

# SolPEG Blendgutachten

## Solarpark Kevelaer

**Analyse der potentiellen Blendwirkung einer geplanten PV Anlage  
in der Nähe von Kevelaer in Nordrhein-Westfalen**

**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](mailto:info@solpeg.com)

 [www.solpeg.com](http://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.....                              | 7       |
| 3   | Ermittlung der potentiellen Blendwirkung.....        | 8       |
| 3.1 | Rechtliche Hinweise .....                            | 8       |
| 3.2 | Blendwirkung von PV Modulen.....                     | 8       |
| 3.3 | Berechnung der Blendwirkung.....                     | 10      |
| 3.4 | Technische Parameter der PV Anlage .....             | 11      |
| 3.5 | Standorte für die Analyse .....                      | 12      |
| 3.6 | Hinweise zum Simulationsverfahren.....               | 13      |
| 4   | Ergebnisse .....                                     | 16      |
| 4.1 | Ergebnisse am Messpunkt P1, L361 südöstlich.....     | 17      |
| 4.2 | Ergebnisse am Messpunkt P2, L361 nördlich .....      | 18      |
| 4.3 | Ergebnisse am Messpunkt P3, L361 westlich.....       | 20      |
| 4.4 | Ergebnisse am Messpunkt P4, Gebäude südöstlich ..... | 22      |
| 4.5 | Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude südöstlich ..... | 23      |
| 5   | Zusammenfassung der Ergebnisse.....                  | 24      |
| 6   | Schlussbemerkung .....                               | 24      |
| 7   | Anhang (Auszug) .....                                | 25 - 38 |

# SolPEG Blendgutachten

## Analyse der potentiellen Blendwirkung der geplanten PV Anlage Kevelaer

### 1 Auftrag

#### 1.1 Beauftragung

Als unabhängiger Gutachter für Photovoltaik (PV) ist die SolPEG GmbH beauftragt, die potentielle Blendwirkung der geplanten PV Anlage „Kevelaer“ 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 „Kevelaer“ 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. Eine Analyse der potentiellen Blendwirkung vor Ort wird momentan nicht als notwendig angesehen da die Anlagendokumentation ausreichend ist, um einen Eindruck zu vermitteln.

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

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

<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 westlich von Kevelaer in Nordrhein-Westfalen. Nördlich der Fläche verläuft die L361 / Weller Landstraße. 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 westlich von Kevelaer in Nordrhein-Westfalen. Die Fläche ist eben. |
| Koordinaten (Mitte)                    | <a href="#">51.575°N, 6.220°O, 20 m ü. NN</a>  |
| Abstand zu angrenzenden Straßen        | ca. 20 m   |
| Entfernung zu umliegenden Gebäuden     | ca. 70 m (kleinste Entfernung, relevante Blickrichtung)  |

Übersicht<sup>2</sup> über den Standort und die PV Anlage (schematisch)



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

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

## Detailansicht der PV Anlage und Umgebung



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

## Detailansicht der PV Anlage

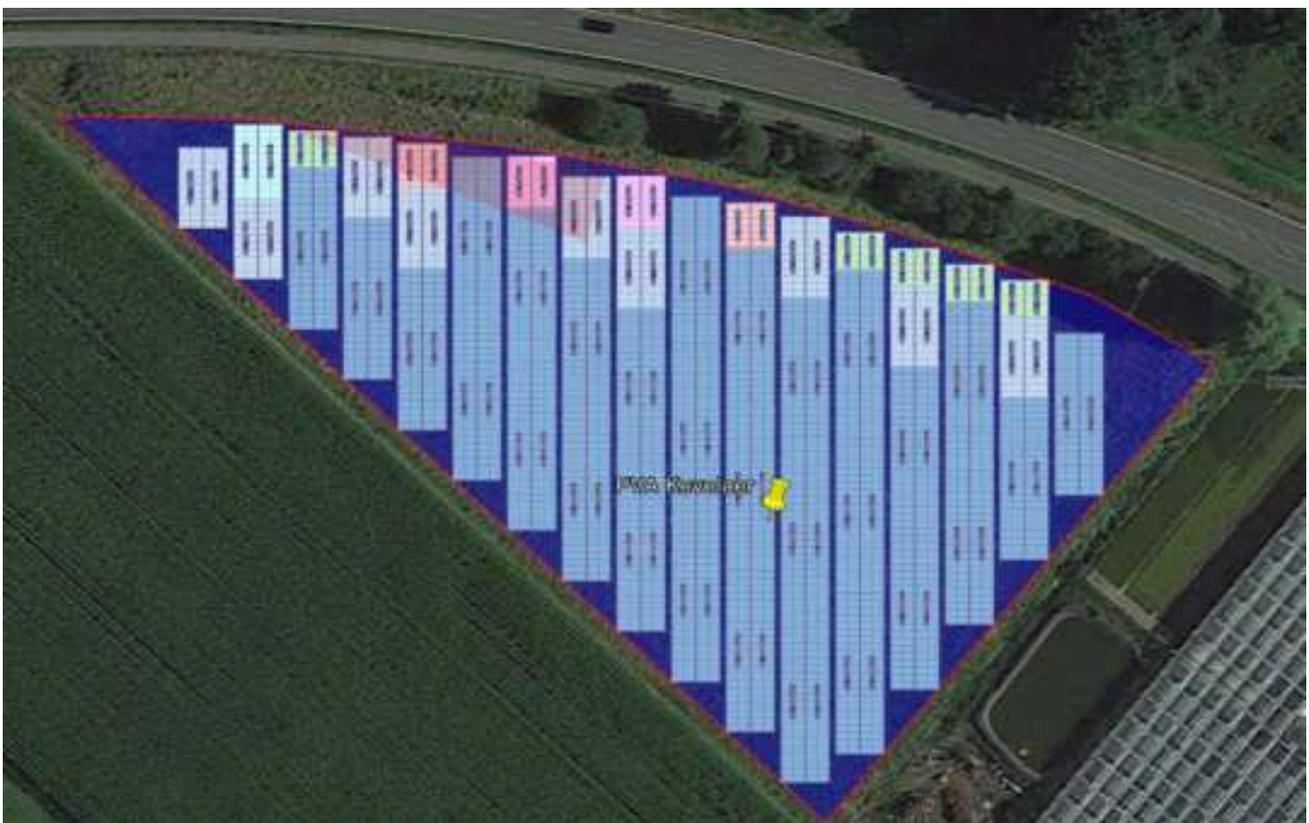


Bild 2.1.3: Detailansicht der PV Fläche (Quelle: Google Earth/SolPEG, Nordausrichtung)

Fotos der PV Anlage und Umgebung. Blick von der PV Fläche nach Westen.



Bild 2.1.4: Blick Richtung Westen (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

Blick von der PV Fläche nach Osten.



Bild 2.1.5: Blick Richtung Osten (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt)

## 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 südöstlich und westlich gelegenen Gebäude von Reflexionen durch die PV Anlage erreicht werden. Für das westlich gelegene Gebäude sind potentielle Reflexionen aufgrund der Entfernung kaum relevant, der Standort wird dennoch analysiert. In der weiteren Umgebung sind keine relevanten Gebäude oder schutzwürdige Zonen im Sinne der LAI Lichtleitlinie vorhanden.



