

# SolPEG Blendgutachten

## Solarpark Sagast

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage  
in der Nähe von Sagast in Brandenburg**

**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 .....	17
4.1	Ergebnisse am Messpunkt P1, K7043 südöstlich .....	18
4.2	Ergebnisse am Messpunkt P2, K7043 südlich.....	20
4.3	Ergebnisse am Messpunkt P2, K7043 südwestlich.....	22
4.4	Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude westlich.....	23
5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	25
6	Schlussbemerkung .....	25
7	Anhang .....	26 - 39

# SolPEG Blendgutachten

## Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Sagast

### 1 Auftrag

#### 1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik (PV) ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der geplanten PV Anlage „Sagast“ für die Verkehrsteilnehmer der 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-Leitlinie<sup>1</sup>, 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 „Sagast“ eine Blendwirkung für schutzbedürftige Zonen im Sinne der Licht-Leitlinie ausgehen könnte. Dies gilt insbesondere für Verkehrsteilnehmer auf angrenzenden Straßen und ggf. für Anwohner von umliegenden Gebäuden.

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 widergegeben, eine weiterführende Beschreibung von theoretischen Hintergründen u.a. zu Berechnungsformeln kann im Rahmen dieses Dokumentes nicht erfolgen.

<sup>1</sup> Die Licht-Leitlinie ist u.a. hier abrufbar: [http://www.solpeg.de/LAI\\_Lichtleitlinie\\_2012.pdf](http://www.solpeg.de/LAI_Lichtleitlinie_2012.pdf)

## 2 Systembeschreibung

### 2.1 Standort Übersicht

Die Fläche der geplanten PV Anlage befindet sich in einem landwirtschaftlichen Gebiet ca. 2 km nordwestlich der Ortschaft Sagast, ca. 7,8 km nordwestlich von Putlitz in Brandenburg. Südlich der Fläche verläuft die K7043. Die folgenden Informationen und Bilder geben einen Überblick über den Standort.

**Tabelle 1: Informationen über den Standort**

Allgemeine Beschreibung des Standortes	Landwirtschaftliche Fläche ca. 2 km nordwestlich der Ortschaft Sagast, ca. 7,8 km nordwestlich von Putlitz in Brandenburg. Die Fläche ist leicht abfallend nach Süden.
Koordinaten (Mitte)	<a href="#">53.269°N, 11.927°O, 82 m ü. NN</a>
Abstand zu angrenzenden Straßen	ca. 10 m
Entfernung zu umliegenden Gebäuden	ca. 350 m (nicht relevant)

Übersicht über den Standort und die PV Anlage (schematisch)

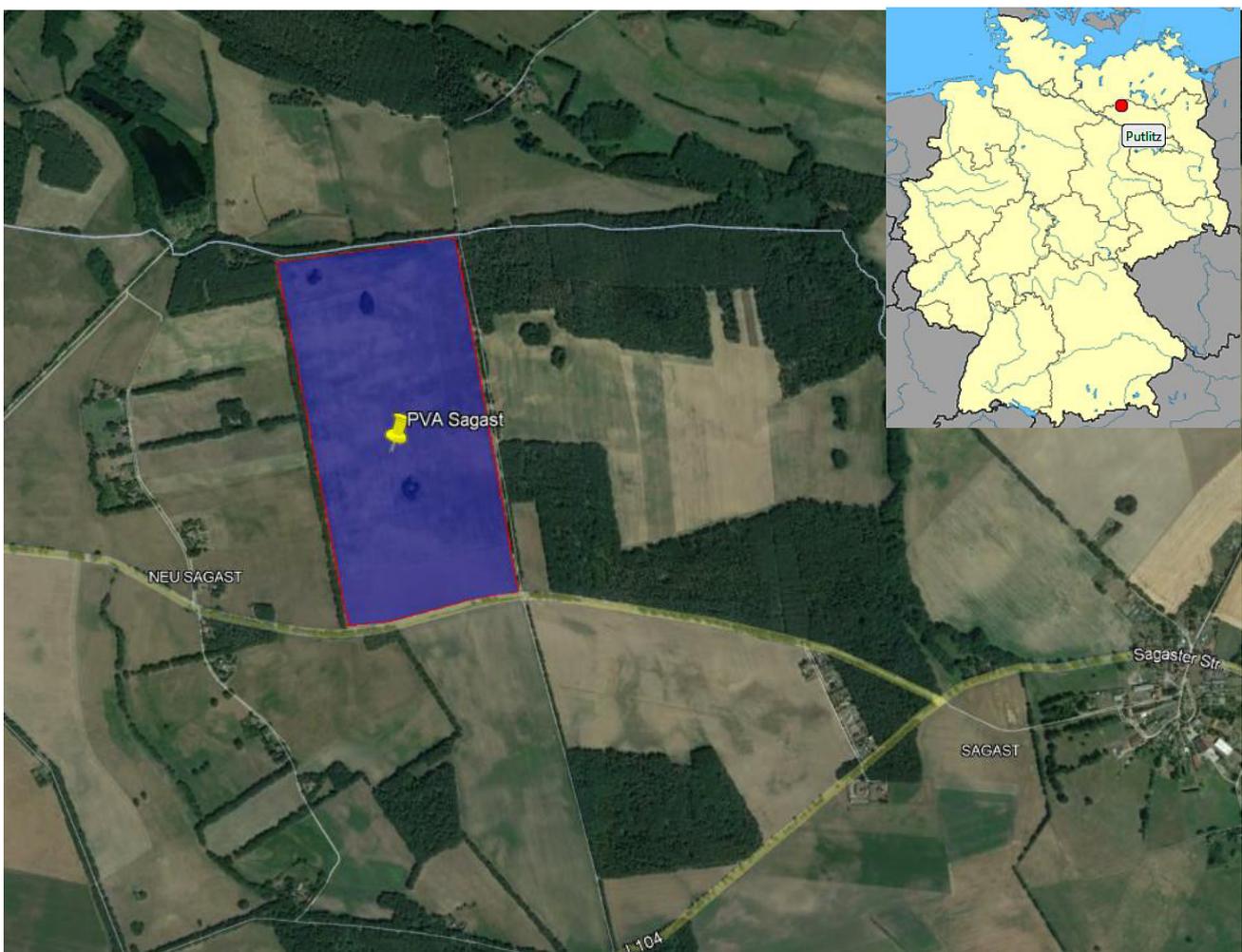


Bild 2.1.1: Luftbild mit Schema der PV Anlage (Quelle: Google Earth/SolPEG)

### Detailansicht der PV Anlage und Umgebung



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

### Detailansicht der PV Anlage



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

Fotos der PV Anlage und Umgebung. Blick von Süden nach Norden.



Bild 2.1.4: Blick Richtung Norden (Quelle: SolPEG)

Blick von der Fläche Richtung Süden, im Hintergrund die K7043.



Bild 2.1.5: Blick Richtung Süden (Quelle: SolPEG)

Blick Richtung Westen.



Bild 2.1.6: Blick Richtung Westen (Quelle: SolPEG)

Blick Richtung Osten.



Bild 2.1.7: Blick Richtung Osten (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 Fläche und die Umgebung. Aufgrund des Strahlenganges gemäß Reflexionsgesetz können die südwestlich gelegenen Gebäude 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 südwestlich 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 über-  
ragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient und somit höher wiegt als  
Einzelinteressen. Darüber hinaus bestätigt ein aktuelles Urteil des OLG Braunschweig<sup>2</sup> die grundsätzlich  
fehlenden Bewertungsgrundlagen für Reflexion durch Sonnenlicht. Die Ausführungen der LAI Lichtleit-  
linie 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 re-  
flektierten Lichtes auf 1-4 % reduzieren können. Folgende Skizze zeigt den Aufbau eines PV Moduls:

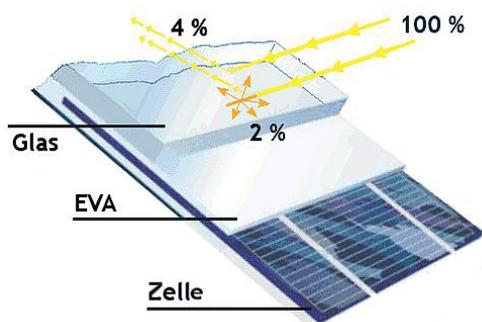


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

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/m<sup>2</sup>) auf einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

<sup>2</sup> <https://oberlandesgericht-braunschweig.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wenn-sonnenlicht-stort-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.

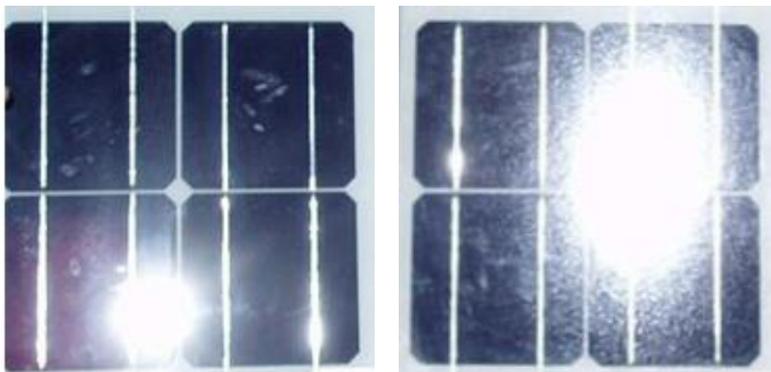


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

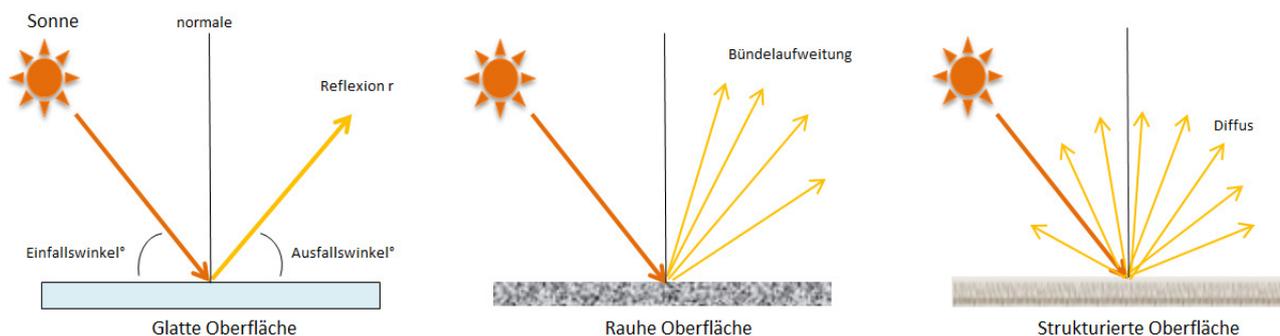


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers Trina Solar 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.

**MECHANICAL DATA**

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2102 × 1040 × 35 mm (82.76 × 40.94 × 1.38 inches)
Weight	24.0 kg (52.9lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy

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, Lambert'sches 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 FAA<sup>3</sup> 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:  $\gamma_p$ , Azimut  $\alpha_p$ ) bekannt sind, kann der Winkel der Reflexion ( $\theta_p$ ) mit der folgenden Formel berechnet werden:

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

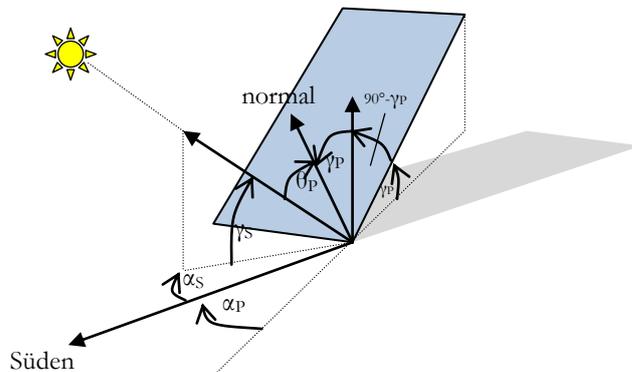


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

Die unter 3.2 aufgeführten generellen Eigenschaften von PV Modulen (Glasoberfläche, Antireflexions-schicht) 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-Leitlinie<sup>4</sup> wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories<sup>5</sup>, New Mexico überprüft.

<sup>3</sup> US Federal Aviation Administration (FAA) guidelines for analyzing flight paths:  
<https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2013-10-23/pdf/2013-24729.pdf>

<sup>4</sup> Licht-Leitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.

<sup>5</sup> 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.

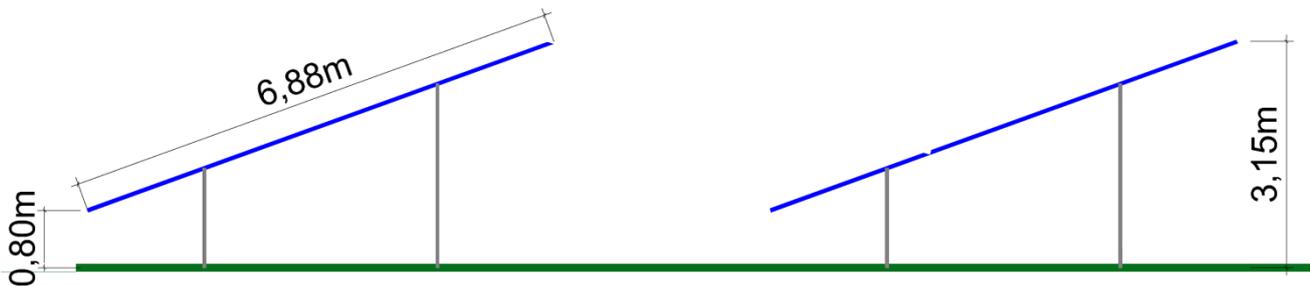


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion (Quelle: Systemplanung, Beispiel)

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

**Tabelle 2: Berechnungsparameter**

PV Modul	Trina Solar (oder vergleichbar)
Moduloberfläche	Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)
Unterkonstruktion	Modultische, fest aufgeständert
Modulinstallation	3 Module hochkant übereinander (3P)
Ausrichtung (Azimut)	Süden (180°)
Modulneigung	20°
Höhe der sichtbaren Modulfläche	min. 0,80 m, max. ca. 3,15 m (leichte Abweichung möglich)
Anzahl Messpunkte gesamt	4 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)
Höhe Messpunkte	2 m über Boden
Azimut Blickrichtung Fahrzeugführer <sup>6</sup>	Fahrtrichtung +/- 20°

#### Hinweis:

Die Simulation wurde auch mit anderen Modulneigungen durchgeführt (u.a. 15°) und es zeigen sich an einzelnen Immissionsorten erwartungsgemäß leicht abweichende Ergebnisse. Insgesamt sind die Abweichungen allerdings vernachlässigbar. Die weiteren Ausführungen beziehen sich auf 20° Modulneigung.

