

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

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 3789

Blatt 3 / Part 3

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 guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).
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	3	Preliminary note	3
1 Formelzeichen und Abkürzungen	6	1 Symbols and abbreviations	6
2 Einleitung	14	2 Introduction	14
3 Spektrale Bestrahlungsstärken ohne Horizonteinschränkung	16	3 Spectral irradiances without limitation of the horizon	16
3.1 Wolkenloser Himmel	16	3.1 Cloudless sky	16
3.2 Bedeckter Himmel	20	3.2 Overcast sky	20
3.3 Teilbedeckter Himmel	20	3.3 Partially overcast sky	20
3.4 Spektrale reflektierte Globalstrahlung	21	3.4 Spectral reflected global radiation	21
4 Spektrale Bestrahlungsstärken bei Horizonteinschränkung	22	4 Spectral irradiances with limitation of the horizon	22
4.1 Spektrale direkte Sonnenstrahlung	22	4.1 Spectral direct solar radiation	22
4.2 Spektrale diffuse Sonnenstrahlung	23	4.2 Spectral diffuse solar radiation	23
4.3 Spektralverteilung der von der Erdober- fläche reflektierten Globalstrahlung	23	4.3 Spectral distribution of the global radiation reflected by the earth's surface	23
4.4 Spektralverteilung der von der Horizont- einschränkung reflektierten Globalstrahlung	23	4.4 Spectral distribution of the global radiation reflected by the limitation of the horizon	23
4.5 Berücksichtigung von Abschattungen der Erdoberfläche	24	4.5 Taking account of shadings of the earth's surface	24
5 Genauigkeit	25	5 Accuracy	25
5.1 Integralwerte	25	5.1 Integral values	25
5.2 Spektrale Bestrahlungsstärken	27	5.2 Spectral irradiances	27
Schrifttum	29	Bibliography	29
Anhang A Spektralverteilung der extraterrestrischen Sonnenstrahlung bei mittlerem Abstand Erde-Sonne, spektrale Absorp- tionskoeffizienten von Ozon, Wasser- dampf und den gleichmäßig durch- mischten Gasen in der Atmosphäre sowie die spektrale Normierungsfunk- tion für die Globalstrahlung bei bedecktem Himmel	30	Annex A Spectral distribution of the extraterre- strial solar radiation for mean earth-sun distance, spectral absorption coef- ficients of ozone, water vapour and the uniformly mixed gases in the atmosphere, and the spectral scaling function for global radiation for an overcast sky	30

Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss

Ausschuss Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Oberflächen

	Seite		Page	
Anhang B	Berechnung der relativen optischen Massen der Atmosphäre und der Druckkorrektur.	45	Annex B Calculation of the relative optical masses of the atmosphere and pressure correction.	45
Anhang C	Bestimmung von Ångström-Trübungs-koeffizient und -Wellenlängenexponent	46	Annex C Determination of the Ångström turbidity coefficient and wavelength exponent	46
Anhang D	Linke-Trübungs-faktor	48	Annex D Linke turbidity factor.	48
Anhang E	Mittlere Verteilung des Ozongehaltes der Atmosphäre	50	Annex E Mean distribution of the ozone content of the atmosphere.	50
Anhang F	Berechnung des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre	51	Annex F Calculation of the water vapour content of the atmosphere.	51
Anhang G	Umrechnung von Gesetzlicher Zeit in Wahre Ortszeit und umgekehrt	53	Annex G Conversion of legal time into true local time and vice versa	53
Anhang H	Berechnung von Höhenwinkel und Azimut der Sonne	54	Annex H Calculation of the solar elevation angle and azimuth.	54
Anhang I	Spektraler Reflexionsgrad einiger Oberflächen	55	Annex I Spectral reflectance of certain surfaces	55
Anhang J	Bestimmung der Horizonteinschränkung bzw. -erweiterung	58	Annex J Determination of the limitation and extension of the horizon	58
	J1 Bestimmung der Höhenwinkel der Horizonteinschränkung und -erweiterung.	58	J1 Determination of the elevation angle of the limitation and extension of the horizon.	58
	J2 Bestimmung der Raumwinkel-elemente Ω_{Hi} für alle Azimutinter-valle $\Delta\alpha_{Hi}$	59	J2 Determination of the solid angle elements Ω_{Hi} for all azimuth intervals $\Delta\alpha_{Hi}$	59
	J3 Bestimmung der Raumwinkel-elemente Ω_{Di} , aus denen diffuse Sonnenstrahlung zur Empfangs-fläche gelangen kann	59	J3 Determination of the solid angle elements Ω_{Di} from which diffuse solar radiation can reach the receiving surface.	59
	J4 Raumwinkelbereich, aus dem keine vom Erdboden reflektierte Globalstrahlung empfangen werden kann.	59	J4 Solid angle range from which no global radiation reflected by the earth's surface can be received	59
Anhang K	Einzelheiten zur Berechnung der spektralen diffusen Sonnenstrahlung	61	Annex K Details of the calculation of spectral diffuse solar radiation	61
	K1 Wolkenloser Himmel	61	K1 Cloudless sky	61
	K2 Bedeckter Himmel	61	K2 Overcast sky	61
	K3 Teilbedeckter Himmel	62	K3 Partially overcast sky	62
Anhang L	Rechengang	63	Annex L Calculating procedure	63
	L1 Geografische und astrono-mische Eingangsgrößen und daraus zu berechnende Größen	63	L1 Geographical and astronomical input variables and values calculated from them	63
	L2 Weitere nicht-spektrale Eingangs-größen	63	L2 Further non-spectral input variables	63
	L3 Spektrale Eingangsgrößen	64	L3 Spectral input variables	64
	L4 Berechnung der benötigten Hilfsgrößen	64	L4 Calculation of the required auxiliary variables	64
	L5 Rechengang bei Horizont-einschränkungen	65	L5 Calculation in the event of limitations of the horizon	65
	L6 Rechenbeispiele	66	L6 Sample calculations	66
	L7 Computerprogramm	70	L7 Computer program	70
Anhang M	Vergleich der Ergebnisse mit den Rechenwerten nach dem Modell von <i>Justus</i> und <i>Paris</i>	72	Annex M Comparison of the results with the values calculated with the <i>Justus</i> and <i>Paris</i> model.	72

