



Rolf Bader, Ingolf Baumann, Claus Ihle

Tabellenbuch Sanitär Heizung Klima / Lüftung

Anlagenmechanik SHK Ausbildung und Praxis

Netzmeister/-monteure

11. Auflage

Bestellnummer 74031

Grundlagen Elektrotechnik Regelungstechnik	Grundlagen Elektro, Regelung S. 8-69
Zeichnen SHK Bauzeichnen Kommunikation	Kommunikation Bauzeichnungen S. 70-97
Werkstoffkunde Trenn- und Fügetechniken	Werkstoffe Trennen, Fügen S. 98-132
Rohrarten, Zubehör Montage, Dämmung Brandschutz	Rohre, Zubehör Montage S. 133-185
Trinkwasserversorgung Trinkwasserinstallation Feuerlöschtechnik	Trinkwasser Feuerlöschtechnik S. 186-250
Entwässerungsanlagen Sanitäre Einrichtungen Klempnerarbeiten	Entwässerung Sanitär, Klempner S. 251-332
Gasinstallation Flüssiggas Gas-Gerätetechnik	Gasinstallation Flüssiggas S. 333-379
Trinkwassererwärmung Hygiene, Legionellen Solarnutzung TWE	TW-Erwärmung Solarnutzung TWE S. 380-388
Energietechnik Energieträger, Solar Erneuerbare Energien	Energietechnik Erneuerb. Energien S. 399-437
Heizungs- und Feuerungs- technik Umwelttechnik	Heizungs- und Feuerungstechnik S. 439-515
Lüftungs- und Klimatechnik Wärmerückgewinnung	Lüftung, Klima Wärmerückführung S. 516-573

Vorwort

Der Einsatz dieses Tabellenbuchs bezieht sich sowohl auf die **Ausbildung** (Berufs-, Meister- und Technikerschulen) als auch auf die **Praxis**. Hierzu zählen alle Berufstätige in den SHK-Betrieben (Planung, Ausführung, Betrieb) aber auch Firmen und Fachkräfte, die nur am Rand mit der SHK-Branche zu tun haben.

Auffallend ist die ständige Zunahme neuer Produkteinheiten in allen Bereichen, die zunehmenden Wünsche und Forderungen der Kunden hinsichtlich Ausstattung, Komfort, Sicherheit, Nützlichkeit, Hygiene sowie die Zunahme an Vorschriften und Verordnungen. Diese Punkte wurden bei der Neuauflage des Tabellenbuchs berücksichtigt.

- Beim Abschnitt **Sanitärtechnik** wurden die umfassenden Änderungen der Technischen Regeln Gasinstallation (TRGI 2018) und der resultierenden Folgerungen neu erstellt. Weiterhin sind es die Themen Trinkwasserversorgung und -erwärmung, Abwassertechnik, Montagetechnik, sanitäre Einrichtungen (Auswahl, Montage, Nutzung), letztlich auch die Themen im Fachbereich der Gesundheitstechnik.
- Beim Abschnitt **Heizungstechnik** sind es die Anforderungen hinsichtlich der Energieerzeugung und Energienutzung was sich auf die gesamte SHK-Branche auswirkt, wie Versorgungstechnik, Gerätetechnik (Wärmeerzeugung), Regelungstechnik, Feuerungstechnik usw.
- Der Fachbereich **Lüftungs- und Klimatechnik** hat einen hohen Stellenwert bei der Luftqualität in Wohngebäuden, Arbeitsstätten und Versammlungsräumen. Eine einwandfreie Lüftung (oft verbunden mit einer Kühlung) hat positive Auswirkungen auf Gesundheit, Behaglichkeit und Tätigkeiten.

Bezüglich der Neubearbeitung bedanken sich Autoren für die Unterstützung von Herrn Dipl.-Ing. Philip Kientz (Fa. Bosch) im Bereich Elektrotechnik und Herrn Ralph Bischoff, (Fa. Hilti Deutschland) für den Bereich Montagetechnik sowie Herrn Udo Jettkant im Bereich der Text- und Bildorganisation.

Diesem Buch wurden die bei Manuskriptabschluss vorliegenden neuesten Ausgaben der DIN-Normen, VDI-Richtlinien und sonstigen Bestimmungen zu Grunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die neuesten Ausgaben der DIN-Normen, VDI-Richtlinien und sonstigen Bestimmungen selbst.

Die in diesem Werk aufgeführten Internetadressen sind auf dem Stand zum Zeitpunkt der Drucklegung. Die ständige Aktualität der Adressen kann vonseiten des Verlages nicht gewährleistet werden. Darüber hinaus übernimmt der Verlag keine Verantwortung für die Inhalte dieser Seiten.

service@westermann.de
www.westermann.de

Bildungsverlag EINS GmbH
Ettore-Bugatti-Straße 6-14, 51149 Köln

ISBN 978-3-427-74031-5

westermann GRUPPE

© Copyright 2021: Bildungsverlag EINS GmbH, Köln

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Schwerpunkte und Aufgaben der SHK-Branche	8	Geräteschutzsicherungen, Leitungsschutzschalter, Netzsysteme, Sicherungsregeln, spannungsfreie Zustand	46
Mathematische Grundlagen			
Basiseinheiten, SI-System, Vorzeichen, Einheiten	9	Fehlerarten, Gefahr des elektr. Stroms, Gefährdungsbereiche von Körper-, Wechsel- und Gleichströmen, Fehlerstromschutzeinrichtungen, FI-Schalter	47
Grundrechnungsarten	10	Schutz gegen elektrischen Schlag, Kleinspannung, Begrenzung d. Entladungsenergie, Potenzialausgleich	48
Klammer-, Bruch-, Potenzrechnen, Gleichungen	11	Betriebsmittel, Schutzklasse/-isolierung/-trennung, Schutz d. erf. freien örtlichen Potenzialausgleich, Baustrom, Fehlerstromschutz, DIN VDE 0100-Normen	49
Dreisatz-, Zinsrechnung, Längenteilung	13	Prüfungen in elektrischen Anlagen, Prüfungsarten	50
Winkelfunktionen, Gefälle/Steigung	14	Mess- und Wiederholungsprüfung, Schaltbilder	51
Flächen- und Körperberechnungen	15	Ortsfeste WW-bereiter, Prüfung Fehlerstromschutzrichtung, Protokoll elektr. Anl., Hausanschlussraum	52
Mechanik		Installationszonen, Leitungsführung Decke, Wand	53
Masse und Dichte, Kräfte, Kräftemaßstab, Schiefe Ebene	17	Elektro-Installationschaltpläne, Sinnbilder S. 95.1	54
Hebelgesetze, Rolle, Kraft und Beschleunigung	18	Steuerungs- und Regelungstechnik	
Bewegungsarten, Reibkraft, Zentrifugalkraft, Auswirkung von Kräften	19	Steuerungs- und Regelungsanlagen, Regelkreis, Blockschaltbild, Regelungsbeispiele	55
Kraftübertragung (Umtriebsdruck), Druck	20	Steuerung (Wirkungsweise, Merkmale)	56
Ausflussvolumenstrom, Ausflussgeschwindigkeit, Energie und Arbeit	22	Gesteuerte Armaturen (Sanitär), Steuerungen	57
Mechanische Arbeit, Energiearten, Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	23	Regelung: Wirkungsweise, Merkmale, Stellglieder	58
Strömungslehre		Unstetige Regler, Zwei- und Dreipunktregler, Regelstrecken, Stellverhalten, Sprengantwort der Regelgröße, Schwingungen, Proportionalregler	59
Druckverluste in Rohrleitungen, Kanälen und Einzelwiderstände, Ventildruckverlust, Ventilkennwert	24	Stetige Regeleinrichtung, Platzierung der Raum- und Außentemperaturfühler, Temperaturfühler in Rohrleitungen, Stellglieder, Temperaturmessungen	61
Pumpendruck	25	Fuzzy-Regelung, Klassifizierung der Regelanlagen, Dreibege-Regelventile, Ventilberechnung, k_v und k_{vs}	62
Pumpen-, Ventilatorleistung, Kennlinien	26	Durchgangs- und Dreibegeventile, Mengen-, Misch-, und Einspritzregelung, Hydraulische Schaltungen, Erzeuger-Verteiler-Verbrauchernetz	63
Wärme- und Verbrennungslehre		Drucklose Verteilerstation, Hydraulische Weiche	64
Temperatur, Längen- und Volumenausdehnung	27	Ventilautorität, mengenvariable Strecke, Energieeffizienzklassen für Gebäude, Gebäudeautomation	65
Ausdehnungsgefäß (MAG), Wärmeinhalte, Wärmezufuhr, Wärmemenge, Wärmeleistung, Volumenänderung	28	Gebäude- und Energiemanagement, Steuerung von Gebäuden und Anlagenteilen, Bus-Systemtechnik	66
Schmelz-, Verdampfungs-, Kondensationswärme	29	Gebäudeautomation, Smart Home, Regelungssysteme	67
Mischungsgleichung, Aufheizzeit, Verbrennungswärme, Brennstoffkenndaten	30	Vernetztes Wohnhaus, Haushaltsgeräte-Automat	68
Brenn- und Heizwertnutzung, Wärmebelastung, Brennstoffdurchsatz, Anschlusswert, Einstellwert, Düsendruck, Gerätewirkungsgrad	31	Kommunikationsfähige Bedieneinheiten, Digitalisierung, Energieeffizienz und Energiemanagement	69
Dichteverhältnis, Feuerungstechnischer Wirkungsgrad, Abgasverluste, Lüftungsüberschuss	32	Kommunikation, Technisches Zeichnen	
Kesselwirkungsgrad, Kondensationswärmegewinn, CO ₂ bei Verbrennung, Jahresnutzungsgrad	33	Arbeitsplanung, Informationen, Kommunikationswege	71
Wärmeleistung, Wärmeleitfähigkeit von Stoffarten, Wärmeübergang (Konvektion und Strahlung)	34	Grafische Darstellungen, Technisches Zeichnen	72
Wärmedurchgang (U-Wert) und Wärmedurchgangswiderstand, Wärmestrahlung	35	Begriffe, Maßtoleranzen, Schriftarten, Linienarten	73
Wärmepumpe, Raumlufttechnik: Volumenströme, Luftarten, Luftwechsel	37	Darstellung von Körpern, Projektionsmethoden	76
Schalltechnische Grundlagen (Fortsetzung s. S. 566)		Abwicklungen von Blechkörpern	77
Akustische Begriffe, Geräuschwahrnehmung, Geräuschbewertung, Addition von Schallquellen	38	Schnittflächen, Schnittarten, Schraffuren	78
Schwingungen, Hör- und Schmerzgrenze, Schallarten, -übertragung, -leistung, -pegel, -druck, -dämmung	39	Maßeintragungen, Bemaßungsregeln für Werkstücke	79
Elektrotechnik		Heizungsverteiler, Nutzflächenmaße für Fernwärme, Heizungsanlage (Grundriss, Schemata)	81
Ohm'sches Gesetz, Parallel- und Reihenschaltung von Widerständen, Transformatoren, Brückenschaltung, Wheatstone-Brücke, Spannungsverlauf, Leistung bei Gleich- und Wechselstrom	40	Rohrschemata 30°-Raster, Einrohrheizung	82
Wechselspannung, Leistung bei Drehstrom Y-Schaltung, Δ -Schaltung, Spannung im Verteilernetz, Sternschaltung, Dreieckschaltung, Elektrische Arbeit	41	Obere und untere Rohrverteilung, Installationsschächte, Leitungskennzeichnungen, Doppelkammerverteiler	83
Schutzartenklassen I, II, III, Prüf-/Kurzzeichen bei elektr. Betriebsmitteln, Kennfarben isolierter Aderleitungen	42	Warmbiegen, Kaltbiegen, Biegegeräte	84
Typkurzzeichen isolierter Leitungen, Leitungen für feste, flexible Verlegung für Melde- und Signalanlagen	43	Computerzeichnungen	85
Bemessung festverlegter Kabel/Leitungen, Mindestquerschnitte Cu-Kabel, Berechnung Spannungsfall, Strombelastbarkeit von Kabeln für feste Verlegung, Umrechnungsfaktoren für abweichende Umgebungstemperaturen	44	Bauzeichnungen, Maßstäbe, Gebäudedarstellungen	86
Niederspannungssicherungen, Funktions-/Betriebsklassen, System-Bauarten, Schraubsicherungen	45	Bemaßungsangaben für Bauzeichen	87
		Hausanschlusseinrichtungen, Stoffkennzeichnungen	88
		Zulässige Schlitze und Aussparungen, Maße	89
		Bauzeichnungen, Aussparungen	90
		Sinnbilder: Trinkwasserinstallation, Brandschutz, Behälter, Mess- und Regelung, Abwassertechnik, San. Einrichtungen, Abwasserrohre, Grundstückentwässerung, Gasfeuerung, Heizungs- und Raumlufttechnik, Elektro-Steuerungs- und Regelungstechnik, Löt- und Schweißtechnik	91

Verbots-, Warn-, Brandschutzzeichen	97	Schenkellänge von L-Bogen	163
Periodensystem der Elemente (PSE)	98	Axial- und Gummikompensatoren	167
Werkstoffeigenschaften, Eisen-Gusswerkstoffe	99	Montagetechnik	
Werkstoffprüfungen, Legierungselemente für Stähle	100	Wohnbau-Rohrschelle, Schalldämpfer	169
Chemische Grundbegriffe, Chemikalienbezeichnung	101	Montageschienen, Statikwerte, Max. Spannweite, Konsolen, Winkelstützen, Lastwerte, Schienenverbinder, Schalldämmelemente, Gummieinlageprofile	170
Zustandsgrößen von Wasser und Dampf, Dichte, Wärmekapazität fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe, Gaskonstante, Schmelzpunkt, Schmelzwärme, Siedepunkt, Verdampfungswärme	102	Dübelanordnung, Metall-, Kunststoff-, Sechskant-, Stockschrauben, Wand-/Deckendurchführungen	174
Längenausdehnung fester Körper, Raumausdehnung von Flüssigkeiten, Latentwärmespeicher	106	Verteilerkonstruktion für Flanschenarmaturen	176
Wärmeträgermedium für Kollektoranlagen, Frostschutz	107	Baurecht, Brandschutz, Abschottungen	
Wärmepumpen-Arbeitsmittel, Kältemittel	108	Struktur des Baurechts, Brandschutz für Lüftungsleitungen, MLAR, Baustoffklassen, Gebäudeklassen, Brandabschnittsbildung, Rettungswege, Bauteilklasse, Klassifizierte Abschottung, Feuerabschluss	177
Wärmedurchlasswiderstände von Luftschichten	109	Rohr-/Leitungstrassen, Abstand zw. Abschottungen	182
Wärmeübergangskoeffiziente für Wände und Rohre	110	Raumentlüftungssysteme mit Kaltrauchdurchführungen	183
Stahlerzeugnisse, Legierte, unlegierte und nicht-rostende Stähle, Qualitätsstähle	111	Installationschächte, Offene Entwässerungssysteme	184
Bezeichnungssystem für Stähle, Stahlgruppennummern, Stahlerzeugnisse, Oberflächenzustand	112	Wasserinstallation, Trinkwasserverordnung	
Bezeichnungssystem für Stähle, Haupt-, Zusatzsymbole	113	Gesetze und Regeln Sanitärtechnik, Trinkwasserversorgung, Wasservorräte, Wasserwirtschaft, Verbrauch, Abwassermenge, Löslichkeit von Salzen	186
Stahlsorten für Baustähle, Rohre, Bänder u. a.	115	pH-Wert, Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, Trinkwasserverordnung	190
Normierung der Eisen-Gusswerkstoffe	116	Informations- und Anzeigepflicht, Probeentnahme, Zirkulationsreguliertventil, Venturi-Strömungsteiler, Zirkulation, Freier Auslauf, Hygienemaßnahmen/-spülung, Absperrventil	193
Nichteisenmetalle, Kupfer und Kupferlegierungen, Aluminium, Aluminiumlegierungen	117	Sanierung, Keimrückhaltung, Desinfektion	196
Bezeichnungssystem für Nichteisenmetalle, Kunststoffe: Thermoplaste T, Duroplaste D, Elastomere E	119	Umkehrosmose, UV-Desinfektion, Ozonanlage	197
Kurzzeichen und Reaktionsart der Kunststoffe	121	Wasseraufbereitungskemikalien, Aufbereitungsverf.	198
Korrosionsarten: Flächen-, Loch-, Spalt-, Interkristalin	122	Filter, Hauswasserstation, Kalkschutzanlagen, Dosierung, Rieselentgaser, Druckfilter	200
Oberflächenschutz, Füll- und Ergänzungswasser, Heizungswasserbehandlung, pH-Wertebereich,	123	Schutz des Trinkwassers	
Spannungsreihe der Metalle, Verformungen durch Krafteinfluss, Bohrertypen, Fräserarten	124	Stagnation, Flüssigkeitskategorie, Installationsmatrix	202
Gewinde, Schrauben, Muttern, Festigkeitsklassen	126	Sicherungseinrichtungen, Symbole, Konstruktionsp.	203
Trenn- und Fügetechnik		Rohrleitungen, Trinkwassertrennstation	207
Löt- und Schweißverfahren, Lote und Flussmittel, Hart- und Weichlöten, zul. Betriebsdrücke d. Lötstelle	128	Druckprüfungen mit Wasser, Druckluft, Inertgas	208
Flussmittel, Druckgasflaschen	129	Bewertungsgruppen	210
Stumpfschweißen von Thermoplasten	130	Spülen von Trinkwasserleitungen, Dichte Verbindungen	212
Schutzgasschweißen v. Stumpfnähten, Schweißzusätze, Drahtelektroden, Heizelement-Muffenschweißen	131	Sicherungsarmaturen, Trennstation, Systemtrenner, Rückflussverhinderer, Rohrtrenner, Sicherheitsgruppe, Rohrbelüfter	213
Pressverbindungen, Pressvorgang, Formstücke	132	Druckminderer, Hauswasserstation	217
Rohre und Zubehör		Hauswasserzähleranlage	218
Rohrarten, Werkstoffe, Normen, Kunststoffrohre	133	Unterstützung der Trinkwasserversorgung	219
Anwendungsklassen, SDR-Wert, Sicherheitsklassen	134	Rohre/Verbindungen in der Trinkwasserinstallation	220
Muffenschweißfittings, System-/Metallverbundrohr	135	Wasserverbrauch, Löschwasserbedarf	221
PVC-U-Druckrohre	137	Berechnung der Rohrdurchmesser, Belastungswert, Spitzen-/Belastungs-/Berechnungsdurchflusszirkulation, Mindestfließdruck, Summendurchfluss	222
Anschluss-/Ventilanbohrschellen, Schubsicherungen	139	Hydraulische Berechnung, Verfügbares Druckgefälle	228
Zugfeste Rohrkupplungen, Gusseisen-Formstücke GGG	140	Widerstandsbeiwerte Form-/Verbindungsstücke, Ringleitung, Rohrnennwerte, Zirkulation, untere/obere Verteilung, Zirkulationsreguliertventil, Hydraulischer Abgleich, Inlinersystem, Pumpen	229
PE-Druckrohre, Spritzgussfittings für Stumpfschweißung, Stutzenfittings für Elektromuffenschweißung, Rohre aus vernetztem PE-X, PE-MDX, Mehrschichtfaserverbundrohr	142	Rohrreibungsdruckgefälle Stahl-, Kupfer-, Edelstahl-, Kunststoff-, Mehrschichtverbund-Rohre	237
Schiebehülsen-Fittingsystem	145	Druckerhöhungsanlagen, Förderhöhe/-druck, Förderstrom, Druckzonen, Vorbehälter, Pumpen	243
Cu-Rohr, Kapillar-Lötfitings, Pressfittingsystem	146	Feuerlösch-/Brandschutzanlagen, Rohre	246
Steckfittings für Cu-, St- und Edelstahlrohr	148	Wandhydrant, Unter-/Überflurhydrant, Armaturen	247
Unlegierte Stahlrohre, Tempergussfittings, Präzisionsstahlrohr, Klemmring-Fittings für Weich-St/Cu	149	Schläuche, Strahlrohr, Sprinkleranlagen/-arten, Schutzflächen, Berechnungsgrundwerte, Inspektion	248
Nahtlose und geschweißte Stahlrohre, Stahlformstücke zum Einschweißen, zugfeste Rohrkupplungen	152	Entwässerungsanlagen	
Stahlflansche, Dichtungen, Auswahlkriterien	153	Abwassernormen, Rohre, Formstücke, PP-MD, PVC-U, mineralverstärktes PP, HT	251
Vorschweißflansche, Werkstoffe, Schrauben	154	Anlagenunterteilung, Falleitung, Absaugung	259
Mapress-Edelstahlrohre, Edelstahlrohr, Stützweiten	155		
Befestigungs-/Rohrschellenabstand, Gleit-/Fixpunkt	156		
Armaturen, Bauarten, PVC-/Rotguss-/Messing, Membran-/Strangreguliertventil, Durchfluss-/Differenzdruckregler, Kugelhahn, Flanschenabsperrentil/-Armatur	157		
Warmbiegen, Anwärmlänge, Biegeradius, Rohrschellenabstände, Reaktionskräfte, Wärmedehnung,			

