

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Umweltmeteorologie
Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre
und Oberflächen
Berechnung der spektralen kurz- und
der langwelligen Strahlung
Environmental meteorology
Interactions between atmosphere and surfaces
Calculation of spectral short-wave and long-wave radiation

VDI 3789

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

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	3	Preliminary note	3
Einleitung	3	Introduction	3
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope	4
2 Normative Verweise	8	2 Normative references	8
3 Begriffe	8	3 Term and definitions	8
4 Formelzeichen und Abkürzungen	11	4 Symbols and abbreviations	11
5 Grundlage des Verfahrens	24	5 Fundamentals of the method	24
5.1 Maßeinheiten und Koordinatensysteme.	24	5.1 Units and coordinate systems.	24
5.2 Energiebilanz	26	5.2 Energy balance	26
5.3 Strahlungsbilanz	27	5.3 Radiation balance.	27
5.4 Direkte und diffuse Sonnenstrahlung	27	5.4 Direct and diffuse solar radiation.	27
5.5 Solare spektrale Bestrahlungsstärke	30	5.5 Solar spectral irradiance	30
5.6 Wärmestrahlung.	30	5.6 Thermal radiation.	30
5.7 Wirksame Bestrahlungsstärken	32	5.7 Effective irradiance	32
5.8 Oberflächentemperatur	33	5.8 Surface temperature	33
6 Spektrale Bestrahlungsstärken	33	6 Spectral irradiance	33
6.1 Direkte spektrale Sonnenstrahlung	33	6.1 Direct spectral solar radiation	33
6.2 Diffuse spektrale Sonnenstrahlung	36	6.2 Diffuse spectral solar radiation	36
6.3 Reflektierte spektrale Globalstrahlung	38	6.3 Reflected spectral global radiation	38
6.4 Spektrale Globalstrahlung	41	6.4 Spectral global radiation	41
6.5 Wirksame spektrale Globalstrahlung	41	6.5 Effective spectral global radiation	41
7 Bestrahlungsstärken	42	7 Irradiance	42
7.1 Direkte Sonnenstrahlung	42	7.1 Direct solar radiation	42
7.2 Diffuse Sonnenstrahlung	42	7.2 Diffuse solar radiation	42
7.3 Reflektierte Globalstrahlung	42	7.3 Reflected global radiation	42
7.4 Globalstrahlung	42	7.4 Global radiation.	42
7.5 Wirksame Globalstrahlung	42	7.5 Effective global radiation.	42
8 Horizonterweiterungen und -einschränkungen sowie Abschattungen	43	8 Horizon extensions and restrictions as well as shading	43
8.1 Auswirkungen.	43	8.1 Effects.	43
8.2 Abschattungen	47	8.2 Shading	47

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss

Fachbereich Umweltmeteorologie

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b: Umweltmeteorologie

Inhalt	Seite
9 Wärmestrahlung	47
9.1 Wärmestrahlung einer Körperoberfläche.	47
9.2 Wärmestrahlung der Atmosphäre	48
9.3 Berechnung der Wärmestrahlung bei teilbedecktem Himmel	50
9.4 Reflexion der Wärmestrahlung der Atmosphäre	51
9.5 Winkelverteilung der langwelligen Strahldichte der Atmosphäre	52
9.6 Wärmestrahlung auf eine beliebig orientierte Fläche	53
10 Strahlungsbilanz	56
Anhang A Datenbank.	57
Anhang B Wahre Ortszeit, Sonnenkoordinaten, Transmissionsgrade und relative optische Masse	60
Anhang C Eingangsdaten.	71
Anhang D Einzelheiten der Berechnung der diffusen spektralen Sonnenstrahlung	85
Anhang E Berechnung der Gegenstrahlung	96
Anhang F Spektraler Reflexionsgrad/Transmissionsgrad einiger Oberflächen	103
Anhang G Albedo verschiedener Oberflächen	106
Anhang H Effektiver langwelliger Emissionsgrad verschiedener Oberflächen	110
Anhang I Bestimmung des Faktors ν	113
Anhang J Berechnung von Oberflächen-temperaturen	114
Anhang K Anmerkungen zur Sensitivität	119
Anhang L Validierung	137
Anhang M Rechenbeispiele.	158
Anhang N Hinweise auf Datensammlungen und Beobachtungsdaten.	159
Schrifttum	163

