

# Reflexionen an Solarmodulen

## Berechnungsgrundlagen und Tipps für die Praxis

Von Christof Bucher, Matthias Burri und Peter Toggweiler

Basler & Hofmann AG, Ingenieure, Planer und Berater, Forchstrasse 395, 8032 Zürich, 044 387 11 22, christof.bucher@baslerhofmann.ch

Glasoberflächen wie Glasfassaden oder Solaranlagen reflektieren einen geringen Anteil des Sonnenlichts. In den allermeisten Fällen sind diese Reflexionen unkritisch, weil sie entweder niemanden blenden oder aber nur so kurz oder schwach sind, dass die Blendung nicht relevant ist. Wo aber die Grenze zwischen "lästig" und "nicht relevant" ist, hat weder der Gesetzgeber noch eine Normenorganisation bisher festgelegt. Es ist heute nicht einmal klar, welche Parameter zur Beurteilung einer Blendung herangezogen werden können oder sollen. Dieses Poster zeigt auf, welche Mess- oder Berechnungsgrößen im Zusammenhang mit einer Blendung relevant sind und macht einen Vorschlag, in welchen Größenordnungen Richt- oder Grenzwerte angesetzt werden könnten.

Die vorliegenden Informationen sind eine Zusammenstellung der Projekterfahrungen der Autoren. Die Inhalte sind in den Entwurf der Überarbeitung des Leitfadens von Swissolar "Leitfaden Solaranlagen gemäss Art. 18a des Raumplanungsgesetzes" eingeflossen und werden im Rahmen der laufenden Vernehmlassung möglicherweise noch überarbeitet.

### Welche Blendwirkungen sind relevant?

Nicht jede Blendwirkung ist störend. Zusätzlich zu den physikalischen messbaren Faktoren wird eine störende Wirkung auch stark von physiologischen, nicht messbaren Faktoren bestimmt. In der folgenden Tabelle werden physikalische Richtwerte als Grenzwerte empfohlen. Nur wenn alle Richtwerte überschritten werden, soll eine Blendung als störend gelten.

Parameter	Empfehlung Richtwert	Bemerkung
Winkel zwischen Sonnenstrahl und Blendstrahl	20°	Wenn der Reflexionsstrahl fast aus derselben Richtung kommt wie der direkte Sonnenstrahl, soll er nicht als Blendung gewertet werden.
Einfallswinkel des Blendstrahls auf ein Fenster	20°	Ein Reflexionsstrahl ist nur dann relevant, wenn er steiler als mit 20° auf ein Fenster oder eine Fassade einfällt. Ansonsten ist seine Eindringtiefe in den Raum in der Regel unbedeutend.
Direktnormalstrahlung (DNI)	120 W/m <sup>2</sup>	Ab DNI 120 W/m <sup>2</sup> werden allgemein die Sonnenstunden gezählt (WMO sunshine threshold). Wenn die Sonne nicht scheint (dann ist DNI <120 W/m <sup>2</sup> ), ist auch keine Blendung möglich.
Leistungsdichte Reflexionsstrahl	30 W/m <sup>2</sup>	Es wird empfohlen Reflexionen welche schwächer sind als 3% des direkten Sonnenlichts am Mittag nicht als Blendung zu taxieren.
Leuchtdichte reflektierende Fläche	ca. 150'000 cd/m <sup>2</sup>	Die Sonnenscheibe hat eine Leuchtdichte von 1'500'000'000 cd/m <sup>2</sup> resp. rund 15'000'000 cd/m <sup>2</sup> bei einer Bündelaufweitung von 5°.

### Beurteilung von Blendwirkungen

Die meisten Solaranlagen sind unkritisch bezüglich Blendung. Von einer flächendeckenden Untersuchung der Blendwirkung von Solaranlagen wird deshalb explizit abgeraten. Entscheidet sich die Bauherrschaft einer Anlage jedoch, die Blendung zu untersuchen, so wird folgendes dreistufiges Vorgehen empfohlen:

- Grobklärung ob eine Blendung überhaupt möglich und relevant sein kann:** Kann der Beobachter die Solarmodule überhaupt sehen? Liegt die Solaranlage zu den kritischen Zeitpunkten ggf. im Schatten? Kann die Blendung nur irrelevante Bereiche treffen (z. B. fensterlose Fassaden oder kaum genutzte Räume)?

- Ausschliessen unkritischer Blendungen:** Folgende Situationen können in der Regel als unkritisch ausgeschlossen werden:
  - Kleine Anlagen (Wohnzone < 10 m<sup>2</sup>, Gewerbezone < 100 m<sup>2</sup>).
  - Entfernte Beobachter (Wohnzone > 100 m, Gewerbezone > 50 m).
  - Kleines Verhältnis von Anlagegrösse (max. Abmessung in Meter) zu Entfernung Beobachter (<1/8 resp. Sichtwinkel <7.5°).
  - Die Solaranlage wird als Ersatz von einem reflektierenden Material installiert, bei welchem es keine störende Blendung gab.
- Blendgutachten:** Berechnung und Simulation der Blendung.

