

SolPEG Blendgutachten

Solarpark Ivendorf

Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage
in Lübeck-Ivendorf in Schleswig-Holstein

SolPEG GmbH
Solar Power Expert Group
Normannenweg 17-21
D-20537 Hamburg

📞 +49 40 79 69 59 36
📠 +49 40 79 69 59 38
✉️ info@solpeg.com
🌐 www.solpeg.com

Inhalt

| | | |
|----------|--|----------------|
| 1 | Auftrag | 3 |
| 1.1 | Beauftragung..... | 3 |
| 1.2 | Hintergrund und Auftragsumfang..... | 3 |
| 2 | Systembeschreibung..... | 4 |
| 2.1 | Standort Übersicht | 4 |
| 2.2 | Umliegende Gebäude..... | 8 |
| 3 | Ermittlung der potentiellen Blendwirkung..... | 9 |
| 3.1 | Rechtliche Hinweise | 9 |
| 3.2 | Blendwirkung von PV Modulen..... | 9 |
| 3.3 | Berechnung der Blendwirkung | 11 |
| 3.4 | Technische Parameter der PV Anlage | 12 |
| 3.5 | Standorte für die Analyse | 13 |
| 3.6 | Hinweise zum Simulationsverfahren..... | 14 |
| 4 | Ergebnisse | 18 |
| 4.1 | Ergebnisse am Messpunkt P1, Ivendorfer Landstraße westlich | 19 |
| 4.2 | Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke östlich..... | 21 |
| 4.3 | Ergebnisse am Messpunkt P3, Gebäude LHG GmbH östlich | 23 |
| 4.4 | Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude Lübeck Distribution GmbH südöstlich..... | 24 |
| 4.5 | Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude nordwestlich | 24 |
| 5 | Zusammenfassung der Ergebnisse..... | 25 |
| 6 | Schlussbemerkung | 25 |
| 7 | Anhang | 26 - 40 |

SolPEG Blendgutachten

Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Ivendorf

1 Auftrag

1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik (PV) ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der geplanten PV Anlage „Ivendorf“ für die Bahnstrecke Lübeck-Travemünde, die Verkehrsteilnehmer auf angrenzenden Straßen sowie für Anwohner der umliegenden Gebäude zu analysieren und die Ergebnisse zu dokumentieren.

1.2 Hintergrund und Auftragsumfang

Die Umsetzung der Energiewende und die Bestrebungen für mehr Klimaschutz resultieren in Erfordernissen und Maßnahmen, die als gesellschaftlicher Konsens und somit als öffentliche Belange gesetzlich festgeschrieben sind. Z.B. im „Gesetz zur Stärkung der klimagerechten Entwicklung in den Städten und Gemeinden“ (2011) und im „Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG“ (seit 2017). Andererseits soll der Ausbau der erneuerbaren Energien auch die bestehenden Regelungen für den Immissionsschutz berücksichtigen. Dies gilt auch für Lichtimmissionen durch PV Anlagen.

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist die sog. Licht-Leitlinie¹, die 1993 durch die Bund/Länder - Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) verfasst und 2012 um einen Abschnitt zu PV Anlagen erweitert wurde. Nach überwiegender Meinung von Experten enthält die Licht-Leitlinie nicht unerhebliche Defizite bzw. Unklarheiten und ist als Instrument für die sachgerechte Beurteilung von Reflexionen durch PV Anlagen nur bedingt anwendbar. Weitere Ausführungen hierzu finden sich im Abschnitt 4.

Die vorliegende Untersuchung soll klären ob bzw. in wie weit von der PV Anlage „Ivendorf“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt u.a. für die Bahnstrecke und angrenzende Straßen, sowie für Anwohner der ggf. umliegenden Gebäude.

Die zur Anwendung kommenden Berechnungs- und Beurteilungsgrundsätze resultieren im Wesentlichen aus den Empfehlungen in Anhang 2 der Licht-Leitlinie in der aktuellen Fassung vom 08.10.2012. Die Berechnung der Blendwirkung erfolgt auf Basis von vorliegenden Planungsunterlagen der PV Anlage. Darüber hinaus wurden Details des Standortes im Rahmen einer Ortsbegehung dokumentiert.

Da aktuell kein angemessenes Regelwerk verfügbar ist, sind die gutachterlichen Ausführungen zu den rechnerisch ermittelten Simulationsergebnissen zu beachten.

Einzelne Aspekte der Licht-Leitlinie werden an entsprechender Stelle wiedergegeben, eine weiterführende Beschreibung von theoretischen Hintergründen u.a. zu Berechnungsformeln kann im Rahmen dieses Dokumentes nicht erfolgen.

¹ Die Lichtleitlinie ist u.a. hier abrufbar: http://www.solpeg.de/LAI_Lichtleitlinie_2012.pdf

2 Systembeschreibung

2.1 Standort Übersicht

Die Flächen des Solarparks befinden sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet in Lübeck Ivendorf in Schleswig-Holstein. Westlich der Fläche verläuft die Ivendorfer Landstraße, östlich die Bahnstrecke Lübeck-Travemünde. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

Tabelle 1: Informationen über den Standort

| | |
|--|---|
| Allgemeine Beschreibung des Standortes | Landwirtschaftliche Flächen in Ivendorf in Schleswig-Holstein. Die Flächen sind leicht hügelig. |
| Koordinaten (Mitte) | <u>53.946°N, 10.851°O 18 m ü.N.N.</u> |
| Abstand zur Ivendorfer Landstraße | ca. 10 m – 15 m |
| Entfernung zu umliegenden Gebäuden | ca. 100 m (nicht relevant) |

Übersicht² über den Standort und die PV Anlage (schematisch)

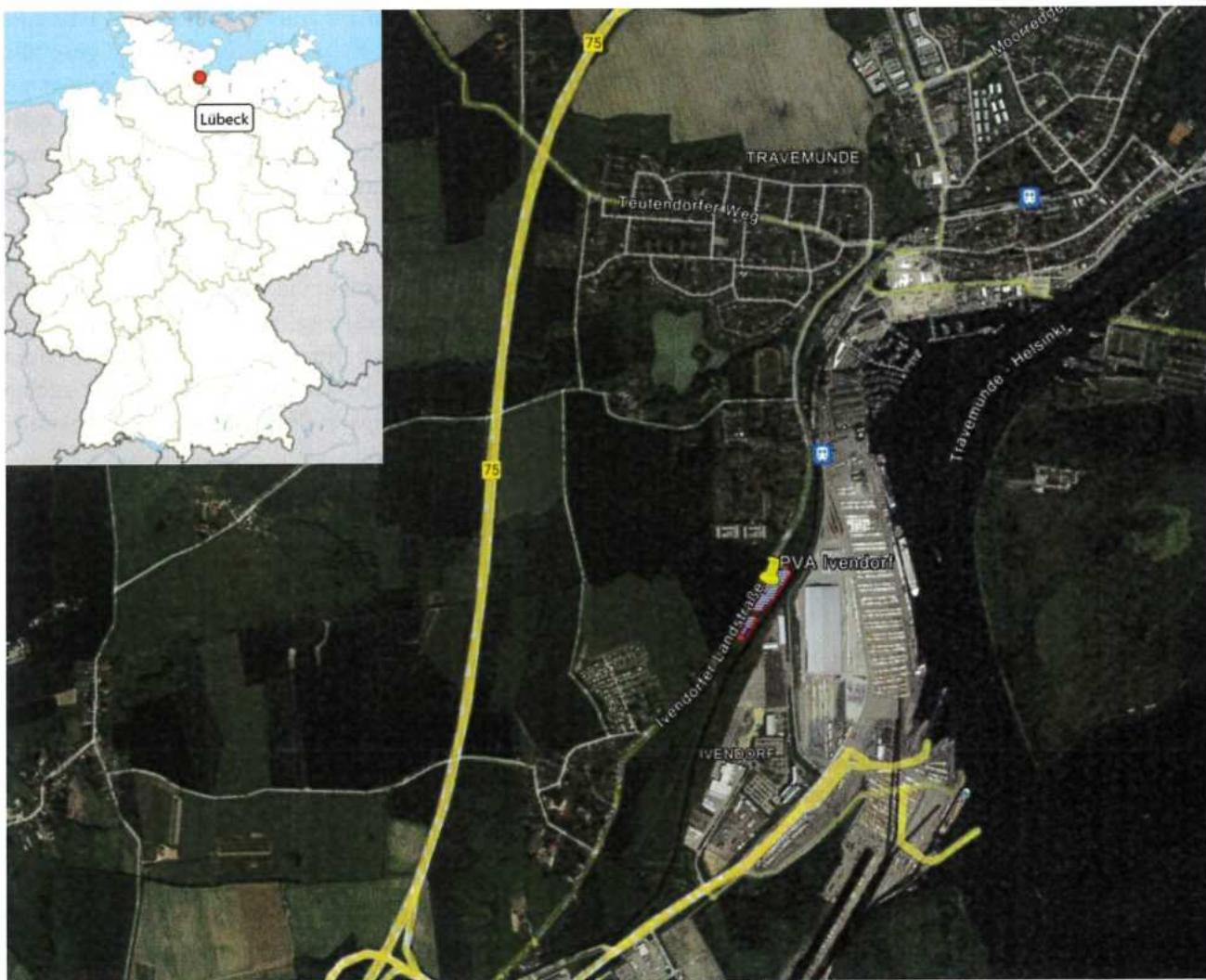


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

² Das verwendete Kartenmaterial u.a. von Google Earth (und Partnern) erfolgt im Rahmen der geltenden Lizenzvereinbarungen

Detailansicht der PV Anlage und Umgebung



Bild 2.1.2: Detailansicht der PV Flächen (Quelle: Google Earth/SolPEG, Nordausrichtung)

Detailansicht der PV Anlage



Bild 2.1.3: Detailansicht der PV Flächen (Quelle: Google Earth/SolPEG, Nordausrichtung)

Aktuelle Fotos der PV Fläche. Blick von Südwesten nach Nordosten.



Bild 2.1.4: Foto der PV Fläche (Quelle: SolPEG)

Blick nach Südwesten.



Bild 2.1.5: Foto der PV Fläche (Quelle: SolPEG)

Blick nach Westen, im Hintergrund die Ivendorfer Landstraße.



Bild 2.1.6: Foto der PV Fläche (Quelle: SolPEG)

Blick nach Osten. Im Hintergrund, teilweise verdeckt durch Bäume, verläuft die Bahnstrecke Lübeck-Travemünde.



Bild 2.1.7: Foto der PV Fläche (Quelle: SolPEG)

2.2 Umliegende Gebäude

Nicht alle wahrnehmbaren Reflexionen haben eine Blendwirkung zur Folge. In der Licht-Leitlinie (Seite 23) wird zur Bestimmung einer Blendwirkung folgendes ausgeführt:

Ob es an einem Immissionsort im Jahresverlauf überhaupt zur Blendung kommt, hängt von der Lage des Immissionsorts relativ zur Photovoltaikanlage ab. Dadurch lassen sich viele Immissionsorte ohne genauere Prüfung schon im Vorfeld ausklammern: Immissionsorte

- die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen
- die vornehmlich nördlich von einer Photovoltaikanlage gelegen sind, sind meist ebenfalls unproblematisch.
- die vorwiegend südlich von einer Photovoltaikanlage gelegen sind, brauchen nur bei Photovoltaik-Fassaden (senkrecht angeordnete Photovoltaikmodule) berücksichtigt zu werden.

Hinsichtlich einer möglichen Blendung kritisch sind Immissionsorte, die vorwiegend westlich oder östlich einer Photovoltaikanlage liegen und nicht weiter als ca. 100 m von dieser entfernt.

Die folgende Skizze zeigt die PV Flächen und die Umgebung. Aufgrund des Strahlenganges gemäß Reflexionsgesetz können die Gebäude im Osten theoretisch von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. In der Realität ist allerdings kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage vorhanden. Zu Kontrollzwecken wird der Standort dennoch analysiert. In der weiteren Umgebung sind keine relevanten Gebäude oder schutzwürdige Zonen im Sinne der LAI Lichtleitlinie vorhanden.



Bild 2.2.1: Gebäude in der Umgebung der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3 Ermittlung der potentiellen Blendwirkung

3.1 Rechtliche Hinweise

Rechtliche Hinweise u.a. zur Licht-Leitlinie sind nicht Bestandteil dieses Dokumentes. Es sei lediglich darauf hingewiesen, dass nach aktueller Gesetzgebung der Ausbau der Erneuerbaren Energien im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient und somit höher wiegt als Einzelinteressen. Darüber hinaus bestätigt ein aktuelles Urteil des OLG Braunschweig³ die grundsätzlich fehlenden Bewertungsgrundlagen für Reflexion durch Sonnenlicht. Die Ausführungen der LAI Lichtleitlinie können lediglich im Einzelfall als Orientierung herangezogen werden.

3.2 Blendwirkung von PV Modulen

Vereinfacht ausgedrückt nutzen PV Module das Sonnenlicht zur Erzeugung von Strom. Hersteller von PV Modulen sind daher bestrebt, dass möglichst viel Licht vom PV Modul absorbiert wird, da möglichst das gesamte einfallende Licht für die Stromproduktion genutzt werden soll. Die Materialforschung hat mit speziell strukturierten Glasoberflächen (Texturen) und Antireflexionsschichten den Anteil des reflektierten Lichtes auf 1-4 % reduzieren können. Folgende Skizze zeigt den Aufbau eines PV Moduls:

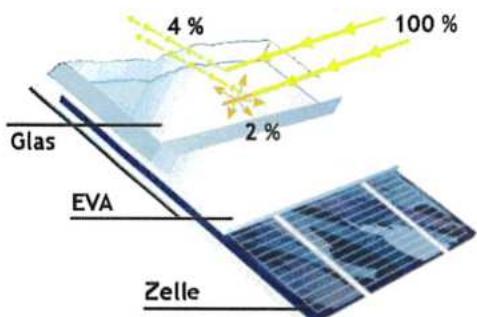


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

PV Module zeigen im Hinblick auf Reflexion andere Eigenschaften als normale Glasoberflächen (z.B. PKW-Scheiben, Glasfassaden, Fenster, Gewächshäuser) oder z.B. Oberflächen von Gewässern. Direkt einfallendes Sonnenlicht wird von der Moduloberfläche diffus reflektiert:



Bild 3.2.2: Diffuse Reflexion von direkten Sonnenlicht (Einstrahlung ca. 980 W/m²) auf einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

³ <https://oberlandesgericht-braunschweig.Schleswig-Holstein.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wenn-sonnenlicht-stört-nachbarrechtsstreitigkeit-wegen-reflexionen-einer-photovoltaikanlage-214293.html>

Das folgende Bild verdeutlicht die Reflexion von verschiedenen Moduloberflächen im direkten Vergleich. Links ein einfaches Modul ohne spezielle Oberflächenbehandlung. Das rechte Bild entspricht aktuellen, hochwertigen PV Modulen wie auch im Bild 3.2.2 dargestellt. Durch die strukturierte Oberfläche wird weniger Sonnenlicht reflektiert bzw. diffus reflektiert mit einer stärkeren Streuung. Die Leuchtdichte der Modulfläche ist entsprechend vermindert.

