

**Damrath/Cord-Landwehr**

# **Wasserversorgung**

Bearbeitet von

Prof. Dr.-Ing. Klaus Cord-Landwehr

Fachhochschule Nordostniedersachsen

Fachbereich Bauingenieurwesen

(Wasserwirtschaft und Umwelttechnik)

Suderburg

II., neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 221 Bildern, 58 Tafeln und 41 Beispielen



**B. G. Teubner Stuttgart 1998**

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Damrath, Helmut:**

Wasserversorgung : mit 58 Tafeln und 41 Beispielen / Damrath/Cord-  
Landwehr. – 11., neubearb. und erw. Aufl. / bearb. von Klaus Cord-  
Landwehr. – Stuttgart : Teubner, 1998

ISBN 978-3-519-15249-1      ISBN 978-3-322-94019-3 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-94019-3

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

© B. G. Teubner Stuttgart 1998

Gesamtherstellung: Druckhaus Beltz, Hemsbach

Umschlaggestaltung: Peter Pfitz, Stuttgart

## Vorwort zur 11. Auflage

„Das Wasser ist das Beste“, stellte schon der griechische Philosoph Pindar (um 500 v. Chr.) fest, und in der Europäischen Wasser-Charta ist verankert: „Jeder Mensch gebraucht Wasser und hat deshalb Rücksicht zu nehmen auf die anderen Wasserbenutzer.“

Global gesehen haben wir Wasser im Überfluß, denn etwa zwei Drittel der Erde sind mit Wasser bedeckt. Aber davon sind mehr als 97% salzhaltiges Meerwasser, und nur 0,6% (ca. 8,8 Mio. km<sup>3</sup>) bilden das in Oberflächengewässern und im Grundwasser vorhandene Süßwasserreservoir. Wasser, als nicht ersetzbares Lebensmittel lebensnotwendig - der Mensch kann nur wenige Tage ohne Wasser überleben -, wird in zunehmendem Maße die Ursache für internationale Konflikte.

Auf der Erde gibt es große Wassermangelgebiete, und aufgrund der Bevölkerungsentwicklung ist ein „Trinkwassernotstand“ fast unvermeidbar. Auf der Erde haben etwa eine Milliarde Menschen keinen Zugang zu sauberem Wasser, und täglich sterben 25 000 Menschen an den Folgen des Verzehrs von verschmutztem Wasser. Die Trinkwasserversorgung dieser Gebiete ist daher eine der größten Zukunftsaufgaben. Hierzu wurde an der Fachhochschule Nordostniedersachsen im Fachbereich Suderburg einen Ergänzungsstudiengang Tropenwasserwirtschaft eingerichtet.

Deutschland liegt in der gemäßigten Klimazone und hat daher ein ausreichendes Wasserdargebot. Es gibt zwar lokale Wassermangelgebiete, diese können aber über Fernversorgungsleitungen einwandfreies Wasser erhalten. Es fehlt aber vielfach aus lokalen Gründen die Einsicht, daß ein Ausgleich zwischen Wasserüberschuß- und Wassermangelgebieten unabdingbar ist.

Der Rohstoff für das Lebensmittel Nr. 1, mit der einfachen Formel H<sub>2</sub>O, ist in die öffentliche Kritik geraten. Anthropogene Einflüsse, der Transport gefährlicher Güter und Flüssigkeiten, die intensive Landwirtschaft mit starkem Dünge- und Pestizideinsatz, die Luftverschmutzung u.a. gefährden den Rohstoff Wasser. Trotz aller Anstrengungen im Umweltschutz zeigen unsere Wasserrohstoffquellen (Grund-, Quell- und Oberflächenwasser) steigende Belastung. Mit der modernen Meßtechnik ist es möglich, Inhaltsstoffe im Nanogrammbereich festzustellen, dies entspricht einem Milliardstel Gramm. In Gesetzen und Verordnungen werden für Wasserinhaltsstoffe Grenzwerte festgelegt. Die stürmische Entwicklung in der Technik, die neuen gesetzlichen Regelungen und vor allem das gestärkte Umweltbewußtsein der Bevölkerung stellen höchste Anforderungen an die Bereitstellung von Trinkwasser. Die Wasserversorgungsunternehmen investierten von 1990 bis 1995 ca. 30,5 Mrd. DM.

