



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Bauberufe

Peschel · Kickler · Lindau · Mentlein · Schulzig · Trutzenberg

# Tabellenbuch Bautechnik

**Tabellen – Formeln – Regeln – Bestimmungen**

Bearbeitet von Lehrern und Ingenieuren an berufsbildenden Schulen  
und Fachhochschulen

Lektorat: Peter Peschel

16. Auflage 2021

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 42519

Mathematik  
Naturwissenschaften  
Statik, Lastannahmen  
Bauzeichnen  
Bauphysik/  
Bauteenschutz  
Baustoffe  
Baukonstruktion  
Baubetrieb

## Autoren des Tabellenbuches Bautechnik

Peschel, Peter	Oberstudiendirektor a.D.	Göttingen
Kickler, Jens	Dr.-Ing., Professor	Berlin
Lindau, Doreen	Studienrätin	Braunschweig
Mentlein, Horst	Dr.-Ing., Professor	Lübeck
Schulzig, Sven	Oberstudienrat	Kassel
Trutzenberg, Tobias	Studiendirektor	Essen

## Lektorat

Peter Peschel

## Bildbearbeitung

Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel, Ostfildern

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter sowie andere Bestimmungen und Richtlinien zugrunde gelegt (Redaktionsschluss 31.07.2020). Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und jene Bestimmungen selbst.

Die DIN-Blätter können von der Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, bezogen werden.

Das vorliegende Werk wurde mit aller gebotenen Sorgfalt erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Fakten, Hinweisen und Vorschlägen sowie für eventuelle Satz- und Druckfehler keine Haftung.

16. Auflage 2021

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert sind.

ISBN 978-3-8085-4496-9

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2021 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
<http://www.europa-lehrmittel.de>

Satz: PER MEDIEN & MARKETING GmbH, 38102 Braunschweig  
Umschlag: Blick Kick Kreativ KG, 42653 Solingen  
Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

# Vorwort

Das „Tabellenbuch Bautechnik“ erweitert die bewährte Europa-Fachbuchreihe für Bauberufe. Es kann jedoch seines eigenständigen Charakters wegen sowohl allein als auch in Verbindung mit anderen Lehrbüchern in der Aus- und Weiterbildung sowie in der beruflichen Praxis verwendet werden. Es enthält sowohl Tabellen, Formeln, DIN-Normen, Regeln und Bestimmungen von Behörden und Institutionen als auch viele Stoffwerte und Konstruktionsgrößen.

Die Auswahl der Inhalte dieser Sammlung erfolgte unter weitgehender Berücksichtigung der Bundesrahmenlehrpläne für die Bauberufe und wurde auf der Grundlage der neusten Ausgaben aller einschlägigen deutschen und europäischen Regelwerke bearbeitet. Überall dort, wo die **neue Normengeneration** (Europäisches Regelwerk, Eurocode EC) in Deutschland anwendbar ist, wurde bereits eine in den einzelnen Kapiteln auf die Anwender abgestimmte neue Struktur gewählt.

Das „Tabellenbuch Bautechnik“ eignet sich als Nachschlagewerk für Auszubildende sowie Schülerinnen und Schüler der Berufsschule, der Berufsfachschule, der Berufsaufbauschule, der Fachoberschule, der Berufsoberschule und der beruflichen Gymnasien. Es ist darüber hinaus auch als Informationsquelle bei praktischen Ausbildungsmaßnahmen, bei der Fortbildung in Polier- und Meisterschulen/Technikerschulen, an Berufsakademien und Fachhochschulen sowie in der Berufspraxis geeignet.

Das Tabellenbuch ist eingeteilt in die Abschnitte

<b>Mathematik</b>	<b>1</b>
<b>Naturwissenschaften</b>	<b>2</b>
<b>Statik und Lastannahmen</b>	<b>3</b>
<b>Technisches Zeichnen/Bauzeichnen</b>	<b>4</b>
<b>Bauphysik/Bautenschutz</b>	<b>5</b>
<b>Technologie der Baustoffe</b>	<b>6</b>
<b>Bautechnik und Baukonstruktion</b>	<b>7</b>
<b>Baubetrieb</b>	<b>8</b>

Das Inhaltsverzeichnis am Anfang des Tabellenbuches wird durch Teilinhaltsverzeichnisse, Normenverzeichnisse und Literaturangaben vor jedem Hauptkapitel ergänzt.

Ein schneller Zugriff wird durch das bewährte Daumen-Griffregister ermöglicht. Großer Wert wurde auf die Übersichtlichkeit der Darstellung gelegt. Neben dem Inhaltsverzeichnis hilft ein umfangreiches **Sachwortverzeichnis** mit über **2300 Begriffen** beim schnellen Finden einzelner Fakten. Verweise sind durch ein Dreieck ► mit Seitenzahl gekennzeichnet.

Die vorliegende 16. Auflage wurde aktualisiert und nochmals erweitert.

Neu aufgenommen wurden u. a. die Teilkapitel:

Darstellung von Funktionen sowie Formeln und Umrechnungstabellen für Neigungen (Kapitel 1);  
Bauwerksabdichtungen (Kapitel 5); wasserundurchlässiger Beton und flüssigkeitsdichter Beton (Kapitel 6);

Ausbauquerschnitte für Straßen und Eisenbahnbau (Kapitel 7) sowie Verwaltungsvorschriften Technischer Baubestimmungen (Kapitel 8).

Allen, die durch ihre Anregungen zur Fortentwicklung des Tabellenbuches beigetragen haben – insbesondere den genannten Baufirmen, Institutionen und Verlagen –, sei an dieser Stelle herzlich gedankt. Ebenso bedanken sich die Autoren dieses Tabellenbuches bei den Autoren des TB Holztechnik, des TB Metallbautechnik und der Fachkunde Bau im Verlag Europa-Lehrmittel für die Möglichkeit, Abbildungen und Textergänzungen zu entnehmen und für das vorliegende Tabellenbuch Bautechnik anzupassen.

Für Anregungen zur Weiterentwicklung, Verbesserungsvorschläge und Fehlerhinweise sind wir weiterhin dankbar. Sie können dafür unsere Adresse [lektorat@europa-lehrmittel.de](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de) nutzen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>MATHEMATIK</b>	<b>7</b>	<b>3.5</b>	<b>Sicherheitskonzept</b> . . . . .	<b>90</b>
1.1	Zeichen, Begriffe und Tafeln . . . . .	8	3.6	Spannungen und Festigkeiten . . . . .	92
1.2	Rechenarten . . . . .	14	3.7	Formänderungen, Steifigkeiten und Stabilität . . . . .	94
1.3	Prozentrechnung und Zinsrechnung . . . . .	19	3.8	Lastannahmen . . . . .	97
1.4	Längen und Winkel . . . . .	20	3.8.1	Wichte von Baustoffen und Bauteilen	97
1.5	Flächen . . . . .	21	3.8.2	Eigenlasten für Dächer . . . . .	100
1.6	Körper . . . . .	24	3.8.3	Nutzlasten . . . . .	101
1.7	Geometrie . . . . .	27	3.8.4	Eigen- und Nutzlast, Trennwand-zuschlag . . . . .	103
1.7.1	Rechtwinklige Dreiecke . . . . .	27	3.8.5	Windlasten . . . . .	103
1.7.2	Winkelfunktionen . . . . .	28	3.8.6	Schneelasten . . . . .	106
1.7.3	Schiefwinklige Dreiecke . . . . .	29			
1.7.4	Neigung, Steigung, Gefälle . . . . .	32	<b>4</b>	<b>TECHNISCHES ZEICHNEN/ BAUZEICHNEN</b>	<b>107</b>
1.7.5	Strahlensätze und Ähnlichkeiten . . . . .	33	4.1	Normschrift . . . . .	109
1.8	Gleichungen und Ungleichungen . . . . .	34	4.2	Zeichengeräte und Materialien . . . . .	111
1.9	Taschenrechner und DV-Grundlagen . . . . .	37	4.3	Bemaßung . . . . .	113
1.10	Funktionen . . . . .	40	4.4	Bauzeichnungen . . . . .	116
1.11	Differenzialrechnung . . . . .	44	4.5	Symbole in verschiedenen Bauzeichnungen . . . . .	122
1.12	Integralrechnung . . . . .	45	4.6	Grundkonstruktionen . . . . .	133
1.13	Folgen und Reihen . . . . .	47	4.7	Darstellende Geometrie . . . . .	141
1.14	Statistik . . . . .	48	4.8	Dachausmittlung . . . . .	148
			4.9	Treppen . . . . .	154
<b>2</b>	<b>NATURWISSENSCHAFTEN</b>	<b>49</b>	<b>5</b>	<b>BAUPHYSIK/BAUTENSCHUTZ</b>	<b>161</b>
2.1	Physikalische Größen, Einheiten und Formelzeichen . . . . .	50	5.1	Dämmstoffe, Dichtungsstoffe und Sperrstoffe . . . . .	163
2.2	Physikalische Grundlagen . . . . .	52	5.2	Wärmeschutz . . . . .	168
2.3	Gleichförmige und beschleunigte Bewegung . . . . .	54	5.2.1	Physikalische Grundlagen . . . . .	168
2.4	Arbeit, Energie, Leistung und Wirkungsgrad . . . . .	56	5.2.2	Wärmetechnische Mindestanforderungen . . . . .	169
2.5	Einfache Maschinen . . . . .	57	5.2.3	Wärmebrücken . . . . .	174
2.5.1	Hebel . . . . .	57	5.2.4	Anforderungen an den Wärmeschutz im Sommer . . . . .	175
2.5.2	Feste und lose Rollen . . . . .	58	5.3	Energieeinsparverordnung (EnEV) . . . . .	176
2.5.3	Seilwinde . . . . .	58	5.4	Feuchteschutz und Tauwasser-schutz . . . . .	188
2.5.4	Schiefe Ebene, Schraube und Keil . . . . .	59	5.4.1	Bauliche Schutzmaßnahmen . . . . .	188
2.6	Wärmelehre . . . . .	60	5.4.2	Klimabedingter Feuchtigkeitsschutz . . . . .	191
2.7	Elektrotechnik . . . . .	62	5.4.3	Feuchteschutztechnische Rechenwerte . . . . .	192
2.8	Chemie . . . . .	65	5.4.4	Feuchteschutztechnische Berechnungen . . . . .	196
2.8.1	Elemente . . . . .	66	5.4.5	Schimmelbildung . . . . .	200
2.8.2	Chemische Verbindungen . . . . .	68	5.5	Schallschutz . . . . .	202
2.8.3	Chemie des Wassers . . . . .	69	5.6	Brandschutz . . . . .	209
2.8.4	Säuren, Laugen und Salze . . . . .	70		Konstruktionsbeispiele . . . . .	212
2.8.5	Ausblühungen . . . . .	71		Feuerschutzabschlüsse . . . . .	217
2.8.6	Elektrolyse . . . . .	71	<b>6</b>	<b>TECHNOLOGIE DER BAUSTOFFE</b>	<b>219</b>
2.8.7	Gemische, Gemenge . . . . .	72	6.1	Natürliche Gesteine . . . . .	221
2.8.8	Wichtige chemische Reaktionen . . . . .	73	6.2	Künstliche Steine/Mauersteine . . . . .	224
2.8.9	Chemische Berechnungen . . . . .	74			
<b>3</b>	<b>STATIK UND LASTANNAHMEN</b>	<b>75</b>			
3.1	Kräfte und Momente . . . . .	77			
3.2	Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	79			
3.3	Statische Systeme . . . . .	80			
3.4	Flächen, Schwerpunkte und Flächenmomente . . . . .	88			

