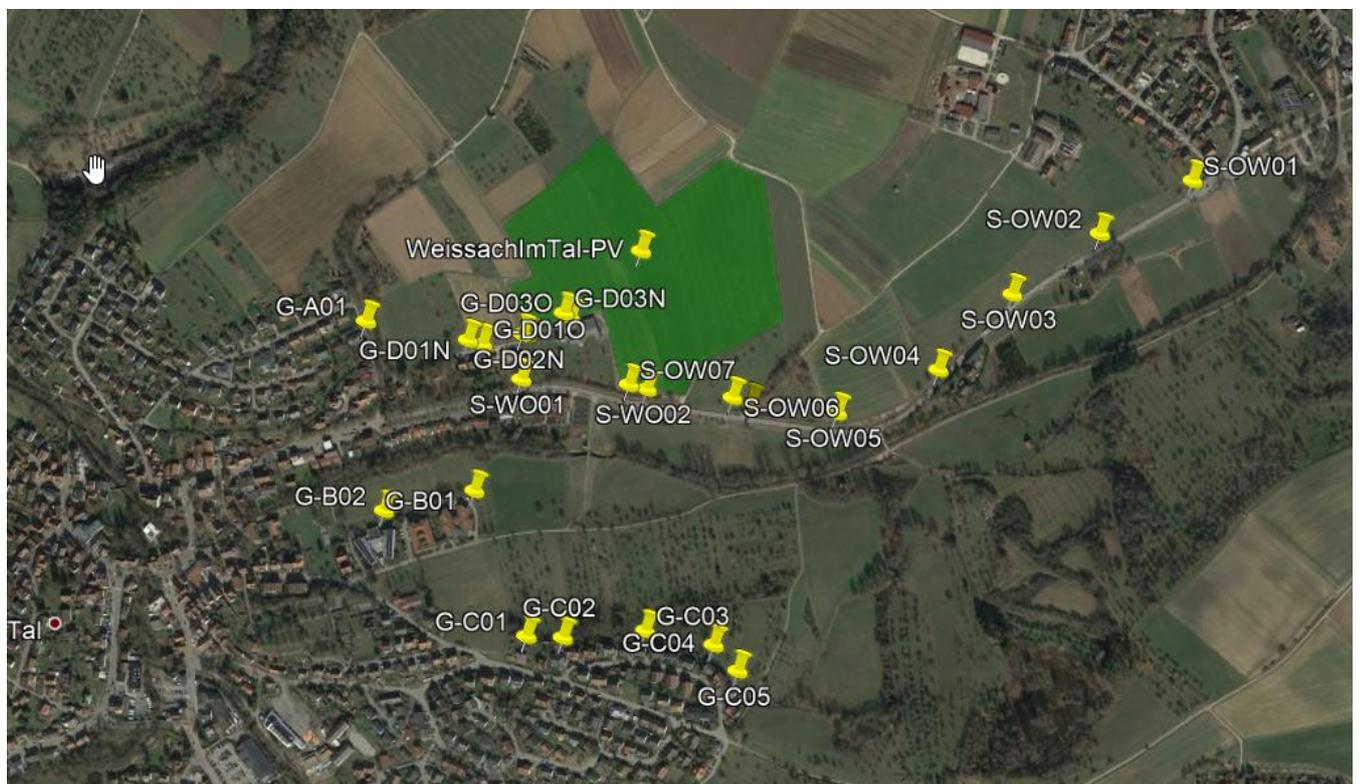


BERICHT

Zum Blendrisiko einer geplanten PV-Anlage
in Weissach im Tal, Baden-Württemberg



BERICHT AMK293-AA-2125-V1.1

21.06.2021

Alfons Armbruster

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, ISE
Heidenhofstraße 2, 79110 Freiburg, Germany
Fon +49 (0) 761 / 4588 5236
E-Mail alfons.armbruster@ise.fraunhofer.de

Im Auftrag des Kunden: juwi AG, Energie-Alle 1, 55286 Wörrstadt

Dieses Gutachten umfasst 17 Seiten, Anhang ausgenommen. Eine Veröffentlichung der Ergebnisse darf nicht unvollständig oder in sinnentstellendem Zusammenhang erfolgen. Das vorliegende Dokument ist Eigentum des Auftraggebers.

