

DIN EN ISO 24194

ICS 27.160

**Sonnenenergie –
Kollektorfelder –
Überprüfung der Leistungsfähigkeit (ISO 24194:2022);
Deutsche Fassung EN ISO 24194:2022**

Solar energy –
Collector fields –
Check of performance (ISO 24194:2022);
German version EN ISO 24194:2022

Energie solaire –
Champs de capteurs –
Vérification de la performance (ISO 24194:2022);
Version allemande EN ISO 24194:2022

Gesamtumfang 41 Seiten

DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 24194:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 180 „Solar energy“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 312 „Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile“ erarbeitet, dessen Sekretariat von NQIS/ELOT (Griechenland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 041-01-56 AA „Solaranlagen (SpA CEN/TC 312 und ISO/TC 180)“ im DIN-Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik sowie deren Sicherheit (NHRS).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 9488 siehe DIN EN ISO 9488

ISO 9806 siehe DIN EN ISO 9806

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9488, *Sonnenenergie — Vokabular*

DIN EN ISO 9806, *Solarenergie — Thermische Sonnenkollektoren — Prüfverfahren*

Deutsche Fassung

Sonnenenergie —
Kollektorfelder —
Überprüfung der Leistungsfähigkeit (ISO 24194:2022)

Solar energy —
Collector fields —
Check of performance (ISO 24194:2022)

Energie solaire —
Champs de capteurs —
Vérification de la performance (ISO 24194:2022)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 25. Mai 2022 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole	7
5 Verfahren für die Überprüfung der Leistung von thermischen Sonnenkollektorfeldern	12
5.1 Angabe einer Schätzung für die Wärmeleistung eines Kollektorfelds	12
5.2 Berechnen der Wärmeleistung	12
5.2.1 Allgemeines	12
5.2.2 Nicht konzentrierende Kollektoren – Gleichung (1)	13
5.2.3 Nicht oder schwach konzentrierende Kollektoren – Gleichung (2)	14
5.2.4 Konzentrierende Kollektoren mit einem hohen Konzentrationsfaktor – Gleichung (3)	14
5.3 Angabe einer geschätzten Leistungsfähigkeit	15
5.4 Beschränkungen der Betriebsbedingungen	15
5.5 Verschattung	15
5.5.1 Verschattung auf festen in Reihen angeordneten Kollektoren	15
5.5.2 Schatten auf in Reihen angeordneten einachsigen nachgeführten Kollektoren	16
5.6 Kollektor-Einfallswinkel	19
5.7 Beispiel für die Aufstellung einer Gleichung für die Berechnung eines Schätzwerts für die Leistungsfähigkeit	19
5.8 Bestimmung potentieller gültiger Zeiträume	21
5.9 Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Kollektorfelds	21
6 Verfahren für die Überprüfung des täglichen Ertrags von Sonnenkollektorfeldern	22
6.1 Angabe einer Schätzung für den täglichen Ertrag eines Kollektorfelds	22
6.2 Berechnung des täglichen Energieertrags	23
6.2.1 Allgemeines	23
6.2.2 Nicht nachgeführte und nicht konzentrierende Kollektoren – Gleichung (20)	23
6.3 Angabe einer geschätzten Leistungsfähigkeit	24
6.4 Beschränkungen der Betriebsbedingungen	24
6.5 Verschattung	24
6.6 Kollektor-Einfallswinkel	25
6.7 Beispiel für die Aufstellung einer Gleichung für die Berechnung eines Schätzwerts für die Leistungsfähigkeit	25
6.8 Bestimmung potentieller gültiger Zeiträume	26
6.9 Überprüfung des täglichen Ertrags des Kollektorfelds	27
7 Notwendige Messungen	27
7.1 Allgemeines	27
7.2 Anforderungen an Messungen und Sensoren	29
7.2.1 Genauigkeit	29
7.2.2 Zeit	29
7.2.3 Messung der Sonnenstrahlung	30
7.2.4 Temperaturmessungen	32

