

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Berechnung des instationären thermischen
Verhaltens von Räumen und Gebäuden
Modell der solaren Einstrahlung
Calculation of transient thermal response
of rooms and buildings
Modelling of solar radiation

VDI 6007
Blatt 3 / Part 3

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope	4
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	5	3 Terms and definitions	5
4 Abkürzungen	5	4 Abbreviations	5
5 Grundlagen und Definitionen	5	5 Basic principles and definitions	5
6 Kurzweilige Einstrahlung auf eine horizontale Fläche	8	6 Short-wave irradiation on a horizontal surface area	8
6.1 Direkte Einstrahlung auf horizontale Fläche	8	6.1 Direct irradiation onto horizontal surface area	8
6.2 Diffuse Einstrahlung auf horizontale Fläche	9	6.2 Diffuse irradiation onto horizontal surface area	9
7 Kurzweilige Einstrahlung auf eine beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche	11	7 Short-wave irradiation on a surface area with any orientation and inclination	11
7.1 Direkte Einstrahlung auf die beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche	12	7.1 Direct irradiation onto the surface area with any orientation and inclination	12
7.2 Diffuse Einstrahlung auf die beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche	13	7.2 Diffuse irradiation onto the surface area with any orientation and inclination	13
7.3 Bodenreflexion auf die beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche	15	7.3 Ground reflexion onto the surface area with any orientation and inclination	15
7.4 Berücksichtigung einer Horizontüberhöhung bei der diffusen Einstrahlung	15	7.4 Consideration of horizon vertical exaggeration for diffuse irradiation	15
8 Ermittlung der kurzweiligen Strahlung durch beliebig orientierte und beliebig geneigte transparente Flächen (einschließlich Sonnenschutz)	16	8 Determination of the short-wave radiation due to transparent surface areas with any orientation and inclination (including solar protection)	16
8.1 Korrekturwerte kor_g und kor_{τ_e} bei nicht senkrechtem und nicht parallelem Strahlungseinfall	18	8.1 Correction values kor_g and kor_{τ_e} for non-vertical and non-parallel radiation incidence	18
8.2 Rückwirkung eines außen liegenden Sonnenschutzes auf kor_g und kor_{τ_e}	22	8.2 Repercussion of external solar protection on kor_g and kor_{τ_e}	22

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG)

Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung

VDI-Handbuch Wärme-/Heiztechnik
VDI-Handbuch Elektrotechnik und Gebäudeautomation
VDI-Handbuch Raumluftechnik

	Seite
9 Zusätzlicher Wärmeeintrag bei Fensterlüftung und gleichzeitig geschlossenem außen liegendem Sonnenschutz	23
10 Berechnung der langwelligen Ein- und Ausstrahlung während der Cooling Design Period (CDP)	24
11 Ermittlung der Grenzwerte der Einstrahlung für das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung	25
11.1 Natürliche Beleuchtung	26
11.2 Tageslichtberechnung nach DIN 5034	26
11.3 Tageslichtsimulation	26
11.4 Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Ein- und Ausschaltzeitpunkte der Beleuchtung	27
12 Sonneneinstrahlung und Beschattung	31
12.1 Eigenbeschattung durch Vorsprünge bei direkter Strahlung	31
12.2 Fremdbeschattung durch Horizontüberhöhung und/oder Verbauung bei direkter Strahlung	33
12.3 Horizontüberhöhung und Beschattung bei diffuser Strahlung	35
13 Validierung	36
Schrifttum	36

	Page
9 Additional heat input in the event of window ventilation and simultaneously closed external solar protection	23
10 Calculation of the long-wave irradiation and radiation during the cooling design period (CDP)	24
11 Determination of the thresholds for irradiation regarding activation and deactivation of the illumination	25
11.1 Natural illumination	26
11.2 Daylight calculation according to DIN 5034	26
11.3 Daylight simulation	26
11.4 Calculation procedures for determining the activation and deactivation times of the illumination	27
12 Solar irradiation and shadowing	31
12.1 Self-shadowing due to projections for direct radiation	31
12.2 Third party shadowing due to horizon vertical exaggeration and/or obstruction for direct radiation	33
12.3 Horizon vertical exaggeration and shadowing for diffuse radiation	35
13 Validation	36
Bibliography	36

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

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

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/6007.