Christian Schill
Gruppenleitung

Alfons Armbruster
Projektleitung

Inhalt

1	Zusammenfassung	4
2	Beschreibung der Anlage	5
3	Detaillierte Ergebnisse.....	6
3.1	Referenzpunkte.....	6
3.2	Ergebnisse Gebäude südlich des PV-Feldes.....	8
3.3	Ergebnisse Gebäude am PV-Feld	11
3.4	Ergebnisse Kreisstraße K1907	14
4	Berechnungsverfahren	17

1 Zusammenfassung

Der Auftraggeber plant die Errichtung einer PV-Anlage in Form einer Freiflächenanlage in 71554 Weissach im Tal, Baden-Württemberg.

Motivation:

Grundsätzlich können PV-Anlagen zu Blendungseffekten führen. Bei der durch die juwi AG, Energie-Alle 1, 55286 Wörrstadt; geplanten PV-Anlage könnte es entsprechend grundsätzlich ebenfalls durch die aufgeständerten, geneigten PV-Module zu Blendungseffekten in der Umgebung kommen, welche in diesem Fall insbesondere Bewohner einiger Gebäude und die Fahrzeugführer auf der Straße K1907 betreffen könnten. Dieses Gefährdungspotenzial gilt es in dem folgenden Gutachten zu untersuchen und zu bewerten.

Bei Bahnlinien und wichtigen Verkehrsstraßen sollten möglichst keine Blendungen auftreten. Bei Gebäuden ist eine Blendung von maximal 30 Minuten Täglich mit einer Obergrenze (nach LAI¹) von maximal 30 Stunden pro Jahr üblich.

Ergebnis und Bewertung:

Insgesamt schätzen wir das Blendrisiko durch die geplante PV-Anlage an allen bis auf drei Immissionspunkten als unkritisch, und gehen an den restlichen Positionen von keinem erhöhten Gefährdungspotential durch Blendung aus.

An dem Gebäude D-3 hat das Ostfenster des 2.OG's das höchste Gefährdungspotential durch Blendung. Da sich dort jedoch nur ein Lagerraum befindet sind nur dann Maßnahmen zum Blendschutz nötig, wenn der Raum in einen Wohnraum umgewidmet werden soll.

An der Straße entlang der Süd-Kante des PV-Feldes (S-WO2 und S-OW6) empfehlen wir die Anbringung eines Blend/Schichtschutzaunes, mit einer Höhe 3,3m über Boden an der Süd Kante des PV-Feldes. Durch diese Maßnahmen ist die PV-Anlage insgesamt unkritisch zu bewerten.

Der Auftraggeber plant rings um die PV-Anlage bis zu 3m hohe Sichtschutzhecken anzupflanzen, was in diesem Gutachten nicht berechnet wurde, aber bei Umsetzung mögliche Blendungen noch weiter reduzieren würde.

Die Ergebnisse der Überprüfung sind in Kapitel 3 detailliert aufgeführt.

¹ Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI): Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen

2 Beschreibung der Anlage

Beschreibung der Anlage.....
.....

Name:	PV-Anlage Weissach im Tal
Standort:	71554 Weissach im Tal, Baden-Württemberg
Koordinaten:	48,92 °N; 9,49 °O
Nennleistung PV-Anlage $P_{N,DC}$:	9,6 MWp
Modulneigung:	20 °
Modulausrichtung:	180°
Befestigungsart:	Freifläche, Aufgeständert

Tabelle 1: Prüfobjekt



Abbildung 1
Südlicher Teil der geplanten
PV-Anlage und betrachtete
potenzielle
Blendungspunkte der
südlichen Wohngebäude

3 Detaillierte Ergebnisse

3.1 Referenzpunkte

Zur Untersuchung der Blendhäufigkeit wurden verschiedene Referenzpunkte in Absprache mit dem Auftraggeber ausgewählt, für welche die Berechnungen durchgeführt wurden, siehe Abbildung 1 bis Abbildung 3.