7.2.5	Durchflussmessungen	33
7.2.6	Messung/Berechnung der Leistung.....	33
7.2.7	Messen der Windgeschwindigkeit	34
7.3	Gültige Datenpunkte	34
Anhang A (informativ) Empfohlene Berichtsvorlage – Leistungsverfahren		35
Anhang B (informativ) Empfohlene Berichtsvorlage – Tagesertragsverfahren		38
Literaturhinweise.....		39

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 24194:2022) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 180 „Solar energy“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 312 “Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile” erarbeitet, dessen Sekretariat von NQIS/ELOT gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2022, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2022 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 24194:2022 wurde von CEN als EN ISO 24194:2022 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 180, *Solar energy*, Unterkomitee SC 4, *Systems — Thermal performance, reliability and durability*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 312, *Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Dieses Dokument legt Verfahren für die Überprüfung der Leistungsfähigkeit von thermischen Sonnenkollektorfeldern fest. Die gemessene Leistungsfähigkeit wird mit der berechneten Leistungsfähigkeit verglichen, und es werden Bedingungen für die Konformität gegeben.

Für die Überprüfung stehen drei Genauigkeitslevels zur Verfügung:

- Level I ermöglicht eine sehr genaue Schätzung (mit einem geringen Sicherheitsfaktor, z. B. $f_{\text{safe}} = 0,95$), es gelten jedoch Anforderungen für die Nutzung teurer Messgeräte.
- Level II/III ermöglicht eine weniger genaue Schätzung (mit einem größeren Sicherheitsfaktor, z. B. $f_{\text{safe}} = 0,90$), mit der Möglichkeit weniger teure Messgeräte zu verwenden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt zwei Verfahren für die Überprüfung der Leistungsfähigkeit von thermischen Sonnenkollektorfeldern fest. Dieses Dokument ist anwendbar auf Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren und/oder nachgeführte konzentrierende Kollektoren, die als Kollektoren in Feldern verwendet werden.

Die Überprüfung kann anhand der Wärmeleistungsabgabe des Kollektorfelds und auch anhand des täglichen Ertrags des Kollektorfelds vorgenommen werden.

Das Dokument legt für die beiden Verfahren fest, wie die gemessene Leistungsabgabe mit einer berechneten verglichen wird.

Dieses Dokument ist anwendbar für Kollektorfelder beliebiger Größe.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 9060, *Solar energy — Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation*

ISO 9488, *Solar energy — Vocabulary*

ISO 9806, *Solar energy — Solar thermal collectors — Test methods*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 9488 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Querebene

Ebene, die von der Normalen der Kollektorebene und der Senkrechten der Konzentratorachse oder, bei flachen biaxialen Geometrien, der kürzesten Symmetrieachse aufgespannt wird

4 Symbole

A_G	Bruttofläche des Kollektors nach ISO 9488	m^2
A_{GF}	Bruttofläche des Kollektorfelds	m^2
$\alpha_{1,\Delta Q}$	Wärmeverlustkoeffizient bei $(\vartheta_m - \vartheta_a) = 0$	$W/(m^2 \cdot K)$
$T_{\Delta Q}$	Abhängigkeit des Wärmeverlustkoeffizienten von der Temperatur	$W/(m^2 \cdot K^2)$