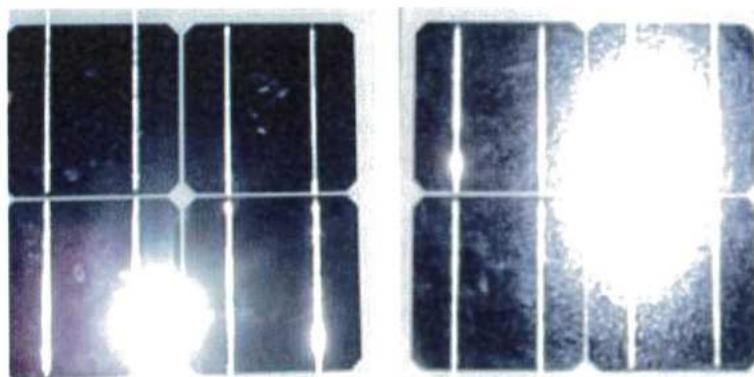


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

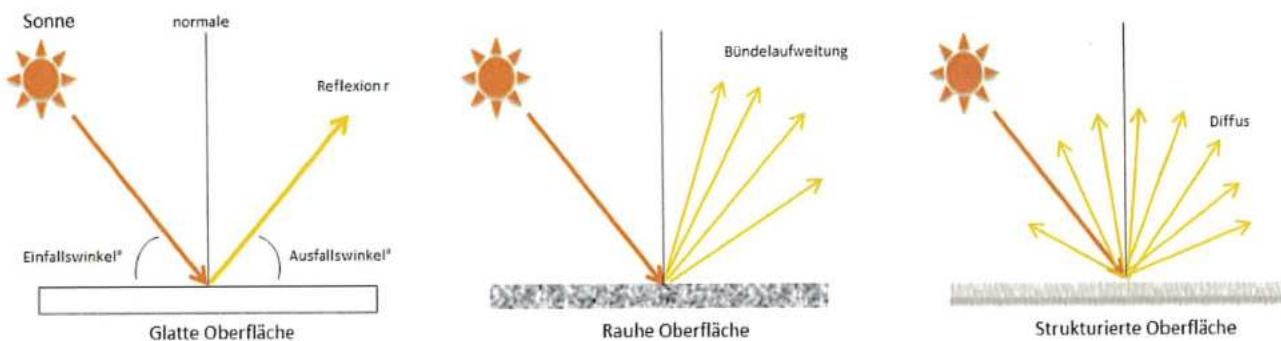


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers Solarfabrik mit Anti-Reflexions-Eigenschaften zum Einsatz kommen. Die Simulationsparameter werden entsprechend eingestellt. Es können aber auch Module eines anderen Herstellers mit ähnlichen Eigenschaften verwendet werden. Damit kommen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Vermeidung von Reflexion und Blendwirkungen zur Anwendung.

Modulanschluss & Kabel

MC4 kompatibel, 4,0 mm², Kabellänge: (+) ≥ 1100 mm, (-) ≥

Anschlussdose

Schutzklasse IP68

Hagelschutz

Eiskugeln mit max. 25 mm Ø u. einer Geschwindigkeit bis :

Schneelast

5400 Pa $\hat{=}$ 550 kg/m²

15 Jahre Produktgarantie, 25 Jahre lineare Leistungsgarantie gemäß unseren zusätzlichen Garantiebedingungen für Solarstr. „Mono S4“, die wir Ihnen gerne zuschicken.

Es sind aufgrund der Toleranz der Antireflexbeschichtung farbliche Unterschiede bei den All Black Modulen möglich.

Bild 3.2.5: Auszug aus dem Moduldatenblatt, siehe auch Anhang

3.3 Berechnung der Blendwirkung

Die Berechnung der Reflexionen von elektromagnetischen Wellen (auch sichtbares Licht) erfolgt nach anerkannten physikalischen Erkenntnissen und den entsprechend abgeleiteten Gesetzen (u.a. Reflexionsgesetz, Lambertsches Gesetz) sowie den entsprechenden Berechnungsformeln.

Darüber hinaus kommen die in Anhang 2 der Licht-Leitlinie beschriebenen Empfehlungen (Seite 21ff) zur Anwendung, es werden jedoch aufgrund fehlender Angaben u.a. für Fahrzeuglenker zusätzliche Quellen herangezogen, u.a. die Richtlinien der FAA⁴ zur Beurteilung der Blendwirkung für den Flugverkehr.

Eine umfassende Darstellung der verwendeten Formeln und theoretischen Hintergründe der Berechnungen ist im Rahmen dieser Stellungnahme nicht möglich.

Der grundlegende Ansatz zur Berechnung der Reflexion ist wie folgt. Wenn die Position der Sonne und die Ausrichtung des PV Moduls (Neigung: γ_p , Azimut α_p) bekannt sind, kann der Winkel der Reflexion (θ_p) mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\cos(\theta_p) = -\cos(\gamma_s) \cdot \sin(\gamma_p) \cdot \cos(\alpha_s + 180^\circ - \alpha_p) + \sin(\gamma_s) \cdot \cos(\gamma_p)$$

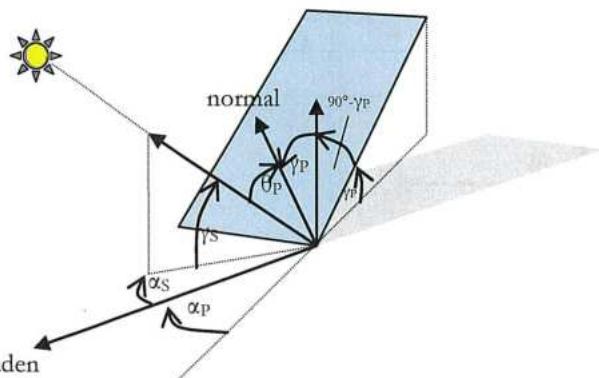


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche

Die unter 3.2 aufgeführten generellen Eigenschaften von PV Modulen (Glasoberfläche, Antireflexionschicht) haben Einfluss auf den Reflexionsfaktor der Berechnung bzw. entsprechenden Berechnungsmodelle.

Die Simulation von Reflexionen geht zu jedem Zeitpunkt von einem klaren Himmel und direkter Sonneneinstrahlung aus, daher wird im Ergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung angegeben. Dies entspricht nur selten den realen Umgebungsbedingungen und auch Informationen über möglichen Sichtschutz durch Bäume, Gebäude oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden. Auch Wettereinflüsse wie z.B. Frühnebel/Dunst oder lokale Besonderheiten der Wetterbedingungen können nicht berechnet werden. Die Entfernung zur Blendquelle fließt in die Berechnung ein, jedoch sind sich die Experten uneinig ab welcher Entfernung eine Blendwirkung durch PV Anlagen zu vernachlässigen ist. In der Licht-Leitlinie⁵ wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeföhrten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories⁶, New Mexico überprüft.

⁴ US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:
<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf>

⁵ Licht-Leitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.

⁶ Webseite der Sandia National Laboratories: <http://www.sandia.gov>

3.4 Technische Parameter der PV Anlage

Die optischen Eigenschaften und die Installation der Module, insbesondere die Ausrichtung und Neigung der Module, sind wesentliche Faktoren für die Berechnung der Reflexionen. Lt. Planungsunterlagen werden PV Module mit Anti-Reflex Schicht verwendet, sodass deutlich weniger Sonnenlicht reflektiert wird als bei Standard Modulen. Dennoch sind Reflexionen nicht ausgeschlossen, insbesondere wenn das Sonnenlicht abends und morgens in einem flachen Winkel auf die Moduloberfläche trifft. Die folgende Skizze verdeutlicht die Konstruktion der Modulinstallation.

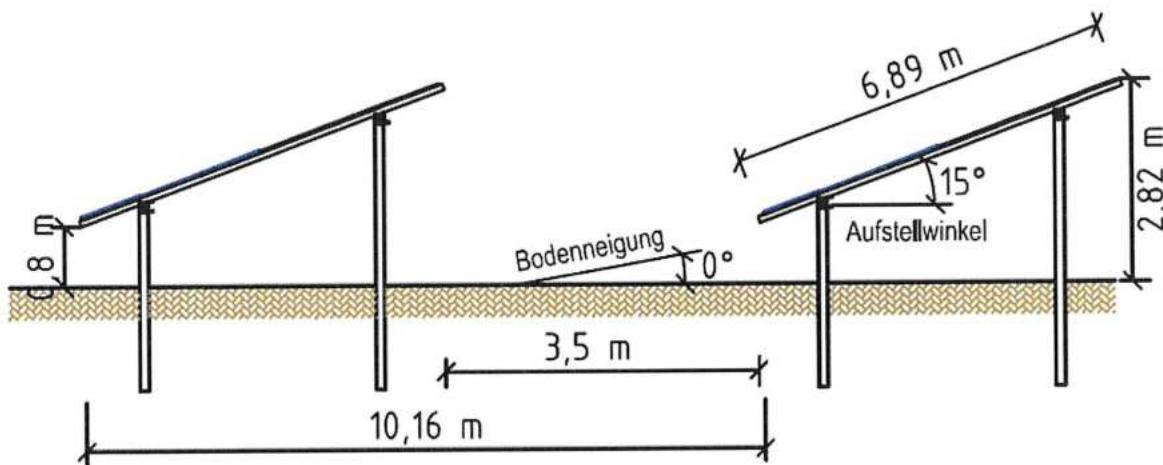


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

Die für die Untersuchung der Reflexion wesentlichen Parameter der PV Anlage sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 1: Berechnungsparameter

| | |
|--|---|
| PV Modul | Solarfabrik (oder vergleichbar) |
| Moduloberfläche | Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt) |
| Unterkonstruktion | Modultische, fest aufgeständert |
| Modulinstallation | 6 Module quer übereinander |
| Ausrichtung (Azimut) | Süden (180°) |
| Modulneigung | 15° |
| Höhe der sichtbaren Modulfläche | min. ca. 0,80 m, max. 2,85 m (leichte Abweichungen möglich) |
| Anzahl Messpunkte gesamt | 5 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1) |
| Azimut Blickrichtung Fahrzeugführer ⁷ | Fahrtrichtung +/- 20° |
| Höhe Messpunkte durchschnittlich | 2,0 m über Boden |

⁷ Überwiegend wird angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel von 20° und mehr zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung darstellen. In einem Winkel zwischen 10° - 20° können Reflexionen eine moderate Blendwirkung erzeugen und unter 10° werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden.

Vor diesem Hintergrund wird der für Reflexionen relevante Blickwinkel als Fahrtrichtung +/- 20° definiert.

3.5 Standorte für die Analyse

Eine Analyse der potentiellen Blendwirkung kann aus technischen Gründen nicht für beliebig viele Messpunkte durchgeführt werden. Je nach Größe und Beschaffenheit der PV Anlage werden in der Regel 4 - 5 Messpunkte gewählt und die jeweils im Jahresverlauf auftretenden Reflexionen ermittelt. Die Position der Messpunkte wird anhand von Erfahrungswerten sowie den Ausführungen der Licht-Leitlinie zu schutzwürdigen Zonen festgelegt. U.a. können Objekte im Süden von PV Anlagen aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz nicht von potentiellen Reflexionen erreicht werden und werden daher nur auf Anfrage untersucht.

Für die Analyse einer potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Ivendorf wurden insgesamt 5 Messpunkte festgelegt. 1 Messpunkt auf der Ivendorfer Landstraße, 1 Messpunkt auf der Bahnstrecke sowie 3 Messpunkte im Bereich umliegenden Gebäude. Weitere Standorte an Gebäuden wurden nicht weiter untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel zur Immissionsquelle keine Beeinträchtigungen durch potentielle Reflexionen zu erwarten sind.

Die folgende Übersicht zeigt die PV Anlage und die untersuchten Messpunkte:



Bild 3.5.1: Übersicht über die PV Anlage und die gewählten Messpunkte (Quelle: Google Earth/SolPEG)

3.6 Hinweise zum Simulationsverfahren

Licht-Leitlinie

Grundlage für die Berechnung und Beurteilung von Lichtimmissionen ist in Deutschland die sog. Licht-Leitlinie, die erstmals 1993 durch die Bund/Länder - Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) verfasst wurde. Die Licht-Leitlinie ist weder eine Norm noch ein Gesetz sondern lt. LAI Vorbemerkung "**... ein System zur Beurteilung der Wirkungen von Lichtimmissionen auf den Menschen**" welches ursprünglich für die Bemessung von Lichtimmissionen durch Flutlicht- oder Beleuchtungsanlagen von Sportstätten konzipiert wurde. Anlagen zur Beleuchtung des öffentlichen Straßenraumes, Blendwirkung durch PKW Scheinwerfer usw. werden nicht behandelt.

Im Jahr 2000 wurden Hinweise zu schädlichen Einwirkungen von Beleuchtungsanlagen auf Tiere - insbesondere auf Vögel und Insekten - und Vorschläge zu deren Minderung ergänzt. Ende 2012 wurde ein 4-seitiger Anhang zum Thema Reflexionen durch Photovoltaik (PV) Anlagen hinzugefügt.

Lichtimmissionen gehören nach dem BImSchG zu den schädlichen Umwelteinwirkungen, wenn sie nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, **erhebliche Nachteile** oder **erhebliche Belästigungen** für die Allgemeinheit oder für die Nachbarschaft **herbeizuführen**. Bedauerlicherweise hat der Gesetzgeber die immissionsschutzrechtliche **Erheblichkeit** für Lichtimmissionen bisher nicht definiert und eine Definition auch nicht in Aussicht gestellt.

Für Reflexionen durch PV Anlagen ist in der Licht-Leitlinie ein Immissionsrichtwert von maximal 30 Minuten pro Tag und maximal 30 Stunden pro Jahr angegeben. Diese Werte wurden nicht durch wissenschaftliche Untersuchungen mit entsprechenden Probanden in Bezug auf Reflexionen durch PV Anlagen ermittelt, sondern stammen aus einer Untersuchung zur Belästigung durch periodischen Schattenwurf und Lichtreflexe ("Disco-Effekt") von Windenergieanlagen (WEA).

Auch in diesem Bereich hat der Gesetzgeber bisher keine rechtsverbindlichen Richtwerte für die Belästigung durch Lichtblitze und bewegten, periodischen Schattenwurf durch Rotorblätter einer WEA erlassen oder in Aussicht gestellt. Die Übertragung der Ergebnisse aus Untersuchungen zum Schattenwurf von WEA Rotoren auf unbewegliche Installationen wie PV Anlagen ist unter Experten äußerst umstritten und vor diesem Hintergrund hat eine individuelle Bewertung von Reflexionen durch PV Anlagen Vorrang vor den rechnerisch ermittelten Werten.

Allgemeiner Konsens ist die Notwendigkeit von weiterführenden Forschung und Konkretisierung der vorhandenen Regelungen. U.a.

Christoph Schierz, TU Ilmenau, FG Lichttechnik, 2012:

Welches die zulässige Dauer einer Blendwirkung sein soll, ist eigentlich keine wissenschaftliche Fragestellung, sondern eine der gesellschaftlichen Vereinbarung: Wie viele Prozent stark belästigter Personen in der exponierten Bevölkerung will man zulassen? Die Wissenschaft müsste aber eine Aussage darüber liefern können, welche Expositionsdauer zu welchem Anteil stark Belästigter führt. Wie bereits erwähnt, stehen Untersuchungen dazu noch aus. Es existieren noch keine rechtlichen oder normativen Methoden zur Bewertung von Lichtimmissionen durch von Solaranlagen gespiegeltes Sonnenlicht.

Michaela Fischbach, Wolfgang Rosenthal, Solarpraxis AG:

Während die Berechnungen möglicher Reflexionsrichtungen klar aus geometrischen Verhältnissen folgen, besteht hinsichtlich der Risikobewertung reflektierten Sonnenlichts noch erheblicher Klärungsbedarf...