Contents	Page
9 Thermal radiation	47
9.1 Thermal radiation of a body's surface	47
9.2 Thermal radiation of the atmosphere.	48
9.3 Calculating the thermal radiation for partly overcast sky	50
9.4 Reflection of the thermal radiation of the atmosphere	51
9.5 Angular distribution of the longwave radiance of the atmosphere.	52
9.6 Thermal radiation on an arbitrarily oriented surface	53
10 Radiation balance	56
Annex A Database	57
Annex B True local time, solar coordinates, transmittances, and relative optical mass	60
Annex C Input data.	71
Annex D Details of the calculation of the diffuse spectral solar radiation	85
Annex E Calculating the downward terrestrial radiation	96
Annex F Spectral reflectance/transmittance of some surfaces.	103
Annex G Albedo of various surfaces	106
Annex H Effective longwave emissivity of various surfaces.	110
Annex I Determining the factor ν	113
Annex J Calculation of surface temperatures	114
Annex K Comments on sensitivity	119
Annex L Validation.	137
Annex M Calculation examples.	158
Annex N Notes on databases and observation data	159
Bibliography	163

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.

Einleitung

Die Strahlung der Sonne ist, abgesehen von wenigen Ausnahmen, die primäre Energiequelle für alle Vorgänge auf der Erde. Das Einflusspektrum reicht von der Bildung der fossilen Brennstoffe über das Wettergeschehen, die Bildung von Pflanzenmasse bis hin zur Auslösung von Hautkrebs.

Der weitaus größte Teil der Strahlung bewirkt die Erwärmung der Erdoberfläche, aller Objekte an der Erdoberfläche und in der Atmosphäre und die Verdunstung von Wasser.

Zur Bestimmung der Wirkung der solaren Strahlung ist entweder die Kenntnis der Wirkungsspektren oder des effektiven Wirkungsgrads notwendig. Bei der Erwärmung z.B. ist es der spektrale Absorptionsgrad der entsprechenden Oberfläche.

Alle Objekte, die eine vom absoluten Nullpunkt abweichende Temperatur besitzen, emittieren und absorbieren Wärmestrahlung. Das gilt für die Erdoberfläche und alle Objekte an der Erdoberfläche, aber auch für die Atmosphäre, in der die Wolken und eine Reihe von Gasen Wärmestrahlung emittieren und absorbieren.

In der Richtlinie werden Methoden beschrieben, mit denen die spektralen Strahldichten der solaren Strahlung und der Wärmestrahlung berechnet werden können. Daraus können die spektralen Bestrahlungsstärken der solaren Strahlung und der Wärmestrahlung für beliebig orientierte Flächen bestimmt werden. Die notwendigen meteorologischen Eingangsdaten sind in einer normalen Wetterbeobachtung enthalten. Für die Emission der Erdoberfläche und aller Objekte an der Erdoberfläche müssen deren Oberflächentemperaturen und die effektiven langwelligen Emissionsgrade bekannt sein. In der Richtlinie wird eine Methode angegeben, mit der diese Temperaturen berech-

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 (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

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

Introduction

Other than a few exceptions, the sun's radiation is the primary source of energy for all the processes that take place on earth. Its effects range from the formation of fossil fuels via the weather and the formation of plants all the way to triggering skin cancer.

By far the largest fraction of the radiation effects the heating of the earth's surface, of all objects on this surface and in the atmosphere, and the evaporation of water.

Determining the effects of solar radiation requires knowing either the effective spectra or the effective efficiency. For example, in the case of heating this would be the spectral absorptance of the relevant surface.

All objects with a temperature above absolute zero emit and absorb thermal radiation. This applies to the earth's surface and to all objects on it, but also to the atmosphere in which the clouds and a range of gases emit and absorb thermal radiation.

This standard describes methods with which the spectral radiances of the solar radiation and the thermal radiation can be calculated. From these, the spectral irradiances of the solar and thermal radiations can be determined for arbitrarily orientated surfaces. The necessary meteorological input data are contained in normal weather observations. Obtaining the emission of the earth's surface and of all objects at the surface requires knowing their surface temperatures and their effective longwave emissivities. This standard provides a method with which these temperatures can be calculated, since measurements are only rarely available.