Vielen Menschen in den Industrienationen ist nicht bewußt, welche technische Leistung es darstellt, jede gewünschte Menge Trinkwasser frisch und kühl und zu jeder Zeit aus dem Zapfhahn beziehen zu können. Viele wagen es nicht, das Wasser aus der Leitung als Trinkwasser zu benutzen, weil sie durch die öffentliche Diskussion über Grenz-, Richt- und Leitwerte u.a. verunsichert sind. Das Trinkwasser in Deutschland

ist von ausgezeichneter Qualität und kann daher ohne Bedenken getrunken werden. Um dies zu gewährleisten, muß ein Team von Fachexperten eng zusammen arbeiten.

Während 1948 in Niedersachsen weniger als 50% der Bevölkerung an eine öffentliche zentrale Trinkwasserversorgung angeschlossen waren, liegt der Versorgungsgrad heute knapp unter 100%. Bis in die 80er Jahre ist der spezifische Pro-Kopf-Verbrauch in Liter pro Einwohner und Tag ständig angestiegen. Seit Beginn der 90er Jahre wird dagegen immer weniger Wasser verbraucht. Da die erheblichen Investitionen in die Rohrnetze mit einer Lebensdauer von bis zu 100 Jahren bereits vorgenommen wurden und hierfür der Kapitaldienst aufzubringen ist, entsteht für den Laien die nicht leicht verständliche Situation, daß bei sinkendem Verbrauch die Wassergebühren ständig steigen. Hinzu kommt noch, daß durch Stagnation (Wasserstillstand) in den Leitungen die Korrosionsgefahr wächst.

Die einfache Forderung der EU: „Wasser darf nicht aggressiv sein“ fordert von den Wasserversorgungsexperten ein hohes Maß an Kenntnis der sehr komplexen biologischen, chemischen, physikalischen, hygienischen und bautechnischen Zusammenhänge.

Die 11. Auflage trägt dieser Forderung Rechnung. Bedingt durch die deutsche Wiedervereinigung und damit verbundene Schwerpunktverschiebungen, wie z.B. die vermehrte Oberflächenwassernutzung, sowie die Anpassung der deutschen Normen an die EU-Normen und die Weiterentwicklung des technischen Regelwerks wurden alle Abschnitte grundlegend überarbeitet und erweitert. Fast alle Tafeln wurden neu gefaßt und viele Bilder neu hinzugefügt. Die zahlreichen, sich auf das wesentliche konzentrierenden Rechenbeispiele, wurden übersichtlicher gestaltet.

Die Aufgaben der heutigen Wasserversorgung, von der Gewinnung über die Aufbereitung bis hin zur Verteilung, werden von den theoretischen Ansätzen bis hin zur praktischen Umsetzung aufgezeigt.

Die aus Gesundheitsfürsorge erforderlichen höheren Anforderungen führen zu immer höheren Wassergebühren. Kostenüberlegungen spielen daher zunehmend eine größere Rolle. Am Beispiel der Wasserspeicherung wird daher exemplarisch eine Kostenvergleichsrechnung durchgeführt.

Für Spezialaufgaben gibt ein umfangreiches Literaturverzeichnis Hinweise zur weiterführenden Literatur.

Das Fachbuch ist als ein Leitfaden für die Wasserversorgungstechnik im Fachgebiet der Siedlungswasserwirtschaft konzipiert. Es wendet sich an Studierende an den wissenschaftlichen und fachlichen Hochschulen, an Praktiker und interessierte Laien, die in kompakter Form die Hauptaufgaben einer modernen Wasserversorgungstechnik kennenlernen möchten.

Für Hinweise und Anregungen sind der Verlag und der Autor dankbar.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Grundlagen einer Wasserversorgung</b>	
1.1	Bestandteile und Begriffe der Wasserversorgung	1
1.2	Anforderungen an eine Wasserversorgung	4
1.2.1	Leitsätze für die zentrale Trinkwasserversorgung	4
1.2.1.1	Anforderungen an Trinkwasser	4
1.2.1.2	Planung, Bau und Betrieb von zentralen Trinkwasserversorgungsanlagen	5
1.2.1.3	Werkseigene Überwachung von zentralen Trinkwasserversorgungsanlagen	5
1.2.2	Trinkwasser	6
1.2.3	Wasser für gewerbliche und industrielle Zwecke	7
1.3	Grundsatzforderungen für die zukünftige gesicherte Wasserversorgung und Ausblick	9
<b>2</b>	<b>Wasserbedarf</b>	
2.1	Eigenbedarf und Wasserverluste	11
2.2	Verbrauchswerte	14
2.3	Schwankungen des Wasserverbrauchs	19
2.4	Feuerlöschwasser	22
2.5	Wassereinsparung	23
2.6	Steigerung des Wasserverbrauchs	24
<b>3</b>	<b>Wasservorkommen und Wassergewinnung</b>	
3.1	Niederschläge und Abflüsse	27
3.1.1	Wasserkreislauf	27
3.1.2	Wasserdargebot	28
3.2	Grundwasser	30
3.2.1	Begriffsbestimmungen und Grundlagen	30
3.2.2	Erkundung von Grundwasservorkommen	31
3.2.2.1	Grundwassermeßstellen und -höhenlinien (Isohypsen)	33
3.2.2.2	Die Ergiebigkeit eines Grundwasservorkommens	35
3.2.2.3	Geophysikalische Messungen	37