<sup>6</sup> 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 Sagast wurden insgesamt 4 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkte im Verlauf der Straße K7043 sowie zu Kontrollzwecken 1 Messpunkt an westlich gelegenen Gebäuden. Weitere Gebäude wurden nicht näher untersucht, da aufgrund von Entfernung und/oder Winkel und fehlender Sichtverbindung zur Immissionsquelle keine Reflexionen zu erwarten sind. Privat-, Feld- und Wirtschaftswege werden nicht analysiert. Die Einzelergebnisse sind im Abschnitt 4 dargestellt und kommentiert.

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 belastigter Personen in der exponierten Bevölkerung will man zulassen? Die Wissenschaft müsste aber eine Aussage darüber liefern können, welche Expositionsdauer zu welchem Anteil stark Belastigter 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 fehlt<sup>7</sup> allerdings eine Definition oder Empfehlung zum Umgang mit Verkehrswegen 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 Schärfepunktes (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 Fahrtrichtung +/- 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 Photovoltaikparks **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.

<sup>7</sup> Licht-Leitlinie "2. Anwendungsbereich", Seite 2 ff., bzw. Anhang 2 ab Seite 22

## 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 Licht-Leitlinie gibt es keine Hinweise wie mit meteorologischen Informationen zu verfahren ist obwohl zahlreiche Datenquellen und Klima-Modelle (z.B. TMY<sup>8</sup>) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2021 eine mittlere Wolkenbedeckung<sup>9</sup> von ca. 68 % 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/m<sup>2</sup> 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 Tagesadaptation 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 Laboratories (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/cm<sup>2</sup>) 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.

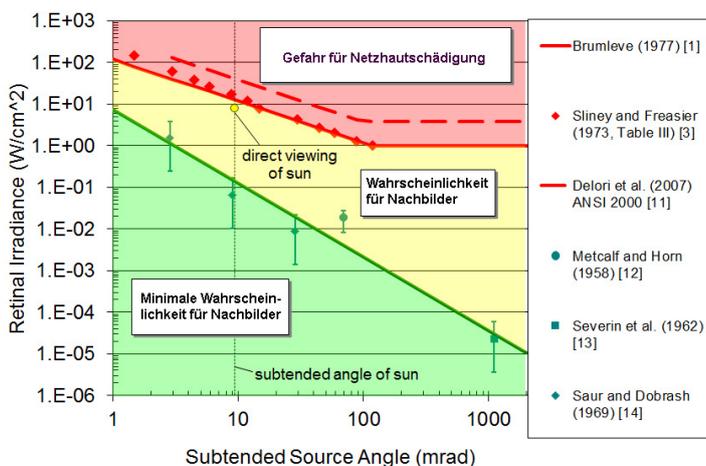


Bild 3.6.1: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

<sup>8</sup> Handbuch: <https://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43156.pdf>

<sup>9</sup> DWD Service: [https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm\\_int\\_cfc.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/rcccm/int/rcccm_int_cfc.html)

Bild: [https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc\\_eude\\_eur\\_cfc\\_mean\\_2021\\_17.png](https://www.dwd.de/DWD/klima/rcccm/int/rcc_eude_eur_cfc_mean_2021_17.png)

## 4 Ergebnisse

Die Berechnung der potentiellen Blendwirkung der PV Anlage Sagast wird für 4 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 3.6.1 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 zwischen 22 Uhr abends und 06 Uhr morgens auftreten (sofern möglich), sind relativiert zu bewerten bzw. 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 Erläuterungen zu verwenden. Individuelle Ausführungen erfolgen im weiteren Abschnitt gesondert für die jeweiligen Messpunkte.

**Tabelle 3: Potentielle Blendwirkung an den jeweiligen Messpunkten** [Kategorie ■, Minuten pro Jahr]

Messpunkt	Reflexion [Minuten pro Jahr]
P1 K7043 südöstlich	1853 <sup>W</sup>
P2 K7043 südlich (Fahrt Richtung Osten und Westen summiert)	2794 <sup>W</sup>
P3 K7043 westlich	453 <sup>W</sup>
P4 Gebäude westlich	1174 <sup>EG</sup>

<sup>W</sup> Aufgrund des Einfallswinkels zu vernachlässigen

<sup>E</sup> Aufgrund der Entfernung zur Immissionsquelle zu vernachlässigen

<sup>G</sup> Aufgrund der Geländestruktur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen  
- nicht nachweisbar

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

#### 4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, K7043 südöstlich

Am Messpunkt P1 auf der K7043 können bei der Fahrt Richtung Westen theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 25. April und dem 17. August abends zwischen 18:29 - 18:32 Uhr für 5 bis max. 18 Minuten pro Tag aus westlicher Richtung auftreten. Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Darüber hinaus liegen die Einfallswinkel der Reflexionen mit ca.  $+17^\circ$  bis  $+30^\circ$  rechts (westlich) zur Fahrtrichtung überwiegend außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung  $\pm 20^\circ$ , 100 m).

Die folgende Skizze verdeutlicht die Situation am Messpunkt P1 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.



Bild 4.1.1: Situation am Messpunkt P1 bei Fahrt Richtung Westen (Quelle: Google Earth / SolPEG)

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

In geringen Umfang könnten Reflexion aber auch im engeren Sichtfeld des Fahrzeugführers auftreten und könnten irritierend wirken. Lt Planungsunterlagen ist allerdings an der südlichen Geländegrenze eine Begrünung geplant, sodass der Sichtkontakt zur Immissionsquelle ausreichend reduziert ist. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage kann demnach mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

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



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

Üblicherweise wird ein Grünstreifen mit 4 – 10 m Breite als ausreichender Sichtschutz angesehen und eine Bepflanzung mit heimischen Gehölzen kann bereits nach einem Jahr den direkten Sichtkontakt zur Immissionsquelle ausreichend reduzieren. Die folgenden Beispielbilder zeigen eine bewährte und ausreichende Variante für eine Begrünung / Sichtschutz mit heimischen Gehölzen direkt nach Anpflanzung und auch mit Blattwerk.



Bild 4.1.3: Eingrünung/Bepflanzung mit einheimischen Gehölzmischungen (Quelle: SolPEG)

## 4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, K7043 südlich

Am Messpunkt P2 auf der K7043 südlich der PV Anlage können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können zwischen dem 16. April und dem 27. August abends zwischen 18:07 - 18:38 Uhr abends für 5 bis max. 30 Minuten pro Tag aus westlicher Richtung auftreten. Auch hier liegend die Einfallswinkel der Reflexionen mit ca.  $+22^\circ$  bis  $+49^\circ$  rechts (westlich) zur Fahrtrichtung außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung  $\pm 20^\circ$ , 100 m).

Die folgende Skizze verdeutlicht die Situation am Messpunkt P2 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.

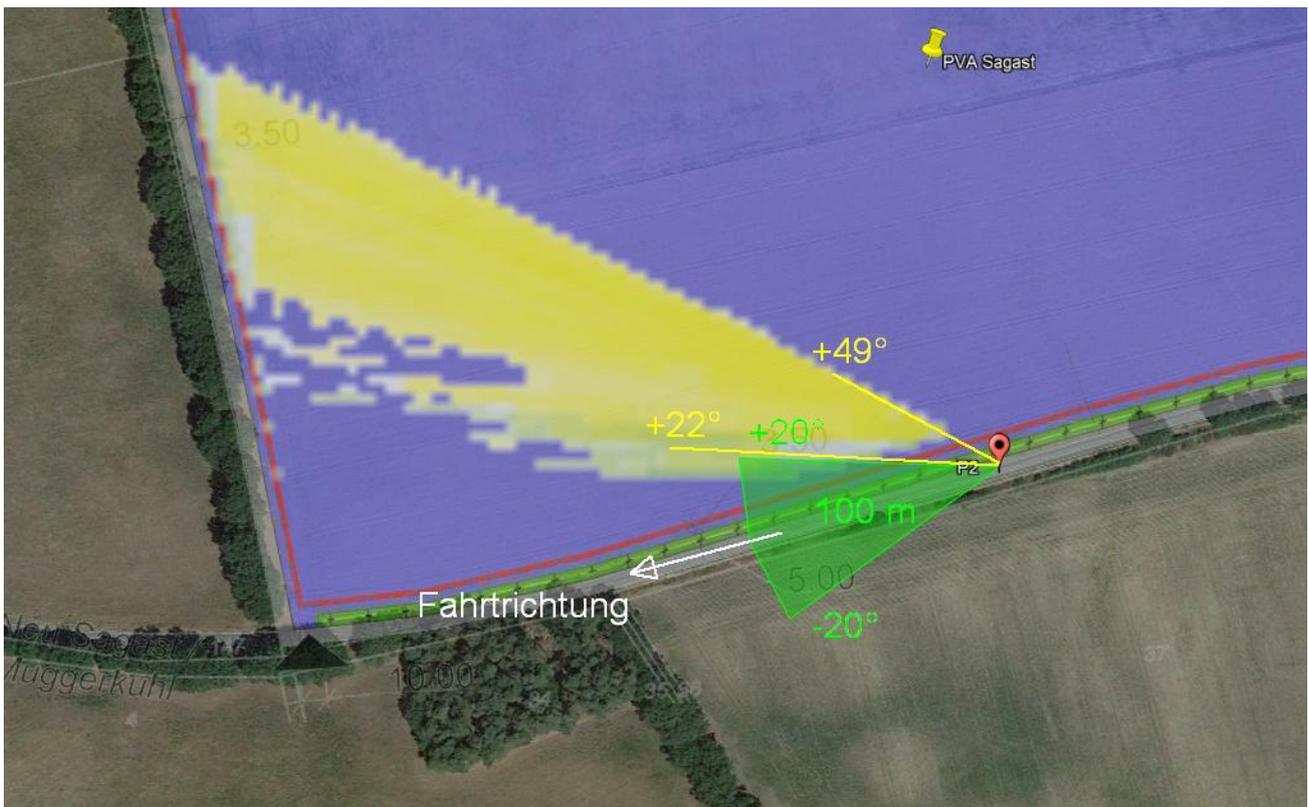


Bild 4.2.1: Situation am Messpunkt P2 bei Fahrt Richtung Westen (Quelle: Google Earth / SolPEG)

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

Theoretisch können auch bei der Fahrt Richtung Osten in den frühen Morgenstunden zwischen 05:50 – 06:06 Uhr Reflexionen aus östlicher Richtung auftreten. Es handelt sich dabei allerdings überwiegend um Reflexionen der Kategorie Grün mit einer unkritischen Leuchtdichte. Darüber hinaus steht in den betreffenden Zeiten die Sonne dicht über dem Horizont ( $0,1^\circ$  bis  $7,9^\circ$ ) und kann die PV Module nicht erreichen. Potentielle Reflexionen bei der Fahrt Richtung Osten sind dementsprechend zu vernachlässigen.

Die geplante Begrünung an der südlichen Geländegrenze reduziert den Sichtkontakt zur Immissionsquelle und demnach kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Das folgende Foto zeigt die aktuelle Situation am Messpunkt P2 aus Sicht des Fahrzeugführers bei der Fahrt Richtung Westen. Der relevante Sichtbereich ist leicht heller dargestellt. Das Foto verdeutlicht, dass der überwiegende Teil der PV Anlage rechts außerhalb des relevanten Sichtwinkels bzw. außerhalb des Bildes liegt.



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

Das folgende Bild zeigt die Situation mit der geplanten Begrünung (Animation). Das Bild verdeutlicht, dass die PV Anlage im Bereich der K7043 überwiegend nicht einsehbar ist.



Bild 4.2.3: Situation am Messpunkt P2, Animation mit Begrünung (Quelle: SolPEG)

### 4.3 Ergebnisse am Messpunkt P2, K7043 südwestlich

Am Messpunkt P3 auf der K7043 südwestlich der PV Anlage können bei der Fahrt Richtung Osten theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können an insgesamt nur 405 Minuten pro Jahr zwischen dem 18. Mai und dem 29. Juli in den frühen Morgenstunden zwischen 05:50 - 06:12 Uhr für max. 11 Minuten pro Tag<sup>10</sup> aus östlicher Richtung auftreten.

Das folgende Diagramm verdeutlicht die Verteilung der Minuten pro Tag im Jahresverlauf bzw. im relevanten Zeitraum.

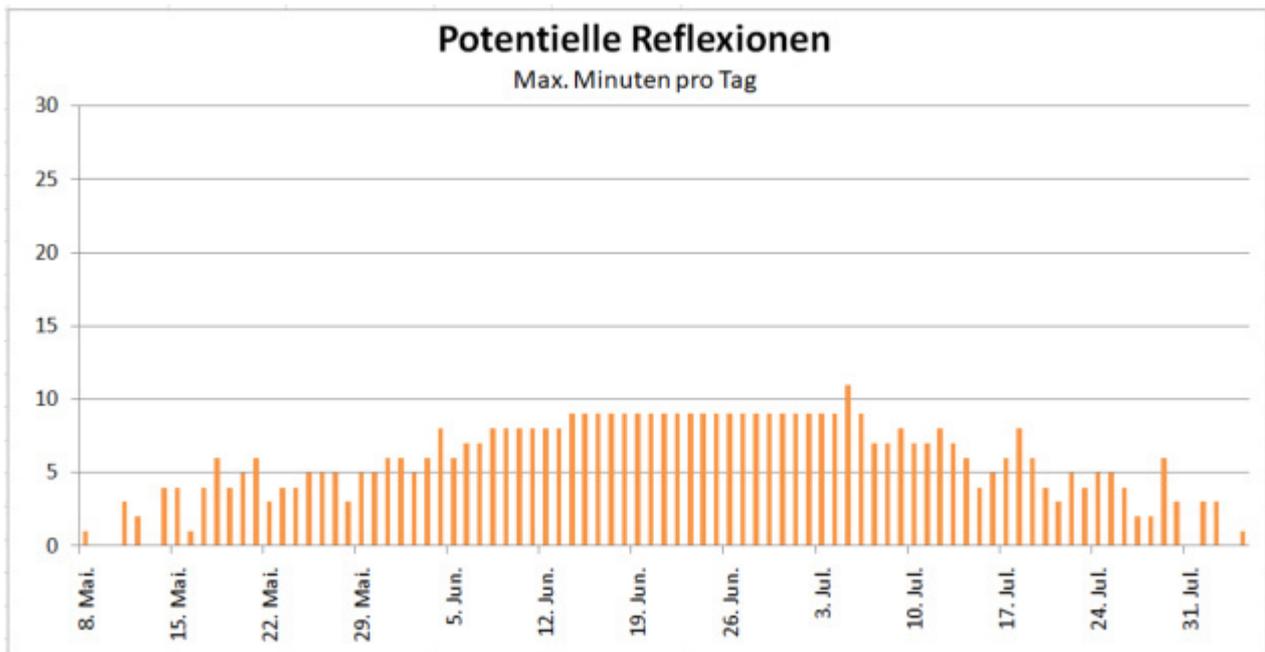


Bild 4.3.1: Reflexionen pro Tag im Jahresverlauf (Quelle: Simulationsergebnisse, aufbereitet)

Aufgrund der geringen zeitlichen Dauer sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Darüber hinaus wird die geplante Begrünung an der südlichen Geländegrenze den Sichtkontakt zur Immissionsquelle ausreichend reduzieren, sodass eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.