Im Zusammenhang mit der Übernahme zeitlicher Grenzwerte der Schattenwurfrichtlinie besteht noch Forschungsbedarf hinsichtlich der belästigenden Wirkung statischer Sonnenlichtreflexionen. Da in der Licht-Richtlinie klar unterschieden wird zwischen konstantem und Wechsellicht und es sich beim periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen um das generell stärker belästigende Wechsellicht handelt, liegt die Vermutung nahe, dass zeitliche Grenzwerte für konstante Sonnenlichtreflexionen deutlich über denen der Schattenwurfrichtlinie anzusetzen wären.

Schutzwürdige Räume

In der Licht-Leitlinie sind einige "schutzwürdige Räume" - also ortsfeste Standorte - aufgeführt, für die zu bestimmten Tageszeiten störende oder belästigende Einflüsse durch Lichtimmissionen zu vermeiden sind. Es fehlt⁸ allerdings eine Definition oder Empfehlung zum Umgang mit Verkehrs wegen und auch zu Schienen- und Kraftfahrzeugen als "beweglichen" Räumen. Eine Blendwirkung an beweglichen Standorten ist in Bezug zur Geschwindigkeit zu sehen, d.h. eine Reflexion kann an einem festen Standort über mehrere Minuten auftreten, ist jedoch bei der Vorbeifahrt mit 100 km/h ggf. nur für Sekundenbruchteile wahrnehmbar. Aber trotz einer physiologisch unkritischen Leuchtdichte kann die Blendwirkung durch frequente Reflexionen subjektiv als störend empfunden werden (psychologische Blendwirkung). Vor diesem Hintergrund kann die Empfehlung der Licht-Leitlinie in Bezug auf die maximale Dauer von Reflexionen in "schutzwürdigen Räumen" nicht ohne weiteres auf Fahrzeuge übertragen werden. Die reinen Zahlen der Simulationsergebnisse sind immer auch im Kontext zu verstehen.

Einfallswinkel der Reflexion

Die Fachliteratur enthält ebenfalls keine einheitlichen Aussagen zur Berechnung und Beurteilung der Blendwirkung von Fahrzeugführern durch reflektiertes Sonnenlicht und auch unter den Experten gibt es bislang keine einheitliche Meinung, ab welchem Winkel eine Reflexion bei Tageslicht als objektiv störend empfunden wird. Dies hängt u.a. mit den Abbildungseigenschaften des Auges zusammen wonach die Dichte der Helligkeitsrezeptoren (Zapfen) außerhalb des zentralen Schärfpunktes (Fovea Centralis) abnimmt.

Überwiegend wird angenommen, dass Reflexionen in einem Winkel ab 20° zur Blickrichtung keine Beeinträchtigung darstellen. In einem Winkel zwischen 10° - 20° können Reflexionen eine moderate Blendwirkung erzeugen und unter 10° werden sie überwiegend als Beeinträchtigung empfunden. Vor diesem Hintergrund ist in dieser Untersuchung der für Reflexionen relevante Blickwinkel als Fahrt-richtung +/- 20° definiert.

Entfernung zur Immissionsquelle

Lt. Licht-Leitlinie "erfahren Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden, erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen. Lediglich bei ausgedehnten Photovoltaik-parks könnten auch weiter entfernte Immissionsorte noch relevant sein."

In der hier zur Anwendung kommenden Simulationssoftware werden alle Reflexionen berücksichtigt, die aufgrund des Strahlenverlaufs gemäß Reflexionsgesetz physikalisch auftreten können. Daher sind die reinen Ergebniswerte als konservativ/extrem anzusehen und werden ggf. relativiert bewertet. Insbesondere werden mögliche Reflexionen geringer gewichtet wenn die Immissionsquelle mehr als 100 m entfernt ist.

⁸ Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

Sonderfall Zugführer

Das Simulationsprogramm ermittelt alle Lichtstrahlen/Reflexionen die einen Immissionsort erreichen können (360°). Das Verfahren ist rechnerisch korrekt aber es kann die Realität von bestimmten Umgebungen nicht ausreichend abbilden.

Der Arbeitsplatz des Zugführers hat ein eingeschränktes Sichtfeld u.a. um während der Fahrt Störungen aus dem seitlichen Sichtbereich zu verhindern. Die folgenden Bilder zeigen den Frontbereich von gängigen Loks bzw. Triebwagentypen.



Bild 3.6.1: Fensterfront gängiger Loktypen (Quelle: Wikipedia, CC0 1.0 Lizenz, Ausschnitt bearbeitet)

Konstruktionsbedingt verfügen auch aktuelle Lokomotiven bzw. Triebwagen nur über einen eingeschränkten Sichtbereich und daher können potentielle Reflexionen den Zugführer kaum erreichen. Die o.g. Aspekte unterstützen die gängige Einschätzung, dass der Sichtbereich für Zug- und Fahrzeugführer auf +/-20° zur Fahrtrichtung als relevant festgelegt ist. Die in der Simulation berechneten Ergebnisse beziehen sich auf einen Ort im freien Raum (360° Rundumblick) und sind daher nur mit Einschränkungen verwendbar. Die folgenden Bilder zeigen beispielhaft den Führerstand gängiger Loktypen und den Sichtbereich der Zugführer.



Bild 3.6.2: Blick aus dem Führerstand. Links Baureihe 143, rechts 155 (Quelle: Wikipedia, CC0 1.0 Lizenz, Ausschnitt)

Es ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich alle aktuellen bzw. auch älteren Baureihen der zum Einsatz kommenden Loktypen mit den jeweiligen Fenstergrößen, dem Sichtwinkel von Sitzplatz zu Fensteraußenkante sowie Sitzhöhe des Zugführers zu simulieren. Beispielsweise wird die momentan noch verwendete Baureihe 143 / 243 (RB) u.a. aufgrund der gestiegenen Sicherheitsanforderungen (Crash-Optimierung) bis 2021 gegen neuere Baureihen oder Triebwagen ersetzt. Aber auch hier ist die Fensterfront im Randbereich überwiegend nur unwesentlich verändert und daher sind die entsprechenden Aspekte der Simulation weiterhin anwendbar.

Sonstige Einflüsse

Aufgrund von technischen Limitierungen geht die Simulationssoftware zu jedem Zeitpunkt von sog. clear-sky Bedingungen aus, d.h. einem wolkenlosen Himmel und entsprechender Sonneneinstrahlung. Daher stellt das Simulationsergebnis immer die höchst mögliche Blendwirkung dar.

Dies entspricht nicht den realen Wetterbedingungen insbesondere in den Morgen- oder Abendstunden, in denen die Reflexionen auftreten können. Einflüsse wie z.B. Frühnebel, Dunst oder besondere, lokale Wetterbedingungen können nicht berechnet werden.

In der Lichtleitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY⁹) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2022 eine mittlere Wolkenbedeckung¹⁰ von ca. 62,5 % ermittelt. Der Durchschnittswert für den Zeitraum 1982-2009 liegt bei 62,5 % - 75 %.

Aber auch der Geländeverlauf und Informationen über möglichen Sichtschutz durch Hügel, Bäume oder andere Objekte können nicht ausreichend verarbeitet werden.

Es handelt sich dabei allerdings um Limitierungen der Software und nicht um Vorgaben für die Berechnung von Reflexionen. Eine realitätsnahe Simulation ist mit der aktuell verfügbaren Simulationssoftware nur begrenzt möglich.

Kategorien von Reflexionen

Fachleute sind überwiegend der Meinung, dass die sog. Absolutblendung, die eine Störung der Sehfähigkeit bewirkt, ab einer Leuchtdichte von ca. 100.000 cd/m² beginnt. Störungen sind z.B. Nachbilder in Form von hellen Punkten nachdem in die Sonne geschaut wurde. Auch in der LAI Licht-Leitlinie ist dieser Wert angegeben (S. 21, der Wert ist bezogen auf die Tagesadaption des Auges).

Aber nicht alle Reflexionen führen zwangsläufig zu einer Blendwirkung, da es sich neben den messbaren Effekten auch in einem hohen Maß um eine subjektiv empfundene Erscheinung/Irritation handelt (Psychologische Blendwirkung). Das Forschungsinstitut Sandia National Labortories (USA) hat verschiedene Untersuchungen auf diesem Gebiet analysiert und eine Skala entwickelt, die die Wahrscheinlichkeit für Störungen/Nachbilder durch Lichtimmissionen in Bezug zu ihrer Intensität kategorisiert. Diese Kategorisierung entspricht dem Bezug zwischen Leuchtdichte (W/cm²) und Ausdehnung (Raumwinkel, mrad). Die folgende Skizze zeigt die Bewertungsskala in der Übersicht und auch das hier verwendete Simulationsprogramm stellt die jeweiligen Messergebnisse in ähnlicher Weise dar.

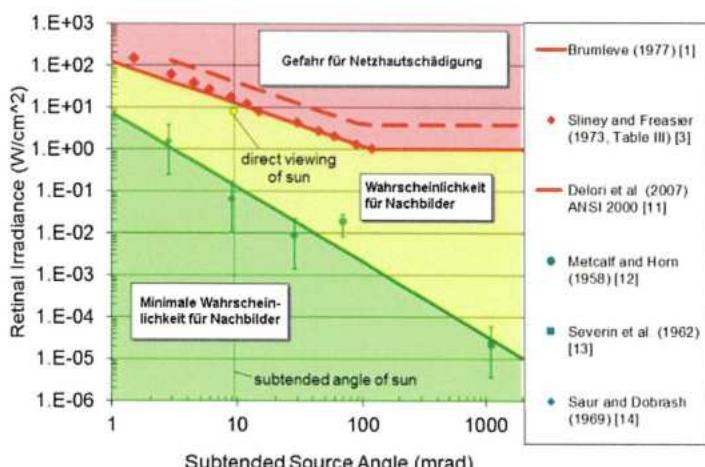


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Labortories, siehe auch Diagramme im Anhang)

⁹ Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

¹⁰ DWD Service: https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html

Bild: https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_cen_cfc_mean_2022_17.png

4 Ergebnisse

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Ivendorf wird für 5 exemplarisch gewählte Messpunkte durchgeführt. Das Ergebnis ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“ auftreten kann. Die Kategorien entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse in Bezug auf Leuchtdichte und -dauer. Die Wertebereiche sind im Diagramm 3.6.3 auch als farbige Flächen dargestellt:

- Minimale Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder
- Geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der Licht-Leitlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als 10° zu vernachlässigen, da in solchen Konstellationen die Sonne selbst die Ursache für eine mögliche Blendwirkung darstellt. Auch Reflexionen, die vor 6 Uhr morgens auftreten, sind zu vernachlässigen. Nach Bereinigung der Rohdaten sind die Ergebnisse üblicherweise um ca. 20 - 50% geringer und es sind nur noch Werte der Kategorie „Gelb“ vorhanden. D.h. es besteht eine geringe Wahrscheinlichkeit für temporäre Nachbilder.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebniswerte nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen/Hinweisen zu verwenden.
Individuelle Ausführungen erfolgen im weiteren Abschnitt gesondert für die jeweiligen Messpunkte.

Tabelle 2: Potentielle Blendwirkung an den jeweiligen Messpunkten [Kategorie ■, Minuten pro Jahr]

| Messpunkt | PV Feld Nord | PV Feld Süd |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| P1 Ivendorfer Landstraße westlich | 2257 ^W | - |
| P2 Bahnstrecke östlich | 3980 ^W | - |
| P3 Gebäude östlich | 91 ^{DG} | - |
| P4 Gebäude südöstlich | - | 2382 ^G |
| P5 Gebäude nordwestlich | - | - |

^W Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

^E Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

^G Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

^D Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer zu vernachlässigen

- nicht nachweisbar

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, Ivendorfer Landstraße westlich

Am Messpunkt P1 auf der Ivendorfer Landstraße können bei der Fahrt Richtung Nordosten theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 14. April und dem 28. August zwischen 05:45 - 06:28 Uhr für 5 bis max. 20 Minuten aus östlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel liegen mit $+27^\circ$ bis $+60^\circ$ rechts (östlich) zur Fahrtrichtung außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrrichtung $\pm 20^\circ$, ca. 100 m) und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch die PV Anlage im Bereich von Messpunkt P1 und im weiteren Verlauf der Ivendorfer Landstraße kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze die Situation am Messpunkt P1 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.



Bild 4.1.1: Situation am Messpunkt P1 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel. Im gelb/weiß markierten Bereich könnten rein rechnerisch Reflexionen auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten ist der Bereich entsprechend kleiner bzw. schmäler.

Das folgende Foto zeigt die aktuelle Situation am Messpunkt P1 aus Sicht des Fahrzeugführers bei der Fahrt Richtung Nordosten. Der relevante Sichtbereich ist leicht heller dargestellt. Das Foto verdeutlicht, dass die PV Anlage außerhalb des relevanten Sichtwinkels liegt.



Bild 4.1.2: Situation am Messpunkt P1, Blick Richtung Nordosten (Quelle: SolPEG)

Darüber hinaus zeigt das Foto den ausgeprägten Bewuchs aus Büschen und Bäumen entlang der Straße, der einen direkten Sichtkontakt zur PV Anlage überwiegend verhindert. Die rechnerisch ermittelten Ergebnisse sind in der Realität nicht anwendbar.

4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, Bahnstrecke östlich

Am Messpunkt P2 auf der Bahnstrecke Lübeck-Travemünde können bei der Fahrt Richtung Südwesten theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 14. April und dem 28. August zwischen 18:09 - 19:10 Uhr für 5 bis max. 35 Minuten aus westlicher Richtung auftreten. Die Einfallsinkel liegen allerdings mit $+58^\circ$ bis $+87^\circ$ rechts (westlich) zur Fahrtrichtung deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung $+/- 20^\circ$, ca. 100 m) und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Bei der Fahrt Richtung Nordosten sind die Einfallsinkel entsprechend größer.

Eine Beeinträchtigung von Zugführern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Die Sichtbarkeit von ggf. vorhandenen DB Signalanlagen ist nicht beeinträchtigt.

Zur Veranschaulichung verdeutlicht die folgende Skizze die Situation am Messpunkt P2 auf Basis der unbereinigten Rohdaten.