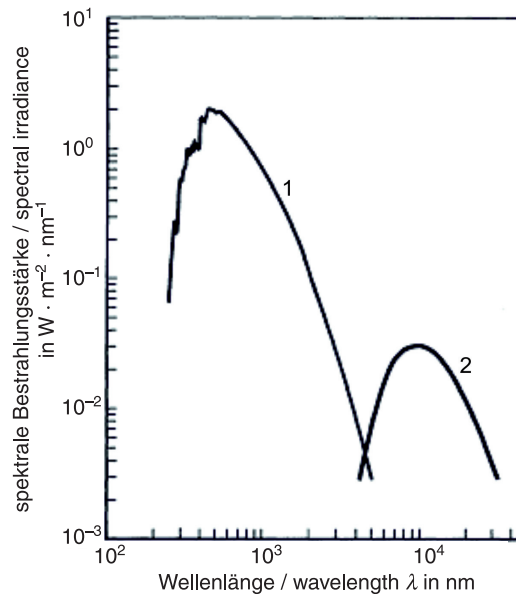


Bild 1. Spektrale Bestrahlungsstärke
 Kurve 1: extraterrestrische Sonnenstrahlung
 Kurve 2: Strahlung eines schwarzen Körpers der Temperatur 300 K ($\approx 27\text{ }^\circ\text{C}$)

Figure 1. Spectral irradiance
 Curve 1: extraterrestrial solar radiation
 Curve 2: radiation of a black body at a temperature of 300 K ($\approx 27\text{ }^\circ\text{C}$)

net werden können, denn Messungen stehen nur selten zur Verfügung.

Bild 1 zeigt die Spektralverteilung der extraterrestrischen Sonnenstrahlung, das heißt, der Strahlung, die man in einigen 100 km über der Erdoberfläche gemessen hat. Sie entspricht in etwa der Strahlung eines schwarzen Körpers von 6000 K im Abstand Erde – Sonne. Die zweite Kurve ist die Spektralverteilung der Strahlung eines schwarzen Körpers von 300 K (entspricht ca. $27\text{ }^\circ\text{C}$).

In Anhang F sind Bilder von Wirkungsspektren, Albedowerten und effektiven Emissionsgraden für die unterschiedlichsten Oberflächen zu finden.

Es gibt umfangreiche Messreihen der Integralwerte der spektralen solaren Strahlung. Weniger häufig wird die Wärmestrahlung gemessen. Hinweise sind im Anhang zu finden. Bei fast allen Messreihen liegt die Empfängerfläche horizontal. Messungen der Spektralverteilungen sind sehr selten.

1 Anwendungsbereich

Bei der Anwendung werden zwei Spektralbereiche betrachtet: solare Strahlung und Wärmestrahlung.

Solare Strahlung

Diese Richtlinie beschreibt eine Rechenmethode, mit der die spektralen Bestrahlungsstärken der direkten und diffusen Sonnenstrahlung auf beliebig orientierten Oberflächen bei wolkenlosem und bedecktem Himmel berechnet werden können. Bei teilbedecktem Himmel erhält man lediglich Informationen über

Figure 1 shows the spectral distribution of the extraterrestrial solar radiation, i.e. the radiation that has been measured several hundreds of kilometres above the earth’s surface. It approximates to the radiation of a black body at a temperature of 6000 K at the earth-to-sun distance. The second curve is the spectral distribution of the radiation of a black body at 300 K (approx. $27\text{ }^\circ\text{C}$).

Annex F contains curves of effective spectra, albedos, and effective emissivities for a wide variety of surfaces.

Extensive measurement series of the integrals of the spectral solar radiation exist. The thermal radiation is measured less often. Information can be found in the Annex. In almost all measurement series, the receiving surface is horizontal. Measurements of the spectral distributions are very rare.

1 Scope

The application involves considering two spectral ranges: solar radiation and thermal radiation.

Solar radiation

This standard describes a computational method with which the spectral irradiances of the direct and diffuse solar radiation on arbitrarily oriented surfaces can be calculated, under clear and overcast sky. For a partly overcast sky, one obtains information only about the hourly means of the spectral irradiance.