<sup>10</sup> Generell wird das Auftreten von Reflexionen an weniger als 5 Minuten pro Tag nicht berücksichtigt (Messunsicherheit)

#### 4.4 Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude westlich

Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude westlich der PV Anlage wurde zu Kontrollzwecken untersucht. Bei der Ortsbegehung wurde festgestellt, dass im Bereich der Gebäude westlich der PV Anlage kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Auch aufgrund der sehr großen Entfernung ist nicht mit Beeinträchtigungen durch die PV Anlage zu rechnen.

Die folgende Skizze verdeutlicht die Situation am Messpunkt P4 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.



Bild 4.4.1: Situation am Messpunkt P4 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Darüber hinaus liegen die rechnerisch ermittelten Ergebnisse für den Messpunkt P4 unter den Richtwerten. Dementsprechend kann eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

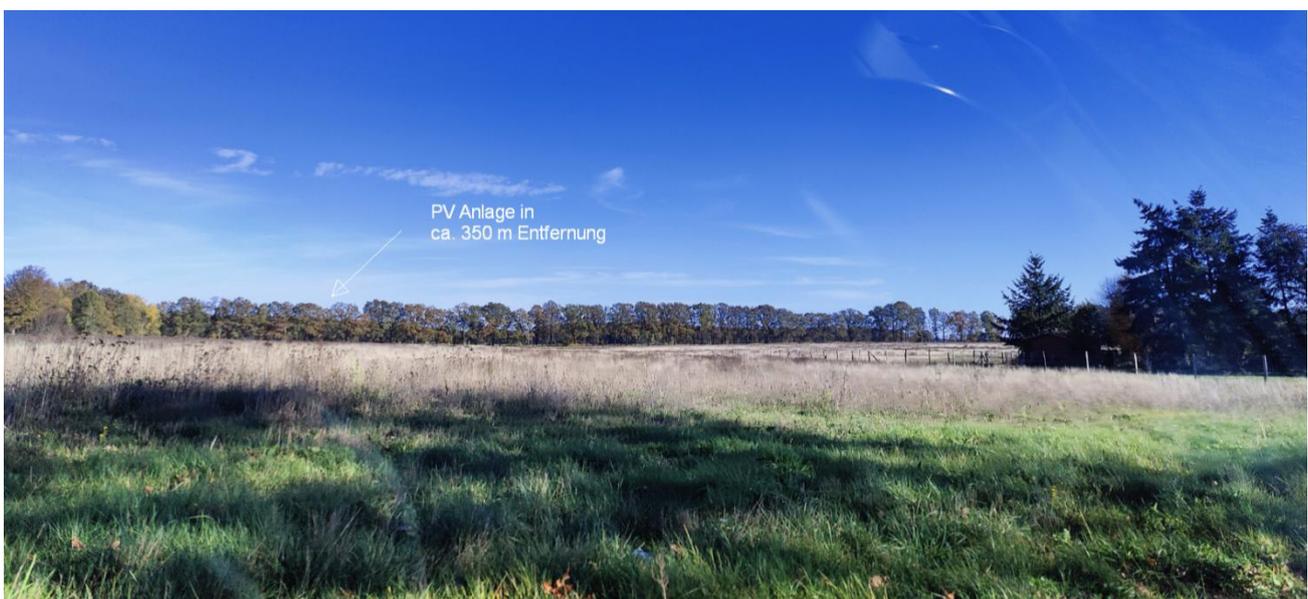


Bild 4.4.2: Foto im Bereich von Messpunkt P4 in Richtung Osten (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Beispielhaft für die Simulationsergebnisse zeigen die folgenden Diagramme das Auftreten der Reflexionen im Tages- bzw. im Jahresverlauf am Messpunkt P4. Die jeweiligen Farben symbolisieren die Kategorie der potentiellen Blendwirkung in Bezug zur Leuchtdichte der Reflexionen. Wie bereits in Abschnitt 3.2 und 3.6 ausgeführt sind jeweils die theoretischen Maximalwerte dargestellt, die nicht ohne Einschränkungen verwendet werden können. Der Wert von 1546 Minuten entspricht den unbereinigten Rohdaten und liegt bereits unterhalb der Richtwerte der LAI Lichtleitlinie.

### PV Feld - OP Receptor (OP 4)

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

- 1,062 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,546 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.

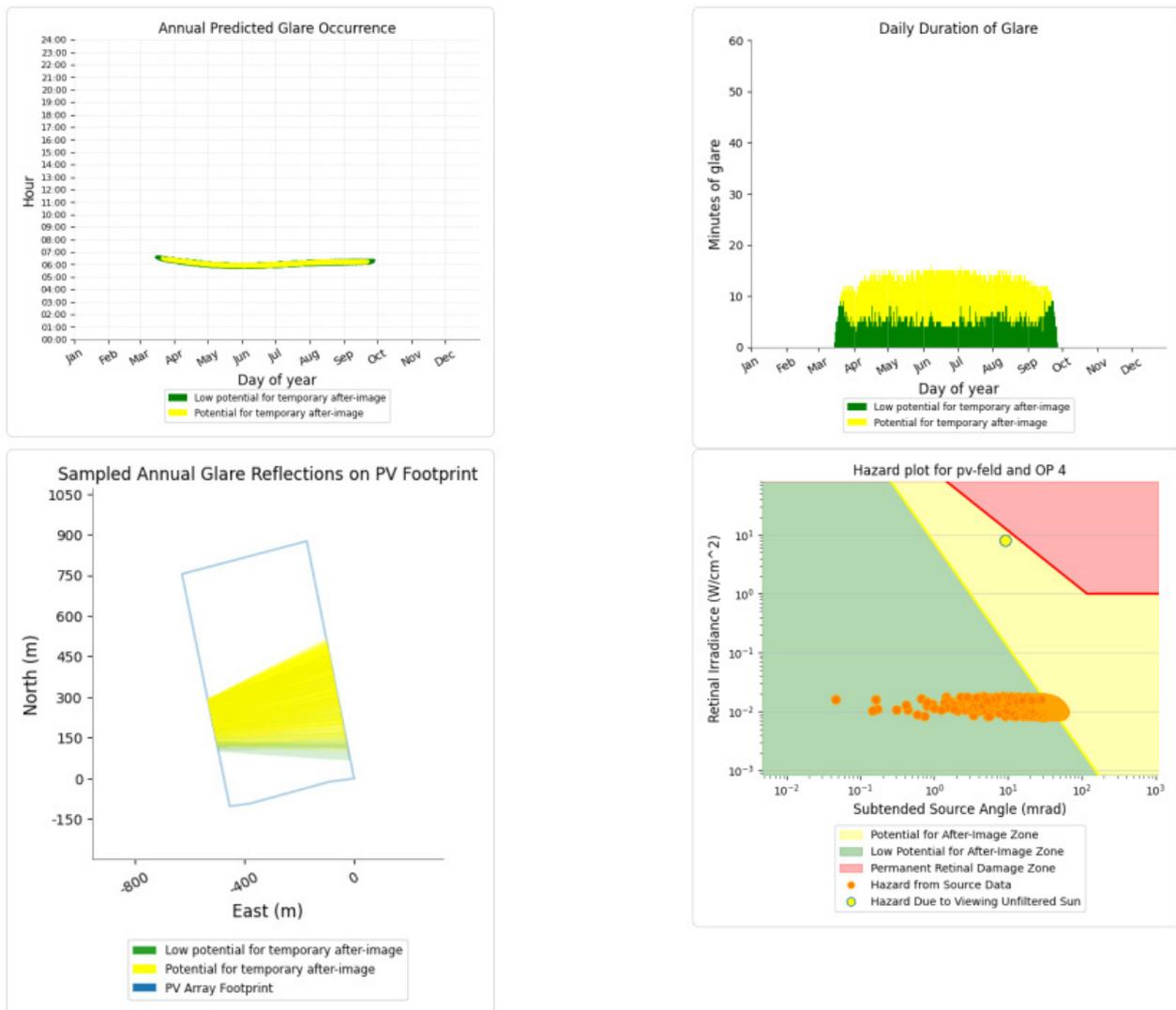


Bild 4.4.3: Ergebnisdetails für Messpunkt P4 (Quelle: Simulationsergebnisse)

## 5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage „Sagast“ kann als „geringfügig“ klassifiziert<sup>11</sup> 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 Sagast mit dem Einsatz von hochwertigen PV Modulen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von Reflexionen vorgesehen. Für die hier betrachtete PV Anlage wurden verschiedene Simulationen durchgeführt, u.a. mit unterschiedlichen Modulneigungen. Erwartungsgemäß zeigen sich an einzelnen Immissionsorten leicht abweichende Ergebnisse, die Ausführungen zu den jeweiligen Messpunkten sind dennoch gültig. Die PV Anlage kann demnach mit einer Modulneigung zwischen 15° - 20° errichtet werden.

Die Analyse von 4 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt nur eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Im Verlauf der K7043 südlich der PV Anlage sind theoretisch in geringem Umfang Reflexionen möglich. Die Einfallswinkel liegen allerdings überwiegend außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Lt. Planungsunterlagen ist an der südlichen Geländegrenze eine Begrünung geplant, sodass kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Eine Beeinträchtigung von Verkehrsteilnehmern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

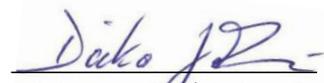
Die westlich der PV Anlage gelegenen Gebäude können aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz theoretisch von Reflexionen erreicht werden aber aufgrund der örtlichen Gegebenheiten besteht auch hier kein direkter Sichtkontakt zur Fläche der PV Anlage. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. 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.

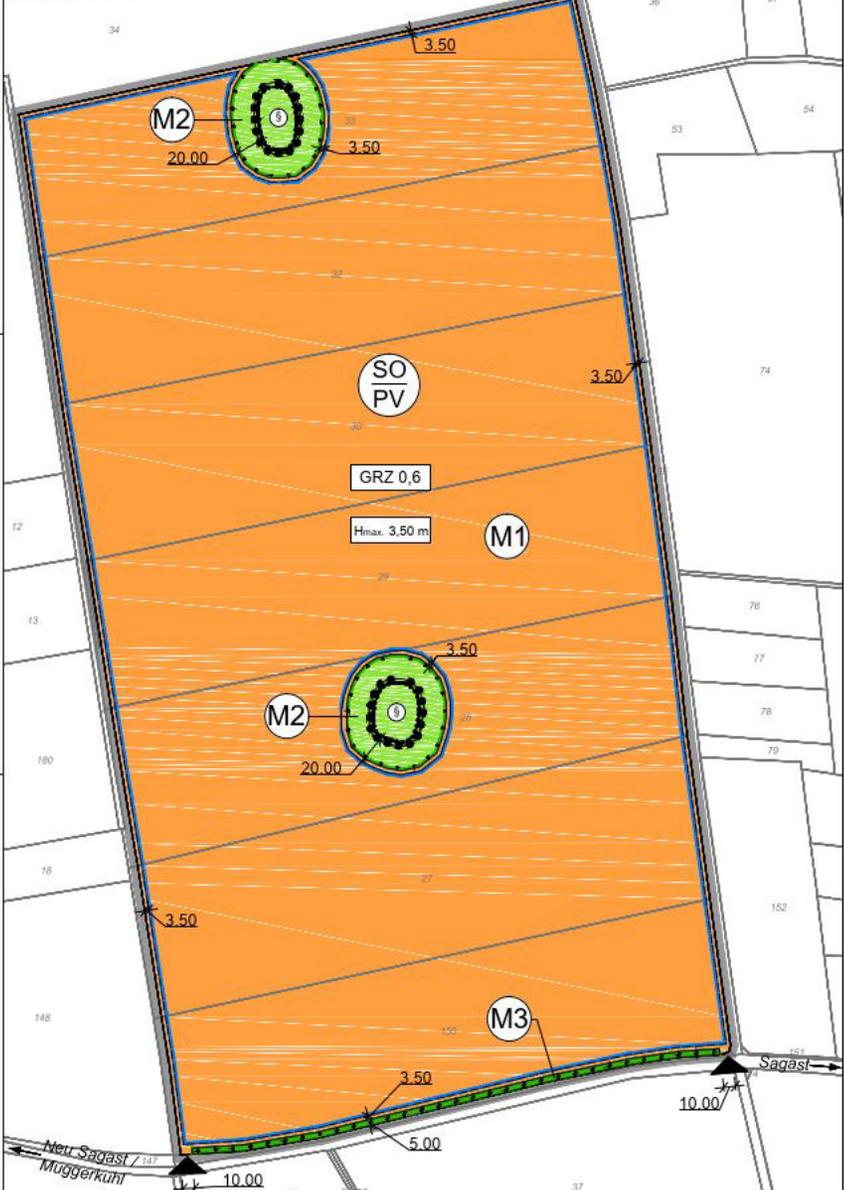
## 6 Schlussbemerkung

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 27.10.2022

  
Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

<sup>11</sup> Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



- 1. ART DER BAULICHEN NUTZUNG**  
§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB
- 2. MAß DER BAULICHEN NUTZUNG**  
§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB
- 3. BAUWEISE, BAULICHEN BAUGRENZEN**  
§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB, § 23 Abs. 1 Nr. 3 BauVO
- 4. VERKEHRSLÄCHEN**  
§ 9 Abs. 1 Nr. 11 BauGB
- 5. GRÜNLÄCHEN**  
§ 9 Abs. 1 Nr. 15 BauGB
- 6. PFLANZEN, NUTZUNGSREGELUNGEN, MASSNAHMEN UND FLÄCHEN FÜR MEHRNUTZUNG ZUM SCHUTZ, ZUR PFLEGE UND ZUR ENTWICKLUNG VON NATUR UND LANDSCHAFT**  
§ 9 Abs. 1 Nr. 20 und 23 BauGB
- 7. SONSTIGE PLANZEICHEN**
- DARSTELLUNGEN OHNE NORMCHARAKTER**
- B-T - TEXTLICHE FESTSETZUNGEN**

**1. ART DER BAULICHEN NUTZUNG**  
Sonniges Sondergebiet (SO-PV) gem. § 11 Abs. 2 BauVO mit der Zweckbestimmung Photovoltaik-Freiflächenanlage

**2. MAß DER BAULICHEN NUTZUNG**  
Maximale Grundflächennutzung gem. § 16 und 19 BauVO  
Maximal zulässige Höhe baulicher Anlagen (PV-Freifläche) gem. § 16 Abs. 3 Nr. 2 BauVO