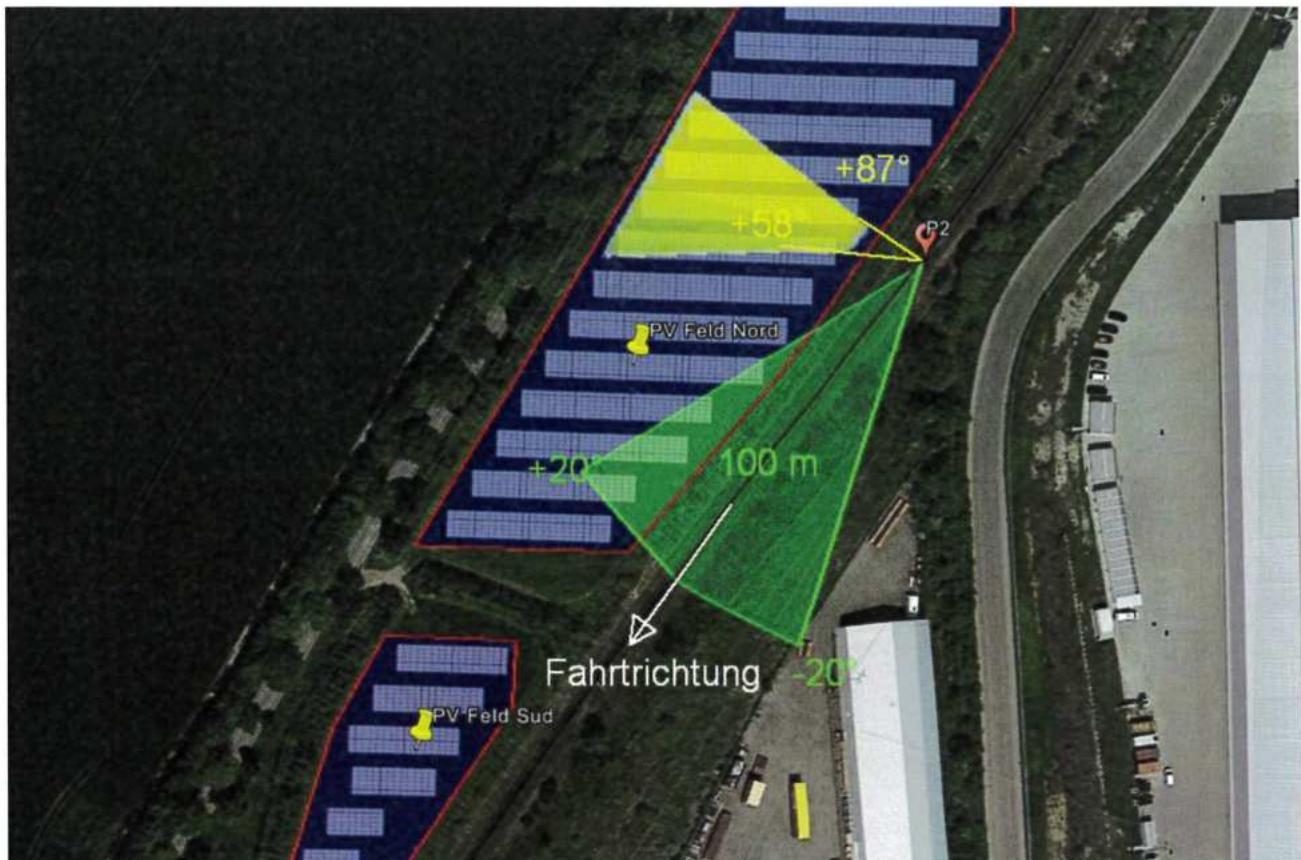


Bild 4.2.1: Situation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Darüber hinaus ist im Bereich der Bahnstrecke eine Böschung und Bewuchs aus Büschen und Bäumen vorhanden, sodass überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage besteht.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P2 aus Sicht des Zugführers bei der Fahrt Richtung Südwesten. Der relevante Sichtbereich ist leicht heller dargestellt.



Bild 4.2.2: Situation am Messpunkt P2, Blick Richtung Südwesten (Quelle: SolPEG)

Im weiteren Verlauf der Bahnstrecke (PV Feld Süd) vergrößert sich der Einfallswinkel zur PV Fläche zunehmend und damit auch zu potentiellen Reflexionen.

4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, Gebäude LHG GmbH östlich

Am Messpunkt P3 im Bereich der Gebäude der LHG GmbH Skandinavienkai können theoretisch an insgesamt nur 91 Minuten pro Jahr Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Entscheidend für die Beurteilung einer Blendwirkung ist allerdings der Umstand, dass aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage vorhanden ist. Die rechnerisch ermittelten Reflexionen sind in der Realität nicht anwendbar. Eine Beeinträchtigung von Mitarbeitern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze zeigt den Geländeverlauf und verdeutlicht, dass die Sichtachse zwischen PV Anlage und den Gebäuden unterbrochen ist.

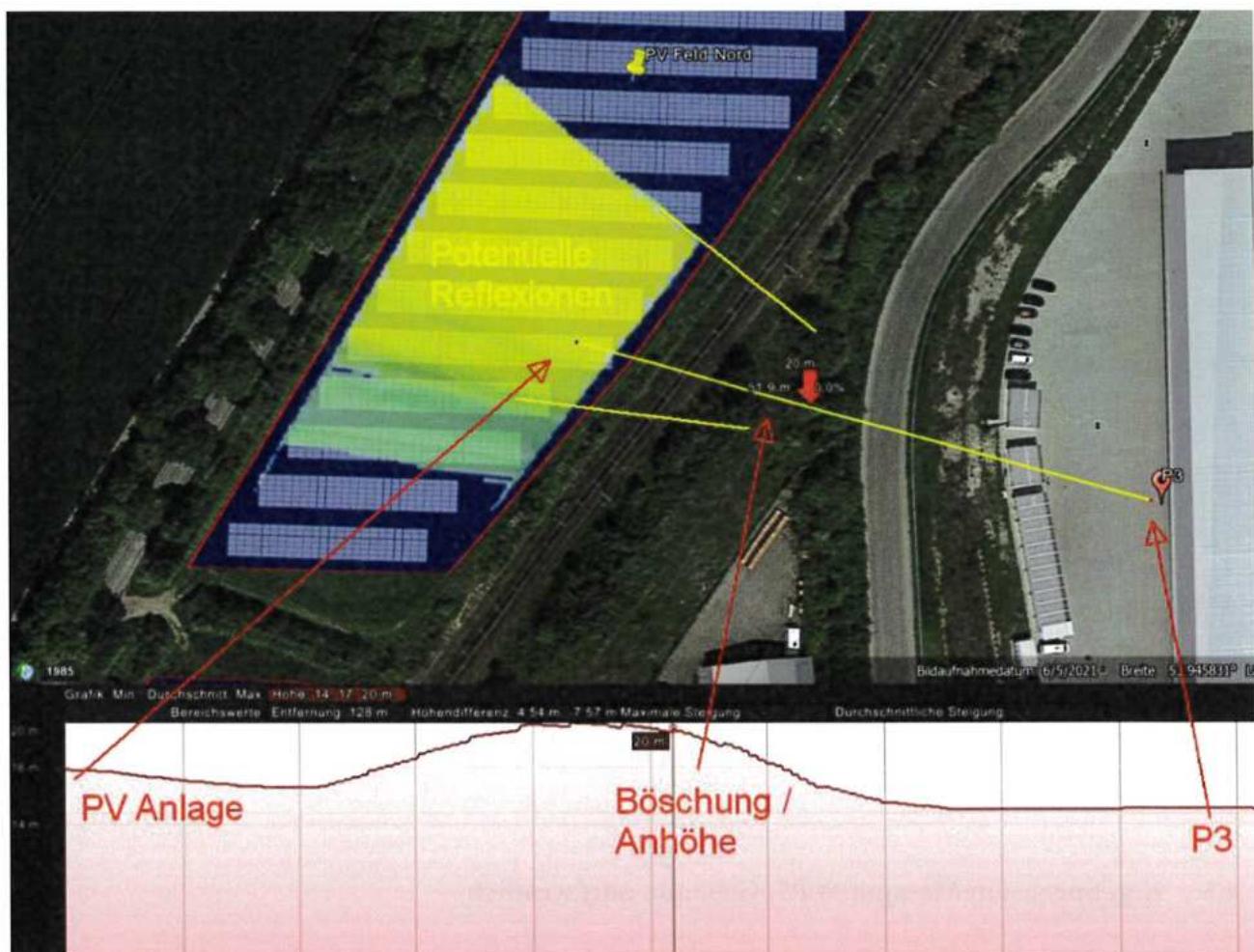


Bild 4.3.1: Geländeverlauf zwischen der PV Anlage und Messpunkt P3 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Das folgende Foto zeigt den Blick von der PV Fläche in Richtung Osten auf die Bahnstrecke (nicht sichtbar in einer Senke) und das Gebäude der LHG GmbH. Das Foto verdeutlicht, dass kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage vorhanden ist.



Bild 4.3.2: Blick Richtung Osten (Quelle: SolPEG)

4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude Lübeck Distribution GmbH südöstlich

Ähnlich wie am Messpunkt P3 können auch am Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude der Lübeck Distribution GmbH Reflexionen durch die PV Anlage (PV Feld Süd) auftreten. Auch hier ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur PV Anlage vorhanden und daher kann auch hier eine Beeinträchtigung von Mitarbeitern durch die PV Anlage mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude nordwestlich

Messpunkt P5 im Bereich der Gebäude nordwestlich der PV Anlage wurde zu Kontrollzwecken analysiert, da aufgrund des Strahlenganges gemäß Reflexionsgesetz nicht mit Reflexionen durch die PV Anlage zu rechnen ist. Erwartungsgemäß zeigt die Simulation keine Ergebnisse. Eine Beeinträchtigung von Mitarbeitern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage Ivendorf kann als „geringfügig“ klassifiziert¹¹ werden. Im Vergleich zur Blendwirkung durch direktes Sonnenlicht oder durch Spiegelungen von Windschutzscheiben, Wasserflächen, Gewächshäusern o.ä. ist diese „vernachlässigbar“. Unter Berücksichtigung von weiteren Einflussfaktoren wie z.B. Geländestruktur, lokalen Wetterbedingungen (Frühnebel, etc.) kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Reflexion durch die PV Anlage als gering eingestuft werden.

Der Auftraggeber hat bei der geplanten PV Anlage durch den Einsatz von hochwertigen PV Modulen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von potentiellen Reflexionen vorgesehen.

Die Analyse von 5 exemplarisch gewählten Messpunkten im Umfeld der PV Flächen zeigt für Verkehrsteilnehmer auf der Ivendorfer Landstraße nur eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Die Einfallsinkel liegen allerdings außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen.

Auf der östlich verlaufenden Bahnstrecke Lübeck-Travemünde können bei der Fahrt Richtung Südwesten theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten aber auch hier liegen die Einfallsinkel deutlich außerhalb des für Zugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Die Sichtbarkeit von ggf. vorhandenen DB Signalanalagen ist nicht beeinträchtigt.

Im Bereich der umliegenden Gebäude (u.a. Werkshallen Skandinavienkai) sind aufgrund der örtlichen Gegebenheiten keine oder keine relevanten Reflexionen durch die PV Anlage nachweisbar. Eine Beeinträchtigung von Mitarbeitern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ durch Reflexionen im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann ausgeschlossen werden. Im weiteren Umfeld sind keine relevanten Gebäude und schutzwürdige Zonen vorhanden.

Es ist davon auszugehen, dass die theoretisch berechneten Reflexionen in der Praxis keine Blendwirkung entwickeln werden. Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse sind keine speziellen Sichtschutzmaßnahmen erforderlich bzw. angeraten und es bestehen keine Einwände gegen das Bauvorhaben.

6 Schlussbemerkung

Die hier dargestellten Untersuchungen, Sachverhalte und Einschätzungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen und anhand von vorgelegten Informationen, eigenen Untersuchungen und weiterführenden Recherchen angefertigt. Eine Haftung für etwaige Schäden, die aus diesen Ausführungen bzw. weiteren Maßnahmen erfolgen, kann nicht übernommen werden.

Hamburg, den 27.01.2023

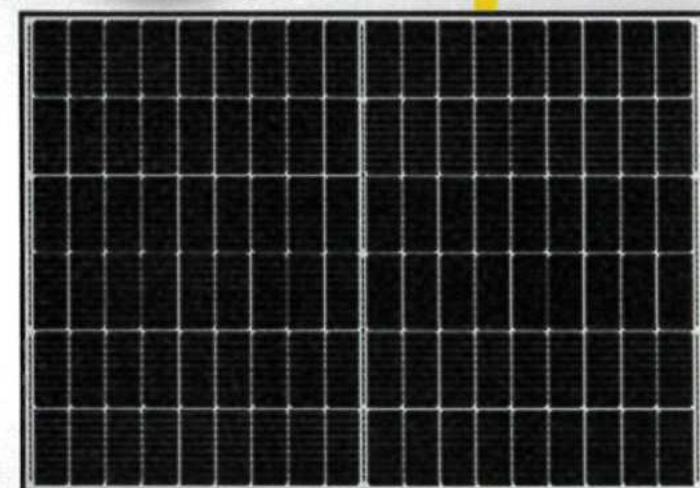
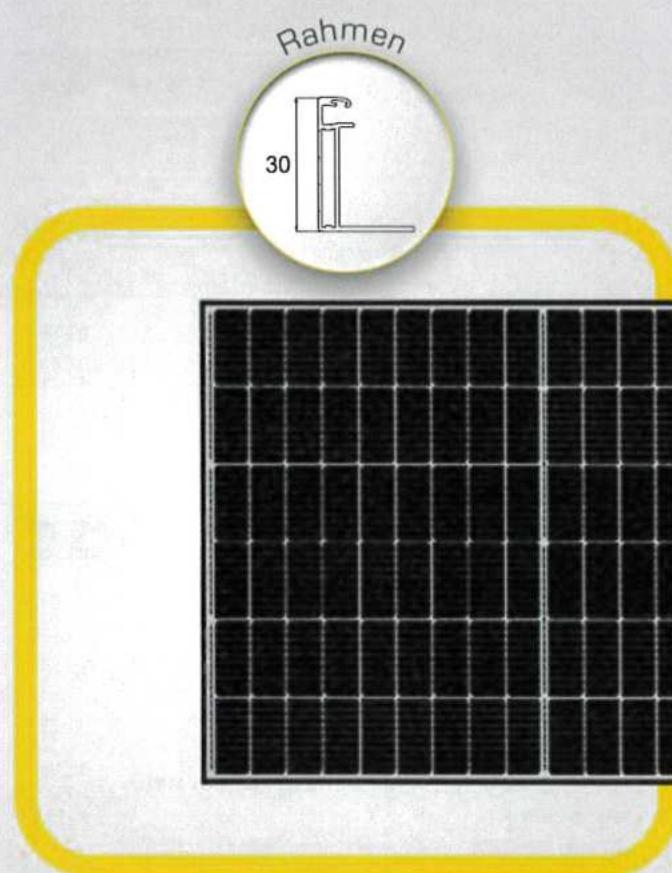
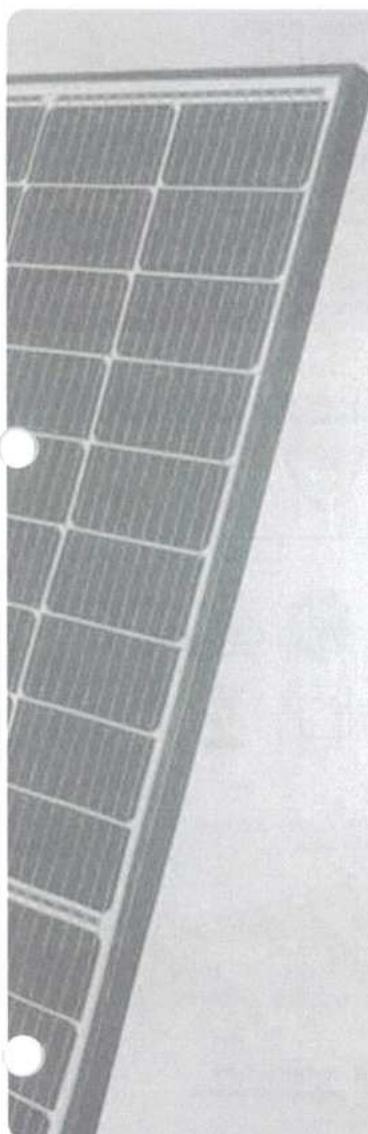
SolPEG GmbH

¹¹ Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse





Solarstrommodule MONOKRISTALLIN



Mono S4 MBB
Halbzellen-Modul
effiziente Energiegewinnung

Mono S4 - Halfcut

405 W • 410 W

- Halbzellen-Modul - Hohe Effizienz, hohe Sicherheit, hohe Zuverlässigkeit
- Hochtransparentes, selbstreinigendes Glas
- Hervorragende Leistungen auch unter schwachen Lichtverhältnissen
- Resistent gegen Umwelteinflüsse: Ammoniak- & Salznebelbeständigkeit
- Multibusbar-Technologie
- Flächennutzungsgrad 209,72 W/m² bei 410 W
- Deutsche Garantie



Mono S4 - Halfcut

Elektrische Daten unter STC (Standard Test Conditions: 1000 W/m², 25 °C, AM 1,5)

| | | | |
|---------------------------------|-----------|---------|---------|
| Nennleistung | P_{max} | 405 W | 410 W |
| Sortierungsgrenzen der Leistung | | 0/+3 % | 0/+3 % |
| Spannung | U_{MPP} | 31,52 V | 31,76 V |
| Leerlaufspannung | U_{DC} | 37,42 V | 37,66 V |
| Strom | I_{MPP} | 12,85 A | 12,91 A |
| Kurzschlussstrom | I_{SC} | 13,60 A | 13,66 A |
| Wirkungsgrad | | 20,71 % | 20,96 % |

Temperaturdaten

| | |
|---|---------------------|
| Betriebstemperaturbereich | - 40° C bis + 85° C |
| Nennbetriebstemperatur der Zelle | 5 bis 85 % |
| Temperaturkoeffizient Leistung $T_k(P_{MPP})$ | - 0,36 %/K |
| Temperaturkoeffizient Spannung $T_k(U_{DC})$ | - 0,28 %/K |
| Temperaturkoeffizient Strom $T_k(I_{SC})$ | 0,05 %/K |

Weitere Angaben

| | | |
|------------------------|--|---|
| Anzahl Zellen | 108 monokristalline Halbzellen (6 x 18) |  |
| Zellgröße | 182 x 91 mm | |
| Modulgröße | 1724 x 1134 x 30 mm | |
| Modulrahmen | Eloxierter Aluminiumlegierung | |
| Max. Systemspannung | 1500 V | |
| Rückstrombelastbarkeit | 25 A | |
| Glasabdeckung | 3,2 mm | |
| Modulgewicht | ca. 21,5 kg | |
| Modulanschluss & Kabel | MC4 kompatibel, 4,0 mm ² , Kabellänge: (+) ≥ 1100 mm, (-) ≥ 1100 mm | |
| Anschlussdose | Schutzklasse IP68 | |
| Hagelschutz | Eiskugeln mit max. 25 mm Ø u. einer Geschwindigkeit bis 23 m/s | |
| Schneelast | 5400 Pa Δ 550 kg/m ² | |

15 Jahre Produktgarantie, 25 Jahre lineare Leistungsgarantie gemäß unseren zusätzlichen Garantiebedingungen für Solarstrommodule der Produktlinie „Mono S4“, die wir Ihnen gerne zuschicken.

