

# SimQuality - Validierung der Sonnenstandsberechnung

IBK, TU Dresden

28. Januar 2021

## Zusammenfassung

Für die Berechnung der solaren Lasten in der thermischen Gebäudesimulation ist die korrekte Abbildung des Sonnenstands notwendig. Der nachfolgend beschriebene Testfall prüft die Funktionalität eines Modells bzw. die Modellimplementierung/Software hinsichtlich der Bestimmung der Sonnenstandsberechnung.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlegende Gleichungen</b>	<b>2</b>
1.1	Detailstufe der Berechnung . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>3</b>
2.1	Standorte . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Geforderte Ergebnisse</b>	<b>4</b>
3.1	Regeln für die Berechnung . . . . .	4
3.2	Ergebnisdatenablage . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>4</b>

# 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

## 1.1 Detailstufe der Berechnung

Grundsätzlich ist es möglich, die Sonnenstandsberechnung ohne Berechnung der wahren Ortszeit durchzuführen. In diesem Fall sind die Ergebnisse nur eingeschränkt gültig, wenn zwischen Bezugsmeridian der betreffenden Zeitzone und Gebäudestandort keine größeren geographischen Entfernungen liegen.

## 2 Aufgabenstellung

Die Berechnung des Sonnenstands ist nur vom Zeitpunkt und dem Standort des Gebäudes/Betrachters abhängig. Daher kann die Berechnung auch unabhängig von der Gebäudesimulation erfolgen. Eingangsdaten sind je Standort: *Längengrad*, *Breitengrad* und *Zeitzone*.

### 2.1 Standorte

Die Standorte für die Untersuchung der Sonnenstandsmodelle sind weltweit verteilt und weisen jeweils bestimmte Charakteristika auf. In Abbildung 2.1 findet sich ein Überblick über die Standorte, die auf der Nord- und Südhalbkugel bzw. innerhalb der Wende- und Polarkreise verteilt sind. In Tabelle 2.1 findet sich ein detaillierter Überblick über die Standorte mit kurzer Beschreibung der individuellen Lage, welche sich auf die Berechnung auswirkt.



Abbildung 2.1: Überblick über die Prüfstandorte

Tabelle 2.1: Liste der Prüfstandorte

Standort	Längen- grad in °	Breiten- grad in °	Zeitzone	Bemerkung
Barrow	-156.780	71.300	-9	Innerhalb des nördlichen Polarkreises
Denver	-104.860	39.760	-7	Geringer Abstand zum Standardmeridian
Lima	-77.120	-12.000	-5	Auf der Südhalbkugel und innerhalb des südlichen Sonnenwendkreises
Potsdam	13.067	52.383	1	Geringer Abstand zum Standardmeridian auf der Ostseite
Shanghai	121.430	31.170	8	Geringer Abstand vom Standardmeridian
Kaxgar	75.980	39.470	8	Sehr großer Abstand zum Standardmeridian (gleiche Zeitzzone wie Shanghai)
Singapur	103.980	1.370	8	Geringer Abstand zum Äquator und innerhalb des nördlichen Sonnenwendkreises
Melbourne	144.830	-37.670	10	Auf der Südhalbkugel außerhalb des Sonnenwendkreises

### 3 Geforderte Ergebnisse

Die Berechnungsergebnisse werden an folgende Tagen verglichen:

- 5. März
- 27. Juli
- 22. September
- 24. Oktober
- 17. Dezember

Die Berechnungsergebnisse werden an den genannten Tagen in Minutenschritten protokolliert. Für jeden Berechnungszeitpunkt ist anzugeben:

- Sonnenhöhenwinkel (Altitude) in Grad ( $0^\circ$  - Horizont,  $90^\circ$  - Zenit)
- Azimutwinkel in Grad ( $0^\circ$  - Norden,  $90^\circ$  - Osten,  $180^\circ$  - Süden,  $270^\circ$  - Westen)  
*ACHTUNG: Äquatorbezogene Azimut-Definition im amerikanischen Kontext beachten und gegebenenfalls entsprechend umrechnen!*

Dabei sollen mind. zwei Nachkommastellen genutzt werden.

#### 3.1 Regeln für die Berechnung

Es bestehen folgende Berechnungsregeln:

- Es soll jeweils die Normalzeit (Winterzeit) verwendet werden.
- Es soll kein Schaltjahr verwendet werden.
- 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.  
*ACHTUNG: Bei der linearen Interpolation des Azimutwinkels kann es beim Überschreiten des  $360^\circ$  Winkels zu unsinnigen Zwischenwerten kommen. Es wird empfohlen, in diesem Fall kleinere Berechnungsschritte zu verwenden.*
- Bei Programmen mit größeren Ausgabeintervallen (z.B. Stundenwerte) soll ein Wert je Stunde angegeben werden. Zusätzlich muss dokumentiert werden, ob der Wert dem Anfang, der Mitte oder dem Ende des Berechnungsintervalls zuzuordnen ist.

#### 3.2 Ergebnisdatenablage

Die Ergebnisse sind entsprechend der Ergebnisvorlagedateien abzulegen. Es kann die Ergebnisvorlage `SIMQ_TF01_Sonnenstand_Ergebnisvorlage.ods` verwendet werden (für LibreOffice, Excel, etc.), woraus dann durch Kopie der einzelnen Arbeitsblätter in Textdateien die geforderten Ergebnisdateien einfach erstellt werden können.

### 4 Auswertung

Für die Prüfung der Korrektheit des im jeweiligen Programm verwendeten Sonnenstandmodells werden die berechneten Sonnenstände mit Referenzwerten verglichen (siehe Datei `SimQuality_Test01_Sonnenstand_Referenzwerte.tsv`).