# Inhaltsverzeichnis

6.2.1	Ziegel und Klinker	224	<b>6.8</b>	<b>Stahl, Betonstahl und Baumetalle</b>	<b>272</b>
6.2.2	Kalksandsteine	227	6.8.1	Eisenwerkstoffe	272
6.2.3	Mauersteine aus Beton/Betonsteine	229	6.8.2	Betonstähle	273
6.2.4	Porenbetonsteine	230	6.8.3	Betonstahlmatten	275
6.2.5	Hüttensteine	230	6.8.4	Baumetalle	277
6.2.6	Gipsplatten (Wandbauplatten)	231	<b>6.9</b>	<b>Holz</b>	<b>278</b>
6.2.7	Dachsteine und Dachziegel	232	6.9.1	Aufbau des Holzes und Bauholzarten	278
<b>6.3</b>	<b>Fliesen, Platten und Pflastersteine</b>	<b>233</b>	6.9.2	Eigenschaften	281
6.3.1	Keramische Fliesen und Platten	233	6.9.3	Bauschnittholz und Konstruktionsvollholz	282
6.3.2	Natursteinplatten	234	6.9.4	Holzwerkstoffe	288
6.3.3	Betonwerksteinplatten	234	6.9.5	Holzschutz	293
6.3.4	Asphaltplatten	234	<b>6.10</b>	<b>Kunststoffe</b>	<b>296</b>
6.3.5	Pflastersteine	235	<b>6.11</b>	<b>Befestigungssysteme</b>	<b>298</b>
6.3.6	Bordsteine	236	6.11.1	Befestigungstechnik	298
6.3.7	Kanalklinker	236	6.11.2	Befestigungs-Systemplan	300
<b>6.4</b>	<b>Bindemittel</b>	<b>237</b>	6.11.3	Befestigungen am Bauwerk	302
6.4.1	Zemente	237	<b>6.12</b>	<b>Bauglas, Glas</b>	<b>304</b>
6.4.2	Baukalke	240	<b>6.13</b>	<b>Ungebundene Schichten im Verkehrswegebau</b>	<b>306</b>
6.4.3	Calciumsulfat-Binder	241	<b>6.14</b>	<b>Bitumige Stoffe</b>	<b>307</b>
6.4.4	Baugipse	242	6.14.1	Bitumen	307
<b>6.5</b>	<b>Gesteinskörnungen</b>	<b>243</b>	6.14.2	Teer und Pech	309
6.5.1	Arten und Anforderungen	244	6.14.3	Asphalt	309
6.5.2	Eigenschaften und Anforderungen	245	6.14.4	Dachpappen, Dachbahnen und Dichtungsbahnen	311
6.5.3	Alkali-Empfindlichkeit	246	<b>6.15</b>	<b>Anstrichstoffe</b>	<b>312</b>
6.5.4	Kornzusammensetzung für Betone	247	<b>6.16</b>	<b>Gefahrstoffe im Bauwesen</b>	<b>314</b>
6.5.5	Wasseranspruch	250			
6.5.6	Mehlkorngehalt	250			
<b>6.6</b>	<b>Mörtel</b>	<b>251</b>			
6.6.1	Mauermörtel	251			
6.6.2	Putzmörtel	253			
6.6.3	Estrichmörtel	255			
6.6.4	Dünnbettmörtel und Klebstoffe	256			
6.6.5	Spezialmörtel	257			
<b>6.7</b>	<b>Beton</b>	<b>258</b>			
6.7.1	Einteilung des Betons in Klassen	259			
6.7.2	Beton nach Expositionsklassen	259			
6.7.3	Konsistenzklassen des Frischbetons	261			
6.7.4	Druckfestigkeitsklassen des Festbetons	262			
6.7.5	Wasserzementwert	262			
6.7.6	Feuchtigkeitsklassen und Rohdichteklassen	263			
6.7.7	Standardbetonrezepte	263			
6.7.8	Betonzusätze	265			
6.7.9	Betonzusammensetzung – Mischungsentwurf	266			
6.7.10	Betonprüfungen	267			
6.7.11	Verantwortlichkeiten	268			
6.7.12	Nachbehandlung von Beton	268			
6.7.13	Betonüberwachung	269			
6.7.14	Transportbeton	270			
6.7.15	Wasserundurchlässiger Beton	271			
6.7.16	Flüssigkeitsdichter Beton	271			
6.7.17	Betondeckung der Bewehrung	271			
			<b>7</b>	<b>BAUTECHNIK UND BAUKONSTRUKTION</b>	<b>319</b>
			<b>7.1</b>	<b>Mauerwerksbau</b>	<b>321</b>
			7.1.1	Maßordnung im Hochbau	321
			7.1.2	Gemauerte Wände	322
			7.1.3	Charakteristische Druckfestigkeiten von Mauerwerk	323
			7.1.4	Vereinfachte Bemessungsmethode für tragende Mauerwände	324
			7.1.5	Kelleraußenwände	327
			7.1.6	Nichttragende innere Trennwände	328
			7.1.7	Statische und konstruktive Maßnahmen	329
			7.1.8	Außenmauerwerk	332
			7.1.9	Sonderbauteile aus Mauerwerk	334
			7.1.10	Mauerwerk aus Naturstein	336
			7.1.11	Mauerwerksverbände	337
			7.1.12	Ziegeldecken – Deckensysteme	339
			7.1.13	Hausschornsteine	341
			<b>7.2</b>	<b>Betonbau, Stahlbetonbau und Spannbetonbau</b>	<b>342</b>
			7.2.1	Übersicht und Zuordnung	342
			7.2.2	Bemessung auf Druck – unbewehrter Beton	343
			7.2.3	Bemessung für Biegung	344

# Inhaltsverzeichnis

7.2.4	Bemessung für Querkraft .....	346	7.9.7	Mengenberechnung im Erdbau.....	455
7.2.5	Allgemeine Bewehrungsregeln ....	348	<b>7.10</b>	<b>Eisenbahnbau .....</b>	<b>456</b>
7.2.6	Querschnittstafeln für Balken- und Plattenbewehrung.....	357	<b>7.11</b>	<b>Wasserbau und Hydraulik .....</b>	<b>458</b>
7.2.7	Konstruktionshinweise für Balken und Platten .....	359	7.11.1	Hydrostatik .....	458
7.2.8	Bemessen und Bewehren.....	362	7.11.2	Hydrodynamik .....	460
7.2.9	Spannbetonbau .....	373	7.11.3	Flüssigkeitsbewegung in vollen Rohren .....	460
<b>7.3</b>	<b>Holzbau .....</b>	<b>374</b>	7.11.4	Gerinnehydraulik.....	461
7.3.1	Einstufungen im Holzbau .....	374	7.11.5	Bemessung von Rohren für Freigefälleleitungen.....	462
7.3.2	Festigkeitswerte .....	376			
7.3.3	Bemessungsregeln .....	377	<b>8</b>	<b>BAUBETRIEB .....</b>	<b>463</b>
7.3.4	Querschnittswerte .....	379	<b>8.1</b>	<b>Vermessung und Bauabsteckung ...</b>	<b>464</b>
7.3.5	Versätze .....	380	8.1.1	Vermessungsgeräte .....	464
7.3.6	Zimmermannsmäßige Holzverbindungen .....	381	8.1.2	Grundlagen .....	465
7.3.7	Holzkonstruktionen .....	383	8.1.3	Lagemessung.....	466
7.3.8	Verbindungsmitel.....	389	8.1.4	Zeichen im Vermessungswesen ...	467
<b>7.4</b>	<b>Dächer / Flachdächer .....</b>	<b>397</b>	8.1.5	Höhenmessungen .....	469
7.4.1	Planungsgrundlagen für Dachdeckungen .....	398	8.1.6	Koordinatenberechnungen .....	471
7.4.2	Dachflächenfenster .....	400	8.1.7	Polygonzugberechnung .....	471
7.4.3	Dachabdichtungen .....	401	8.1.8	Gebäudeabsteckung .....	472
7.4.4	Dachrinnen und Regenfallrohre ....	404	8.1.9	Bogenabsteckung .....	473
<b>7.5</b>	<b>Stahlbau .....</b>	<b>405</b>	<b>8.2</b>	<b>Kostengliederung, Grundflächen und Rauminhalte .....</b>	<b>475</b>
7.5.1	Rechenverfahren .....	405	8.2.1	Kosten von Hochbauten .....	475
7.5.2	Profiltabellen .....	406	8.2.2	Grundflächen und Rauminhalte ....	477
7.5.3	Schraubenverbindungen .....	408	8.2.3	Wohnungen und Wohnflächen .....	480
7.5.4	Schweißverbindungen Stahl .....	410	8.2.4	Wohnflächenverordnung .....	481
7.5.5	Knicken .....	411	<b>8.3</b>	<b>Baurecht .....</b>	<b>482</b>
<b>7.6</b>	<b>Fertigteilkonstruktion .....</b>	<b>412</b>	8.3.1	Baugesetzbuch.....	482
<b>7.7</b>	<b>Rohrleitungsbau .....</b>	<b>414</b>	8.3.2	Elemente des Baurechts.....	483
7.7.1	Versorgung.....	414	8.3.3	Technische Baubestimmungen.....	484
7.7.2	Entsorgung .....	420	8.3.4	Landesbauordnungen.....	485
<b>7.8</b>	<b>Geotechnik, Bodenmechanik und Grundbau .....</b>	<b>427</b>	8.3.5	Baunutzungsverordnung und Pflanzzeichenverordnung .....	485
7.8.1	Baugrunderkundung/Feldmethoden.....	427	8.3.6	Kataster und Grundbuch .....	487
7.8.2	Bodenklassifikation .....	428	8.3.7	Auswahl wichtiger Rechtsbegriffe...	487
7.8.3	Bodenkennwerte .....	433	<b>8.4</b>	<b>Baustoffbedarf und Arbeitszeit- bedarf .....</b>	<b>488</b>
7.8.4	Korngrößenverteilung durch Siebung und Sedimentation .....	435	<b>8.5</b>	<b>Kalkulation .....</b>	<b>490</b>
7.8.5	Verdichtungsprüfungen .....	438	<b>8.6</b>	<b>Bauvertragsrecht .....</b>	<b>493</b>
7.8.6	Flächengründungen .....	439	<b>8.7</b>	<b>Bauplanung .....</b>	<b>498</b>
7.8.7	Gebäudesicherung, Bodenaushub- grenzen, Unterfangung.....	441	<b>8.8</b>	<b>Schalungsbau und Gerüstbau .....</b>	<b>502</b>
7.8.8	Erddruck .....	442	8.8.1	Schalungsbau .....	502
<b>7.9</b>	<b>Straßenbau .....</b>	<b>443</b>	8.8.2	Gerüstbau .....	506
7.9.1	Einteilung der Straßen .....	443	<b>8.9</b>	<b>Baugruben .....</b>	<b>510</b>
7.9.2	Linienführung.....	444	<b>8.10</b>	<b>Baustellenabsicherung für Straßen- bauarbeiten .....</b>	<b>513</b>
7.9.3	Querschnitte .....	445	<b>Quellen – Anschriften – Internetadressen ..</b>	<b>515</b>	
7.9.4	Höhenplan .....	447	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>516</b>	
7.9.5	Querneigung .....	448			
7.9.6	Straßenoberbau und Fahrbahn- aufbau.....	449	<b>IN DEN UMSCHLAGSEITEN</b>		
			Umwandlung von Gleichungen		
			Physikalische Größen		

