

SimQuality - Validierung von Verschattungsmodellen

IBK, TU Dresden

5. Januar 2022

Zusammenfassung

Für die Berechnung der korrekten Abbildung der Strahlungslasten ist die Abbildung von äußeren Verschattungen notwendig. Der nachfolgend beschriebene Testfall prüft die Funktionalität eines Modells bzw. die Modellimplementierung/Software hinsichtlich der Bestimmung der Verschattungen.

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlegende Gleichungen	2
2	Aufgabenstellung	2
2.1	Sonnenlichtfaktor	2
2.2	Geometrie	2
2.2.1	Geometrie für Variante 1 (09.1) - Auskragung	2
2.2.2	Geometrie für Variante 2 (09.2) - Seitenfinnen	3
2.2.3	Geometrie für Variante 3 (09.3) - Auskragung & Seitenfinnen	3
2.2.4	Geometrie für Variante 4 (09.4) - Äußeres Hindernis	4
2.2.5	Geometrie für Variante 5 (09.5) - Auskragung + Seitenfinnen	4
2.2.6	Geometrie für Variante 6 (09.6) - Äußeres Hinderniss	5
2.2.7	Geometrie für Variante 7 (09.7) - Dynamische Verschattung	5
2.3	Wetter	6
2.4	Modellparameter	6
3	Geforderte Ergebnisse	7
3.1	Regeln für die Berechnung	7
3.2	Ergebnisdatenablage	7
4	Auswertung	8

1 Grundlegende Gleichungen

Für die Berechnung von Verschattungen wird auf folgende Literatur angegeben:

- Feist, Wolfgang: „Thermische Gebäudesimulation“; Karlsruhe 1994
- ANSI/ASHRAE-Standard 140:2017: Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs (BESTest)
- DIN ISO 13791:2012, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren (ISO 13791:2012)

Referenzierte Testfälle

SimQuality (TF07). "Validierung von Fenstermodellen".

2 Aufgabenstellung

Die Testfälle in dieser Sektion entstammen der DIN EN ISO 13791. Zusätzlich werden dynamische Verschattungssysteme wie Jalousien oder Rollläden beschrieben.

2.1 Sonnenlichtfaktor

Der Sonnenlichtfaktor f_s berechnet sich aus der Fläche A_s , die zum jeweiligen Zeitpunkt mit Sonne beschienen wird, geteilt durch die gesamte Fläche A :

$$f_s = \frac{A_s}{A}$$

Anmerkung: Der Verschattungsfaktor kann auch indirekt berechnet werden, in dem die direkte Normalstrahlung auf die zu testende Fläche (in unserem Falle die in der jeweiligen Prüfvariante beschriebene Fensterfläche) mit einem generischen Wetterfile (SIMQ_TF09_Klima.epw) berechnet wird. Dies muss einmal mit Verschattung und einmal ohne Verschattung durchgeführt werden. Aus der Differenz der Strahlungsintensitäten der Direktstrahlung ergibt sich dann der Verschattungsfaktor. Dies ist nur notwendig, wenn das jeweilige Programm keinen Verschattungsfaktor ausgeben kann.

2.2 Geometrie

Für die ersten Validierungsprüfungen werden nicht bewegliche Strahlungshindernisse modelliert. Diese beziehen sich auf folgende Objekte:

- Auskragung
- Seitenfinnen
- Kombination von Auskragung und Finnen
- Entfernter Körper modelliert als einzelne Fläche, da nur diese relevant für die Verschattung ist.

Für die Objekte stehen jeweils verschiedene Ausrichtungen zur Verfügung. In der jeweiligen Prüfvariante werden diese Eigenschaften gesondert beschrieben.

2.2.1 Geometrie für Variante 1 (09.1) - Auskragung

Die Geometrie für die Prüfvariante 09.1 wird in Abb. 2.1 dargestellt. Über einer Südwand (Wandausrichtung 180°) befindet sich eine 1 m lange Auskragung, die 0.5 m über dem Fenster liegt. Das Fenster wird durch ein Rechteckprofil mit den Abmessungen (lxh) $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ dargestellt. Die Wandabmessungen betragen 4 m Länge und 3 m Höhe. Die Auskragung erstreckt sich über die gesamte Wandlänge (4 m).