Bild 2.2.1: Gebäude südöstlich 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>3</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:

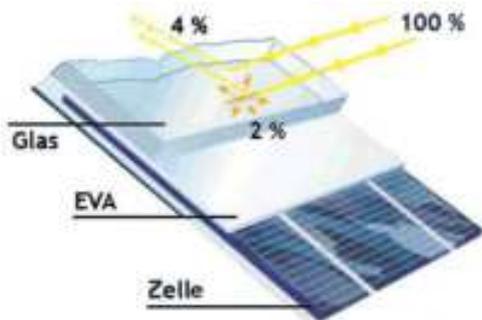


Bild 3.2.1: Anteil des reflektierten Sonnenlichtes bei einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

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:

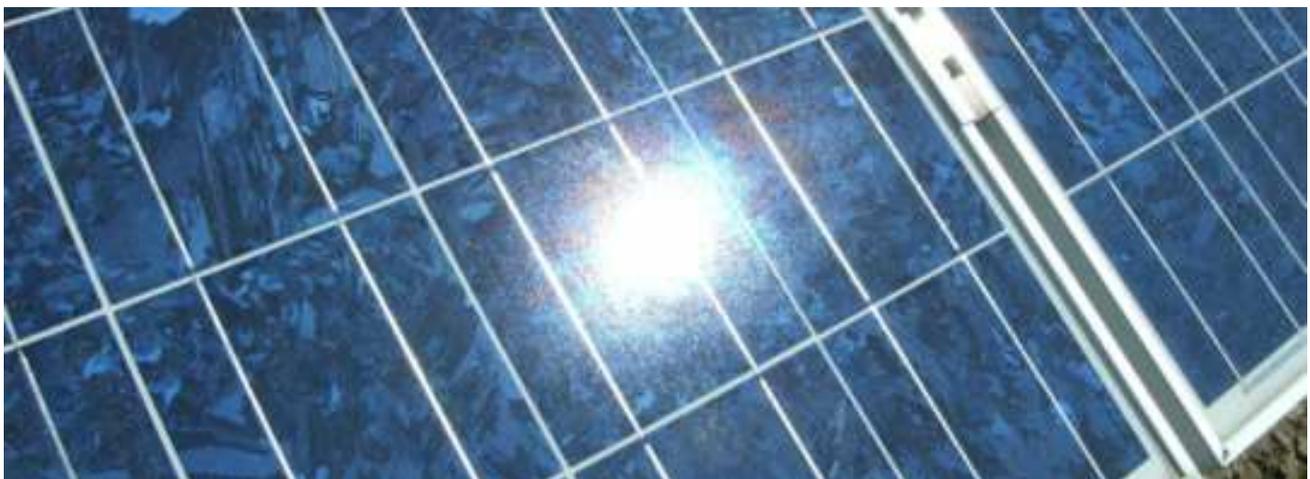


Bild 3.2.2: Diffuse Reflexion von direkten Sonnenlicht (Einstrahlung ca. 980 W/m<sup>2</sup>) auf einem PV Modul (Quelle: SolPEG)

<sup>3</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.

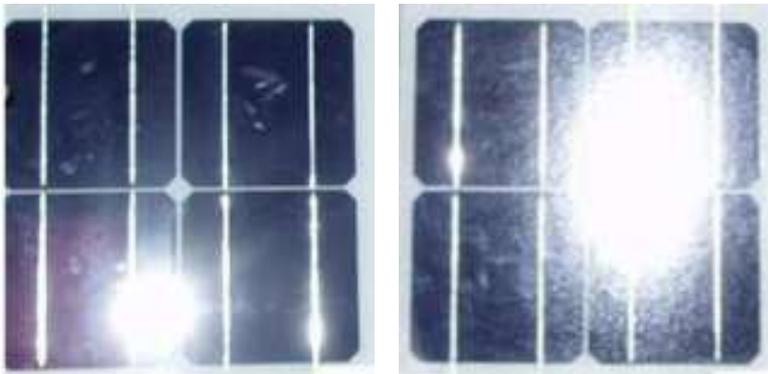


Bild 3.2.3: Diffuse Reflexion von unterschiedlichen Moduloberflächen (Quelle: Sandia National Laboratories, Ausschnitt)

Diese Eigenschaften können schematisch wie folgt dargestellt werden

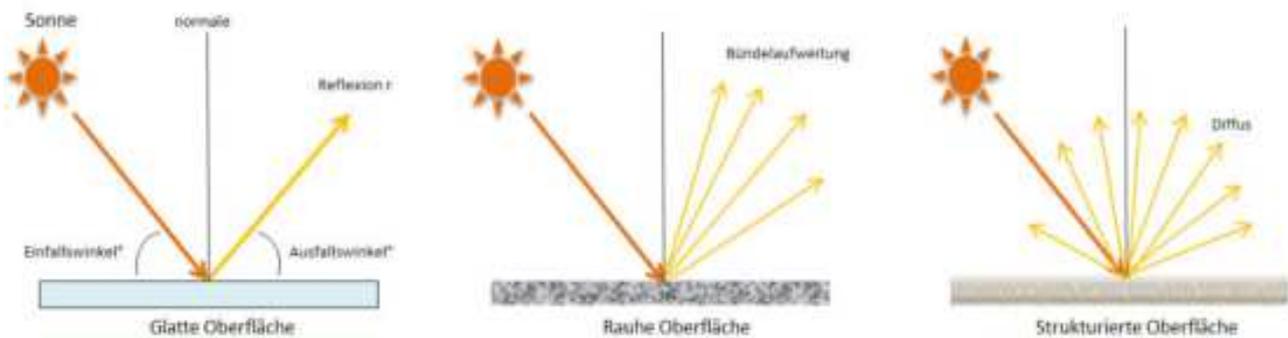


Bild 3.2.4: Reflexion von unterschiedlichen Oberflächen (Quelle: SolPEG)

Lt. Informationen des Auftraggebers sollen PV Module des Herstellers Risen 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 configuration | 120 cells (6×10+6×10)                                |
| Module dimensions  | 2172×1303×35mm                                       |
| Weight             | 32kg   |
| Superstrate        | High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass      |
| Substrate          | White Back-sheet                                     |
| Frame              | Anodized Aluminium Alloy type 6005-2T6, Silver Color |
| J-Box              | Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes      |

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>4</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:

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

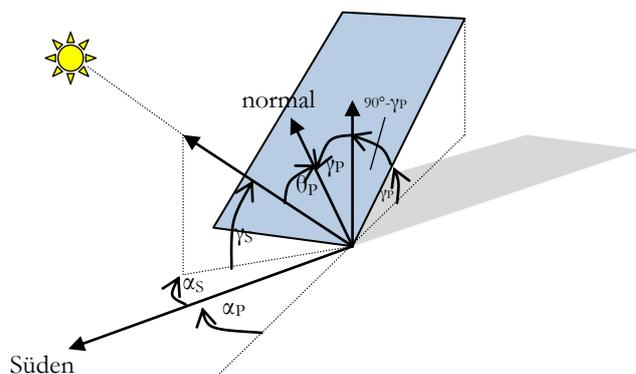


Bild 3.3.1: Schematische Darstellung der Reflexionen auf einer geneigten Fläche (Quelle: SolPEG)

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>5</sup> wird eine Entfernung von 100 m genannt.

Die durchgeführten Berechnungen wurden u.a. mit Simulationen und Modellen des Sandia National Laboratories<sup>6</sup>, New Mexico überprüft.

<sup>4</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>5</sup> Licht-Leitlinie Seite 22: Immissionsorte, die sich weiter als ca. 100 m von einer Photovoltaikanlage entfernt befinden erfahren erfahrungsgemäß nur kurzzeitige Blendwirkungen.

<sup>6</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. Es handelt sich bei dem geplanten Modullayout um eine Anlage mit Ost-West Ausrichtung und 15° Modulneigung. Die folgende Skizze verdeutlicht die Modulinstallation (Beispiel).