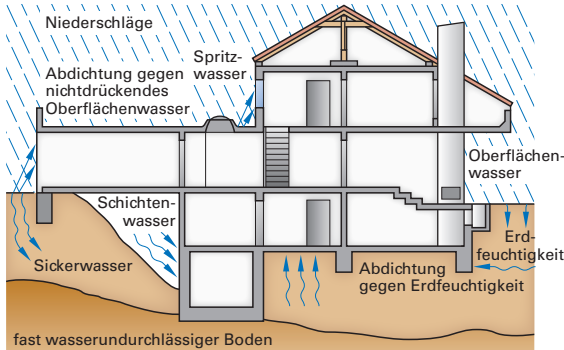
## 5.4 Feuchteschutz und Tauwasserschutz

### 5.4.1 Bauliche Schutzmaßnahmen

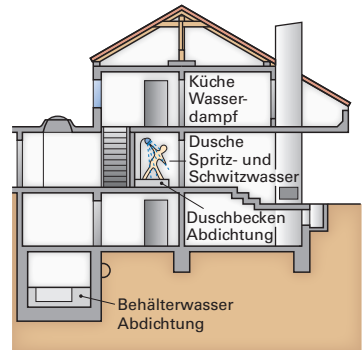
Die folgenden Ausführungen basieren auf der DIN 18195: 2017-07 (Abdichtung von Bauwerken, Begriffsnorm, Ausgabe 2011-03 für Altbestand), der DIN 18533: 2017-07 (Abdichtung von erdbehrten Bauteilen), der DIN 4095: 1990-06 + Beiblatt 2017-01 (Dränung) und der DIN 4103-3: 2014-11 (Klimabedingter Feuchteschutz).

Jedes Bauwerk muss durch bauliche Maßnahmen vor dem Eindringen von Wasser und Feuchtigkeit geschützt werden. Ständig feuchte Baustoffe verlieren ihre Festigkeit und Wärmedämmfähigkeit. Wasser ► S. 69, 414 und Feuchtigkeit sammeln sich im Erdreich und fallen im Bauwerkinneren an. Bauwerke werden beansprucht durch:

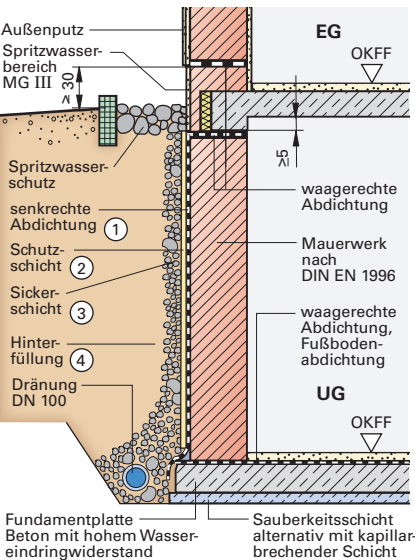
- Außenwasser (Grundwasser, aggressives Grundwasser, Stau- und Schichtenwasser, Haft- und Kapillarwasser, Niederschlagswasser) und
- Brauchwasser in Innenräumen (Innenwasser).



**Außenwasser**

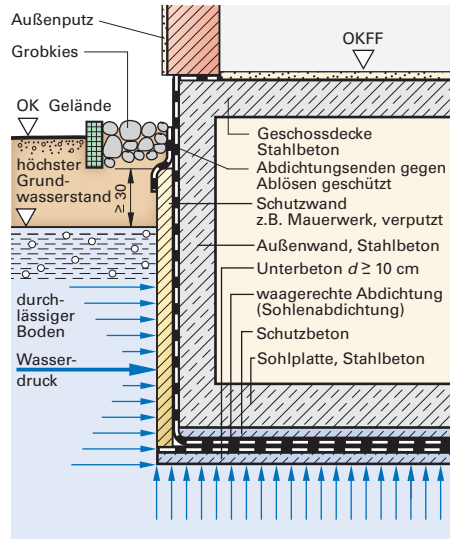


**Innenwasser**



**Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser**

①, ②, ③ und ④ Standardausführung für Wassereinwirkungsklasse W1.1-E und W1.2-E;  
 ► S. 190 Einwirkungsklassen und Anwendungsbereiche



**Abdichtung gegen drückendes Wasser**

höchster Grundwasserstand HGW entspricht dem Bemessungsgrundwasserstand; wasserdruckhaltende Abdichtung (schwarze Wanne) oder wasserundurchlässiger Beton (weiße Wanne)

## 5.4 Feuchteschutz und Tauwasserschutz

Bauwerksabdichtungen				
<p>Die <b>DIN 18533</b> besteht aus drei Normteilen. Teil 1 regelt die Anforderungen sowie die Planungs- und Ausführungsgrundsätze. Die Wassereinwirkung wird nicht nur durch die Wasserart und Wassermenge definiert, sondern auch durch die Wasserdurchlässigkeit des Bodens (Einwirkungsklassen). Teil 2 listet die Abdichtungen mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen auf. Teil 3 präzisiert die Abdichtungen mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen. Die Teile 2 und 3 sind nur in Verbindung mit Teil 1 anzuwenden.</p>	Wasserdurchlässigkeitsbeiwert $k$ [m/s]			
		DIN 18130	Bodenart	DIN 18533
	$k \geq 10^{-2}$	sehr stark durchlässig	Schotter, Kies	stark wasser-durch-lässig
	$10^{-4} \leq k < 10^{-2}$	stark durch-lässig	Grob- und Kiessande	wenig wasser-durch-lässig
	$10^{-6} \leq k < 10^{-4}$	durchlässig	Sande, Lehm	
	$10^{-8} \leq k < 10^{-6}$	schwach durchlässig	Lehm	
$k < 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig	Ton		
<p>Die folgenden Prinzipzeichnungen sind Empfehlungen und gehen geringfügig über die Mindestanforderungen nach DIN hinaus.</p>				
Abdichtung bei Bodenfeuchte/ nicht stauendes Sickerwasser		Abdichtung eines nicht unterkellerten Bauwerks, erhöhte Anforderung und abgedichtete Platte		
<p>a) Dichtung mit Bitumenbahnen einschließlich KMB b) Dichtung auf Zementbasis/durch wasserundurchlässigen Beton (wu-Beton) unter Verwendung von Arbeitsfugenbändern</p>		<p>a) Bodenplatte mit freitragender, nicht auf dem Boden aufliegender Decke, Zwischenraum mit Querbelüftung b) Bodenplatte als Stahlbetonplatte auf der kapillarbrechenden Schicht aus grobkörnigem Material, vor dem Betonieren mit PE-Folie abgedeckt</p>		
Wand-/Bodenanschlüsse/Innenecken – Detail A		Ausführungshinweise		
<p>a) aus kunststoffmodifiziertem Mörtel oder Zementmörtel b) mittels Ab-/Ausrundung bei Bitumenbahnen auf vorgestrichenen Wandflächen einlagig aufgeklebt c) Dreikantleiste bei Beschichtung mit kunststoffmodifizierten Bitumen-Dickbeschichtungen (KMB)</p>		<p>■ <b>Waagerechte Abdichtungen in und unter Wänden</b> Die einlagig einzubauenden Bahnen dürfen nicht aufgeklebt werden und müssen sich mindestens 200 mm überdecken. Die Überdeckungen dürfen miteinander verklebt werden. Bei horizontalen Abdichtungen in Wänden muss die Abdichtung durch den ggf. vorhandenen Innenputz geführt werden. Bei Wänden aus Beton sind die Fundamente und Wände aus wu-Beton herzustellen.</p> <p>■ <b>Senkrechte Abdichtungen</b> Aufbau: Voranstrich, Klebemasse, Abdichtung, Deckaufstrichmittel, Schutzschicht (gegen mechanische Beschädigungen), z.B. Bautenschutzmatte aus Gummigranulat, Noppenbahn aus Polyolefine, Dränplatten, Peri-Meterdämmplatten aus Schaumkunststoff).</p>		

5

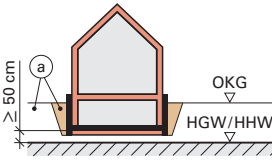
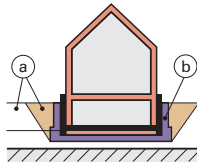
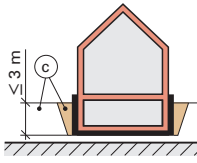
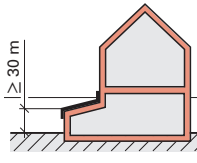
6