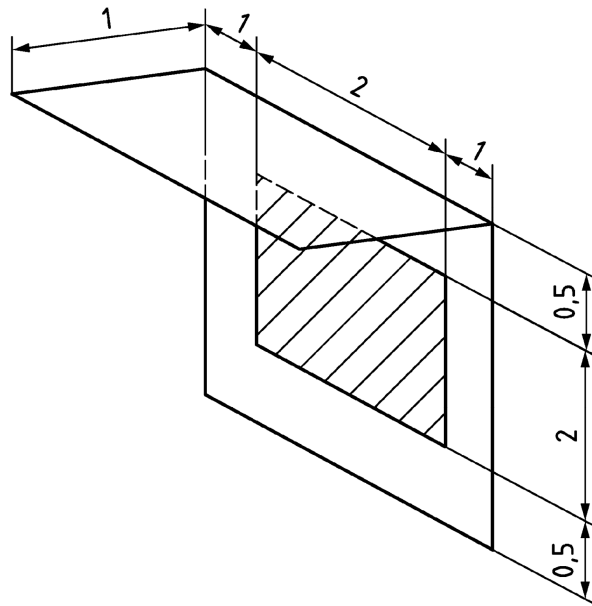


Abbildung 2.1: Darstellung der Verschattungselemente für Prüfvariante 01 (Quelle: DIN EN ISO 13791)

2.2.2 Geometrie für Variante 2 (09.2) - Seitenfinnen

Die Geometrie für die Prüfvariante 09.2 wird in Abb. 2.1 dargestellt. Es wird eine Südwand (Ausrichtung 180°) mit den Abmessungen (lxh) $4\text{ m} \times 3\text{ m}$ und einem sich darin befindlichen Fenster mit den Abmessungen (lxh) $2\text{ m} \times 2\text{ m}$ modelliert. An jedem vertikalem Wandende befindet sich jeweils eine Finne, die senkrecht zur Wand mit 1 m auskragt und sich über die gesamte Wandhöhe erstreckt ($b \times h$) $1\text{ m} \times 3\text{ m}$.

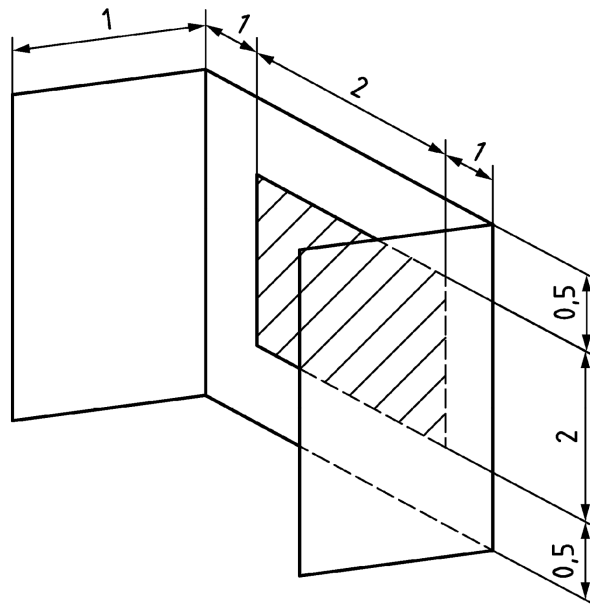


Abbildung 2.2: Darstellung der Verschattungselemente für Prüfvariante 02 (Quelle: DIN EN ISO 13791)

2.2.3 Geometrie für Variante 3 (09.3) - Auskragung & Seitenfinnen

Die Geometrie für die Prüfvariante 09.3 wird in Abb. 2.3 dargestellt. Als Grundlage dient die Variante 09.1. Die Verschattungsobjekte aus Variante 09.2 werden an die Südwand hinzugefügt.