Anschluss von Klosettbecken	260	überlappung, Organgangsabschluss, (Ein-)Falzverlust	325
Belüftungsventile	261	Kehlform/-schar/-neigung, Aufmaß Tafeldeckung,	
Lüftungssysteme/-leitungen	262	Pfannenblech, Trapez-/Falzprofil, Wellblech	330
Reinigungsöffnungen/-stücke/-rohre/-verschlüsse	263		
Einsteigschächte, Inspektionsöffnungen	264		
Schmutz-/Regenwasser, Misch-/Trennsystem in Grund-		Gasinstallation	
leit., Füllungsgrad, Gefälle, Fließgeschwindigkeit,		Wärmewert, Verbrennung, Gasfamilien, Luftbedarf	333
Gerucherschl., Duschrinnen, bodengleiche Dusche	265	Gasdaten, Regelwerk Geltungsbereich, DVGW-TRGI,	
Entwässerungsgegenstand, Anschlusswert, Misch-/		Gasanlage, Absperrrichtung, Isolierstück, Haus-	
Schmutzwasserabfluss, Niederschlagswasserleit.	267	einführung, Gasdruckregler/-zähler/-kugelhahn/	
Anschlussleitungen, Sammelschlussleitung	268	-filter/-steckdose, Sicherungsmaßnahmen, Kunst-	
Schmutzwasserleitung DN90, Einzel-/Sammel-		stoff-Innenleitungen, Gasströmungswächter	334
schlussleitung, 6-l-WC, Schmutzwasserabfluss	269	Rohrweitenberechnung	340
Berechnung von Entwässerungsanlagen, Abflussver-		Anschlusswerte, Druckgewinn, Einzelwiderstände	348
mögen, Füllungsgrad, PE-/HT-/GM-X-/SML-/HPP-/		Rohrreibungsverluste, verz. St, Cu, Fließgeschwindigkeit	349
PP-Rohr, Anschlusswerte, Berechnung nach Feurich	270	Zugelassene Rohre	350
Regenwasserabfluss, Abflussbeiwert, Regenspender	275	Lösbare Verbindungen, Korrosionsschutz, Dichtungsmat.	351
Notentwässerung, Druck-/Überflutungshöhe	276	Luft-Abgasführung, Gasgerätearten DVGW-TRGI-G600,	
Berechnungsregen, frei angeströmte Überläufe,		Feuerstättenart A, B, C, Gemeinsame Abgasanlage,	
Ableitungssysteme, Notüberlauf, Freispiegelent-		Abgas über Abluftlg., Mündung neben Schornstein,	
wässerung, Überlastungsnachweis bei Starkregen	277	Bemessung Abgasrohr, Gasaußenwandgeräte C ₁₂ /C ₁₃	352
Rückhaltevolumen	279	Aufstellraum, (Un-)mittelbarer Verbrennungsluft-	
Rinnen-/Wulstformen, Nahtüberlappung, Rinnenhalter	280	verbund, Schutzziele, ALD	357
Regenfallrohr, Rinnenstützen	281	Prüfung von Gasleitungen, Gebrauchsfähigkeit, Klappe,	
Auslaufströmung, Abflussvermögen innenliegender		Inbetriebnahme, Protokoll, Betriebs-/Prüfdrücke	363
vorgehängter Rinnen, Freibord-Mindestmaß,		Instandhaltungsmaßnahmen, Raumheizautomaten	365
Tiefen-/Formfaktor	282	Flüssiggas, physik. Daten, brenntechn. Eigenschaften	366
Berechnungsbeispiel Einfamilienhaus mit Hebeanlage	285	Flaschen, Aufstellungsort, Lagermenge, Zoneneinteilg.	367
Schutzmaßnahmen bei Arbeiten auf Dächern	286	Explosionsgefährdete Zonen, Schutzmaßnahmen	368
Regenwassernutzungsanlagen, Filter, Speicher,		Schutzmaßnahmen/-wände, Brandlasten	369
Inspektion, Wartung, Auslegung	287	Kunststoffinnenltg., Jahresenergiebedarf, Verdampf.	370
Schutz gegen Rückstau, Leichtflüssigkeitsabschieber	289	Kleinfaschen-/Behälteranl., Druckregler/-kombination,	
Rückstauumpfanlage, Abscheider für Leichtflüssig-		therm. Absperrrichtung, Feuchtigkeitsabscheider	371
keiten, Schlammfang	290	Zul. Rohre, Formstücke, Schutz gegen unbef. Eingriffe	374
Leichtflüssigkeitsperre/-abscheider, Fettabscheider	291	Rohrnetzberechnung, Druckgefälle, GS-Auswahl, Druck-	
Gewerbliche/industrielle Abwasserbehandlung	292	verlust, Armaturen, Gaszähler, Rohrauswahltab.	375
Abwasserhebeanlage, Dimensionierung, Druckverluste	293		
Entwässerungsanlage, Abwasserhebeanlagen,		Trinkwassererwärmung (TWE)	
Abwasserdruckleitung, Pumpenauswahl	294	Trinkwassererwärmungsanlagen: Einteilung, Durch-	
Regenwasserbehandlung, Versickerung, Rigolen	295	fluss-, Speicher-, Speicherladesystem, Verluste	380
Reinigung, Füllungskurven, Kanal, Einwohnergleichwert	296	Spezifische Wärmeverluste bei Verteilung und Zirkula-	
Kläranlagen, Gruben, Untergrundverrieselung,		tion, Schlangen- und Schichtspeicher (Vergleich),	
Filtergraben	297	Trinkwasserbedarf, Warmwasserbedarf	381
Dichtheitsprüfung, Grundleitungskontrolle, Prüfzeit,		Täglicher Warmwasserbedarf, dslg. vereinfacht	382
Dokumentation, Schadensklassen	298	Tagesprofile (TWE), Energieeinsparung (TWE), Warm-	
Inspektions- und Wartungsmaßnahmen, visuelle Prfg.	300	wasserbedarf bei Hallenbädern, Bewertung der	
Schallschutz im Wohnungsbau, zulässige Schallpegel	301	Ausstattung, Benutzung und Zapfstellenbedarf	383
Sanitäre Einrichtungen, Ausstattung, Objektmaße	302	Leistungskennzahl N_L und Bedarfskennzahl N bei	
Planungsrichtwerte öffentlicher Bereich, Kriterien		Wassererwärmer (Berechnung)	384
Ausstattungsbedarf Hotel, Arbeitsstätte, Krankenhaus,		Wärmebedarf für WW-Anlagen von Einheitswohnungen,	
Vesammlungsstätte, Kita, Kindergarten, Schule	303	Begriffe für zentrale TWE-Anlagen, Darstellung des	
Barrierefreiheit, Seniorenwohnung, öffentl. Gebäude	307	Wärmebedarfs TWE in Wohnbauten, Einflussgrößen	
Fliesenraster Waschtisch, WT-Armatur, Montagemaße,		im Energiefluss von TWE-Anlagen (entsp. EnEV)	385
WC-Becken/-Anlage, Dusch-WC, Spülkasten, Druck-		Trinkwassererwärmer bei Beheizung mit Fernwärme,	
spüler, Urinal, Montageelement, Washroomsystem,		TWE im Durchflusssystem, Speicherladesystem	386
Bidet, Dusch-/Badewannenablauf, Brause-/Dusch-		Durchflusssystem, Dauerleistungsdiagramm	387
anlage, Brausearmatur, Badewanne, BW-Armatur,		Zusammenschaltung von Speichern, Speicherwasser-	
Spültisch, Einbauspüle, Ausguss	310	erwärmer (Solar), Förderstrom und Förderdruck	388
		Speichersysteme, Bedarf an erwärmtem Trinkwasser	389
		Zirkulationsleitungen, Inliner-Zirkulation, Pumpen	390
		Anschluss, Armaturen, Warmwasser- und Wärmebedarf	
		für Industriebetrieb, Einfluss von Kalkablagerungen	391
Klempnerarbeiten		Selbstregelnde elektr. Begleitheizung, Frostschutz	392
Blitzschutzanlagen, Schutzklasse, Überspigschutz	320	Schutz vor Legionellen, Ursachen, Wachstum,	
Bezeichnungen am Dach, Dachformen, Gauben	321	Absterbegeschwindigkeit, Schutzschaltung	393
Kalt-/Warmdach, Lot, Bleche, Forderungen VOB	322	Wachstum, Anforderungen an TWE-Erwärmer, Wartung,	
Bleche: NE-Metall, Alu, Nichtrostender Stahl, Verz. St	323	Inspektion, Vorwärmstufen, Wassermischer	394
Korrosionsschutz, Bewegungsausgleicher, Windsoglast	324	Sicherheitseinrichtungen, Inspektion, Wartung	395
Flächeneinteilung, Haftabstand/-anzahl, Scharenbreite,		Speicherwassererwärmer, Elektrodurchlauferhitzer,	
Windzonen, Wandbekleidung, Hafte, Mindestblech-		elektronische Leistungssteuerung	397
dicke, Falz-/Leistendach, Schiebe-/Quernaht, Dach-			
neigung, Festhaftlage, Hafform, Falzart, Mindest-			

Energietechnik – Energieeinsparung

Energiemanagement, Energieeinsparungsmaßnahmen,	399
Energiekennwerte, Effizienznachweis, Energie-	
beschaffung, Heizungsoptimierung, Heizungs-	
energieverbrauch, Energiebedarf, Energieverbrauch	400
Beheizungsstruktur im Neubau, Wärmemarkt, Primär-	
energiebedarf, Solarenergie	401
Wärmemarkt nicht ohne Energiewende, erneuerbare	
Energien, Hybridsysteme z. B. Gas/Solar	402
Solarnutzungsmöglichkeiten (passiv, aktiv), Strahlungs-	
leistung, Energieströme (Sonnenkollektor), Flach-	
und Röhrenkollektor, Wirkungsgrade, Solarsystem	403
Sonnenenergie, Energieströme	405
Solkollektoren, Wirkungsgrade	406
Verschaltung Solarkollektoren, Pumpenwahl, Planungs-	
ablauf einer Solaranlage, Anlagenplanung	407
Eigensicherung und Stagnation, Ausdehnungsgefäß,	
Solarstation, Kostenschätzung Solaranlage	408
Solare Deckungsraten, Solaranteil für die Trinkwasser-	
erwärmung, Kollektor, Deckungsgrad, Solarspeicher:	
(Aufgabe, Bauarten und Merkmale)	409
Strahlungsangebot, Kollektorneigungswinkel, Kolle-	
ktoranordnung (Flachdächern oder Freiflächen)	410
Solares Energieangebot, Solarüberschuss, Standard-	
solaranlage TWE, Kollektorzahl	411
Solare Heizungsunterstützung, Solarsysteme mit	
Bivalentenspeicher, Pufferspeicher, Zubehör im	
Kollektorkreislauf	412
Solar-Luftkollektor, Energieträger (Strommenge)	413
Photovoltaikanlage: Wind, Zelle, Module, Montage,	
Funktionsweise, Montagearten, Kostenaufteilung	414
Steuerung, Leistungsoptimierung (Photovoltaik),	
Entwicklung und Kostenaufteilung	415
Bauarten, Merkmale von Solarzellen, Flächenbedarf,	
Reihen- und Parallelschaltung von Kollektoren	416
Aufbau und Wirkungsweise einer Wärmepumpe (WP),	
Wärmepumpenanlagen, Arbeitszahlen ϵ , Umwelt-	
energienutzung „Erdeichkollektoren“	417
Jahresarbeitszahlen β (Verlauf), Sole-Wasser-WP, Heiz-	
kurven ϵ , „Solare Wärmepumpe“, Hybridheizung	418
Leistungsaufnahme, Betriebsweise von WP	419
Bivalenzpunkt, Entzugsleistung, Sonde, Passive	
Kühlung (Erdeich)	420
Luft/Wasserwärmepumpe (L/W), im Freien	
Blockheizkraftwerk (HKW): Leistungseinfluss	422
Kraft-Wärme-Kopplung (Mini- und Mikro), Wärme-	
und Stromfluss, Gebädestrombedarf, Heizkosten	423
Leistungsspektrum von BHKW, Brennstoffverteilung	424
Holz: Feuchteinfluss, Trocknungsphase, Schüttdichte,	
Heizwerte, Holzverbrennung	425
Bundes-Immissionsschutzverordnung, Feuerungen mit	
Holzzentralheizungskessel, Pellettheizungen	426
Pelletlagerung (Forderungen), Anschließen, Abladen	427
Erneuerbare Energie durch Windkraftanlagen (WKA,	
Windenergie), Windnutzung, Stromerzeugung,	
Off- und Onshore	429
Biomasseerzeugung, Nutzungsenergie, Energie-	
flüsse zum Gebäude	430
Jahres-Primärenergiebedarfs, Energetische Bewertung	
von Gebäuden	431
Jahresenergiebedarf, Energieträger und Primärenergie-	
faktoren, jährliche Energiebilanz eines Gebäudes	432
Energieprognosen (EnEV), Energieflussbild	433
Energieeinsparverordnung 2016, Energieeffizienzklassen,	
U -Werte für Wohngebäude	434
Energieausweis, Energiebedarf für Nichtwohngebäude	435
Energieausweis (Energiebedarf, Energieverbrauch),	
Energienwärmegesetz EEWärmeG	436

Heizungs- und Feuerungstechnik

Warmwasserheizungen, Wasserluftanlagen, Strahlungs-	
heizungen, Hybridsysteme, wirtschaftliche und	
ökologische Gesichtspunkte, Umweltwärme (Bewer-	
tung von Heizungssystemen, Planung, Montage-	
ablauf, Betrieb u. a.	438
Wärmedurchgang (Bauteile), Temp.-verlauf, U -Wert	439
Wärmeübergangswiderstände (innen – außen), Wärme-	
durchlasswiderstände, Wärmeleitfähigkeit, Wärme-	
dämmstoffe	440
Dämmdicke, λ - und U -Werte, Wärmedämmanordnung	
(außen, innen), Fenster: U -Werte, Schalldämmmaße	441
Wärmedurchgangskoeffizienten für gedämmte Bauteile	442
Außentemperaturen, Klimazonenkarte	443
Isothermen, Norm-Innentemperaturen	444
Norm-Transmissionsverlust	445
Unbeheizte Nachbarräume	446
Abschirmkoeffizient, Höhenkorrekturfaktor	447
Wärmeverluste an Erdreich, Norm-Lüftungswärme-	
verluste, Einfluss des Luftwechsels	448
Temperaturanpassungstherm, Normgebäudeheizlast,	
Zusatzaufheizleistung	449
Heizlastberechnung (Beispiele)	450
Transmissionswärmeverluste (Formblatt)	451
Flachheizkörper, Anschlüsse	452
Stahlröhrenheizkörper, Bankradiatoren	453
Handtuchheizkörper, Strahlungsanteile bei Heizkörper,	
Zulässige Temperaturen und Drücke	454
Gussgliederheizkörper, Niedrigtemperatur-Heizkörper	456
Schacht-, Unterflurkonvektoren, Bodenkanalheizung	458
Wärmeverluste unisolierter Rohre, Stahlrippenrohre	459
Deckenstrahlplatten: Berechnung, Auswahl, Montage	461
Fußbodenheizung: Planung, Montage, Betrieb	462
Temperaturen, Verlegung, Merkmale, Vor- und Nachteile	463
λ -Werte, Leistungsdiagramme, Berechnungsformular	464
Hydraulischer Abgleich, Differenzdruckregler	466
Wärmeleitfähigkeit, Fußbodensysteme, Rohrnetz	467
Rohrnetztafel (Rohrdurchmesserbestimmung)	468
Widerstandsbeiwerte für Formstücke und Armaturen,	
Druckverluste Z für $\zeta = 1$, ζ -Werte	471
Einzelwiderstände, Strangschema, Rohrnetz	472
Hydraulischer Abgleich, Rohrnetzeinregulierung	473
Thermostatventil (Diagramm), Hydraulische Weiche	474
Wärmedämmung von Rohren, Dämmklassen	475
Pumpenauswahl, Merkmale, Kennlinien	477
Proportionalitätsgesetze, Regelungen	478
Betriebspunktveränderungen, Regelungen	480
Regulier-, Abgleich- und Mischventil, Einrichtungen	481
Sicherheitstechn. Ausrüstung, Schaltbilder (Absiche-	
rung), Membransicherheitsventile, Bemessung (SV)	482
Sicherheitsventile, Sicherheitsgeräte (gegen Druck-,	
Temperaturüberschreitung, Wassermangel)	483
Ausdehnungsgefäße (MAG), MAG für Solaranlagen	484
Luft in Heizungsanlagen, Ursachen Störungen	486
Enflüftungsmöglichkeiten bei Warmwasserheizungen,	
Einteilungskriterien für Wärmeerzeuger und	
Feuerungen, Heizgasführungen, Säuretaupunkt (EL)	487
Leistungsanteil von Heizkessel, Jahresheizarbeit,	
Verluste und Wärmenutzung, Wirkungs- und	
Nutzungsgrade, Heizkurven	488
Heizkreisbelastung, Bemessung eines Pufferspeichers,	
Anforderungen, Ausrüstung von Heizräumen	489
Verbrennungsluft (Außenluft), Abluftquerschnitt, Abgas-	
systeme für Feuerungen, Druck und Temperatur	490
Abgasanlagen, Schornsteinbauarten, Sanierung	491
Druck- und Rußbeständigkeit, Edeldahlrohrsystem	492
Nebenluftvorrichtung, Zugregler, Abgasklappe	493
Schornsteinbemessung	494