Stundenmittelwerte der spektralen Bestrahlungsstärke.

Für die Berechnung der solaren Strahlung werden folgende Eingangsgrößen benötigt: geografische Koordinaten, Datum und Uhrzeit, Oberflächenorientierung, wellenlängenabhängiger Absorptions- oder Reflexionsgrad der Umgebung, Lufttemperatur, Trübung, Wasserdampf- und Ozongehalt der Atmosphäre und der Bedeckungsgrad des Himmels mit Wolken.

Aus den spektralen Bestrahlungsstärken können mit spektralem Absorptionsgrad, Reflexionsgrad, Transmissionsgrad oder Wirkungsspektren (siehe z.B. DIN 5031-10) je nach Anwendung die entsprechenden Wirkungen berechnet werden.

Es gibt viele Möglichkeiten, diese Methode anzuwenden.

Alternative Energiequelle

Bei der Nutzung der Sonnenenergie als alternativer, umweltfreundlicher Energiequelle gibt es zwei Möglichkeiten der direkten Umwandlung in eine andere Energieform: die Erwärmung eines Absorbers (Solarkollektoren) oder die Umwandlung in elektrische Energie (Fotovoltaik).

In beiden Fällen muss die spektrale solare Bestrahlungsstärke bekannt sein. Außerdem ist entweder die Kenntnis des spektralen Absorptionsgrads (für die Solarkollektoren) oder des Wirkungsspektrums (für die Fotovoltaik) erforderlich. Das Produkt aus spektraler solarer Bestrahlungsstärke und Wirkungsspektrum ist die wirksame spektrale Bestrahlungsstärke in $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$. Eine Integration über die Wellenlänge liefert die wirksame Bestrahlungsstärke in $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ und eine Integration über die Zeit die wirksame Bestrahlung in $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$.

Folgende Fragestellungen können behandelt werden:

- Abhängigkeit der Effektivität von der Orientierung der Flächen
- Bestimmung von Tagesgängen und Zeitreihen
- Bestimmung von Häufigkeitsverteilungen der wirksamen Bestrahlungsstärke

Die Methode kann auch für die passive Nutzung der solaren Strahlung bei Gebäuden und ganz allgemein bei Energiebilanzuntersuchungen von Gebäuden, Wasserflächen oder Sonderkulturen in der Landwirtschaft verwendet werden (siehe z.B. EEG 2017).

Fotochemische Wirkungen auf Materialien

Die fotochemische Alterung von polymeren Werkstoffen, z.B. Kunststoffen und Beschichtungen, wird durch den UV-Anteil der direkten und diffusen Globalstrahlung bewirkt. Die Alterungsvorgänge an den

The following input data are needed for calculating the solar radiation: geographical coordinates, date and time, surface orientation, wavelength-dependent absorptance or reflectance of the environment, air temperature, haze, water vapour and ozone content of the atmosphere, and the degree of cloud cover.

The appropriate efficiencies can be calculated from the spectral irradiances using the spectral absorptance, reflectance, transmittance, or effective spectra (see e.g. DIN 5031-10), depending on the application.

There are many possible applications for this method.

Alternative energy source

When utilising solar energy as an alternative, more environmentally friendly energy source, there are two options for direct conversion into another form of energy: heating an absorber (solar collectors) or conversion into electric energy (photovoltaic).

Both cases require the spectral solar irradiance to be known. In addition, either the spectral absorptance (for the solar collectors) or the effective spectrum (for the photovoltaic) needs to be known. The product of spectral solar irradiance and effective spectrum is the effective spectral irradiance in $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$. Integrating over the wavelength yields the effective irradiance in $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, and integrating over time the effective irradiation in $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$.

The following investigations can be conducted:

- dependence of the effectivity on the surfaces' orientation
- obtaining diurnal cycles and time series
- obtaining frequency distributions of the effective irradiance

This method can also be used for the passive utilisation of solar radiation for buildings, and quite generally for energy balance investigations of buildings, bodies of water, or special crops in agriculture (see e.g. EEG 2017).

