

Inhaltsverzeichnis

A Formelzeichen, Einheiten und dimensionslose Kenngrößen für die Berechnung von Wärmeübertragern und wärmetechnischen Apparaten	1
A1 Formelzeichen und Einheiten für die Berechnung von Wärmeübertragern und wärmetechnischen Apparaten	3
Matthias Kind	
A2 Dimensionslose Kenngrößen für die Berechnung von Wärmeübertragern und wärmetechnischen Apparaten	11
Matthias Kind	
B Grundlagen der Wärmeübertragung	15
B1 Die Energieform Wärme und verschiedene Arten der Wärmeübertragung	17
Peter Stephan	
B2 Grundlagen der Berechnungsmethoden für Wärmeleitung, konvektiven Wärmeübergang und Wärmestrahlung	23
Peter Stephan	
C Grundlagen der Berechnung von Wärmeübertragern	37
C1 Wärmeübertrager: Berechnungsmethoden	39
Wilfried Roetzel und Bernhard Spang	
C2 Wärmeübertrager: Wärmedurchgang und Wärmedurchgangskoeffizienten	79
Wilfried Roetzel und Bernhard Spang	
C3 Wärmeübertrager: Verminderung der Ablagerungsbildung	99
Hans Ulrich Zettler	
C4 Wärmeübertragernetzwerke	135
Xing Luo und Wilfried Roetzel	
C5 Wärmeübertrager: Kosten und Wirtschaftlichkeit	149
Bernhard Spang und Wilfried Roetzel	
D Thermophysikalische Stoffeigenschaften	155
D1 Berechnungsmethoden für thermophysikalische Stoffeigenschaften	157
Michael Kleiber und Ralph Joh	

D2.1 Thermophysikalische Stoffwerte von Wasser	201
Hans-Joachim Kretzschmar und Wolfgang Wagner	
D2.2 Thermophysikalische Stoffwerte von trockener Luft	219
Roland Span	
D2.3 Thermophysikalische Stoffwerte von Stickstoff	239
Roland Span	
D2.4 Thermophysikalische Stoffwerte von Kohlendioxid	259
Roland Span	
D2.5 Thermophysikalische Stoffwerte von Sauerstoff	279
Roland Span	
D2.6 Thermophysikalische Stoffwerte von Ammoniak	297
Roland Span	
D2.7 Thermophysikalische Stoffwerte von R134a (1,1,1,2-Tetrafluorethan)	317
Roland Span	
D2.8 Thermophysikalische Stoffwerte von R1234yf (2,3,3,3-Tetrafluoroprop-1-ene)	335
Roland Span	
D3.1 Thermophysikalische Stoffwerte sonstiger reiner Flüssigkeiten und Gase . . .	355
Michael Kleiber und Ralph Joh	
D3.2 Thermophysikalische Stoffwerte sonstiger reiner Fluide bei Sättigung	447
Roland Span	
D4.1 Thermophysikalische Stoffwerte gebräuchlicher Kältemittel	511
Felix Flohr	
D4.2 Thermophysikalische Stoffwerte von Fluiden für Kältebäder, von wässrige Lösungen und Glykolen	531
Gernot Krakat	
D4.3 Thermophysikalische Stoffwerte von Wärmeträgern auf Mineralölbasis und von synthetischen Wärmeträgern	551
Andreas Glück und Dietmar Hunold	
D5.1 Dampf-Flüssigkeits-Gleichgewichte von Mehrkomponenten-Gemischen	603
Andreas Pfennig	
D5.2 Dampf-Flüssigkeits-Gleichgewichte und Diffusionskoeffizienten von Polymerlösungen	621
Wilhelm Schabel	
D5.3 Dampfdrücke von wässrigen Salzlösungen	631
Hartwig Wolf	
D6.1 Thermophysikalische Stoffwerte von Metallen und Metalllegierungen	645
Christian Ullrich und Thomas Bodmer	
D6.2 Thermophysikalische Stoffwerte fester Polymere	659
Christof Hübner und Paul Bernd Kempa	
D6.3 Thermophysikalische Stoffwerte von feuerfesten Materialien	665
Axel Eschner	