Verbrennungseigenschaften, Störeinflüsse, Wirkungsgrade, Wärmebedarf und -übergabe, Abgasverluste	495	Lüftungsraten Nichtwohngebäude, Arbeitsstättenrichtlinien, Verkaufs- und Arbeitsstätten	534
Wärmeerzeuger, Nutzungsgrade, Lüftüberschuss, Luft-Verhältniszahl λ , CO ₂ , Rußbildung	496	RLT-Anlagen für Verkaufsstätten, Garagen, Saunen	535
Zündtemperaturen, Gas-Infrarotstrahler, Erdgas, Wobbeindex, Verbrennungswerte, Drücke i. Anl.	497	Hallenbad: Entfeuchtungsgeräte	536
Gasbrenner, Gasbrennermerkmale, Einteilung Brennerausrüstung, Einstellwerte, Einstufige und modulierende Brenner, Schaltheufigkeit	499	Kleinraumventilatoren, max. <i>U</i> -Werte für Schwimmbäder, Luftströmungen Küchen	537
Strömungssicherung, Brennwerttechnik, Nutzungsgrad Kondensationsbildung, Energieinhalte von Brennstoffen, Neutralisation bei Gas- und Ölfeuerungsanlagen, Kondensat/Abwasser	500	Luftschleieranlagen, Oberhauben, Kontrollierte Wohnungslüftung (KWL)	538
Mindestanforderungen bei Heizöl, Abgasverluste, Verbrennungsprodukte/-werte (Heizöl), Viskosität Öldurchsatz, Öldüsen	502	Wohnungslüftungssysteme, Lüftungsanforderungen Systeme Wohnungslüftung, Gesamt-Außenluftvolumenströme, Mindestfläche für Luftdurchlässe	539
Abgasseitige Korrosion, Brennstoffbedarf, Verbrauch Heizölbatterietank, Öllagerung, Kunststofftanks	503	Komponentenzuordnung, Auslegung von Luftleitungen, Lüftungsraten in Wohngebäuden, Formstücke	540
GFK-Tanks, Unterirdische Lagerung, Tankarmaturen Leckanzeige, Ölleitungsbemessung, Techn. Regeln Wärmezähler, Erfassungsgeräte	504	Wärmedämmdicke, Kennzeichnung von Lüftungsanlagen und Geräte, Lüftungssysteme nach DIN 18017-3	541
Nutzungsdauer von Anlagenteilen, Kostenarten bei gebäudetechnischen Anlagen, Heizkostenverordnung	505	Zustandsgrößen feuchter Luft, Sensible und latente Wärme, Luftfeuchtigkeit, Taupunkttemperatur	542
Fernwärmeversorgung, Übergabestationen, Platzbedarf Energieversorgung, Schadstoffemissionen, Umweltschutzgesetz	506	Zustandsgrößen und -änderungen feuchter Luft, Darstellungen im <i>h</i> , <i>x</i> -Diagramm	543
Umwelt- und Klimaschutz (Gesetz, Begründungen), Treibhausgase, Arbeitsstättenverordnung	507	Klimageräte (Truhe, Wand, Decke, Schrank, Splitsystem), Einsatz, Anordnung, Luftführung	544
Hinweise zum Schutz vor Gefahrenstoffen Dampf, Dampfversorgung, Reduzierstation	508	Wärmelasten von Geräten und Maschinen, Kühllastberechnung, Kälteleistung	545
Raumlufttechnische Anlagen (RTA), (Lüftung, Luftheizung, Luftkühlung)	509	Sonnenwärme durch Wände und Flachdächer, Wärmelasten von Geräten und Maschinen	546
Raumluft- und Prozesslufttechnik, RLT-Anlagen, Luftbehandlung, Anforderungen von RLT-Einrichtungen	510	Beleuchtungswärme, Max. Strahlung, Gesamtstrahlung durch verglaste Flächen, Kühlerleistung	547
Zustandsgrößen gesättigter Luft, Bewertung Luftdruckeinfluss auf Dichte, Temperatur, Feuchte u. a., Wärmeübertragerleistung, Raumtemperatur und relative Feuchte	511	Darstellung einer Klimaanlage, Bauteile Platzbedarf für eine Klimazentrale, Kühlmethode, Kompressionskältemaschine	548
Behaglichkeitsempfinden, Wärme- und Wasserdampf-abgabe einer Person	512	Luftleitungen, Normen, Druckbelastbarkeit, Ovalrohre End- und Verbindungsstücke, Falzarten u. a.	549
Feuchte, zulässiger Wärmedurchgangskoeffizient, Innere Oberflächentemperatur an kalten Flächen, Raumtemperatur und Luftgeschwindigkeit	513	Luftleitungen mit Rechteckquerschnitt, Flexrohre Druck- und Wärmeverluste	550
Zulässige Raumluftgeschwindigkeiten, CO ₂ -Konzentration, Geruchs- und Schadstoffe, Luftqualität	514	Wickelfalzrohre, Steckverbindungen Befestigungselemente, Druckverluste, Druckverteilung in RLT-Anlage, Dichtheitsklassen	551
Freie Lüftung, Druckdifferenzen, Windstärke, „Fugenlüftung“, Druckverteilung	515	Aufmaß von Luftleitungen, Widerstandsbeiwerte ζ , Luftgeschwindigkeiten in RLT-Zentralen	552
Lüftung durch Fenster, Dauer- und Stoßlüftung	516	Spezifische Rohrreibungswiderstände (<i>R</i> -Wert), Druckverluste durch Einzelwiderstände	553
Geschätzte Luftwechselzahlen	517	Sauberkeit und Inspektion in RLT-Anlagen, Geschwindigkeitsannahmen in Leitungen und Luftauslässen, Hydraulischer Durchmesser, Rohrrauigkeit	554
Dachaufsatzlüftung, Luftgeschwindigkeit in Schächten, Auftriebsdruck, Maschinelle Lüftung, Einteilung von RLT-Anlagen nach dem Luftsystem	518	Druckverluste von Leitungen und Einbauten, Kanalnetz-berechnung, Revisionsöffnungen	555
Druckverhältnisse je nach Ventilatoranordnung, Klassifizierung: Ab-, Fortluft, Kammerzentrale, Luftarten Festlegen der Luftarten, Zentralgeräte	519	Radialventilatoren, Ventilator Kennlinien, Radial- und Axialventilatoren, Ventilatorenauswahl und Betrieb	556
Luftführungsarten, Luftdurchlässe für RLT-Anlagen Auswahl von Luftdurchlässen, Dralldurchlässe, Kanalführung (Abluft, Zuluft)	520	Ventilator diagramm, Bauteile, EC-Ventilatoren Bauteile eines Radialventilators, Dachventilatoren	557
Zuluftdurchlässe, Zulufttemperaturen, Strömungsrichtungen, Luftheizung, Heizgeräte	521	Deckenfächer, Staubgehalt der Luft, Filterklassen Wärmerückgewinnungssysteme (WRG), <i>h</i> , <i>x</i> -Diagramm, Sinnbilder, Wärme und Feuchtezahlen	558
Temperaturdifferenzen bei Registerleistung, Luftheizgeräte, Bestimmung des Zuluftvolumenstroms, Auswahl von Luftdurchlässen	522	Mindest-Rückwärmezahlen, Kosten für RLT-Anlagen Schallarten, -ausbreitung, -schutzmaßnahmen	559
Empfohlene Lüftungsraten, Außenluft pro Person (m ³ /h), Raumluftqualitäten, Luftwechselzahlen	523	Dämpfungsglieder, Leistungspegel, Druckpegel, Luft- und Körperschall, Raumabsorption	560
CO ₂ -Emissionen (m ³ ·h·Pers.), Volumenstrombestimmung nach Arbeitsgrenzwerten, Sportstätten-Planung	524	Frequenzband, Summenpegel, Schallübertragung über Luftleitungen, Schalldämpfer	561
	525	Telefonieschalldämpfer, Feuerwiderstandsklassen, Brandverhalten von Baustoffen, Temperaturverlauf, Wärme- und Rauchfreisetzung, Brand- und Rauchschutzabschluss, Brandabschnitte	562
	526	Brandverhalten von Baustoffen, Brandschutzklappen, Brandursachenstatistik, Entrauchungsanlagen	563
	527	Bildquellenverzeichnis	574
	528	Verzeichnis technischer Regeln	576
	529	Stichwortverzeichnis	578

23.1 Mechanische Arbeit (Beschleunigungsarbeit)

$W = F \cdot s$			$1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ J}$
<p>F konstant in Richtung der Strecke s</p> <p>W Arbeit in J oder Nm oder Ws F Kraft in N s Weglänge in m</p>			

Weitere Arbeitsarten sind: Hubarbeit, Verformungsarbeit, Reiarbeit, u. a.

23.2 Potenzielle Energie (Lageenergie)

$W_p = F_G \cdot h$	$W_p = m \cdot g \cdot h$	$W_p = F_G \cdot h$ $v_0 = 0 \Rightarrow W_k = 0$	$\Sigma W = W_p + W_k + W_R = \text{konst.}$
<p>W_p potenzielle Energie in J oder Nm oder Ws F_G Gewichtskraft in N oder $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$ m Masse in kg g Fallbeschleunigung in m/s^2 h Höhe in m $1 \text{ Nm} = 1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$</p>	<p>$W_k = m \cdot \frac{v_u^2}{2}$</p> <p>$v_u > 0 \Rightarrow W_k = m \cdot \frac{v_u^2}{2}$</p> <p>$h_u = 0 \Rightarrow W_p = 0$</p>		

23.3 Kinetische Energie (Bewegungsenergie)

$W_k = \frac{m}{2} v^2$	$1 \text{ kg} \cdot 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1 \text{ m} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$	<p>Beispiel: $h = 12 \text{ m}$, $v_0 = 0 \text{ m/s}$, $W_R = 0$, Ges.: $v_u = ? \text{ m/s}$.</p> <p>$\Rightarrow W_k = W_p \Rightarrow m \cdot \frac{v_u^2}{2} = m \cdot g \cdot h$</p> <p>$\Rightarrow v_u = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 12 \text{ m}} = 15,35 \frac{\text{m}}{\text{s}}$</p>
<p>W_k kinetische Energie in J oder Nm oder Ws m Masse in kg v Geschwindigkeit in m/s</p>		

23.4 Arbeit und Leistung

Mechanische Arbeit (Hubarbeit) $W = F_G \cdot h$	Leistung ist Arbeit pro Zeit $P = \frac{W}{t} = F \cdot v$
<p>F Kraft in N F_G Gewichtskraft in N ($= m \cdot g$) W Arbeit in Nm P Leistung in W ($= F \cdot s/t$) s Kraftweg in m v Geschwindigkeit m/s t Zeit (Zeitspanne) in s</p>	<p>Zeit t</p> <p>Hubkraft $F = F_G$</p>

23.5 Wirkungsgrad

$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$ oder $\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$	$\eta_g = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n$	<p>zugeführte Leistung P_{zu}</p> <p>abgegebene Leistung P_{ab}</p> <p>Verluste: Motor = 20 % $\eta_M = 0,8$ Riementrieb = 5 % $\eta_R = 0,95$ Ventilator = 40 % $\eta_V = 0,6$</p>
<p>η_g Gesamtwirkungsgrad [ohne Einheit (o. E.)] η_M Wirkungsgrad Motor (o. E.) η_R Wirkungsgrad Antrieb (o. E.) η_V Wirkungsgrad Ventilator, Pumpe (o. E.) P_{ab} abgegebene Leistung in W P_{zu} zugeführte Leistung in W W_{ab} abgegebene Arbeit in J oder Ws oder Wh W_{zu} zugeführte Arbeit in J oder Ws oder Wh</p> <p>Beispiel: $\eta_g = \eta_M \cdot \eta_R \cdot \eta_V = 0,8 \cdot 0,95 \cdot 0,6 = 0,456$ $\Rightarrow 45,6 \%$</p>		

40.1 Ohm'sches Gesetz

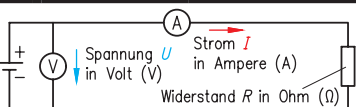
$U = R \cdot I$ ¹⁾

1 V = 1 Ω · 1 A

Messungen:

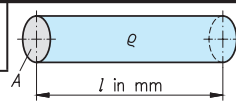
U: parallel zum Verbraucher; I: in Reihe zum Verbraucher
1 A = 1 C/1s ≈ 6,224 · 10¹⁸ Ladungen/s

¹⁾ gilt nicht bei Magnetspulen und Elektromotoren



40.2 Leiterwiderstand und Leitfähigkeit

$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$ $R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$ $\rho = \frac{1}{\gamma}$



R Leiterwiderstand in Ω

ρ spezifischer Widerstand: Ω · mm²/m

γ Leitfähigkeit in m/(Ω · mm²)

l Leiterlänge in m

A Leiterquerschnitt in mm²

ρ_{Kupfer-ETP} = 0,017 m/(Ω · mm²)

Werkstoff	ρ · mm ² /m	γ
Aluminium	0,0278	0,0167
Silber	0,0167	0,49
Konstantan	0,49	0,125
Stahl	0,125	

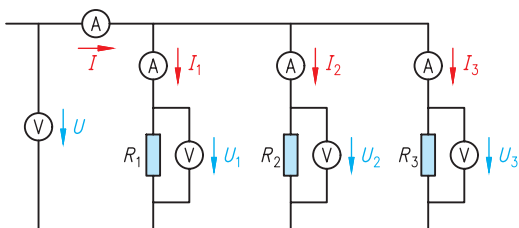
40.3 Parallelschaltung von Widerständen

$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots$

$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

U Spannung in V
I in A Gesamtstromstärke
I₁, I₂, I₃ Teilstromstärke in A
R in Ω Gesamtwiderstand
R₁, R₂, R₃ Einzelwiderstand in Ω



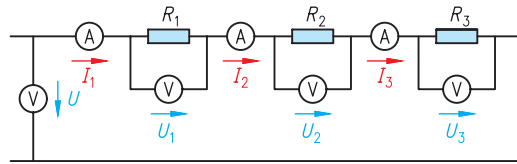
40.4 Reihenschaltung von Widerständen

$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$

$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$

$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$

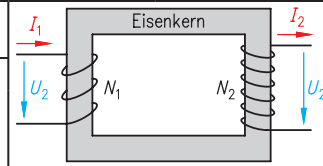
I Stromstärke in A
U in V Gesamtspannung
U₁, U₂, U₃ Teilspannung in V
R in Ω Gesamtwiderstand
R₁, R₂, R₃ in Ω Einzelwiderstand



40.5 Transformator

$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$ $\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$

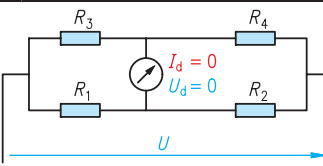
U₁, U₂ Spannung
I₁, I₂ Stromstärke
N₁, N₂ Windungszahl (ohne Einheit)



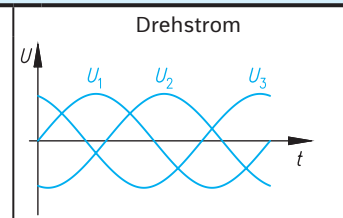
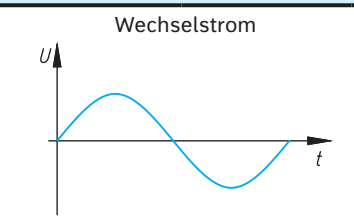
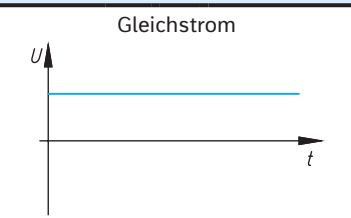
40.6 Brückenschaltung, Wheatstone-Brücke

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ oder
 $R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$

U_d Diagonalspg.
I_d Diagonalstrom



40.7 Spannungsverlauf bei unterschiedlichen Stromarten

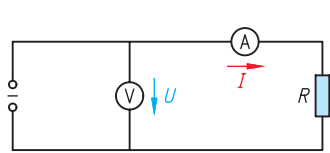


40.8 Leistung bei Gleichstrom/-spannung

$P = U \cdot I$ oder

$P = \frac{U^2}{R}$ oder

$P = I^2 \cdot R$



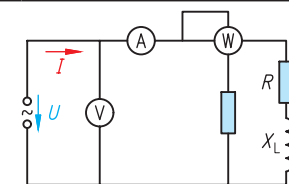
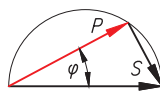
P Leistung in W I Stromstärke in A
U Spannung in V R Widerstand in Ω

Beispiel: U = 24 V; I = 2 A ⇒ P = 24 V · 2 A = 48 VA (W)

40.9 Leistung bei Wechselstrom/-spannung

$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$

$S = U \cdot I$



P Wirkleistung in W cos φ Leistungsfaktor (o. Einh.)
U Spannung in V S Scheinleistung in VA
I Stromstärke in A X_L Blindwiderstand in Ω

52.1 Ergänzende Festlegungen für ortsfeste Warmwasserbereiter DIN VDE 0701-0702

Ortsfeste Kochendwasserbereiter, Warmwasserspeicher/-boiler DIN EN 60335 2-15/2-21 s. 395 ff.
Durchflusswassererwärmer DIN 60335 2-35 s. 397 f., ortsfeste Heizeinsätze VDE 0700-253

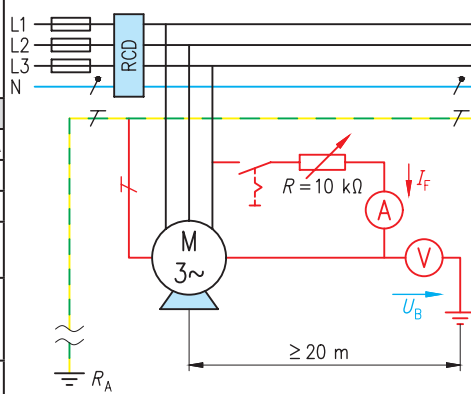
Anforderungen: Benutzer ist auf Notwendigkeit regelmäßiger Entkalkung hinzuweisen. Als Ersatz für Schutztemperaturregler, Temperatursicherung, Schutztemperaturbegrenzer dürfen nur vom Gerätehersteller angegebene Ersatzteile verwendet werden und nach Anweisung eingebaut werden.

Zusätzliche Prüfungen: Sichtprüfung – innere Verdrahtung auf festen Kontakt, mechanische Beschädigungen
Funktionsprüfung: Während einer Aufheizung sind zu überprüfen: Funktion – Temperaturregler, – Temperaturbegrenzer, – Strömungsschalter (nicht Schutztemperatur-Regler/-Begrenzung)
Geschlossene Geräte: Beobachtung Sicherheitsventil auf Tropfwasser. Gerät solange aufheizen, bis Wasser austropft. Durch Besichtigung Dichtheit kontrollieren.

An allen offenen/drucklosen Warmwasserspeichern/-boilern ist festzustellen, ob der ungehinderte Wasseraustritt sichergestellt ist. Sonst Entkalken, Gerät + Armatur, danach Durchfluss nach DIN 44531 prüfen und ggf. einstellen.

52.2 Prüfung der Fehlerstromschutzeinrichtung (RCD)(s. 47.3)

RCD vor 1. Inbetriebnahme durch Elektrofachkraft prüfen
 Bemessungsdifferenzstrom $I_{AN} = 30 \text{ mA}$, Auslösezeit bei RCD Typ B $t = 300 \text{ ms}$ (Messgerät mit ansteig. Gleichstrom).
 Funktionsprüfung: mind. alle 6 Monate



Prüfung der Schutzmaßnahme (höchstzul. Erdungswiderst.)

U_L höchstzul.	I_{NF} 10 mA	30 mA	100 mA	300 mA	500 mA
25 V	2500 Ω	833 Ω	250 Ω	83 Ω	50 Ω
50 V	5000 Ω	1666 Ω	500 Ω	166 Ω	100 Ω

U_L höchstzul. Höchstzulässige Berührungsspannung
 I_{NF} Höchstzulässiger Erdungswiderstand bei Nennfehlerstr.

Prüfprotokoll: Hersteller ..., Typ ..., Besonderheiten ..., Bemessungsspannung ..., Bemessungskurzschlussstrom ..., Bemessungsstrom ..., Bemessungsdifferenzstrom ...

Messung: Berührungsspannung ...; Erdungswiderstand; Auslösezeit bei $1 \times I_{AN}$ und $5 \times I_{AN}$ bei $0^\circ/180^\circ$; Auslösestrom ...

