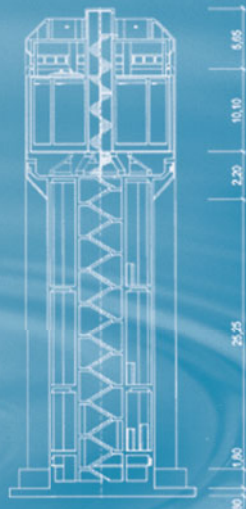


Andreas Baur  
Peter Fritsch  
Winfried Hoch  
Gerhard Merkl  
Joachim Rautenberg  
Matthias Weiß  
Burkhard Wricke



# 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

<b>1. Ziele und Aufgaben der Wasserversorgung</b> .....	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

<b>2. Wasserabgabe und Wasserbedarf</b> .....	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
<b>3. Hydraulische Berechnungsgrundlagen</b> .....	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

<b>4. Wassergewinnung</b> .....	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

<b>5. Wasseraufbereitung</b> .....	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
<b>6. Energieeinsatz und Wasserförderung</b> .....	385
6.1 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen .....	385
6.2 Elektrotechnik .....	389
6.3 Förderanlagen .....	409
Literatur .....	461
<b>7. Wasserspeicherung</b> .....	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
<b>8. Wasserverteilung</b> .....	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
<b>9. Löschwasserversorgung</b> .....	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
<b>10. Prozessleittechnik und Messtechnik</b> .....	723
10.1 Prozessleittechnik .....	723
10.2 Wasserzähler und Wassermessung .....	739
10.3 Sicherheit in der Informationstechnologie .....	755
Literatur .....	759

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

## **Planung, Bau, Betrieb, Instandhaltung und Management** ..... 767

<b>12. Planung und Bau</b> .....	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

<b>13. Management, Betrieb und Instandhaltung</b> .....	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

<b>14. Gesetzliche Einheiten, Zahlenwerte, DVGW-Regelwerk, DIN-Normen u. Ä.</b> .....	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

<b>Erratum zu: Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung</b> .....	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](http://www.bdew.de))
- Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW – [www.dvgw.de](http://www.dvgw.de))
- Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN – [www.beuth.de](http://www.beuth.de))
- Verband Kommunaler Unternehmen e.V. (VKU – [www.vku.de](http://www.vku.de))
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA – [www.lawa.de](http://www.lawa.de))
- International Water Association (IWA – [www.iwahq.org](http://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 (Wasserförderung), 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 Wasserversorungsverhältnisse zu schaffen und zu erhalten.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 17. Auflage .....	IX
Bearbeiter der 17. Auflage .....	IX
Liste der Abkürzungen .....	XLI
1. Technische Bezeichnungen .....	XLI
2. Behörden, Verbände .....	XLII
<b>Einführung</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Ziele und Aufgaben der Wasserversorgung</b> .....	<b>3</b>
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
<b>Grundlagen</b> .....	<b>15</b>
<b>2. Wasserabgabe und Wasserbedarf</b> .....	<b>17</b>
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
<b>3.</b>	<b>Hydraulische Berechnungsgrundlagen</b> .....	<b>55</b>
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 eingedeckten 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
<b>5.</b>	<b>Wasseraufbereitung .....</b>	<b>227</b>
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 Umkehrosmose (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
<b>6.</b>	<b>Energieeinsatz und Wasserförderung .....</b>	<b>385</b>
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

<b>7.</b>	<b>Wasserspeicherung</b> .....	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 <sup>3</sup> /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
<b>8.</b>	<b>Wasserverteilung</b> .....	<b>569</b>
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
<b>9.</b>		<b>Löschwasserversorgung .....</b>	<b>707</b>
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