$\nu_{\Delta Q}$	Abhängigkeit des Wärmeverlustkoeffizienten von der Windgeschwindigkeit	$\text{J}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$
T_s	Abhängigkeit des Wärmeverlustkoeffizienten von der Himmelstemperatur	—
a_5	effektive Wärmekapazität. In einigen Veröffentlichungen und Datenblättern als C_{eff} bezeichnet. Bitte beachten, dass die Einheit von C_{eff} $\text{kJ}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ist.	$\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
ν	Abhängigkeit des verlustfreien Wirkungsgrads von der Windgeschwindigkeit	s/m
ν_{IR}	Abhängigkeit des IR-Strahlungsaustauschs von der Windgeschwindigkeit	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
a_8	Abhängigkeit von Strahlungsverlusten	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$
b_u	Wirkungsgradkoeffizient des Kollektors (Windabhängigkeit)	s/m
C	effektive Wärmekapazität des Kollektors	J/K
C_R	geometrischer Konzentrationsfaktor	—
c_f	spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgerfluids	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
$c_{f,i}$	spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgerfluids am Kollektoreingang	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
$c_{f,e}$	spezifische Wärmekapazität des Wärmeträgerfluids am Kollektorausgang	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
I_{DN}	Sonnenstrahlung, die je Flächeneinheit auf eine Oberfläche auftrifft, die stets senkrecht (oder normal) zu den in direkter Linie aus Richtung der Sonne an ihrer gegenwärtigen Position einfallenden Strahlen gehalten wird	W/m^2
I_L	langwellige Bestrahlungsstärke ($\lambda > 3 \mu\text{m}$)	W/m^2
f_P	Sicherheitsfaktor, der die Wärmeverluste durch Rohre usw. im Kollektorkreislauf berücksichtigt	—
f_U	Sicherheitsfaktor, der die Messunsicherheit berücksichtigt	—
f_0	Sicherheitsfaktor, der andere Unsicherheiten wie zum Beispiel solche im Zusammenhang mit nicht idealen Bedingungen, etwa einer nicht idealen Strömungsverteilung und unvorhergesehener Wärmeverluste sowie Unsicherheiten im Modell/Verfahren selbst berücksichtigt	—
f_{safe}	Mathematisches Produkt aus den einzelnen Sicherheitsfaktoren f_P , f_U , f_0	—

f_{sh}	Verschattungsfaktor	—
D	Zwischenraum zwischen benachbarten Kollektoren	m
G_{hem}	hemisphärische solare Bestrahlungsstärke auf der Kollektorebene	W/m ²
G_b	Bestrahlungsstärke der direkten Sonneneinstrahlung (direkte Bestrahlungsstärke) auf der Kollektorebene	W/m ²
G_d	diffuse solare Bestrahlungsstärke auf der Kollektorebene	W/m ²
$G_{hem,tot}$	Gesamtmenge der im Laufe eines Tages auf die Kollektorebene auftreffenden Strahlungsenergie ohne Schatten	kWh/m ²
h	Sonnenhöhenwinkel. $\sin h = \cos \theta_z$	°
h_{min}	minimaler Sonnenhöhenwinkel	°
H_{sh}	Höhe der verschatteten Fläche	m
$K_{hem}(\theta_L, \theta_T)$	Einfallswinkelfaktor für die hemisphärische Sonnenstrahlung	—
$K_b(\theta_L, \theta_T)$	Einfallswinkelfaktor für die direkte solare Bestrahlungsstärke	—
$K_{\theta L}$	Einfallswinkelfaktor für die Längsebene	—
$K_{\theta T}$	Einfallswinkelfaktor für die Querebene	—
K_d	Einfallswinkelfaktor für die diffuse Sonnenstrahlung	—
$K_{hem,av}$	täglicher mittlerer Einfallswinkelfaktor für die hemisphärische Sonnenstrahlung	—
L	Länge eines Kollektors	m
L_{pipe}	Gesamtlänge des Rohrsystems ohne Kollektoren	m
L_{sh}	Länge der verschatteten Fläche	m
$\dot{m}$	Massenstrom des Wärmeträgerfluids	kg/s
N_c	Anzahl der Kollektoren in einer Reihe	—
P_x	Koordinate des Punkts C auf der x-Achse (C ist der Punkt, der den vom höchsten Punkt der der Sonne zugewandten Seite einer Kollektorreihe geworfenen Schatten erreichen würde, wenn sie unverschattet wäre)	—
P_y	Koordinate des Punkts C auf der y- Achse	—
$\dot{Q}_{measured}$	gemessene Wärmeleistung	W

