

69
620

Arbeitsmappe Heiztechnik Raumlufthtechnik · Sanitärtechnik

Herausgegeben im Auftrag der VDI-Gesellschaft
Technische Gebäudeausrüstung
von Professor Dipl.-Ing. Klaus W. Usemann unter Mitarbeit von
Professor Dipl.-Ing. Ulrich Fox, Dipl.-Ing. Karl Günter Müller
und Dipl.-Ing. Hans Schiebold

Sechste, neubearbeitete und erweiterte Auflage



VDI-Verlag GmbH

Verlag des Vereins Deutscher Ingenieure · Düsseldorf



Inhalt

- 1.1.1 Bezeichnungen, Größen und Einheiten
- 1.1.2 Indizes für Formelzeichen in der Technischen Gebäudeausrüstung
- 1.1.3 Einheiten-Umwandlung
- 1.1.4 Umrechnung englischer und amerikanischer Einheiten in SI-Einheiten
- 1.2 Beziehungen zwischen den Temperatureinheiten
- 1.3.1 Eigenschaften fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe
- 1.3.2 Spezifische Wärmekapazitäten einiger fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe
- 1.3.3 Stoffwerte für Wasser
- 1.3.4 Stoffwerte für trockene Luft
- 1.3.5 Dichte und spezifisches Volumen von Gasen
- 1.3.6 Dynamische Viskosität
- 1.4.1 Wasserdampf tabel
- 1.4.2 Mollier (h,s)-Diagramm für Wasserdampf
- 1.4.3 Temperatur-Entropie-Diagramm für Wasserdampf
- 1.4.4 Spezifische Wärmekapazität des Wasserdampfes
- 1.4.5 Wärmeleitfähigkeit des Wasserdampfes
- 1.4.6 Dynamische Viskosität des Wasserdampfes
- 1.5.1 Mollier-Diagramm für Luft (Bereich -10 °C bis 150 °C , $0,5\text{ bar}$ bis 500 bar)
- 1.5.2 Dichte feuchter Luft
- 1.5.3 Spezifische Wärmekapazität der Luft
- 1.5.4 Dynamische Viskosität der Luft
- 1.5.5 Taupunkttemperatur der Luft in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte der Luft
- 1.6.1 Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen
- 1.6.2 Wärmeleitfähigkeit für Stoffe in Abhängigkeit von der Temperatur
- 1.6.3 Wärmeleitfähigkeit der Luft
- 1.6.4 Wärmeleitung in Schichten
- 1.6.5 Wärmestromdichte einer Baukonstruktion
- 1.6.6 Wärmedurchlaßwiderstand (Wärmeleitwiderstand)
- 1.6.7 Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient $k_{m,max}$ und Wärmedurchgangskoeffizient k_G für unteren Gebäudeabschluß gegen Erdreich nach der Wärmeschutzverordnung 1982
- 1.6.8 Verhinderung der Tauwasserbildung an Gebäudeflächen
- 1.6.9 Kondensation auf Verglasungen in Abhängigkeit von der Fensterkonstruktion und Außenlufttemperatur
- 1.6.10 Kondensationsbeginn (Taupunkttemperatur) an Innenwandflächen bei verschiedenen bautechnischen und raumklimatischen Gegebenheiten
- 1.7.1 Strahlungskoeffizienten technischer Oberflächen
- 1.7.2 Einstrahlzahlen für verschiedene räumliche Anordnungen von wärmeübertragenden Flächen
- 1.7.3 Temperaturfaktor σ für die Wärmeübertragung durch Strahlung zwischen zwei parallelen, etwa gleich großen Flächen
- 1.7.4 Strahlungsaustauschkoeffizient C' aus den Strahlungskoeffizienten zweier paralleler, etwa gleich großer Flächen