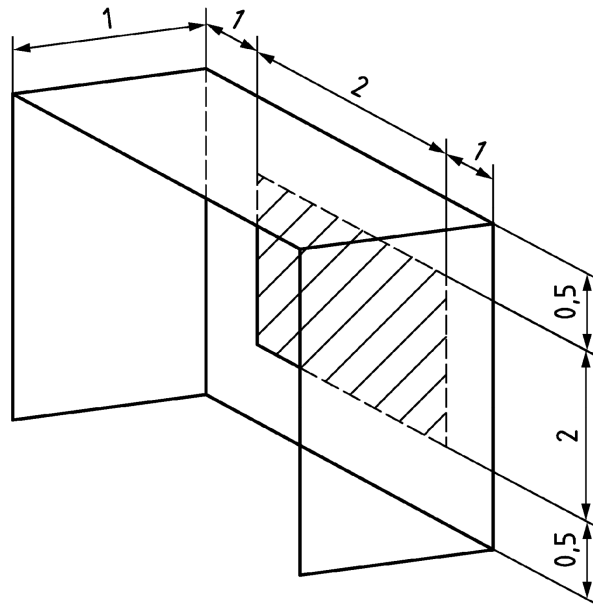


Abbildung 2.3: Darstellung der Verschattungselemente für Prüfvariante 03 (DIN EN ISO 13791)

2.2.4 Geometrie für Variante 4 (09.4) - Äußeres Hindernis

In der Prüfvariante 09.4 wird eine Südwand (Ausrichtung 180°) mit den Abmessungen von (lxh) $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ von einer 5 m entfernten Wand in südlicher Richtung mit den Abmessungen (lxh) $15\text{ m} \times 10\text{ m}$ verschattet (siehe Abb. 2.4). Als Prüfkörper wird die kleine Wand definiert.

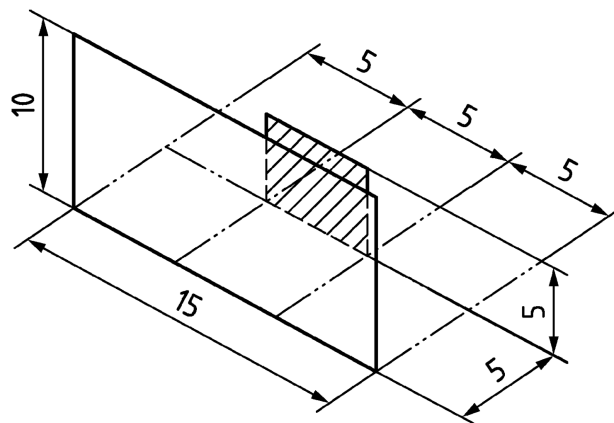


Abbildung 2.4: Darstellung der Verschattungselemente für Prüfvariante 04 (DIN EN ISO 13791)

2.2.5 Geometrie für Variante 5 (09.5) - Auskragung + Seitenfinnen

In der Prüfvariante werden alle Eigenschaften von Prüfvariante 09.3 übernommen. Die Wand wird lediglich nach Osten (Ausrichtung 90°) orientiert.

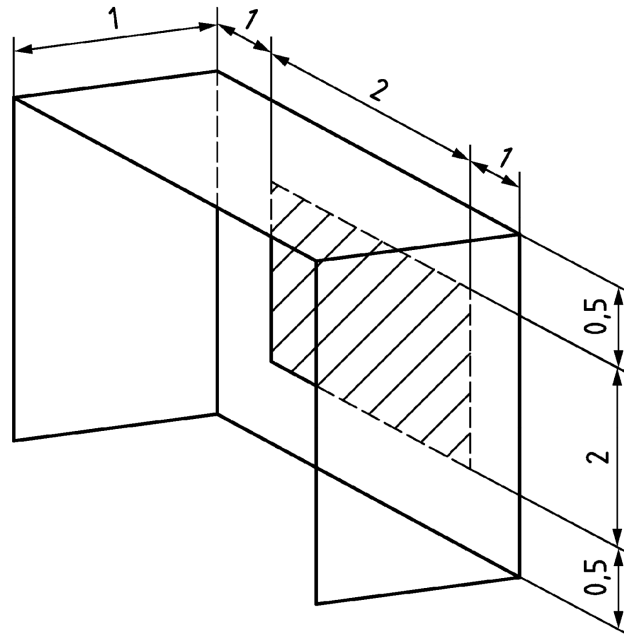


Abbildung 2.5: Darstellung der Verschattungselemente für Prüfvariante 05 (DIN EN ISO 13791)

2.2.6 Geometrie für Variante 6 (09.6) - Äußeres Hinderniss

In der Prüfvariante 09.6 werden alle Einstellung von der Prüfvariante 09.4 übernommen. Dabei werden beide Wände nach Osten (Ausrichtung 90°) ausgerichtet. Die große Wand steht östlich von der kleinen Wand.