$\dot{Q}_{\text{estimate}}$	geschätzte Wärmeleistung	W
$Q_{\text{cap,d}}$	täglicher Wärmeverlust der thermischen Solaranlage bei Nennleistung	J
$Q_{\text{estimate-sys,d}}$	geschätzter Tagesertrag der thermischen Solaranlage	J
$\dot{Q}_{\text{estimate-col,d}}$	mittlere tägliche Bruttowärmeleistung des Kollektorfelds	W
$Q_{\text{HM,d}}$	tägliche Ertragsmessung des Wärmezählers	J
$\dot{Q}_{\text{pipe,d}}$	täglicher mittlerer Wärmeverlust der Rohrleitungen	W
$q_{\text{l-pipe}}$	empirischer spezifischer Wärmeverlust je m Rohr	W/m
S	Mittenabstand benachbarter Reihen	m
T	absolute Temperatur	K
t	Zeit	s
t_s	Zeitpunkt des Messbeginns	s
t_e	Zeitpunkt des Messendes	s
u	Geschwindigkeit der Umgebungsluft (Windgeschwindigkeit)	m/s
u'	reduzierte Geschwindigkeit der Umgebungsluft $u' = u - 3$ m/s	m/s
V_f	Fluid-Nennvolumen des Kollektors	m ³
$\dot{V}$	Volumenstrom	m ³ /s
$\dot{V}_e$	Volumenstrom am Ausgang des Sonnenkollektors	m ³ /s
$\dot{V}_i$	Volumenstrom am Eingang des Sonnenkollektors	m ³ /s
V_{pipe}	Volumen des Rohrsystems ohne Kollektoren	l
w	Breite eines Kollektors	m
Δt	Zeitintervall	s
ΔT	Temperaturdifferenz zwischen Fluidausgang und -eingang ($\vartheta_e - \vartheta_i$)	K
β	Neigungswinkel zwischen der Kollektorebene und der Horizontalen. <i>Anmerkung Bei Kollektoren, die um eine Nord-Süd-Achse rotieren, ist β am Morgen bei Ausrichtung nach Osten positiv und am Nachmittag bei Ausrichtung nach Westen negativ.</i>	

γ	Oberflächen-Azimutwinkel, Abweichung der Projektion der Normale der Oberfläche auf die horizontale Ebene vom lokalen Meridian, wobei Null genau Süd, Ost negativen Werten und West positiven Werten entspricht	°
γ_s	Sonnenazimutwinkel, Winkelabweichung von der Südrichtung der Projektion der direkten Sonnenstrahlung auf die horizontale Ebene, wobei Ost negativen Werten und West positiven Werten entspricht	°
δ	Deklination, Winkelposition der Sonne am solaren Mittag in Bezug auf die Äquatorebene, wobei Nord positiven Werten entspricht	°
ϕ	geographische Breite, im Winkelmaß angegebener nördlicher oder südlicher Abstand vom Äquator, wobei Nord positiven Werten entspricht	°
η_b	Kollektorwirkungsgrad in Abhängigkeit von der direkten Bestrahlungsstärke G_b	—
η_{hem}	Kollektorwirkungsgrad in Abhängigkeit von der hemisphärischen Bestrahlungsstärke G_{hem}	—
$\eta_{0,b}$	Spitzenkollektorwirkungsgrad (η_b bei $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$ K) in Abhängigkeit von der direkten Bestrahlungsstärke G_b	—
$\eta_{0,\text{hem}}$	Spitzenkollektorwirkungsgrad ($\eta_{0,\text{hem}}$ bei $\vartheta_m - \vartheta_a = 0$ K) in Abhängigkeit von der hemisphärischen Bestrahlungsstärke G_{hem}	—
$\eta_{\text{hem},\dot{m}_i}$	Kollektorwirkungsgrad in Bezug auf den Massenstrom $\dot{m}_i$	—
ω	Stundenwinkel, Winkelabstand der Sonne in Ost- oder Westrichtung vom lokalen Meridian aufgrund der Rotation der Erde um ihre eigene Achse, 15° je Stunde; am Morgen negativ, am Nachmittag positiv	°
θ	Einfallswinkel	°
θ_L	longitudinaler Einfallswinkel, Winkel zwischen der Normale der Kollektorebene und der Projektion des einfallenden Sonnenlichts auf die Längsebene	°
θ_T	transversaler Einfallswinkel, Winkel zwischen der Normale der Kollektorebene und der Projektion des einfallenden Sonnenlichts auf die Querebene	°
θ_Z	Zenitwinkel, der Winkel zwischen der Vertikalen und der Linie zur Sonne, also der Einfallswinkel der direkten Sonnenstrahlung auf eine horizontale Fläche. $\cos \theta_Z = \sin h$	°
ϑ_a	Umgebungslufttemperatur	°C
ϑ_{am}	gemessene Umgebungslufttemperatur	°C