**3. BAUWEISE, BAULICHEN BAUGRENZEN**  
Baugrenze

**4. VERKEHRSLÄCHEN**  
Ein- und Ausfahrt bzw. Anschluss an parkierende Verkehrsflächen

**5. GRÜNLÄCHEN**  
Grünlücke

**6. PFLANZEN, NUTZUNGSREGELUNGEN, MASSNAHMEN UND FLÄCHEN FÜR MEHRNUTZUNG ZUM SCHUTZ, ZUR PFLEGE UND ZUR ENTWICKLUNG VON NATUR UND LANDSCHAFT**  
Umgrenzung von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft gem. § 9 Abs. 1 Nr. 20 BauGB  
Maßnahmenfläche M1: Entdeckung von extensivem Grünland mit bürgerfreundlichem Pflanzmanagement in den Sonntags Sondergebieten  
Maßnahmenfläche M2: Blühstreifen (20,00 m Breite)  
Maßnahmenfläche M3: Heckenpflanzung (5,00 m Breite)  
Umgrenzung von Flächen für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern  
nach § 20 BauSchG und § 18 BtNatSchG gesetzlich geschütztes Biotop (temporäre Klumpfleisener)

**7. SONSTIGE PLANZEICHEN**  
Grenze des räumlichen Geltungsbereiches des Bebauungsplanes gem. § 9 Abs. 7 BauGB  
Abgrenzung unterschiedlicher Nutzung  
Flurabgrenzung mit Flurstücksbezeichnung

**1. ART DER BAULICHEN NUTZUNG**  
Es wird ein Sonniges Sondergebiet mit der Zweckbestimmung Photovoltaik-Freiflächenanlage (SO-PV) gem. § 11 Abs. 2 BauVO festgelegt. In dem Sonnigen Sondergebiet mit der Zweckbestimmung Photovoltaik-Freiflächenanlage (SO-PV) sind zulässig:  
- das Aufstellen von Solarmodulen sowie das Errichten betriebbedingter Nebenanlagen inklusive Batteriespeicher und Elektrolyseure  
- das Aufstellen von Kamerastellen zur Überwachung der Anlagen  
- der Bau von Nebengebäuden und das Verlegen von Kabeln  
- die Anlage erforderlicher Verkehrsflächen in Teilverbauung und die Errichtung von Systemen für die Lüchterservergung  
- die Errichtung eines Sicherheitszaunes

**2. MAß DER BAULICHEN NUTZUNG**  
Für das Sonnige Sondergebiet mit der Zweckbestimmung Photovoltaik-Freiflächenanlage sind eine maximal zulässige Grundflächennutzung (GRZ) von 0,6 festgelegt. Der Abstand zwischen den Modulen muss mindestens 3,0 Meter betragen.  
Die maximal zulässige bautechnische Höhe der Solarmodule beträgt 3,50 Meter und darf nicht überschritten werden. Erforderliche Nebenanlagen dürfen eine bautechnische Höhe von 4,20 Meter nicht überschreiten. Nebenanlagen können als Kamerastellen zur Überwachung der Photovoltaik-Freiflächenanlage, deren maximal zulässige bautechnische Höhe 5,00 Meter beträgt.  
Bei der Errichtung eines Sicherheitszaunes beträgt dessen maximal zulässige Bauhöhe 2,50 Meter inklusive Überwachungs- und Bollerbremsen ist eine Bollerfreiheit von mind. 15 cm sicherzustellen, im Bollerbereich darf Durchsicht finden.  
Als Bezugsgröße für die Höhenfestsetzungen gelten die im Antriebs Längsprofil festgelegten Geländehöhen des amtlichen Höhenplans DTM99 2016.

**3. VERKEHRSLÄCHEN**  
Erforderliche Erschließungswege im Sonnigen Sondergebiet sind als „Sicherfahrwege“ in Teilverbauung maximal 3,50 Meter breit herzustellen und müssen eine Tragfähigkeit für Fahrzeuge mit 10 Tonnen Achslast gewährleisten.

**4. FLÄCHEN FÜR DIE RÜCKHALTUNG UND VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER**  
In den in den Sonntags Sondergebieten errichtete Niederschlagswehre sind auf den Vegetationsflächen oder in Sickeranlagen auf den Grundflächen selbst zu verankern.

**5. FLÄCHEN UND MASSNAHMEN ZUM SCHUTZ, ZUR PFLEGE UND ZUR ENTWICKLUNG VON BODEN, NATUR UND LANDSCHAFT**  
In den mit M1 gekennzeichneten Flächen zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft ist eine extensive Sondergrünanlage zu errichten und mittels eines bürgerfreundlichen Pflanzmanagements zu pflegen.  
Als Maßnahmenfestsetzung ist mindestens 50 % der mit M1 bezeichneten

**Maßnahmenflächen eine Regen-Saugfächung des Umrangungsgebietes 4 - Ostdeutsches Teilfeld auszurichten.**

**Um Verletzungen der Zugriffsvorteile nach § 44 Abs. 1 BtNatSchG im Zuge der erforderlichen Pflegemaßnahmen für die Antriebsgröße Vögel vorzuverhindern zu können, sind auf der Maßnahmenfläche erforderliche Pflegemaßnahmen grundsätzlich nur außerhalb der Hauptbrutzeit (01.03. - 15.07.) im Zeitraum 18.07. - 28.09.02. eines Folgejahres zulässig. In Abhängigkeit mit der Unteren Naturschutzbehörde des LK, Projekte können abweichende Maßnahmen vereinbart werden, wenn geringfügige Gründe (bspw. vermehrte Auflagen von Jagd- und Antriebsgröße) vorliegen.**

**Im Rahmen der Fertigstellungs- und Entwicklungsphase (1. - 5. Jahr) ist zu jährlich eine Maßnahme außerhalb der Hauptbrutzeit durchzuführen, wobei das anfallende Material zur Ausdehnung des Standortes von der Fläche zu befreien ist.**

**Im Rahmen der sich anschließenden 10-jährigen Entwicklungsphase (6. bis 10. Jahr) nach vorhandener Nährstoffverfügbarkeit im Boden und dem Umfang resultierender Aufwuchs höchstens 10-jährig oder mindestens alle 3 Jahre eine Maßnahme außerhalb der Hauptbrutzeit durchzuführen. Das Material ist von der Fläche zu befreien.**

**Die Maßnahme ist grundsätzlich mindestens 10 cm über Geländebenenniveau statufindend und ist vorzugsweise mit einem Messerabkehrwerk durchzuführen, wobei dem die Verwendung konventioneller Mähwerke nicht ausgeschlossen ist.**

**Auf der Fläche grundsätzlich unzulässig sind das Ausbringen von Pflanzensetzlingen und Düngemitteln. Ausgenommen hiervon ist eine bedarfsweise Gesämlingsaufgabe, Gesämlingsaufgabe ist die Aufkultiv von essbaren Blüten in dem unmittelbaren pflanzlichen (pflanzliche „C“) der vom Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) festgelegt ist, in der Maßnahmenfläche Zonen und teilweise Bodenbearbeitung (durch Walzen und Schoppen) sowie ein Pflanzenschutz unzulässig. Eine Nachsart bei Bedarf ist nur in Abhängigkeit mit der zuständigen Naturschutzbehörde zulässig.**

**Optional kann Pflege anstelle von Mähwerk auch durch Schafweidung erfolgen, wobei je nach Aufwuchs in der Maßnahmenfläche 4-6 Schafe pro Hektar und ein Sommer für eine alternative Pflege durch Beweidung insgesamt ~220 Schafe erforderlich sind.**

**In Zuge der Herstellung der Maßnahmenflächen sowie der anschließenden Bewirtschaftung sind die Vorgaben zur Fertigstellungs-, Entwicklungs- sowie Unterhaltungsphase gem. DIN 18916, 18917 und 18919 zu berücksichtigen.**

**In den mit M2 gekennzeichneten Flächen zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft sind mehrjährige Blühstreifen zu errichten und zu pflegen.**

**Als Maßnahmenfestsetzung ist auf den mit M2 bezeichneten Maßnahmenflächen eine Saatpflanzung auszurichten, die während des ganzen Jahres Sträucher, Deckung und Nahrung sicherstellen für Insekten (insp. als „Blütenweiser“), aber auch Vögel und andere Wildtiere bietet. Bei der Ausbringung von Saatpflanzungen mit „Arten, welche zu erheblichen Risiken des Umrangungsgebietes 4 stammen, ist nach § 40 BtNatSchG eine Ausnahmegenehmigung seitens der zuständigen Unteren Naturschutzbehörde des LK Projekt zu beantragen.**

**Um Verletzungen der Zugriffsvorteile nach § 44 Abs. 1 BtNatSchG im Zuge der erforderlichen Pflegemaßnahmen für die Antriebsgröße Vögel vorzuverhindern zu können, sind auf der Maßnahmenfläche erforderliche Pflegemaßnahmen grundsätzlich nur außerhalb der Hauptbrutzeit (01.03. - 15.07.) im Zeitraum 18.07. - 28.09.02. eines Folgejahres zulässig. In Abhängigkeit mit der Unteren Naturschutzbehörde des LK, Projekte können abweichende Maßnahmen vereinbart werden, wenn geringfügige Gründe (bspw. vermehrte Auflagen von Jagd- und Antriebsgröße) vorliegen.**

**Bei richtiger Zusammenfassung der Saatpflanzung sind während des gesamten Standortenbaus von bis zu 3 Jahren keine Pflegemaßnahmen auf der Fläche erforderlich (bspw. Mäschung, Liebermann (r von Saamen-Zeit).**

**Lediglich im Bedarfsfall (bspw. hoher Unkrautdruck) sowie nur in Abhängigkeit mit der Unteren Naturschutzbehörde des LK, Projekte sind abweichende Pflegemaßnahmen im Form eines ein- bis zweijährigen Mähbetriebes zulässig.**

**Im Herbst vor der Aussaat sind die Maßnahmenflächen nachtraglich von Pflanzensetzlingen (insp. Quercus, Acer) zu befreien.**

**Die Flächen sind mindestens alle 5 Jahre durch Pflanzenschutz mit anschließender Neuaussaat zu pflegen und zu bewirtschaften. Abweichend hiervon kann der Pflanzenschutz früher stattfinden, wenn die Lebensraumfunktion für Insekten nur noch eingeschränkt gegeben ist.**

**In den mit M3 gekennzeichneten Flächen zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft ist eine landschaftsähnliche Pflanzung zu entwickeln und dauerhaft zu pflegen.**

**Innerthalb der Maßnahmenfläche M3 ist eine dreiwertige Hecke aus Gehölzarten und staudenreichen Getreide zu pflanzen.**

**Die Pflanzung der Sträucher erreicht die Maßnahmenfläche M3, erfolgt in einem Pflanz- und Reifebestand von 1,50 m, wobei die Pflanzen mindestens der Qualität 200 ohne Blasen 80-100 cm dreiwertig entsprechen müssen. Darüber hinaus sind in der mittleren Reihe Heister mit einem Abstand von 15,0 Metern zu pflanzen, die mindestens die Pflanzqualität 100-120-200 entsprechen.**

**Der Erlass des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und Klimaschutz vom 02.12.2019 „Verordnung gebührender Gehölze bei der Pflanzung in der freien Landschaft“ ist bei der Pflanzung zu berücksichtigen.**

**Für die Gehölzplantagen sind die Vorgaben zur Fertigstellungs-, Entwicklungs- und Unterhaltungsphase der DIN 18916, 18917 und 18919 beachtlich.**

**2. HINWEISE ZUM DENKMALSCHUTZ**  
Im Geoparl des Brandenburgischen Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum und für die vom Vorhaben beanspruchten Flächen bislang keine Baudenkmale und auch keine Baudenkmale registriert.  
Da ein Vorhandensein von bisher unentdeckten Baudenkmälern nicht ausgeschlossen ist, sind folgende Festlegungen im Gesetz über den Schutz und die Pflege der Denkmale im Land Brandenburg (BbgSchG) - vom 24. Mai 2004 (GVBl. I S. 215) zu beachten:  
Sollten bei den erforderlichen Erdarbeiten Baudenkmalsstrukturen (Steinsetzungen, Verankerungen, Schichten, Knochen, Metallgegenstände etc.) freigelegt werden, ist dies unverzüglich dem Brandenburgischen Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum, Dezernat Baudenkmalschutz (Büro für Platz 4-5, 15088 Zossen, OT Wörnicke (Tel.: 033702 211447, Fax: 033702 211601) oder der Unteren Denkmalschutzbehörde des Landesamts Projekt zu anzeigen.  
Die Fundstelle ist mindestens 1 Woche nach der Anzeige im unveränderten Zustand zu erhalten (§ 11 Abs. 3 BbgSchG). Die entdeckten Funde sind abzurufen (§ 6 § 11 Abs. 4 und § 12 BbgSchG).  
Die Bauaufwendungen sind über diese gesetzlichen Auflagen zu befreien.

**3. HINWEISE ZUM ARTENSCHUTZ**  
Zum Schutz der im Offstrand lebenden Brutvögel sind alle bevorstehenden Maßnahmen sowie Baumaßnahmen zur Errichtung der PV-Freiflächenanlage ausschließlich im Zeitraum vom 01.09. bis 28.09.02. eines Folgejahres zulässig.  
Baumaßnahmen auf der Vorhabenfläche, die vor Beginn der Brutzeit begonnen werden können, sofern eine Umkehrung fortgesetzt werden, in der Brutzeit beendeten werden. Eine mögliche Unterbrechung der Baumaßnahme darf höchstens 7 Tage betragen.  
Baumaßnahmen können auch in der Brutzeit stattfinden, wenn vor Beginn der Brutzeit (01.03.) in den Baubereichen eine Vegetierung durch die Anlage und Erhaltung von Schersträuchern erfolgt. Die Schersträucher müssen spätestens bis zum 28.09.02. eines Jahres zurückgebildet sein und bis zum Beginn der Baumaßnahmen bis zum Ende der Brutzeit (31.05.) aufrechterhalten werden.  
Die Maßnahmen sind durch eine ökologische Begleitplanung zu befreien und mit der zuständigen Unteren Naturschutzbehörde des LK Projekt im Detail abzustimmen.

**4. HINWEISE ZUM GEWÄSSERSCHUTZ**  
Die erforderlichen Teilsanierungen sind entsprechend den Anforderungen des § 62 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) i.V.m. den §§ 17, 18 und 24 der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AWStV) zu errichten und zu betreiben.  
Die Teilsanierungen sind auf einer Hauptabwasserkanalzone Fläche herzustellen. Sie müssen dauerhaft bündig gegenüber den zu erwartenden Belastungen (chemisch, thermisch und mechanisch) sein.