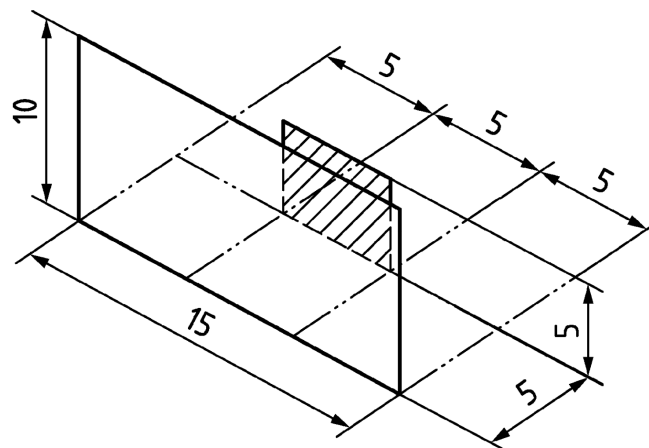


Abbildung 2.6: Darstellung der Verschattungselemente für Prüfvariante 06 (DIN EN ISO 13791)

2.2.7 Geometrie für Variante 7 (09.7) - Dynamische Verschattung

Als Prüfraum wird die Geometrie von [SimQuality \(TF07\)](#) Variante 01 übernommen. Zusätzlich wird eine dynamische Außenverschattung mit einem Verschattungsfaktor von 0.40 (Sonnenlichtfaktor 0.60) definiert. Die Steuerung der Verschattung erfolgt durch einen Globalstrahlungssensor. Ab einer Intensität von $150 \frac{W}{m^2}$ auf die Süd-Fassade wird die Verschattung aktiv. Es erfolgt keine zeitliche Verzögerung beim Aktivieren der Verschattung. Dazu wird das Wetter von Potsdam samt dessen Standort für die Berechnung des Sonnenstandes verwendet.

Anmerkung: Der Verschattungsfaktor ist so definiert, dass dieser angibt, welcher Anteil von der Verschattung absorbiert wird. Das bedeutet, dass bei einem Verschattungsfaktor von beispielsweise 0.40 40 % von der Verschattung absorbiert wird und nur noch 60 % transmittiert wird. Es werden nur die Schaltsignale (zum Ende der Stunde) der dynamischen Verschattung überprüft. Dazu kann einerseits der Raum mit und ohne Verschattung simuliert werden und aus der Differenz der absorbierten Globalstrahlung der Sonnenlichtfaktor berechnet werden.

2.3 Wetter

Für die Berechnung des Sonnenstandes für die Varianten 01 bis 06 muss der nachfolgende Standort mit

- **Längengrad:** 14.27 Grad östliche Länge und
- **Breitengrad:** 50.00 Grad nördliche Breite verwendet werden.

Dadurch können die Sonnenstände, die in der DIN EN ISO 13791 vorgegeben werden, erzielt werden. Dazu kann das Wetterfile `SIMQ_TF09_Klima.epw` verwendet werden, welches den Standort enthält.

Für die Variante 07 wird das Wetter von Potsdam samt dessen Standort verwendet. (`SIMQ_Potsdam.epw`)

Anmerkung: Der Albedo des Bodens wird für alle Prüfvarianten auf 0.0 gesetzt

2.4 Modellparameter

Die Oberflächen der auskragenden Elemente (Verschattungselemente) reflektieren keine Strahlung.

3 Geforderte Ergebnisse

Für Prüfvariante 01 bis 06 ist für den **29. Mai (Stunde 3552 bis 3576)** in 10-minütlichen Ausgabeschritten anzugeben:

- Sonnenrichtungswinkel (Azimuth) als Momentanwert [Deg] (N - 0 Deg, S - 180 Deg, ...)
- Sonnenhöhenwinkel (Altitude) als Momentanwert [Deg] (Zenith - 90 Deg, Horizont - 0 Deg, ...)
- Für Var 07 Globalstrahlung auf die Südseite als Stundenmittelwert [W/m²]
- Sonnenlichtfaktor (wie oben beschrieben) der beschienenen Fläche als Momentanwert [-]

Der Sonnenlichtfaktor ist mit mind. zwei Nachkommastellen zu bestimmen.

