


SimQuality Testfall 02 - Kurzweilige Strahlungslasten

IBK TU Dresden



2022-05-23

1 Grundlegende Gleichungen

Da zum Teil unterschiedliche Konventionen bzw. Definitionen für Begriffe und Größen verwendet werden, z.B. für den Azimuthwinkel, sind die Gleichungen für die Berechnung des Sonnenstands in folgender Literatur zusammengestellt:

- ASHRAE Handbook (2001), Fundamentals Volume. 2001 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- Duffie, J.A., and Beckman (1974), W.A.; Solar energy thermal processes
- Thürkow, Markus (2009), Sonnenstandsberechnung - Vergleich Verschiedener Berechnungen des Sonnenstandes in Abhängigkeit von Position und Zeit, Freie Universität Berlin
- ESRL Global Monitoring Division - Global Radiation Group, Solar Calculation Details, online unter: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/calcdetails.html>, zuletzt geprüft am 01.05.2019
- Seyed Abbas Mousavi Maleki, H. Hizam, Chandima Gomes (2017), Review Estimation of Hourly, Daily and Monthly Global Solar Radiation on Inclined Surfaces: Models Re-Visited, online unter: https://www.researchgate.net/publication/312593957_Estimation_of_Hourly_Daily_and_Monthly_Global_Solar_Radiation_on_Inclined_Surfaces_Models_Re-Visited, zuletzt geprüft am: 01.07.2019

1.1 Berechnungsmodelle

Grundsätzlich gibt es unterschiedliche Modelle, die die Strahlung auf eine geneigte Fläche berechnen. Hierbei wird vor allem die diffuse Strahlung unterschiedlich berechnet. Im Allgemeinen können diffuse Strahlungsmodelle für geneigte Oberflächen in zwei Gruppen unterteilt werden: Isotrope und anisotrope Modelle. Diese unterscheiden sich in der Einteilung des Himmels in Regionen mit normaler und erhöhter diffuser Strahlungsintensität.

- **Isotrope Modelle:** Bei diesen Modellen wird davon ausgegangen, dass die Verteilung der diffusen Strahlungsinensität über den Himmel hinweg konstant bleibt.
- **Anisotrope Modelle:** Bei diesen Modellen wird davon ausgegangen, dass die Intensität der diffusen Strahlung über den Himmel hinweg variiert. Um dies abzubilden beinhalten diese Modelle geeignete Modelle zur Darstellung von Bereichen mit erhöhter diffuser Strahlung.

