	8.3.2.3.1	Allgemeines	597
	8.3.2.3.2	Korrosionsschutz der Außenseite	597
	8.3.2.3.3	Korrosionsschutz der Innenseite	597
	8.3.2.4	Absperr- und Regelarmaturen	598
	8.3.2.4.1	Allgemeines	598
	8.3.2.4.2	Fast immer geöffnete Absperrarmaturen	599
	8.3.2.4.3	Fast immer geschlossene Absperrarmaturen	600
	8.3.2.4.4	Regelarmaturen (DIN EN 1074-5)	601
	8.3.2.4.5	Einbau von Absperr- und Regelarmaturen	602
	8.3.2.4.6	Bedienung von Absperrarmaturen	603
	8.3.2.5	Sonderbauarten	604
	8.3.2.5.1	Membranventile	604
	8.3.2.5.2	Ringförmige Gummimembranen	604
	8.3.2.6	Rückflussverhindernde Armaturen	604
	8.3.2.7	Sonstige Armaturen	606
	8.3.2.7.1	Ent- und Belüftungen	606
	8.3.2.7.2	Spülauslässe und Entleerungsvorrichtungen	610
	8.3.2.7.3	Behältereinlaufarmaturen	614
	8.3.2.7.4	Siebe	617
	8.3.2.7.5	Hydranten	617
	8.3.2.7.6	Druckminderventile	619
	8.3.2.8	Armaturen für Hausanschlussleitungen	620
	8.3.2.8.1	Allgemeines	620
	8.3.2.8.2	Ventilanbohrschellen	621
	8.3.2.8.3	Drehscheiben- und Steckscheibenverschlüsse	621
	8.3.2.8.4	Anbohrbrücken	622
	8.3.2.8.5	Weichdichtende Absperrschieber	622
	8.3.2.8.6	Einfache Eckventile	622

8.3.3	Rohrleitungszubehör	622
8.3.3.1	Entlüftungsrohre	622
8.3.3.2	Schachtdeckel	623
8.3.3.3	Hinweisschilder	624
8.3.3.4	Leitern	624
8.4	Planung von Rohrleitungen	625
8.4.1	Allgemeines	625
8.4.2	Trassieren	625
8.4.2.1	Allgemeines	625
8.4.2.2	Geländeaufnahmen zu den Lageplänen	625
8.4.2.2.1	Zubringer- und Fernleitungen	625
8.4.2.2.2	Ortsnetze	627
8.4.2.3	Höhenaufnahmen für die Längsschnitte	629
8.4.3	Zeichnerische Darstellung	629
8.4.3.1	Allgemeines	629
8.4.3.2	Lagepläne	632
8.4.3.2.1	Berechnungslagepläne	632
8.4.3.2.2	Übersichtslagepläne	633
8.4.3.2.3	Entwurfslagepläne	633
8.4.3.2.4	Bestandslagepläne	635
8.4.3.2.5	Ausführungs- und Verlegeskizzen	636
8.4.3.3	Längsschnitte	636
8.4.3.3.1	Allgemeines	636
8.4.3.3.2	Übersichtslängsschnitte	636
8.4.3.3.3	Entwurfslängsschnitte	637
8.4.4	Bemessung von Rohrleitungen	638
8.4.4.1	Allgemeines	638
8.4.4.2	Bemessen von Zubringer- und Fernleitungen	639
8.4.4.2.1	Allgemeines	639
8.4.4.2.2	Durchfluss	639
8.4.4.2.3	Fließgeschwindigkeit	639
8.4.4.2.4	Rauheit	640
8.4.4.2.5	Druckhöhe	640
8.4.4.3	Überprüfung bestehender Zubringer- und Fernleitungen	640
8.4.4.4	Bemessen von Rohrnetzen	640
8.4.4.4.1	Allgemeines	640
8.4.4.4.2	Durchfluss	640
8.4.4.4.3	Druckhöhe	641
8.4.5	Statische Beanspruchung von Rohren	642
8.4.5.1	Allgemeines	642
8.4.5.2	Beanspruchung durch Innendruck	642
8.4.5.2.1	Größe der Belastung	642
8.4.5.2.2	Kesselformel	643
8.4.5.2.3	Bemessung der Wanddicken von Druckrohren	643
8.4.5.2.4	Beanspruchung durch Axialkräfte	645
8.4.5.3	Beanspruchung erdverlegter Rohre durch äußere Kräfte	645
8.4.5.4	Beanspruchung des Rohres beim Vortrieb	646
8.4.5.4.1	Vorpresskraft	646
8.4.5.4.2	Einrichtung für das Vorpressen	646
8.4.5.4.3	Statische Berechnung von Stahlrohren	647