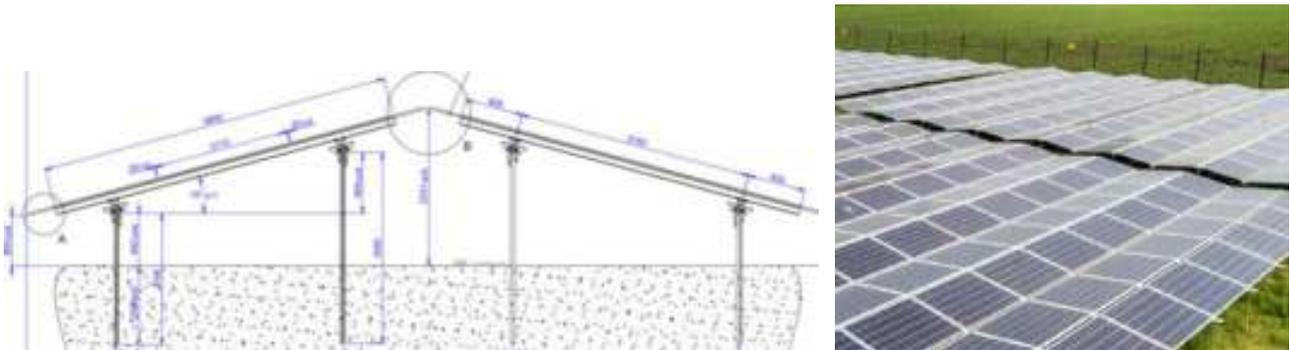


Bild 3.4.1: Skizze der Modulkonstruktion und Beispiel (Quelle: Planungsunterlagen)

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

**Tabelle 2: Berechnungsparameter**

|  |   |
|--|---|
| PV Modul   | Risen (oder vergleichbar)                                 |
| Moduloberfläche                                  | Solarglas mit Anti-Reflexionsbehandlung (lt. Datenblatt)  |
| Unterkonstruktion                                | Modultische, fest aufgeständert                           |
| Modulinstallation                                | 2 Module hochkant übereinander (2P)                       |
| Ausrichtung (Azimut)                             | Ost-West (90° / 270°)                                     |
| Modulneigung                                     | 15°   |
| Höhe der sichtbaren Modulfläche                  | min. 0,80 m, max. ca. 2,20 m (leichte Abweichung möglich) |
| Anzahl Messpunkte gesamt                         | 5 Messpunkte (siehe Skizze 3.5.1)                         |
| Höhe Messpunkte                                  | 2 m über Boden  |
| Azimut Blickrichtung Fahrzeugführer <sup>7</sup> | Fahrtrichtung +/- 20°                                     |

<sup>7</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 Kevelaer wurden insgesamt 5 Messpunkte festgelegt. 3 Messpunkte im Verlauf der L361 sowie 2 Messpunkte an umliegenden 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 weiterführender 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>8</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>8</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>9</sup>) vorhanden sind. Der Deutsche Wetterdienst DWD hat für Deutschland für das Jahr 2021 eine mittlere Wolkenbedeckung<sup>10</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 Tagesadaption des Auges).

Aber nicht alle Reflexionen führen zwangsläufig zu einer Blendwirkung, da es sich neben den messbaren Effekten auch in einem hohen Maß um eine subjektiv empfundene Erscheinung/Irritation handelt (Psychologische Blendwirkung). Das Forschungsinstitut Sandia National 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.

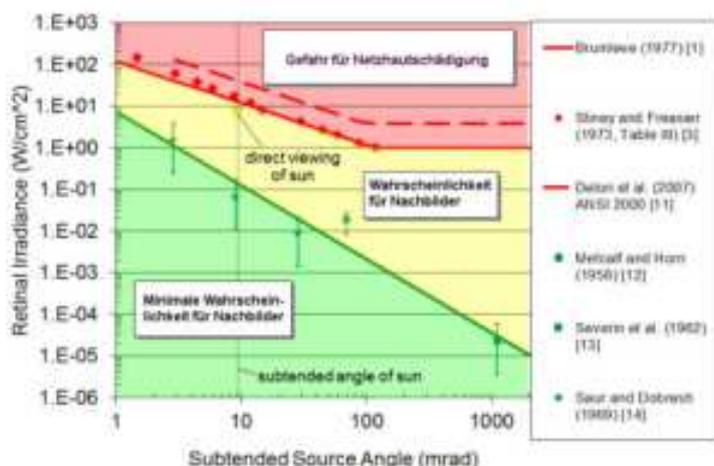


Bild 3.6.3: Kategorisierung von Reflexionen (Quelle: Sandia National Laboratories, siehe auch Diagramme im Anhang)

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

<sup>10</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 Kevelaer wird für 5 exemplarisch gewählte Messpunkte durchgeführt. Das Ergebnis ist die Anzahl von Minuten pro Jahr, in denen eine Blendwirkung der Kategorien „Minimal“ und „Gering“ auftreten kann. Die Kategorien entsprechen den Wertebereichen der Berechnungsergebnisse in Bezug auf Leuchtdichte und -dauer. Die Wertebereiche sind im Diagramm 3.6.3 auch als farbige Flächen dargestellt:

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

Die unbereinigten Ergebnisse (Rohdaten) beinhalten alle rechnerisch ermittelten Reflexionen, auch solche, die lt. Ausführungen der Richtlinie zu schutzwürdigen Zonen zu vernachlässigen sind. U.a. sind Reflexionen mit einem Differenzwinkel zwischen Sonne und Immissionsquelle von weniger als  $10^\circ$  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.

Teilweise sind nach der Bereinigung an einzelnen Immissionsorten keine Reflexionen mehr nachweisbar.

Für die Untersuchung von potentiellen Reflexionen wurden verschiedenen Anlagenkonzepte simuliert und in Abwägung der Ergebnisse zeigt eine Ost-West Installation die geringsten Immissionen. Die Bereinigung der Rohdaten hat bei Ost-West Installation nur eine vergleichsweise geringe Auswirkung auf die Ergebnisse.

Die folgende Tabelle 3 zeigt die Ergebniswerte nach Bereinigung der Rohdaten und Anmerkungen zu weiteren Einschränkungen. Die Zahlen dienen der Übersicht aus formellen Gründen und sind nur im Kontext und mit den genannten Einschränkungen zu verwenden. Diese werden im weiteren Verlauf von Abschnitt 4 für die jeweiligen Messpunkte gesondert beschrieben. Die Tabelle zeigt, dass von den nach Westen ausgerichteten PV Modulen keine Reflexionen in Richtung der jeweiligen Messpunkte ausgehen.

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

| Messpunkt                                     | Ost                | West               |
|---|--------------------|--------------------|
|   | [Minuten pro Jahr] | [Minuten pro Jahr] |
| P1 L361 südöstlich / Einmündung Wember Straße | -                  | -                  |
| P2 L361 nördlich                              | 6724 <sup>WG</sup> | 3848 <sup>WG</sup> |
| P3 L361 nordwestlich                          | -                  | 2054 <sup>W</sup>  |
| P4 Gebäude südöstlich                         | 132                | -                  |
| P5 Gebäude westlich                           | -                  | -                  |

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

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

<sup>G</sup> Aufgrund der Geländestructur oder Hindernissen/Sichtschutz zu vernachlässigen

- nicht nachweisbar

Die unbereinigten Daten sind im Anhang aufgeführt.

#### 4.1 Ergebnisse am Messpunkt P1, L361 südöstlich

Messpunkt P1 auf der L361 im Bereich der Einmündung Wember Straße wurde zu Kontrollzwecken untersucht da in diesem Bereich erhöhte Aufmerksamkeit erforderlich ist. Die Simulation zeigt keine relevanten Reflexionen durch die PV Anlage und darüber hinaus ist die PV Fläche in diesem Bereich aufgrund der örtlichen Gegebenheiten überwiegend nicht einsehbar.

Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Diese gilt sowohl für den nach Westen fließenden Verkehr als auch für die aus der Wember Straße nach Westen abbiegende Verkehrsteilnehmer.