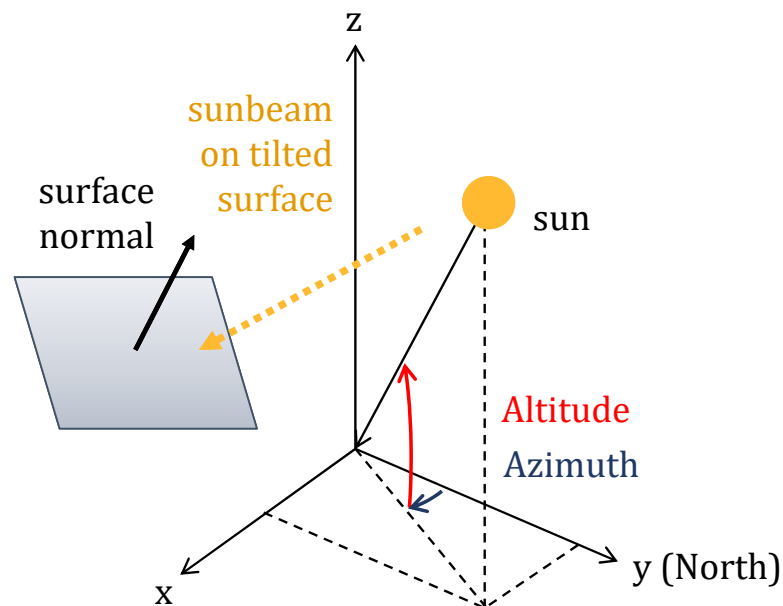


Abbildung 1: Schema für die Berechnung der Strahlung auf eine geneigte Fläche

1.2 Interpretation von Strahlungsdaten

Strahlungsdaten werden in Klimadatensätze von verschiedenen Messstationen/Wetterdiensten bereitgestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es hier verschiedene Möglichkeiten zur Dateninterpretation und -ablage gibt. Da die Datenerfassung meist über die Messung von Global- und Diffusstrahlung auf eine Horizontalfläche erfolgt, gibt es verschiedene Möglichkeiten, diese Daten aufzubereiten. Dabei werden entweder Globalstrahlungs- und Diffusstrahlungsdaten gespeichert, oder (weitaus häufiger) direkte und diffuse Strahlungsdaten, wobei Direktstrahlung aus Differenz von Global- und Diffusstrahlung berechnet wird.

Üblicherweise werden Strahlungsdaten im Stundenraster abgelegt, wobei folgende Varianten üblich sind:

- Momentanwerte der Strahlungsintensitäten zu jeder Stunde
- Mittelwerte des letzten Stunde

Je nach Messstation/Wetterdienst werden beide Verfahren für verschiedene Standorte, sogar beim gleichen Testdatensatz verwendet (siehe bspw. Testreferenzjahre 2011, DWD, in einigen Gebieten werden Momentanwerte verwendet, in anderen integrale Mittelwerte). Leider ist die Information

über die konkrete Methodik nicht im Datensatz selbst abgelegt, sondern muss aus der begleitenden Dokumentation abgelesen werden.

Simulationsprogramme interpretieren die bereitgestellten Klimadaten üblicherweise immer gleich, wobei die Mehrheit der Programme Stundenmittelwerte der Horizontalstrahlungslasten erwartet. Daher sind in diesem Testfall die gegebenen Strahlungsdaten wie folgt zu interpretieren:

- Direkte Strahlung ist als Normalstrahlung gegeben, und entspricht dem integralen Mittelwert der vorangegangenen Stunde. D.h. der Wert von 10:00 ist der Mittelwert der Stunde von 9:00 - 10:00.
- Diffuse Strahlung ist als Strahlung auf die Horizontalfläche gegeben, ebenfalls als Mittelwert der vorangegangenen Stunde.
- Die Umrechnung von direkter Normalstrahlung auf Horizontalstrahlung erfolgt durch Verwendung des Sonnenstands zur Mitte der Stunde, bspw. 9:30 für den Wert um 10:00.
- Für die Berechnung des Sonnenstands ist der Standort der Messstation zu verwenden

Die Rekonstruktion des zeitlichen Verlaufs der Strahlung innerhalb der Stunde ist dem jeweiligen Programm überlassen.

Anmerkung: Bei Programmen, welche eine andere Interpretation der Strahlungsdaten verwenden, ist eine Abweichung in den Ergebnissen zu erwarten und das Berechnungsverfahren sollte dokumentiert werden.

2 Aufgabenstellung

Die Berechnung der Strahlungslast für Gebäude ist abhängig von:

1. der Position der Sonne,
2. den in den Klimadaten vorgegebenen stündlichen Strahlungsdaten,
3. der eigentlichen Umrechnung von Strahlungswert auf die betrachtete Fläche sowie
4. dem Absorptionskoeffizient der betrachteten Fläche als auch
5. dem Albedo des Bodens.

Um diesen Teilaspekt näher zu betrachten, sollen für bestimmte geneigte Flächen die Strahlungswerte berechnet und ausgegeben werden.

2.1 Standort

Für die Validierung der Strahlungsberechnung wird nur ein Standort benötigt, da die Sonnenstände bereits im vorherigen Testfall überprüft wurden. In Tab. 2.1 finden sich die Standortdaten des zu prüfenden Gebäudestandortes (Gebäudeposition = Standort der Messstation).