**5. HINWEISE ZUR UMWELTBEWACHUNG**  
Mit negativen Umweltauswirkungen durch das Vorhaben ist zu rechnen, wenn die festgelegten Maßnahmen nicht eingehalten werden. Daher ist eine Kontrolle der Ist- und abzugewiesenen Durchführung der beschriebenen Maßnahmen notwendig.  
Für die geplanten Pflegemaßnahmen wird eine Pflege zur Fertigstellung gem. DIN 18916 festgelegt. Im Anschluss an eine Entwicklungs- und Unterhaltungsphase gem. DIN 18917 und 18919 für die Dauer von 4 Jahren durchzuführen. Somit kann ein sicheres Anwachsen und eine kräftige Entwicklung gewährleistet werden.  
Darüber hinaus ist die Umsetzung des Pflegemaßnahmen so zu gestalten, dass einzelne Maßnahmen regelmäßig zu überprüfen und das angebotene Entwicklungspotenzial auf Erfolg zu überprüfen.  
Im Rahmen einer naturschutzrechtlichen Begleitung des geplanten Vorhabens sind durch entsprechende leistungsfähige Personelle Funktionskonzepte bezüglich der geplanten Maßnahmen durchzuführen.

**RECHTSGRUNDLAGEN:**

- BauGB: Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 2017 (BGBl. I S. 3634), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 28. April 2022 (BGBl. I S. 674) geändert worden ist.
- BauVO: Bauordnungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3788), die durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist.
- PlanZV: Planzeichenverordnung vom 16. Dezember 1990 (BGBl. 1991 I S. 58), die zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist.
- BtNatSchG: Gesetz über Naturchutz und die Landschaftspflege - Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juni 2009 (BGBl. I S. 2942), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 16. August 2021 (BGBl. I S. 3068) geändert worden ist.
- BbgSchG: Brandenburgische Bauordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. November 2018 (GVBl. III Nr. 38), zuletzt geändert durch Gesetz vom 9. Februar 2021 (GVBl. III, Nr. 3).

Landkreis Prignitz  
Stadt Putz, Ortsteil Sagast  
Bebauungsplan "Sollpark Sagast"  
Vorentwurf § 3 Abs. 1 BauGB und § 4 Abs. 1 BauGB

Stand: Juni 2022 M 12 500

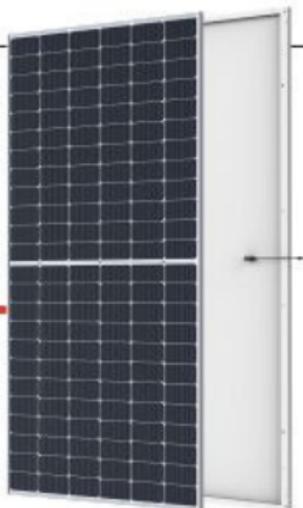
Stark für Stadt- und Regionalplanung

Stark für Stadt- und Regionalplanung

Stark für Stadt- und Regionalplanung

# THE TALLMAX<sup>M</sup>

## FRAMED 144 LAYOUT MODULE



### 144 LAYOUT MONOCRYSTALLINE MODULE

### 440-465W POWER OUTPUT RANGE

### 21.3% MAXIMUM EFFICIENCY

### 0~+5W POSITIVE POWER TOLERANCE

Founded in 1987, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong sustainable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

#### Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/ISO9001/ISO14001/ISO45001  
 ISO 9001: Quality Management System  
 ISO 14001: Environmental Management System  
 ISO 14084: Greenhouse Gases Emissions Verification  
 ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System



PRODUCTS	POWER RANGE
TSM-D617M(R)	440-465W



#### High power

- Up to 465W front power and 21.3% module efficiency with half-cut and MBB (Multi Busbar) technology bringing more BOS savings
- Lower resistance of half-cut and good reflection effect of MBB ensure high power



#### High reliability

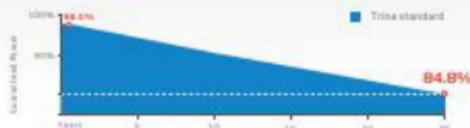
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to salt, acid and ammonia
- Mechanical performance: Up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



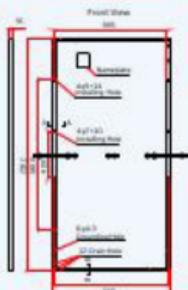
#### High energy generation

- Excellent IAM and low light performance validated by 3rd party with cell process and module material optimization
- Better anti-shading performance and lower operating temperature

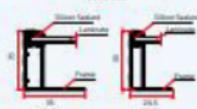
#### PERFORMANCE WARRANTY



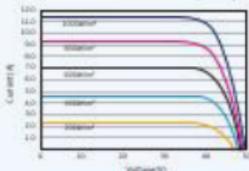
## DIMENSIONS OF PV MODULE (mm)



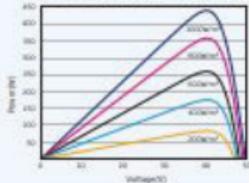
## Back View



## I-V CURVES OF PV MODULE(445W)



## P-V CURVES OF PV MODULE(445W)



## ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P <sub>max</sub> (W) <sup>*</sup>	440	445	450	455	460	465
Power Tolerance-P <sub>max</sub> (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage-V <sub>mp</sub> (V)	40.7	40.8	41.0	41.2	41.3	41.8
Maximum Power Current-I <sub>mp</sub> (A)	10.82	10.90	10.98	11.06	11.13	11.14
Open Circuit Voltage-V <sub>oc</sub> (V)	49.2	49.4	49.6	49.8	50.0	50.0
Short Circuit Current-I <sub>sc</sub> (A)	11.39	11.46	11.53	11.61	11.68	11.69
Module Efficiency η <sub>m</sub> (%)	20.1	20.4	20.6	20.8	21.0	21.3

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5<sup>\*</sup>Measuring tolerance: ±0.5%

## ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power-P <sub>max</sub> (W)	332	336	340	344	347	351
Maximum Power Voltage-V <sub>mp</sub> (V)	38.4	38.5	38.7	38.9	39.1	39.4
Maximum Power Current-I <sub>mp</sub> (A)	8.66	8.71	8.77	8.84	8.89	8.90
Open Circuit Voltage-V <sub>oc</sub> (V)	46.3	46.5	46.6	46.9	47.0	47.0
Short Circuit Current-I <sub>sc</sub> (A)	9.18	9.24	9.29	9.36	9.41	9.42

NOCT: Irradiance of 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 25°C, Wind Speed 1m/s.

## MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2102 × 1040 × 35 mm (82.76 × 40.94 × 1.38 inches)
Weight	24.0 kg (52.9lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA/POE
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminum Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.206 inches <sup>2</sup> ), Portrait: N 280mm/P 280mm(11.02/11.02inches) Landscape: N 1400mm/P 1400mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2 / TS4 <sup>*</sup>

<sup>\*</sup>Please refer to original datasheet for specified connector.

## TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub>	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>	0.04%/°C

(Do not connect Power to Combiner Box with less or more strings, to parallel connection)

## MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85 °C
Maximum System Voltage	1000V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

## WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

## PACKAGING CONFIGURATION

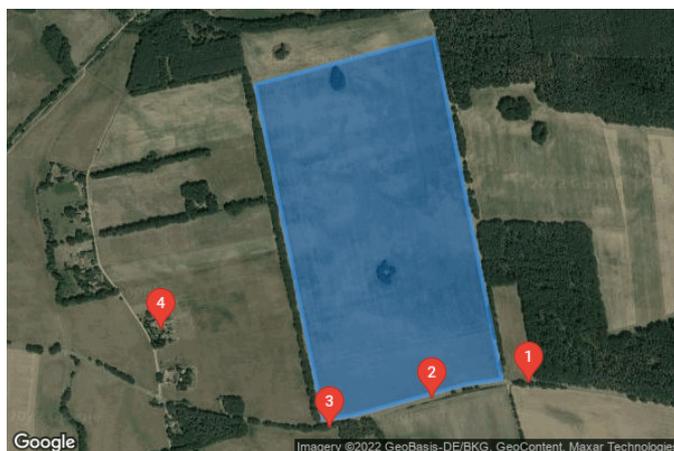
Modules per box: 32 pieces
Modules per 40' container: 582 pieces

# Sagast

## Sagast

**Created** Oct. 27, 2022  
**Updated** Oct. 27, 2022  
**Time-step** 1 minute  
**Timezone offset** UTC+1  
**Site ID** 78392.13895

**Project type** Advanced  
**Project status:** active  
**Category** 10 MW to 100 MW



### Misc. Analysis Settings

**DNI:** varies (1,000.0 W/m<sup>2</sup> peak)  
 Ocular transmission coefficient: **0.5**  
 Pupil diameter: **0.002 m**  
 Eye focal length: **0.017 m**  
 Sun subtended angle: **9.3 mrad**

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	20.0	180.0	3,431	8,087	-

## Component Data

### PV Array(s)

Total PV footprint area: 412,247 m<sup>2</sup>

**Name:** PV Field

**Footprint area:** 412,247 m<sup>2</sup>

**Axis tracking:** Fixed (no rotation)

**Tilt:** 20.0 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	53.265487	11.932442	75.82	2.00	77.82
2	53.265371	11.931047	76.50	2.00	78.50
3	53.264659	11.926766	76.72	2.00	78.72
4	53.264563	11.925629	74.68	2.00	76.68
5	53.272263	11.923011	91.35	2.00	93.35
6	53.273353	11.929856	92.63	2.00	94.63

### Discrete Observation Receptors

Number	Latitude	Longitude	Ground elevation	Height above ground	Total Elevation
	deg	deg	m	m	m
OP 1	53.265397	11.933472	74.04	2.00	76.04
OP 2	53.265031	11.929759	75.71	2.00	77.71
OP 3	53.264377	11.925876	74.80	2.00	76.80
OP 4	53.266623	11.919417	74.21	2.00	76.21

## 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	20.0	180.0	3,431	8,087	-	

### 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 (green)	0	0	186	310	307	224	267	362	281	0	0	0
pv-feld (yellow)	0	0	200	1002	1292	1336	1328	1164	480	0	0	0

## PV & Receptor Analysis Results

*Results for each PV array and receptor*

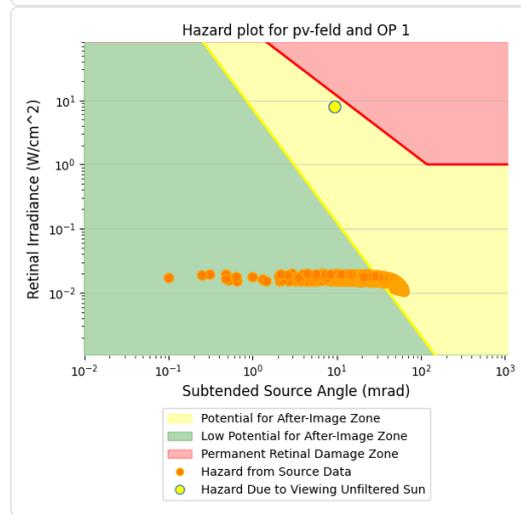
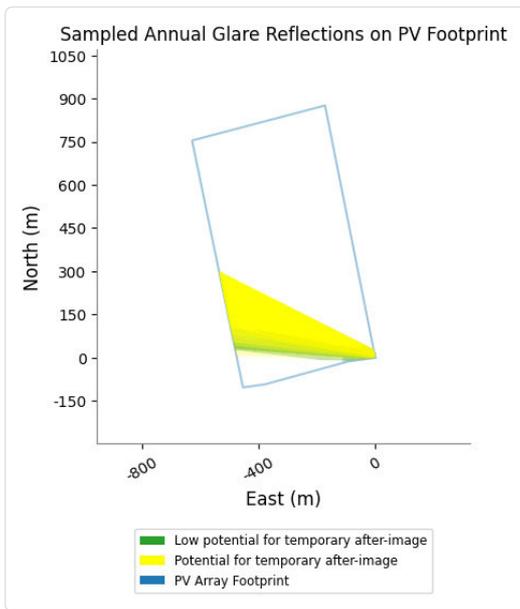
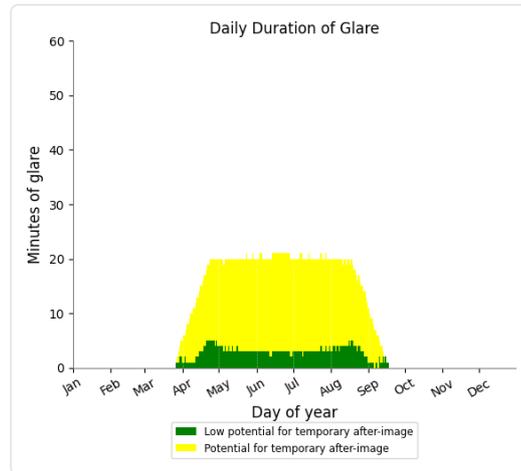
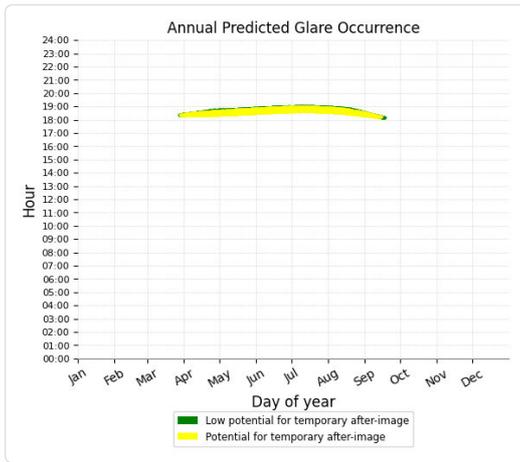
### PV Feld potential temporary after-image

Component	Green glare (min)	Yellow glare (min)
OP: OP 1	506	2447
OP: OP 2	1271	3540
OP: OP 3	592	554
OP: OP 4	1062	1546