3.2.3	Ermittlung der Ergiebigkeit	38
3.2.3.1	Der Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ (Gebirgsdurchlässigkeit im Gelände) für Grundwasserbewegungen und $k$ -Wertermittlungen im Labor	38
3.2.3.2	Ergiebigkeitsgleichung nach <i>Dupuit-Thiem</i>	40
3.2.4	Pumpversuch	45
3.2.4.1	Durchführung und Auswertung des Brunnentests	46
3.2.4.2	$k_f$ -Wertbestimmung durch einen Pumpversuch	48
3.3	Fassungsanlagen für die Grundwassergewinnung	50
3.3.1	Schacht- oder Kesselbrunnen	50
3.3.2	Bohrbrunnen	50
3.3.2.1	Bohrungen bei der Wassererschließung	51
3.3.2.2	Filterrohr	53
3.3.2.3	Abschlußbauwerke für Brunnen der Wassergewinnung	61
3.3.2.4	Einzelbrunnen und Brunnenreihen	62
3.3.2.5	Bemessung eines Bohrbrunnens in Lockergestein	64
3.3.2.6	Entsandung	68
3.3.2.7	Brunnengase und Brunnenalterung	69
3.3.3	Horizontale Grundwasser-Fassungsanlagen	70
3.3.4	Uferfiltriertes Wasser und künstliche Grundwasseranreicherung	71
3.3.5	Horizontalfilterbrunnen	74
3.3.6	Quellwasser	76
3.4	Oberflächenwasser	78
3.4.1	Flußwasser	79
3.4.2	Seewasser und Talsperrenwasser	80
3.4.3	Regen-, Dünen- und Zisternenwasser	82
3.5	Trinkwasser-Schutzgebiete	82
<b>4</b>	<b>Chemische, physikalische und biologische Beschaffenheit des Wassers</b>	
4.1	Grundlagen	86
4.2	Konzentrationsangaben in der Wasserchemie	87
4.3	Begriffe der Wasserchemie	89
4.3.1	Einführung	89
4.3.2	Alte und neue Begriffe der Korrosionschemie und des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtssystems	91
4.3.3	Das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtssystem (KKG)	92
4.3.4	$pH$ -Werte und Sättigungsindex $SI$	94
4.3.5	Weitere Größen zur Ermittlung des $\Delta pH$ -Wertes und dessen Einstellung	96
4.3.6	Die Härte des Wassers	100
4.4	Trinkwasserinhaltsstoffe	101
4.4.1	Chemische und physikalische Wasserinhaltsstoffe (Auswahl)	101
4.4.2	Bakteriologische Wasserinhaltsstoffe	105

