

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen
Anlagen in der Industrie und in der
Technischen Gebäudeausrüstung

Berechnungsgrundlagen

Thermal insulation of heated and refrigerated
operational installations in the industry and the
building services

Calculation rules

VDI 2055

Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	5	Preliminary note	5
Einleitung	5	Introduction	5
1 Anwendungsbereich	6	1 Scope	6
2 Begriffe	7	2 Terms and definitions	7
3 Formelzeichen und Indizes	7	3 Symbols and indices	7
4 Grundlagen des Wärmeschutzes	10	4 Principles of thermal insulation	10
4.1 Physikalische Gesetzmäßigkeiten	10	4.1 Physical laws	10
4.1.1 Wärmetransport	10	4.1.1 Heat transfer	10
4.1.2 Einfluss der Feuchtigkeit im Dämmstoff auf die Wärmeleit- fähigkeit	15	4.1.2 Influence of moisture in the insulant upon the thermal conductivity	15
4.2 Berechnung der Wärmeströme durch Dämmschichten im stationären Zustand	16	4.2 Calculation of heat flow rates through insulation layers in the steady state	16
4.2.1 Wärmetransport in Dämmschichten	16	4.2.1 Heat transfer in insulation layers	16
4.2.2 Wärmeübergang	26	4.2.2 Surface heat transfer	26
4.2.3 Wärmedurchgang	35	4.2.3 Thermal transmission	35
4.2.4 Temperaturen an Oberflächen und Schichtgrenzen	41	4.2.4 Temperatures at surfaces and layer boundaries	41
5 Berechnung von Wärmeverlusten oder -einträgen, Temperaturen und Wasserdampf- diffusionsvorgängen	43	5 Calculation of heat losses or ingresses, temperatures and water vapour diffusion processes	43
5.1 Gesamtwärmeverlust oder -eintrag und die Einflussgrößen	43	5.1 Total heat loss or ingress and pertinent factors	43
5.1.1 Praktische Gegebenheiten und Randbedingungen	44	5.1.1 Practical matters and boundary conditions	44
5.1.2 Zuschlagswerte $\Delta\lambda$ zur Berechnung von λ_B	45	5.1.2 Supplementary values $\Delta\lambda$ for calculating λ_B	45
5.1.3 Gesamtwärmedurchgangs- koeffizient k'_i	45	5.1.3 Total thermal transmission coefficient k'_i	45

VDI-Gesellschaft Energietechnik

Ausschuss Wärme- und Kälteschutz

VDI-Handbuch Energietechnik

VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 2: Planung/Projektierung

	Seite		Page
5.2 Wärmeverluste oder -einträge sowie Temperaturen in Komponenten	53	5.2 Heat losses or ingresses and temperatures in components	53
5.2.1 Behälter	53	5.2.1 Vessel	53
5.2.2 Rohrleitungen und Kanäle	56	5.2.2 Pipes and ducts	56
5.3 Wasserdampfdiffusion	60	5.3 Water vapour diffusion	60
5.3.1 Allgemeines	60	5.3.1 General	60
5.3.2 Wasserdampfdiffusion in einer Kühlraumwand.	62	5.3.2 Water vapour diffusion in a cold store wall	62
5.3.3 Wasserdampfdiffusion in Kälte- dämmungen	63	5.3.3 Water vapour diffusion in cold insulations	63
5.4 Beispiele	68	5.4 Examples	68
5.4.1 Einlagige Wärmedämmung einer vertikalen Rohrleitung	68	5.4.1 Single-layer thermal insulation of a vertical pipe	68
5.4.2 Kälte-dämmung.	70	5.4.2 Cold insulation	70
5.4.3 Dämmung einer Kühlleitung zur Vermeidung von Tauwasser; Berechnung der Feuchteaufnahme.	71	5.4.3 Insulation of a cold pipe to avoid condensation; calculation of moisture absorption	71
5.4.4 Mehrschichtige Wärmedämmung	74	5.4.4 Multi-layered thermal insulation	74
5.4.5 Wärmeverlust eines Behälters	76	5.4.5 Heat loss from a vessel	76
5.4.6 Wärmestrom eines in einer Fuß- boden- oder Wandkonstruktion eingebetteten Rohres.	81	5.4.6 Heat flow rate of a pipe embedded in a floor or wall construction	81
6 Bemessung von Dämmschichten	84	6 Dimensioning of insulation layers	84
6.1 Allgemeine Gesichtspunkte für die Auswahl von Dämmstoffen und die Festlegung von Dämmschichtdicken	84	6.1 General considerations regarding the selection of insulation materials and the determination of insulation layer thicknesses	84
6.1.1 Bemessungskriterien.	84	6.1.1 Dimensioning criteria	84
6.1.2 Wahl des Dämmstoffes	85	6.1.2 Selection of the insulation material	85
6.2 Ermittlung von Dämmschichtdicken beim Wärmeschutz	85	6.2 Determination of insulation layer thicknesses for thermal protection	85
6.2.1 Ermittlung von Dämmschicht- dicken nach technischen Gesichts- punkten.	85	6.2.1 Determination of insulation layer thicknesses on the basis of technical considerations	85
6.2.2 Bestimmung der Dämmschicht- dicke nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten	91	6.2.2 Determination of insulation layer thickness on the basis of economic considerations	91
6.2.3 Beispiele	99	6.2.3 Examples	99
6.3 Besonderheiten beim Kälteschutz	105	6.3 Special conditions for cold protection	105
6.3.1 Allgemeines	105	6.3.1 General	105
6.3.2 Bestimmung der Dämmschicht- dicke nach betriebstechnischen Gesichtspunkten	105	6.3.2 Determination of insulation layer thickness on the basis of operational considerations.	105
Anhang A	107	Annex A	108
A1 Vergleich der Wärmeleitfähigkeiten	107	A1 Comparison of thermal conductivities	108
A2 Anhaltswerte für das Produkt aller wirksamen Faktoren f_{ges} gemäß Gleichung (8) und Anhang A3	109	A2 Reference values for the product of all effective factors f_{ges} according to Equation (8) und Annex A3	112
A3 Faktoren zur Ermittlung der Betriebs- wärmeleitfähigkeit gemäß Abschnitt 4.2.1.1c	115	A3 Factors for the determination of the operational thermal conductivity according to Section 4.2.1.1c	117
A3.1 Faktor $f_{\Delta\theta}$	116	A3.1 Factor $f_{\Delta\theta}$	118