Prüfprotokoll für elektrische Anlagen, Auszug

Prüfung nach DIN VDE 0100-600 0105-100
 Neuanlage Erweiterung Instandsetzung

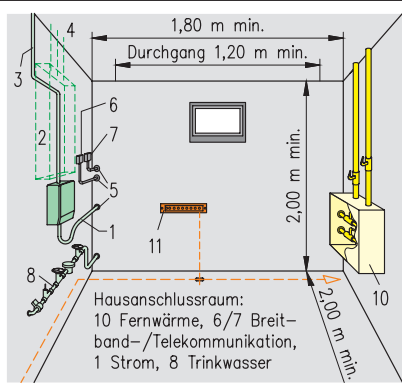
Erprobung: Anlagenfunktion; Rechtsdrehfeld Drehstromsteckdose; Motorendrehrichtung; Not-Aus

Messung: Fabrikat Messgeräte ...; Schutzleiter Potenzialausgleich sichere Trennung

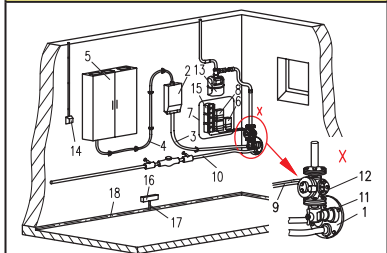
Besichtigung

Betriebsmittel: richtige Auswahl beschädigt
 Wärmeerzeuger; Leitungsverlegung; Bezeichnung der Stromkreise; Brandschottung; Basischutz/direktes Berühren; Sicherheitseinrichtungen; Schutztrennung; Kleinspannung mit sicherer Trennung; Hauptpotenzialausgleich; zusätzlicher Potenzialausgleich

Stromkreis	Leitung/Leiter		Überstromschutz			R_{ISO} MΩ	RCD Fehlerschutz			<input type="checkbox"/> entspr. Regeln d. Technik <input type="checkbox"/> Dokumentation vorhanden.
	Art	Zahl	A	mm ²	Charakteristik		I_N A	I_{AN} A	t ms	



Hausanschluss DIN 18012



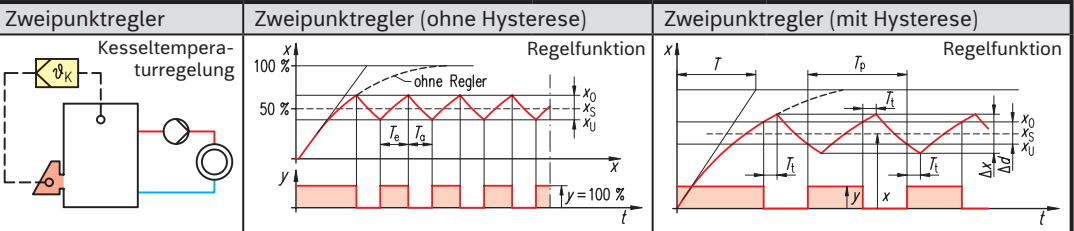
- 1 Mehrspartenhaufeinführung
- 2 Niederspann.-Hausanschluss. m. Hausanschl.sicher.
- 3 Niederspann.-Anschlusskabel
- 4 Niederspann.-Hauptleitung
- 5 Zählerschrank mit Tür

- 6 APL - des allgem. Kommunikations-Kupferzugangsnetzes
- 7 Anschlussleit. des allgemeinen Kommunikat.-Kupferzugangsnetzes
- 8 AP RuK - Abschlusspunkt für das koaxiale Breitbandverteilernetz
- 9 Anschlussleitung des allgemeinen koaxialen Breitbandverteilernetzes
- 10 Anschlussleitung für Trinkwasserversorgung mit Wasserzähler
- 11 Anschlussleit. für Gasversorgung
- 12 Hausdruckregelgerät
- 13 Gaszähler
- 14 Schutzkontaktsteckdose
- 15 Haupterdungsschiene (Potentialausgleichsschiene)
- 16 Anschlussstiel
- 17 Fundamenterder

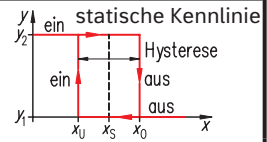
59.1 Regelkreise in einer Heizungsanlage (weitere durch Einbindung erneuerbarer Energien)

1	Wärmeerzeuger	feste Temperatureinstellung am Thermostat (Stelleinrichtung z. B. Brenner)
2	WW-Bereitung	desgl. am Speicherthermostat (Stelleinrichtung: Zirkulationspumpe)
3	Vorlauftemperatur	erfasst durch Außentemperaturfühler (Regelung mit gleitendem Sollwert)
4	Raumtemperatur	feste Einstellung am Thermostatventil oder über Raumtemperaturregelung

59.2 Unstetige Regler – Beispiel: Zweipunkt- und Dreipunktregler

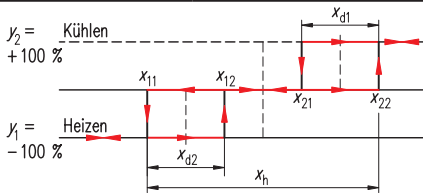


Anmerkungen: nur zwei Schaltzustände EIN/AUS (entsprechend 100–0 %), x_d Schaltdifferenz; T Zeitkonstante; T_t Totzeit; T_p Periodendauer (Schwingungsdauer bei mittlerer Belastung); T_e eingeschaltet; T_a ausgeschaltet; x_o oberer Schalterpunkt; x_u unterer Schalterpunkt; Δx Maximalwert (x mit Hysterese, um ein ständiges Ein- und Ausschalten des Stellgliedes zu verhindern); Sollwert z. B. $x_s = 20\text{ °C}$ (vorgegeben): bei Schaltdifferenz 1 K (19,5–20,5 °C) → zu nah am Sollwert → gute Regelbarkeit, aber „Pendelgefahr“. Mit Schalthysterese → stabile Regelung, schlechtes Regelergebnis. Anwendung: z. B. Thermostate, Pressostate, Höhenstandsanzeiger



Vorteile: Beim ersten Einschalten rasche Ausregelung, einfacher Aufbau, preisgünstig
Nachteile: Schwingungen der Regelgröße aufgrund der Schaltdifferenz, die allerdings bei Reglern mit hoher Zeitkonstante durch eine zusätzliche **Rückführung** reduziert werden. Bei der Heizung (z. B. Elektroheizung) kann durch einen Rückführungswiderstand (vom selben Stellglied angesteuert wie die Heizung selbst) der Temperaturfühler des Reglers zusätzlich aufgeheizt, dem Regler eine höhere Temperatur vorgetäuscht und er somit vorzeitig abgeschaltet werden und somit können starke Schwingungen vermieden werden. Beim Abkühlen tritt mit der vorgetäuschten niedrigeren Temperatur der gegenteilige Effekt auf.

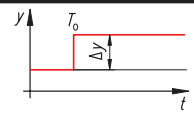
59.3 Dreipunktregler (Verhalten der über die Regelgröße x abgetragenen Stellgröße y)



- z. B. kann ein Raum neben den Zuständen Heizen (ein/aus) auch auf Kühlung umgeschaltet werden, d. h. **drei verschiedene Schaltzustände**: y_2 Motor vorwärts (Ventil öffnen), $y = 0$ Stillstand (Ventilposition bleibt), y_1 Motor rückwärts (Ventil schließt)
- vorstellbar auch 2 gekoppelte Zweipunktregler (einer heizt, der andere kühlt), d. h. nicht gleichzeitig

59.4 Regelstrecken, Stellverhalten, Sprungantwort der Regelgröße – Schwingungsverhalten

Die Regelstrecke (Teil zwischen Stell- und Messort) stellt den zu beeinflussenden Anlagenbereich dar. Man unterscheidet zwischen Strecken mit Ausgleich (P-Strecken) und Strecken ohne Ausgleich (I-Strecken). Nachfolgend der Verlauf der Regelgröße x über die Zeit t als Folge einer sprunghaften Stellgrößenänderung Δy .



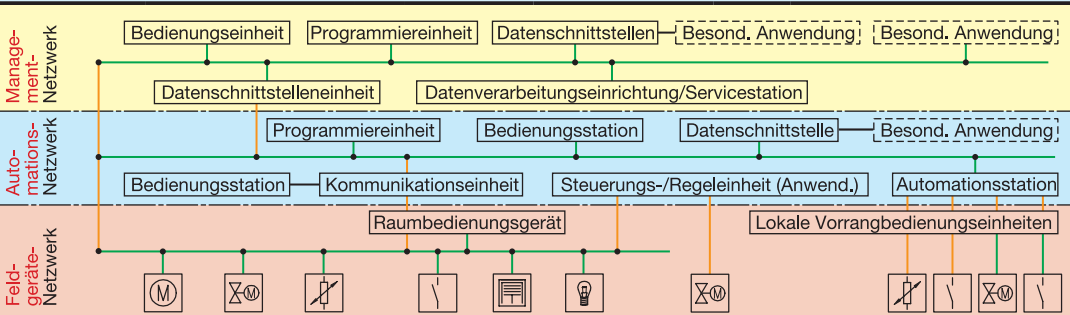
<p>a) Verzögerungslose Regelstrecke (x folgt sofort y) b) mit Totzeit T_t (nach T_t ist $\Delta x = K_s \cdot \Delta y$)</p>	<p>Regelstrecke 1. Ordnung x ändert sich sofort mit einer gewissen Anfangsgeschwindigkeit ohne Totzeit T_t</p>	<p>Regelstrecke 1. Ordnung mit Totzeit ($T_t =$ Zeit bis Stellgrößenänderung den Istwert am Messort verändert)</p>	<p>Regelstrecke 2. und höh. Ordnung. $T_u =$ Verzugszeit, $T_g =$ Ausgleichzeit; $S = T_u / T_g =$ Schwierigkeitsgrad der Strecke</p>

67.1 Drei Ebenen in der Gebäudeautomation

Die klare Aufteilung dieser 3 Ebenen ist nicht mehr gegeben (greifen immer mehr ineinander).

Managementebene (Leitzentrale)	Automationsebene (Regelsystem)	Feldebene (Funktionsablauf)
<ul style="list-style-type: none"> Zusammenlaufen aller Daten in der Leitzentrale (optische Anzeige) Anschlüsse: Drucker, Fon, Fax, Funk (Fernübertragung) Vernetzung mit Feldebene Reaktion auf Systemfehler u. a. 	<ul style="list-style-type: none"> Verknüpfung durch Bussysteme herstellerüberg. Infoaustausch bei Nachrüstung oft Funksysteme oft Datenübernahme von Feldebene und Vorgaben von Managementebene 	<ul style="list-style-type: none"> Bedarfsgerechter Ablauf der in s. 66.2 genannten Vorgänge Verkabelung der Sensoren und Aktoren mit GA-Komponenten (beides sind sog. Feldgeräte)

67.2 Mögliche Verbindungen in Gebäudeautomationssystemen DIN ISO 16484-2



67.3 Smart-Home-Technologie „Vernetztes Wohnen“

Smart Home smart (engl.) bedeutet klug, clever

- Oberbegriff** für technische Verfahren und Systeme in Wohnungen und Wohngebäuden
- Zweck:** Erhöhung von Wohn- und Arbeitsqualität, Sicherheit, effiziente Energienutzung u. a.
- Zahlreiche Unterscheidungen bei den Begriffen** (thematisch). Zwei Begriffe hängen zusammen: die Gebäudeautomation (s. 67.1) und besonders die Hausautomation (s. 66.1).

- Beim Begriff Smart Home handelt es sich im Wesentlichen um eine „Haushaltsgeräte-Automation“, d. h. eine Vernetzung, Fernsteuerung und Programmierung von Elektrohaushaltsgeräten wie z. B. Herd, Kühlschrank, Waschmaschine, Spülmaschine, Automaten, Jalousien u. a. (Neu- oder Altbau)
- Die Steuerung der Smart-Home-Umgebung erfolgt durch eine **App** auf mobilen Geräten (z. B. Smartphone); **Beispiel:** z. B. Datenaustausch zwischen Smartphone und Heizkörperventilen (Fernsteuerung)
- Größere Bedeutung haben auch **Sicherheitsaspekte** u. a. durch Einsatz von Sensoren, die Signale aussenden können; z. B. Bewegungssensoren, Wassersensoren (Wasserschaden), Fenstersensoren und Rauchmelder, Überwachungskameras (z. B. Fotoaufnahme bei einer Türöffnung), Geruchssensoren u. a.

Der **Smart-Home-Markt** steht in Deutschland vor dem Durchbruch. Bis zum Jahr 2019 rechnet man mit ca. 1 Million Haushalte und bis 2020/2021 mit 1,5 Millionen (2013 waren es ca. 30000).

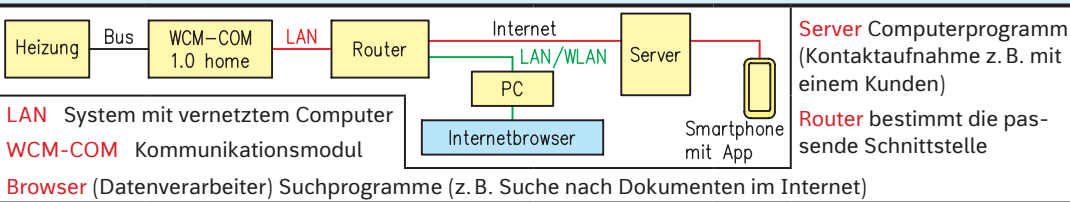
Verwandt mit der Hausautomation ist das **Smart Metering**, d.h. ein System, das über einen Zähler den Strom-, Wasser- oder Gasverbrauch misst, ebenso die tatsächliche Nutzungszeit.

Die **Smart-Home-Initiative Deutschland** umfasst die gesamte Bandbreite der Gebäudeautomation: Elektrotechnik, Informationstechnik, Industrie, Handel, Handwerk, Architektur, Forschung/Lehre

Es werden viele Smart-Home-Lösungen angeboten, sinnvolle und weniger sinnvolle. Sehr bedeutsam sind Maßnahmen zur Sicherung und Energieeinsparung. Die Digitalisierung bringt Smart Home voran.

- Informationssysteme wie PC, Tablet, Smartphone entsprechen nur vernetztem Denken.

67.4 Regelungssystem mit PC und Smartphone (Heizungsanlage)



123.1 Korrosionsschutz von Metalloberflächen

Art	Vorgang	Anwendung	Art	Vorgang	Anwendung
kathodischer Schutz	elektrisch leitende Verbindung des Metalls mit der Opferanode aus unedlerem Metall	Warmwasserspeicher, erdverlegte Rohre, Tanks	Fetten, Ölen, Wachsen	Auftragen von Fett-, oder Öl- oder Wachs-schichten	für Transport oder Lagerung
Fließregel	richtiges Aufeinanderfolgen der Metalle (z. B. GG ⇒ Zn ⇒ Cu)	Rohrinstallation, Blecharbeiten	Farb-, Lack-, überzug	Spritz- oder Tauchverfahren, luft- oder ofengetrocknet	Witterungseinflüsse, Bleche
Schmelztauchen	Tauchen des Werkstücks in flüssiges Überzugsmetall (Zn, Pb, Sn, Al usw.)	gegen Luft und Wasser, für Bleche und Rohre	Asphalt-, Teer-, überzug	Anstreichen oder Tauchen evtl. Umwickeln mit Juteband	für erdverlegte Gas-, Wasser- und Ölleitungen, Erdtanks
Galvanisieren	elektrochemische Elektrolyse, Überzugsmetalle Cu, Cr, Ni usw.	gegen Luft und Wasser, für Armaturen und Rohre	Kunststoff-, überzug	Flammenspritzen von PVC, PE, PA-Pulver oder Granulat oder Wirbelsintern	
Plattieren	Walzen oder Pressen, Überzugsmetalle Cu, Ni, Ag	für Bleche	Emaillieren, Glasur	Überziehen mit Glasfluss bei 500 bis 1000 °C	Warmwasserspeicher, Badewanne

123.2 Richtwerte für Heizungsanlagen Füll- und Ergänzungswasser VDI 2035 Blatt 1

Spez. Anlagenvolumen $V_{Anl} \leq 20$ l/kW, $V_{Anl} > 20$ l/kW nächste Gruppe, $V_{Anl} > 50$ l/kW höchste Gruppe 0,02 mol/m³

Gesamtheizleistung in kW	Σ Erdalkalien mol/m ³	Calcium mol/m ³	$K_{S\ 4,3}$	Gesamtheizleistung in kW	Σ Erdalkalien mol/m ³	Calcium mol/m ³	$K_{S\ 4,3}$
< 50 ¹⁾	k. A.	k. A.	k. A.	> 200 bis ≤ 600	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 3,0
> 50 bis ≤ 200	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 4,4	> 600	< 0,02	< 0,02	< 0,04

¹⁾ Gilt nicht für Umlaufwasserheizer, elektrische Heizelemente Σ Erdalkalien ≤ 3,0 mol/m³.

123.3 Hinweise zur Heizungswasserbehandlung, pH-Wertebereich VDI 2035

• **Behandeltes Heizungswasser** ist Wasser dem Chemikalien zugesetzt werden. Aufbereitetes Heizungswasser ist enthärtetes oder entsalztes Heizungswasser dem keine Chemikalien zugesetzt wurden. Die Angaben beziehen sich auch auf die Trinkwassererwärmung (TWE).

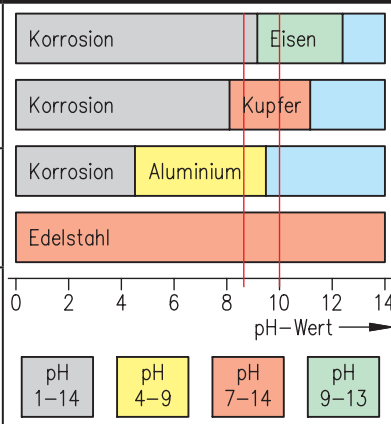
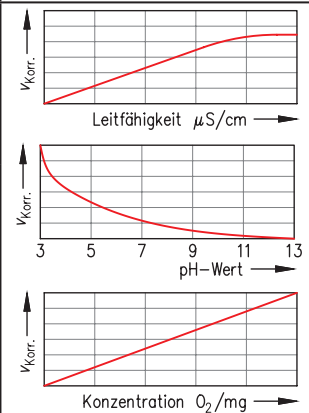
• **VDI 2035 Vermeidung von Schäden in Warmwasserheizungen** behandelt in **Blatt 1** die Ursachen der Steinbildung und Maßnahmen. **Blatt 2** Einstellung des materialabhängigen pH-Werts; ferner Korrosionsschutzmaßnahmen (z. B. Entsalzung)

• **Richtwerte für Füll- und Ergänzungswasser** (Schadensverhütung durch Steinbildung) nach 2035/1

Heizleistung kW	Erdalkalien mol/m ³	Gesamthärte (°d)
< 50	keine Anforderungen	
> 50 – ≤ 200	≤ 2,0 ^{*)}	≤ 11,2
> 200 – ≤ 600	≤ 1,5	≤ 8,4
> 600	< 0,02	≤ 0,11

^{*)} nicht für Umlaufwasserheizer und elektr. Heizelemente

Einfluss von Leitfähigkeit, pH-Wert und Sauerstoffgehalt des Heizungswassers auf die Korrosionsgeschwindigkeit



pH-Wert des Füllwassers hat Auswirkung auf Korrosionsreaktionen. Ist es zu hoch oder zu niedrig, wirkt sich das auf die Lebensdauer der in der Anlage verwendeten Bauteile aus. Empfohlener pH-Wert liegt zwischen 8,2 und 10,0 (**s. rote Linien**). Grenzwerte für Eisen, Kupfer, Aluminium, Edelstahl durchgehend korrosionsstabil.

137.1 Druckrohre aus PVC-U

DIN EN ISO 1452 und DIN 8062

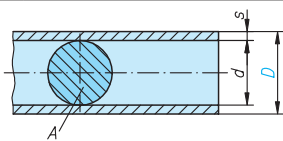
Anwendung	Wasserversorgung (kalt)	Wassertemperatur bis 45 °C zugelassen					
Farbe	eisengrau, blau oder cremefarben	$\vartheta_0 \leq 25 \text{ °C}$ gilt: [PFA] = [PN] $\vartheta_0 > 25 \text{ °C}$ gilt: [PFA] = $f_T \times$ [PN]					
Lieferlänge	bis 12 m Länge, über 12 m nach Vereinbarung	Prüfdruck: [PEA] = 1,5 × [PFA] max. Prüfdruck: [PEA] ≤ [PFA] + 5 bar					
Lieferform	mit glatten Enden (G) mit Klebemuffe (K) mit Steckmuffe (S)	ϑ in °C	25	30	35	40	45
Montage	möglichst bei Temperaturen über + 5 °C	f_T	1,0	0,9	0,8	0,7	0,62

Bezeichnung nach DIN 8062, DN 80, PN 10 und Werkstoff PVC-U: Rohr DIN 8062 – 90 × 4,3 – PVC-U

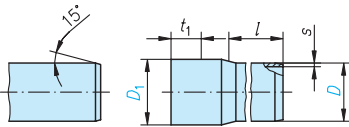


Mindest-Kennzeichnung der Rohre nach DIN EN ISO 1452:

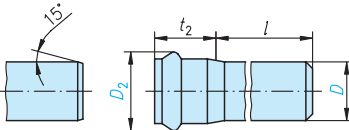
Norm	Hersteller	Werkstoff	D × s	Nennndruck	Info-Herst.	Maschine
ISO 1452	xyz	PVC-U	110 × 6,6	PN 16	09.08.09	Nr. 12



PVC-Rohr mit Klebemuffe (K)



PVC-Rohr mit Steckmuffe²⁾ (S)



- d Nenn-Außendurchmesser
- V Rohrinhalt in l/m
- m Masse in kg/m
- t_1 Einstecktiefe Klebemuffe
- t_2 Einstecktiefe Steckmuffe
- PN Nennndruck in bar
- PFA zul. Betriebsdruck in bar
- PEA Prüfdruck in bar
- ϑ_0 Betriebstemperatur in °C
- f_T Abminderungsfaktor

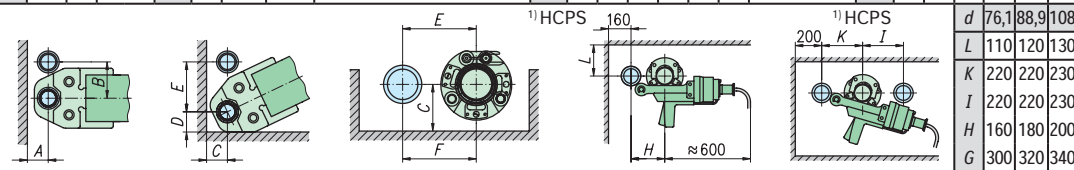
DN	D mm	s mm	d mm	A cm ²	V l/m	m ¹ kg/m	D ₁ ²⁾ mm	D ₂ ³⁾ mm	t ₁ ⁴⁾ mm	t ₂ ⁴⁾ mm
PN 10, SDR 21 für $d \leq 90$ nach DIN EN ISO 1452-2 und DIN 8062 ($C = 2,5$) ⁵⁾										
25	32	1,6	28,8	6,51	0,65	0,241	36	-	22	82
32	40	1,9	36,2	10,3	1,03	0,352	44	-	26	83
40	50	2,4	45,2	16,05	1,60	0,544	55	-	31	86
50	63	3,0	57,0	25,52	2,55	0,844	69	85	38	90
65	75	3,6	67,8	36,10	3,61	1,225	83	101	44	94
80	90	4,3	81,4	52,04	5,20	1,734	99	119	51	97
PN 10, SDR 26 für $d > 90$ ($C = 2$) ⁵⁾										
100	110	4,2	101,6	81,07	8,11	2,094	125	142	61	104
125	140	5,4	129,2	131,1	13,11	3,434	154	174	76	112
150	160	6,2	147,6	171,1	17,11	4,465	176	200	86	119
200	225	8,6	207,8	339,1	33,91	8,661	248	274	119	136
PN 16, SDR 13,6 für $d \leq 90$ nach DIN EN ISO 1452-2 und DIN 8062 ($C = 2,5$) ⁵⁾										
15	20	1,5	17,0	2,27	0,23	0,160	23	-	16	-
20	25	1,9	21,2	3,53	0,35	0,213	29	-	19	-
25	32	2,4	27,2	5,81	0,58	0,338	37	-	22	82
32	40	3,0	34,0	9,08	0,91	0,521	46	-	26	83
40	50	3,7	42,6	14,25	1,43	0,794	58	-	31	86
50	63	4,7	53,6	22,56	2,26	1,256	73	-	38	90
65	75	5,6	63,8	31,97	3,20	1,709	87	-	44	94
80	90	6,7	76,6	46,08	4,61	2,565	104	123	51	97
PN 16, SDR 17 für $d > 90$ ($C = 2$) ⁵⁾										
100	110	6,6	96,8	73,59	7,36	3,138	128	147	61	104
125	140	8,3	123,4	119,6	11,96	4,808	164	183	76	112
150	160	9,5	141,0	156,2	15,61	6,288	185	208	86	119
200	225	13,4	198,2	308,5	30,85	12,94	259	285	119	136

¹⁾ Masse ohne Muffenanteil mit 1,4 g/cm³ gerechnet. ²⁾ Herstellerangabe, nicht auf alle Hersteller übertragbar.
³⁾ Lt. Hersteller sind Rohre PN 10 ab DN 50 und PN 16 ab DN 80 mit Steckmuffen lieferbar. ⁴⁾ Mindestmaße nach ISO 1452-2. ⁵⁾ C Gesamtbetriebs(berechnungs)koeffizient.