### PV Feld - OP Receptor (OP 1)

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

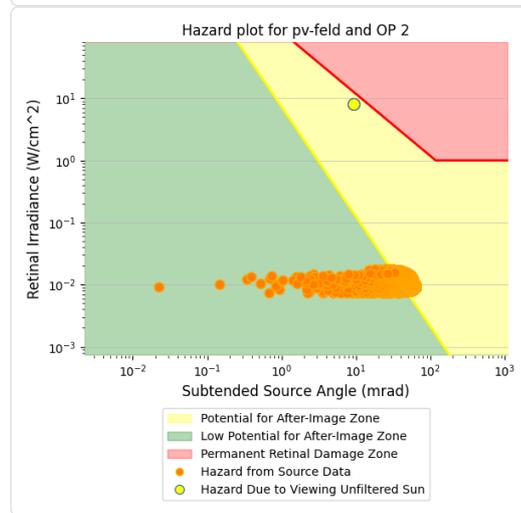
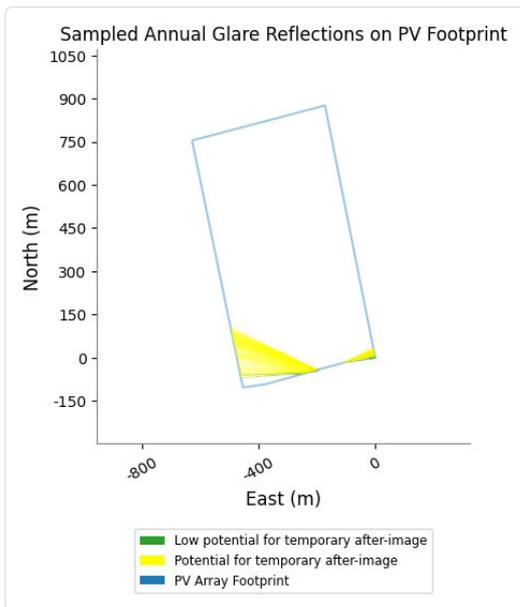
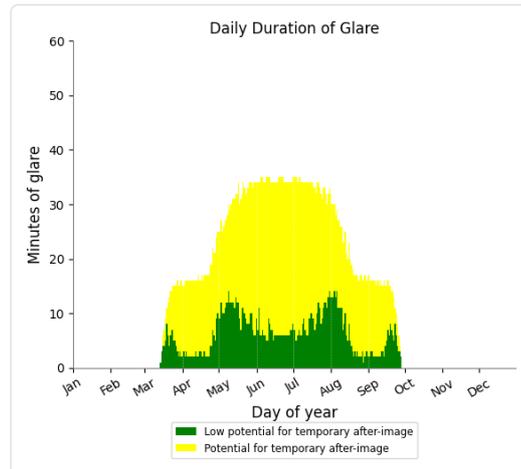
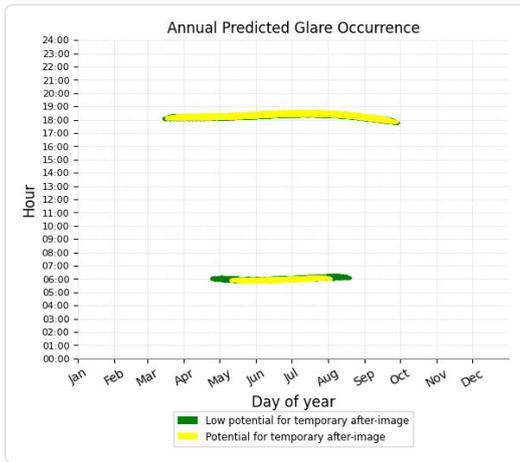
- 506 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,447 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



### PV Feld - OP Receptor (OP 2)

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

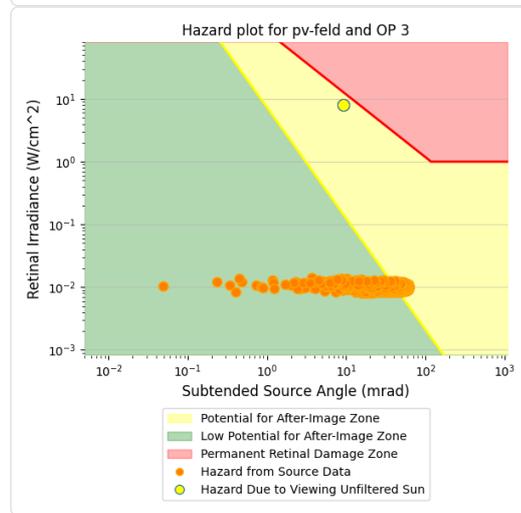
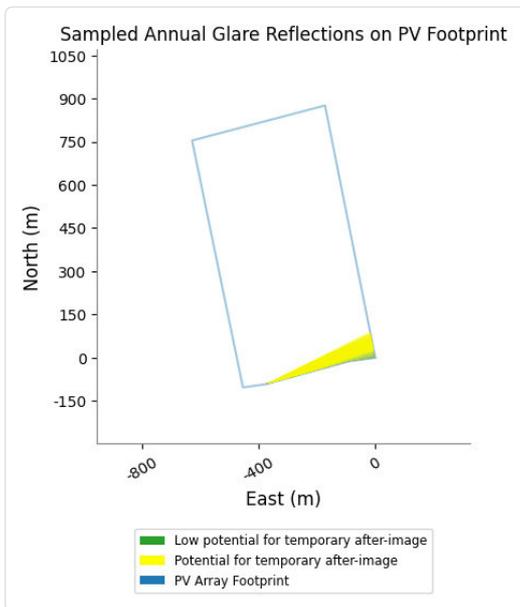
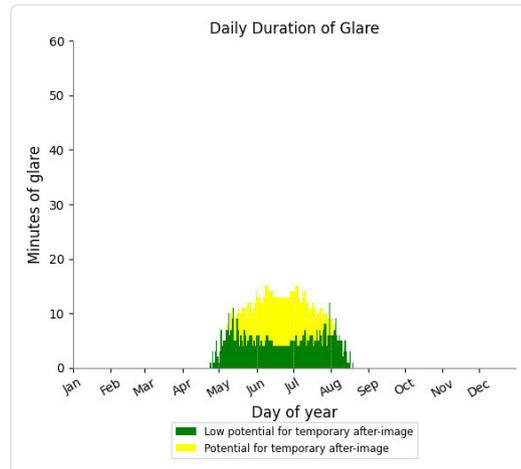
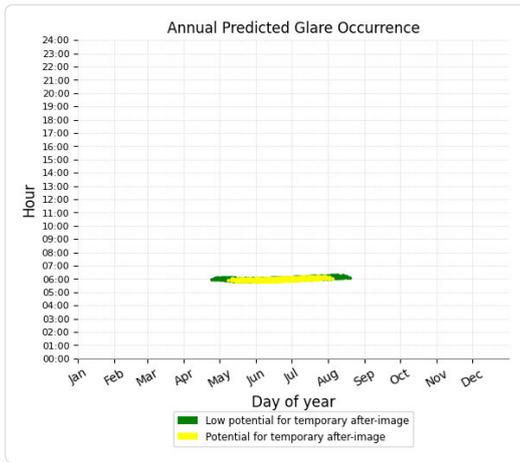
- 1,271 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,540 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



### PV Feld - OP Receptor (OP 3)

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

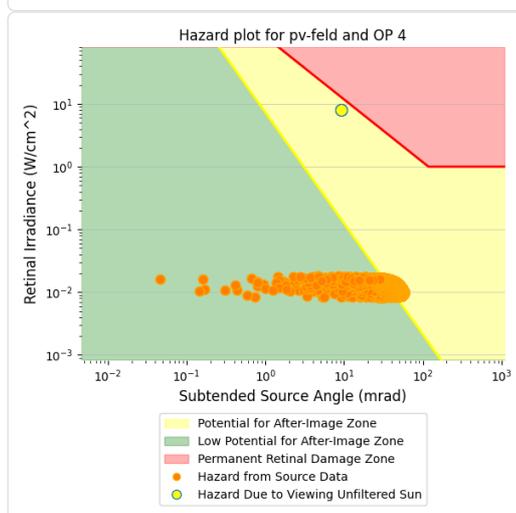
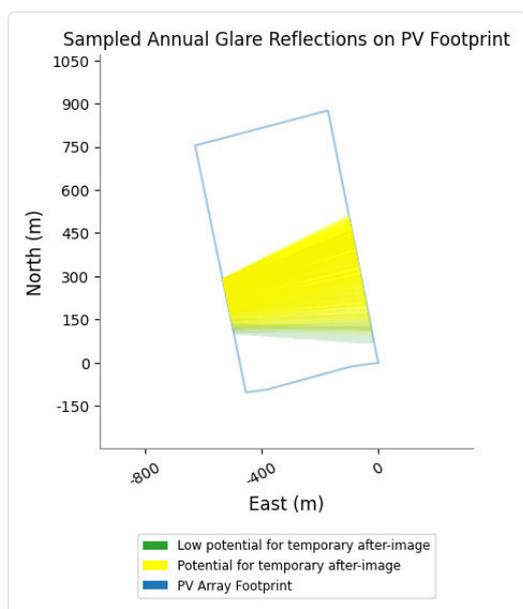
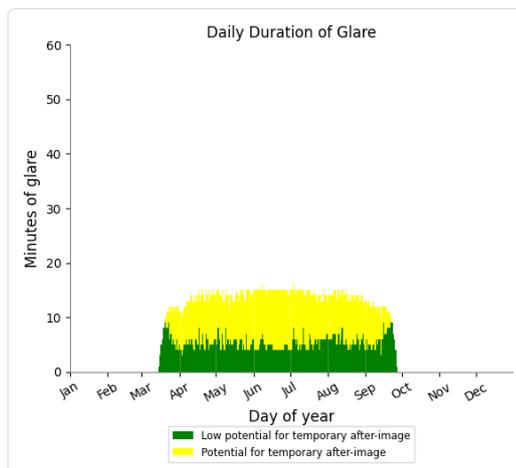
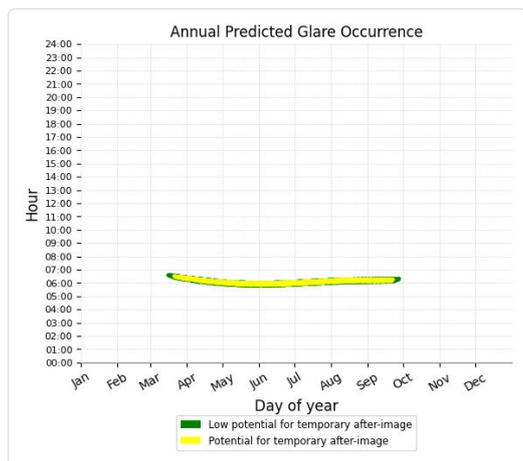
- 592 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 554 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld - OP Receptor (OP 4)

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

- 1,062 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 1,546 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## 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 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.



	Corneal Irradiance [W/m²]	DNI [W/m²]	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Seite
2022-03-14 18:05:00	0,007874	538,3118	1	0,493854	0,015078	0,017949	0,1	264,5	-0,995	-0,096	0,002	0,995	0,073	0,063	13. Apr.
2022-03-15 18:04:00	0,007351	544,9701	1	0,482525	0,014915	0,012008	0,4	264,7	-0,996	-0,092	0,007	0,996	0,066	0,065	14. Apr.
2022-03-15 18:05:00	0,008587	542,5304	1	0,493206	0,015177	0,025993	0,3	264,9	-0,996	-0,089	0,005	0,996	0,065	0,061	15. Apr.
2022-03-16 18:06:00	0,009244	540,0862	1	0,504125	0,015443	0,031345	0,1	265,1	-0,996	-0,085	0,002	0,996	0,064	0,057	16. Apr.
2022-03-16 18:04:00	0,006659	551,4728	1	0,471437	0,014746	0,020261	0,7	264,9	-0,996	-0,088	0,013	0,996	0,059	0,067	17. Apr.
2022-03-16 18:05:00	0,008304	549,0665	1	0,481877	0,015007	0,023746	0,6	265,1	-0,996	-0,085	0,01	0,996	0,058	0,062	18. Apr.
2022-03-16 18:06:00	0,009036	546,6556	1	0,492551	0,015272	0,030244	0,5	265,3	-0,997	-0,081	0,008	0,997	0,057	0,058	19. Apr.
2022-03-16 18:07:00	0,009502	544,2402	2	0,503463	0,015541	0,033343	0,3	265,5	-0,997	-0,078	0,005	0,997	0,056	0,054	20. Apr.
2022-03-16 18:08:00	0,009105	541,8203	1	0,514618	0,015815	0,027614	0,2	265,7	-0,997	-0,074	0,003	0,997	0,055	0,05	21. Apr.
2022-03-16 18:09:00	0,009916	539,3959	2	0,526023	0,016093	0,034066	0	266	-0,998	-0,071	0	0,998	0,054	0,045	22. Apr.
2022-03-17 18:05:00	0,007824	553,1043	1	0,470794	0,014769	0,019399	0,9	265,4	-0,997	-0,08	0,016	0,997	0,051	0,064	23. Apr.
2022-03-17 18:06:00	0,008841	550,7149	1	0,481226	0,015031	0,029678	0,8	265,6	-0,997	-0,077	0,014	0,997	0,05	0,06	24. Apr.
2022-03-17 18:07:00	0,009407	548,321	2	0,491891	0,015298	0,033877	0,6	265,8	-0,997	-0,073	0,011	0,997	0,049	0,056	25. Apr.
2022-03-17 18:08:00	0,0086	545,9226	1	0,502795	0,015568	0,023578	0,5	266	-0,998	-0,07	0,008	0,998	0,048	0,051	26. Apr.
2022-03-17 18:09:00	0,009735	543,5197	2	0,513942	0,015844	0,033806	0,3	266,2	-0,998	-0,066	0,006	0,998	0,047	0,047	27. Apr.
2022-03-17 18:10:00	0,009688	541,1123	1	0,525337	0,016123	0,031709	0,2	266,4	-0,998	-0,063	0,003	0,998	0,046	0,043	28. Apr.
2022-03-17 18:11:00	0,010092	538,7005	2	0,536987	0,016407	0,033911	0	266,6	-0,998	-0,059	0	0,998	0,045	0,039	29. Apr.
2022-03-18 18:05:00	0,00726	557,0726	1	0,459953	0,014533	0,013408	1,2	265,6	-0,997	-0,076	0,022	0,997	0,044	0,066	30. Apr.
2022-03-18 18:06:00	0,008549	554,7044	1	0,470149	0,014792	0,027992	1,1	265,8	-0,997	-0,073	0,019	0,997	0,043	0,061	1. Mai.
2022-03-18 18:07:00	0,009232	552,3316	2	0,480573	0,015055	0,033617	0,9	266	-0,997	-0,069	0,017	0,997	0,042	0,057	2. Mai.
2022-03-18 18:08:00	0,009614	549,9544	2	0,491229	0,015323	0,035758	0,8	266,2	-0,998	-0,066	0,014	0,998	0,041	0,053	3. Mai.
2022-03-18 18:09:00	0,009357	547,5727	1	0,502124	0,015595	0,031574	0,6	266,4	-0,998	-0,062	0,011	0,998	0,04	0,049	4. Mai.
2022-03-18 18:10:00	0,010029	545,1865	2	0,513261	0,015871	0,036415	0,5	266,6	-0,998	-0,059	0,009	0,998	0,039	0,044	5. Mai.
2022-03-18 18:11:00	0,010032	542,796	2	0,524647	0,016152	0,034816	0,4	266,8	-0,998	-0,055	0,006	0,998	0,038	0,04	6. Mai.
2022-03-18 18:12:00	0,009688	540,401	1	0,536287	0,016437	0,029871	0,2	267	-0,999	-0,052	0,004	0,999	0,037	0,036	7. Mai.
2022-03-18 18:13:00	0,009833	538,0016	1	0,548186	0,016728	0,029618	1,1	267,2	-0,999	-0,048	0,001	0,999	0,036	0,032	8. Mai.
2022-03-19 18:04:00	0,006586	563,3165	1	0,449354	0,014357	0,004373	1,6	265,9	-0,997	-0,072	0,027	0,997	0,038	0,067	9. Mai.
2022-03-19 18:05:00	0,008208	560,9736	1	0,459318	0,014614	0,02521	1,4	266,1	-0,997	-0,069	0,025	0,997	0,037	0,063	10. Mai.
2022-03-19 18:06:00	0,00905	558,6262	1	0,469506	0,014876	0,032876	1,3	266,3	-0,998	-0,065	0,022	0,998	0,036	0,059	11. Mai.
2022-03-19 18:07:00	0,009484	556,2744	2	0,47992	0,015142	0,035589	1,1	266,5	-0,998	-0,062	0,02	0,998	0,035	0,055	12. Mai.
2022-03-19 18:08:00	0,009082	553,918	1	0,490567	0,015412	0,02985	1	266,7	-0,998	-0,058	0,017	0,998	0,034	0,05	13. Mai.
2022-03-19 18:09:00	0,009943	551,5572	2	0,501451	0,015687	0,036695	0,8	266,9	-0,998	-0,055	0,014	0,998	0,033	0,046	14. Mai.
2022-03-19 18:10:00	0,009597	549,192	1	0,512578	0,015966	0,03174	0,7	267,1	-0,999	-0,051	0,012	0,999	0,032	0,042	15. Mai.
2022-03-19 18:11:00	0,010271	546,8224	2	0,523953	0,01625	0,036431	0,5	267,3	-0,999	-0,048	0,009	0,999	0,031	0,038	16. Mai.
2022-03-19 18:12:00	0,009718	544,4484	1	0,535582	0,016539	0,029581	0,4	267,5	-0,999	-0,044	0,007	0,999	0,03	0,033	17. Mai.
2022-03-19 18:13:00	0,009717	542,0701	1	0,54747	0,016832	0,027879	0,2	267,7	-0,999	-0,041	0,004	0,999	0,029	0,029	18. Mai.
2022-03-19 18:14:00	0,009996	539,6873	1	0,559623	0,01713	0,028912	1,1	267,9	-0,999	-0,037	0,001	0,999	0,028	0,025	19. Mai.
2022-03-20 18:05:00	0,007717	564,8096	1	0,448732	0,014375	0,020737	1,7	266,3	-0,997	-0,064	0,03	0,997	0,03	0,065	20. Mai.
2022-03-20 18:06:00	0,008714	562,4828	1	0,458688	0,014634	0,030853	1,6	266,5	-0,998	-0,061	0,028	0,998	0,029	0,06	21. Mai.
2022-03-20 18:07:00	0,009386	560,1515	2	0,468865	0,014896	0,036141	1,4	266,7	-0,998	-0,057	0,025	0,998	0,028	0,056	22. Mai.
2022-03-20 18:08:00	0,009355	557,8158	2	0,47927	0,015163	0,034193	1,3	266,9	-0,998	-0,054	0,023	0,998	0,027	0,052	23. Mai.
2022-03-20 18:09:00	0,009835	555,4756	2	0,489906	0,015435	0,037182	1,1	267,1	-0,999	-0,05	0,02	0,999	0,026	0,048	24. Mai.
2022-03-20 18:10:00	0,009383	553,1311	1	0,50078	0,015711	0,031135	1	267,3	-0,999	-0,047	0,017	0,999	0,025	0,043	25. Mai.
2022-03-20 18:11:00	0,009971	550,7822	2	0,511896	0,015991	0,035174	0,8	267,5	-0,999	-0,043	0,015	0,999	0,024	0,039	26. Mai.
2022-03-20 18:12:00	0,009574	548,4289	1	0,523259	0,016276	0,029681	0,7	267,7	-0,999	-0,04	0,012	0,999	0,023	0,035	27. Mai.
2022-03-20 18:13:00	0,010293	546,0712	2	0,534876	0,016566	0,034849	0,5	267,9	-0,999	-0,036	0,01	0,999	0,022	0,031	28. Mai.
2022-03-20 18:14:00	0,009726	543,7092	1	0,546752	0,016861	0,027809	0,4	268,1	-0,999	-0,033	0,007	0,999	0,021	0,026	29. Mai.
2022-03-20 18:15:00	0,010278	541,3429	2	0,558892	0,01716	0,031405	0,3	268,3	-1	-0,029	0,004	1	0,02	0,022	30. Mai.
2022-03-20 18:16:00	0,008879	538,9723	1	0,571303	0,017464	0,015214	0,1	268,5	-1	-0,026	0,002	1	0,019	0,018	31. Mai.