7

8



## 5.4 Feuchteschutz und Tauwasserschutz

<b>Bauwerksabdichtungen</b>			
<b>Einwirkungsklassen (DIN 18533)</b>			
<b>W1.1-E, ohne Dränung</b>  50 cm a	<b>W1.2-E, mit Dränung</b>  50 cm b	<b>W2.1-E, Stauwasser</b>  3 m c	<b>W3-E, erdüberschüttet</b>  30 cm d
(a) stark wasser-durchlässig	(b) Dränung	(c) wenig wasser-durchlässig	(d) beliebige Einbindetiefe
OKG: Oberkante Gelände; HGW/HHW: Bemessungswasserstand			
DIN 18195 – 4/5/6	<b>Einwirkungsklasse</b>	Anwendungsbereich	<b>Rissüberbrückungs-kategorie RÜ</b>
<b>Bodenfeuchte und nicht drückendes (Sicker-) Wasser W1-E</b>			
Bodenfeuchte	W1.1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden	Rissklasse R1-E, <b>RÜ1-E</b> , gering, Riss ≤ 0,2 mm
nicht stauendes Sickerwasser	W1.2-E	wie W1.1-E mit Dränung, vgl. Abbildung	
<b>drückendes Wasser W2-E</b>			
aufstauendes Sickerwasser	W2.1-E	mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe,	R2-E, <b>RÜ2-E</b> Riss ≤ 0,5 mm
drückendes Wasser	W2.2-E	hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe	R3-E, Riss ≥ 1 mm, <b>RÜ3-E</b> mit Versatz,
<b>nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken W3-E</b>			
nicht drückendes Wasser auf geneigter bzw. waagerechter Fläche		nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken	R2-E, <b>RÜ2-E</b> , Riss ≤ 0,5 mm
<b>Spritz- und Kapillarwasser W4-E</b>			
waagerechte Abdichtung sowie Spritzwasser im Sockelbereich		Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel und Kapillarwasser in und unter Wänden	R4-E, <b>RÜ4-E</b> sehr hoch, mit Versatz, Riss ≤ 5 mm
<p>Die harmonisierten Europäischen Normen (hEN) und die Europäischen Zulassungen (ETA) sind die Grundlagen der bauaufsichtlichen Regelungen von Abdichtungsmaterialien. Diese sind in den Verwaltungsvorschriften Technischer Baubestimmungen (VV TB) Teil B aufgelistet. Diese Produkte dürfen nur mit CE-Auszeichnung in Verkehr gebracht und verwendet werden.</p> <p>Die geregelten Abdichtungsstoffe (► S. 311, Bitumige Stoffe) werden unterteilt in:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bitumenbahnen</li> <li>■ Polymerbitumenbahnen</li> <li>■ Kunststoff- und Elastomerbahnen</li> <li>■ geriffelte Metallbänder</li> <li>■ Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen</li> <li>■ flüssig zu verarbeitende Abdichtungsstoffe (Verbundabdichtungen AIV, Flüssigkunststoffe FLK)</li> </ul>			
<b>Kurzzeichen für die Anwendung</b>		► S. 403	<b>Kurzzeichen für die Anwendung</b>
Bahnen für Abdichtungen in oder unter Wänden (horizontale Abdichtung, Mauersperrbahn) mit Querübertragung in die Abdichtungsebene <b>MSB-Q</b>			Bahnen für Abdichtungen in oder unter Wänden (horizontale Abdichtung, Mauersperrbahn) ohne Querübertragung in die Abdichtungsebene <b>MSB-nQ</b>
Bahnen für die Bauwerksabdichtung auf Bodenplatten gegen Bodenfeuchte, Estrichbahnen <b>EB</b>			Bahnen für die Bauwerksabdichtung gegen Bodenfeuchte, nicht drückendes und drückendes Wasser <b>BA</b>

5

6

7

8

## 5.4 Feuchteschutz und Tauwasserschutz

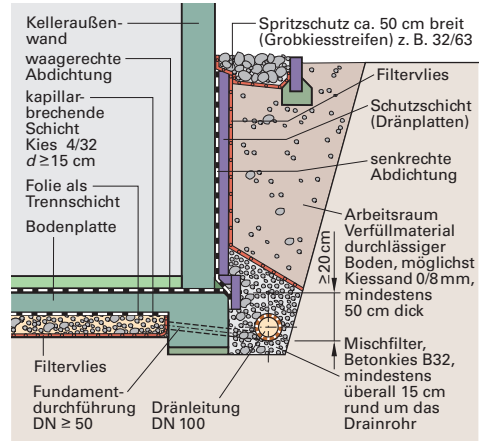
### Drainage (Dränung) (DIN 4095: 1990-06, Beiblatt Dränung: 2017-01)

Durch Dränung sollen die Bodenschichten entwässert werden (die zu erwartende Wasserbeanspruchung wird reduziert), damit erdberührte Bauteile nicht durch zeitweise drückendes Wasser beansprucht werden. Dauerhaft drückendes Wasser kann durch Dränung nicht abgeleitet werden.

**Ringdrainage** vor Wänden entlang der Fundamente unterhalb der Fundamentüberstände.

**Flächendrainage** unterhalb der gesamten Bodenplatte, z.B. aus Betonkies mit der Sieblinie B32 mindestens 30 cm dick oder Kies der Körnung 0/8 und 0/32 jeweils Schichtdicke  $\geq 10$  cm.

**Dränleitungen** bestehen aus geschlitzten flexiblen Kunststoff-Rippenrohren DN 100 oder aus gelochten bzw. geschlitzten Betonrohren, Faserzementrohren, Tonrohren oder Kunststoffrohren mit Filtrvliesummantelung. Gefälle 0,5 % bis 1,0 %.



### 5.4.2 Klimabedingter Feuchtigkeitsschutz

Aufgrund veränderter Temperaturen finden Umwandlungen zwischen Wasserdampf und Wasser statt.

Tauwasserbildung kann nur verhindert werden, wenn die Raumtemperatur/Oberflächentemperatur eines Bauteils größer als die Taupunkttemperatur ist. Damit Feuchtigkeit und Tauwasser im Bauwerk keinen Schaden anrichten, sind folgende Punkte zu beachten:

- konstruktiver Schutz vor Feuchtigkeit (Schlagregenschutz)
- horizontale und vertikale Abdichtung
- Einbau von trockenen Baumaterialien (Baustellenorganisation) und hinreichendes Auslüften der Materialfeuchte von Putzen, Estrichen, Farbenstrichen etc.
- Dampfsperren und Dampfbremsen
- Wärmebrücken vermeiden
- Nutzerfeuchtigkeit hinreichend hinauslüften

#### Tauwasserbildung/Kondenswasserausfall

- kann die Standsicherheit des Gebäudes und die Konstruktion und damit den Wärmeschutz beeinträchtigen.
- kann hinter Schränken, Bildern und Einbauten, welche direkt an der Innenseite der Außenwände platziert sind, entstehen, weil an dieser Stelle der innere Wärmeübergangswiderstand durch die erschwerte Hinterlüftung erhöht wird (von  $R_{si} = 0,13$  auf  $R_{si} = 0,25$ ).
- findet als Sommerkondensation in Räumen mit niedrigen Bauteiltemperaturen statt.
- kann zu Schimmelbildung in Räumen mit niedrigen Innentemperaturen führen, wenn Luft mit entsprechend höherer Luftfeuchtigkeit hineingelüftet wird.
- kann durch das Absenken der relativen Luftfeuchtigkeit in Innenräumen verhindert werden.

#### Feuchteschutztechnische Größen

Größe	Kurzzeichen	Zusammenhang	Einheit
Sättigungsdruck	$p_s$	$p = \frac{F}{A}$	1 N/m <sup>2</sup> = 1 Pa
Teildruck im Raum	$p_i$		
Teildruck im Freien	$p_e$		
Feuchte: Luft, relativ	$\varphi$	$\varphi = \frac{m_{W,vorh}}{m_{W,s}} = \frac{p}{p_s}$	1 %
Wasserdampf-Diffusionsstromdichte	$g_i$	$g_i = \frac{p_i - p_e}{Z}$	kg/(m <sup>2</sup> ·h)
Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl	$\mu$	Stoffkennwert	1
diffusionsäquivalente Luftschichtdicke	$s_d$	$s_d = \mu \cdot d$	m
flächenbezogene Wassermasse	$m$		kg/m <sup>2</sup>
Tauwassermasse	$m_{w,T}$	$m_{w,T} = t_T \cdot (g_i - g_e)$	
verdunstende Wassermasse	$m_{w,V}$	$m_{w,V} = t_V \cdot (g_i + g_e)$	
Dauer der Tauperiode	$t_T$	2160 Std.	h
Dauer der Verdunstungsperiode	$t_V$	2160 Std.	h
Wasserdampf-Diffusionsdurchlasswiderstand	$Z$ $Z_i$ $Z_e$		gebunden in m <sup>2</sup> ·h·Pa/kg

5

6

7

8

## 5.4 Feuchteschutz und Tauwasserschutz

### 5.4.3 Feuchteschutztechnische Rechenwerte

#### Luftfeuchte

Luft enthält Wasser in gasförmigem Zustand in Form von Wasserdampf. Je höher die Temperatur ist, umso mehr Feuchtigkeitsmengen können von der Luft aufgenommen werden.

#### Absolute Luftfeuchte $m_{W, \text{vorh}}$

Die Höchstmasse an Wasserdampf (Sättigungsmenge) wird ausgedrückt in g Wasserdampf je kg trockener Luft oder g Wasserdampf je m<sup>3</sup> feuchter Luft. Die tatsächlich vorhandene Wasserdampfmasse in der Luft wird als absolute Luftfeuchte (g/m<sup>3</sup>) bezeichnet.

Lufttemperatur $\theta_L$ in °C	-20	-10	0	+10	+20	+30
Sättigungsmenge $m_{W,s}$ in g/m <sup>3</sup>	0,88	2,14	4,84	9,39	17,29	30,36

#### Relative Luftfeuchte $\varphi$

Die relative Luftfeuchte  $\varphi$  ist das Verhältnis von tatsächlich vorhandener Wasserdampfmasse  $m_{W, \text{vorh}}$  zu der bei der Lufttemperatur maximal möglichen Wasserdampfsättigungsmasse  $m_{W,s}$ .

$$\varphi = \frac{m_{W, \text{vorh}}}{m_{W,s}} \cdot 100 \% = \frac{p_{W, \text{vorh}}}{p_s} \cdot 100 \%$$

#### Wasserdampf

Wasserdampf ist Wasser in gasförmigem Zustand und hat das Bestreben, sich gleichmäßig zu verteilen und durch Bauteile zu diffundieren.

#### Wasserdampfdiffusion

Durch Wasserdampfdruckgefälle bedingte Wanderung von Wasserdampf durch Bauteile.

#### Diffusionswiderstand

Rechenwert in m aus der Dicke der Sperrschicht (Dampfsperre, Dampfbremse) mal Diffusionswiderstand  $\mu$ .

Wasserdampfdiffusions-äquivalente Luftschichtdicke  $s_d$  in m,  $d$  in m,  $\mu$  ohne Einheit.

$$s_d = \mu \cdot d$$

#### Tauwasser $W_T$ ( $m_{W, T}$ )

Tauwasser ist die Feuchtigkeit, die sich an oder in Bauteilen niederschlägt, wenn sich die Luft unter ihren Taupunkt abkühlt.