- 1.7.5 Strahlungsaustauschkoeffizient C' aus den Strahlungskoeffizienten zweier beliebig zugeordneter Flächen
- 1.7.6 Wärmeübertragung durch Strahlung im Temperaturbereich von 0 °C bis 100 °C
- 1.7.7 Wärmeübertragung durch Strahlung im Temperaturbereich von 0 °C bis 400 °C
- 1.7.8 Wärmeübertragung durch Strahlung im Temperaturbereich von 400 °C bis 2000 °C
- 1.8.1 Wärmeabgabe wärmegeämmter handelsüblicher Rohre bei natürlicher Konvektion
- 1.8.2 Wärmeabgabe wärmegeämmter Rohre und ebener Wände bei natürlicher Konvektion
- 1.8.3 Übertemperaturen der Oberflächen von wärmegeämmten Rohren und ebenen Wänden über umgebender Luft bei natürlicher Konvektion. Strahlungskoeffizient $C = 5,35 \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$
- 1.8.4 Wärmeabgabe wärmegeämmter Rohre in ruhender Umgebungsluft
- 1.8.5 Wärmeabgabe wärmegeämmter Rohre bei Windanfall
- 1.9 Verdunstende Wassermenge bei ruhendem Wasserspiegel
- 1.10 Ideale Leistungszahl des Carnot-Prozesses (Wärmepumpe, Kältemaschine)
- 1.11.1 Temperaturbedingter Zusammenhang zwischen Gasvolumina im Norm- und Betriebszustand
- 1.11.2 Zündbereiche und Zündtemperaturen von Brenngasen
- 1.12.1 Stahlrohre nach DIN 2440 und DIN 2441
- 1.12.2 Stahlrohre nach DIN 2448 und DIN 2458
- 1.13.1 Rohrreibungszahl
- 1.13.2 Rohrreibungszahl λ für Luftkanäle
- 1.13.3 Rohrreibungszahl λ für Stahlrohre, $Re = 10^3 \dots 10^5$
- 1.13.4 Rohrreibungszahl λ für Stahlrohre, $Re = 10^5 \dots 10^7$
- 1.13.5 Volumen- bzw. Massenstrom gasförmiger oder flüssiger Medien abhängig von Fließgeschwindigkeit und innerem Rohrdurchmesser
- 1.14.1 Stützweiten von Rohrleitungen
- 1.14.2 Dehnungsaufnahme durch U-Rohrbogen (bei 50 % Vorspannung)
- 1.15.1 Ermittlung der k_v -Werte von Stellventilen für Wasser
- 1.15.2 Ermittlung der k_v -Werte von Stellventilen für gesättigten Wasserdampf
- 1.16 Mindestforderung für Tageslichtbeleuchtung
- 1.17 Abschreibung und Verzinsung von Anlagekapital

- 2.1.1 Außentemperaturen, mittlere Außentemperatur, Heiztage und Gradtage deutscher Orte und Städte
- 2.1.2 Wärmedurchgangskoeffizient von Bauteilen mit Flächenanteilen unterschiedlicher Wärmedurchgangskoeffizienten
- 2.2.1 Nutzfläche und Raumhöhe von Heiz- und Maschinenräumen
- 2.2.2 Nutzflächenmaße für Übergabestationen von Fernwärmenetzen (Anhaltswerte)
- 2.2.3 Abluftquerschnitt und Volumenstrom bei Heizräumen
- 2.2.4 Abluftquerschnitt und Gesamtnennwärmeleistung bei Heizräumen
- 2.2.5 Vorläufiger Schornsteinquerschnitt nach DIN 4705 (Anhaltswerte)
- 2.2.6 Wärmedurchgangskoeffizient und Wärmedurchlaßwiderstand von Hausschornsteinen
- 2.2.7 Abgastemperaturen in Hausschornsteinen
- 2.2.8 Wassergehalt und Wassertaupunkt von Abgas
- 2.3.1 Kennwerte fester, flüssiger und gasförmiger Brennstoffe (Mittelwerte)
- 2.3.2 Jährlicher Brennstoffbedarf in Abhängigkeit vom Wärmebedarf und Temperatur