Anzahl		Minuten		Minuten im		Messpunkt OP 2	
Tag	Minuten	Erste Zeit	Letzte Zeit	Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	
13. Apr.	1	18:07	18:07	16. Apr.	2794	05:50	18:38
14. Apr.	3	18:06	18:08	17. Apr.			
15. Apr.	4	18:07	18:10	18. Apr.			
16. Apr.	6	18:07	18:12	19. Apr.			
17. Apr.	8	18:06	18:13	20. Apr.			
18. Apr.	9	18:07	18:15	21. Apr.			
19. Apr.	10	18:07	18:16	22. Apr.			
20. Apr.	12	18:07	18:18	23. Apr.			
21. Apr.	14	18:07	18:20	24. Apr.			
22. Apr.	15	18:07	18:21	25. Apr.			
23. Apr.	15	18:07	18:21	26. Apr.			
24. Apr.	15	18:07	18:21	27. Apr.			
25. Apr.	15	18:08	18:22	28. Apr.			
26. Apr.	15	18:08	18:22	29. Apr.			
27. Apr.	15	18:07	18:21	30. Apr.			
28. Apr.	16	18:07	18:22	1. Mai.			
29. Apr.	15	18:08	18:22	2. Mai.			
30. Apr.	15	18:08	18:22	3. Mai.			
1. Mai.	16	18:08	18:23	4. Mai.			
2. Mai.	16	18:08	18:23	5. Mai.			
3. Mai.	15	18:09	18:23	6. Mai.			
4. Mai.	15	18:08	18:22	7. Mai.			
5. Mai.	16	18:08	18:23	8. Mai.			
6. Mai.	16	18:08	18:23	9. Mai.			
7. Mai.	15	18:09	18:23	10. Mai.			
8. Mai.	16	18:09	18:24	11. Mai.			
9. Mai.	16	18:09	18:24	12. Mai.			
10. Mai.	17	05:53	18:24	13. Mai.			
11. Mai.	18	05:52	18:24	14. Mai.			
12. Mai.	19	05:52	18:25	15. Mai.			
13. Mai.	19	05:52	18:25	16. Mai.			
14. Mai.	20	05:52	18:25	17. Mai.			
15. Mai.	20	05:51	18:26	18. Mai.			
16. Mai.	22	05:51	18:26	19. Mai.			
17. Mai.	21	05:51	18:26	20. Mai.			
18. Mai.	21	05:51	18:26	21. Mai.			
19. Mai.	24	05:50	18:26	22. Mai.			
20. Mai.	21	05:50	18:27	23. Mai.			
21. Mai.	23	05:50	18:27	24. Mai.			
22. Mai.	23	05:50	18:27	25. Mai.			
23. Mai.	22	05:50	18:27	26. Mai.			

Date	Corneal Irradiance (W/m²)	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	S <sub>e</sub> [°]	Tag				Minuten		Minuten im Zeitraum		Erste Zeit		Letzte Zeit		Messpunkt OP 3
																	Minuten	Anzahl	Anfang	Ende	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	pro Tag	Zeitraum	Erste Zeit	Letzte Zeit	Zeitraum Start	Zeitraum Ende	
2022-04-24 05:59:00	0,006408	648,0483	1	0,382394	0,014055	0,0037	8,3	80	0,975	0,172	0,144	-0,975	-0,224	0	8. Mai	1	05:53	05:53	18. Mai	18. Mai	6	6	05:50	06:00					
2022-04-26 05:58:00	0,006746	653,0306	1	0,375872	0,013922	0,010223	8,7	79,4	0,972	0,182	0,151	-0,972	-0,236	-0,001	11. Mai	3	05:52	06:01	20. Mai	21. Mai	6	11	05:50	06:02					
2022-04-26 06:02:00	0,00606	659,9988	1	0,344983	0,012914	0,006815	9,3	80,6	0,972	0,168	0,161	-0,972	-0,232	0,016	12. Mai	2	05:55	06:01	25. Mai	27. Mai	5	15	05:52	06:02					
2022-04-26 06:03:00	0,005902	661,732	1	0,337657	0,012673	0,005993	9,4	80,4	0,973	0,165	0,164	-0,973	-0,232	0,02	14. Mai	4	05:51	05:55	29. Mai	14. Juli	11	375	05:50	06:09					
2022-04-27 06:01:00	0,005991	661,5097	1	0,338528	0,012701	0,007355	9,5	80	0,971	0,171	0,166	-0,971	-0,238	0,017	15. Mai	4	05:51	06:00	16. Juli	19. Juli	8	25	05:58	06:11					
2022-04-28 05:58:00	0,006746	659,5557	1	0,354303	0,013254	0,015326	9,4	79,2	0,969	0,185	0,163	-0,969	-0,246	0,006	16. Mai	1	06:00	06:00	22. Juli	22. Juli	5	5	05:59	06:09					
2022-04-28 06:00:00	0,006354	662,9888	1	0,339465	0,012765	0,013027	9,7	79,6	0,97	0,178	0,168	-0,97	-0,244	0,014	17. Mai	4	05:50	06:00	24. Juli	25. Juli	5	10	06:00	06:12					
2022-04-28 06:04:00	0,005368	669,8134	1	0,311585	0,011837	0,003108	10,3	80,4	0,97	0,165	0,178	-0,97	-0,24	0,031	18. Mai	6	05:50	06:00	29. Juli	29. Juli	6	6	06:01	06:12					
2022-04-29 06:00:00	0,006397	666,1371	1	0,33327	0,012592	0,015142	9,9	79,4	0,968	0,181	0,172	-0,968	-0,25	0,015	19. Mai	4	05:53	06:02											
2022-04-29 06:01:00	0,005696	667,8343	1	0,326219	0,012357	0,004898	10,1	79,6	0,968	0,178	0,175	-0,968	-0,249	0,02	20. Mai	5	05:50	06:02											
2022-04-29 06:03:00	0,005753	671,2183	1	0,31255	0,011899	0,009998	10,4	80	0,969	0,171	0,18	-0,969	-0,247	0,028	21. Mai	6	05:50	06:02											
2022-04-29 06:04:00	0,005511	672,9051	1	0,305927	0,011676	0,007426	10,5	80,2	0,969	0,168	0,182	-0,969	-0,246	0,032	22. Mai	3	05:53	05:59											
2022-04-29 06:05:00	0,005457	674,5884	1	0,299441	0,011457	0,008401	10,7	80,4	0,969	0,164	0,185	-0,969	-0,245	0,036	23. Mai	4	05:52	05:59											
2022-04-30 05:59:00	0,006715	667,543	1	0,334333	0,012658	0,019543	10	79	0,967	0,188	0,174	-0,967	-0,256	0,013	24. Mai	4	05:52	06:01											
2022-04-30 06:05:00	0,005519	677,6111	1	0,294086	0,011303	0,011018	10,9	80,2	0,968	0,168	0,189	-0,968	-0,25	0,037	25. Mai	5	05:52	06:01											
2022-05-01 05:57:00	0,005777	667,2384	1	0,342688	0,012969	0,001159	10	78,4	0,965	0,198	0,173	-0,965	-0,263	0,006	26. Mai	5	05:52	06:01											
2022-05-02 05:59:00	0,005566	673,5913	1	0,322643	0,012327	0,01995	10,5	78,6	0,964	0,194	0,183	-0,964	-0,266	0,015	27. Mai	5	05:53	06:02											
2022-05-02 06:00:00	0,005687	675,2505	1	0,315844	0,012096	0,007016	10,7	78,8	0,964	0,191	0,185	-0,964	-0,265	0,019	28. Mai	3	05:53	05:59											
2022-05-02 06:06:00	0,004792	685,1338	1	0,277881	0,010798	0,000736	11,5	80	0,965	0,17	0,2	-0,965	-0,259	0,044	29. Mai	5	05:51	05:59											
2022-05-03 05:56:00	0,007596	671,5772	1	0,337952	0,012873	0,029983	10,3	77,8	0,962	0,207	0,179	-0,962	-0,274	0,004	30. Mai	5	05:51	06:01											
2022-05-03 05:58:00	0,005992	674,8857	1	0,323894	0,012398	0,009935	10,6	78,2	0,962	0,2	0,184	-0,962	-0,272	0,012	31. Mai	6	05:52	06:01											
2022-05-03 06:02:00	0,005939	681,4619	1	0,297463	0,011497	0,01684	11,2	79	0,963	0,187	0,194	-0,963	-0,268	0,029	1. Jun.	6	05:52	06:01											
2022-05-03 06:03:00	0,005236	683,0974	1	0,291191	0,011282	0,005628	11,3	79,2	0,963	0,184	0,197	-0,963	-0,267	0,033	2. Jun.	5	05:52	06:01											
2022-05-03 06:04:00	0,005917	684,7296	1	0,285047	0,01107	0,020309	11,5	79,4	0,963	0,18	0,199	-0,963	-0,266	0,037	3. Jun.	6	05:50	06:02											
2022-05-03 06:06:00	0,005147	687,9835	1	0,273135	0,010658	0,009868	11,8	79,8	0,963	0,173	0,204	-0,963	-0,264	0,045	4. Jun.	8	05:50	06:02											
2022-05-03 06:07:00	0,004996	689,6054	1	0,267363	0,010457	0,008728	11,9	80	0,963	0,17	0,207	-0,963	-0,263	0,049	5. Jun.	6	05:50	05:59											
2022-05-04 05:58:00	0,007115	677,7898	1	0,311698	0,011983	0,030574	11	78,2	0,961	0,2	0,191	-0,961	-0,276	0,018	6. Jun.	7	05:50	06:01											
2022-05-04 06:01:00	0,005556	682,6872	1	0,292436	0,011323	0,011529	11,4	78,8	0,962	0,19	0,198	-0,962	-0,273	0,03	7. Jun.	7	05:50	06:01											
2022-05-04 06:03:00	0,005189	685,9353	1	0,280243	0,010903	0,008306	11,7	79,2	0,962	0,183	0,203	-0,962	-0,271	0,038	8. Jun.	8	05:50	06:01											
2022-05-04 06:06:00	0,004989	690,7818	1	0,262875	0,010299	0,01019	12,2	79,8	0,962	0,173	0,211	-0,962	-0,268	0,05	9. Jun.	8	05:50	06:02											
2022-05-05 05:56:00	0,007571	677,3863	1	0,319773	0,012286	0,034076	10,9	77,7	0,959	0,21	0,19	-0,959	-0,283	0,011	10. Jun.	8	05:50	06:02											
2022-05-05 05:57:00	0,006844	679,0158	1	0,313065	0,012057	0,026244	11,1	77,9	0,959	0,206	0,192	-0,959	-0,282	0,015	11. Jun.	8	05:50	06:02											
2022-05-05 05:58:00	0,006105	680,6419	1	0,306494	0,011832	0,016739	11,2	78,1	0,96	0,203	0,195	-0,96	-0,281	0,019	12. Jun.	8	05:50	06:02											
2022-05-05 06:04:00	0,004977	690,3279	1	0,269791	0,010563	0,007236	12,1	79,2	0,96	0,183	0,21	-0,96	-0,275	0,043	13. Jun.	8	05:50	06:02											
2022-05-05 06:06:00	0,004966	693,5295	1	0,258536	0,01017	0,011025	12,4	79,6	0,961	0,176	0,215	-0,961	-0,273	0,051	14. Jun.	9	05:50	06:03											
2022-05-06 05:54:00	0,007168	675,6223	1	0,3281	0,012573	0,026664	10,9	77,1	0,957	0,219	0,189	-0,957	-0,289	0,004	15. Jun.	9	05:50	06:03											
2022-05-06 05:57:00	0,005596	680,5006	1	0,307918	0,011885	0,007176	11,3	77,7	0,958	0,209	0,196	-0,958	-0,286	0,016	16. Jun.	9	05:50	06:03											
2022-05-06 06:00:00	0,006132	685,3489	1	0,288943	0,011232	0,022412	11,8	78,3	0,959	0,199	0,204	-0,959	-0,283	0,028	17. Jun.	9	05:50	06:03											
2022-05-06 06:01:00	0,005837	686,9583	1	0,282874	0,011022	0,019377	11,9	78,5	0,959	0,196	0,206	-0,959	-0,283	0,032	18. Jun.	9	05:50	06:03											
2022-05-06 06:06:00	0,004806	694,9548	1	0,25434	0,010025	0,009074	12,6	79,4	0,959	0,179	0,219	-0,959	-0,278	0,053	19. Jun.	9	05:51	06:04											
2022-05-07 05:55:00	0,007094	680,0574	1	0,316028	0,01219	0,02866	11,3	77,1	0,956	0,219	0,195	-0,956	-0,293	0,009	20. Jun.	9	05:51	06:04											
2022-05-07 05:57:00	0,007528	683,2806	1	0,302943	0,01174	0,037748	11,5	77,5	0,957	0,212	0,2	-0,957	-0,291	0,017	21. Jun.	9	05:51	06:04											
2022-05-07 06:00:00	0,005337	688,0905	1	0,284295	0,011095	0,009434	12	78,1	0,957	0,202	0,208	-0,957	-0,288	0,029	22. Jun.	9	05:51	06:04											
2022-05-07 06:01:00	0,005217	689,6871	1	0,27833	0,010888	0,009028	12,1	78,3	0,957	0,199	0,21	-0,957	-0,287	0,033	23. Jun.	9	05:52	06:05											
2022-05-07 06:02:00	0,00644	691,2804	1	0,272487	0,010684	0,03201	12,3	78,5	0,957	0,195	0,213	-0,957	-0,286	0,037	24. Jun.	9	05:52	06:05											
2022-05-07 06:04:00	0,005792	694,4568	1	0,261157	0,010287	0,025451	12,6	78,9	0,958	0,189	0,218	-0,958	-0,284	0,046	25. Jun.	9	05:52	06:05											
2022-05-07 06:05:00	0,005408	696,04	1	0,255664	0,010093	0,020551	12,7	79,1	0,958	0,185	0,22	-0,95																	