156.1 Stützweiten Mapress Edel- und C-Stahl, SW in mm, Verpressung Mindestabstände

DIN EN 806

CrNiMo-St	CrMoTi	C-St.	SW	Herst.	Mindestabstände L_{min}	d	A_{min}	L_{min}	E	B_{min}	C_{min}	D_{min}	Platzbedarf	d	A	B	C	D	E	F				
DN	d	s	d	s	d	s	horiz	Empf.	Leitungstiefe $B/C/D_{min}$	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			
10	12	1,0	12	1,0	12	1,2	1,00	1,50		12	1	44	17	35	52	77	Pressbacke	12	20	56	20	28	75	131
12	15	1,0	15	1,0	15	1,2	1,20	1,50		15	1	50	20	35	55	85		15	20	56	20	28	75	131
15	18	1,0	18	1,0	18	1,2	1,20	1,50		18	1	50	20	35	55	89		18	20	60	25	28	75	131
20	22	1,2	22	1,2	22	1,2	1,80	2,50		22	1	52	21	35	56	95		22	25	65	31	35	80	150
25	28	1,2	28	1,2	28	1,5	1,80	2,50		28	1	56	23	35	58	107		28	25	75	31	35	80	150
32	35	1,5	35	1,5	35	1,5	2,40	3,50		35	1	62	26	35	61	121		35	30	75	31	44	80	170
40	42	1,5	42	1,5	42	1,5	2,40	3,50		42	2	80	30	35	65	147		42	75	115	75	75	115	265
50	54	1,5	54	1,5	54	1,5	2,70	3,50		54	2	90	35	35	70	174		54	85	120	85	85	120	290
65	76,1	2,0	Edelstahl	76,1	2,0	3,00	5,00			76,1	2 ¹⁾	126	53	75	128	223		76,1	110	140	110	110	140	350
80	88,9	2,0	Edelstahl	88,9	2,0	3,00	5,00			88,9	2 ¹⁾	140	60	75	135	249		88,9	120	150	120	120	150	390
100	108	2,0	1.4521	108	2,0	3,00	5,00			108	2 ¹⁾	170	75	75	150	292		108	140	170	140	140	170	450



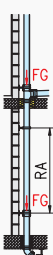
PE-Xb/Al/PE-HD	Handpresse	Mindestmaße	Gerbeit
d A B C D E	d A B C	d 16 20 25	Push Fit
16 16 42 19 31 58	16 15 38 42	L 53 54 61	Fitting-
20 18 46 20 34 57	20 16 42 44	a 100 107 123	kombinat.
26 21 53 23 37 62	26 19 47 53	$d_{1/3}$ 16 20 25	
32 27 62 27 45 67	d A B C	d_2 L a L a L a	
40 31 72 31 51 77	16 19 30 50	16 5,3 100 5,5 102 60 107 16	$b = 63$
50 40 95 40 60 95	20 20 31 55	20 - - 5,4 107 59 122 20	$b = 63$
63 80 100 80 100 100	26 23 33 53	25 - - - 61 123 25	$b = 63$

156.2 Befestigungs-/Rohrschellenabstände RA, Gleit-/Fixpunkte (Herst.ang.) Maße in mm

DN	CrNiMo	CrMoTi	Mepla	Push	Cu ¹⁾	Gewindestärke PF	RA mm	d 16	d 20	d 25	Befestigungsabstände
10	1,5 m	1,5 m	-	Fit	1,25	≤ 100	M8	M8	M8		30
12	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,25	- 200	M8	M8	M8		80
15	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,50	- 300	M8	M8	M10		30
20	2,5 m	2,5 m	1,5 m	1,5 m	2,00	- 400	M10	M10	M10		30
25	2,5 m	2,5 m	2,0 m	RA	2,25	- 600	M10	M10	M10		30
32	3,5 m	3,5 m	2,0 m	-	2,75	≤ 100	M8	M8	M8		30
40	3,5 m	3,5 m	2,5 m	-	3,00	- 200	M10	M10	M10		30
50	3,5 m	3,5 m	2,5 m	-	3,50	- 300	M10	M10	1/2"		30
65	5,0 m	-	2,5 m	-	4,25	- 600	1/2"	1/2"	1/2"		30
80	5,0 m	-	-	-	4,75						30
100	5,0 m	-	-	-	5,00						30

¹⁾ für Kupferrohr DIN EN 1057 nicht für Gasleitung, Sprinkler- und autom. Löschanlage; ²⁾ o. = ohne, m. = mit Tragschalen, Gerbeit PE

E-Muffe PE	E-Band PE	PE	PE		m. Tragschale		Wand		RA Gerbeit Silent-dB 20 Entwässerung							
			d mm	RA	RG	F _G in N	RA	RG	F _G in N	RA	F _{AX} in N	Leitung waagrecht	senkrecht			
40	0,8	0,4	11	1,0	0,5	13	1,0	178	d mm	RA _G	F _G in N	RA _m	F _G in N	RA	F _G in N	F _{AX} in N
50	0,8	0,4	16	1,0	0,5	20	1,0	220	56	0,80	23	1,00	28	1,5	84	184
56	0,8	0,4	20	1,0	0,5	25	1,0	250	75	0,80	40	1,20	59	1,5	147	247
75	0,8	0,4	36	1,2	0,6	45	1,2	390	90	0,90	65	1,40	101	1,5	216	316
80	0,9	0,5	58	1,4	0,7	86	1,4	584	110	1,10	118	1,70	182	1,7	321	421
110	1,1	0,6	106	1,7	0,9	158	1,7	876	135	1,40	220	1,90	299	1,9	471	571
125	1,3	0,7	149	1,9	1,0	233	1,9	1144	160	1,70	374	2,40	528	2,4	660	760
160	1,6	0,8	323	2,4	1,2	485	2,4	1912	RG: Abstand Fix- zu Gleit-Schelle							
200	2,0	1,0	626	3,0	1,5	939	3,0	2878	F _G : Gewichtskraft pro Schelle							
250	2,0	1,0	1195	3,0	1,5	1826	3,0	4422	F _{AX} : F _G + Schiebewiderstand							



191.1 Trinkwasserverordnung, BGBl. 01.20.2018, Anforderungen an das Trinkwasser

Chemische Parameter, Konzentration erhöht sich im Netz nicht		Chemische Parameter, Konzentration kann ansteigen		Allgemeine Indikatorparameter	
Acrylamid	in mg/l 0,0001	Antimon	0,0050	Aluminium	0,2 mg/l
Benzol	mg/l 0,001	Arsen	0,010	Ammonium	0,5 mg/l
Bor	mg/l 1,0	Benzo(a)pyren	0,00001	Chlorid	250 mg/l
Bromat	mg/l 0,010	Blei	0,010	Clostridium perfringens einschließlich Sporen	Anzahl 0/100 ml (nur bei Oberflächenwasser)
Chrom	mg/l 0,050	Cadmium	0,003	Coliforme Bakterien	0/100 (250 Behälter) ml
Cyanid	mg/l 0,050	Epichlorhydrin	0,0001	Eisen	0,2 mg/l
1,2 Dichlorethan	mg/l 0,003	Kupfer	2,0	Färbung in m ⁻¹	0,5 (Hg 436 nm)
Fluorid	mg/l 1,5	Nickel	0,020	Geruch TON	3 (23 °C)
Nitrat	mg/l 50 ¹⁾	Nitrit	0,5	Geschmack	annehmbar ohne anormale Veränderung
Pflanzenschutzmittel,		PAK ²⁾	0,0001	Koloniezahl bei 22 °C	100/ml (20 Wasserwerk)
Biozidprodukte	mg/l 0,0001	Trihalogenmethan	0,05 (0,01 ab Wasserwerk)	Koloniezahl bei 36 °C	100/ml o. anor. Veränd.
Σ aller Biozide	mg/l 0,0005	Vinylchlorid	0,0005	elektr. Leitfähigkeit	2790 µS/cm bei 25 °C
Quecksilber	mg/l 0,001	Mikrobiologische Parameter			
Selen	mg/l 0,010	Escherichia Coli	0/100 ml ³⁾	Mangan	0,050 mg/l
Tetra-/Trichlorethen	0,010	Enterokokken	0/100 ml	Natrium	200 mg/l
Uran	mg/l 0,010	Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml in verschl. Beh.	organ. gebundener C	ohne anormale Veränd.
Radioaktive Stoffe		Legionella spec.	100/100 ml	Oxidierbarkeit	5 mg/l O ₂
Radon 222	in Bq/l 100	1x jährl. untersuchen (s. 393f.)			
Tritium	in Bq/l 100	Kohlenwasserstoffe			
Richtdosis	m Sv/a 0,100				
¹⁾ $\sum \text{Nitratkonz.} \leq 1; \frac{\text{Nitratkonz.}}{3} \leq 1$		²⁾ Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe			
		Wasserstoffionenkonz. Calcitlösekapazität			
		5 mg/l CaCO ₃			

191.2 Umfang und Häufigkeit von routinemäßigen Untersuchungen TWVO

produzierte Wassermenge	Mindestzahl Untersuchung	Erstuntersuchung Radionukleide	Regelmäßige Untersuchungen sind
≤ 1000 m ³ /Tag	1 pro Jahr	Ermittlung der im Jahresdurchschnitt vorliegenden Aktivitätskonzentration je 1 Untersuchung je Quartal. Bei Änderung der Wassergewinnung ist erneut eine Erstuntersuchung vorzunehmen. Eine Erstuntersuchung ist nicht erforderlich bei Feststellung durch zuständige Behörde.	<ul style="list-style-type: none"> erforderlich bei Überschreitung der Parameter für radioaktive Stoffe. nicht erforderlich bei Feststellung durch zuständige Behörde. erforderlich bei Aufbereitung, Reduzierung von Radionukliden im Trinkw. Bei natürlichen Vorkommen kann Behörde die Untersuchungshäuf. anpassen.
≤ 10000 m ³ /Tag	1 + 1 pro zusätzl. 3300 m ³ /Tag		
≤ 100000 m ³ /T	3 + 1 pro zusätzl. 10000 m ³ /Tag		
> 100000 m ³ /T	10 + 1 pro zusätzl. 25000 m ³ /Tag		

Inhaltsstoffe	Inhaltsstoffe (Fortsetzung)	Umfassende Untersuchungen
Aluminium ¹⁾ s. u.	Escherichia coli	sind erforderlich bei allen in 191.2 nicht aufgeführten Inhaltsstoffen aus 191.3. Gilt nicht beim Befüllen von Behältern oder mikrobiologischen Untersuchungen in bestimmten Teilen der Trinkwasserinstallation oder wenn zuständige Behörde feststellt, dass das Vorhandensein eines Parameters im Gebiet nicht in gefährdender Konzentration zu erwarten ist.
Ammonium	Färbung, Geruch, Geschmack	
Clostridium perfringens einschl. Sporen ²⁾ s. u.	Koloniezahl bei 22 °C/36 °C	
Coliforme Bakterien	Pseudomonas aeruginosa (nur bei Behälterabfüllung)	
Eisen ³⁾	Trübung	
Elektr. Leitfähigkeit	Wasserstoffionen-Konzentration	

191.3 Analysenmindesthäufigkeit, a) im Wasserversorgungsgebiet, b) Abgabe in Behälter

produzierte m ³ im Versorgungsgebiet	Routinemäßige Untersuchungen	Umfassende Untersuchungen	Abfüllung in verschlossene Behält.	Routinemäßige Untersuchungen	Umfassende Untersuchungen
≤ 10 m ³ /Tag	1 Analyse/Jahr	1 Analyse/Jahr	≤ 10 m ³ /Tag	1 Analyse/Jahr	1 Analyse/Jahr
≤ 1000 m ³ /T	4 Analysen/Jahr	1 Analyse/Jahr	> 10 bis ≤ 60 m ³ /T	12 Analysen/Jahr	1 Analyse/Jahr
≤ 10000 m ³ /T	4 + 3 pro zusätzl. 1000 m ³ /Tag	1 + 1 pro zusätzl. 3300 m ³ /Tag	> 60 m ³ /Tag	1 pro 5 m ³	1 pro 100 m ³
≤ 100000 m ³ /T	4 + 3 pro zusätzl. 1000 m ³ /Tag	3 + 1 pro zusätzl. 10000 m ³ /Tag	¹⁾ nur erforderlich bei Desinfektion und Wasserenthärtung.		
> 100000 m ³ /T	4 + 3 pro zusätzl. 1000 m ³ /Tag	10 + 1 pro zusätzl. 25000 m ³ /Tag	²⁾ nur erforderlich bei Oberflächenwasser oder Beeinflussung durch Oberflächenwasser.		
Legionella spec. ist mindnestens einmal jährlich zu untersuchen, Gewerbewasser alle 3 Jahre.					

238.1 Rohrreibungsdruckgefälle bei Kupferrohr, $k = 0,0015 \text{ mm}$, $\vartheta = 10^\circ\text{C}$ und 60°C

V l/s	DN 10			DN 12			DN 15			DN 20			DN 25			DN 32			DN 40				
	v	R 10°C	R 60°C	v	R 10°C	R 60°C	v	R 10°C	R 60°C	v	R 10°C	R 60°C	v	R 10°C	R 60°C	v	R 10°C	R 60°C	v	R 10°C	R 60°C		
	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m	m/s	hPa/m	hPa/m		
0,05	0,64	7,7	5,7	0,38	2,2	1,7	0,25	0,8	0,6	0,16	0,3	0,2	0,10	0,1	0,1								
0,07	0,89	13,7	10,4	0,53	4,0	3,0	0,35	1,5	1,1	0,22	0,5	0,4	0,14	0,2	0,1								
0,10	1,27	25,4	19,5	0,75	7,3	5,6	0,50	2,7	2,1	0,32	1,0	0,7	0,20	0,3	0,2								
0,15	1,91	51,6	40,1	1,13	14,8	11,4	0,75	5,5	4,2	0,48	1,9	1,5	0,31	0,7	0,5								
0,20	2,55	85,5	67,2	1,51	24,5	19,0	0,99	9,1	7,0	0,64	3,2	2,4	0,41	1,1	0,8								
0,25	3,18	126,9	100,5	1,88	36,2	28,4	1,24	13,5	10,5	0,80	4,7	3,6	0,51	1,6	1,7								
0,30	3,82	175,3	139,9	2,26	50,0	39,3	1,49	18,6	14,5	0,95	6,4	5,0	0,61	2,2	1,7								
0,35	4,46	230,6	185,1	2,64	65,6	51,9	1,74	24,3	19,1	1,11	8,4	6,5	0,71	2,9	2,2								
0,40	5,10	292,4	236,0	3,01	83,1	66,1	1,99	30,8	24,3	1,27	10,6	8,3	0,81	3,7	2,8								
0,45				3,39	102,5	81,8	2,24	37,9	30,0	1,43	13,1	10,2	0,92	4,5	3,5	0,51	0,9	0,8	0,34	0,3	0,2		
0,50				3,77	123,6	99,1	2,49	45,7	36,3	1,59	15,7	12,4	1,02	5,4	4,2	0,63	1,6	1,3	0,42	0,6	0,4		
0,60				4,52	171,2	138,1	2,98	63,2	50,5	1,91	21,7	17,2	1,22	7,5	5,9	0,75	2,3	1,8	0,50	0,9	0,7		
0,70				5,27	225,6	183,1	3,48	83,2	66,7	2,23	28,6	22,7	1,43	9,8	7,7	0,87	3,0	2,4	0,59	1,2	0,9		
0,80							3,98	105,6	85,1	2,55	36,2	28,9	1,63	12,5	9,8	0,99	3,8	3,0	0,67	1,5	1,2		
0,90							4,48	130,4	105,5	2,86	44,7	35,8	1,83	15,3	12,2	1,12	4,7	3,7	0,75	1,8	1,4		
1,00							4,97	157,5	127,9	3,18	53,9	43,3	2,04	18,5	14,7	1,24	5,7	4,5	0,84	2,2	1,7		
1,10							5,47	186,9	152,4	3,5	63,9	51,5	2,24	21,9	17,5	1,37	6,7	5,3	0,92	2,6	2,1		
1,20							5,97	218,6	178,7	3,82	74,7	60,3	2,44	25,6	20,5	1,49	7,9	6,2	1,00	3,1	2,4		
1,30							6,47	252,6	207,1	4,14	86,2	69,8	2,65	29,5	23,7	1,62	9,1	7,2	1,09	3,5	2,8		
1,40										4,46	98,5	80,0	2,85	33,7	27,1	1,74	10,3	8,2	1,17	4,0	3,2		
1,50	0,77	1,3	1,1	0,53	0,5	0,5				4,77	111,5	90,7	3,06	38,1	30,7	1,87	11,7	9,3	1,26	4,5	3,5		
1,60	0,82	1,5	1,3	0,57	0,6	0,5				5,09	125,0	102,2	3,26	42,8	34,5	1,99	13,1	10,5	1,34	5,1	4,0		
1,70	0,87	1,7	1,4	0,60	0,7	0,6							3,46	47,7	38,6	2,11	14,6	11,7	1,42	5,7	4,5		
1,80	0,92	1,9	1,5	0,64	0,8	0,6							3,67	52,9	42,8	2,24	16,2	13,0	1,51	6,3	5,0		
2,00	1,02	2,3	1,8	0,71	1,0	0,8							4,07	63,9	51,9	2,49	19,5	15,7	1,67	7,6	6,0		
2,20	1,12	2,7	2,2	0,78	1,1	0,9							4,48	75,8	61,8	2,74	23,1	18,7	1,84	9,0	7,2		
2,40	1,22	3,2	2,5	0,85	1,3	1,1							4,89	88,7	72,5	2,98	27,0	21,9	2,01	10,5	8,4		
2,50	1,27	3,4	2,7	0,88	1,4	1,1							5,10	95,4	78,0	3,11	29,1	23,5	2,09	11,3	9,0		
2,60	1,32	3,7	2,9	0,92	1,5	1,2										3,23	31,2	25,3	2,18	12,1	9,7		
2,80	1,43	4,2	3,3	0,99	1,8	1,4										3,48	35,7	29,0	2,34	13,8	11,1		
3,00	1,53	4,7	3,8	1,06	2,0	1,6										3,73	40,4	32,9	2,51	15,6	12,6		
3,20	1,63	5,3	4,3	1,13	2,2	1,8										3,98	45,4	37,0	2,68	17,5	14,2		
3,40	1,73	5,9	4,8	1,20	2,5	2,0										4,23	50,6	41,3	2,85	19,5	15,8		
3,50	1,78	6,2	5,0	1,24	2,6	2,1										4,35	53,3	43,6	2,93	20,6	16,7		
3,60	1,83	6,6	5,3	1,27	2,7	2,2										4,48	56,1	45,9	3,01	21,6	17,6		
3,80	1,94	7,2	5,8	1,34	3,0	2,4	V l/s	DN 65			DN 80			DN 100									
4,00	2,04	7,9	6,4	1,41	3,3	2,6	7,5	1,84	4,1	3,3	1,32	1,9	1,5	0,90	0,8	0,6			3,80	3,18	23,9	19,4	
4,25	2,17	8,9	7,2	1,51	3,7	3,0	8,0	1,96	4,7	3,8	1,41	2,2	1,7	0,96	0,9	0,7			3,90	3,26	25,0	20,3	
4,50	2,29	9,8	7,9	1,59	4,1	3,3	8,5	2,08	5,3	4,3	1,50	2,4	1,9	1,02	1,0	0,8			4,00	3,35	26,2	21,3	
4,75	2,42	10,8	8,8	1,68	4,5	3,6	9,0	2,20	5,9	4,8	1,59	2,7	2,2	1,08	1,1	0,9			4,10	3,43	27,4	22,3	
5,00	2,55	11,8	9,6	1,77	4,9	4,0	9,5	2,33	6,5	5,3	1,68	2,9	2,4	1,14	1,2	0,9			4,20	3,52	28,6	23,3	
5,25	2,68	12,9	10,5	1,86	5,4	4,4	10,0	2,45	7,1	5,8	1,77	3,2	2,6	1,20	1,3	1,0			4,30	3,60	29,8	24,3	
5,50	2,80	14,0	11,4	1,95	5,8	4,7	10,5	2,57	7,7	6,3	1,85	3,5	2,9	1,26	1,4	1,1			4,40	3,68	31,1	25,3	
5,75	2,93	15,3	12,4	2,04	6,3	5,1	11,0	2,69	8,4	6,9	1,94	3,8	3,1	1,32	1,5	1,2			4,50	3,77	32,3	26,4	
6,00	3,06	16,4	13,4	2,12	6,8	5,5	11,5	2,82	9,1	7,5	2,03	4,2	3,4	1,38	1,6	1,3			4,60	3,85	33,7	27,5	
6,50	3,31	19,0	15,5	2,30	7,9	6,4	12,0	2,94	9,9	8,1	2,12	4,5	3,7	1,44	1,8	1,4			4,70	3,93	35,0	28,6	
7,00	3,57	21,7	17,8	2,48	9,0	7,3	12,5	3,06	10,6	8,7	2,21	4,8	3,9	1,50	1,9	1,5			4,80	4,02	36,3	29,7	
7,50	3,82	24,6	20,1	2,65	10,2	8,3	13,0	3,18	11,4	9,3	2,30	5,2	4,2	1,56	2,0	1,7			4,90	4,10	37,7	30,9	
8,00	4,07	27,6	22,7	2,83	11,5	9,4	13,5	3,31	12,2	10,0	2,38	5,6	4,5	1,62	2,2	1,8			5,00	4,19	39,1	32,0	
8,50	4,33	30,8	25,4	3,01	12,8	10,5	14,0	3,43	13,0	10,7	2,47	5,9	4,8	1,68	2,3	1,9			5,10	4,27	40,5	33,2	
9,00	4,58	34,2	28,2	3,18	14,2	11,6	15,0	3,67	14,8	12,2	2,65	6,7	5,5	1,80	2,6	2,2			5,20	4,35	42,0	34,4	
9,50	4,84	37,7	31,1	3,36	15,7	12,8	17,5	4,29	19,5	16,2	3,09	8,9	7,3	2,10	3,5	2,9			5,40	4,52	45,0	36,9	
10,00	5,09	41,2	34,3	3,54	17,2	14,1	20,0	4,90	24,9	20,7	3,53	11,3	9,3	2,40	4,5	3,6			5,50	4,60	46,5	38,2	
11,00				3,89	20,4	16,8	22,5	5,48	30,7	25,9	3,99	14,0	11,6	2,70	5,5	4,5			5,60	4,69	48,0	39,5	
12,00				4,24	23,9	19,7	25,0				4,42	17,0	14,1	3,00	6,7	5,5			5,80	4,86	51,2	42,1	
13,00				4,60	27,6	22,8	30,0				5,30	22,7	18,9	3,60	9,2	8,0			6,00	5,02	54,4	44,8	