- 2.3.3 Jährlicher Brennstoffbedarf von koksgefeuerten Heizungsanlagen in Abhängigkeit von der Wärmeleistung und der Vollbenutzungsstundenzahl
- 2.3.4 Jährlicher Brennstoffbedarf von ölgefeuerten Heizkesselanlagen in Abhängigkeit von der Wärmeleistung und der Vollbenutzungsstundenzahl
- 2.3.5 Jährlicher Brennstoffbedarf bei gasgefeuerten Heizkesselanlagen in Abhängigkeit von der Wärmeleistung und der Vollbenutzungsstundenzahl
- 2.3.6 Jährlicher Brennstoffbedarf bei Elektro-Wärmepumpen bei einer Leistungszahl $\epsilon = 4$ in Abhängigkeit von der Wärmeleistung und der Vollbenutzungsstundenzahl
- 2.3.7 Jährlicher Brennstoffbedarf von Dieselmotor-Wärmepumpen bei einer Leistungszahl $\epsilon = 4$ in Abhängigkeit von der Wärmeleistung und der Vollbenutzungsstundenzahl
- 2.3.8 Jährlicher Brennstoffbedarf von Gasmotor-Wärmepumpen bei einer Leistungszahl $\epsilon = 4$ in Abhängigkeit von der Wärmeleistung und der Vollbenutzungsstundenzahl
- 2.3.9 Umrechnungsfaktor für feuchte Luft zum Bestimmen des wirklichen Volumens der Verbrennungsluft bei einem Gesamtdruck von 1 bar
- 2.3.10 Luftbedarf und Rauchgasvolumen bei Verbrennung fester Brennstoffe
- 2.3.11 Luftbedarf und Rauchgasvolumen bei Verbrennung flüssiger Brennstoffe
- 2.3.12 Luftbedarf und Rauchgasvolumen bei Verbrennung gasförmiger Brennstoffe
- 2.3.13 Wärmepreis für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe sowie elektrischer Energie in Abhängigkeit der Brennstoffkosten für verschiedene Wärmeerzeuger
- 2.4.1 Wärmedurchgangskoeffizient und Heizfläche
- 2.4.2 Wärmeleistung von Raumheizkörpern unterschiedlicher Bauarten bei vom Normwert $\Delta \vartheta_N = 60 \text{ K}$ abweichender Übertemperatur
- 2.4.3 Korrekturfaktoren für die Wärmeleistung von Heizkörpern bei von den Normwerten abweichenden Temperaturen
- 2.4.4 Einfluß des Luftdruckes auf die Leistung von Raumheizflächen
- 2.4.5 Wärmeleistung von Gußradiatoren bei verschiedenen Übertemperaturen nach DIN 4703 (Wasserheizungen)
- 2.4.6 Wärmeleistung von Stahlradiatoren bei verschiedenen Übertemperaturen nach DIN 4703 (Wasserheizungen)
- 2.4.7 Relative Heizflächengröße und Heizwassertemperaturen bei gleicher Wärmeleistung (hier 1 kW je Heizkörper) in Abhängigkeit von Schaltung bzw. Anschlußart (gültig für Glieder- und Plattenheizkörper)
- 2.4.8 Wärmedurchgangskoeffizient für glatte, waagerechte Stahlrohre bei freier Konvektion in ruhender Luft
- 2.4.9 Mittleres Temperaturgefälle nicht wärmedämmter Heizungs-Vorlaufleitungen
- 2.4.10 Wärmeabgabe und Temperaturabfall von einfachen, nicht wärmedämmten Stahlrohren bei freier Konvektion
- 2.4.11 Wärmeabgabe von nicht wärmedämmten Stahlrohren bei freier Konvektion
- 2.4.12 Wandflächen-Strahlungsheizung. Wärmeabgabe für verschiedene Außenwandkonstruktionen und unterschiedliche Stahlrohrregister
- 2.4.13 Wandflächen-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Außenwandkonstruktion mit Stahlrohrregister
- 2.4.14 Wandflächen-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Außenwandkonstruktion mit Kupferrohrregister
- 2.4.15 Wandflächen-Strahlungsheizung. Fiktive Randheizfläche in Abhängigkeit von den Registerabmessungen
- 2.4.16 Fußboden-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Deckenkonstruktion mit Stahlrohrregister