Einleitung

Diese Richtlinie dient als weiterer Baustein in der Neuordnung der Rechenverfahren zur Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden. Zweck dieser Neuordnung ist die Trennung der Richtlinien entsprechend ihrem Aufgabenbereich. So enthalten die neuen

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard 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 standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi.de/richtlinien).

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

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the internet at www.vdi.de/6007.

Introduction

This standard serves as a further component in the reorganisation of the calculation procedures regarding the calculation of transient thermal response of rooms and buildings. The purpose of this reorganisation is to separate the standards in accordance with their field of functions. This way, the new

Kühllastregeln VDI 2078 die Definitionen und Festlegungen der Parameter und Randbedingungen, unter denen die Kühllast zu bestimmen ist. Die Verfahren für die thermisch energetische Berechnung (Rechenmodelle) sind getrennt nach ihrer Aufgabenstellung in VDI 6007 eingeordnet.

VDI 6007 Blatt 1 enthält das Raummodell als Rechenkern, Blatt 2 das Fenstermodell und Blatt 3 das Modell für die solare Einstrahlung.

Diese Zentralisierung der Rechenverfahren in VDI 6007 hat den Vorteil, dass andere Richtlinien auf diese Verfahren verweisen und mehrfache Bearbeitungen vermieden werden. So wird z.B. in VDI 2067 auf die VDI 6007 verwiesen. Abgesehen von einer besseren Übersichtlichkeit wird auch noch eine Vereinheitlichung der wichtigsten Rechenverfahren erreicht.

Die in VDI 6020:2001 enthaltene Berechnung der solaren Einstrahlung und der Tageslichtsimulation waren speziell auf die Anforderungen einer Ganzjahressimulation auf der Basis der Testreferenzjahre (TRY) aufgebaut. Aufgabe war es, die Umrechnung der Strahlungsdaten aus dem TRY und das Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Ein- und Ausschaltzeitpunkte der Beleuchtung zu vereinheitlichen.

Die vorliegende Richtlinie erweitert diese Aufgabenstellung erheblich:

- kurzweilige Einstrahlung auf eine horizontale Fläche
- kurzweilige Einstrahlung auf eine beliebig orientierte und beliebig geneigte Fläche
- Ermittlung der kurzweiligen Strahlung durch beliebig orientierte und beliebig geneigte transparente Flächen (einschließlich Sonnenschutz)
- zusätzlicher Wärmeeintrag bei Fensterlüftung und gleichzeitig geschlossenem außen liegendem Sonnenschutz
- Berechnung der langwelligen Ein- und Ausstrahlung während der CDP (Cooling Design Period)
- Ermittlung der Grenzwerte der Einstrahlung für das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung
- Sonneneinstrahlung und Beschattung

Damit sind alle relevanten Berechnungen für die solare Einstrahlung an einer Stelle definiert. Völlig neu ist die Definition der Strahlungsbedingungen am CDD (Cooling Design Day) und in der CDP.

VDI 6007 Blatt 3 stellt einen großen Fortschritt bei der Berechnung des diffusen Anteils der Sonneneinstrahlung dar.

Das Maximum nach VDI 2078:1996 lag bei 160 W/m^2 auf eine horizontale Fläche bei einem

cooling load rules VDI 2078 include the definitions and specifications of the parameters and boundary conditions to be used to determine the cooling load. The procedures for thermal-energetic calculation (calculation models) are classified within VDI 6007 separated in accordance with their field of functions.

VDI 6007 Part 1 comprises the room model as main focus of the calculation, Part 2 the window model, and Part 3 the model for solar irradiation.

This centralisation of the calculation procedures in VDI 6007 provides for the advantage that other standards refer to these procedures and multiple processing is avoided. This way, VDI 2067 contains reference to VDI 6007, e.g. Apart from a better clarity, a standardisation of the most important calculation procedures can be achieved.

The calculation of the solar irradiation and the daylight simulation contained in VDI 6020:2001 were build specifically upon the requirements of an all-year simulation on the basis of the test reference years (TRY). The assignment was to standardise the conversion of the radiation data from the TRY and the calculation procedure for the determination of the times the illumination must be switched on and off.