8.5	Rohrleitungsbau	647
8.5.1	Allgemeines	647
8.5.2	Zubringer-, Haupt- und Versorgungsleitungen	647
8.5.2.1	Herstellen des Rohrgrabens (RG)	647
8.5.2.1.1	Vorarbeiten	647
8.5.2.1.2	Arbeitsstreifenbreite	648
8.5.2.1.3	Rohrgrabentiefe	649
8.5.2.1.4	Rohrgrabenbreite	651
8.5.2.1.5	Arbeitsvorgang beim RG-Aushub	653
8.5.2.1.6	Bodenarten	654
8.5.2.1.7	Grabenverbau	655
8.5.2.1.8	Wasserhaltung	659
8.5.2.1.9	Sohlenbefestigung	659
8.5.2.1.10	Wiedereinflüllen des RG nach dem Einlegen der Rohre	660
8.5.2.2	Einbauen der Rohrleitung	662
8.5.2.2.1	Abnahme der Rohre und Formstücke	662
8.5.2.2.2	Transport	662
8.5.2.2.3	Ausbessern von Schäden	662
8.5.2.2.4	Anbringen eines zusätzlichen Außenschutzes	662
8.5.2.2.5	Verlegen der Rohre	663
8.5.2.2.6	Verbinden der Rohre	664
8.5.2.2.7	Vervollständigen des Außenschutzes nach dem Verbinden der Rohre	669
8.5.2.2.8	Sicherung der Krümmer und Abzweige gegen Ausweichen	670
8.5.2.2.9	Überprüfung der Verlegearbeit	673
8.5.2.3	Druckprüfung	673
8.5.2.3.1	Allgemeines	673
8.5.2.3.2	Prüfstrecken	674
8.5.2.3.3	Sichern der Rohrleitung	674
8.5.2.3.4	Füllen der Rohrleitung	674
8.5.2.3.5	Schutz gegen Temperatureinflüsse	674
8.5.2.3.6	Ermittlung des Prüfdruckes (DVGW (A) W 400-2, Abschn. 16.4)	674
8.5.2.3.7	Grundsätzliche Schritte der Druckprüfung	675
8.5.2.3.8	Gerätetechnik (DVGW W (A) 400-2, Abschn. 16.6)	675
8.5.2.3.9	Durchführung der Prüfung	676
8.5.2.3.10	Abnahme	677
8.5.2.4	Nacharbeiten	680
8.5.2.4.1	Endgültiges Überfüllen der Leitungen	680
8.5.2.4.2	Reinigung der Leitungsteile, Anstrich	680
8.5.2.4.3	Hinweise zum Auffinden der Einbauten und Leitungen	680
8.5.2.4.4	Spülung und Desinfektion der fertigen Rohrleitung	680
8.5.2.4.5	Durchflussprüfung	683
8.5.3	Anschlussleitungen (Hausanschlüsse)	684
8.5.3.1	Bestandteile der Anschlussleitung	684
8.5.3.2	Einbautiefe und Lage	684
8.5.3.3	Nennweite	684
8.5.3.4	Einbau der Anschlussleitung	685
8.5.3.4.1	Allgemeines	685
8.5.3.4.2	Kunststoffrohre aus Polyethylen	685
8.5.3.4.3	Hauseinführung	685

	8.5.3.4.4	Druckprobe	686
	8.5.3.4.5	Anbohren	686
	8.5.3.5	Wasserzählereinbau	687
8.5.4		Besondere Bauwerke	688
	8.5.4.1	Straßenkreuzungen	688
	8.5.4.2	Kreuzungen mit Wasserläufen	691
	8.5.4.3	Rohrüberführungen über Flüsse (Brückenleitungen)	693
	8.5.4.4	Bahnkreuzungen	694
	8.5.4.4.1	Grundregeln	694
	8.5.4.4.2	Einlegen der Wasserleitung in Bahnunterführungen	695
	8.5.4.4.3	Einlegen der Wasserleitung unter den Gleiskörper	695
	8.5.4.4.4	Überführen von Wasserleitungen über Bahngleise	697
	8.5.4.4.5	Verlegung von Wasserleitungen an Eisenbahnbrücken	697
8.5.5		Grabenlose Verlegung, Erneuerung und Sanierung	
		von Druckrohrleitungen	697
	8.5.5.1	Allgemeines	697
	8.5.5.2	Reinigung	698
	8.5.5.3	Sanierung	698
	8.5.5.4	Erneuerung/Neubau	699
8.6		Hausinstallation (Trinkwasser-Installation)	701
8.6.1		Allgemeines	701
8.6.2		Planung und Berechnung	702
	8.6.2.1	Planung	702
	8.6.2.2	Berechnung	703
	8.6.2.2.1	Vereinfachte Methode	703
	8.6.2.2.2	Differenzierte Methode	703
	8.6.2.2.3	Bemessung der Zirkulationsleitung	704
8.6.3		Werkstoffe	704
8.6.4		Einbau der Trinkwasser Installation	705
	8.6.4.1	Druckprüfung	705
	8.6.4.1.1	Allgemeines	705
	8.6.4.1.2	Stahlrohre, Edelstahlrohre und Kupferrohre	705
	8.6.4.1.3	Kunststoffrohre	706
8.6.5		Betrieb und Wartung der Trinkwasser Installation	706
		Literatur	707
9.		Löschwasserversorgung	707
9.1		Allgemeines	707
9.2		Löschwasserbedarf	708
9.2.1		Grundschatz	709
9.2.2		Objektschutz	709
9.3		Löschwasser-Bereitstellung für den Grundschatz durch das WVU	710
9.3.1		Lastannahmen für Löschwasserberechnungen	711
9.3.2		Mindestnennweiten für die Bereitstellung von Löschwasser für den Grundschatz	711
9.3.3		Anzahl und Anordnung von Hydranten für die Löschwasserversorgung	711
9.4		Brandschutz	712
9.4.1		Anschluss von Feuerlöschanlagen	712
	9.4.1.1	Anlagen mit offenen Düsen	713
	9.4.1.2	Anlagen mit geschlossenen Düsen	713
	9.4.1.3	Schaumlöschanlagen	714
	9.4.1.4	Betreiberverantwortungen bei Neu- und Bestandsanlagen	715