Photochemical effects on materials

The photochemical aging of polymers, e.g. plastic parts and coatings, is effected by the UV fraction of the direct and diffuse global radiation. The aging processes at the material's surfaces and the subse-

Materialoberflächen und das später sicht- oder messbare Alterungsergebnis werden jedoch auch von weiteren meteorologischen Parametern bestimmt. Die wesentlichen Einflussgrößen sind Wärme- und Stofftransporte (Wasserdampf, flüssiges Wasser und Schadstoffe). Neben der Größenordnung dieser Transporte sind auch die zeitlichen Variationen und Wechsel in der Transportrichtung an der Materialoberfläche zu berücksichtigen. Informationen über diese Einflussgrößen sind z.B. wichtig

- für die Erfassung der klimatischen Beanspruchung von polymeren Werkstoffen,
- für die Abschätzung der möglichen Dauer der Gebrauchstauglichkeit und
- für die Entwicklung neuer Verfahren zur Umweltsimulation (siehe z.B. BImSchG).

Beleuchtung

In Gebäuden sollte, wenn möglich, eine Raumbeleuchtung mit spektral unverändertem Tageslicht vorgesehen werden, weil die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges an die Spektralverteilung der Globalstrahlung angepasst ist. Tageslichtbeleuchtung erlaubt deshalb das genaueste Farbsehen und fördert das Wohlbefinden. Zusätzlich erhöht eine ausreichende Beleuchtungsstärke die Arbeitseffektivität.

Das Tageslichtangebot an den unterschiedlich orientierten Fensterflächen eines Gebäudes beeinflusst die laufenden Betriebskosten für Beleuchtung. Für eine effektive Gebäudeplanung mit einer optimalen Raumausleuchtung durch Tageslicht müssen daher die spektralen Bestrahlungsstärken auf den Fensterflächen bekannt sein. Das Tageslichtangebot kann aus der spektralen Bestrahlungsstärke der Globalstrahlung berechnet werden.

Fotosynthese

Der Aufbau von Pflanzenmasse ist nur bei einem ausreichenden Angebot an solarer Strahlung möglich. Mit dem entsprechenden Wirkungsspektrum können die wirksame Bestrahlungsstärke und die wirksame Bestrahlung (Dosis) bestimmt werden.

Fotodermatologie

Vitamin-D-Produktion und Erythembildung sind nur zwei Beispiele der vielfältigen Wirkungen der solaren Strahlung auf den Menschen. Mit den zugehörigen Wirkungsspektren können die wirksame Bestrahlungsstärke und die wirksame Bestrahlung (Dosis) bestimmt werden.

Abschattung

Die Abschattung durch technische oder natürliche Objekte kann detaillierter spezifiziert werden. Durch

quent visible or measurable aging outcome, however, are also determined by additional meteorological parameters. The essential determining factors are heat and substance transports (water vapour, liquid water, and pollutants). Along with the order of magnitude of these transports, one needs also to consider the temporal variations and changes in the transport's direction at the material's surface. Information about these factors is important, among others,

- for ascertaining the climatic stressing of polymers,
- for estimating the possible service life, and
- for developing new methods for environmental simulation (see e.g. BImSchG (German Federal Immission Control Act)).

Illumination

In buildings, room illumination with spectrally unmodified daylight should be provided where possible, since the spectral response of the human eye is adapted to the spectral distribution of the global radiation. Daylight illumination, therefore, allows the most accurate colour vision and promotes wellbeing. Moreover, adequate illuminance increases effectiveness at work.

The daylight supplied by the differently oriented window surfaces of a building affects the running costs for illumination. For effective building planning with optimal daylight room illumination, therefore, the spectral irradiances on the window surfaces have to be known. The supply of daylight can be calculated from the spectral irradiance of the global radiation.

Photosynthesis

The build-up of plant material is possible only with an adequate supply of solar radiation. By using the appropriate effective spectrum, the effective irradiance and the effective irradiation (dose) can be determined.

Photodermatology

Vitamin D production and erythema formation are only two examples of the manifold effects of solar radiation on humans. Given the associated effective spectra, it is possible to determine the effective irradiance and the effective irradiation (dose).

Shading effects

Shading by artificial or natural objects can be specified in more detail. By means of the separate calcula-

die getrennte Berechnung von direkter und diffuser Sonnenstrahlung kann neben der Schattenfläche auch die Bestrahlungsstärke und z.B. auch die Beleuchtungsstärke im Schattenbereich ermittelt werden.