- 2.4.17 Fußboden-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Deckenkonstruktion mit Kupferrohrregister
- 2.4.18 Fußboden-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Fußbodenkonstruktion mit Kupferrohrregister
- 2.4.19 Fußboden-Strahlungsheizung. Fiktive Randheizfläche in Abhängigkeit von den Registerabmessungen
- 2.4.20 Fußboden-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Deckenkonstruktion mit Elektroheizkabeln
- 2.4.21 Deckenflächen-Strahlungsheizung. Bestimmung der Einstrahlzahl φ und der zulässigen Deckenheizflächentemperatur
- 2.4.22 Decken-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Strahlplatte frei unterhalb einer Betondeckenkonstruktion
- 2.4.23 Decken-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Decke mit Kupferrohrregister in Gipsverputz
- 2.4.24 Decken-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer Decke mit Stahlrohrregister in Kalkzementmörtel
- 2.4.25 Decken-Strahlungsheizung. Fiktive Randwärmeabgabe in Abhängigkeit von den Registerabmessungen
- 2.4.26 Deckenflächen-Strahlungsheizung. Gesamtwärmeabgabe einer frei im Raum aufgehängten Strahlplatte
- 2.4.27 Richtwerte für Wärmeübergangskoeffizienten und Wärmeabgabe der Flächen-Strahlungsheizungen bei unterschiedlichen Übertemperaturen
- 2.5.1 Regeldiagramm für Warmwasserheizungen $90\text{ °C}/70\text{ °C}$
- 2.5.2 Regeldiagramm für Warmwasserheizungen $110\text{ °C}/70\text{ °C}$
- 2.6.1 Dichte von Wasser und wirksamer Druck von Schwerkraft-Warmwasserheizungen
- 2.6.2 Wirksamer Druck von Schwerkraftheizungen
- 2.7.1 Wärmeleistung, Volumenstrom und Geschwindigkeit in Heizwasserleitungen
- 2.7.2 Rohrdurchmesser für Warmwasser-Schwerkraftheizungen
- 2.7.3 Rohrdurchmesser für Warmwasser-Pumpenheizungen
- 2.7.4 Rohrdurchmesser für Warmwasser-Pumpenheizungen
- 2.7.5 Bestimmung der Rohrdurchmesser für Wasserheizungen in Abhängigkeit von Wassergeschwindigkeit, Massenstrom und Druckverlust durch Rohrreibung
- 2.7.6 Rohrdurchmesser für Niederdruckdampfheizungen
- 2.7.7 Rohrdurchmesser für Hochdruckdampfheizungen (Sattdampf)
- 2.7.8 Widerstandszahlen von Stromverzweigungen
- 2.7.9 Druckabfall Δp für verschiedene Widerstandszahlen in Abhängigkeit von der Wassergeschwindigkeit
- 2.8.1 Antriebsleistung von Wärmepumpen mit elektrischem Antrieb in Abhängigkeit von Leistungszahl und Heizleistung (für Ein- und Zweifamilienhäuser)
- 2.8.2 Antriebsleistung von Wärmepumpen mit elektrischem Antrieb in Abhängigkeit von Leistungszahl und Heizleistung (für größere Gebäude)
- 2.8.3 Antriebsleistung von Wärmepumpen mit Gasmotor-Antrieb in Abhängigkeit von Leistungszahl und Heizleistung (für größere Gebäude)
- 2.8.4 Effektive Leistungszahl von Wärmepumpen in Abhängigkeit von Kondensations- und Verdampfungstemperatur – Wärmequellen: Außenluft, Grundwasser und Erdreich
- 2.8.5 Effektive Leistungszahl von Wärmepumpen in Abhängigkeit von Kondensations- und Verdampfungstemperatur – Wärmequellen: Außenluft, Grundwasser und Erdreich