The present standard significantly expands this assignment:

- short-wave irradiation on a horizontal surface area
- short-wave irradiation on a surface area with any orientation and inclination
- determination of the short-wave radiation through transparent surface areas with any orientation and inclination (including solar protection)
- additional heat input in the event of window ventilation and simultaneously closed external solar protection
- calculation of the long-wave irradiation and radiation during CDP (cooling design period)
- determination of the thresholds for irradiation regarding activation and deactivation of the illumination
- solar irradiation and shadowing

This way, all relevant calculations for solar irradiation onto a location are defined. The definition of the radiation conditions on the CDD (cooling design day) and in the CDP is completely new.

VDI 6007 Part 3 constitutes a huge progress regarding the calculation of the diffuse share of solar irradiation.

The maximum according to VDI 2078:1996 was 160 W/m^2 on a horizontal surface area at a turbidi-

Trübungsfaktor von 6,1 im Juli. Sowohl in den derzeit gültigen TRY nach DIN 4710 als auch in den alten TRY konnte man an vielen Stunden wesentlich höhere Werte finden. Diese höheren Werte der Diffusstrahlung sind nicht nur vom Trübungs-faktor, sondern auch von der Bewölkung abhängig. Die durch den Kulisseneffekt leichter Wolken reflektierte Direktstrahlung führt z.B. zu einer erheblichen Erhöhung der Diffusstrahlung an einer der Sonne abgewandten Fassade.

In dieser Richtlinie wurde deshalb ein Verfahren für die Berechnung der langwelligen Ein- und Ausstrahlung während der CDP angegeben. Das Verfahren wurde so konzipiert, dass die Datenstruktur mit der der TRY übereinstimmt, sodass mit den gleichen Algorithmen TRY und CDP berechnet werden können.

1 Anwendungsbereich

Die in dieser Richtlinie definierten Rechenverfahren dienen als Bausteine für Rechenverfahren zur Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden und sind Teil des Raummodells der Richtlinie VDI 6007 Blatt 1.

Im Gegensatz zu den übrigen Verfahren ist die Berechnung der langwelligen Ein- und Ausstrahlung während der CDP auf den Einsatz im Sinne der VDI 2078 zur Berechnung von Kühllast bzw. von Raumtemperaturen beschränkt. Sie hat aber ebenfalls Gültigkeit für eine HDP (heating design period) bei instationärer Heizlastberechnung.

ty factor of 6,1 in July. Both in the currently applicable TRY according to DIN 4710 and in the old TRY, significantly higher values could be found for many hours. These higher values of the diffuse radiation do not only depend on the turbidity factor, but also on the cloudiness. The direct radiation reflected by the set effect of minor clouds results in a significant increase of the diffuse radiation at a facade on the shadow side, e.g.

Thus, a procedure for calculating the long-wave irradiation and radiation during the CDP was specified within the framework of this standard. The procedure was designed in a way that the data structure corresponds to the data structure of TRY so that the same algorithms TRY and CDP can be used for calculation purposes.

1 Scope

The calculation procedures defined within this standard serve as components for calculation procedures for the calculation of the transient thermal response of rooms and buildings, and are parts of the room model of standard VDI 6007 Part 1.

As opposed to the other procedures, the calculation of the long-wave irradiation and radiation during the CDP is limited to the use within the meaning of VDI 2078 regarding the calculation of cooling load or room temperatures. However, it is also applicable to an HDP (heating design period) in the event of transient heating load calculation.

2 Normative Verweise / Normative references

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich: /

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

DIN 5034-2:1985-02 Tageslicht in Innenräumen; Grundlagen (Daylight in interiors; Principles)

DIN 5034-3:2007-02 Tageslicht in Innenräumen; Teil 3: Berechnung (Daylight in interiors; Part 3: Calculation)

DIN EN 410:2011-04 Glas im Bauwesen; Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen; Deutsche Fassung EN 410:2011 (Glass in building; Determination of luminous and solar characteristics of glazing; German version EN 410:2011)

VDI 3789 Blatt 3:2001-10 Umweltmeteorologie; Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen; Berechnung der spektralen Bestrahlungsstärken im solaren Wellenlängenbereich (Environmental meteorology; Interactions between atmosphere and surfaces; Calculation of spectral irradiances in the solar wavelength range)

VDI 6007 Blatt 2:2012-03 Berechnung des instationären thermischen Verhaltens von Räumen und Gebäuden; Fenstermodell (Calculation of transient thermal response of rooms and buildings; Modelling of windows)

VDI 6020 Anforderungen an thermisch-energetische Rechenverfahren zur Gebäude- und Anlagensimulation (Requirements on methods of calculation to thermal and energy simulation of buildings and plants)