Es sind aufgrund der Toleranz der Antireflexbeschichtung farbliche Unterschiede bei den All Black Modulen möglich.

Irrtum und technische Änderungen mit ggf. entsprechenden Nachzertifizierungen vorbehalten. Abb. ähnlich.

Maße und Gewichte Verpackungssysteme

LKW

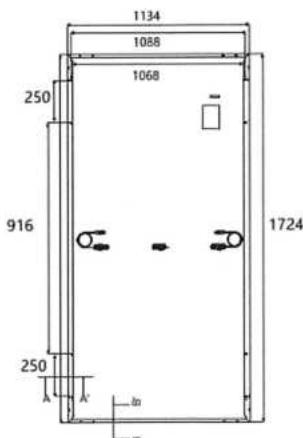
| | |
|----------------------|------------------|
| Maße Palette (L/W/H) | 176/114/127,5 cm |
| Gewicht Palette | ca. 785 kg |
| Module pro Palette | 36 |
| Module pro LKW | 936 |

Verschiffung

| | |
|-------------------------------|------------------|
| Maße Palette (L/W/H) | 176/114/127,5 cm |
| Gewicht Palette | ca. 785 kg |
| Module pro Palette | 36 |
| Module pro Container [40' HC] | 864 |



Mono S4 - Halfcut
(Halb-Zellen-Modul)



Hinweis:
Polarität beachten!

Ihr Fachhändler:

Solar Fabrik GmbH
Hermann-Niggemann-Str. 7
63846 Laufach
Deutschland

Telefon: +49 (0)6093 20770-0
Telefax: +49 (0)6093 20770-99
E-Mail: info@solar-fabrik.de
Internet: www.solar-fabrik.de

Ivendorf

Ivendorf

Created Jan. 27, 2023

Updated Jan. 27, 2023

Time-step 1 minute

Timezone offset UTC1

Site ID 83135.14713

Project type Basic

Project status: active

Category 500 kW to 1 MW
(1,000 kW / 32,400 m² limit)



Misc. Analysis Settings

DNI: varies (1,000.0 W/m² peak)

Ocular transmission coefficient: 0.5

Pupil diameter: 0.002 m

Eye focal length: 0.017 m

Sun subtended angle: 9.3 mrad

PV Analysis Methodology: Version 2

Enhanced subtended angle calculation: On

Summary of Results

Glare with potential for temporary after-image predicted

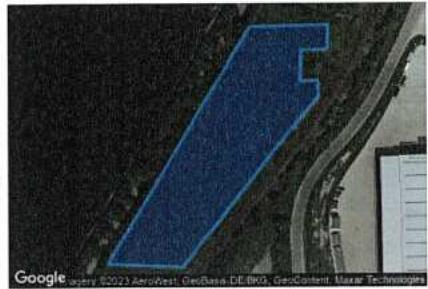
| PV Name | Tilt | Orientation | "Green" Glare | "Yellow" Glare | Energy Produced |
|--------------|------|-------------|---------------|----------------|-----------------|
| | deg | deg | min | min | kWh |
| PV Feld Nord | 15.0 | 180.0 | 4,536 | 10,468 | - |
| PV Feld Sued | 15.0 | 180.0 | 2,929 | 2,861 | - |

Component Data

PV Array(s)

Total PV footprint area: 14,963 m²

Name: PV Feld Nord
Footprint area: 12,165 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg
Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



| | Vertex | Latitude | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|----|-----------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| | | deg | deg | m | m | m |
| 1 | 53.947226 | 10.852122 | 17.22 | 2.00 | 19.22 | |
| 2 | 53.947236 | 10.853029 | 17.73 | 2.00 | 19.73 | |
| 3 | 53.947071 | 10.853023 | 17.03 | 2.00 | 19.03 | |
| 4 | 53.947068 | 10.852718 | 16.88 | 2.00 | 18.88 | |
| 5 | 53.946861 | 10.852709 | 17.07 | 2.00 | 19.07 | |
| 6 | 53.946868 | 10.852911 | 16.90 | 2.00 | 18.90 | |
| 7 | 53.946765 | 10.852921 | 16.12 | 2.00 | 18.12 | |
| 8 | 53.946251 | 10.852208 | 16.49 | 2.00 | 18.49 | |
| 9 | 53.945625 | 10.851344 | 18.41 | 2.00 | 20.41 | |
| 10 | 53.945648 | 10.850475 | 21.39 | 2.00 | 23.39 | |

Name: PV Feld Sued
Footprint area: 2,798 m²
Axis tracking: Fixed (no rotation)
Tilt: 15.0 deg
Orientation: 180.0 deg

Rated power: -
Panel material: Smooth glass with AR coating
Vary reflectivity with sun position? Yes
Correlate slope error with surface type? Yes
Slope error: 8.43 mrad



| | Vertex | Latitude | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total elevation |
|---|-----------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| | | deg | deg | m | m | m |
| 1 | 53.945405 | 10.850373 | 22.15 | 2.00 | 24.15 | |
| 2 | 53.945399 | 10.850861 | 21.01 | 2.00 | 23.01 | |
| 3 | 53.945244 | 10.850856 | 20.28 | 2.00 | 22.28 | |
| 4 | 53.944673 | 10.850212 | 22.59 | 2.00 | 24.59 | |
| 5 | 53.944676 | 10.849879 | 24.19 | 2.00 | 26.19 | |
| 6 | 53.945089 | 10.850083 | 23.60 | 2.00 | 25.60 | |
| 7 | 53.945404 | 10.850339 | 22.20 | 2.00 | 24.20 | |

Discrete Observation Receptors

| Number | Latitude | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total Elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
| | deg | deg | m | m | m |
| OP 1 | 53.946210 | 10.850805 | 18.79 | 2.00 | 20.79 |
| OP 2 | 53.946302 | 10.852456 | 16.36 | 2.50 | 18.86 |
| OP 3 | 53.945794 | 10.853609 | 14.03 | 2.00 | 16.03 |
| OP 4 | 53.944783 | 10.851666 | 22.02 | 2.00 | 24.02 |
| OP 5 | 53.947934 | 10.850883 | 14.22 | 2.00 | 16.22 |

Summary of PV Glare Analysis

PV configuration and total predicted glare

| PV Name | Tilt | Orientation | "Green" Glare | "Yellow" Glare | Energy Produced | Data File |
|--------------|------|-------------|---------------|----------------|-----------------|-----------|
| | deg | deg | min | min | kWh | |
| PV Feld Nord | 15.0 | 180.0 | 4,536 | 10,468 | - | |
| PV Feld Sued | 15.0 | 180.0 | 2,929 | 2,861 | - | |

Distinct glare per month

Excludes overlapping glare from PV array for multiple receptors at matching time(s)

| PV | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-----------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| pv-feld-nord (green) | 0 | 1 | 391 | 380 | 419 | 432 | 433 | 397 | 408 | 120 | 0 | 0 |
| pv-feld-nord (yellow) | 0 | 0 | 685 | 1225 | 1409 | 1365 | 1410 | 1329 | 1045 | 50 | 0 | 0 |
| pv-feld-sued (green) | 0 | 0 | 226 | 578 | 403 | 377 | 388 | 498 | 459 | 0 | 0 | 0 |
| pv-feld-sued (yellow) | 0 | 0 | 0 | 261 | 677 | 715 | 710 | 496 | 2 | 0 | 0 | 0 |

PV & Receptor Analysis Results

Results for each PV array and receptor

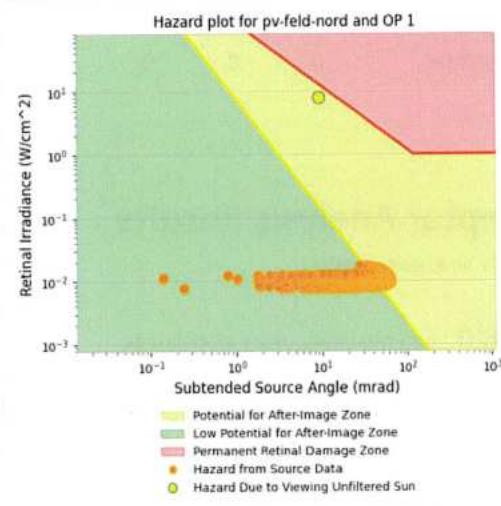
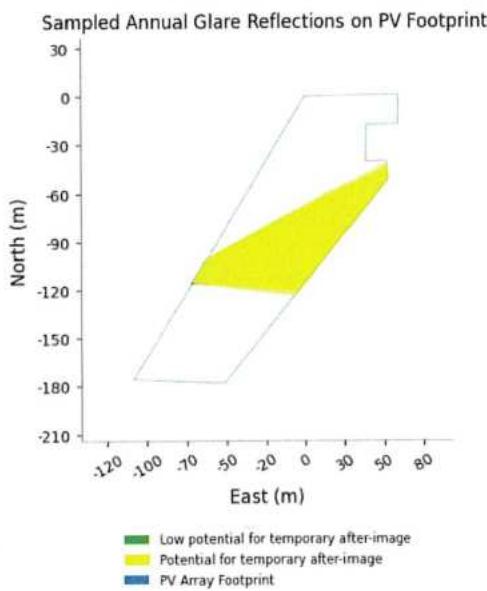
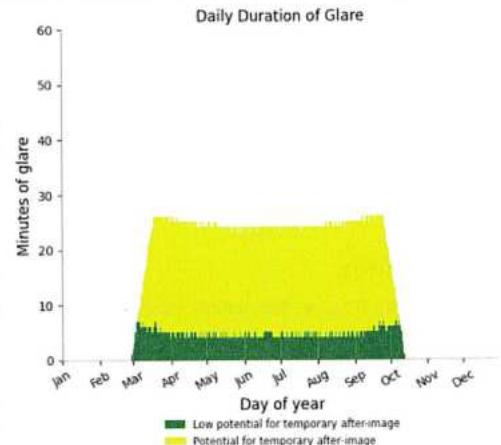
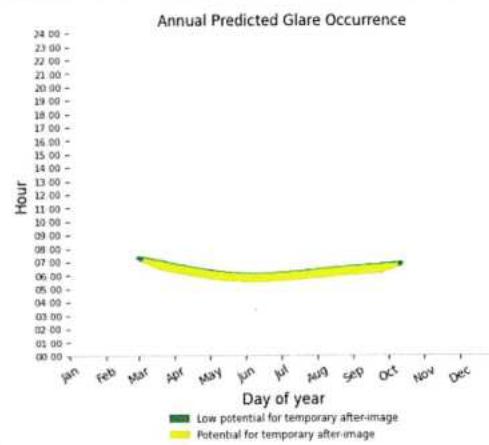
PV Feld Nord potential temporary after-image

| Component | Green glare (min) | Yellow glare (min) |
|-----------|-------------------|--------------------|
| OP: OP 1 | 1067 | 4078 |
| OP: OP 2 | 1899 | 5969 |
| OP: OP 3 | 1570 | 421 |
| OP: OP 4 | 0 | 0 |
| OP: OP 5 | 0 | 0 |

PV Feld Nord - OP Receptor (OP 1)

PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

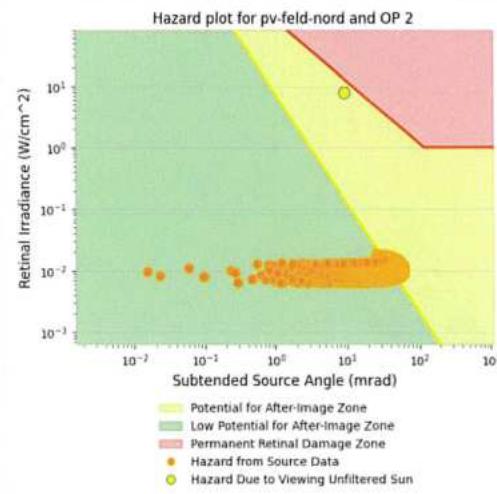
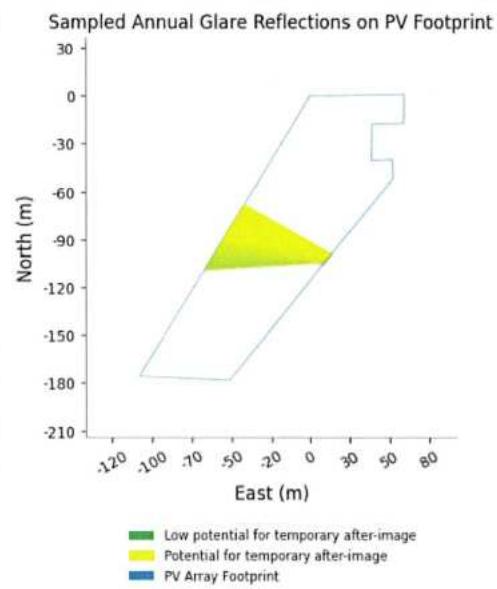
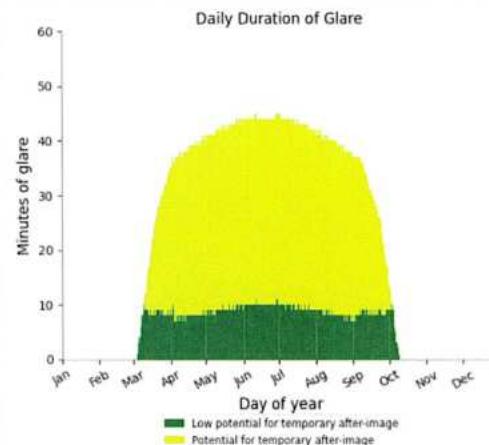
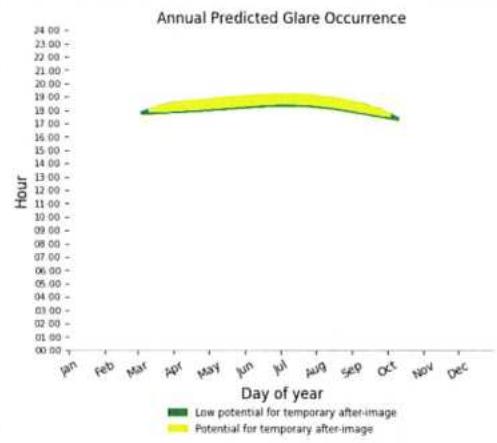
- 1,067 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 4,078 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Nord - OP Receptor (OP 2)

PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

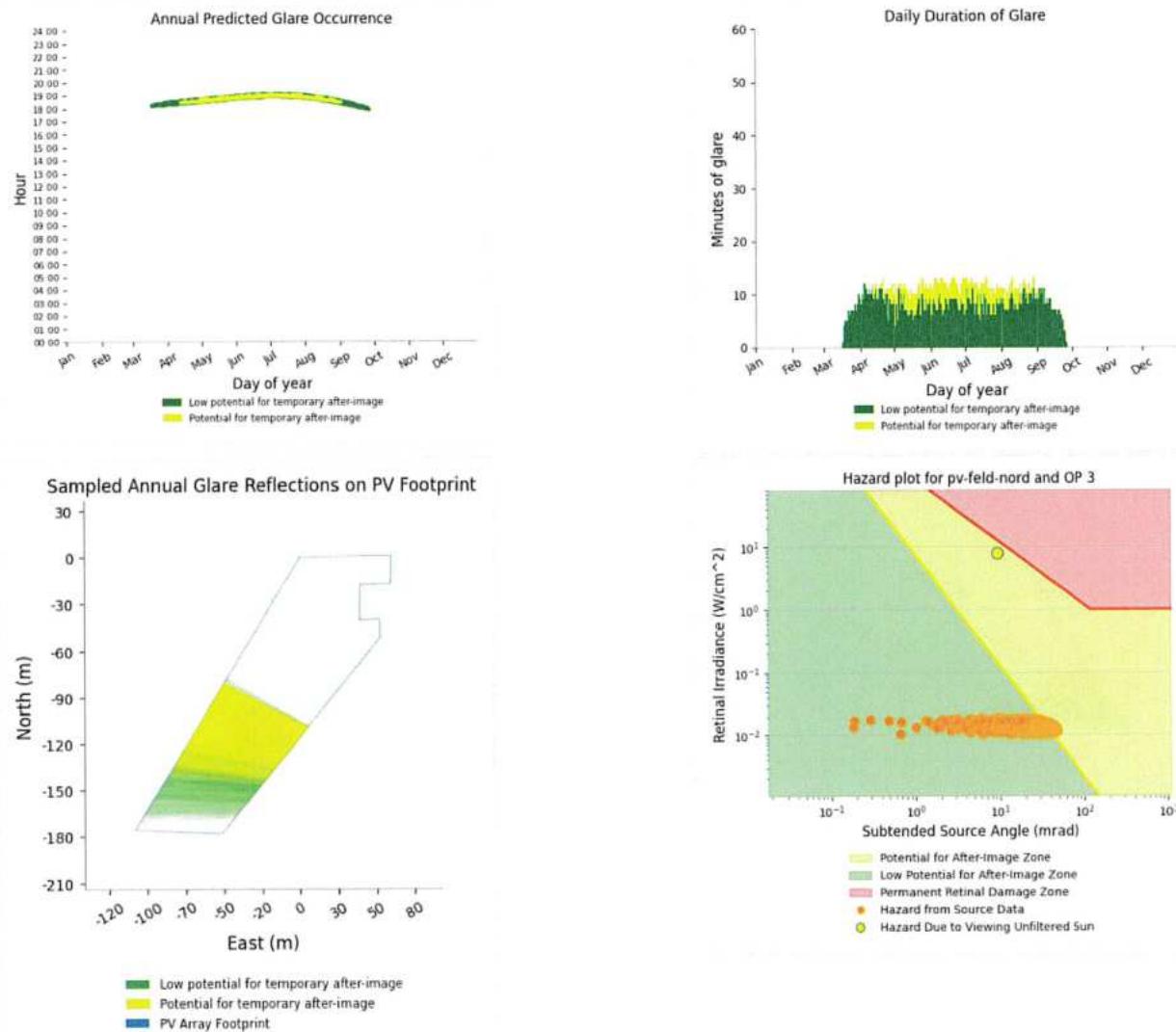
- 1,899 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 5,969 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Nord - OP Receptor (OP 3)

PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

- 1,570 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 421 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Nord - OP Receptor (OP 4)

No glare found

PV Feld Nord - OP Receptor (OP 5)

No glare found

PV Feld Sued potential temporary after-image

| Component | Green glare (min) | Yellow glare (min) |
|-----------|-------------------|--------------------|
| OP: OP 1 | 0 | 0 |
| OP: OP 2 | 0 | 0 |
| OP: OP 3 | 0 | 0 |
| OP: OP 4 | 2929 | 2861 |
| OP: OP 5 | 0 | 0 |

PV Feld Sued - OP Receptor (OP 1)

No glare found

PV Feld Sued - OP Receptor (OP 2)

No glare found

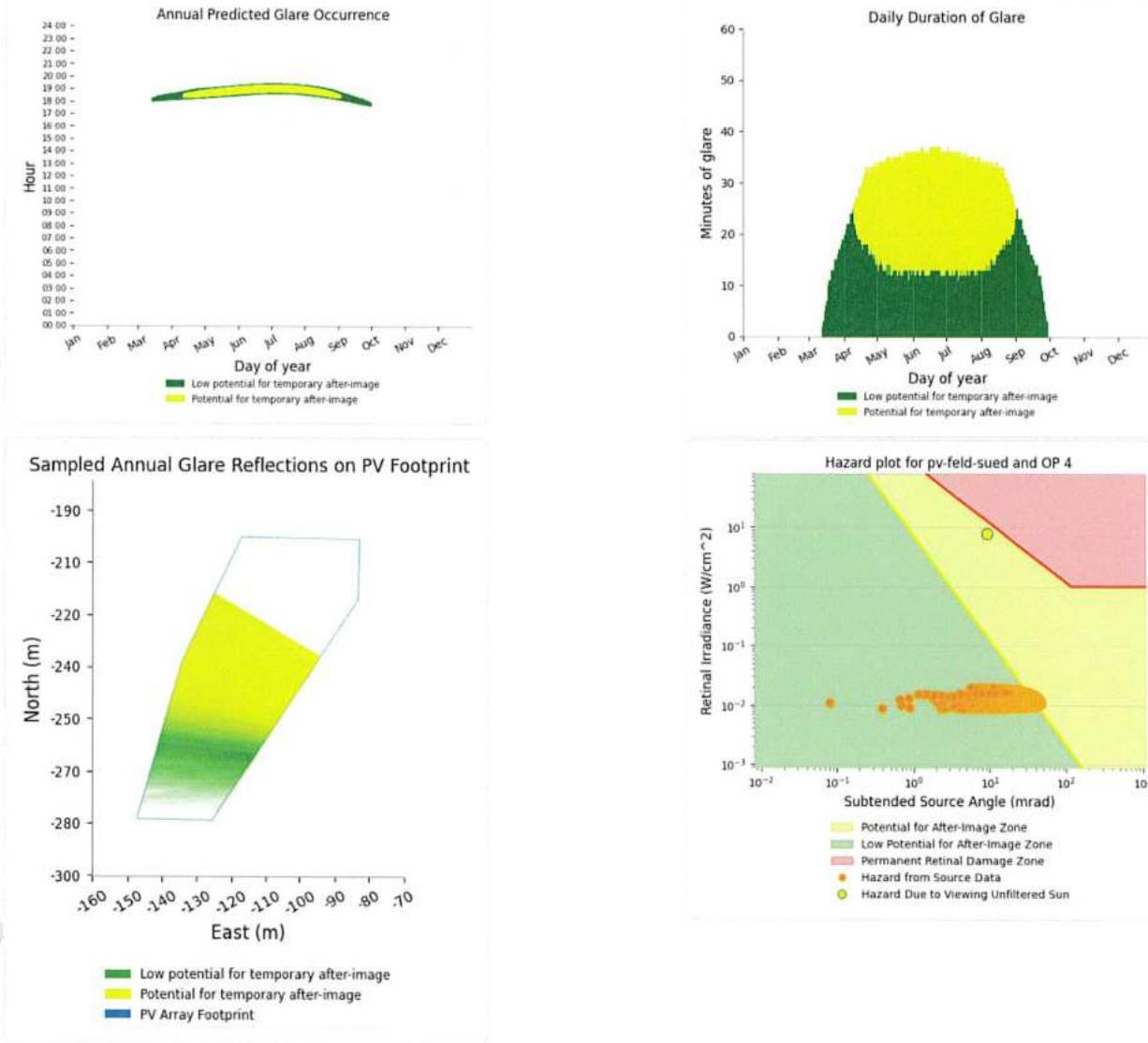
PV Feld Sued - OP Receptor (OP 3)

No glare found

PV Feld Sued - OP Receptor (OP 4)

PV array is expected to produce the following glare for receptors at this location:

- 2,929 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,861 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



PV Feld Sued - OP Receptor (OP 5)

No glare found

Assumptions

- Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.
- Glare analyses do not automatically account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.
- Detailed system geometry is not rigorously simulated.
- The glare hazard determination relies on several approximations including observer eye characteristics, angle of view, and typical blink response time. Actual values and results may vary.
- The system output calculation is a DNI-based approximation that assumes clear, sunny skies year-round. It should not be used in place of more rigorous modeling methods.
- Several V1 calculations utilize the PV array centroid, rather than the actual glare spot location, due to algorithm limitations. This may affect results for large PV footprints. Additional analyses of array sub-sections can provide additional information on expected glare.
- The subtended source angle (glare spot size) is constrained by the PV array footprint size. Partitioning large arrays into smaller sections will reduce the size of the glare spot.

- maximum potential subtended angle, potentially impacting results if actual glare spots are larger than the sub-array size. Additional analyses of the combined area of adjacent sub-arrays can provide more information on potential glare hazards. (See previous point on related limitations.)
- Hazard zone boundaries shown in the Glare Hazard plot are an approximation and visual aid. Actual ocular impact outcomes encompass a continuous not discrete, spectrum.
 - Glare locations displayed on receptor plots are approximate. Actual glare-spot locations may differ.
 - Refer to the [Help page](#) for detailed assumptions and limitations not listed here.