Wärmestrahlung

In dieser Richtlinie wird eine Rechenmethode beschrieben, mit der emittierte und absorbierte Wärmestrahlung, also die langwellige Strahlungsbilanz, auf beliebig orientierten Oberflächen bei wolkenlosem, teilbedecktem und bedecktem Himmel berechnet werden können. Bei teilbedecktem Himmel erhält man lediglich Informationen über Stundenmittelwerte der Bestrahlungsstärke. Für die Berechnung der emittierten und absorbierten Wärmestrahlung werden folgende Eingangsgrößen benötigt:

- Oberflächenorientierung, effektiver langwelliger Emissionsgrad der Oberfläche und der Umgebung, Temperatur der Objektfläche, Oberflächentemperatur der Umgebung, Lufttemperatur, Bedeckungsgrad N des Himmels mit Wolken
- Vertikalprofile von Lufttemperatur, Wasserdampfdichte, Partialdruck des Kohlendioxids und der sonstigen Gase

Die langwellige Strahlungsbilanz bestimmt u. a. die Temperaturänderung einer Oberfläche und ist daher ein wesentlicher Bestandteil der Energiebilanz einer Oberfläche.

Alternative Energiequellen

Bei Solarkollektoren ist die absorbierte solare Strahlung die eigentliche Energiequelle. Dies führt zu einer Erhöhung der Oberflächentemperatur des Absorbers. Der Wirkungsgrad einer Solarzelle ist temperaturabhängig und diese Temperatur wird u. a. durch die Bilanz der Wärmestrahlung bestimmt.

Beeinflussung von fotochemischen Prozessen

Materialänderungen aufgrund von fotochemischen Wirkungen sind temperaturabhängig und die Temperatur wird u. a. durch die Bilanz der Wärmestrahlung bestimmt.

Die Photosyntheseausbeute ist nur in einem pflanzentypischen Temperaturbereich möglich und diese Temperatur wird auch durch die Bilanz der Wärmestrahlung bestimmt.

Strahlungsbilanz von Gebäuden

Ein Teil der Energiebilanz von Gebäuden ist die Strahlungsbilanz (häufig auch Strahlungshaushalt genannt), diese wiederum besteht aus der Bilanz der solaren Strahlung und der Wärmestrahlung.

tion of direct and diffuse solar radiation, it is possible – in addition to the shaded area – also to calculate the irradiance and the illuminance in the shaded region.

Thermal radiation

This standard describes a computational method with which emitted and absorbed thermal radiation, i.e. the longwave radiation balance, can be calculated on arbitrarily oriented surfaces under clear, partly overcast, and overcast sky. In the case of partly overcast sky, one only obtains information about the hourly means of the irradiance. The following input variables are needed for calculating the emitted and absorbed thermal radiation:

- Surface orientation, effective longwave emissivity of the surface and of the environment, temperature of the object's surface, surface temperature of the environment, air temperature, cloud cover N
- Vertical profiles of air temperature, water vapour density, partial pressure of carbon dioxide and the other gases

The longwave radiation balance determines inter alia the temperature change of a surface, and therefore is an essential constituent of the energy balance of a surface.

Alternative energy sources

In solar collectors, the energy source is the absorbed solar radiation. This causes an increase in the absorber's surface temperature. The efficiency of a solar cell is temperature-dependent, and this temperature is determined inter alia by the balance of the thermal radiation.

Effects on photochemical processes

Material changes due to photochemical effects are temperature-dependent, and this temperature is determined inter alia by the balance of the thermal radiation.

The photosynthesis yield is possible only in a temperature range that is typical of plants and this temperature is also determined by the balance of the thermal radiation.

Radiation balance of buildings

One part of the energy balance of buildings is the radiation balance (often also called radiation budget), which consists of the balance of the solar radiation and the thermal radiation.

2 Normative Verweise

Das folgende zitierte Dokument ist für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 3786 Blatt 5:2015-10 Umweltmeteorologie;
Meteorologische Messungen; Strahlung

2 Normative references

The following referenced document is indispensable for the application of this standard:

VDI 3786 Part 5:2015-10 Environmental meteorology; Meteorological measurements; Radiation