---

4.4.3	Untersuchungsumfang und Hinweise zur Probenahme bei Wasseranalysen	106
4.4.4	Grenzwerte / Richtwerte	106
4.5	Physikalische, chemische und biochemische Grundlagen der Kohlendioxid-, Eisen- und Manganentfernung	107
4.5.1	Allgemeine Grundlagen	107
4.5.2	Die Einstellung des zugehörigen Kohlendioxidwertes	110
4.5.3	Grundlagen der Eisen- und Manganentfernung	112
<b>5</b>	<b>Aufbereitungsverfahren in der Trinkwasserversorgung</b>	
5.1	Grundlagen der Wasseraufbereitung	116
5.2	Hauptverfahren der Wasseraufbereitungstechnologie	118
5.2.1	Siebverfahren und Absetzbecken	118
5.2.2	Filtration	119
5.2.2.1	Grundlagen	119
5.2.2.2	Filterbauarten	121
5.2.2.3	Filterbestandteile und Filterbetrieb	125
5.2.3	Flockung und Fällung	130
5.2.3.1	Allgemeine Grundlagen	130
5.2.3.2	Aufbereitung von Rohwasser aus Talsperren und Seen	133
5.2.3.3	Aufbereitung von Rohwasser aus Flußläufen	135
5.2.4	Entfernung von Eisen und Mangan durch Filtration	136
5.2.5	Begasung / Belüftung (Absorption) und Entgasung (Desorption)	143
5.2.6	Die Einstellung des zulässigen <i>pH</i> -Wertes nach TVO (Entsäuerung)	145
5.2.6.1	Allgemeine Hinweise zur Verfahrenswahl	145
5.2.6.2	Mechanische Entsäuerung	148
5.2.6.3	Marmorfiltration	150
5.2.6.4	Dolomitfiltration	153
5.2.6.5	Zugabe von alkalischen Dosiermitteln und Überwachung des <i>pH<sub>c</sub></i> -Wertes	157
5.2.6.6	Kombinierte Entfernung von Wasserinhaltsstoffen	157
5.2.7	Desinfektion von Trinkwasser und Versorgungsanlagen	163
5.2.8	Spurenstoffentfernung, Entsalzung, Enthärtung sowie Sonderprobleme der Aufbereitung	165
5.2.9	Ablaufplan für die Herstellung eines Wasserwerkes	167
<b>6</b>	<b>Wasserförderung und Mengenummessung</b>	
6.1	Pumpen für die Trinkwasserversorgung	169
6.1.1	Hauptpumpenbauarten und -einsatzbereiche	176
6.1.2	Antriebsmaschinen	179
6.1.3	Förderhöhe, NPSHA-Wert und Leistungsbedarf	181
6.2	Allgemeine Hinweise für Pumpwerke	186

6.3	Druckerhöhungspumpen	192
6.4	Wassermengenmessung	194
<b>7</b>	<b>Speichern des Wassers</b>	
7.1	Einführung	199
7.2	Wasserspeicher	200
	7.2.1 Lage der Wasserspeicher	200
	7.2.2 Speicherbemessung	202
	7.2.3 Bauliche Grundsätze für Wasserbehälter	203
	7.2.4 Einrichtungen der Wasserbehälter	207
	7.2.5 Wassertürme	213
	7.2.6 Wasserspeicherbemessung mit Kostenvergleich	217
7.3	Spezielle Wasserspeicher	223
	7.3.1 Druckbehälter	223
	7.3.2 Löschwasserspeicher	229
	7.3.3 Talsperren	230
7.4	Dynamische Druckänderung in Wasserspeichern	231
<b>8</b>	<b>Verteilen des Wassers</b>	
8.1	Hydraulische Grundlagen	232
	8.1.1 Reibungsverlusthöhe	232
	8.1.2 Energiehöhenverluste	235
8.2	Rohrnetzarten und Rohrnetzberechnung	244
	8.2.1 Versorgungsnetze	244
	8.2.1.1 Netzarten	244
	8.2.1.2 Druckzonen	245
	8.2.1.3 Gruppenwasserversorgung	246
	8.2.2 Berechnung der Rohrnetze	247
	8.2.2.1 Verästelungsnetz	249
	8.2.2.2 Ringnetze	250
	8.2.3 Rohrnetzpläne	254
	8.2.4 Zubringerleitungen (ZW)	258
	8.2.5 Hauptleitungen, Versorgungsleitungen und Anschlußleitungen	260
8.3	Rohrmaterialien in der Wasserverteilung	262
	8.3.1 Einführung	262
	8.3.2 Korrosionsverhalten der Baustoffe	263
	8.3.3 Rohre	264
	8.3.3.1 Druckrohre aus duktilem Gußeisen	265
	8.3.3.2 Stahlrohre und Edelstahlrohre	271
	8.3.3.3 Faserzementrohre	272
	8.3.3.4 Rohre aus Spannbeton und Stahlbeton	273
	8.3.3.5 Kunststoffrohre	273