	Corneal Irradiance	DNI (W/m²)	Ocular Hazard #	Reflectivity	Retinal Irradiance	Subtended Glare Angle	Altitude	Sun Azimuth	Sun Position	Sun Position	Sun Position	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Reflected Sun Vector	Seite
2022-03-15 06:38:00	0,006964	540,5184	1	0,504125	0,015455	0,002426	0,1	94,9	0,996	-0,085	0,002	-0,996	0,064	0,057	15
2022-03-16 06:35:00	0,009294	541,2081	1	0,526023	0,016147	0,027594	0	94	0,998	-0,071	0	-0,998	0,054	0,045	16
2022-03-16 06:36:00	0,008808	543,6292	1	0,514618	0,015868	0,02406	0,2	94,3	0,997	-0,074	0,003	-0,997	0,055	0,05	17
2022-03-16 06:37:00	0,008211	546,0457	1	0,503463	0,015593	0,018803	0,3	94,5	0,997	-0,078	0,005	-0,997	0,056	0,054	18
2022-03-17 06:33:00	0,009588	541,9022	1	0,536987	0,016505	0,028485	0	93,4	0,998	-0,059	0	-0,998	0,045	0,039	19
2022-03-17 06:34:00	0,009458	544,3081	1	0,525337	0,016218	0,028859	0,2	93,6	0,998	-0,063	0,003	-0,998	0,046	0,043	20
2022-03-17 06:35:00	0,009233	546,7095	1	0,513942	0,015936	0,028229	0,3	93,8	0,998	-0,066	0,006	-0,998	0,047	0,047	21
2022-03-17 06:36:00	0,008785	549,1065	1	0,502795	0,015659	0,025102	0,5	94	0,998	-0,07	0,008	-0,998	0,048	0,051	22
2022-03-17 06:37:00	0,007525	551,4989	1	0,491891	0,015386	0,011189	0,6	94,2	0,997	-0,073	0,011	-0,997	0,049	0,056	23
2022-03-18 06:31:00	0,00932	542,599	1	0,548186	0,016871	0,023586	0,1	92,8	0,999	-0,048	0,001	-0,999	0,036	0,032	24
2022-03-18 06:32:00	0,008938	544,9899	1	0,536287	0,016577	0,021169	0,2	93	0,999	-0,052	0,004	-0,999	0,037	0,036	25
2022-03-18 06:33:00	0,0096	547,3764	1	0,524647	0,016288	0,029871	0,4	93,2	0,998	-0,055	0,006	-0,998	0,038	0,04	26
2022-03-18 06:34:00	0,009299	549,7585	1	0,513261	0,016004	0,028508	0,5	93,4	0,998	-0,059	0,009	-0,998	0,039	0,044	27
2022-03-18 06:35:00	0,009039	552,1361	1	0,502124	0,015725	0,027467	0,6	93,6	0,998	-0,062	0,011	-0,998	0,04	0,049	28
2022-03-18 06:36:00	0,008501	554,5092	1	0,491229	0,01545	0,023194	0,8	93,8	0,998	-0,066	0,014	-0,998	0,041	0,053	29
2022-03-19 06:28:00	0,009524	540,917	1	0,559623	0,017169	0,023992	0,1	92,1	0,999	-0,037	0,001	-0,999	0,028	0,025	30
2022-03-19 06:29:00	0,009809	543,2975	1	0,54747	0,01687	0,028573	0,2	92,3	0,999	-0,041	0,004	-0,999	0,029	0,029	1.
2022-03-19 06:30:00	0,008587	545,6736	1	0,535582	0,016576	0,017134	0,4	92,5	0,999	-0,044	0,007	-0,999	0,03	0,033	2.
2022-03-19 06:31:00	0,009681	548,0453	1	0,523953	0,016287	0,030684	0,5	92,7	0,999	-0,048	0,009	-0,999	0,031	0,038	3.
2022-03-19 06:32:00	0,009537	550,4127	1	0,512578	0,016002	0,030936	0,7	92,9	0,999	-0,051	0,012	-0,999	0,032	0,042	4.
2022-03-19 06:33:00	0,009307	552,7756	1	0,501451	0,015722	0,030289	0,8	93,1	0,998	-0,055	0,014	-0,998	0,033	0,046	5.
2022-03-19 06:34:00	0,008743	555,1341	1	0,490567	0,015446	0,025972	1	93,3	0,998	-0,058	0,017	-0,998	0,034	0,05	6.
2022-03-19 06:35:00	0,007912	557,4881	1	0,47992	0,015175	0,017792	1,1	93,5	0,998	-0,062	0,02	-0,998	0,035	0,055	7.
2022-03-20 06:26:00	0,009228	541,631	1	0,571303	0,017551	0,018646	0,1	91,5	1	-0,026	0,002	-1	0,019	0,018	8.
2022-03-20 06:27:00	0,009876	543,9967	1	0,558892	0,017244	0,02711	0,3	91,7	1	-0,029	0,004	-1	0,02	0,022	9.
2022-03-20 06:28:00	0,008732	546,3582	1	0,546752	0,016943	0,016613	0,4	91,9	0,999	-0,033	0,007	-0,999	0,021	0,026	10.
2022-03-20 06:29:00	0,009663	548,7153	1	0,534876	0,016646	0,028411	0,5	92,1	0,999	-0,036	0,01	-0,999	0,022	0,031	11.
2022-03-20 06:30:00	0,009031	551,0681	1	0,523259	0,016355	0,023541	0,7	92,3	0,999	-0,04	0,012	-0,999	0,023	0,035	12.
2022-03-20 06:31:00	0,009673	553,4165	2	0,511896	0,016068	0,031888	0,8	92,5	0,999	-0,043	0,015	-0,999	0,024	0,039	13.
2022-03-20 06:32:00	0,009463	555,7605	1	0,50078	0,015785	0,031485	1	92,7	0,999	-0,047	0,017	-0,999	0,025	0,043	14.
2022-03-20 06:33:00	0,009202	558,1001	1	0,489906	0,015508	0,030513	1,1	92,9	0,999	-0,05	0,02	-0,999	0,026	0,048	15.
2022-03-20 06:34:00	0,008662	560,4353	1	0,47927	0,015234	0,026408	1,3	93,1	0,998	-0,054	0,023	-0,998	0,027	0,052	16.
2022-03-20 06:35:00	0,007092	562,766	1	0,468865	0,014966	0,027852	1,4	93,3	0,998	-0,057	0,025	-0,998	0,028	0,056	17.
2022-03-21 06:25:00	0,008054	544,6959	1	0,570557	0,017627	0,003938	0,3	91	1	-0,018	0,005	-1	0,011	0,015	18.
2022-03-21 06:26:00	0,008981	547,0428	1	0,558161	0,017318	0,017243	0,4	91,2	1	-0,022	0,007	-1	0,012	0,02	19.
2022-03-21 06:27:00	0,00999	549,3855	1	0,546034	0,017014	0,029509	0,6	91,4	1	-0,025	0,01	-1	0,013	0,024	20.
2022-03-21 06:28:00	0,00997	551,7239	1	0,534172	0,016716	0,031008	0,7	91,6	1	-0,029	0,013	-1	0,014	0,028	21.
2022-03-21 06:29:00	0,009047	554,0579	1	0,522567	0,016422	0,02331	0,9	91,8	0,999	-0,032	0,015	-0,999	0,015	0,032	22.
2022-03-21 06:30:00	0,009791	556,3876	2	0,511216	0,016133	0,032652	1	92	0,999	-0,036	0,018	-0,999	0,016	0,037	23.
2022-03-21 06:31:00	0,009637	558,713	2	0,500112	0,015848	0,03283	1,2	92,2	0,999	-0,039	0,02	-0,999	0,017	0,041	24.
2022-03-21 06:32:00	0,009163	561,0339	1	0,489249	0,015568	0,029735	1,3	92,4	0,999	-0,043	0,023	-0,999	0,018	0,045	25.
2022-03-21 06:33:00	0,008973	563,3504	1	0,478624	0,015293	0,029444	1,5	92,6	0,999	-0,046	0,026	-0,999	0,019	0,049	26.
2022-03-21 06:34:00	0,008283	565,6626	1	0,468283	0,015022	0,023401	1,6	92,8	0,998	-0,05	0,028	-0,998	0,02	0,054	27.
2022-03-22 06:23:00	0,008649	547,706	1	0,569813	0,017701	0,011089	0,4	90,6	1	-0,01	0,008	-1	0,003	0,013	28.
2022-03-22 06:24:00	0,007767	550,0279	1	0,557431	0,01739	0,010451	0,6	90,8	1	-0,014	0,01	-1	0,004	0,017	29.
2022-03-22 06:25:00	0,009111	552,3457	1	0,545319	0,017084	0,020075	0,7	91	1	-0,017	0,013	-1	0,005	0,021	30.
2022-03-22 06:26:00	0,009459	554,6591	1	0,53347	0,016783	0,025557	0,9	91,2	1	-0,021	0,016	-1	0,006	0,025	31.
2022-03-22 06:27:00	0,009954	556,9683	2	0,52188	0,016486	0,032159	1	91,4	1	-0,024	0,018	-1	0,007	0,03	1.
2022-03-22 06:28:00	0,008054	559,2732	1	0,510541	0,016195	0,012936	1,2	91,6	0,999	-0,028	0,021	-0,999	0,008	0,034	2.

Tag	Anzahl	Minuten	Anfang	Ende
15. Apr.	1	06:16	06:16	
16. Apr.	3	06:14	06:16	
17. Apr.	4	06:11	06:14	
18. Apr.	6	06:09	06:14	
19. Apr.	8	06:07	06:14	
20. Apr.	8	06:06	06:14	
21. Apr.	9	06:05	06:13	
22. Apr.	9	06:04	06:12	
23. Apr.	8	06:04	06:11	
24. Apr.	8	06:03	06:11	
25. Apr.	9	06:03	06:11	
26. Apr.	10	06:02	06:11	
27. Apr.	9	06:01	06:09	
28. Apr.	9	06:01	06:09	
29. Apr.	10	06:00	06:09	
30. Apr.	8	06:00	06:08	
1. Mai.	8	06:00	06:08	
2. Mai.	10	05:59	06:08	
3. Mai.	7	05:59	06:07	
4. Mai.	8	05:58	06:06	
5. Mai.	10	05:57	06:06	
6. Mai.	8	05:57	06:06	
7. Mai.	8	05:57	06:05	
8. Mai.	9	05:56	06:05	
9. Mai.	7	05:56	06:05	
10. Mai.	9	05:56	06:04	
11. Mai.	8	05:56	06:04	
12. Mai.	7	05:55	06:04	
13. Mai.	8	05:55	06:04	
14. Mai.	9	05:55	06:04	
15. Mai.	8	05:54	06:03	
16. Mai.	7	05:54	06:03	
17. Mai.	8	05:54	06:03	
18. Mai.	9	05:54	06:03	
19. Mai.	10	05:53	06:02	
20. Mai.	8	05:53	06:02	
21. Mai.	8	05:53	06:02	
22. Mai.	9	05:53	06:02	
23. Mai.	11	05:52	06:02	
24. Mai.	9	05:52	06:01	
25. Mai.	9	05:52	06:01	
26. Mai.	8	05:52	06:01	
27. Mai.	11	05:52	06:02	
28. Mai.	11	05:52	06:02	
29. Mai.	11	05:52	06:02	
30. Mai.	9	05:52	06:01	
31. Mai.	8	05:52	06:01	
1. Jun.	9	05:52	06:01	
2. Jun.	11	05:51	06:01	