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

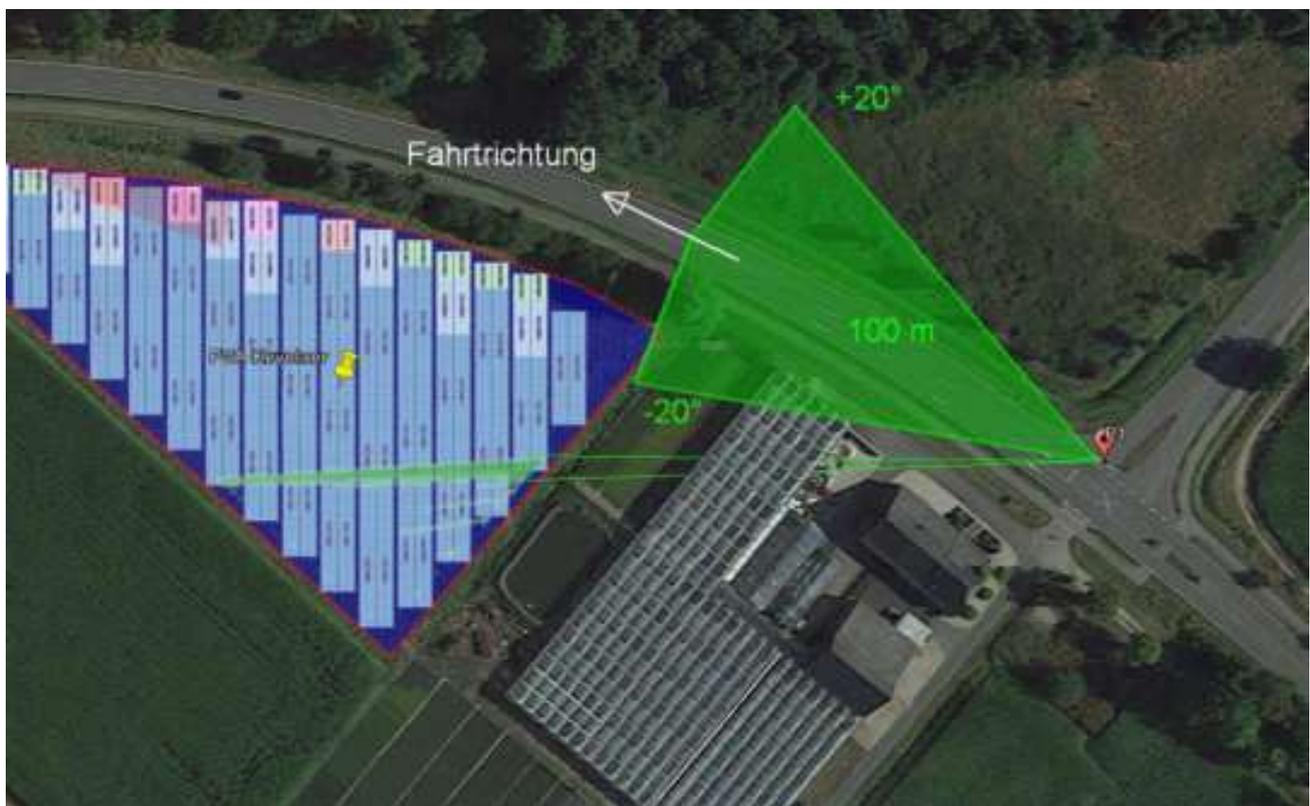


Bild 4.1.1: Situation am Messpunkt P1 bei Fahrt Richtung Westen (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Der grün markierte Bereich symbolisiert den für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkel. Im schwach grün markierten Bereich könnten in sehr geringem Umfang Reflexionen der Kategorie Grün (mit geringerer Leuchtdichte) auftreten. Nach Bereinigung der Rohdaten sind keine Reflexionen nachweisbar.

## 4.2 Ergebnisse am Messpunkt P2, L361 nördlich

Am Messpunkt P2 auf der L361 können theoretisch Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können im Winterhalbjahr zwischen dem 02. August und dem 11. Mai zwischen 13:30 - 16:56 Uhr für 5 bis max. 33 Minuten pro Tag<sup>11</sup> überwiegend aus südlicher Richtung auftreten. Bei der Fahrt Richtung Westen liegen die Einfallswinkel von Reflexionen mit ca.  $-22^\circ$  bis  $-72^\circ$  links (südwestlich) zur Fahrtrichtung überwiegend deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung  $\pm 20^\circ$ , 100 m) und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Dies gilt in ähnlicher Weise auch bei der Fahrt Richtung Osten, auch hier liegen die Einfallswinkel außerhalb des relevanten Sichtwinkels. Eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage im Bereich von Messpunkt P2 kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

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

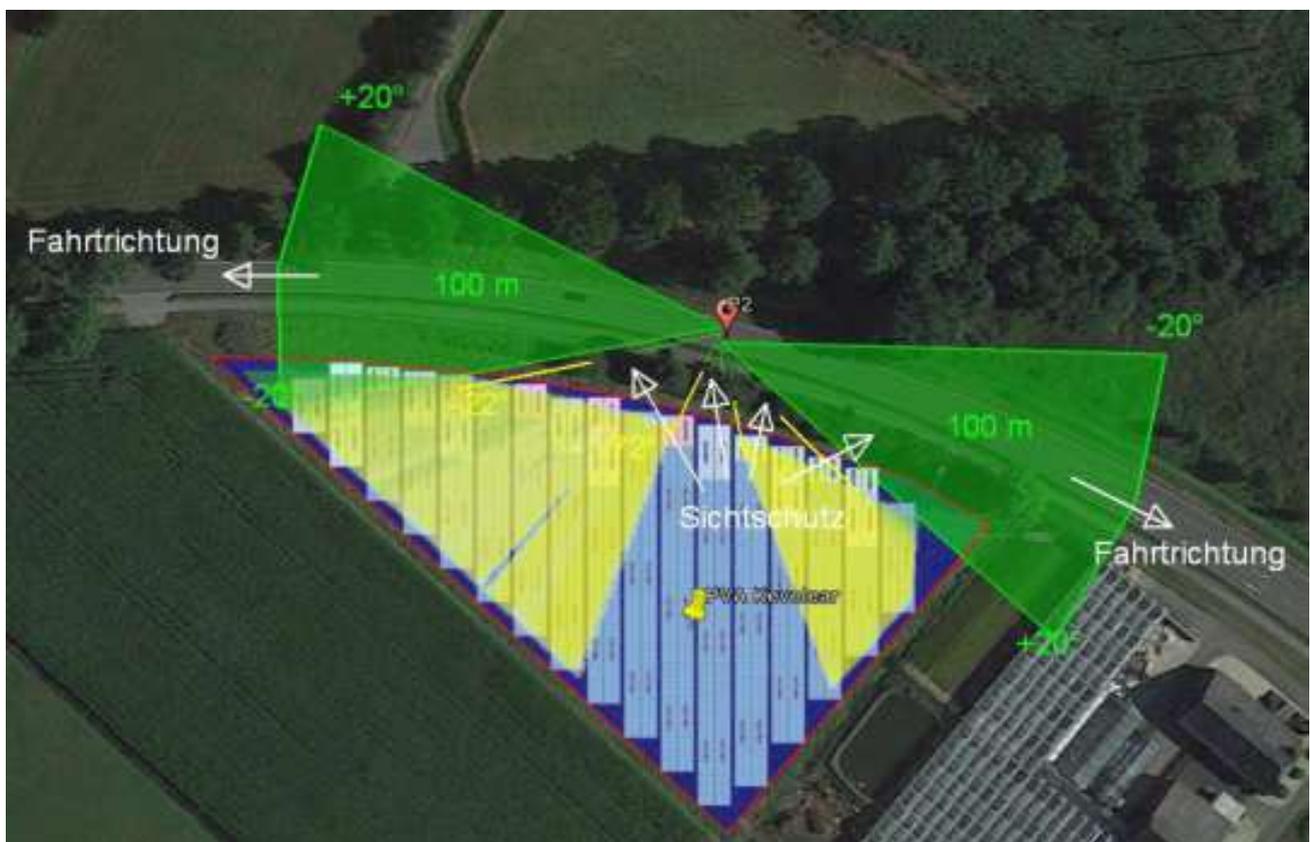


Bild 4.2.1: Situation am Messpunkt P2 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Die grün markierten Bereiche symbolisieren die 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. Im Randbereich der Fahrbahn ist ein ausgeprägter Bewuchs durch Büsche und Bäume vorhanden, sodass ohnehin überwiegend kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist. Die rechnerisch ermittelten Zahlen sind in der Realität nur bedingt anwendbar.