265.1 Zusammenführung von Schmutz- und Regenwasser, Misch- und Trennsystem in Grundleitungen

Ableitung über Schacht		Zusammenführung im Gebäude		Mischsystem	Trennsystem
Mischsystem	Trennsystem	Mischsystem Ausnahme	Trennsystem	Gemeinsame Leitung für Schmutz- und Regenwasser in der Grundleitung nach besteigbarem Schacht	Getrennte Leitung für Schmutz- und Regenwasser. Einsatz: Innerhalb von Gebäuden und außerhalb von Gebäuden vor einem besteigbarem Schacht

265.2 Füllungsgrad, Füllungsverhältnisse in teilgefüllten, liegenden Leitungen

günstig: $h/d_i =$	zu gering: $h/d_i =$	zu groß: $h/d_i =$		
				\dot{V}_i/\dot{V}_v – Volumenstromverhältnis v_i/v_v – Geschwindigkeitsverhältnis \dot{V}_i – l/s Teilfüllung \dot{V}_v – l/s Vollfüllung v_o – Strömungsgeschwindigkeit Teilf.
im Gebäude 0,5 außen Schmutzwasser 0,7 u. Mischwasser 0,7	< 0,5 ⇒ kaum Schwemmwirkung, Leitung wächst zu	> 0,5 im Gebäude Behinderung der Belüftung, Absaugen v. Geruchverschlüssen		

265.3 (Mindest-)Gefälle von Entwässerungsleitungen, Fließgeschwindigkeit DIN 1986-100, EN 12056-2

	Anschlussleitungen unbelüftet $I_{min} = 0,5\%$ Anschlussleitungen belüftet $I_{min} = 1,0\%$	1,0 % s. 268.1 0,5 % s. 268.2	Mischwasserleitungen ≥ DN 150 für Vollfüllung ohne Überdruck $h/d_i = 1,0^{(2)}$.
s. 14.3 Mindestgefälle f Bsp.: $f = 0,5$ cm/m Mindestfließgeschwindigkeit v Bsp.: $v = 0,5$ m/s	Grund-/Sammelleitung (im Gebäude): • für Schmutzwasser ($h/d = 0,5 \pm 50\%$) • für Regenwasser ($h/d = 0,7 \pm 70\%$) DN 90 (4,5 l-WC-Spülwasservolumen) ¹⁾	$I_{min} \geq 0,5$ > 0,5 1,5 % s. 269.7	Anschlussleitungen dürfen als Grundleitungen verlegt werden, wenn sie kurz/inspizierbar sind. ¹⁾ Bei 4/4,5 l-WC (ab DN 100) Selbstreinigung prüfen – Kriterien: 1. DN Sammel-/Grundleitung; 2. I ausreichend; 3. Entwässerungsgegenstände Zahl/Art; 4. Gleichzeitigkeit Abflüsse ²⁾ Hinter Schacht mit offenem Durchfluss.
	Grundleitung für Schmutz-/Mischwasser außerhalb des Gebäudes $h/d_i = 0,7$ (nach Abwasserhebeanlage $h/d_i = 1,0$) kann bis Schacht in DN 80 ($d_i = 75$ mm) sein – hydr. Berechnung! ⇒ Verwendung von DN 100 wird empfohlen	$I_{min} = 1$: DN $v_{max} \leq 2,5$ cm/m	

Auswirkung des Gefälles liegender Leitungen auf Füllungsgrad, Belüftung und Selbstreinigung

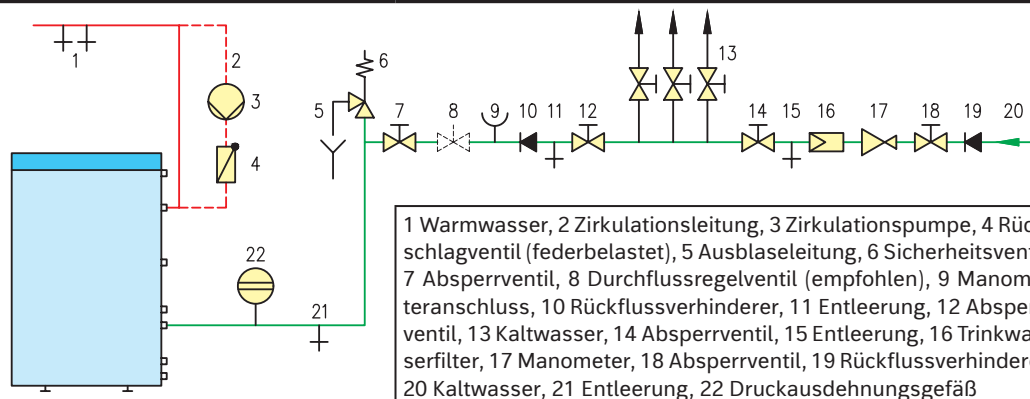
Gefälle optimal: $I = 0,5-5\%$	Gefälle zu klein: $I < 0,5\%$	Gefälle zu groß: $I > 0,5\%$
gute Füllhöhe, gute Belüftung, guter Auftrieb, gute Schwemmwirkung	Strömungsgeschwindigkeit zu klein ⇒ Vollfüllung Geruchverschluss: Leersaugung; keine Schwemmwirkung ⇒ Entwässerungsleitung wächst zu	Strömungsgeschwindigkeit zu hoch ⇒ GV: Leersaugung durch Mitreißen der Luft; Füllhöhe zu gering ⇒ Entwässerungsleitung wächst zu

265.4 Geruchverschlüsse, Mindestsperrwasserhöhe h , versch. Bauarten Abfluss \dot{V}_A DIN 1986-100, DIN 19541

	zul. Sperrwasserverlust d. Abflussvorgang ≤ 25 mm Sperrwasser darf nicht durch Unterdruck abgesaugt oder Überdruck herausgedrückt werden. $a =$ zulässiger Sperrwasserverlust			
--	--	--	--	--

Entwässerungsgegenst.	DN	h mm	\dot{V}_A in l/s	Spültischablauf	Bade-/Duschwannenablauf
Flach- u. Tiefspülklosett	100	50	1,1–2,3		
Absaugeklosett	100	50	1,1–2,3		
Waschtisch/Bidet	32/40	60	0,3–0,6		
Brausewanne	40/50	40	0,4–0,6		
Urinalbecken	50	50	0,3–0,8		
Urinalstand	50	60	0,6–1,1		
Badewanne	40/50	40	0,8–1,1		
Küchenablauf, Spüle	40/50	60	0,5–1,1		
Bad- Bodenablauf (s. o.) mit Geruchverschluss	50	50	0,8–1,2		
Boden-Deckenablauf	50	70	0,8–1,2		
mit Geruchverschluss	70	60	1,2–1,7		
Geruchverschluss	100	60	1,6–2,2		
Regenwasserablauf	100	s. 275.2			
Leichtflüssigkeitsabscheid.	100	s. 290.4			

391.1 Trinkwasserseitiger Anschluss (Kaltwassereintritt bis Warmwasseraustritt)



391.2 Warmwasser- und Wärmebedarf für einen Industriebetrieb (Summenlinienverfahren)

Entnahmezeitraum h	WW-Bedarf kg	erford. Temp. °C	Q _v kWh	ΣQ _v kWh
6 ... 7	1000	50	46,5	47
7 ... 9	2000	50	93,0	140
9 ... 11	1500	50	69,8	210
11 ... 13	3500	50	162,8	373
13 ... 15	1000	50	46,5	419
15 ... 16	4200	50	195,4	614
16 ... 17	900	60	52,3	666
6 ... 17	14100	-	666,3	-
7 ... 16	13100	-	567,5	-

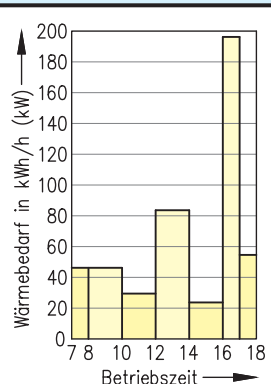


Schaubild über den Warmwassertageswärmebedarf in Abhängigkeit von der Betriebszeit. Der größte Wärmebedarfsanteil Q_v liegt zwischen 15–16 Uhr ⇒ Kesselleistung $\dot{Q}_H = 614/10 = 61,4 \text{ kW}$

Speicherinhalt:

$$V_{SP} = \frac{C \cdot b}{c \cdot (\vartheta_{AUS} - \vartheta_{EIN})} \text{ in l}$$

C Speicherkapazität (kWh)
b Zuschlagsfaktor 3 ... 8 %
c spezifische Wärmekapazität Wh/(kg · K) (kg ≈ l)

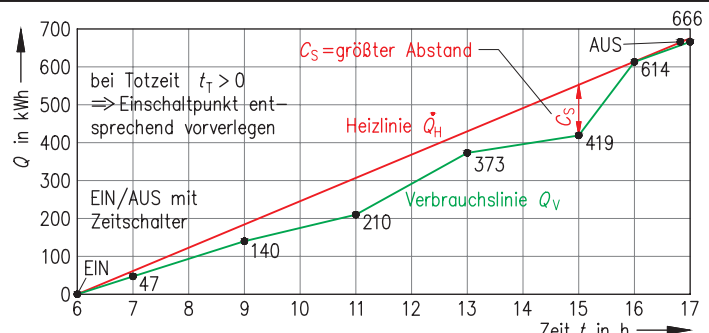
Speicherladesystem mit einer von vielen möglichen Kombinationen von C_s und Q_H.

$\dot{Q}_H = \frac{614}{10} = 61,4 \text{ kW}$ (ca. 65 kW)

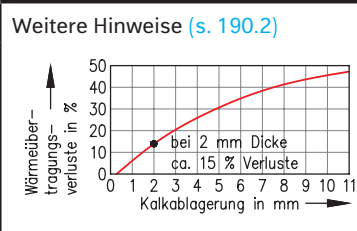
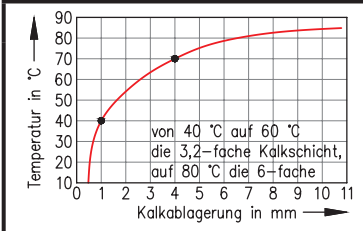
$C_s = 614 - 61,4 - 419 = 133,6 \text{ kWh}$

$V_{SP} = \frac{133600}{1,163 \cdot (60 - 10)} = 2298 \text{ l}$

gewählt: 2500 l
Evtl. auf mehrere Speicher aufteilen.



391.3 Einfluss von Kalkablagerungen bei Trinkwassererwärmungsanlagen



Kalkablagerung abhängig von:

- **Härtegrad** des Wassers: hart, ab 14° dH (entscheidend); mittel, ab 8,5° dH; weich bis 8,5° dH
- **Temperatur** (Kalkschicht ab ca. 40 °C stark zunehmend)
- **Übertragungsfläche**: Rohre, Wärmeüberträger, Armaturen

Etwa 8–10 % aller Leitungsschäden lassen sich jährlich auf Frostluftschäden zurückführen.

438.1 Aufgabenbereich: Heizung – Lüftung – Klima (Planung, Installation, Betrieb)

Zentralheizungsanlagen (Systeme)	<ul style="list-style-type: none"> • Warmwasserheizungsanlagen (s. 438.2) • Luftheizungen (Wasser-Luft) (s. 531.2) • Strahlungsheiz. z.B. Fußbodenh., Strahlpl. • Kombinationen: z.B. Solar- und Pelletheiz. Wärmepumpenh. und Brennwertgerät • Heißwasserheizungen } Industrieanl. • Dampfheizungen } Prozesstechnik 	Feuerungs- und Energietechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Öl- und Gasfeuerung, Abgasanl. • Erneuerbare Energien (s. 404.1) • Energiemanagement (s. 401.1)
		Trinkwassererwärmung (TWE)	<ul style="list-style-type: none"> • Zentralanlagen (Einbindung in Heizungsanlage), Speichersysteme • solarthermische Anlagen (s. 411.2)
Raumlufttechnische Anlagen (RLT) und Geräte	<ul style="list-style-type: none"> • Lüftungsanlagen, Lüftungsgeräte • Luftheizungen (Nur-Luft) } mit oder ohne Lüftung • Teilklimaanlagen, -geräte • Voll-Klimaanlagen • Kühlflächen (z.B. spezielle Kühldecken) • Wärmerückgewinnungsanlagen 	Regelungsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Heizung, RLT, TWE; Prozesse u.a. • Gebäudeautomation (s. 65.3)
		Spezielle Aufgabengebiete und Randgebiete	Umweltschutz, Wärme-, Schall-, Brand- und Korrosionsschutz, Fernwärme, Elektrotechnik, Rohrleitungsbau, Sanierungen, Messtechnik, Energieberatung, Wartungen, Angebotswesen, Kältetechnik u.a.
Prozesstechnische Anlagen	z. B. Trocknungsanlagen, Entstaubungsanlagen, Absauganlagen, Förderanlagen, Produktionsstätten		

438.2 Anforderungen an eine Heizungsanlage¹⁾

1	wirtschaftliche Gesichtspunkte	Systemwahl, Energieform, Regelung, Qualität der Bauteile, Einbindung der Trinkwassererwärmung, Wärmedämmung, kontrollierte Lüftung, Wartung, optimale Montage
2	ökologische Gesichtspunkte	Energieeinsparmaßnahmen, min. Emissionswerte, Einsatz von erneuerbaren Energien, Nachhaltigkeit, Gewässerschutz, Nutzung von Umweltwärme, Recycling, Entsorgung
3	Maßnahmen für Anlagenbetrieb	störungsfreier Betrieb, hohe Betriebssicherheit, Beachtung von Vorschriften, sorgfältige Einregulierung, Wartungsvertrag, Kundenberatung, optimale Nutzung, Teillastbetrieb
4	Komfortanspruch, Behaglichkeit	gute Temperaturverteilung, einfache Bedienung, keine Geräusche, schnelle Anpassung, keine Zugerscheinung, ausreichendes Warmwasser, keine Staubbewältigung

¹⁾ Die Hinweise sind übergreifend; z. B. bezieht sich Energieeinsparung oder Regelung auf alle 4 Gruppen.

Einteilung von Warmwasserheizungen nach: **Energieart** (Wärmequelle, Feuerung), **Energienutzung** (Heizwert, Brennwert, erneuerb. Energie), **Wärmeerzeuger** (Bauart, Aufstellungsort), **Raumheizflächen**, **Wassertemperatur** (ϑ_v , $\Delta\vartheta$), **Rohrführung und Rohrmaterial**, **Kombinationen** (z. B. mit TWE, Solar, Lüftung, Wärmerückgewinnung)

438.3 Bewertung der wesentlichen Heizungssysteme für Komforträume

Anlagenbewertung ¹⁾ hinsichtlich:	Raumheizkörper ²⁾		Warmluftheizung ^{2) 3) 4)}	Fußbodenheizung ⁴⁾	Decken-Strahlplattenheizung ⁴⁾
	$\vartheta_v > 70^\circ\text{C}$	NT: bis 50°C			
Temperaturverteilung (Behaglichkeit)	befriedigend	gut	befried./schlecht	gut	befriedigend
wirtschaftliche Betriebsweise	befriedigend	gut	befriedigend	gut	gut/befried.
Wärmetransport	befried./schlecht	gut	befriedigend	gut/befried.	gut
Trägheit	gut/befried.	gut/befried.	gut	befriedigend	gut
Anpassungsfähigkeit	gut/befried.	gut	gut/befried.	befriedigend	gut/befried.
Selbstregelfähigkeit	befriedigend	befriedigend	schlecht	gut	befriedigend
Einzelraumregelung	gut/befried.	gut	gut/befried.	befriedigend	gut
nachträgliche Änderung	gut	gut	schlecht	schlecht	gut/befried.
Hygiene (Aufwand)	gut/befried.	gut/befried.	befried./schlecht	gut	gut
Platzbedarf (Raum)	gut/befried.	gut	gut/befried.	gut	gut
Anschaffungskosten	gut	gut/befried.	gut/befried.	befr./schlecht	befriedigend

¹⁾ Stark abhängig von baulichen Gegebenheiten, Nutzung und Betriebsweise. ²⁾ Ebenso von Heizkörperart, Temperatur, Regelung, Montageort. ³⁾ Abhängig von System (z. B. zentral, dezentral, Wasser-Luft, nur Luft), Lüftungsforderung, Luftführung. ⁴⁾ Abhängig von System, Bodenaufbau (bei FBH), Regelung, Betriebsweise, Raumnutzung, Gebäudezustand (z. B. Wärmedämmung).