#### Taupunkttemperatur

Taupunkttemperatur ist die Temperatur, bei der die Luftfeuchte durch Abkühlung ihren Sättigungsgehalt erreicht (100%). Wird diese Taupunkttemperatur noch unterschritten, dann scheidet sich aus der Luft Feuchtigkeit aus (Tauwasser, Kondenswasser).

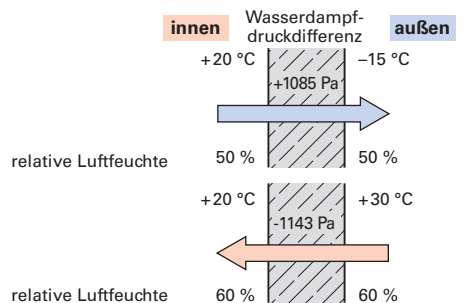
#### Wasserdampf-Diffusion und Tauwasserbildung

Tauwasserbildung auf der inneren Oberfläche von Bauteilen kann durch ausreichenden Wärmeschutz vermieden werden. Für Räume mit Lufttemperaturen zwischen 18 °C und 22 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit zwischen 50% und 70% benennt die DIN 4108-2 die Mindestwerte für den Wärmedurchlasswiderstand.

Als Wasserdampfdiffusion wird die Eigenbewegung des Wasserdampfes durch Baustoffe (einschließlich Dämmstoffe) bezeichnet.

Ursache für die Wasserdampfdiffusion sind unterschiedliche Wasserdampfdrücke  $p_i$  (Fußzeiger i: Innenluft, interior, intern) und  $p_e$  (Fußzeiger e: Außenluft, exterior, extern) auf der Innenseite und der Außenseite des Bauteils.

Der Wasserdampf strömt von der Seite des höheren Dampfdrucks in Richtung des Druckgefälles. Der Wasserdampfdruck ist abhängig von der Temperatur (Formelzeichen  $\theta$  oder  $\vartheta$  bei °C) und der relativen Luftfeuchte (Formelzeichen  $\varphi$ ).



#### Luftzustand

außen			innen			Differenz $p_i - p_e$ [Pa]
$\theta$ [°C]	$\varphi$ [%]	$p_e$ [Pa]	$\theta$ [°C]	$\varphi$ [%]	$p_i$ [Pa]	
-15	50	83	20	50	1168	+ 1085
-5	50	200	20	50	1168	+ 968
15	70	1192*	20	70	1636	+ 444
15	100	1704	20	50	1168	- 536
20	50	1168*	20	50	1168	± 0
30	60	2545	20	60	1402	- 1143

$$p_i - p_e < 0$$

Wasserdampf von außen nach innen

$$p_i - p_e > 0$$

Wasserdampf von innen nach außen

\*) ► S. 199 gleichgesetzt mit 1200 Pa, „Klimabdingungen“

## 7 BAUTECHNIK UND BAUKONSTRUKTION

■ Literatur und Normen .....	320	■ Holzverbinder, Blechformteile .....	394
<b>7.1 Mauerwerksbau .....</b>	<b>321</b>	■ Dübel besonderer Bauart .....	395
7.1.1 Maßordnung im Hochbau .....	321	■ Bolzen, Passbolzen und Stabdübel .....	396
7.1.2 Gemauerte Wände .....	322	<b>7.4 Dächer / Flachdächer .....</b>	<b>397</b>
7.1.3 Charakteristische Druckfestigkeiten .....	323	7.4.1 Planungsgrundlagen für	
7.1.4 Vereinfachte Bemessungsmethode .....	324	Dachdeckungen .....	398
7.1.5 Kelleraußenwände .....	327	7.4.2 Dachflächenfenster .....	400
7.1.6 Nichttragende innere Trennwände .....	328	7.4.3 Dachabdichtungen .....	401
■ Innenwände .....		7.4.4 Dachrinnen und Regenfallrohre .....	404
7.1.7 Statische und konstruktive		<b>7.5 Stahlbau .....</b>	<b>405</b>
Maßnahmen .....	329	7.5.1 Rechenverfahren .....	405
■ Ringanker .....	329	7.5.2 Profiltabellen .....	406
■ Ringbalken .....	329	7.5.3 Schraubenverbindungen .....	408
■ Dehnungsfugen .....	330	7.5.4 Schweißverbindungen .....	410
■ Ausfachungen .....	330	7.5.5 Knicken .....	411
■ Umweltbedingungen .....	331	<b>7.6 Fertigteilbau .....</b>	<b>412</b>
7.1.8 Außenmauerwerk .....	332	■ Modulordnung .....	412
7.1.9 Sonderbauteile aus Mauerwerk .....	334	■ Großstapelbauweise .....	412
■ Mauerbögen .....	334	■ Stahlbetonskelettbau .....	413
■ Freistehende Mauern .....	335	<b>7.7 Rohrleitungsbau .....</b>	<b>414</b>
7.1.10 Mauerwerk aus Naturstein .....	336	7.7.1 Versorgung .....	414
7.1.11 Mauerwerksverbände .....	337	■ Wasserversorgung .....	414
7.1.12 Ziegeldecken – Deckensysteme .....	339	■ Gasversorgung .....	415
7.1.13 Hausschornsteine .....	341	■ Fernwärme .....	417
<b>7.2 Betonbau, Stahlbetonbau und</b>		■ Leitungsteile .....	418
<b>Spannbetonbau .....</b>	<b>342</b>	7.7.2 Entsorgung .....	420
7.2.1 Übersicht und Zuordnung .....	342	■ Formstücke .....	424
7.2.2 Bemessung auf Druck .....	343	■ Schächte .....	426
7.2.3 Bemessung für Biegung .....	344	<b>7.8 Geotechnik, Bodenmechanik und</b>	
7.2.4 Bemessung für Querkraft .....	346	<b>Grundbau .....</b>	<b>427</b>
7.2.5 Allgemeine Bewehrungsregeln .....	348	7.8.1 Baugrunderkundung/Feldmethoden .....	427
7.2.6 Querschnittstafeln .....	357	7.8.2 Bodenklassifikation .....	428
7.2.7 Konstruktionshinweise für Balken		7.8.3 Bodenkennwerte .....	433
und Platten .....	359	7.8.4 Korngrößenverteilung durch	
7.2.8 Bemessen und Bewehren .....	362	Siebung und Sedimentation .....	435
■ Balken .....	362	7.8.5 Verdichtungsprüfungen .....	438
■ Plattenbalken .....	363	7.8.6 Flächengründungen .....	439
■ Vollplatten .....	364	7.8.7 Gebäudesicherung, Bodenaushub-	
■ Zweifeldplatten .....		grenzen, Unterfangung .....	441
■ Treppen .....	369	7.8.8 Erddruck .....	442
■ Stützen .....	370	<b>7.9 Straßenbau .....</b>	<b>443</b>
■ Wände .....	371	7.9.1 Einteilung der Straßen .....	443
■ Fundamente .....	372	7.9.2 Linienführung .....	444
7.2.9 Spannbetonbau .....		7.9.3 Querschnitte .....	445
<b>7.3 Holzbau .....</b>	<b>374</b>	7.9.4 Höhenplan .....	447
7.3.1 Einstufungen im Holzbau .....	374	7.9.5 Querneigung .....	448
7.3.2 Festigkeitswerte .....	376	7.9.6 Straßenoberbau und	
7.3.3 Bemessungsregeln .....	377	Fahrbahnaufbau .....	449
■ Knicken .....	377	7.9.7 Mengenberechnung im Erdbau .....	455
■ Beispiele .....	378	<b>7.10 Eisenbahnbau .....</b>	<b>456</b>
7.3.4 Querschnittswerte .....	379	<b>7.11 Wasserbau und Hydraulik .....</b>	<b>458</b>
7.3.5 Versätze .....	380	7.11.1 Hydrostatik .....	458
7.3.6 Zimmermannsmäßige		7.11.2 Hydrodynamik .....	460
Holzverbindungen .....	381	7.11.3 Flüssigkeitsbewegung in	
7.3.7 Holzkonstruktionen .....	383	vollen Rohren .....	460
■ Holzbalkendecke .....	383	7.11.4 Gerinnehydraulik .....	461
■ Dachkonstruktionen .....	384	7.11.5 Bemessung von Rohren	
■ Fachwerkwand .....	386	für Freigefälleleitungen .....	462
■ Holzliste .....	387		
■ Holzrahmenbau .....	388		
7.3.8 Verbindungsmittel .....	389		
■ Nägel .....	389		
■ Holzschrauben .....	392		

## 7.7 Rohrleitungsbau

**Definition:** Der erdverlegte Rohrleitungsbau umfasst alle Tätigkeiten zur Herstellung und Instandhaltung einer dauerhaft funktionstüchtigen im Erdboden verlegten Rohrleitung zum Transport von Flüssigkeiten, Gasen und Feststoffen für die Ver- und Entsorgung der Abnehmer und Verbraucher.

Anordnungen des Rohrleitungsbaus werden in zahlreichen Normen aufgeführt. Die wichtigsten übergeordneten Normen für die Versorgung sind die DIN EN 805 (Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden), die DIN EN 12007 (Gasversorgungssysteme – Rohrleitungen mit einem maximal zulässigen Betriebsdruck bis einschließlich 16 bar) sowie für die Entsorgung die DIN EN 1610 (Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen). Ergänzt wird das Regelwerk von zahlreichen Arbeitsblättern des DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches) und der DWA (Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.). Außerdem gilt es immer die berufsgenossenschaftlichen Vorschriften (BGV) zu beachten.

### 7.7.1 Versorgung

#### Wasserversorgung (DIN EN 805)

Die Wasserversorgung umfasst die Wassergewinnung, die Wasserförderung, die Wasseraufbereitung, die Wasserspeicherung und die Wasserverteilung. Sie muss hygienisch einwandfrei und langfristig wirtschaftlich sein, sodass das Wasser mit ausreichendem Druck und mit ausreichenden Reserven zu Löschzwecken in die Versorgungsgebiete eingespeist wird.

Trinkwasser muss gesund, keimfrei, geruchlos, farblos, klar, wohlschmeckend und kühl sein. Das Trinkwasser sollte in genügender Menge und ausreichendem Druck bereitgestellt werden. Die Temperatur des Trinkwassers sollte zwischen 5 °C und 15 °C liegen, der Härtebereich mittel bis hart sein, sodass der Geschmack gut ist und das Wasser als gut geeignet bezeichnet werden kann. Wasser sollte im Leitungsmaterial keine Korrosionsschäden hervorrufen.