Vorbemerkung

In der Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss – erarbeiten Fachleute aus Wissenschaft, Industrie und Verwaltung in freiwilliger Selbstverantwortung VDI-Richtlinien und DIN-Normen zum Umweltschutz. Diese beschreiben den Stand der Technik bzw. Stand der Wissenschaft in der Bundesrepublik Deutschland und dienen als Entscheidungshilfen bei der Erarbeitung und Anwendung von Rechts- und Verwaltungsvorschriften. Die Arbeitsergebnisse der KRdL fließen ferner als gemeinsamer deutscher Standpunkt in die europäische technische Regelsetzung bei CEN (Europäisches Komitee für Normung) und in die internationale technische Regelsetzung bei ISO (Internationale Organisation für Normung) ein.

Folgende Themenschwerpunkte werden in vier Fachbereichen behandelt:

Fachbereich I

„Umweltschutztechnik“

Produktionsintegrierter Umweltschutz; Verfahren und Einrichtungen zur Emissionsminderung; ganzheitliche Betrachtung von Emissionsminderungsmaßnahmen unter Berücksichtigung von Luft, Wasser und Boden; Emissionswerte für Stäube und Gase; anlagenbezogene messtechnische Anleitungen; Handhabung brennbarer Stäube; Minderung der Exposition gegenüber luftfremden Stoffen am Arbeitsplatz; Umweltschutzkostenrechnung

Fachbereich II „Umweltmeteorologie“

Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre; störfallbedingte Freisetzungen; mikro- und mesoskalige Windfeldmodelle; Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Oberflächen; meteorologische Messungen; angewandte Klimatologie; Lufthygienekarten; human-biometeorologische Bewertung von Klima und Lufthygiene; Übertragung meteorologischer Daten

Fachbereich III „Umweltqualität“

Wirkung von Luftverunreinigungen auf Mensch, Tier, Pflanze, Boden, Werkstoffe und Atmosphäre; wirkungsbezogene Mess- und Erhebungsverfahren; Erfassung und Wirkung mikrobieller Luftverunreinigungen; Olfaktometrie; Umweltsimulation

Fachbereich IV

„Umweltmesstechnik“

Emissions- und Immissionsmesstechnik für anorganische und organische Gase sowie für Partikel; optische Fernmessverfahren; Messen von Innenraumluftverunreinigungen; Messen von Boden-

Preliminary note

In the Commission on Air Pollution Prevention of VDI and DIN – Standards Committee (KRdL) experts from science, industry and administration, acting on their own responsibility, establish VDI guidelines and DIN standards in the field of environmental protection. These describe the state of the art in science and technology in the Federal Republic of Germany and serve as a decision-making aid in the preparatory stages of legislation and application of legal regulations and ordinances. KRdL's working results are also considered as the common German point of view in the establishment of technical rules on the European level by CEN (European Committee for Standardization) and on the international level by ISO (International Organization for Standardization).

The following topics are dealt with in four subdivisions:

Subdivision I

„Environmental Protection Techniques“

Integrated pollution prevention and control for installations; procedures and installations for emission control; overall consideration of measures for emission control with consideration given to the air, water and soil; emission limits for dusts and gases; plant-related measurement instructions; the safe processing of combustible dusts; reduction of exposure to air pollutants in the workplace atmosphere, environmental industrial cost accounting

Subdivision II „Environmental Meteorology“

Dispersion of pollutants in the atmosphere; emissions from accidental releases; micro- and meso-scale wind field models; interaction between the atmosphere and surfaces; meteorological measurements; applied climatology; air pollution maps; human-biometeorological evaluation of climate and air hygiene; transfer of meteorological data

Subdivision III „Environmental Quality“

Effects of air pollutants on man, farm animals, vegetation, soil, materials, and the atmosphere; methods for the measurement and evaluation of effects; determination of microbial air pollutants and their effects; olfactometry; environmental simulation

Subdivision IV

„Environmental Measurement Techniques“

Techniques for emission and ambient air measurements of inorganic and organic gases as well as particulate matter; optical open-path measurement methods; measurement of indoor air pollutants,