Es wurden für 4 im Ort verteilte Gebäudegruppen (A-D) mit erhöhtem potenziellem Blendrisiko Gebäude ausgewählt und dort für die unterste und oberste Etage ein Immissionspunkt definiert.

Als Höhe der Immissionspunkte für Personen wurde - für Aufenthalt im Freien und im Erdgeschoss - 2m über dem Boden gewählt; für ein potenzielles Obergeschoss wurde als Höhe 5 bzw 7m über dem Boden verwendet.

Außerdem wurden 10 Referenzpunkte auf der Straße K1907 ausgewählt; sieben in Fahrtrichtung von Ost nach Weissach und drei in Fahrtrichtung von Weissach nach Osten. Als Höhe der Immissionspunkte für die Fahrzeugführer wurden 2,5m für LKWs angenommen.

Auf Grund der Komplexen Form des PV-Feldes wurde für die meisten Rechnungen ein 4-Eck um das Feld (siehe Abbildung 3 in B lau) als Blendung verursachende Fläche gewählt. Hierdurch ist die potenzielle Blendungsdauer eine Abschätzung nach Oben

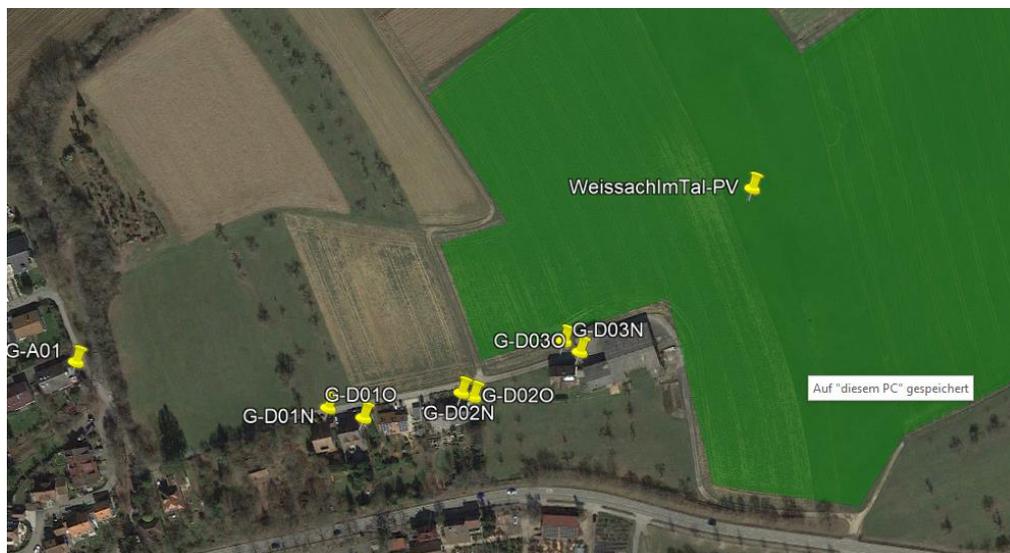


Abbildung 2
Westlicher Teil der
geplanten PV-Anlage und
betrachtete potenzielle
Blendungspunkte der
angrenzenden
Wohngebäude



Abbildung 3
Referenzpunkte der Straße
K1907 Nahe der PV-Anlage
mit eingezeichnetem
Viereck um das PV-Feld

3.2 Ergebnisse Gebäude südlich des PV-Feldes

Die Berechnungen für die Immissionspunkte an den Gebäuden (G-B und G-C) südlich vom PV-Feld wurde jeweils für Erdgeschoss bzw. Aufenthalt Draußen (E) und einem potenziellen Obergeschoss (O) bzw. Dachgeschoss (D) durchgeführt. Die Lage der Immissionspunkte sind zu finden in Abbildung 1.