::: Table: (Prüfstandorte) -----

Standort	Längen-grad in °	Breiten-grad in °	Zeitzone	Bemerkung
	13.067	52.383	1	Geringer Abstand zum Standardmeridian auf der Ostseite

:::

In Programmen, welche Klimadaten für die Angabe des Standorts verwenden, kann die bereitgestellte Wetterdatei (im epw-Format) verwendet werden:

- SIMQ_TF02_Potsdam.epw

2.2 Flächen

Für den Vergleich der Strahlungsdaten werden unterschiedlich geneigte Flächen mit den Maßen von 1m x 1m (1m Fläche) modelliert, mit dem jeweiligen Simulationsprogramm berechnet und bestimmte Ergebnisdaten ausgegeben. Dabei weist jede Fläche eine andere Neigung und Ausrichtung auf. Die zu verwendenden Neigungen und Ausrichtungen sind im Detail in Tab. 2 gelistet. Einträge mit sind obligatorisch und mit optional. In Abbildung [fig:Modell-mit-den] ist für die bessere Veranschaulichung eine beispielhafte Anordnung der Flächen dargestellt, für die die Strahlungsintensitäten jeweils berechnet werden sollen.

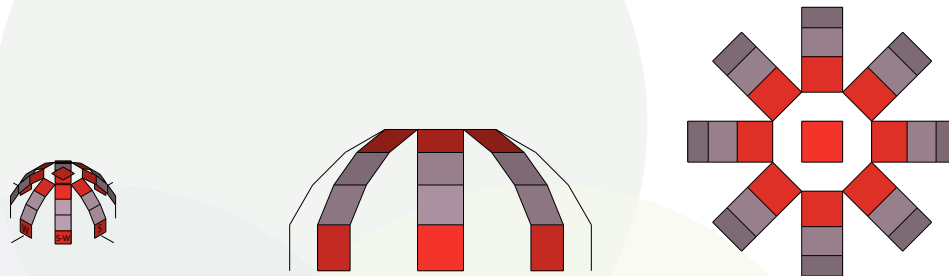
Tabelle 1: [[tab:GeforderteFl=0000E4chen]]{#tab:GeforderteFl=0000E4chen label="tab:GeforderteFl=0000E4chen"}Übersicht über die geforderten Flächen für die Berechnung der Strahlungsintensität

Flächenausrichtung		Flächenneigung		
Himmelsrichtung	Richtungswinkel in °	90°	30°	Horizontale 0°
N	0			
N-O	45			
O	90			
S-O	135			

Tabelle 1: Übersicht über die geforderten Flächen für die Berechnung der

Strahlungsintensität

S	180
S-W	225
W	270
N-W	315



2.3 Randbedingungen der Berechnung

Für die Berechnung werden folgende Randbedingungen festgelegt:

- Der Albedo des Bodens wird auf 0.2 gesetzt.
 - Der Absorptionskoeffizient der Flächen wird auf 1 gesetzt (Strahlung wird von der Fläche komplett absorbiert).
- Diese Eingabe ist nicht nötig, wenn ein Programm bereits die Strahlungsintensität ohne Berücksichtigung des Absorptionskoeffizienten ausgibt.

3 Ergebnisse

3.1 Regeln für die Berechnung

Es bestehen folgende Berechnungsregeln:

- Es soll jeweils die Normalzeit (Winterzeit) verwendet werden.
- Es soll kein Schaltjahr verwendet werden.