#### Wasserhärtebereiche (Einheit mmol/Liter ▶ S. 69)

Wasserhärtebereiche (Einheit mmol/Liter ▶ S. 69)					Bemerkung
°dH	mval/Liter	Bezeichnung	Beurteilung	Geschmack	Das Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (WRMG 2007) unterscheidet nur die Bereiche weich, mittel und hart. Die Härteeinheit deutscher Härtegrad (°dH) ist veraltet.
0 bis 4	0 bis 1,4	sehr weich	geeignet	fade	
4 bis 8	1,4 bis 2,9	weich	gut geeignet	gut	
8 bis 12	2,9 bis 4,2	mittelhart	gut geeignet	gut	
12 bis 18	4,3 bis 6,4	ziemlich hart	tragbar	gut	
19 bis 30	6,4 bis 10,7	hart	tragbar	gut	
über 30	über 10,7	sehr hart	ungeeignet	bleiig	

Für die Dimensionierung von Wasserversorgungseinrichtungen für Trinkwasser in Wohngebäuden, Verwaltungsgebäuden, Schulen, Hotels, Krankenhäusern und landwirtschaftlichen Anlagen ist das Arbeitsblatt W 410 (Wasserbedarfszahlen) vom DVGW heranzuziehen. Die Herstellung oder Änderung einer Trinkwasserversorgungsanlage ist durch das Wasserversorgungsunternehmen (WVU) zu genehmigen. Im Einzelfall wird für eine Wohnung mit Bad und WC ein täglicher Verbrauch von 125 Liter (∅) bis 220 Liter (Höchstwert) angesetzt. Die Anforderungen an Trinkwasser sind in DIN 2000/ DIN 2001, an den Bau einer Trinkwasserversorgung in DIN 1988 sowie in DIN EN 1717 benannt.

#### Täglicher Wasserverbrauch pro Einwohner (ungefähre Angaben)

Essen/Trinken	5 l	Industrieverbrauch	Summe persönlicher Bedarf	125 l
Wäsche	20 l	umgerechnet	Industrieverbrauch	40 l
Toilette und Körperpflege	30 l und 40 l	pro Kopf		
Sonstiges (Spülen, Garten, ...)	30 l		<b>Gesamtsumme</b>	<b>165 l</b>

Um tägliche Schwankungen und Verbrauchsspitzen auszugleichen, muss das Wasser in Sammelbehältern (Wassertürmen) zwischengespeichert werden; die Größe der Speicher entspricht 30 % bis 50 % des höchsten Tagesbedarfs. Zur Bestimmung der Nennweite von Wasserleitungen sind entscheidend: der Förderstrom [Q], die Zahl der Abnehmer [EW], die Verbrauchsmenge [VB], die tägliche Betriebsdauer [BD] sowie die Fließgeschwindigkeit [v].

$$d_i = \sqrt{\frac{Q \cdot 4}{v \cdot \pi}} \quad \text{mit} \quad Q = \frac{EW \cdot VB}{BD}$$

Q Förderstrom l/s

VB täglicher Verbrauch l/(EW·d)

EW Einwohnerzahl

BD tägliche Betriebsdauer s/d

v Fließgeschwindigkeit dm/s

d<sub>i</sub> Innendurchmesser dm

## 7.7 Rohrleitungsbau

### Beispielrechnung zur Dimensionierung

#### Randbedingungen

Fließgeschwindigkeit  $v = 18 \text{ dm/s}$

Einwohnerzahl  $EW = 40\,000$

tägl. Verbrauch  $VB = 125 \text{ l/(EW} \cdot \text{d)}$

tägl. Betriebsdauer  $BD = 64\,800 \text{ s/d} (= 18 \text{ h})$

Durch die Rechnung wird der Mindestinnendurchmesser (im Beispiel 234 mm) ermittelt. Das gewählte Rohr muss innen größer als der errechnete Wert sein.

gew.: PE 100,  $d_a$  315, SDR 11 ( $d_i = 258 \text{ mm}$ )

$$Q = \frac{40000 \text{ EW} \cdot 125 \text{ l/(EW} \cdot \text{d)}}{64800 \text{ s/d}} = 77,16 \text{ l/s}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{77,16 \text{ l/s} \cdot 4}{18 \text{ dm/s} \cdot \pi}} = 2,34 \text{ dm} = 234 \text{ mm}$$

PE Polyethylenrohre ▶ S. 416

$d_a$  Außendurchmesser in mm; auch OD (Outer Diameter)

$d_i$  Innendurchmesser in mm; auch ID (Inner Diameter)

$s$  Wanddicke 28,6 mm ▶ S. 416

SDR Wanddickenverhältnis; SDR 11;  $11 \times 28,6 \approx 315$

### Gasversorgung

Die Gasversorgung umfasst das Aufkommen, die Verwendung und Abgabe von leitungsgebundenem Erdgas an den Endabnehmer durch das Gasversorgungsunternehmen. Gase, die sich brenntechnisch ähnlich verhalten, werden in Gasfamilien zusammengefasst.

Nachdem das Erdgas mit hohem Druck aus den unterirdischen Lagerstätten gefördert worden ist, wird es getrocknet und gereinigt. Im Fernleitungsnetz wird das Erdgas unter Hochdruck (in Deutschland bis 84 bar) zu den Übernahme- und Netzstationen transportiert. Dort wird der Druck reduziert, das Erdgas gefiltert und vorgewärmt, die Gasmenge gemessen, die wichtigsten Parameter registriert sowie die Odorierung (Riechbarmachung) realisiert, ehe es über ein Mitteldrucknetz zu den Endverbrauchern verteilt wird. Der Druckabfall durch Reibung wird in Verdichterstationen aufgefangen, die alle 100 km bis 200 km angeordnet sind.

1. Gasfamilie	wasserstoffreiche Gase
2. Gasfamilie	Naturgase (Erdgas)
3. Gasfamilie	Flüssiggase
4. Gasfamilie	Gas-Luft-Gemische

#### Eigenschaften von Erdgas H

Erdgas ist ungiftig, farb- und geruchlos

Dichte	0,7 kg/m <sup>3</sup>
Siedepunkt	- 161 °C
Zündbereich	4 Vol.-% bis 17 Vol.-%
Brennwert	ca. 11 kWh/m <sup>3</sup>
Methananteil	87 Vol.-% bis 99 Vol.-%

#### Druckbereiche in der Gasversorgung

Niederdruckbereich	< 100 mbar
Mitteldruckbereich	100 mbar bis 1000 mbar
Hochdruckbereich	> 1 bar

### Wichtige Abkürzungen und Begrifflichkeiten

#### Druckbegriffe (DIN EN 805)

Abkürzung	Deutsch	Englisch
DP	Systembetriebsdruck (höchster festgelegter Betriebsdruck ohne Druckstöße)	Design Pressure
MDP (früher PN)	höchster Systembetriebsdruck (höchster festgelegter Betriebsdruck unter Berücksichtigung von zukünftigen Entwicklungen und Druckstößen)	Maximum Design Pressure
PMA	höchster zul. Bauteilbetriebsdruck bauteilbezogen (d.h. das Pendant zum MDP, der sich auf das Gesamtsystem bezieht)	Allowable Maximum Operating Pressure (franz.: Pression Maximale Admissible)
STP	Systemprüfdruck (MDP · 1,5 bei Drücken unter 10 bar; MDP + 5 bei Drücken über 10 bar)	System Test Pressure
OP	Betriebsdruck (Innendruck an einer bestimmten Stelle zu einem bestimmten Zeitpunkt)	Operation Pressure
SP	Versorgungsdruck (Innendruck an der Übergabestelle zu einem bestimmten Zeitpunkt)	Service Pressure

#### Leitungsarten (DIN EN 805, DIN 2425)

ZW	Zubringerleitung für Wasser	ZG	Zubringerleitung für Gas
HW	Hauptleitung für Wasser	HG	Hauptleitung für Gas
VW	Versorgungsleitung für Wasser	VG	Versorgungsleitung für Gas
AW	Anschlussleitung für Wasser	AG	Anschlussleitung für Gas