Die Gebäudegruppe B (Seniorenwohnanlage und Gemeindepflegehaus) hat eine maximale theoretische Blenddauer von 2 Stunden / Jahr. Hierbei ist der Bewuchs südlich der Gebäude noch nicht berücksichtigt. Da die Gebäude vom PV-Feld aus nicht gesehen werden können (siehe Abbildung 4) ist von keiner Blendung auszugehen. Eine relevante Blendung an den Gebäuden liegt demnach nicht vor.

Bei der Gebäudegruppe C (Kelterweg bzw. Tannenstraße) tritt keine Blendung auf. Eine relevante Blendung an den Gebäuden liegt demnach nicht vor.

Pos.	G-B1E	G-B1O	G-B2E	G-B2D	G-C1	G-C2	G-C3	G-C4	G-C5
Monat									
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	2	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jahr	1	1	1	2	0	0	0	0	0

Tabelle 2: Ergebnis Blendhäufigkeiten, klarer Himmel, Gebäudegruppen B und C

Wird durchschnittliche reale Bewölkung entsprechend ihrer Häufigkeit aus Klimadaten vergangener Jahre angenommen, so führen die Berechnungen zu den in Tabelle 3 aufgeführten Blendhäufigkeiten für die Gebäudegruppen B und C.

Die Blendhäufigkeiten bei realem Wetter ist eine Teilmenge der potenziellen Blendhäufigkeiten bei klarem Wetter.

Detaillierte Ergebnisse.....

Pos.	G-B1E	G-B1O	G-B2E	G-B2D	G-C1	G-C2	G-C3	G-C4	G-C5
Monat									
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jahr	0	0	1	1	0	0	0	0	0

**Tabelle 3: Ergebnis
Blendhäufigkeiten, realer
Himmel, Gebäudegruppen B
und C**



Abbildung 4
Foto vom PV-Feld in
Richtung Ev. Gemeindehaus

3.3 Ergebnisse Gebäude am PV-Feld

Die Berechnungen für die Immissionspunkte an den Gebäuden (G-A und G-D) nahe am PV-Feld wurde jeweils für Erdgeschoss bzw. Aufenthalt Draußen (E) und einem potenziellen Obergeschoss (O) bzw. Dachgeschoss (D) durchgeführt. Die Lage der Immissionspunkte sind zu finden in Abbildung 2.

Für die Gebäudegruppe A (Hohenstaufenstraße 18) wurde das EG und OG berechnet. Die berechnete Blendhäufigkeit bei realem Himmel kommt dem Grenzwert von 30 Stunden pro Jahr schon sehr nahe. Hierbei ist jedoch der Pflanzenwuchs (Abbildung 5) an der Ostseite der Hohenstaufenstraße noch nicht berücksichtigt. Eine relevante Blendung an dem Gebäude liegt demnach nicht vor.

Bei der Gebäudegruppe D (Hutzeltgärten) wurden 6 Immissionspunkte mit erhöhten Blendrisiko ausgewählt. Drei der referenzpunkte an Fenstern in Richtung Norden (G-D1-3N) und drei weitere in Richtung Osten (G-D1-3O). Hier wurde als potenzielle Blendfläche, der Teil der Anlage betrachtet, welcher von den entsprechenden Fenstern sichtbar ist.

Die Blendhäufigkeit von Gebäude D1 liegt deutlich unterhalb des Schwellenwertes von 30 Blendstunden pro Jahr, bei Gebäude D2 konnte keine Blendung festgestellt werden, was mit der geringen Bauhöhe zu begründen ist.

Pos.	G-A1E	G-A1O	G-D1N	G-D1O	G-D2N	G-D2O	G-D3N	G-D3O
Monat								
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	7
4	6	7	0	0	0	0	7	12
5	7	8	2	0	0	0	12	11
6	7	8	15	4	0	0	16	10
7	6	8	9	3	0	0	20	13
8	8	8	0	0	0	0	8	15
9	1	1	0	0	0	0	2	9
10	0	0	0	0	0	0	0	2
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
Jahr	36	40	27	7	0	0	65	79

Tabelle 4: Ergebnis Blendhäufigkeiten, klarer Himmel, Gebäude westlich des PV-Feldes

Für das Gebäude D3 sind die Immissionspunkte in Abbildung 6 mit eingezeichnet.