<sup>11</sup> Generell wird das Auftreten von Reflexionen an weniger als 5 Minuten pro Tag nicht berücksichtigt (Messunsicherheit)

Die folgende Skizze (Pseudo 3D) zeigt die Simulation am Messpunkt P2 bei der Fahrt Richtung Westen und verdeutlicht, dass potentielle Reflexionen links zur Fahrtrichtung, deutlich außerhalb des relevanten Sichtwinkels liegen.



Bild 4.2.2: Simulation am Messpunkt P2, Blick Richtung Westen (Quelle: Google Earth / SolPEG)

Zum Vergleich zeigt das folgende Foto die Situation am Messpunkt P2 (Dezember). Die Fläche der PV Anlage ist selbst ohne Blätter nicht wahrnehmbar.



Bild 4.2.3: Blick Richtung Westen am Messpunkt P2 (Quelle: Auftraggeber)

### 4.3 Ergebnisse am Messpunkt P3, L361 westlich

Am Messpunkt P3 auf der L361 können theoretisch bei der Fahrt Richtung Osten Reflexionen durch die PV Anlage auftreten. Diese können rein rechnerisch im Frühjahr zwischen 07. März - 01. Mai sowie im Herbst zwischen 11. August - 06. Oktober vormittags zwischen 08:30 – 10:08 Uhr für 5 bis max. 22 Minuten pro Tag aus südöstlicher Richtung auftreten. Die Einfallswinkel von potentiellen Reflexionen liegen mit ca.  $+16^\circ$  bis  $+40^\circ$  rechts (südöstlich) zur Fahrtrichtung überwiegend außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels (Fahrtrichtung  $\pm 20^\circ$ , 100 m). Lediglich in einem kleinen Bereich von  $4^\circ$  auf einer Länge von ca. 50 m könnten potentielle Reflexionen irritierend wirken – sofern diese spezielle Konstellation in der Realität überhaupt auftritt. Generell kann eine Beeinträchtigung von Fahrzeugführern durch Reflexionen durch die PV Anlage im Bereich von Messpunkt P3 mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Die folgende Skizze verdeutlicht die Situation am Messpunkt P3 in Bezug auf die unbereinigten Rohdaten.

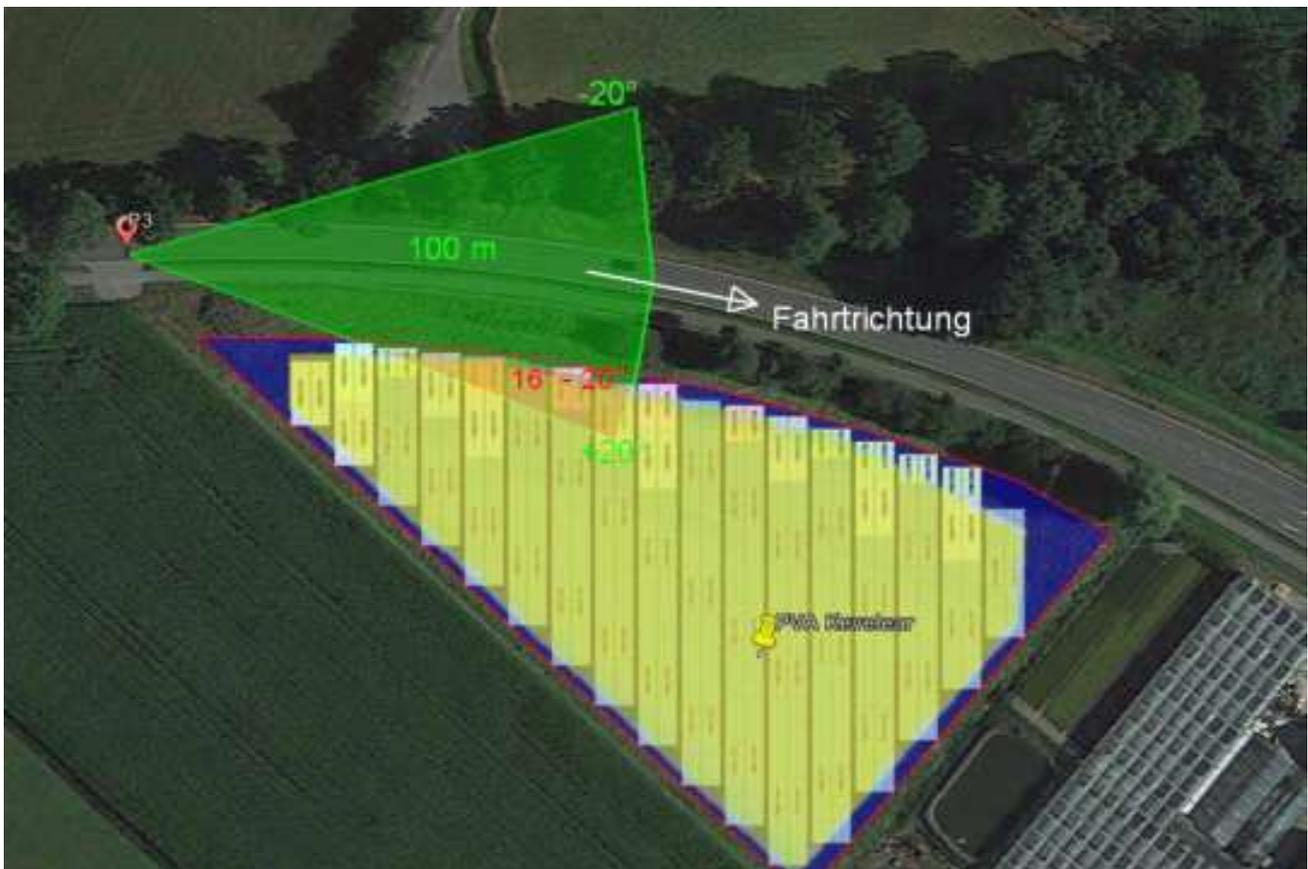


Bild 4.3.1: Situation am Messpunkt P3 (Quelle: Google Earth / SolPEG)

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

Lediglich in einem kleinen Bereich von  $4^\circ$  auf einer Länge von ca. 50 m (orange markiert) könnten potentielle Reflexionen irritierend wirken. Bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h wäre dieser Bereich in ca. 3 Sekunden durchfahren. Aufgrund der geringen zeitlichen Wirkdauer können keine relevanten Blendwirkungen z.B. in Form von Nachbildern auftreten.

Das folgende Foto zeigt die Situation am Messpunkt P3 bei der Fahrt Richtung Osten aus Sicht des Fahrzeugführers. Der relevante Sichtwinkel ist leicht heller dargestellt. Die PV Fläche befindet sich bis auf einen kleinen/kurzen Abschnitt überwiegend außerhalb des relevanten Sichtwinkels.



Bild 4.3.2: Foto am Messpunkt P3 (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt bearbeitet)

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sind keine Sichtschutzmaßnahmen erforderlich. Für den Fall, dass regelmäßig mit einem hohen Verkehrsaufkommen zu rechnen ist, könnte eine Sichtschutzmaßnahme auf ca. 50 m Länge im Randbereich der PV Anlage ratsam sein. Üblicherweise wird ein Grünstreifen mit 2 – 5 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 4.3.2: Eingrünung/Bepflanzung mit einheimischen Gehölzmischungen (Quelle: SolPEG)

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

Messpunkt P4 im Bereich der Gebäude südlich der PV Anlage wurde zu Kontrollzwecken untersucht, da aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz nicht mit Reflexionen durch die PV Anlage zu rechnen ist. Erwartungsgemäß zeigt die Simulation nur vernachlässigbar geringe Ergebnisse für den Messpunkt P4. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern oder Mitarbeitern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

Darüber hinaus zeigt das folgende Foto, dass aufgrund der vorhandenen Gewächshäuser kein direkter Sichtkontakt zur Immissionsquelle vorhanden ist.