	Seite		Page
A3.2	Koeffizient a_c für Mineralwolle zur Berechnung von f_{VD} im Temperaturbereich 50 °C bis 600 °C	A3.2	Coefficient a_c for mineral wool for the calculation of f_{VD} in the temperature range 50 °C to 600 °C
	119		119
A3.3	Parameter für die modifizierte Nusselt-Zahl zur Ermittlung von f_k	A3.3	Parameter for the modified Nusselt number for the determination of f_k
	119		119
A3.4	Koeffizient a_ψ zur Ermittlung des Feuchtefaktors f_F	A3.4	Coefficient a_ψ for the determination of the moisture factor f_F
	120		120
A3.5	Dickenkoeffizient a_s für IR-strahlungsdurchlässige Dämmstoffe (Temperaturbereich 20 °C bis 60 °C)	A3.5	Thickness coefficient a_s for insulants permeable for IR radiation (Temperature range 20 °C to 60 °C)
	120		120
A4	Zuschlagswerte $\Delta\lambda$ zur Ermittlung der Betriebswärmeleitfähigkeit gemäß Abschnitt 4.2.1.1c	A4	Supplementary values $\Delta\lambda$ for the determination of operational thermal conductivity according to Section 4.2.1.1c
	121		122
A5	Anhaltswerte für Verluste über dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken oder Einbauten	A5	Reference values for losses from thermal-bridges or inserts.
	123		125
A6	Anhaltswerte für Dämmstoffeigenschaften	A6	Reference values for insulation material properties
	127		127
A6.1	Koeffizienten zur Berechnung der Wärmeleitfähigkeitskurven nach Anhang A6	A6.1	Coefficients for the calculation of thermal conductivity curves according to Annex A6
	132		132
A7	Stoffwerte der trockenen Luft	A7	Properties of dry air.
	136		136
A8	Emissionsgrad ε verschiedener Oberflächen bei Temperaturen zwischen 0 °C und 200 °C	A8	Emissivity ε of various surfaces at temperatures between 0 °C and 200 °C
	137		137
A9	Einstrahlzahl ϕ_{12}	A9	Irradiation factor ϕ_{12}
	138		138
A10	Parameter c , n und κ zur Berechnung des mittleren Wärmeübergangskoeffizienten bei freier Konvektion	A10	Parameters c , n , κ for the calculation of the average heat transfer coefficient with free convection
	140		140
A11	Gleichungen zur Berechnung des Wärmedurchlasskoeffizienten A bei Luftspalten infolge freier Konvektion und Wärmeleitung.	A11	Equations for the calculation of coefficient of thermal conductance A for air spaces caused by free convection and thermal conductivity
	142		142
A12	Beziehungen zur Berechnung des Wärmeübergangskoeffizienten bei erzwungener Konvektion α_k	A12	Relationships for calculating heat transfer coefficient α_k with forced convection.
	144		144
A13	Konstruktive Wärmebrücken (WB)	A13	Structural thermal bridges (WB)
	145		145
A14	Anhaltswerte für Verluste über anlagenbedingte Wärmebrücken der Einbauten.	A14	Reference values for plant related thermal bridges
	146		146
A15	Anhaltswerte für Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahlen μ und diffusionsäquivalente Luftschichtdicken s_d	A15	Reference values for water vapour diffusion resistance factor μ and diffusion-equivalent air layer thickness s_d
	148		148
A16	Differenz $\Delta\vartheta_{\text{Tau}}$ in K zwischen Luft- und Oberflächentemperatur bei Beginn der Tauwasserbildung	A16	Difference $\Delta\vartheta_{\text{Tau}}$ in K between air and surface temperature at the beginning of dew formation
	149		149
Anhang B	Diagramme	Anhang B	Diagrams
	150		150
B1a	Faktor Ψ zur Berechnung des Wärmeverlustes von auskragenden Wärmebrücken	B1a	Factor Ψ for calculation heat loss from projecting thermal bridges
	150		150