- 2.8.6 Effektive Leistungszahl von Wärmepumpen in Abhängigkeit von Kondensations- und Verdampfungstemperatur – Wärmequellen: Abluft und warmes Abwasser
- 2.8.7 Effektive Leistungszahl von Wärmepumpen in Abhängigkeit von Kondensations- und Verdampfungstemperatur – Wärmequellen: Abluft und warmes Abwasser
- 3.1.1 Wärmeabgabe des menschlichen Körpers in normaler Bekleidung bei unterschiedlicher Tätigkeit
- 3.1.2 Wasserdampfabgabe beim Menschen bei unterschiedlicher Tätigkeit
- 3.1.3 Behaglichkeits-/Erträglichkeitsanforderungen
- 3.2.1 MAK-Werte gesundheitsschädlicher Gase und Dämpfe
- 3.2.2 MAK-Werte gesundheitsschädlicher Schwebstoffe und von Mineralstaub
- 3.2.3 Bestimmung der notwendigen Lüfterneuerung bei zeitlich veränderlichem Schadstoffanteil
- 3.2.4 Bestimmung der notwendigen Lüfterneuerung bei zeitlich veränderlichem Schadstoffanfall mehrerer Schadstoffquellen mit periodischer Zeitfolge des Aktionsbeginns
- 3.2.5 Außenluftrate als Funktion der CO₂-Konzentration und der Wärmeabgabe des Menschen
- 3.3.1 Mollier (h,x)-Diagramm für feuchte Luft. Temperaturbereich – 5 °C bis 40 °C
- 3.3.2 Mollier (h,x)-Diagramm für feuchte Luft
- 3.3.3 ASHRAE-Diagramm für feuchte Luft
- 3.3.4 Anwendung des (h,x)-Diagramms
- 3.3.5 Ermittlung der relativen Luftfeuchte aus Ablesungen am trockenen und befeuchteten Thermometer
- 3.3.6 Wasserdampfsättigungsdruck in Pa bzw. mbar im Temperaturbereich – 20 °C bis + 30 °C
- 3.3.7 Jahres-Luftfeuchtestunden, Jahres-Luftenthalpiestunden, Jahres-Luftgradstunden
- 3.4.1 Sonnenstrahlung – Trigonometrische Zusammenhänge
- 3.4.2 Direkte und diffuse Himmelsstrahlung
- 3.4.3 Gesamt-(Global)-Strahlung
- 3.5.1 Anhaltswerte für die Berechnung der inneren Kühllast
- 3.5.2 Kältebedarf für die Luftkühlung (Anhaltswerte)
- 3.5.3 Wärmebedarf für die Lüfterwärmung (Anhaltswerte)
- 3.5.4 Richtwerte für Außenluftstrom und Luftwechsel
- 3.5.5 Zuluftbedarf bei reinen Luftheizungsanlagen
- 3.5.6 Erforderlicher Außenluftstrom in Hallenbädern
- 3.5.7 Kühlwasserbedarf bei Kompressions-Kältemaschinen (Anhaltswerte)
- 3.6.1 Nutzfläche für Raumluftheizungsanlagen (Anhaltswerte)
- 3.6.2 Nutzfläche für Kälteanlagen in der Raumluftheizung (Anhaltswerte)
- 3.7.1 Bauart und Größe von Ventilatoren
- 3.7.2 Bestimmung der Gesamtdruckdifferenz eines Ventilators
- 3.8.1 Zulufteinführung in Räumen. Einsatzgrenzen verschiedener Luftdurchlaßsysteme
- 3.8.2 Örtliche Absaugung über einen seitlichen Stutzen mit Flansch
- 3.9.1 Dimensionierung von Luftkanalquerschnitten
- 3.9.2 Gleichwertiger Durchmesser von Rechteckkanälen
- 3.9.3 Druckabfall in Wickelfalzrohren
- 3.9.4 Druckabfall im hydraulisch glatten Luftkanal (Grundrohrreibungsdiagramm, $k = 0$ mm)
- 3.9.5 Bestimmung der Durchmesser runder Blechkanäle in Abhängigkeit von Luftgeschwindigkeit, Volumenstrom und Druckabfall durch Rohrreibung
- 3.9.6 Korrekturfaktor f_e für verschiedene Rohrwandrauheiten k für Luftkanäle