Der Immissionspunkt G-D3N überschreitet bei Realem Himmel den Schwellenwert von 30 Blendstunden pro Jahr, dieser Wert gilt jedoch für außerhalb des Gebäudes. Die Immission von Osten bei Sonnenaufgang kommt direkt von der Nordgrenze der Hauptscheune und ist durch diese größtenteils abgeschirmt.

Die Immission von Westen bei Sonnenaufgang kommt von der Westkante des PV-Feldes aus Richtung 271-291° und trifft somit sehr flach auf das Fensterglas wodurch nur ein geringer Anteil des Lichtes in das Gebäude gelangt.

Wir gehen davon aus, dass am Immissionspunkt G-D03N in der Praxis nur geringe Blendung auftritt.

Der Immissionspunkt G-D30 überschreitet mit 47h ebenfalls bei Realem Himmel den Schwellenwert von 30 Blendstunden pro Jahr. Die Blendung kommt aus Richtungen von 66-99°, in dieser Richtung liegt zwar auch die Hauptscheune, da das Fenster aber im 2.OG ist bildet die Scheune keinen Blendschutz. Zudem trifft die Blendung relativ steil auf das Fenster so dass im Raum nahe Sonnenaufgang mit Blendbeeinträchtigung zu rechnen ist. Nach Rücksprache des Auftraggebers mit dem Hausbesitzer befindet sich dort ein Lagerraum und das Fenster ist in den Sommermonaten von innen verdunkelt.

Sollte der Raum in Zukunft zu einem Wohnraum umgebaut werden, ist zu empfehlen Blendschutzmaßnahmen (z.B. Einsatz von Milchglas) zu ergreifen.

Wird durchschnittliche reale Bewölkung entsprechend ihrer Häufigkeit aus Klimadaten vergangener Jahre angenommen, so führen die Berechnungen zu den in Tabelle 5 aufgeführten Blendhäufigkeiten an den Gebäuden.

Pos.	G-A1E	G-A1O	G-D1N	G-D1O	G-D2N	G-D2O	G-D3N	G-D3O
Monat								
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	3
4	4	5	0	0	0	0	4	8
5	4	4	1	0	0	0	7	6
6	5	5	9	3	0	0	10	6
7	4	5	6	2	0	0	12	8
8	5	5	0	0	0	0	5	10
9	1	1	0	0	0	0	1	5
10	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0
Jahr	22	24	16	4	0	0	39	47

Tabelle 5: Ergebnis Blendhäufigkeiten, realer Himmel, Gebäude westlich des PV-Feldes



Abbildung 5
Foto Hohenstaufenstraße
mit Pflanzenbewuchs mit
Gebäude A1



Abbildung 6
Foto In den Hutzelgärten 20
mit Immissionspunkten

3.4 Ergebnisse Kreisstraße K1907

Die Berechnungen für Blendung auf der Kreisstraße 1907 wurde für die in Abbildung 3 dargestellten Immissionspunkte durchgeführt. Die Punkte S-WO1-3 gelten für die Fahrtrichtung von Westen nach Osten und die Punkte S-OW1-7 für die Fahrtrichtung Osten nach Westen.

Zur Vereinfachung wurde in diesem Fall das 4-eckige Blaue Feld um das PV-Feld als potenzielle Blendfläche betrachtet. Die Höhe des Fahrzeugführers wird mit 2,5m. (LKW) angenommen.

Bei Fahrtrichtung von Westen nach Osten tritt potenzielle Blendung nur zwischen den Punkten S-WO2 (in Abbildung 7 etwa an der Position des ersten Leitpfostens) und S-WO3 auf. Die Blendung kommt aus dem Bereich der südlichen PV-Feldkante und befindet sich am Rande der Hauptblickrichtung. Die restliche Strecke ist aufgrund der starken Bepflanzung nicht blendgefährdet.