## 7.7 Rohrleitungsbau

Werkstoffe (DIN 2425)						
<b>GJL</b> (früher GGL) Grauguss (mit Lamellengraphit, <b>Guss Iron Lamellar</b> )	<b>GJS</b> (früher GGG) duktiles Gusseisen (mit Kugelgraphit, <b>Guss Iron Spheric</b> )					
<b>St</b> Stahl	<b>GFK</b> Glasfaserverstärkter Kunststoff					
<b>PE</b> (PE-HD) Polyethylen (HD = High Density)	<b>PVC</b> Polyvinylchlorid					
Verbindungsarten (DIN 2425)						
<b>Sr</b> Schraub-Muffen-Verbindung	<b>KI</b> Klebemuffe					
<b>Sm</b> Steck-Muffen-Verbindung	<b>Km</b> Klemm-Verbindung					
<b>Sw</b> Schweiß-Verbindung	<b>Fl</b> Flansch-Verbindung					
Korrosionsschutz (DIN 2425)						
<b>Außenschutz:</b>			<b>Innenschutz:</b>			
<b>Ba</b> bituminöse Umhüllung	<b>Ki</b> Kunststoffauskleidung					
<b>Ka</b> Kunststoffumhüllung	<b>Bi</b> bituminöse Auskleidung					
<b>Zma</b> Zementmörtelumhüllung	<b>Zm</b> (Zmi) Zementmörtelauskleidung					
Syntax der Leitungsbeschreibung (DIN 2425)						
Die Angaben werden in Bestandsplänen in folgender Reihenfolge über die Leitung geschrieben: Leitungsart – Dimension – Werkstoff – zusätzliche Angaben wie Verbindungsart, Korrosionsschutz, ... – Verlegejahr						
<b>Beispiel:</b> VW 300 St Sm Zm (1,20) 2014 (Versorgungsleitung Wasser, DN 300 aus Stahl/mit Steckmuffen-Verbindung, Zementmörtelauskleidung und 1,20 m Überdeckung, Verlegejahr 2014)						
Rohrwerkstoffe in der Wasser- und Gasversorgung						
Im Rohrleitungsbau werden sowohl die Kunststoffe Polyethylen (PE), Polyvinylchlorid (PVC) und vereinzelt glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK), als auch die metallischen Werkstoffe Duktulguss (GJS) und Stahl (St) als Rohrwerkstoffe verwendet. Jeder dieser Werkstoffe hat dabei spezielle Vorzüge, aber auch Nachteile, sodass es keinen optimalen Rohrwerkstoff für alle Situationen gibt. Vielmehr müssen immer wieder neu situationsbezogen die speziellen Anforderungen analysiert werden, ehe in Abhängigkeit von den äußeren Gegebenheiten, dem Medium, den Drücken, den Nennweiten, den Verletztiefen etc., der jeweils beste Rohrwerkstoff ausgewählt werden kann.						
Werkstoffkennwerte der gängigen Werkstoffe im Rohrleitungsbau (Durchschnittswerte)						
Eigenschaften	Einheit	PE	PVC	GJG	St	Das <b>Arbeitsvermögen</b> ist ein Kennwert für die Arbeit, die aufgewendet werden muss, um ein Rohr unbrauchbar zu machen.
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	0,96	1,4	7,25	7,85	
Zugfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	20	55	440	400	
Druckfestigkeit	N/mm <sup>2</sup>	10	80	900	400	
Arbeitsvermögen	N·m	10	1000	10 000	7500	
Wärmeleitfähigkeit	W/(m·K)	0,12	0,42	35	55	
Wärmedehnzahl	mm/(m·°C)	0,2	0,08	0,012	0,012	
Elastizitätsmodul	N/mm <sup>2</sup>	1750	4000	180 000	210 000	
Bruchdehnung	%	300	25	16	35	
Polyethylenrohre (PE)						
PE-Rohre werden vorrangig in kleinen Nennweiten (bis ca. DN 300) eingesetzt, da sie aufgrund des geringen Gewichts einfach zu verlegen sind. Zudem werden sie neben der klassischen Stangenware bis ca. $d_a$ 180 auch in Ringbunden geliefert, was eine schnelle Verlegung mit wenigen Verbindungsstellen ermöglicht. Als Standardrohre werden PE 80 (Mindestfestigkeit 8,0 N/mm <sup>2</sup> ) und PE 100 (10,0 N/mm <sup>2</sup> ) eingesetzt, wobei PE 80 i.d.R. nur noch bei Hausanschlüssen eingesetzt wird. Für die grabenlose Verlegung sowie für spezielle Anforderungen stehen zahlreiche spezielle Alternativen wie Mantel- oder PE-X-Rohre zur Verfügung. Bei den Standardrohren sind Drücke bei Gas bis 10 bar und bei Wasser bis 20 bar zugelassen.		<b>Typische PE-Rohre</b> (mittlerer Sicherheitsfaktor SF)				
		SDR	17	11	7,4	
		PE 80 SF = 1,6	MDP 6,2	MDP 10,0	MDP 15,3	
		PE 100 SF = 1,6	MDP 7,8	MDP 12,5	MDP 19,2	
		$d_a$ [mm]	s [mm]	s [mm]	s [mm]	
		25	1,8	2,3	3,5	
		32	1,9	2,9	4,4	
		40	2,4	3,7	5,5	
		50	3,0	4,6	6,9	
		110	6,6	10,0	15,1	
160	9,5	14,6	21,9			
225	13,4	20,5	30,8			
315	18,7	28,6	43,1			
SDR Wanddickenverhältnis, $d_a$ Außendurchmesser,	MDP Druckstufe, s Wandstärke					



## 7.7 Rohrleitungsbau

Polyvinylchloridrohre (PVC) (DIN EN 1452)						
PVC-Rohre kommen vorrangig in kleineren Nennweiten bis ca. DN 300 zum Einsatz. In der Rohrleitungsbau-Praxis werden PVC-Rohre neben der Verwendung als Produktrohr, aufgrund des geringen Gewichts, der sehr einfachen Verlegung und des geringen Preises, vielfach auch als Schutzrohre eingesetzt. Darüber hinaus finden sie im Garten- und Landschaftsbau verstärkt Verwendung.  DN Nennweite, $d_a$ Außendurchmesser, $s$ Wandstärke, SDR Wanddickenverhältnis, MDP Druckstufe	SDR		21	13,6		
	PVC		MDP 10		MDP 16	
	DN	$d_a$ [mm]	$s$ [mm]		$s$ [mm]	
	25	32			2,4	
	40	50			3,7	
	100	110	5,3		8,2	
	150	160	7,7		11,9	
	200	225	10,8		16,7	
300	315	15,0		23,4		
Duktilgussrohre (GJS) (DIN EN 545)						
Die guten mechanischen Eigenschaften erlauben den Einsatz von duktilen Gussrohren (GJS) unter schwierigen Verlegebedingungen, z. B. in Bergsenkungsgebieten, bei großen Überdeckungshöhen oder felsigem Boden; ebenso überall dort, wo große Sicherheitsreserven erforderlich sind. Generell werden Duktilgussrohre vorrangig bei größeren Nennweiten und bei hohen Drücken eingesetzt. Zur Optimierung der Wanddicken (Einsparpotenzial) wird traditionell nach Wanddickenklassen, seit 2011 nach Druckklassen (C-Klassen), eingeteilt.  DN Nennweite, $d_a$ Außendurchmesser, PFA Druckstufe [bar], $e_{\min}$ Mindestwanddicke [mm]	Typische Duktilgussrohre					► S. 424
	DN	$d_a$	C-Klasse (PFA)		Wanddickenklasse K 9	
			40	50	PFA	$e_{\min}$
			$e_{\min}$	$e_{\min}$		
	100	118	3,0	3,5	116,2	4,7
	150	170	3,0	3,5	79,6	4,7
	200	222	3,1	3,9	61,9	4,8
	300	326	4,6	5,7	48,9	5,6
	400	429	6,0	7,5	42,4	6,4
	500	532	7,5	9,3	38,4	7,8
	600	635	8,9	11,1	35,7	8,0
700	738	10,4	13,0	33,8	8,8	
800	842	11,9	14,8	32,3	9,6	
Stahlrohre (St) (DIN EN 2460)						
Stahlrohre werden eingesetzt, wo große Drücke herrschen, d.h. im Anlagenbau und bei großen Transport- und Zubringerleitungen. In der Gasversorgung sind sie unersetzlich, da bei Überlandleitungen und Pipelines Drücke über 100 bar gefahren werden. Durch geringere Wanddicken haben sie im Verhältnis zum Duktilgussrohr ein geringeres Gewicht. Außerdem werden sie vielfach bei schwierigen Bodenverhältnissen und der grabenlosen Verlegung eingesetzt.  DN Nennweite, $d_a$ Außendurchmesser, $s$ Wandstärke, Inch $\hat{=}$ Zoll, PMA Druckstufe, ZmU Zm-Umhüllung	Typische Stahlrohre (für Stumpfschweißungen)					
	DN	$d_a$	Inch	PMA	$s$	ZmU
	100	114,3	4 $\frac{1}{2}$	95	3,6	5
	150	168,3	6 $\frac{5}{8}$	73	4,0	5
	200	219,1	4 $\frac{5}{8}$	64	4,5	6
	250	273,0	10 $\frac{3}{4}$	57	5,0	6
	300	323,9	12 $\frac{3}{4}$	54	5,6	6
	350	355,6	14	50	5,6	7
	400	406,4	16	49	6,3	7
	500	508,0	20	39	6,3	7
600	610,0	24	30	6,3	7	
Fernwärme						
Die Fernwärmeversorgung umfasst die Versorgung ausgehend von einer zentralen Heizanlage für die Heizung und die Warmwasserversorgung. Die Erzeugung der Wärme ist umweltfreundlich und flexibel, da jede Art von Brennstoffen (z. B. auch Müll oder Biogas) sowie die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung (gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme) genutzt werden können. Der Transport der thermischen Energie erfolgt in wärme gedämmten Rohrsystemen, bei denen in einem Kreislauf das heiße Medium (Heißwasser oder Wasserdampf) vom Heizwerk zum Verbraucher hin und das ausgekühlte Wasser parallel dazu wieder zurück transportiert wird. Zum Transport von Fernwärme bedarf es komplexer Rohrsysteme, da durch die Temperaturunterschiede extreme Spannungen (Kompensation durch Dehnungsausgleicher ► S. 419 Kompensatoren) auftreten und aus wirtschaftlicher Sicht der Wärmeverlust (durch Einbau einer Wärmedämmung) minimiert werden muss. Um Undichtigkeiten schnell erkennen zu können, sind Fernwärmerohre vielfach mit einem integrierten elektrisch leitenden Überwachungs- und Ortungssystem ausgerüstet.						

7

8



## 7.7 Rohrleitungsbau

Rohre für die Fernwärmeversorgung						
Kunststoffmantelrohre (KMR) (DIN EN 253)						
Heutzutage werden zum größten Teil Kunststoffmantelrohre (KMR) mit Stahlmedienrohren in Verbundbauweise verwendet. Sie haben durch die weitgehende Standardisierung, die große Robustheit und den relativ günstigen Preis einen Verlegeanteil von ca. 75 %. Darüber hinaus kommen insbesondere bei schwierigen Verlegebedingungen sowie bei hohen Drücken und Medientemperaturen Stahlmantelrohre (Medienrohr Stahl, Wärmedämmung aus PUR, Mantelrohr aus Stahl) zum Einsatz.		Stahlmedienrohr		PE-Mantelrohr		
	DN	$d_a$	s	$d_a$	s	
		25	33,7	2,6	110	3,0
		40	48,3	2,6	125	3,0
		50	60,3	2,9	140	3,0
		65	76,1	2,9	160	3,0
		100	114,3	3,6	225	3,4
		150	168,3	4,0	280	3,9
		200	219,1	4,5	355	4,5
	250	273	5,0	450	5,2	
Leitungsteile für den Rohrleitungsbau – Versorgung						
Formstücke (DIN EN 545)						
Formstücke (oder Formteile) sind Leitungsteile, die im Rohrleitungsbau dazu dienen, den Leitungsverlauf entsprechend der vorgegebenen Richtung anzupassen, Armaturen zu integrieren, die Nennweite zu verändern oder Einbindungen (Abzweige) herzustellen.						
Flanschformstücke			Muffenformstücke			
Abk.	Verwendung	Symbol	Abk.	Verwendung	Symbol	
ALK	Sicherung von Entleerungsleitungen (Anschluss Flansch (o. Muffe))		MMA	Einbindung eines Flanschrohres oder -formstücks an Muffenrohre (90°)		
EN	Anschluss eines Hydranten mit Flansch an ein Muffenrohr		MMB	Einbindung eines Muffenrohres oder -formstücks an Muffenrohre (90°)		
EU	Übergang von Flanschverbindung auf Muffenverbindung		MMC	Einbindung eines Muffenrohres oder -formstücks an Muffenrohre (45°)		
F	Einstecken des Spitzendes in eine Muffe zum Anschluss eines Flansches		MMK	Richtungsänderung 11 1/4 bis 45° zwischen zwei Muffen		
FF	Verbindung zweier Flansche		MMQ	Richtungsänderung 90° zwischen zwei Muffen		
FFK	Richtungsänderung 11 1/4 bis 45° zwischen zwei Flanschen		MMR	Reduzierung der Nennweite zwischen zwei Muffen		
FFQ	Richtungsänderung 90° zwischen zwei Flanschen		MUPA	Längen Anpassung bei Muffenrohren (Muffenpasstück)		
FFR	Reduzierung der Nennweite zwischen zwei Flanschen		O	Abschluss der Leitung durch eine Kappe auf dem Spitzende		
N	Anschluss eines Hydranten mit Flansch an ein Flanschrohr		P	Abschluss der Leitung durch einen Stopfen auf dem Muffenende		
T	Einbindung eines Flanschrohres oder -formstücks an Flanschrohre		RRK	Rohrreinigungskästen (Anschluss Muffe (oder Flansch))		
TT	Doppelte Einbindung von Flanschrohren- oder Formstücken an Flanschrohre		U	Muffe zum Überschieben		
X	Abschluss der Leitung durch Flansch					
Absperarmaturen						
Armatur	Eigenschaften des Abschlusskörpers		Einsatz			
Schieber	<ul style="list-style-type: none"> <li>geradlinige Bewegung</li> <li>nicht im Medienstrom, molchbar</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Gas- und Wasserversorgung</li> <li>kleine DN (bis ca. DN 300)</li> </ul>			
Klappe	<ul style="list-style-type: none"> <li>dreht um eine Achse</li> <li>im Medienstrom, nicht molchbar</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Wasserversorgung</li> <li>große DN (ab ca. DN 300)</li> </ul>			
Kugelhahn	<ul style="list-style-type: none"> <li>dreht um eine Achse</li> <li>nicht im Medienstrom, molchbar</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>vorrangig in der Gasversorgung</li> </ul>			