Bild 4.4.1: Foto am Messpunkt P4 (Quelle: Auftraggeber, Ausschnitt bearbeitet)

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 351 Minuten entspricht den unbereinigten Rohdaten und liegt bereits deutlich 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:

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

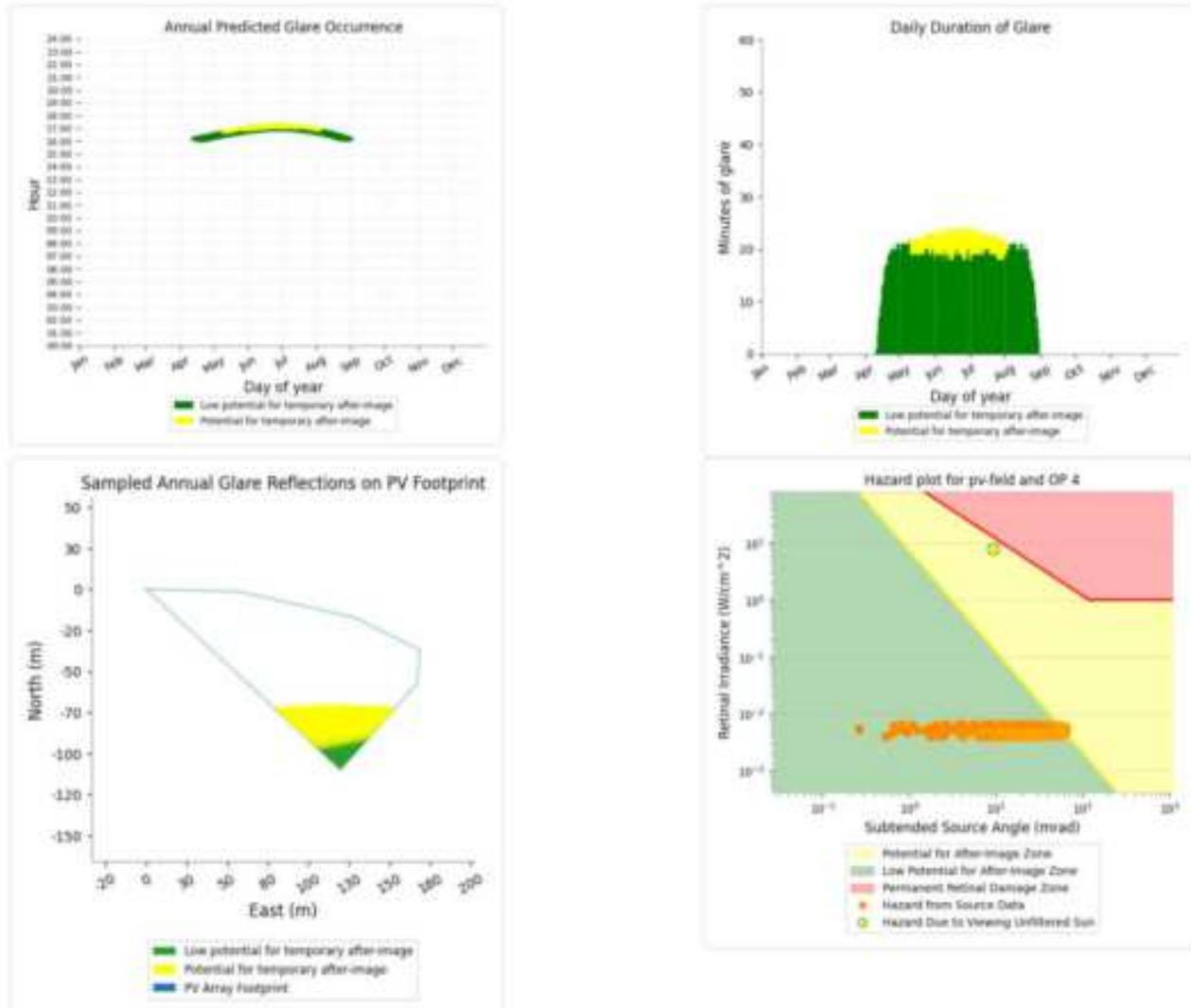


Bild 4.4.2: Ergebnisdetails für Messpunkt P4 (Quelle: Simulationsergebnisse)

### 4.5 Ergebnisse am Messpunkt P5, Gebäude südöstlich

Auch Messpunkt P5 im Bereich der Gebäude westlich der PV Anlage, in ca. 280 m Entfernung, wurde zu Kontrollzwecken untersucht, da aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz nicht mit Reflexionen durch die PV Anlage zu rechnen ist. Erwartungsgemäß zeigt die Simulation keine relevanten Ergebnisse für den Messpunkt P5. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern durch die PV Anlage bzw. eine „erhebliche Belästigung“ im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. Im weiteren Umfeld sind keine weiteren Immissionsorte bzw. schutzwürdige Zonen im Sinne der LAI Lichtleitlinie vorhanden.

## 5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die potentielle Blendwirkung der hier betrachteten PV Anlage „Kevelaer“ kann als „geringfügig“ klassifiziert<sup>12</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 Kevelaer mit dem Einsatz von hochwertigen PV Modulen die nach aktuellem Stand der Technik möglichen Maßnahmen zur Reduzierung von Reflexionen vorgesehen.

Die Analyse von 5 exemplarisch gewählten Messpunkten zeigt nur eine geringfügige, theoretische Wahrscheinlichkeit für Reflexionen. Im Verlauf der L361 nördlich der PV Anlage sind theoretisch in geringem Umfang Reflexionen möglich. Die Einfallswinkel liegen allerdings überwiegend deutlich außerhalb des für Fahrzeugführer relevanten Sichtwinkels und daher sind potentielle Reflexionen zu vernachlässigen. Eine Beeinträchtigung von Verkehrsteilnehmern durch die PV Anlage kann mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Im Bereich der südöstlich der PV Anlage gelegenen Gebäude können aufgrund des Strahlenverlaufes gemäß Reflexionsgesetz in sehr geringem Umfang von Reflexionen auftreten aber aufgrund der örtlichen Gegebenheiten besteht kein direkter Sichtkontakt zur Fläche der PV Anlage. Eine Beeinträchtigung von Anwohnern und Mitarbeitern im Sinne der LAI Lichtleitlinie kann mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden.

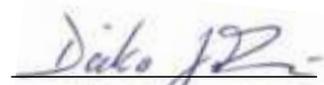
Es ist davon auszugehen, dass die theoretisch berechneten Reflexionen in der Praxis keine Blendwirkung entwickeln werden. Details zu den Ergebnissen an den jeweiligen Messpunkten finden sich in Abschnitt 4.