451.1 Transmissionswärmeverluste – Formblatt

DIN EN 12831 Bbl. 3: 2016-12

C.1.5 Berechnung der einzelnen Räume

Projekt-Nr.: 00 Bez.: 1-2016 Einfamilienhaus

Geschoss-Nr.: EG

Datum:

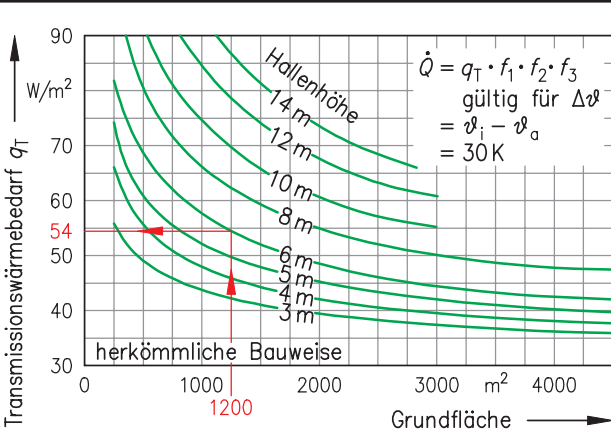
Raum-Nr.: 4 Bez.: Schlafen

Außentemperatur	ϑ_e	-14 °C	Raumtemperaturdifferenz	$\Delta\vartheta$	34 K
Raumtemperatur	ϑ_i	20 °C			
Innentemperatur	-	-			
Raumlänge	l_R	4,27 m	Raumhöhe	h_R	2,60 m
Raubbreite	b_R	4,12 m	Raumvolumen	V_R	54,74 m ³
Raumfläche	A_r	17,59 m ²	Luftwechsel	n	0,5 h ⁻¹

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Bauteil	Anzahl	1. Länge	2. Länge	3. Länge	Σ Länge	Länge oder Höhe	Faktor Fläche	Bruttofläche	Abzugsfläche	Nettofläche	U-Wert	Temperatur-Korrekturfaktor	Transmissionswärmeverlust	
BT	n	l_1	l_2	l_3	Σl	l/h	$f_{\text{Fläche}}$	A_{Brutto}	A_{Abzug}	A_{Netto}	W/m ² K	f_x	Θ_T	
	m						-	m ²					W	
AW	1	4,27	4,12		8,39	2,60	1,25	37,3	3,7	23,6	0,35	1,0	2,90	
AF	1	1,01			1,01	1,42	1,00	1,4		1,4	1,45	1,0	70	
AT	1	1,01			1,01	2,26	1,00	2,3		2,3	1,45	1,0	111	
FBg	1	4,27			4,27	4,12	1,25	22,0		22,0	0,55	0,3	1,23	

Transmissionswärmeverlust	Θ_T	584
Lüftungswärmeverlust	Θ_V	264
Heizlast	18 W/m ³	Θ_{HL} 848

451.2 Transmissionswärmeverluste bei Industriehallen (grobe Schätzwerte)



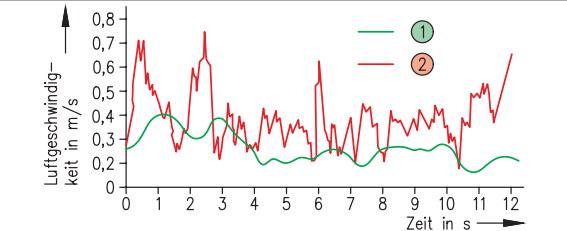
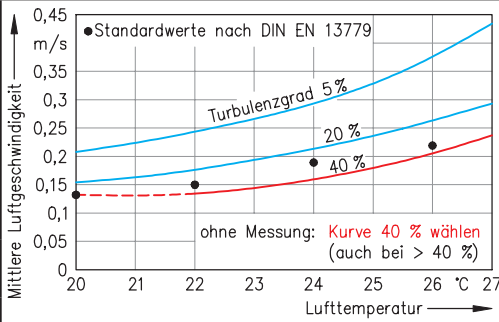
Korrekturfaktoren (Mittelwerte)
 $f_1 \approx 0,7 \dots 0,8$ gute Wärmedämmung und Fensterflächen
 $\approx 1,5 \dots 1,8$ bei sehr schlechter Dämmung, Einfachfenster
 f_2 bei anderen Temp. diff. $\Delta\vartheta$: $\Delta\vartheta/30$
 z.B. 25/30: $f = 0,83$
 $f_3 \approx 0,85 \dots 0,9$ (50 % angebaut), 0,7 0,8 (≈70 % angebaut)

- Anmerkungen:
- stark vom Heizsystem abhängig (z.B. geringere Zuschläge bei Strahlungsheizungen, ohne Zuschläge bei Fußbodenheizungen)
 - oft unsicherer Lüftungswärmeverbrauch (z.B. offene Tore oder bei der Festlegung der Luftwechselzahl s. 532.3)
 - großen Einfluss hat die Wärmedämmung

451.3 Neuerung bei der Energieberatung

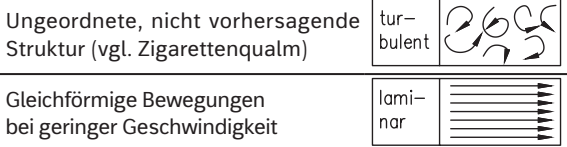
Seit 1.12.2017 werden (durch die Neuregelung des Bundeswirtschaftsministeriums) auch qualifizierte **SHK-Unternehmen als Energieberater** anerkannt. Entscheidend ist nicht mehr die berufliche Herkunft, sondern die aktuelle Tätigkeit. Nun können auch SHK-Handwerksbetriebe eine umfangreiche Energieberatung anbieten und auch vergütet bekommen. Gefördert wird dies vom Bundesamt für Wirtschaft.

521.1 Anhaltswerte für zulässige Raumluftgeschwindigkeiten im Behaglichkeitsbereich

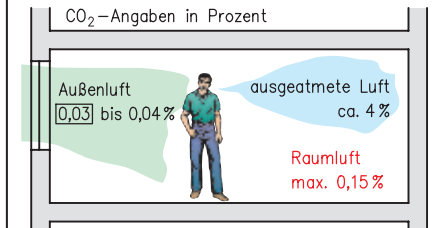
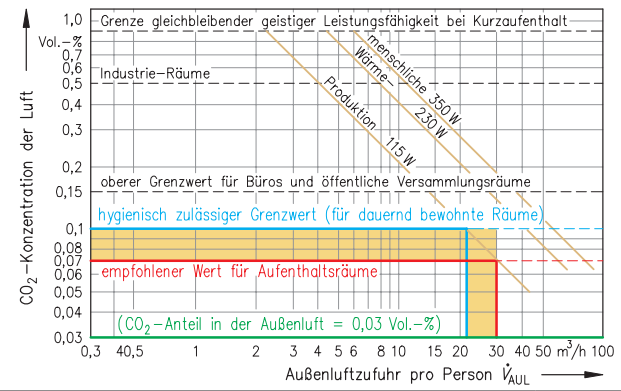


Turbulenzen innerhalb einer Luftströmung ①, Mittelwert einer Spitzengeschwindigkeit ② (dsgl. Wasserströmung)

Turbulenz = durch Wirbelbildung unregelmäßige Schwankungen des Strömungsverlaufs. Daher Einfluss auf Luftgeschwindigkeit (s. 559.2). Luftführung (s. 528); Zugserscheinung (s. 520.4), Druckverluste



521.2 Einfluss der CO₂-Konzentration auf Luftqualität und Außenluftvolumenstrom (s. 533.1)



Beispiel (aus Diagramm):
Bei 115 W (Aktivitätsstufe I): 30 m³/h Empfehlung; 22 m³/h (blaue Linie) als zulässiger Grenzwert (Wohnraum); 14 m³/h oberer Grenzwert (z. B. Büroraum)

521.3 Mögliche Geruchs- und Schadstoffe in Innenräumen – Luftqualität

Von außerhalb: z. B. von Industriebetrieben, Verkehr
Baustoffe und Bauprodukte: z. B. Holzschutzmittel, Anstriche, Dichtungsmaterialien, Teppichböden, Wandverkleidungen, Dämmstoffe u. a.
Chemische Stoffe: z. B. Reinigungsmittel, Desinfektionsstoffe, Schädlingsbekämpfungsmittel
Gerüche und Dämpfe: z. B. aus Küche, Bad, WC

Nutzer: Rauchen, Körpergeruch, Staubaufwirbelung
Mikrobiologische Verunreinigungen: z. B. Pilze (Mauerschwamm), Bakterien, Pollen, Allergene
Offene Feuerstätten: z. B. Staub, Ruß, CO
Technische Einrichtungen: z. B. Geräte, Möbel
RLT-Anlage: z. B. durch Filter, Befeuchter, Kanal
Radioaktivität: z. B. aus Bauuntergrund

Tabakrauch: wichtigste Ursache für die Raumbelastung in Innenräumen (z. B. Versammlungsräume). Der höhere Außenluftvolumenstrom, nach DIN EN 16798-3 ca. 100 % höher als bei Nichtraucher (s. 534.1), bedeutet höhere Kosten für die RLT-Anlage (Bauteile, Kanalnetz) und wesentlich höhere Energiekosten.

Staub: Beim ständig aufgewirbeltem Staub setzen sich die größeren Staubteilchen relativ schnell ab, während die mikroskopisch feinen Staubteilchen (Aerosole) im Raum schweben und als Träger von Bakterien, Viren, Milben, Pollen usw. gesundheitsgefährdendes Potenzial mit sich tragen.
In Räumen entstehende **Geruchsstoffe, Gase, Dämpfe** müssen an ihrer Ausbreitung in Nachbarräume durch entsprechende Luftführung und Druckhaltung (s. 529.1) verhindert werden.

Als Beurteilungskriterium für die **Luftqualität** dient die **Lüftungseffektivität** ϵ_v :

$$\epsilon_v = \frac{1}{\mu} \frac{C_{ABL} - C_{ZUL}}{C_{AZ} - C_{ZUL}}$$

μ Raumbelastungsgrad
 C Schadstoffkonzentration

ABL (ETA), Abluft, ZUL (SUP), Zuluft, AZ Aufenthaltszone

- Einheit der **Geruchsintensität:** **olf** – je nach Aktivität: 1 ... 2,5, Raucher 6 (Durchschn.) 25 beim Raucher.
- Einheit der **Geruchswahrnehmung:** **dezipol** (=Verunr.) die entsteht, wenn 10 l/s reine Luft mit 1 olf verunreinigt werden): hoch: 0,7 (≤ 10), mittel: 1,4 (≤ 20), niedrig: 2,5 (≤ 30). Klammerw. unzufriedene Pers. b. Raumbetreten.

534.1 Empfohlene Lüftungsraten für Nichtwohngebäude (Personen, Gebäudeemiss.)²⁾ EN 15251

Gebäude bzw. Raumtyp	Kategorie	Bodenfläche m ² /Pers	Lüftungsraten l/(s · m ²) bzw. m ³ /(h · m ²)				Gebäude bzw. Raumtyp	Kategorie	Bodenfläche m ² /Pers	Lüftungsraten l/(s · m ²) bzw. m ³ /(h · m ²)					
			je Person (Belegung)	Gebäudeemissionen						Zu- ¹⁾ gabe für Raucher	je Person (Belegung)	Gebäudeemissionen			Zu- ¹⁾ gabe für Raucher
				sehr schadst. arm	schad. stoff- arm	nicht schadst. arm						sehr schadst. arm	schad. stoff- arm	nicht schadst. arm	
Einzelbüro	1	10	1,0 (3,6)	0,5 (1,8)	1,0 (3,6)	2,0 (7,2)	0,7 (2,5)	Restaur- rant	1	1,5	7 (25)	0,5 (1,8)	1,0 (3,6)	2,0 (7,2)	-
	2	10	0,7 (2,5)	0,3 (1,1)	0,7 (2,5)	1,4 (5,0)	0,5 (1,8)		2	1,5	4,9 (17)	0,3 (1,1)	0,7 (2,5)	1,4 (5,0)	5,0 (18)
	3	10	0,4 (1,4)	0,2 (0,7)	0,4 (1,4)	0,8 (2,9)	0,3 (1,1)		3	1,5	2,8 (10)	0,2 (0,7)	0,4 (1,4)	0,8 (2,9)	2,8 (10)
Großraum- büro	1	15	0,7 (2,5)	0,5 (1,8)	1,0 (3,6)	2,0 (7,2)	0,7 (2,5)	Klassen- raum	1	2,0	5,0 (18)	0,5 (1,8)	1,0 (3,6)	2,0 (7,2)	-
	2	15	0,5 (1,8)	0,3 (1,1)	0,7 (2,5)	1,4 (5,0)	0,5 (1,8)		2	2,0	3,5 (12)	0,3 (1,1)	0,7 (2,5)	1,4 (5,0)	-
	3	15	0,3 (1,1)	0,2 (0,7)	0,4 (1,4)	0,8 (2,9)	0,3 (1,1)		3	2,0	2,0 (7)	0,2 (0,7)	0,4 (1,4)	0,8 (2,9)	-
Konfe- renz- raum	1	2	5,0 (18)	0,5 (1,8)	1,0 (3,6)	2,0 (7,2)	5,0 (18)	Kinder- garten	1	2,0	6,0 (21)	0,5 (1,8)	1,0 (3,6)	2,0 (7,2)	-
	2	2	3,5 (12)	0,3 (1,1)	0,7 (2,5)	1,4 (5,0)	3,6 (13)		2	2,0	4,2 (15)	0,3 (1,1)	0,7 (2,5)	1,4 (5,0)	-
	3	2	2,0 (7,2)	0,2 (0,7)	0,4 (1,4)	0,8 (2,9)	2,0 (7,2)		3	2,0	2,4 (8,6)	0,2 (0,7)	0,4 (1,4)	0,8 (2,9)	-
Hör- bzw. Zuschau- ersaal	1	0,75	15 (54)	0,5 (1,8)	1,0 (3,6)	2,0 (7,2)	-	Kauf- haus	1	7	2,1 (7,6)	1,0 (3,6)	2,0 (7,2)	3,0 (11)	-
	2	0,75	10,5 (38)	0,3 (1,1)	0,7 (2,5)	1,4 (5,0)	-		2	7	1,5 (5,4)	0,7 (2,5)	1,4 (5,0)	2,1 (7,6)	-
	3	0,75	6,0 (21)	0,2 (0,7)	0,4 (1,4)	0,8 (2,9)	-		3	7	0,9 (3,2)	0,4 (1,4)	0,8 (2,9)	1,2 (4,3)	-

¹⁾ Basiert auf der Annahme, dass 20 % der Nutzer rauchen und diese 1,2 Zigaretten je Stunde konsumieren.
²⁾ Dies bezieht sich auf Behaglichkeitskriterien und nicht auf Gesundheitskriterien; Klammerwerte: m³/(h · m²).

534.2 Personenbezogene Außenluftvolumenströme [m³/(h · Pers.)] nach Arbeitsstättenrichtl.

Tätigkeit	Art der Belästigungen			typische Räume bzw. Arbeitsstätten
	normal	zusätzlich ¹⁾	sehr hoch ²⁾	
überwiegend sitzend	20–40	30–40	40	Büroräume, Konferenzräume, Klassenzimmer, Hörsäle, Fließbandarbeiten
nicht überwiegend sitzend	40–60	50–60	60	Gaststätten, Laborräume, Verkaufsräume, Bibliotheken, Messehallen
schwere körperliche Arbeit ³⁾	über 65	über 75	über 85	^{a)} Werkstätten, Montagehallen, Lager ^{b)} „Staubbetriebe“, feuchte oder heiße Räume

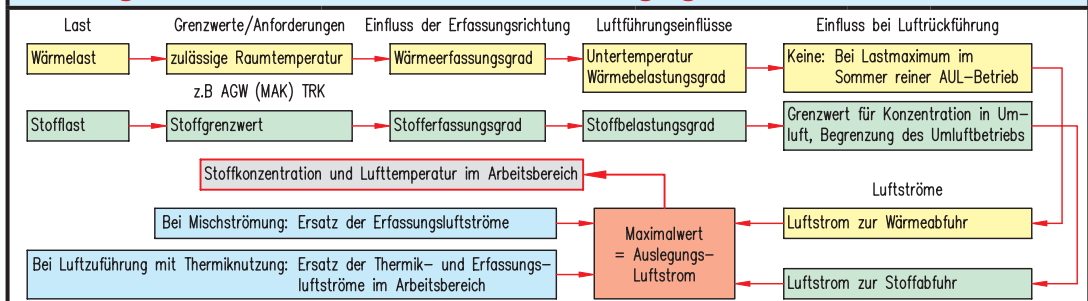
¹⁾ Gegenüber „normal“ um 10 m³/(h · Pers.) erhöht; z. B. bei belästigenden Gerüchen, hoher Wärmelast, Rauchen.
²⁾ Desgl. um 20 m³/(h · Pers.) erhöht; z. B. bei sehr intensiver Geruchsverschlechterung; starkes Rauchen.
³⁾ Hier sollte man handwerkliche Tätigkeiten zwischen ^{a)} „mittelschwer“ und ^{b)} „schwer“ unterscheiden.