### Blendgutachten

Weil es auch im Falle einer genauen Berechnung keine Richtwerte für zulässige Blendungen gibt, machen die Autoren Vorschläge für diverse Parameter:

Parameter	Empfehlung Richtwert*	Bemerkung
Max. Blenddauer pro Ereignis an beliebig vielen Tagen im Jahr	30 min	Wird z. T. bereits heute verwendet. Gibt keine Antwort auf die Frage, was eine Blendung ist (Intensität).
Max. Blenddauer pro Ereignis an maximal 60 Tagen im Jahr	60 min	Gibt keine Antwort auf die Frage, was eine Blendung ist (Intensität).
Max. Blenddauer pro Ereignis an maximal 20 Tagen im Jahr	120 min	Gibt keine Antwort auf die Frage, was eine Blendung ist (Intensität).
Jahresblenddauer	50 Stunden	Kumulierte Dauer der Blendung pro Jahr.

\* Diese Werte sind für ein hypothetisches wolkenloses Jahr zu verstehen. Werden die Werte mit realistischen Wetterdaten überlagert, können sie reduziert werden (siehe auch Abb. 3)

Die Einhaltung der Richtwerte kann z. B. mit einem Reflexionsdiagramm (Abb. 1), einer kalendarischen Darstellung (Abb. 2) oder einem Summenhäufigkeitsdiagramm (Abb. 3) illustriert werden.

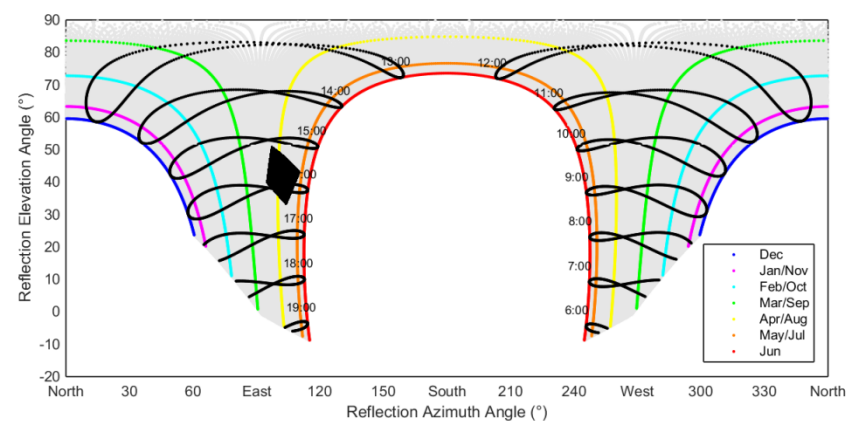


Abb. 1: Reflexionsdiagramm mit einer zeitlichen Auflösung von einer Minute. Solaranlage mit 20° Neigung nach Süden ausgerichtet. Der Beobachtungspunkt (schwarze Fläche) kann im April, Mai, Juli und August zwischen 15:00 Uhr und 17:00 Uhr geblendet werden.

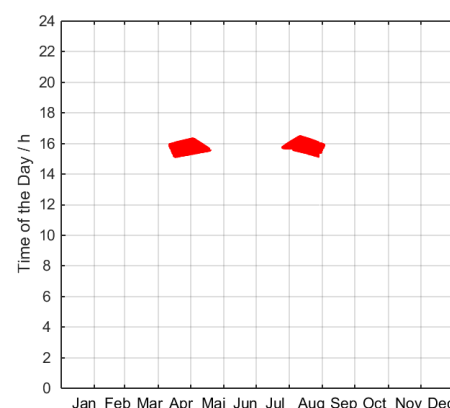


Abb. 2: Kalendarische Darstellung der Blendung. In den roten Flächen kann eine Blendung auftreten.

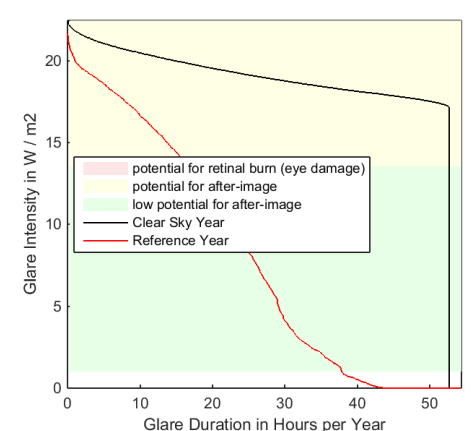


Abb. 3: Summenhäufigkeit der Blendung für ein wolkenloses Jahr (schwarz) und ein Referenzjahr (rot).