- Die Berechnungsergebnisse der Strahlungsintensität sollen sowohl in Stundenschritten für das gesamte Jahr (integrale Mittelwerte, siehe oben) als auch in Minutenschritten (Momentanwerte) für die Tage 5.März, 27.Juli, 22.September, 24.Oktober und 17. Dezember protokolliert werden. Bezüglich der Bestimmung von minütlichen Momentanwerten gilt:
 - Bei Berechnungsprogrammen mit kleineren Schrittweiten (bspw. Sekunden) sollen die Ausgabewerte zur vollen Minute angegeben werden.
 - Bei Ausgaben in unregelmäßigen Intervallen sollen die Ausgabewerte zur vollen Minute gegebenenfalls durch lineare Interpolation (bei unregelmäßigen Ausgabeintervallen) bestimmt und angegeben werden. Eine entsprechende Information über die Berechnungsmethode ist zu dokumentieren.
- Sollte das jeweilige Programm nicht in der Lage sein, minütliche Momentanwerte auszugeben, so entfällt diese Ausgabe und eine Prüfung des zeitlichen Verlaufs der Strahlungslasten kann nur anhand der stündlichen Mittelwerte erfolgen.
- Es soll dokumentiert werden, ob ein isotropes oder anisotropes Strahlungsmodell verwendet wird (siehe Dokumentation des jeweiligen Programmes).

3.2 Geforderte Ergebnisse

Für jeden Berechnungszeitpunkt ist anzugeben:

- Sonnenhöhenwinkel (Altitude) in Grad (0° - Horizont, 90° - Zenit)
- Sonnenrichtungswinkel (Azimuth) in Grad (0° - Norden, 90° - Osten, 180° - Süden, 270° - Westen)
- absorbierte direkte Strahlung auf die jeweilige Fläche als *minütliche Momentanwerte* in W/m an den Tagen 5.März, 27.Juli, 22.September, 24.Oktober und 17. Dezember
- absorbierte diffuse Strahlung auf die jeweilige Fläche als *minütliche Momentanwerte* in W/m an den Tagen 5.März, 27.Juli, 22.September, 24.Oktober und 17. Dezember
- absorbierte direkte Strahlung auf die jeweilige Fläche als *stündliche integrale Mittelwerte der vorangegangenen Stunde* in W/m
- absorbierte diffuse Strahlung auf die jeweilige Fläche als *stündliche integrale Mittelwerte der vorangegangenen Stunde* in W/m

wobei mind. zwei Nachkommastellen genutzt werden sollen.

Anmerkung:

Es ist zu beachten, dass manche Programme Strahlungsdaten als integrale Mittelwerte über den letzten Ausgabezeitschritt berechnen, während andere Momentanwerte ausgeben. Ist es nicht möglich,

integrale Mittelwerte direkt zu erhalten, so können folgende Varianten alternativ genutzt werden (falls unterstützt vom jeweiligen Simulationsprogramm):

- Ausgabe integraler Energiemengen auf die jeweilige Fläche. Aus der Differenz zwischen stündlich ausgegebenen Energiemengen können die Mittelwerte der Stunden berechnet werden.
- Ausgabe von Momentanwerten in höherer Ausgabefrequenz und Berechnung der integralen Mittelwerte als Postprocessing-Schritt.

Ist beides nicht möglich, so könnte man Stundenmittelwerte durch Mittlerung der Momentanwerte am Anfang und Ende der Stunde erhalten. Dies setzt allerdings einen linearen Verlauf in der Stunde voraus und ist bei der anschließenden Integralbildung (Jahres- und Tagesintegrale) gleichbedeutend mit der Verwendung der ursprünglichen Momentanwerte. Für den qualitativen Vergleich der Datenreihen (zur Fehlerdiagnose) ist es dennoch sinnvoll, die Mittelwerte und nicht die Momentanwerte zu vergleichen.

In jedem Fall ist zu *dokumentieren*, ob es sich um *stündliche integrale Mittelwerte* oder um *Momentanwerte* am Stundenende bzw. zur Stundenmitte handelt.

3.3 Ergebnisdatenablage

Die Datenerfassung kann in der Vorlage `SIMQ_TF02_SolareLasten_Ergebnisvorlage.ods` (zur Verwendung in LibreOffice, Excel etc.) erfolgen. Es muss weiterhin bei der Ablage der Daten die verwendete Version des Programmes, der Name des Bearbeiters und wenn möglich auch der verwendete Algorithmus (isotrop oder anisotrop) des Programmes zur Berechnung der Strahlungsintensität dokumentiert werden.