| | Coneal Irradiance | DNI (W/m^2) | Ocular Hazard # | Reflectivity | Retinal Irradiance | Subtended Glare Angle | Sun Altitude | Sun Azimuth | Sun Position | Sun Position | Sun Position | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Se | Anzahl | Tag | Minuten | Anfang | Ende | Minuten im Zeitraum | | Minuten im Zeitraum | | Erste Zeit | | Letzte Zeit | | Messpunkt OP 1 | |
|---------------------|-------------------|-------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----|----------|-----|---------|--------|-----------|---------------------|---------------|---------------------|----------|------------|-------------|----------------|--|----------------|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Zeitraum Start | Zeitraum Ende | Zeitraum pro Tag | Zeitraum | Erste Zeit | Letzte Zeit | Messpunkt OP 1 | | | |
| 2023-02-28 07:19:00 | 0,005625 | 541,1882 | 1 | 0,403095 | 0,012373 | 0,003387 | 0,1 | 105 | 0,966 | -0,258 | 0,002 | -0,966 | 0,223 | 0,131 | | 11. Apr. | 1 | 06:29 | 06:29 | 14. April | 28. August | 20 | 2257 | 05:45 | 06:28 | | | | | |
| 2023-03-01 07:17:00 | 0,006339 | 541,6356 | 1 | 0,408793 | 0,012558 | 0,014481 | 0,1 | 104,3 | 0,969 | -0,248 | 0,002 | -0,969 | 0,214 | 0,126 | | 12. Apr. | 2 | 06:27 | 06:28 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-01 07:18:00 | 0,005775 | 544,3185 | 1 | 0,400765 | 0,012373 | 0,006229 | 0,3 | 104,6 | 0,968 | -0,251 | 0,004 | -0,968 | 0,215 | 0,129 | | 13. Apr. | 4 | 06:25 | 06:28 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-02 07:15:00 | 0,006889 | 542,1039 | 1 | 0,41457 | 0,012747 | 0,021414 | 0,1 | 103,7 | 0,971 | -0,237 | 0,002 | -0,971 | 0,204 | 0,121 | | 14. Apr. | 5 | 06:23 | 06:27 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-02 07:16:00 | 0,006438 | 544,7688 | 1 | 0,406408 | 0,012557 | 0,016084 | 0,3 | 103,9 | 0,971 | -0,241 | 0,005 | -0,971 | 0,206 | 0,125 | | 15. Apr. | 6 | 06:20 | 06:25 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-02 07:17:00 | 0,005904 | 547,4282 | 1 | 0,398411 | 0,01237 | 0,008609 | 0,4 | 104,1 | 0,97 | -0,244 | 0,007 | -0,97 | 0,208 | 0,128 | | 16. Apr. | 8 | 06:18 | 06:25 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-03 07:12:00 | 0,007776 | 542,5846 | 1 | 0,428898 | 0,013199 | 0,02983 | 0 | 102,9 | 0,975 | -0,223 | 0 | -0,975 | 0,193 | 0,112 | | 17. Apr. | 9 | 06:16 | 06:24 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-03 07:13:00 | 0,00741 | 545,2234 | 1 | 0,420428 | 0,013001 | 0,026639 | 0,2 | 103,1 | 0,974 | -0,227 | 0,003 | -0,974 | 0,195 | 0,116 | | 18. Apr. | 10 | 06:14 | 06:23 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-03 07:14:00 | 0,00701 | 547,8568 | 1 | 0,41213 | 0,012806 | 0,022684 | 0,3 | 103,3 | 0,973 | -0,23 | 0,005 | -0,973 | 0,197 | 0,12 | | 19. Apr. | 11 | 06:11 | 06:21 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-03 07:15:00 | 0,006565 | 550,4849 | 1 | 0,404001 | 0,012614 | 0,01761 | 0,4 | 103,5 | 0,972 | -0,234 | 0,008 | -0,972 | 0,198 | 0,124 | | 20. Apr. | 13 | 06:09 | 06:21 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-03 07:16:00 | 0,006048 | 553,1074 | 1 | 0,396037 | 0,012424 | 0,010696 | 0,6 | 103,7 | 0,971 | -0,237 | 0,01 | -0,971 | 0,2 | 0,127 | | 21. Apr. | 14 | 06:07 | 06:20 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-04 07:09:00 | 0,00815 | 540,4627 | 1 | 0,434978 | 0,013334 | 0,033311 | 0 | 102,3 | 0,977 | -0,213 | 0,001 | -0,977 | 0,184 | 0,107 | | 22. Apr. | 15 | 06:05 | 06:19 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-04 07:10:00 | 0,007818 | 543,0894 | 1 | 0,426368 | 0,013133 | 0,030816 | 0,2 | 102,5 | 0,976 | -0,216 | 0,003 | -0,976 | 0,185 | 0,111 | | 23. Apr. | 17 | 06:02 | 06:18 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-04 07:11:00 | 0,007456 | 545,7107 | 1 | 0,417934 | 0,012936 | 0,027726 | 0,3 | 102,7 | 0,976 | -0,219 | 0,006 | -0,976 | 0,187 | 0,115 | | 24. Apr. | 18 | 06:00 | 06:17 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-04 07:12:00 | 0,007062 | 548,3267 | 1 | 0,409671 | 0,012741 | 0,023912 | 0,5 | 102,9 | 0,975 | -0,223 | 0,008 | -0,975 | 0,189 | 0,119 | | 25. Apr. | 19 | 05:58 | 06:16 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-04 07:13:00 | 0,006625 | 550,9374 | 1 | 0,401576 | 0,012548 | 0,019068 | 0,6 | 103,1 | 0,974 | -0,226 | 0,011 | -0,974 | 0,191 | 0,123 | | 26. Apr. | 20 | 05:57 | 06:16 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-04 07:14:00 | 0,006126 | 553,5426 | 1 | 0,393646 | 0,012359 | 0,012589 | 0,8 | 103,3 | 0,973 | -0,23 | 0,013 | -0,973 | 0,192 | 0,126 | | 27. Apr. | 20 | 05:56 | 06:15 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-04 07:15:00 | 0,005452 | 556,1425 | 1 | 0,385877 | 0,012172 | 0,001765 | 0,9 | 103,5 | 0,972 | -0,233 | 0,016 | -0,972 | 0,194 | 0,13 | | 28. Apr. | 20 | 05:55 | 06:14 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 07:07:00 | 0,008525 | 541,0022 | 2 | 0,441145 | 0,013536 | 0,036096 | 0,1 | 101,6 | 0,979 | -0,202 | 0,001 | -0,979 | 0,174 | 0,102 | | 29. Apr. | 20 | 05:54 | 06:13 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 07:08:00 | 0,008225 | 543,6115 | 1 | 0,432393 | 0,013332 | 0,034192 | 0,2 | 101,8 | 0,979 | -0,205 | 0,004 | -0,979 | 0,176 | 0,106 | | 30. Apr. | 20 | 05:53 | 06:12 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 07:09:00 | 0,007896 | 546,2155 | 1 | 0,42382 | 0,01313 | 0,031779 | 0,4 | 102 | 0,978 | -0,209 | 0,006 | -0,978 | 0,178 | 0,11 | | 1. Mai. | 19 | 05:53 | 06:11 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 07:10:00 | 0,007536 | 548,8142 | 1 | 0,415422 | 0,012931 | 0,028787 | 0,5 | 102,3 | 0,977 | -0,212 | 0,009 | -0,977 | 0,179 | 0,114 | | 2. Mai. | 20 | 05:52 | 06:11 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 07:11:00 | 0,007145 | 551,4077 | 1 | 0,407195 | 0,012735 | 0,025104 | 0,6 | 102,5 | 0,976 | -0,216 | 0,011 | -0,976 | 0,181 | 0,118 | | 3. Mai. | 20 | 05:51 | 06:10 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 07:12:00 | 0,006715 | 553,9958 | 1 | 0,399135 | 0,012541 | 0,020469 | 0,8 | 102,7 | 0,976 | -0,219 | 0,014 | -0,976 | 0,183 | 0,121 | | 4. Mai. | 20 | 05:51 | 06:10 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 07:13:00 | 0,006226 | 556,5786 | 1 | 0,39124 | 0,012351 | 0,014347 | 0,9 | 102,9 | 0,975 | -0,223 | 0,016 | -0,975 | 0,185 | 0,125 | | 5. Mai. | 20 | 05:50 | 06:09 | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 07:14:00 | 0,005612 | 559,156 | 1 | 0,383506 | 0,012163 | 0,004999 | 1,1 | 103,1 | 0,974 | -0,226 | 0,019 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | Coneal Irradiance | DNI (W/m²) | Ocular Hazard # | Reflectivity | Retinal Irradiance | Subtended Glare Angle | Sun Altitude | Sun Azimuth | Sun Position | Sun Position | Sun Position | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Se | Anzahl | | | | Minuten im Zeitraum | | Minuten im Zeitraum | | Erste Zeit | | Letzte Zeit | | Messpunkt OP 2 | |
|---------------------|-------------------|------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----|----------|---------|--------|-------|---------------------|---------------|---------------------|----------|------------|-------------|----------------|--|----------------|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | Tag | Minuten | Anfang | Ende | Zeitraum Start | Zeitraum Ende | pro Tag | Zeitraum | Erste Zeit | Letzte Zeit | Messpunkt OP 2 | | | |
| 2023-03-04 17:49:00 | 0,006298 | 540,1418 | 1 | 0,434978 | 0,013326 | 0,007573 | 0 | 257,7 | -0,977 | -0,213 | 0,001 | 0,977 | 0,184 | 0,107 | | 12. Apr. | 2 | 18:08 | 18:09 | 14. April | 28. August | 35 | 3980 | 18:09 | 19:10 | | | | |
| 2023-03-05 17:49:00 | 0,005899 | 544,8209 | 1 | 0,42382 | 0,013097 | 0,002378 | 0,4 | 258 | -0,978 | -0,209 | 0,006 | 0,978 | 0,178 | 0,11 | | 13. Apr. | 3 | 18:09 | 18:11 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 17:50:00 | 0,006468 | 542,2141 | 1 | 0,432393 | 0,013298 | 0,010613 | 0,2 | 258,2 | -0,979 | -0,205 | 0,004 | 0,979 | 0,176 | 0,106 | | 14. Apr. | 5 | 18:09 | 18:13 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-05 17:51:00 | 0,006901 | 539,602 | 1 | 0,441145 | 0,013501 | 0,015761 | 0,1 | 258,4 | -0,979 | -0,202 | 0,001 | 0,979 | 0,174 | 0,102 | | 15. Apr. | 6 | 18:09 | 18:14 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-06 17:50:00 | 0,006102 | 546,8214 | 1 | 0,421258 | 0,013065 | 0,006307 | 0,5 | 258,4 | -0,979 | -0,201 | 0,009 | 0,979 | 0,17 | 0,109 | | 16. Apr. | 7 | 18:10 | 18:16 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-06 17:51:00 | 0,006612 | 544,2347 | 1 | 0,429792 | 0,013267 | 0,013155 | 0,4 | 258,6 | -0,98 | -0,198 | 0,007 | 0,98 | 0,168 | 0,105 | | 17. Apr. | 9 | 18:10 | 18:18 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-06 17:52:00 | 0,007019 | 541,6428 | 1 | 0,438505 | 0,013471 | 0,017719 | 0,2 | 258,8 | -0,981 | -0,195 | 0,004 | 0,981 | 0,166 | 0,101 | | 18. Apr. | 10 | 18:11 | 18:20 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-06 17:53:00 | 0,00738 | 539,0457 | 1 | 0,447399 | 0,013679 | 0,021239 | 0,1 | 259 | -0,982 | -0,191 | 0,002 | 0,982 | 0,165 | 0,097 | | 19. Apr. | 12 | 18:10 | 18:21 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-07 17:50:00 | 0,005683 | 551,3342 | 1 | 0,410361 | 0,012832 | 0,000524 | 0,8 | 258,6 | -0,98 | -0,198 | 0,015 | 0,98 | 0,164 | 0,112 | | 20. Apr. | 13 | 18:11 | 18:23 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-07 17:51:00 | 0,006284 | 548,7724 | 1 | 0,418683 | 0,013032 | 0,009704 | 0,7 | 258,8 | -0,981 | -0,194 | 0,012 | 0,981 | 0,162 | 0,108 | | 21. Apr. | 15 | 18:11 | 18:25 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-07 17:52:00 | 0,006741 | 546,2055 | 1 | 0,427179 | 0,013234 | 0,015409 | 0,6 | 259 | -0,982 | -0,191 | 0,01 | 0,982 | 0,16 | 0,104 | | 22. Apr. | 16 | 18:12 | 18:27 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-07 17:53:00 | 0,00713 | 543,6335 | 1 | 0,435851 | 0,013439 | 0,019552 | 0,4 | 259,2 | -0,982 | -0,187 | 0,007 | 0,982 | 0,158 | 0,1 | | 23. Apr. | 18 | 18:11 | 18:28 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-07 17:54:00 | 0,007479 | 541,0563 | 1 | 0,444705 | 0,013647 | 0,022797 | 0,3 | 259,4 | -0,983 | -0,184 | 0,005 | 0,983 | 0,157 | 0,096 | | 24. Apr. | 19 | 18:12 | 18:30 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-07 17:55:00 | 0,007797 | 538,4741 | 1 | 0,453742 | 0,013858 | 0,025383 | 0,1 | 259,6 | -0,984 | -0,18 | 0,002 | 0,984 | 0,155 | 0,092 | | 25. Apr. | 20 | 18:13 | 18:32 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-08 17:51:00 | 0,005917 | 555,7088 | 1 | 0,407816 | 0,012854 | 0,004735 | 1 | 259 | -0,982 | -0,19 | 0,018 | 0,982 | 0,156 | 0,111 | | 26. Apr. | 22 | 18:13 | 18:34 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-08 17:52:00 | 0,006465 | 553,1792 | 1 | 0,4161 | 0,013055 | 0,012495 | 0,9 | 259,2 | -0,982 | -0,187 | 0,015 | 0,982 | 0,154 | 0,107 | | 27. Apr. | 22 | 18:14 | 18:35 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-08 17:53:00 | 0,006891 | 550,6446 | 1 | 0,424555 | 0,01326 | 0,01747 | 0,7 | 259,4 | -0,983 | -0,183 | 0,013 | 0,983 | 0,152 | 0,103 | | 28. Apr. | 24 | 18:14 | 18:37 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-08 17:54:00 | 0,007268 | 548,1048 | 1 | 0,433187 | 0,013467 | 0,021272 | 0,6 | 259,6 | -0,984 | -0,18 | 0,01 | 0,984 | 0,151 | 0,099 | | 29. Apr. | 25 | 18:14 | 18:38 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-08 17:55:00 | 0,007609 | 545,56 | 1 | 0,441999 | 0,013677 | 0,024277 | 0,4 | 259,8 | -0,984 | -0,176 | 0,008 | 0,984 | 0,149 | 0,095 | | 30. Apr. | 27 | 18:14 | 18:40 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-08 17:56:00 | 0,007921 | 543,0102 | 1 | 0,450994 | 0,01389 | 0,026695 | 0,3 | 260 | -0,985 | -0,173 | 0,005 | 0,985 | 0,147 | 0,091 | | 1. Mai. | 28 | 18:15 | 18:42 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-08 17:57:00 | 0,008208 | 540,4553 | 1 | 0,460177 | 0,014106 | 0,028637 | 0,2 | 260,2 | -0,986 | -0,169 | 0,003 | 0,986 | 0,145 | 0,087 | | 2. Mai. | 29 | 18:15 | 18:43 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-08 17:58:00 | 0,00847 | 537,8955 | 1 | 0,469551 | 0,014325 | 0,030173 | 0 | 260,5 | -0,986 | -0,166 | 0 | 0,986 | 0,144 | 0,083 | | 3. Mai. | 30 | 18:16 | 18:45 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-09 17:51:00 | 0,00614 | 560,0288 | 1 | 0,405267 | 0,012873 | 0,008541 | 1,2 | 259,5 | -0,983 | -0,183 | 0,021 | 0,983 | 0,148 | 0,109 | | 4. Mai. | 32 | 18:16 | 18:47 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-09 17:52:00 | 0,006628 | 557,5233 | 1 | 0,41351 | 0,013076 | 0,014907 | 1,1 | 259,7 | -0,984 | -0,179 | 0,018 | 0,984 | 0,146 | 0,106 | | 5. Mai. | 32 | 18:17 | 18:48 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-09 17:53:00 | 0,007035 | 555,0127 | 1 | 0,421925 | 0,013282 | 0,019385 | 0,9 | 259,9 | -0,984 | -0,176 | 0,016 | 0,984 | 0,144 | 0,102 | | 6. Mai. | 33 | 18:17 | 18:49 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-09 17:54:00 | 0,007401 | 552,4971 | 1 | 0,430516 | 0,013491 | 0,02289 | 0,8 | 260,1 | -0,985 | -0,172 | 0,013 | 0,985 | 0,143 | 0,098 | | 7. Mai. | 32 | 18:17 | 18:48 | | | | | | | | | | |