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

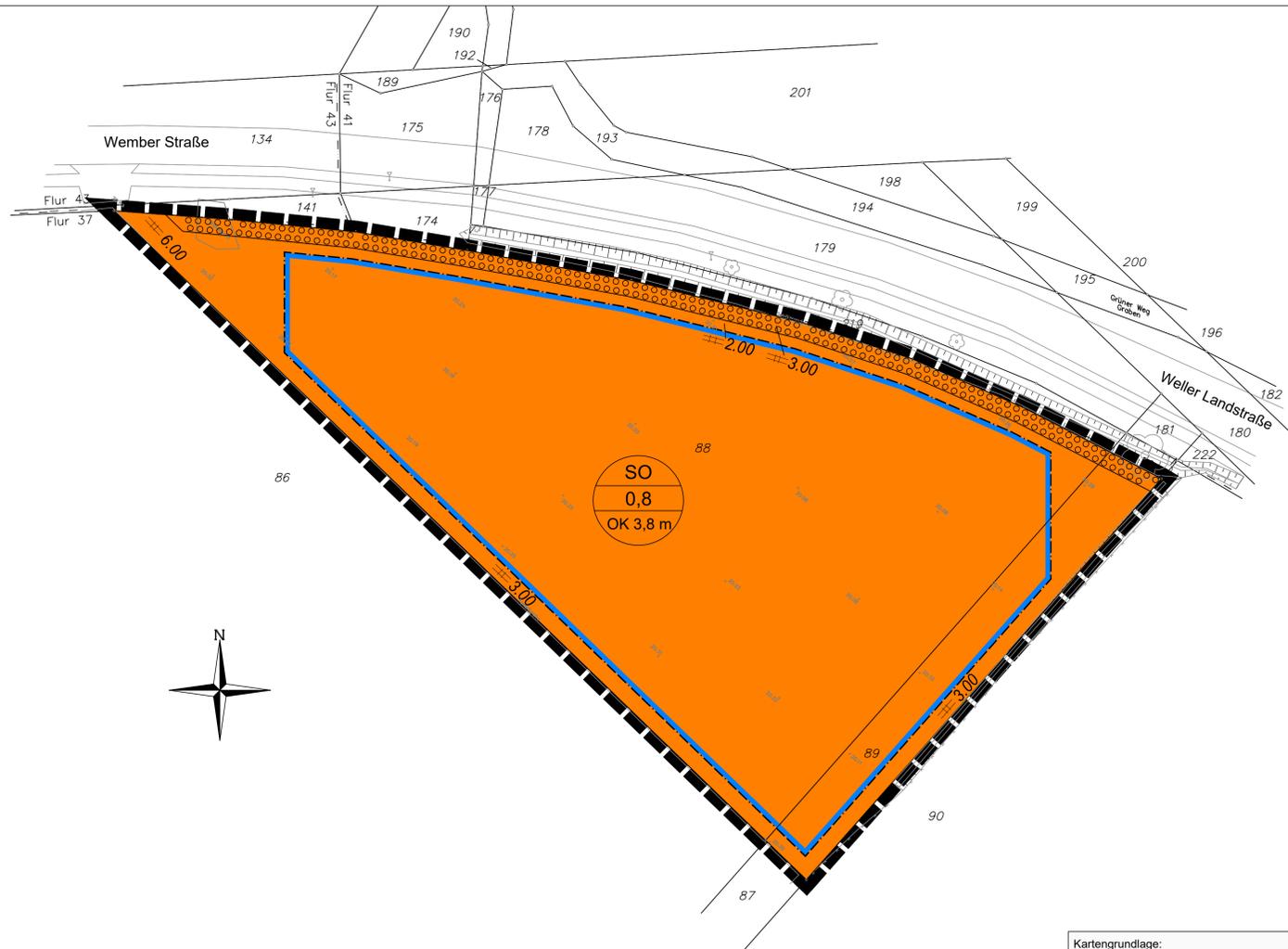
## 6 Schlussbemerkung

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 19.12.2022

  
Dieko Jacobi / SolPEG GmbH

<sup>12</sup> Die Klassifizierung entspricht den Wertebereichen der Simulationsergebnisse



**Kartengrundlage:**  
 Dipl.-Ing. Ulrich Hünerbein-Ahlers  
 ÖFFENTLICH BESTELLTER VERMESSUNGSINGENIEUR  
 Marktstraße 23 · 47623 Kevelaer  
 Tel: 02832-63111 E-mail: Vermessung@Huenerbein-Ahlers.de  
 Gemarkung: Kevelaer GB.-Nr.: 21298  
 Flur: 37 CAD: 21298  
 Flurstück: 88, 89 Datum: 30.09.2021

## Zeichenerklärung

Art der baulichen Nutzung (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 des Baugesetzbuches -BauGB-, §§ 1 bis 11 der Baunutzungsverordnung -BauNVO-)

Sonstiges Sondergebiet (SO)  
 Zweckbestimmung: "Solarpark" (PV-Anlage) gem. § 11 Abs. 2 BauNVO

Füllschema der Nutzungsschablone

Art der baulichen Nutzung  
 Grundflächenzahl (GRZ)  
 (Verhältnis der überbaubaren Fläche zur Grundstücksfläche)  
 Maximale Oberkante baulicher Anlagen

Bauweise, Baulinien, Baugrenzen (§ 9 Abs.1 Nr.2 BauGB, § 22 und 23 BauNVO)

Baugrenze

Planungen, Nutzungsregelungen, Maßnahmen und Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft (§ 9 Abs. 1 Nr. 20, 25a BauGB)

Umgrenzung von Flächen zum Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen

Sonstige Planzeichen

Grenze des räumlichen Geltungsbereiches des Bebauungsplanes (§ 9 Abs.7 BauGB)

Sonstige Signaturen

Flurgrenze  
 Flurstücksgrenze  
 375 Flurstücksnummer  
 +21.57 vorhandene Geländehöhen in Meter über Normalhöhennull (NNH)  
 Böschung  
 Baumbestand

### Festsetzungen gemäß § 9 Baugesetzbuch (BauGB)

#### 1. Art der baulichen Nutzung gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB

- 1.1 Im Geltungsbereich des Bebauungsplanes ist als besondere Art der baulichen Nutzung ein sonstiges Sondergebiet (SO) gem. § 11 Abs. 1 BauNVO mit der Zweckbestimmung „Solarpark“ festgesetzt. Es sind ausschließlich folgende Nutzungen zulässig:
- Anlagen zur Stromerzeugung aus Solarenergie (Photovoltaikanlagen)
  - Den unter Festsetzung 1.1.a) genannten Nutzungen dienende technische Nebenanlagen (z.B. Technikgebäude, Wechselrichter, Trafostationen, Mess- und Schalteinrichtungen etc.)
  - Zufahrten und Zuwegungen

#### 2. Maß der baulichen Nutzung gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB

- 2.1 Grundflächenzahl (GRZ) gemäß § 16 Abs. 2 Nr. 1 BauNVO im Geltungsbereich des Solarparks ist eine maximale GRZ von 0,8 zulässig.
- 2.2 Höhe baulicher Anlagen gemäß § 16 Abs. 2 Nr. 4 BauNVO Das Höchstmaß der baulichen Anlagen wird auf maximal 3,80 m und die Mindesthöhe der Unterkante der baulichen Anlagen (Solarmodule) auf 0,80 m festgelegt. Das natürliche Gelände stellt für die vorgenannten Höhen der baulichen Anlagen den maßgeblichen unteren Bezugspunkt dar.

#### 3. Führung von Versorgungsleitungen gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 13 BauGB

- 3.1 Die zum Betrieb und zur Nutzung des Solarparks notwendigen Leitungen sind unterirdisch zu verlegen.

#### 4. Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft / Fläche für das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 20 und 25a BauGB

- 4.1 Die Freiflächen unterhalb der Anlagen gemäß Festsetzung 1.1 a) sind als Grünland zu entwickeln und als extensive Mähwiese zu unterhalten. Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln oder das Ausbringen von Kunstdünger ist nicht zulässig.
- 4.2 Innerhalb der nach § 9 Abs. 1 Nr. 25a BauGB festgesetzten Fläche entlang der nördlichen Plangebietsgrenze ist eine Gehölzpflanzung aus heimischen, standortgerechten Gehölzen mit Untersaat in einem Pflanzraster von 1 m x 1 m anzulegen. Die Anpflanzung ist dauerhaft zu erhalten, bei Abgang sind Gehölze nachzupflanzen. Die Pflanzung der Sträucher soll je Art in Gruppen zu 3-4 Gehölzen erfolgen. Die Anpflanzhöhe des Pflanzgutes muss 1,25 m bis 1,50 m betragen. Es ist eine Anwachspflege von mindestens 3 Jahren zu gewährleisten. Abgängige Pflanzen sind gleichwertig nachzupflanzen.

### Hinweise

#### 1. Denkmalschutz / Archäologische Bodenfunde

Gemäß § 16 DSchG NW (Denkmalschutzgesetz) wird auf die Meldepflicht bei der Entdeckung von Bodendenkmälern hingewiesen. Beim Auftreten archäologischer Bodenfunde und Befunde ist die Wallfahrtsstadt Kevelaer (Untere Denkmalbehörde) oder das LVR Amt für Bodendenkmalpflege im Rheinland, Bonn unverzüglich zu informieren. Bodendenkmal und Fundstelle sind zunächst unverändert zu erhalten (§ 16 DSchG NW). Ergänzend zu beachten ist u.a. auch § 15 DSchG NW. Bei der Vergabe von Ausschachtungs-, Kanalisations- und Erschließungsaufträgen sowie bei der Erteilung von Baugenehmigungen sollen die Bauherren bzw. die ausführenden Baufirmen auf ihre Anzeigepflicht bei der Unteren Denkmalbehörde oder beim LVR hingewiesen werden.