Bei Fahrtrichtung von Osten nach Westen tritt potenzielle Blendung erst bei Durchfahren des Immissionspunktes S-OW6 auf (siehe Abbildung 7 etwa in der Position des weitentferntesten Autos). Die Blendung kommt hier ebenfalls aus dem Bereich der südlichen PV-Feldkante und befindet sich am Rande der Hauptblickrichtung.

Es ist deswegen zu empfehlen, dass im Bereich Süd Kante des PV-Feldes mit einem Blend/Sichtschutzzaun abgedeckt wird. Die empfohlene Position wurde in Abbildung 8 Rot eingezeichnet.

Pos.	S-WO1	S-WO2	S-WO3	S-OW1	S-OW2	S-OW3	S-OW4	S-OW5	S-OW6	S-OW7
Monat										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	1	2	6	0
7	0	5	1	0	0	0	0	0	5	6
8	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jahr	0	5	3	0	0	1	1	3	11	6

Tabelle 6: Ergebnis Blendhäufigkeiten, klarer Himmel, auf der Kreisstraße 1907

Wird durchschnittliche reale Bewölkung entsprechend ihrer Häufigkeit aus Klimadaten vergangener Jahre angenommen, so führen die Berechnungen zu den in Tabelle 7 aufgeführten Blendhäufigkeiten an den Gebäuden.

Detaillierte Ergebnisse

Pos.	S- WO1	S- WO2	S- WO3	S- OW1	S- OW2	S- OW3	S- OW4	S- OW5	S- OW6	S- OW7
Monat										
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	1	0	0	0	0	2	4	0
7	0	3	0	0	0	0	0	0	4	3
8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jahr	0	3	2	0	0	1	0	2	8	4

**Tabelle 7: Ergebnis
Blendhäufigkeiten, realer
Himmel, auf der Kreisstraße
1907**



Abbildung 7
Foto Fahrrichtung Westen
nach Osten mit
Immissionspunkt S-WO2



Abbildung 8
Position des empfohlenen
Blenschutzzauns

4 Berechnungsverfahren

Die monatlichen Häufigkeiten möglicher Blendung wurden wie folgt ermittelt:

Als Immissionspunkte wurden zehn Positionen auf der Kreisstraße K1907 Richtung Unterbrüden und elf Positionen bei den Gebäuden definiert. Bei einigen Gebäuden wurden sowohl das Erdgeschoss als auch die oberste Etage betrachtet. Für jeden dieser Punkte wurden die folgenden Schritte durchgeführt:

- Für diese 21 Positionen wurde die potenzielle Blendung von der PV-Anlage bestimmt.
- Bestimmung des Sichtbereichs nach Azimut (Richtung) und Elevation (Höhenwinkel), unter welchem die PV-Anlage im Blickfeld an definierten Positionen erscheint.
- Berechnung des Sonnenstands (= der Blickrichtung zur Sonne) für alle Tage eines 10-Jahres-Zeitraums in 15-min-Schritten.
- Berechnung des gespiegelten Sonnenstands, also der Blickrichtung zum Abbild der Sonne, welches sich in einer spiegelnden Oberfläche der gewählten Ausrichtung und Neigung ergibt, für alle Einzel-Zeitschritte.
- Zählung der 15-min-Intervalle, in denen das Spiegelbild der Sonne im oben berechneten Sichtbereich liegt.
- Summierung der gezählten Intervalle aus 10 Jahren zu Werten der maximalen Blendhäufigkeit in Stunden pro Jahr.
- Summierung der gezählten Intervalle ohne Bewölkung aus 10 Jahren zu Werten der realistischen Blendhäufigkeit in Stunden pro Jahr.
- Für alle Immissionspunkte wurden zusätzlich die Blendrichtungen bestimmt.

Die Ergebnisse dieser Rechnungen sind tabellarisch zusammengefasst. Die einzelnen Tabellenspalten stehen für die betrachteten Positionen, die einzelnen Zeilen stehen für die Monate im Jahr, an denen Blendung auftreten kann. Ein einzelner Tabellenwert gibt die Blendhäufigkeit in Stunden pro Jahr an.