	Seite		Page
B1b	Formfaktor S_R zur Berechnung des Wärmeverlustes von Versteifungsrippen	B1b	Form factor S_R for the calculation of heat losses at reinforcing profiles 151
B2	Linien konstanter Drosselkoeffizienten $\delta_{h,D}$ von Wasser und Dampf in einem Druck-Temperatur-Diagramm.	B2	Lines of constant throttle coefficients $\delta_{h,D}$ of water and steam in a pressure-temperature diagram 152
B3.1	Berechnung der Wärmeströme von Rohrleitungen in Fußbodenaufbauten	B3.1	Calculation of heat flow rates in pipes in floor constructions. 153
B3.2	Berechnung der Wärmeströme von Rohrleitungen in Wänden	B3.2	Calculation of heat flow of pipes in walls 154
B4	Bestimmung der Dämmschichtdicke für eine Rohrleitung bei vorgegebener Wärmestromdichte	B4	Determination of insulation layer thickness for a pipe at a set density of heat flow rate. 155
B5	Dämmschichtdicke für Rohrleitungen in Abhängigkeit vom Wärmestrom je m Rohrlänge, der Temperaturdifferenz zwischen Medium und Luft, der Wärmeleitfähigkeit, der Kenngröße G und dem Rohrdurchmesser	B5	Insulation layer thickness for pipes as a function of heat flow per m pipe length, temperature difference between medium and air, thermal conductivity, parameter G and pipe diameter 156
B6	Bestimmung der Dämmschichtdicke von Rohrleitungen und ebenen Wänden in Abhängigkeit von der Übertemperatur der Dämmschichtoberfläche gegenüber der Umgebungsluft, dem Rohrdurchmesser, der Wärmeleitfähigkeit und dem äußeren Wärmeübergangskoeffizienten	B6	Determination of insulating layer thickness of pipes and walls as a function of excess temperature of the insulating layer surface in comparison with the ambient air, the pipe diameter, the thermal conductivity and the external heat transfer coefficient 157
Schrifttum		Bibliography	 158
Index		Index	 162

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Einleitung

Die Richtlinie VDI 2055 erscheint in drei Blättern, die sich an die Zielgruppen Anwender, Planer, Dämmstoffhersteller sowie Prüf- und Überwachungsinstitutionen richten.

Das Blatt 1 enthält die Beziehungen zur Auslegung von Wärme- und Kälte­dämmungen. Neu aufgenommen im Vergleich zur VDI 2055:1994-07 wurden Berechnungen aus dem Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung.

Folgende weitere Blätter der VDI 2055 sind in Vorbereitung:

- Blatt 2 für die Aufgabenbereiche: Messen, Prüfen und Zertifizieren von Dämmstoffen
- Blatt 3 für die Abnahme von Dämmsystemen und für Lieferbedingungen

Die bisher vorliegende VDI 2055 wurde überarbeitet und auch hinsichtlich der Formelzeichen weitgehend an die europäische Normung angeglichen. Tabelle 1 stellt die wichtigsten Bezeichnungen der neuen VDI 2055 den Entsprechungen des europäischen Normenwerks gegenüber.

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

Introduction

The guideline VDI 2055 is issued in three parts, addressing the clients technical engineers, insulation material manufacturers, testing and certification institutions and insulation contractors.

Part 1 contains the calculation rules for the design of thermal and cold insulations. The calculations covering the area of building equipment have been newly added (cf. VDI 2055:1994-07).

The following additional parts of VDI 2055 are in preparation:

- Part 2 for the areas: measurements, testing and certification of insulation materials
- Part 3 for the acceptance of insulation systems and the supply conditions

The VDI 2055 has been revised and also adjusted to the European standardisation regarding the symbols used in equations. Table 1 below shows the most important terms of the new VDI 2055 against their equivalents in the European standards.