D6.4 Thermophysikalische Stoffwerte von Kälte- und Wärmedämmstoffen	679
Andreas Kleiner und Günther Kasperek	
D6.5 Wärmeleitfähigkeit von Erdreich, Holz, Holzwerkstoffen, allgemeinen Baustoffen und Mauerwerk	687
Martin H. Spitzner	
E Wärmeleitung	707
E1 Wärmeleitung – stationär	709
Erich Hahne und Klaus Elgeti	
E2 Wärmeleitung – instationär	729
Holger Martin, Thomas Wetzel und Benjamin Dietrich	
F Wärmeübertragung durch freie Konvektion	757
F1 Wärmeübertragung bei freier Konvektion: Grundlagen	759
André Thess und Robert Kaiser	
F2 Wärmeübertragung bei freier Konvektion: Außenströmungen	763
André Thess und Robert Kaiser	
F3 Wärmeübertragung bei freier Konvektion: Innenströmungen	773
André Thess und Robert Kaiser	
F4 Wärmeübertragung bei freier Konvektion: Sonderfälle	785
André Thess und Robert Kaiser	
F5 Wärmeabgabe von Heizkörpern beim Betrieb mit Warmwasser	791
André Thess und Robert Kaiser	
G Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion	801
G1 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Durchströmte Rohre	803
Volker Gnielinski	
G2 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Konzentrischer Ringspalt und ebener Spalt	813
Volker Gnielinski	
G3 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Durchströmte Rohrwendeln	823
Volker Gnielinski	
G4 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Längsumströmte ebene Wände	827
Volker Gnielinski	
G5 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Bewegte Oberflächen mit paralleler Überströmung	831
Holger Martin	
G6 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Querumströmte einzelne Rohre, Drähte und Profilzylinder	839
Volker Gnielinski	

G7 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Querdurchströme
Rohrreihen und Rohrbündel 843
Volker Gnielinski

G8 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Außenraum von
Rohrbündel-Wärmeübertragern mit Umlenkblechen 849
Edward S. Gaddis und Volker Gnielinski

G9 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Durchströme
Haufwerke 889
Volker Gnielinski

G10 Wärmeübertragung bei erzwungener Konvektion: Prallströmungen 893
Wilhelm Schabel und Holger Martin

H Wärmeübergang beim Sieden 903

H1 Entstehung von Dampfblasen bei Siedevorgängen 905
Karl Stephan

H2 Behältersieden reiner Stoffe und von Gemischen 909
Dieter Gorenflo

H3.1 Strömungssieden – Einführung 959
Matthias Kind und Thomas Wetzel

H3.2 Strömungssieden – Strömungsformen in Verdampferrohren 965
Matthias Kind und Thomas Wetzel

H3.3 Strömungssieden – Druckverlust in durchströmten Verdampferrohren 973
Matthias Kind und Thomas Wetzel

H3.4 Strömungssieden unterkühlter Flüssigkeiten 977
Matthias Kind und Thomas Wetzel

H3.5 Strömungssieden gesättigter, reiner Flüssigkeiten 989
Matthias Kind und Yasushi Saito

H3.6 Strömungssieden – Kritische Siedezustände 1015
Oliver Herbst

H3.7 Strömungssieden – Wärmeübergang nach der Siedekrise 1061
Anastassios Katsaounis

H3.8 Strömungssieden von Gemischen 1085
Matthias Kind und Yasushi Saito

J Wärmeübergang bei der Kondensation 1095

J1 Filmkondensation reiner Dämpfe 1097
Reiner Numrich und Jürgen Müller

J2 Kondensation von Mehrstoffgemischen 1117
Reiner Numrich

J3 Tropfenkondensation 1131
Alfred Leipertz

J4 Misch- und Sprühkondensation 1139
Ulrich Hochberg und Harald Grave

J5 Spontane Kondensation und Aerosolbildung 1147
Friedrich Ehrler und Karlheinz Schaber

K Wärmestrahlung 1181

K1 Wärmestrahlung technischer Oberflächen 1183
Stephan Kabelac und Dieter Vortmeyer

K2 Wärmestrahlung – Sichtfaktoren 1201
Dieter Vortmeyer und Stephan Kabelac

K3 Wärmestrahlung von Gasen und Gasgemischen 1219
Stephan Kabelac und Dieter Vortmeyer

K4 Wärmestrahlung von Gas-Feststoff-Gemischen 1241
Hans-Gerd Brummel

K5 Wärmestrahlung in Brennräumen 1253
Klaus Görner

K6 Wärmestrahlung - Superisolierungen 1269
Harald Reiss

L Strömungsdynamik und Druckverlust

L1 Strömungsdynamik und Druckverlust: Einphasige Strömungen 1351

L1.1 Druckverlust in einphasigen Strömungen 1353
Hermann Nirschl

L1.2 Druckverlust in durchströmten Rohren 1355
Hermann Nirschl

L1.3 Druckverlust in durchströmten Leitungen mit Querschnittsänderungen 1363
Hermann Nirschl

L1.4 Druckverlust in querumströmten Rohrbündeln 1375
Edward S. Gaddis

**L1.5 Druckverlust in umströmten Rohrbündeln in Wärmeübertragern mit
und ohne Umlenkbleche** 1401
Edward S. Gaddis

L1.6 Druckverlust in durchströmten Schüttungen 1425
Andreas Bück und Karl-Ernst Wirth