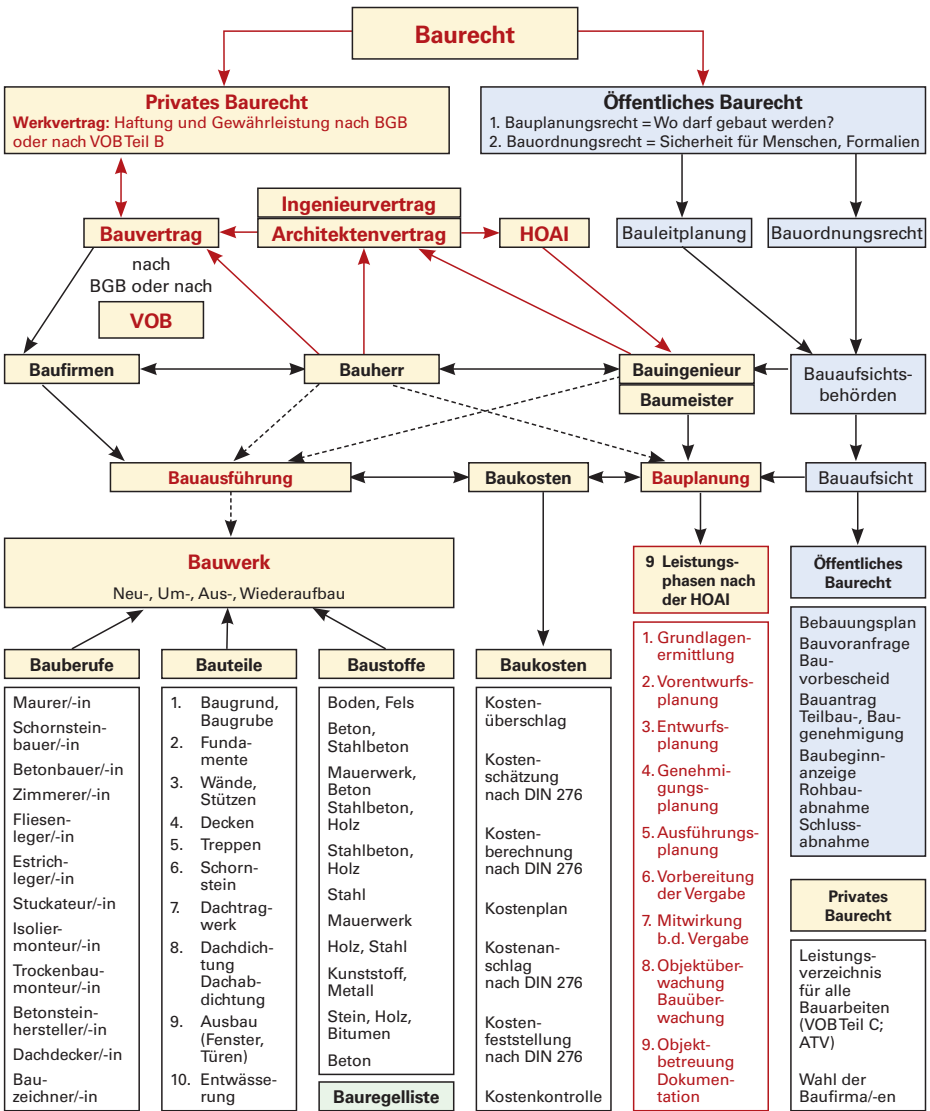
7

8

## 7.7 Rohrleitungsbau

Hydranten (DIN EN 3321)		
Hydranten werden zur Wasserentnahme in Wasserleitungen eingebaut. Dabei kommen Unter- und Überflurhydranten zum Einsatz. Die jeweiligen Vorteile beider Hydrantenarten sind in der Tabelle zusammengefasst (und sind gleichzeitig Nachteile bei der anderen Bauart).		
Vorteile Unterflurhydranten	Vorteile Überflurhydranten	
geringere Anschaffungskosten	höherer Durchfluss	
geringere Einbaukosten	jederzeit schneller Zugriff	
geringere Wartungs- und Instandsetzungskosten	können nicht zugeparkt werden	
keine Behinderung des Verkehrs	leichtes Auffinden auch bei Schnee oder Dunkelheit	
keine Gefahr der Beschädigung durch den Straßenverkehr oder durch Vandalismus	weniger Verschmutzungsgefahr durch Straßenschmutz	
können auf in der Fahrbahn liegenden Leitungen direkt eingesetzt werden	ohne Montage von Zusatzteilen verfügbar (kein Standrohr erforderlich)	
stören nicht das Landschaftsbild	historischer Anblick (Nostalgiehydranten)	
Sonstige Armaturen und deren Verwendung/Anforderungen im Rohrleitungsbau		
Name	Verwendung/Anforderungen	
Regelventile	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ meist Ringkolbenventile</li> <li>■ zur Druck- und Durchflussregelung</li> <li>■ zur Steuerung und Regelung von Behältereinläufen</li> <li>■ als Messringkolbenschieber auch zur Messung des Durchflusses</li> </ul>	
Rückflussverhindernde Armaturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ meist Rückschlagklappen</li> <li>■ zum Verhindern des Rückflusses nach Ausfall der sie öffnenden Kraft</li> </ul>	
Be- und Entlüftungsventile	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ meist Ventile mit Schwimmkörper als Einkammer-, Zweikammer- oder Doppelkammerventile</li> <li>■ Einbau an Hochpunkten</li> <li>■ Ablassen kleinerer Luftmengen infolge ungelöster Luft, die durch Temperatur- und Druckänderungen laufend ausgeschieden werden</li> <li>■ Ablassen größerer Luftmengen nach betrieblichen Störungen oder Entleerungen</li> </ul>	
Spülauslässe und Entleerungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Einbau an Tiefpunkten</li> <li>■ Ablassen des Spülwassers, welches der drei- bis fünffachen normalen Wassermenge entspricht</li> <li>■ Entleeren der Rohrleitung zur Reparatur oder zum Auswechseln</li> </ul>	
Behältereinlaufarmaturen	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ sichere und zuverlässige Einleitung des Wassers aus der Zubringerleitung</li> <li>■ schadfreie Ableitung der Überschussenergie aus der Leitung</li> <li>■ möglichst geringe Druckstöße beim Öffnen und Schließen</li> </ul>	
Siebe	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ gegen das Eindringen von groben Verunreinigungen</li> <li>■ an Saugleitungen und am Beginn von Behälterentnahmeeinrichtungen</li> </ul>	
Kompensatoren		
<p>Kompensatoren dienen dem Ausgleich von Bewegungen, die infolge von Wärmedehnungen (► S. 417 Fernwärme), Druckverformungen, Montageversätzen, Fundamentverschiebungen und Massenkräften in Rohrleitungen auftreten können. Als natürlicher Dehnungsausgleich muss die Trassenwahl so ausgelegt sein, dass z.B. durch L-Schenkel betriebssichere und wartungsfreie Möglichkeiten zur Veränderung bestehen. Falls dies nicht ausreicht, muss auf industriell gefertigte Kompensatoren oder Gelenkstücke zurückgegriffen werden. Sämtliche Alternativen dürfen weder die Betriebsparameter (Druck, Temperatur) noch die Betriebssicherheit (Korrosion, Riss-, Bruchgefahr) negativ beeinflussen.</p>	Grundsätzliche Kompensationsarten	
	Ausnutzung der Rohrelastizität	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Einbau von Werkstoffen mit hoher Elastizität</li> <li>■ natürliche Bögen</li> <li>■ abgewinkelte Systeme (L-Schenkel, Z-Bögen)</li> </ul>
	Industriell gefertigte, unverankerte Kompensatoren (axial angeordnet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Balgkompensatoren</li> <li>■ Gleitkompensatoren</li> </ul>
	Gelenkstücke, verankerte Kompensatoren (zwei- oder dreigelenkig im Winkel angeordnet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Konstruktionen aus zwei Balgkompensatoren, Rohrzwischenstücken und gelenkigen Zugankern, Kardangelenke</li> </ul>

8.3.2 Elemente des Baurechts



Öffentliches Baurecht (gliedert sich in Baurechtsordnung und Bauleitungsrecht)	
Baurechtsordnung	Bauleitungsrecht
<p>Die ordnungsrechtlichen Anforderungen dienen traditionell vor allem der Gefahrenabwehr. Daneben dient es der Gestaltung einzelner baulicher Anlagen und inzwischen auch der Verwirklichung staatlicher und umweltpolitischer Ziele. Das formale Baurechtsordnung stellt damit <b>objektbezogenes Recht</b> dar und beinhaltet Vorschriften zum Baugenehmigungsverfahren. Hierfür besitzen die Länder die Gesetzgebungskompetenz.</p>	<p>Das Bauleitungsrecht soll die rechtliche Qualität des Bodens sowie seine Nutzbarkeit in den Gemeinden festlegen und regelt damit die flächenbezogene Zulässigkeit der Bauvorhaben. Hierfür besitzt der Bund die Gesetzgebungskompetenz und hat diese durch Erlass des BauGB und der Rechtsverordnungen BauNVO und PlanZV festgelegt ► S. 485.</p>