| 2023-03-09 17:55:00 | 0,007734 | 549,9764 | 1 | 0,439285 | 0,013703 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | Corneal Irradiance | DNI (W/m²) | Ocular Hazard # | Reflectivity | Retinal Irradiance | Subtended Glare Angle | Sun Altitude | Sun Azimuth | Sun Position | Sun Position | Sun Position | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Sichtschutz | Anzahl | Minuten im Tag | | | Minuten im Zeitraum | | | Erste Zeit | | | Letzte Zeit | | | Messpunkt OP 3 | | |
|---------------------|--------------------|------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------|--------|----------------|---------|----------|---------------------|----------------|---------------|------------|----------|--|-------------|------------|-------------|----------------|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | Tag | Minuten | Anfang | Ende | Zeitraum Start | Zeitraum Ende | pro Tag | Zeitraum | | | Erste Zeit | Letzte Zeit | | | |
| 2023-03-17 18:14:00 | 0,008092 | 539,4734 | 1 | 0,544251 | 0,016653 | 0,010507 | 0,1 | 266,4 | -0,998 | -0,063 | 0,002 | 0,998 | 0,053 | 0,034 | 26. Apr. | 2 | 18:33 | 18:34 | 17. Mai | 17. Mai | 5 | 5 | 18:42 | 18:53 | | | | | | | |
| 2023-03-18 18:14:00 | 0,007866 | 545,9536 | 1 | 0,529946 | 0,01641 | 0,009067 | 0,5 | 266,6 | -0,998 | -0,059 | 0,008 | 0,998 | 0,047 | 0,036 | 27. Apr. | 2 | 18:33 | 18:35 | 02. Juni | 02. Juni | 5 | 5 | 18:50 | 18:56 | | | | | | | |
| 2023-03-18 18:15:00 | 0,008599 | 543,5645 | 1 | 0,540871 | 0,016675 | 0,016671 | 0,3 | 266,8 | -0,998 | -0,055 | 0,005 | 0,998 | 0,045 | 0,032 | 28. Apr. | 2 | 18:36 | 18:37 | 05. Juni | 07. Juni | 6 | 16 | 18:51 | 19:00 | | | | | | | |
| 2023-03-18 18:16:00 | 0,008691 | 541,1709 | 1 | 0,552023 | 0,016944 | 0,016121 | 0,2 | 267 | -0,999 | -0,052 | 0,003 | 0,999 | 0,043 | 0,028 | 29. Apr. | 3 | 18:34 | 18:36 | 10. Juni | 13. Juni | 6 | 22 | 18:53 | 19:02 | | | | | | | |
| 2023-03-18 18:17:00 | 0,008094 | 538,773 | 1 | 0,563406 | 0,017217 | 0,007004 | 0 | 267,2 | -0,999 | -0,048 | 0 | 0,999 | 0,042 | 0,024 | 30. Apr. | 2 | 18:36 | 18:37 | 30. Juni | 02. Juli | 7 | 18 | 18:57 | 19:07 | | | | | | | |
| 2023-03-19 18:15:00 | 0,008179 | 547,5842 | 1 | 0,526643 | 0,016356 | 0,013502 | 0,6 | 267,1 | -0,999 | -0,051 | 0,011 | 0,999 | 0,039 | 0,035 | 1. Mai. | 2 | 18:35 | 18:37 | 07. Juli | 07. Juli | 5 | 5 | 18:58 | 19:04 | | | | | | | |
| 2023-03-19 18:16:00 | 0,008669 | 545,2116 | 1 | 0,537504 | 0,016621 | 0,017829 | 0,5 | 267,3 | -0,999 | -0,048 | 0,009 | 0,999 | 0,037 | 0,031 | 2. Mai. | 3 | 18:35 | 18:38 | 10. Juli | 10. Juli | 5 | 5 | 18:57 | 19:02 | | | | | | | |
| 2023-03-19 18:17:00 | 0,008167 | 542,8347 | 1 | 0,548591 | 0,01689 | 0,009993 | 0,3 | 267,5 | -0,999 | -0,044 | 0,006 | 0,999 | 0,035 | 0,027 | 3. Mai. | 3 | 18:36 | 18:39 | 13. Juli | 13. Juli | 5 | 5 | 18:57 | 19:03 | | | | | | | |
| 2023-03-19 18:18:00 | 0,007712 | 540,4533 | 1 | 0,559907 | 0,017163 | 0,002114 | 0,2 | 267,7 | -0,999 | -0,041 | 0,003 | 0,999 | 0,033 | 0,023 | 4. Mai. | 3 | 18:36 | 18:39 | 20. Juli | 20. Juli | 5 | 5 | 18:55 | 19:05 | | | | | | | |
| 2023-03-19 18:19:00 | 0,008638 | 538,0677 | 1 | 0,571459 | 0,01744 | 0,01252 | 0,1 | 267,9 | -0,999 | -0,037 | 0,001 | 0,999 | 0,032 | 0,019 | 5. Mai. | 1 | 18:39 | 18:39 | 24. Juli | 24. Juli | 5 | 5 | 18:54 | 19:05 | | | | | | | |
| 2023-03-20 18:15:00 | 0,008243 | 551,5373 | 1 | 0,523357 | 0,016372 | 0,014222 | 0,8 | 267,5 | -0,999 | -0,044 | 0,014 | 0,999 | 0,031 | 0,034 | 6. Mai. | 4 | 18:37 | 18:49 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-20 18:16:00 | 0,008771 | 549,1854 | 1 | 0,534154 | 0,016638 | 0,018904 | 0,7 | 267,7 | -0,999 | -0,04 | 0,012 | 0,999 | 0,029 | 0,03 | 7. Mai. | 2 | 18:39 | 18:40 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-20 18:17:00 | 0,008662 | 546,8291 | 1 | 0,545176 | 0,016909 | 0,015994 | 0,5 | 267,9 | -0,999 | -0,037 | 0,009 | 0,999 | 0,027 | 0,026 | 8. Mai. | 3 | 18:37 | 18:40 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-20 18:18:00 | 0,008263 | 544,4685 | 1 | 0,556425 | 0,017183 | 0,009415 | 0,4 | 268,1 | -0,999 | -0,033 | 0,007 | 0,999 | 0,025 | 0,022 | 9. Mai. | 2 | 18:40 | 18:41 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-20 18:19:00 | 0,008456 | 542,1036 | 1 | 0,567908 | 0,017462 | 0,010105 | 0,2 | 268,3 | -1 | -0,029 | 0,004 | 1 | 0,023 | 0,018 | 10. Mai. | 4 | 18:38 | 18:42 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-21 18:16:00 | 0,008235 | 553,0945 | 1 | 0,520092 | 0,016316 | 0,014473 | 1 | 267,9 | -0,999 | -0,036 | 0,017 | 0,999 | 0,022 | 0,033 | 11. Mai. | 4 | 18:39 | 18:45 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-21 18:17:00 | 0,008825 | 550,7587 | 1 | 0,530825 | 0,016582 | 0,019866 | 0,9 | 268,1 | -0,999 | -0,032 | 0,015 | 0,999 | 0,021 | 0,029 | 12. Mai. | 3 | 18:40 | 18:43 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-21 18:18:00 | 0,00771 | 548,4185 | 1 | 0,54178 | 0,016852 | 0,004048 | 0,7 | 268,3 | -1 | -0,029 | 0,012 | 1 | 0,019 | 0,025 | 13. Mai. | 4 | 18:40 | 18:46 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-21 18:20:00 | 0,009135 | 543,7253 | 1 | 0,564375 | 0,017405 | 0,018468 | 0,4 | 268,8 | -1 | -0,022 | 0,007 | 1 | 0,015 | 0,017 | 14. Mai. | 3 | 18:40 | 18:44 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-21 18:21:00 | 0,009121 | 541,3723 | 1 | 0,576025 | 0,017687 | 0,016671 | 0,3 | 269 | -1 | -0,018 | 0,005 | 1 | 0,014 | 0,013 | 15. Mai. | 4 | 18:41 | 18:47 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-22 18:16:00 | 0,0079 | 559,2002 | 1 | 0,506398 | 0,016061 | 0,011784 | 1,3 | 268,2 | -0,999 | -0,032 | 0,023 | 0,999 | 0,016 | 0,036 | 16. Mai. | 3 | 18:41 | 18:45 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-22 18:17:00 | 0,008651 | 556,8952 | 1 | 0,516849 | 0,016325 | 0,019431 | 1,2 | 268,4 | -0,999 | -0,028 | 0,021 | 0,999 | 0,014 | 0,032 | 17. Mai. | 5 | 18:42 | 18:53 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-22 18:18:00 | 0,008725 | 554,5858 | 1 | 0,527517 | 0,016593 | 0,018657 | 1 | 268,6 | -1 | -0,025 | 0,018 | 1 | 0,012 | 0,028 | 18. Mai. | 3 | 18:42 | 18:45 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-22 18:19:00 | 0,00821 | 552,2722 | 1 | 0,538406 | 0,016865 | 0,010707 | 0,9 | 268,8 | -1 | -0,021 | 0,015 | 1 | 0,011 | 0,024 | 19. Mai. | 4 | 18:43 | 18:54 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023-03-22 18:20:00 | 0,008058 | 549,9544 | 1 | 0,54952</ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | Corneal Irradiance | DNI (W/m²) | Ocular Hazard # | Reflectivity | Retinal Irradiance | Subtended Glare Angle | Sun Altitude | Sun Azimuth | Sun Position | Sun Position | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Se (| Anzahl | Minuten | | | Minuten im | | | Zeitraum Start | Zeitraum Ende | Zeitraum pro Tag | Erste Zeit | Letzte Zeit | Messpunkt OP 4 |
|---------------------|--------------------|------------|-----------------|--------------|--------------------|-----------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|----------|---------|---------|---------|------------|------------|----|----------------|---------------|------------------|---|-------------|----------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | Tag | Minuten | Anfang | Ende | Zeitraum | 24 | 2382 | 18:28 | 19:15 | | | |
| 2023-03-13 18:06:00 | 0,007084 | 542,2663 | 1 | 0,503909 | 0,015498 | 0,003971 | 0,2 | 263,6 | -0,994 | -0,111 | 0,003 | 0,994 | 0,095 | 0,058 | 22. Apr. | 1 | 18:27 | 18:27 | 25. April | 17. August | 24 | 2382 | 18:28 | 19:15 | Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 4: 2382 Minuten pro Jahr (Summe gesamt) 1680 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blattwerk 702 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blattwerk 24 Minuten pro Tag (Max) | | |
| 2023-03-13 18:07:00 | 0,007558 | 539,7927 | 1 | 0,514254 | 0,015744 | 0,00923 | 0 | 263,8 | -0,994 | -0,107 | 0 | 0,994 | 0,093 | 0,054 | 23. Apr. | 2 | 18:27 | 18:28 | | | | | | | | | |
| 2023-03-14 18:07:00 | 0,007217 | 544,0366 | 1 | 0,500796 | 0,015453 | 0,006295 | 0,3 | 264,1 | -0,995 | -0,103 | 0,006 | 0,995 | 0,087 | 0,057 | 24. Apr. | 4 | 18:27 | 18:30 | | | | | | | | | |
| 2023-03-14 18:08:00 | 0,007657 | 541,5809 | 1 | 0,511086 | 0,015699 | 0,010905 | 0,2 | 264,3 | -0,995 | -0,1 | 0,003 | 0,995 | 0,085 | 0,053 | 25. Apr. | 5 | 18:28 | 18:32 | | | | | | | | | |
| 2023-03-14 18:09:00 | 0,008027 | 539,1205 | 1 | 0,52159 | 0,015949 | 0,01418 | 0 | 264,5 | -0,995 | -0,096 | 0,001 | 0,995 | 0,083 | 0,049 | 26. Apr. | 7 | 18:28 | 18:34 | | | | | | | | | |
| 2023-03-15 18:07:00 | 0,006764 | 548,2035 | 1 | 0,487663 | 0,015163 | 0,001315 | 0,7 | 264,3 | -0,995 | -0,099 | 0,011 | 0,995 | 0,08 | 0,06 | 27. Apr. | 7 | 18:29 | 18:35 | | | | | | | | | |
| 2023-03-15 18:08:00 | 0,007332 | 545,77 | 1 | 0,497688 | 0,015406 | 0,00831 | 0,5 | 264,5 | -0,995 | -0,096 | 0,009 | 0,995 | 0,079 | 0,056 | 28. Apr. | 9 | 18:29 | 18:37 | | | | | | | | | |
| 2023-03-15 18:09:00 | 0,007755 | 543,3318 | 1 | 0,507922 | 0,015653 | 0,012515 | 0,4 | 264,7 | -0,996 | -0,092 | 0,006 | 0,996 | 0,077 | 0,052 | 29. Apr. | 10 | 18:29 | 18:38 | | | | | | | | | |
| 2023-03-15 18:10:00 | 0,008113 | 540,8891 | 1 | 0,518369 | 0,015903 | 0,015574 | 0,2 | 264,9 | -0,996 | -0,089 | 0,004 | 0,996 | 0,075 | 0,048 | 30. Apr. | 12 | 18:29 | 18:40 | | | | | | | | | |
| 2023-03-15 18:11:00 | 0,008367 | 538,4418 | 1 | 0,529033 | 0,016156 | 0,017112 | 0,1 | 265,1 | -0,996 | -0,085 | 0,001 | 0,996 | 0,073 | 0,044 | 1. Mai. | 13 | 18:30 | 18:42 | | | | | | | | | |
| 2023-03-16 18:07:00 | 0,00697 | 552,2961 | 1 | 0,484617 | 0,015181 | 0,00446 | 0,8 | 264,7 | -0,996 | -0,092 | 0,015 | 0,996 | 0,072 | 0,058 | 2. Mai. | 14 | 18:30 | 18:43 | | | | | | | | | |
| 2023-03-16 18:08:00 | 0,007472 | 549,8844 | 1 | 0,494587 | 0,015425 | 0,010175 | 0,7 | 264,9 | -0,996 | -0,088 | 0,012 | 0,996 | 0,07 | 0,055 | 3. Mai. | 15 | 18:31 | 18:45 | | | | | | | | | |
| 2023-03-16 18:09:00 | 0,007881 | 547,4681 | 1 | 0,504764 | 0,015674 | 0,01408 | 0,5 | 265,1 | -0,996 | -0,085 | 0,009 | 0,996 | 0,069 | 0,051 | 4. Mai. | 16 | 18:32 | 18:47 | | | | | | | | | |
| 2023-03-16 18:10:00 | 0,008233 | 545,0473 | 1 | 0,515153 | 0,015925 | 0,016926 | 0,4 | 265,3 | -0,997 | -0,081 | 0,007 | 0,997 | 0,067 | 0,047 | 5. Mai. | 18 | 18:32 | 18:49 | | | | | | | | | |
| 2023-03-16 18:11:00 | 0,008455 | 542,6219 | 1 | 0,525758 | 0,016181 | 0,018012 | 0,2 | 265,5 | -0,997 | -0,078 | 0,004 | 0,997 | 0,065 | 0,043 | 6. Mai. | 19 | 18:32 | 18:50 | | | | | | | | | |
| 2023-03-16 18:12:00 | 0,008597 | 540,1919 | 1 | 0,536584 | 0,01644 | 0,018098 | 0,1 | 265,7 | -0,997 | -0,074 | 0,002 | 0,997 | 0,063 | 0,039 | 7. Mai. | 20 | 18:32 | 18:51 | | | | | | | | | |
| 2023-03-17 18:08:00 | 0,007108 | 553,9266 | 1 | 0,481582 | 0,01513 | 0,006936 | 1 | 265,2 | -0,996 | -0,084 | 0,018 | 0,996 | 0,064 | 0,057 | 8. Mai. | 21 | 18:32 | 18:52 | | | | | | | | | |
| 2023-03-17 18:09:00 | 0,007574 | 551,5319 | 1 | 0,491496 | 0,015375 | 0,01195 | 0,9 | 265,4 | -0,997 | -0,081 | 0,015 | 0,997 | 0,062 | 0,053 | 9. Mai. | 21 | 18:33 | 18:53 | | | | | | | | | |
| 2023-03-17 18:10:00 | 0,007972 | 549,1326 | 1 | 0,501616 | 0,015623 | 0,015592 | 0,7 | 265,6 | -0,997 | -0,077 | 0,013 | 0,997 | 0,06 | 0,049 | 10. Mai. | 22 | 18:33 | 18:54 | | | | | | | | | |
| 2023-03-17 18:11:00 | 0,0083 | 546,7288 | 1 | 0,511947 | 0,015875 | 0,018072 | 0,6 | 265,8 | -0,997 | -0,074 | 0,01 | 0,997 | 0,059 | 0,045 | 11. Mai. | 21 | 18:34 | 18:54 | | | | | | | | | |
| 2023-03-17 18:12:00 | 0,0085 | 544,3205 | 1 | 0,522492 | 0,016131 | 0,018866 | 0,4 | 266 | -0,998 | -0,07 | 0,007 | 0,998 | 0,057 | 0,041 | 12. Mai. | 22 | 18:34 | 18:55 | | | | | | | | | |
| 2023-03-17 18:13:00 | 0,008634 | 541,9077 | 1 | 0,533257 | 0,01639 | 0,018841 | 0,3 | 266,2 | -0,998 | -0,067 | 0,005 | 0,998 | 0,055 | 0,038 | 13. Mai. | 21 | 18:35 | 18:55 | | | | | | | | | |
| 2023-03-17 18:14:00 | 0,008725 | 539,4904 | 1 | 0,544245 | 0,016653 | 0,018289 | 0,1 | 266,4 | -0,998 | -0,063 | 0,002 | 0,998 | 0,053 | 0,034 | 14. Mai. | 22 | 18:35 | 18:56 | | | | | | | | | |
| 2023-03-18 18:08:00 | 0,006667 | 560,2113 | 1 | 0,468904 | 0,014899 | 0,001657 | 1,3 | 265,4 | -0,997 | -0,08 | 0,023 | 0,997 | 0,058 | 0,06 | 15. Mai. | 22 | 18:36 | 18:57 | | | | | | | | | |
| 2023-03-18 18:09:00 | 0,007258 | 557,8491 | 1 | 0,478561 | 0,015142 | 0,009078 | 1,2 | 265,6 | -0,997 | -0,076 | 0,021 | 0,997 | 0,056 | 0,056 | 16. Mai. | 22 | 18:36 | 18:57 | | | | | | | | | |
| 2023-03-18 18:10:00 | 0,007706 | 555,4823 | 1 | 0,488418 | 0,015388 | 0,013651 | 1 | 265,8 | -0,997 | -0,073 | 0,018 | 0,997 | 0,054 | 0,052 | 17. Mai. | 22 | 18:37 | 18:58 | | | | | | | | | |
| 2023-03-18 18:11:00 | 0,008094 | 553,111 | 1 | 0,498481 | 0,015638 | 0,017048 | 0,9 | 266 | -0,997 | -0,069 | 0,016 | 0,997 | 0,052 | 0,048 | 18. Mai. | 22 | 18:37 | 18:58</ | | | | | | | | | |