8.4	Formstücke und Armaturen für das Wasserverteilungsnetz	276
8.5	Ausführung der Rohrleitung	284
8.5.1	Lage im Straßenquerschnitt	284
8.5.2	Verlegung der Leitung	286
8.5.3	Verankerung der Rohrleitungen	288
8.5.3.1	Nicht längskraftschlüssige Rohrverbindungen	288
8.5.3.2	Längskraftschlüssige Rohrverbindungen	291
8.5.4	Kreuzungen und Überführungen	292
8.5.4.1	Bahn- und Straßenkreuzungen	292
8.5.4.2	Überführungen an Brücken	294
8.5.4.3	Dükerungen	295
8.6	Rohrnetzüberwachung und Rohrnetzbetrieb	295
<b>9 Rechtsnormen und technische Regelwerke</b>		
9.1	Rechtskompetenzen und Rechtsformen	297
9.2	Wasserhaushaltsgesetz, landesrechtliche Umsetzung und Verwaltungshandeln	298
9.2.1	Erster Teil - Gemeinsame Bestimmungen	299
9.2.2	Zweiter Teil - Bestimmungen für oberirdische Gewässer	301
9.2.3	Dritter Teil - Bestimmungen für Küstengewässer	301
	Vierter Teil - Bestimmungen für das Grundwasser. Heilquellenschutz	
9.2.4	Fünfter Teil - Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung	302
9.2.5	Sechster Teil - Anlagen für wassergefährdende Stoffe	302
9.2.6	Siebenter Teil - Behörden, Zuständigkeit, Gefahrenabwehr	303
9.2.7	Achter Teil - Zwangsrechte	303
9.2.8	Neunter Teil - Wasserwirtschaftliche Planung, Wasserbuch	303
9.2.9	Zehnter Teil - Bußgeldbestimmungen. Elfter Teil - Übergangs- und Schlußbestimmungen	304
9.3	Weitere Rechtsquellen für die Wasserversorgung	304
9.4	Rechtsformen der Wasserversorgungsunternehmen (WVU)	305
9.5	Technisches Regelwerk	306
<b>Literatur</b>		307
<b>Technische Regeln und Mitteilungen des DVGW</b>		
	Regelwerk Wasser	316
	Regelwerk Gas/Wasser	320
<b>DIN-Normen zur Wasserversorgung</b>		321
<b>Sachverzeichnis</b>		326

**DIN-Normen.** Für dieses Buch einschlägige Normen sind entsprechend dem Entwicklungsstand ausgewertet worden, den sie bei Abschluß des Manuskripts erreicht hatten. Maßgebend sind die jeweils neuesten Ausgaben der Normblätter des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., die durch den Beuth-Verlag, Berlin und Köln, zu beziehen sind.

Sinngemäß gilt das gleiche für alle sonstigen angezogenen amtlichen Richtlinien, Bestimmungen, Verordnungen u. a.

**Maßeinheiten (GW 110).** Verwendet wurden die durch das „Gesetz über Einheiten im Meßwesen“ vom 2. 7. 1969 und seiner „Ausführungsverordnung“ vom 26. 6. 1970 eingeführten Einheiten.

**Hinweise zur Umrechnung von „alten“ in „neue“ Einheiten und umgekehrt.**

Ab 1. 1. 1978 sind nur noch diese SI-Einheiten für den Gebrauch im Bauwesen zugelassen.

Bezeichnungen	Neue gesetzliche Einheiten	Alte Einheiten
Belastungen, Kraft	1 N (Newton) 10 N 1 kN(Kilonewton) 10 kN 1 MN (Meganewton)	0,1 kp*) 1 kp 100 kp 1 Mp 100 Mp
Spannungen, Festigkeiten	0,1 N/mm <sup>2</sup> 1 N/mm <sup>2</sup> = 1 MN/m <sup>2</sup> 1 MN/m <sup>2</sup> = 10 <sup>6</sup> N/10 <sup>6</sup> mm <sup>2</sup> = 1 N/mm <sup>2</sup> 1 Pa (Pascal) = 1 N/m <sup>2</sup> 1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 1 N/mm <sup>2</sup>	1 kp/cm <sup>2</sup> 10 kp/cm <sup>2</sup>
Moment	1 Nm 10 Nm 10 kNm	0,1 kpm*) 1 kpm 1 Mpm
Energie, Arbeit, Wärmemenge	1 J (Joule) = 1 Nm 1 kJ (Kilojoule) 1 W (Watt) = 1 Nm/s = 1 J/s 1 J = 1 Ws	0,1 kpm
Sonstige gebräuchliche Maßeinheiten: Thermodynamische Temperatur <i>T</i> Celsiustemperatur <i>t</i> Druck <i>p</i>	1 K (Kelvin) °C 1 Pa (Pascal) 1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa = 0,1 MPa = 10 <sup>5</sup> N/m <sup>2</sup>	grad ~ 1 at (= 1 kp/cm <sup>2</sup> ) ~ 10 mWS
Dichte Masse	kg/m <sup>3</sup> kg	

\*) Hinreichende Genauigkeit in der Praxis

Umrechnung von kcal/h in Watt (W):

1 W = 0,86 kcal/h      1 kcal/h = 1,16 W

z.B. Wärmeleitzahl λ:      1 kcal/m h K = 1,16 W/m K