534.3 Lüftungsöffnungen für Verkaufs- und Arbeitsstätten (freie Lüftung)

Lüftungssystem für freie Lüftung	Ausführung des freien Lüftungssystems	Maximale Raumtiefe bezogen auf lichte Raumhöhe in m	Zuluftquerschnitt bezogen auf m ² Bodenfläche		Abluftquerschn.
			ohne geruchsintensiver Ware	mit geruchsintensiver Ware	
Öffnungen in einer Außenwand (einseitige Lüftung)	Fenster oder Lüftungsgitter oben und unter der Tür	2,5 × Höhe	200 cm ² /m ²	350 cm ² /m ²	wie Zuluftquerschnitt
Querlüftung mit Öffnungen in gegenüberliegender Außenwand oder in Außenwand und Dachfläche	Fenster oder Lüftungsgitter oder Fenster und Gitter oder Fenster bzw. Gitter und Dachaufsatz	5 × Höhe	120 cm ² /m ²	200 cm ² /m ²	wie Zuluftquerschnitt
Querlüftung mit Öffnungen in einer Außenwand mit gegenüberliegendem Schacht	Fenster oder Lüftungsgitter und Schacht	5 × Höhe	60 cm ² /m ²	140 cm ² /m ²	je nach Schachthöhe

Lüftungsöffnungsflächen bei Fenstern (freie Lüftung) (s. 523.2)

534.4 Vorgehen beim Ermitteln des Zuluftstroms für Fertigungsstätten VDI 3802



|3P Technik Filtersysteme GmbH, Bad Überkingen: 288.4, 288.5, 288.6, 288.7, 288.8, 288.9. |ACO Passavant GmbH, Philippsthal: 291.1, 292.1, 292.5. |AFRISO-EURO-INDEX GmbH, Güglingen: 506.8, 506.11, 506.12. |Albert ROLLER GmbH & Co KG, Waiblingen: 84.8, 84.9, 84.10, 84.11, 469.1, 469.2, 469.3, 469.5, 469.6, 469.8, 469.10, 469.11, 469.12, 469.13. |Allmess GmbH, Oldenburg: 218.14, 218.15. |Arbonia Riesa GmbH, Riesa: 458.3, 458.4, 458.8, 458.9, 459.8. |AWG Fittings GmbH, Ballendorf: 248.1, 248.3, 248.5, 248.6, 248.7. |BC GmbH Verlags- und Medien-, Forschungs- und Beratungsgesellschaft, Ingelheim: 42.14, 83.5, 83.6, 83.7, 83.8, 97.1, 97.2, 97.3, 97.4, 97.6, 97.7, 97.8, 97.9, 97.10, 97.12, 97.13, 97.14, 97.15, 97.16, 97.19, 97.20, 97.21, 97.22, 97.23, 97.24, 97.25, 97.26, 97.27, 97.28, 97.29, 97.30, 97.31, 97.33, 97.34, 97.35, 97.36, 97.37, 97.38, 97.39, 97.40, 97.41, 97.42, 97.43, 97.44, 97.45, 97.46, 97.47, 97.48, 97.49, 97.50, 97.52, 358.1, 514.1, 514.2, 514.3, 514.4, 514.5, 514.6, 514.7, 514.8, 514.9. |BLAUBERG VENTILATOREN GMBH, München: 561.5. |Bosch Thermotechnik GmbH, Wetzlar: 69.2, 392.5, 406.2, 406.3. |C.A.R.M.E.N. e.V., Straubing: 428.9. |Camfil GmbH, Reinfeld: 565.1, 565.2. |Clina Heiz- und Kühlelemente GmbH, Berlin: 466.10. |Courtesy of Badger Meter, Neuffen: 509.4. |DAIKIN Airconditioning Germany GmbH, Unterhaching: 506.7, 506.9, 545.1, 545.2, 545.3. |DALAP GmbH, Olbernhau: 563.6. |Dallmer GmbH + Co. KG, Arnsberg: 266.9. |Danfoss GmbH, Offenbach/Main: 24.5. |Dehoust GmbH, Leimen: 506.10. |DEUTSCHE ROCKWOOL Mineralwoll GmbH & Co. OHG, Gladbeck: 475.6. |Di Gaspere, Michele (Bild und Technik Agentur für technische Grafik und Visualisierung), Bergheim: 12-14, 17-23, 24.1, 24.2, 24.3, 24.4, 24.6, 25-41, 42.1, 42.2, 42.3, 42.4, 42.5, 42.6, 42.7, 42.8, 42.9, 42.10, 43, 44, 45.4, 46.3, 46.4, 46.5, 46.6, 47.1, 47.2, 47.4, 47.5, 47.6, 47.7, 47.8, 48, 49.1, 49.2, 49.3, 49.4, 49.6, 50-61, 63-65, 67, 69.1, 69.3, 70.1, 70.2, 71.1, 72, 73, 74.1, 75-77, 80-82, 83.1, 83.2, 83.3, 84.1, 84.2, 84.3, 84.4, 84.5, 84.6, 84.7, 85.1, 85.2, 85.3, 85.4, 85.5, 86-88, 89.1, 90-93, 94.1, 95, 96, 98, 109, 110.1, 122, 123, 124.1, 124.2, 124.3, 124.4, 124.5, 124.6, 124.7, 124.8, 126, 127, 129.1, 130, 132.4, 133.1, 135-144, 145.1, 145.2, 145.3, 145.4, 145.5, 145.6, 145.7, 145.8, 145.9, 145.11, 145.12, 145.13, 145.14, 145.15, 146-163, 168-172, 174.1, 175.2, 175.3, 175.4, 175.5, 175.6, 175.7, 175.8, 175.9, 175.10, 175.11, 175.12, 176, 178-186, 188-190, 192.1, 192.3, 193, 194.1, 194.2, 194.3, 194.4, 194.5, 194.6, 194.7, 194.8, 194.10, 194.11, 194.12, 195.1, 195.2, 195.5, 195.6, 195.7, 196.5, 196.6, 197, 199, 200, 201.1, 201.2, 203, 204, 205, 206, 207.1, 207.2, 207.4, 207.5, 208, 212, 213.11, 213.12, 213.13, 213.14, 213.15, 214.1, 214.2, 214.3, 214.4, 214.5, 214.6, 214.7, 214.8, 214.9, 214.10, 214.11, 215.2, 215.3, 215.4, 215.5, 215.6, 215.7, 215.8, 215.9, 215.10, 215.11, 215.12, 215.13, 216, 217.1, 217.2, 217.3, 217.4, 217.5, 217.6, 217.7, 217.8, 218.1, 218.2, 218.3, 218.4, 218.5, 218.6, 218.7, 218.8, 218.10, 218.11, 218.12, 218.13, 218.16, 218.17, 219, 223-225, 227-232, 233.1, 233.2, 233.3, 234, 235.1, 235.2, 235.3, 235.5, 235.6, 236, 243, 244.1, 244.2, 244.3, 244.4, 244.5, 244.6, 245.2, 245.3, 245.4, 245.5, 245.9, 245.10, 246, 247.1, 247.2, 247.4, 247.6, 247.7, 247.12, 248.8, 248.9, 249, 251-258, 259.1, 259.2, 259.3, 259.4, 259.5, 259.6, 260.1, 260.2, 260.3, 260.4, 260.5, 260.6, 260.7, 260.8, 260.9, 261.1, 261.2, 261.3, 261.9, 261.11, 261.12, 261.13, 261.14, 261.15, 261.16, 261.17, 261.18, 262, 263.1, 263.2, 263.3, 263.4, 263.5, 263.6, 263.7, 263.8, 263.9, 263.10, 263.11, 263.13, 263.14, 263.15, 263.16, 263.17, 263.18, 263.19, 263.20, 263.21, 263.22, 264.1, 264.2, 264.3, 264.4, 264.5, 264.6, 264.7, 264.8, 264.9, 264.10, 264.11, 264.13, 264.14, 264.17, 265, 266.1, 266.2, 266.3, 266.4, 266.5, 266.6, 266.7, 266.8, 266.10, 266.11, 266.12, 266.13, 266.14, 266.15, 266.16, 266.17, 266.18, 266.19, 266.20, 267-269, 272, 275-286, 287.1, 287.2, 287.3, 287.4, 287.5, 287.6, 287.8, 287.9, 287.10, 287.11, 287.13, 287.14, 288.1, 288.2, 288.3, 288.10, 288.11, 289.1, 289.2, 289.3, 289.4, 289.5, 289.6, 289.10, 289.11, 289.12, 290.2, 290.3, 290.4, 290.5, 290.6, 291.2, 291.3, 291.4, 291.5, 291.6, 291.7, 292.2, 292.3, 292.4, 292.6, 292.7, 292.8, 292.9, 292.10, 293-297, 299, 301, 302, 306-308, 309.2, 309.3, 309.4, 309.5, 310, 311.1, 311.2, 311.3, 311.4, 311.6, 311.7, 311.8, 311.10, 311.11, 311.12, 311.13, 311.14, 311.16, 311.19, 311.21, 311.25, 311.26, 311.27, 311.28, 312.1, 312.2, 312.3, 312.4, 312.5, 312.6, 312.7, 312.8, 312.9, 312.10, 312.11, 312.12, 312.13, 312.14, 312.15, 312.16, 312.17, 312.18, 312.19, 312.20, 312.21, 312.22, 312.23, 312.24, 312.25, 312.26, 312.27, 312.28, 312.29, 312.30, 312.31, 312.32, 312.33, 312.35, 312.36, 312.37, 312.38, 312.39, 312.40, 312.41, 312.42, 312.43, 313.8, 313.9, 313.10, 313.11, 313.12, 313.13, 313.14, 313.15, 313.16, 314.1, 314.2, 314.7, 314.8, 314.9, 314.10, 314.13, 314.14, 314.15, 314.16, 314.17, 314.18, 314.19, 314.20, 314.21, 314.22, 314.23, 314.24, 315.1, 315.2, 315.3, 315.4, 315.5, 315.6, 315.7, 315.8, 315.12, 315.13, 315.15, 315.16, 315.17, 315.18, 315.19, 315.20, 315.21, 316.1, 316.2, 316.3, 316.4, 316.5, 316.6, 316.7, 316.8, 316.9, 316.10, 316.11, 316.12, 316.13, 316.14, 316.15, 316.16, 316.17, 316.18, 316.19, 316.21, 316.22, 316.23, 316.24, 316.26, 316.27, 316.28, 316.29, 317.1, 317.2, 317.3, 317.4, 317.5, 317.6, 317.7, 317.8, 317.9, 317.10, 317.11, 317.12, 317.13, 317.14, 317.15, 317.16, 317.17, 317.18, 317.19, 317.20, 317.21, 317.22, 317.23, 317.24, 317.25, 318.1, 318.2, 318.3, 318.4, 318.5, 318.6, 318.7, 318.8, 318.9, 318.10, 318.11, 318.12, 318.14, 318.16, 318.17, 318.18, 318.19, 318.20, 319-321, 322.1, 324, 325, 328.1, 328.2, 328.3, 328.4, 328.5, 328.6, 328.7, 328.8, 328.9, 328.10, 328.11, 328.12, 328.13, 328.14, 330, 333, 334, 335.1, 335.3, 335.4, 335.5, 335.6, 335.7, 336.1, 336.3, 336.4, 336.5, 336.6, 336.7, 337-339, 342-347, 351.1, 351.2, 351.3, 352, 353.1, 353.2, 354, 356.1, 356.2, 356.3, 356.4, 356.5, 356.6, 356.7, 356.8, 357.1, 357.2, 357.3, 357.4, 358.5, 358.6, 358.7, 358.8, 358.9, 358.10, 358.11, 359.1, 361, 362, 363.1, 363.2, 363.3, 363.4, 363.5, 363.7, 365.1, 365.2, 365.3, 366, 367, 368.1, 368.3, 368.4, 368.6, 368.7, 368.8, 368.9, 368.10, 368.11, 368.12, 368.13, 368.14, 369, 370, 371.11, 371.12, 374, 378-381, 383, 385.1, 385.2, 385.3, 386.2, 386.3, 386.4, 386.5, 387-389, 390.1, 390.2, 390.3, 390.4, 390.9, 391, 392.1, 392.2, 392.3, 392.4, 393.1, 393.3, 393.4, 393.5, 394-397, 398.1, 398.2, 399-403, 404.1, 405, 406.1, 406.4, 406.5, 407, 408, 409.1, 409.2, 410, 411, 412.1, 412.4, 412.5, 413.1, 414.1, 414.3, 414.4, 415, 416.3, 416.4, 416.5, 417-420, 421.1, 421.2, 421.3, 421.4, 421.5, 421.6, 421.8, 421.10, 422.1, 422.3, 422.4, 423.4, 423.5, 423.6, 423.7, 424.1, 424.2, 424.7, 425.1, 427.3, 428.1, 428.2, 428.4, 428.5, 428.7, 428.8, 428.11, 428.12, 428.13, 428.14, 429, 431.1, 432, 433, 435.1, 439-441, 445, 447, 448, 450-452, 453.1, 453.5, 453.6, 453.7, 453.8, 453.9,

453.11, 453.12, 454.1, 454.3, 454.4, 455, 456, 457.1, 457.2, 457.3, 457.4, 457.6, 457.7, 457.8, 458.1, 458.2, 458.5, 458.6, 458.7, 459.1, 459.2, 459.3, 459.4, 459.5, 459.6, 459.7, 460, 461, 462.1, 462.2, 462.3, 463.1, 463.2, 463.3, 463.4, 463.5, 463.6, 463.8, 463.9, 465.1, 465.2, 465.4, 465.5, 466.1, 466.2, 466.3, 466.4, 466.5, 466.6, 466.7, 466.8, 466.9, 466.11, 467.1, 467.2, 467.3, 467.4, 467.5, 471-474, 475.1, 475.2, 476, 477.4, 477.6, 478, 479.1, 479.2, 479.3, 479.4, 480.1, 480.2, 480.3, 480.5, 480.6, 480.7, 481-484, 485.1, 486.1, 487.1, 487.2, 487.3, 487.4, 487.5, 487.6, 487.7, 487.8, 488-490, 491.1, 491.2, 491.3, 491.4, 491.5, 491.6, 491.7, 491.8, 491.9, 492.2, 492.3, 492.4, 492.5, 492.6, 492.7, 492.8, 493.1, 493.3, 494-497, 498.2, 499, 500, 501.1, 502, 503.1, 503.2, 503.3, 504.2, 504.3, 506.1, 506.2, 506.3, 506.4, 506.5, 506.6, 507.1, 507.2, 507.3, 508, 509.1, 509.2, 509.3, 509.5, 509.6, 510-513, 515.1, 518, 519.1, 519.2, 519.3, 519.4, 519.5, 519.6, 519.7, 520.1, 520.2, 520.3, 521-526, 527.1, 527.2, 527.3, 527.4, 527.5, 527.6, 527.8, 527.9, 527.10, 528-530, 534-537, 538.1, 539, 541-544, 545.4, 545.5, 546.1, 547, 549.1, 549.2, 550-552, 553.1, 553.2, 553.3, 553.4, 553.5, 553.6, 553.7, 553.8, 553.9, 553.10, 553.11, 553.12, 554.1, 555.1, 555.2, 555.3, 555.6, 556.1, 556.2, 556.3, 557.1, 557.2, 559, 560, 561.8, 561.9, 561.10, 562.1, 563.1, 563.8, 563.9, 563.10, 563.11, 563.12, 563.13, 564.2, 564.4, 565.3, 565.4, 566-571, 572.1, 572.2, 572.3, 572.4, 572.10, 573. |Düker GmbH, Karlstadt/Main: 247.5, 247.10. |ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG, Mulfingen: 561.1, 561.2, 561.3, 561.4, 561.6, 561.7, 561.11, 563.14. |Europäische Kommission, Brussels: 42.11, 42.12, 358.4. |Flamco GmbH, Mettmann: 485.2. |fotolia.com, New York: Wieselpix 426.1; womue 426.2. |Franke Aquarotter GmbH, Ludwigsfelde: 311.9, 311.13, 311.15, 311.17, 311.18, 311.20. |Gebr. Kemper GmbH + Co. KG, Olpe-Biggese: 192.2, 194.9, 195.3, 195.4, 235.4. |GEOplast Kunststofftechnik Ges.m.b.H, Theresienfeld: 428.6. |Georg Fischer GmbH, Schaffhausen: 217.9, 217.10, 217.12. |GLORIA GmbH, Wadersloh: 247.3, 247.8, 247.9, 247.11, 248.2, 248.4. |GOK Regler- und Armaturen Gesellschaft mbH & Co. KG, Marktbreit: 368.2, 368.5, 371.1, 371.2, 371.3, 371.4, 371.5, 371.6, 371.7, 371.8, 371.9, 371.10, 371.13, 371.14, 371.15, 371.16, 371.17, 372.1, 372.2, 372.3, 372.4, 372.5, 372.6, 372.7, 372.8, 372.9, 372.10, 372.11, 372.12, 372.13, 372.14, 372.15, 373.1, 373.2, 373.3, 373.4, 373.5, 373.6, 373.7, 373.8, 373.9, 373.10, 373.11, 373.12, 373.13, 373.14, 373.15, 373.16, 373.17, 373.18, 373.19, 373.20, 373.21, 377.1, 377.2. |Grammer Solar GmbH, Amberg: 413.2. |GROHE Deutschland Vertriebs GmbH, Porta Westfalica: 318.13. |Grundfos GmbH, Wahlstedt: 390.10. |Hager Vertriebsgesellschaft mbH & Co. KG, Blieskastel: 46.1, 46.2, 47.3. |Hansa Armaturen GmbH, Stuttgart: 317.26, 318.15. |hansgrohe, Schiltach: 311.22, 311.23, 311.24. |Hauff-Technik GmbH & Co. KG, Hermaringen: 217.11, 217.13. |Heinrich Klar Schilder- u. Etikettenfabrik GmbH & Co. KG, Wuppertal: 97.5, 97.11, 97.17, 97.18, 97.32, 97.51. |Heinrich Kopp GmbH, Kahl: 45.3, 49.5. |Hilti Deutschland AG, Kaufering: 174.2, 174.3, 174.4, 174.5, 174.6, 174.7, 174.8, 174.9, 174.10, 174.11, 175.1, 469.14. |Ideal Standard GmbH, Bonn: 311.5. |Jeremias GmbH, Wassertrüdingen: 492.1. |Kampmann GmbH, Lingen: 457.5. |Kessel AG, Lenting: 263.12, 289.7, 289.8, 289.9, 290.1. |Kutzner + Weber GmbH, Maisach: 363.6, 493.2, 493.4, 493.5. |Maico Elektroapparate-Fabrik GmbH, Villingen-Schwenningen: 538.2, 538.3, 538.4, 538.5, 538.6, 538.7, 538.8, 563.7. |MEPA - Pauli und Menden GmbH, Rheinbreitenbach: 316.25. |Metabowerke GmbH, Nürtingen: 469.9. |METU Meinig AG, Rietheim-Weilheim: 555.4, 555.5. |Neoperl GmbH, Müllheim: 214.12, 214.13, 214.14, 214.15, 214.16, 214.17, 214.18, 214.19. |Nicotra Gebhardt GmbH, Waldenburg: 563.5. |niemehrhoel.de, Berlin: 428.10. |Oventop GmbH & Co. KG, Olsberg: 68.1, 68.2, 68.3, 68.4, 68.5, 68.6, 68.7, 68.8, 68.9, 68.10, 68.11, 68.12, 68.13, 68.14, 68.15, 68.16, 68.17, 386.1, 465.3, 465.6, 465.7, 465.8, 465.9, 465.10, 465.11, 465.12. |Pall Deutschland Holding GmbH & Co. KG, Dreieich: 196.1, 196.2, 196.3, 196.4. |Rehau AG & Co., Rehau: 264.12, 264.15, 264.20, 264.21, 264.22. |REMS GmbH & Co KG, Waiblingen: 132.12, 469.4, 469.7. |Resideo - Honeywell Home, Mosbach: 213.1, 213.2, 213.3, 213.4, 213.5, 213.6, 213.7, 213.8, 213.9, 213.10, 215.1. |SCHAKO Ferdinand Schad KG, Kolbingen: 572.6. |Schiedel GmbH & Co. KG, München: 491.10, 491.11, 491.12, 491.13, 491.14. |SENERTEC Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH, Schweinfurt: 422.2, 423.1. |Sensus GmbH, Ludwigshafen: 218.9. |Shutterstock.com, New York: grafvision Titel; Keepsmling4u 416.1, 416.2. |Siemens AG, München: 45.1, 45.2. |Steinen, Parsippany: 504.1. |stock.adobe.com, Dublin: 3dsc 470.1, 470.2; Bartenev, Yuri Titel; carroteater 564.1, 564.3; creActive 463.7; detailfoto 335.2, 335.8; Eisenhans 462.4; fotoember Titel; Gregor, Nicolas Titel; Ingo Bar-tussek 414.2; Kosev, Aleksandar 553.13; kuchina 554.2; Michel, T. 514.10, 514.11, 514.12, 514.13, 514.14, 514.15, 514.16; phadventure 393.2, 454.2; photocrew 475.4; rdnzl 475.3; Rosskoth, Michael Titel; Trischberger, Rupert/rupbilder 475.5. |TECE GmbH, Emsdetten: 145.10. |Trox GmbH, Neukirchen-Vluyn: 527.7. |URIMAT Deutschland AG, Hundsangen: 314.5, 314.11, 314.12. |VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut GmbH, Offenbach: 42.13, 42.15, 42.16, 42.17, 42.18, 358.2, 358.3. |Viega Holding GmbH & Co. KG, Attendorf: 99.1, 132.1, 132.2, 132.3, 132.5, 132.6, 132.7, 132.8, 132.9, 132.10, 132.11, 132.13, 132.14, 336.2, 336.8. |Viessmann Werke GmbH & Co KG, Allendorf (Eder): 412.2, 412.3, 421.7, 421.9, 423.2, 423.3, 424.3, 424.4, 424.5, 424.6, 427.1, 427.2, 428.3. |Weishaupt, Schwendi: 498.1. |Wilbeoer Bauteile GmbH, Weener: 572.5, 572.7, 572.8, 572.9. |WILO SE, Dortmund: 244.7, 245.1, 264.16, 264.18, 264.19, 477.1, 477.2, 477.3, 477.5, 480.4. |WOLF Anlagen-Technik GmbH & Co. KG, Geisenfeld: 549.3, 563.2, 563.3, 563.4. |© Geberit, Pfundorf: 83.4, 261.4, 261.5, 261.6, 261.7, 261.8, 261.10, 309.1, 313.1, 313.2, 313.3, 313.4, 313.5, 313.6, 313.7, 315.9, 315.10, 315.11, 315.14, 316.20. |© Villeroy & Boch AG, Mettlach: 312.34, 314.3, 314.4, 314.6. |© WILO SE, Wiener Neudorf: 207.3, 245.6, 245.7, 245.8, 287.7, 287.12, 390.5, 390.6, 390.7, 390.8. |© Zehnder Group, Lahr: 453.2, 453.3, 453.4, 453.10.

Wir arbeiten sehr sorgfältig daran, für alle verwendeten Abbildungen die Rechteinhaberinnen und Rechteinhaber zu ermitteln. Sollte uns dies im Einzelfall nicht vollständig gelungen sein, werden berechnete Ansprüche selbstverständlich im Rahmen der üblichen Vereinbarungen abgegolten.