Für Prüfvariante 07 sind die Ausgaben für den **01. Juni 00:00 bis 30.06 23:00 (Stunde 3624 bis 4343)** in Stundenschritten anzugeben:

- Sonnenrichtungswinkel (Azimuth) als Momentanwert [Deg] (N - 0 Deg, S - 180 Deg, ...)
- Sonnenhöhenwinkel (Altitude) als Momentanwert [Deg] (Zenith - 90 Deg, Horizont - 0 Deg, ...)
- Sonnenlichtfaktor (wie oben beschrieben) der beschienenen Fläche als Momentanwert [-]

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 Sonnenlichtfaktor sollen in Stundenschritten als Momentanwert protokolliert werden.
 - Bei Berechnungsprogrammen mit kleineren Schrittweiten (bspw. Sekunden) sollen die Ausgabewerte zur vollen Stunde angegeben werden.
 - Bei Ausgaben in unregelmäßigen Intervallen sollen die Ausgabewerte zur vollen Stunde gegebenfalls durch lineare Interpolation (bei unregelmäßigen Ausgabeintervallen) bestimmt und angegeben werden. Eine entsprechende Information über die Berechnungsmethode ist zu dokumentieren.

3.2 Ergebnisdatenablage

Die berechneten Daten sind in einer Datei aufzulisten (ASCII oder Excel oder ähnliches). Bei Ablage in einer ASCII-Datei soll eine Kopfzeile und danach Datenzeilen wie in folgendem Beispiel (die Spalten sind mit Tabulator-Zeichen getrennt) verwendet werden¹:

Time [h]	Var09.1.Sonnenlichtfaktor [-]	Var09.2.Sonnenlichtfaktor [-]	Var09.3.Sonnenlichtfaktor [-]	...
0.00	0	0	0	
...				

Es ist möglich, anstelle von Stunden eine andere Zeiteinheit (*s*, *h* oder *d*) zu verwenden, entsprechend ist die Kopfzeile anzupassen, d.h. „Time [s]“ verwenden. Bei Verwendung von Minutenschritten und der Zeiteinheit *d* (Tage) sollten mindestens 4 Nachkommastellen bei der Zeitangabe verwendet werden, um Rundungsfehler zu vermeiden.

Es besteht weiterhin die Möglichkeit der Verwendung einer **Vorlage SimQuality_Test09_Aufgabenstellung_Verschattung_Ergebnisvorlage.ods**. Es muss weiterhin bei der Ablage der Daten die verwendete Version des Programmes und der Name des Bearbeiters dokumentiert werden.

¹Hinweis: Eine solche Datei erhält man automatisch, wenn man einen entsprechenden Inhalt einer Excel-Tabelle markiert und mittels Kopieren+Einfügen in einen Texteditor kopiert.

4 Auswertung

Die Prüfung der Korrektheit wird anhand der DIN EN ISO 13791 für die Prüfvarianten 09.1 bis 09.6 stattfinden. Für 09.7 findet die Definition der korrekten Ergebnisse später statt.

Tabelle 4.1: Prüfung der Korrektheit - Sonnenlichtfaktoren in Abhängigkeit der Uhrzeit und Testfall.

Stunde	Prüfung für den 29. Mai					
	9.1	9.2	9.3	9.4	9.5	9.6
07:00	0	0	0	0	1	0
07:30	0.66	0.34	0	1	0.95	0
08:00	0.53	0.47	0	1	0.89	0
08:30	0.38	0.62	0	1	0.81	0
09:00	0.24	0.76	0	1	0.71	0.07
09:30	0.19	0.88	0.07	1	0.58	0.33
10:00	0.21	0.97	0.18	1	0.39	0.72
10:30	0.26	1	0.26	0.97	0.07	1
11:00	0.3	1	0.3	0.9	0	1
11:30	0.32	1	0.32	0.86	0	1
12:00	0.33	1	0.33	0.84	0	1