L1.7 Druckverlust bei der Durchströmung von Lochplatten 1431
Johann Stichlmair

**L2 Strömungsdynamik und Druckverlust: Zweiphasige Gas-
Flüssigkeitsströmungen** 1437

L2.1 Berechnung der Phasenanteile bei Gas-Flüssigkeitsströmungen 1439
Holger Schmidt

**L2.2 Druckabfall von Gas-Flüssigkeitsströmungen in Rohren,
Leitungselementen und Armaturen** 1449
Anton Wellenhofer

L2.3 Auslegung von Schutzeinrichtungen für wärmeübertragende Apparate 1469
Jürgen Schmidt

L2.4 Kritische Massenströme durch Düsen, Ventile und Rohreinbauten 1487
Jürgen Schmidt

**L2.5 Druckverlust und Flutgrenze bei vertikaler Gas-Flüssigkeit-
Gegenströmung 1521**
Dieter Mewes

L2.6 Druckverlust und Flutgrenze in berieselten Packungen 1527
Alfons Mersmann

L2.7 Nasser Druckverlust und Leerblasen von Kolonnenböden 1537
Johann Stichlmair

**L3 Strömungsdynamik und Druckverlust: Zweiphasige
Gas-Festkörper-Strömungen 1541**

L3.1 Bewegung fester Partikel in Gasen und Flüssigkeiten 1543
Martin Sommerfeld

L3.2 Strömungsformen und Druckverlust in Wirbelschichten 1561
Andreas Bück und Karl-Ernst Wirth

L3.3 Druckverlust in pneumatischen Transportanlagen 1577
Ulrich Muschelknautz

L3.4 Zyklone zum Abscheiden fester Partikel aus Gasen 1599
Ulrich Muschelknautz

**L4 Strömungsdynamik und Druckverlust: Blasen und Tropfen in technischen
Apparaten 1619**

**L4.1 Bildung und Bewegung von Tropfen und Blasen in technischen
Apparaten 1621**
Michael Schlüter

**L4.2 Entstehen und mechanisches Zerstören von Schäumen in technischen
Apparaten 1641**
Alfons Mersmann

L4.3 Tropfenabscheidung in technischen Apparaten 1653
Andrea Luke

L4.4 Zerstäuben von Flüssigkeiten mit Einstoff-Druckdüsen 1661
Peter Walzel

M Sonderprobleme der Wärmeübertragung 1683

M1 Wärmeübergang an berippten Rohren 1685
Klaus Gerhard Schmidt

M2 Wärmedurchgang durch Wände mit aufgeschweißten Rohrschlangen 1691
Wolfgang Heidemann

M3 Wärmeübergang an senkrechten Rieselfilmen 1701
Günter Schnabel

M4 Wärmeübergang an nichtnewtonschen Flüssigkeiten 1711
Manfred H. Wagner

M5 Wärmeübergang in Wirbelschichten 1719
Evangelos Tsotsas

**M6 Wärmeübergang von einer Heizfläche an ruhende oder mechanisch
durchmischte Schüttungen 1731**
Evangelos Tsotsas

M7 Wärmeleitung und Dispersion in durchströmten Schüttungen 1753
Evangelos Tsotsas

M8 Be- und Entfeuchten von Luft 1773
Manfred Zeller und Ulrich Busweiler

M9 Konvektive Wärmeübertragung bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten 1795
Bernhard Weigand und Nimai-Kumar Mitra

M10 Wärmeübertragung und Strömung in verdünnten Gasen 1811
Arnold Frohn, Norbert Roth, Klaus Anders und Bernhard Weigand

M11 Wärmeleitfähigkeit von Schütttschichten 1831
Evangelos Tsotsas

**M12 Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen in Abhängigkeit von Temperatur
und Feuchtegehalt 1845**
Fabian Ochs und Michele Bianchi Janetti

N Spezielle Wärmeübertrager 1857

N1 Wärmeübertragung in Regeneratoren 1859
Wolfgang Bender

N2 Kombinierte Wärme- und Stoffübertragung in rotierenden Regeneratoren . . . 1877
Gerd Gaiser

N3 Wärmeübertragung und Leistungsaufnahme in Rührkesseln 1895
Edward S. Gaddis

N4 Kühltürme 1937
Paul J. Erens und Hanno C Reuter

N5 Wärmerohre 1959
Peter Stephan

N6 Druckverlust und Wärmeübergang in Plattenwärmeübertragern 1975
Holger Martin, Benjamin Dietrich und Markus Nickolay

N7 Phasenwechselmaterialien (PCM) für Latent-Wärmespeicher 1989
Ludger Josef Fischer

O Konstruktion von Wärmeübertragern 2009

O1 Konstruktive Hinweise für den Bau von Wärmeübertragern 2011
Ralph Wunderlich

O2 Schwingungen in Wärmeübertrager-Rohrbündeln 2041
Samir Ziada, Marwan Hassan und Horst Gelbe