#### 2. Kampfmittel

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Kampfmittel im Boden verblieben sind. Erdarbeiten sind mit entsprechender Vorsicht auszuführen. Sollten Kampfmittel gefunden werden, sind die Arbeiten sofort einzustellen und umgehend die Ordnungsbehörde, die nächstgelegene Polizeidienststelle oder der Kampfmittelbeseitigungsdienst der Bezirksregierung Düsseldorf zu benachrichtigen. Bei Erdarbeiten mit erheblichen mechanischen Belastungen wird eine Sicherheitsdetektion empfohlen.

### Rechtsgrundlagen

- Baugesetzbuch (BauGB)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 03. November 2017 (BGBl. I S. 3634), zuletzt geändert durch Gesetz vom 10.09.2021 (BGBl. I S. 4147).
- Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (Baunutzungsverordnung - BauNVO)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. November 2017 (BGBl. I S. 3786), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 14.06.2021 (BGBl. I S. 1802) m.W.v. 23.06.2021.
- Verordnung über die Ausarbeitung der Bauleitpläne und die Darstellung des Planinhalts (Planzeichenverordnung - PlanzV)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Dezember 1990 (BGBl. 1991 I S. 58), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 14.06.2021 (BGBl. I S. 1802).
- Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen - Landesbauordnung - (BauO NRW)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 21. Juli 2018 (GV. NRW. 2018 S. 421), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 14.09.2021 (GV NRW. S. 1086).
- Gemeindeordnung für das Land Nordrhein-Westfalen (GO NRW)** in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Juli 1994 (GV. NRW. S. 666), zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes vom 15. Dezember 2021 (GV. NRW. S. 1346).
- Verordnung über die öffentliche Bekanntmachung von kommunalem Ortsrecht (Bekanntmachungsverordnung - BekanntmVO)** vom 26. August 1999 (GV. NRW. S. 516), zuletzt geändert durch Verordnung vom 5.11.2015 (GV. NRW. S. 741).
- Nordrhein-westfälisches Denkmalschutzgesetz (Denkmalschutzgesetz - DSchG NRW)** vom 13.04.2022 (GV.NRW S. 662).

### Verfahrensvermerke

Der Ausschuss für Stadtentwicklung und Wirtschaftsförderung des Rates der Wallfahrtsstadt Kevelaer hat gemäß § 2 BauGB am \_\_\_\_\_ die Aufstellung dieses Bebauungsplans sowie gemäß der §§ 3 und 4 BauGB die Beteiligung der Öffentlichkeit und der Behörden beschlossen. Der Beschluss ist am \_\_\_\_\_ ortsüblich bekannt gemacht worden.

Der Entwurf des Bebauungsplans hat gemäß § 3 Abs. 2 BauGB nach ortsüblicher Bekanntmachung am \_\_\_\_\_ in der Zeit vom \_\_\_\_\_ bis einschließlich \_\_\_\_\_ öffentlich ausgelegen. Die Behörden und sonstigen Träger öffentlicher Belange sind gemäß § 4 Abs. 2 BauGB in der Zeit vom \_\_\_\_\_ bis einschließlich \_\_\_\_\_ beteiligt worden.

Der Rat der Wallfahrtsstadt Kevelaer hat diesen Bebauungsplan gemäß § 10 Abs. 1 BauGB am \_\_\_\_\_ als Satzung beschlossen. Der Satzungsbeschluss sowie die öffentliche Auslegung dieses Bebauungsplans mit der Begründung sind gemäß § 10 Abs. 3 BauGB am \_\_\_\_\_ ortsüblich bekannt gemacht worden. Auf die Rechtsfolgen der §§ 44 Abs. 3 Satz 1 und 2 und Abs. 4 und 215 Abs. 1 BauGB sowie § 7 Abs. 6 GO NRW ist hingewiesen worden.

Der Bebauungsplan hat am \_\_\_\_\_ Rechtskraft erlangt.

Kevelaer, \_\_\_\_\_  
 Der Bürgermeister

# WALLFAHRTSSTADT KEVELAER



## V O R E N T W U R F

Bebauungsplan Kevelaer Nr. 102  
 (Solarpark Wember Straße in Kevelaer)

### Übersichtsplan Ausschnitt



Maßstab: 1: 500  
 Datum: 28.07.2022  
 Plangröße: 760 x 900

Gemarkung Kevelaer  
 Flur 37



Planverfasser:

**atelier stadt & haus**  
 Geodätin für Stadt- und Bauleitplanung mit  
 Hofstraße 20 Telefon: 02 01 / 960 513 - 00  
 46144 Kevelaer Telefon: 02 01 / 960 513 - 99  
 mail@atelier-stadt-und-haus.de www.atelier-stadt-und-haus.de



**HIGH PERFORMANCE  
MONOCRYSTALLINE PERC MODULE**



**RSM110-8-530M-550M**

|  |  |
|--|--|
| <b>110 CELL</b><br>Mono PERC Module      | <b>530-550Wp</b><br>Power Output Range |
| <b>1500VDC</b><br>Maximum System Voltage | <b>21.0%</b><br>Maximum Efficiency     |

**KEY SALIENT FEATURES**

- Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing
- Industry leading lowest thermal co-efficient of power
- Industry leading 12 years product warranty
- Excellent low irradiance performance
- Excellent PID resistance
- Positive tight power tolerance
- Dual stage 100% EL Inspection warranting defect-free product
- Module imp binning radically reduces string mismatch losses
- Warranted reliability and stringent quality assurances well beyond certified requirements
- Certified to withstand severe environmental conditions
  - Anti-reflective & anti-soiling surface minimise power loss from dirt and dust
  - Severe salt mist, ammonia & blown sand resistance, for seaside, farm and desert environments
  - Excellent mechanical resistance: wind load 2400Pa & snow load 5400Pa



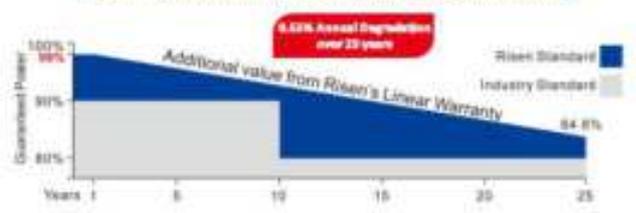
**RISEN ENERGY CO., LTD.**

Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, compels value generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovation, underpinned by consummate quality and support, encircle Risen Energy's total Solar PV business solutions which are among the most powerful and cost-effective in the industry. With local market presence and strong financial bankability status, we are committed, and able, to building strategic, mutually beneficial collaborations with our partners, as together we capitalise on the rising value of green energy.

Tashan Industry Zone, Meilin, Ninghai 315609, Ningbo | PRC  
Tel: +86-574-59953239 Fax: +86-574-59953599  
E-mail: marketing@risenenenergy.com Website: www.risenenergy.com



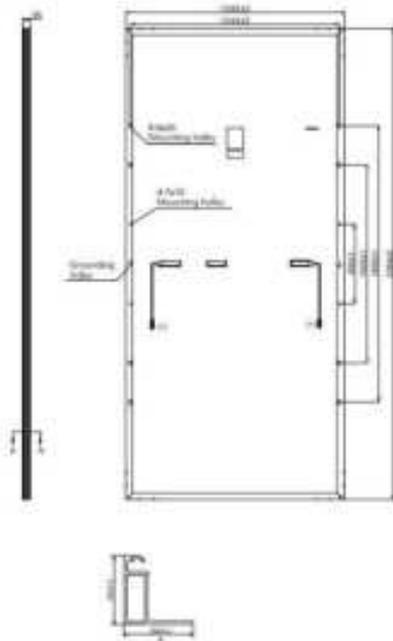
**LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**  
12 year Product Warranty / 25 year Linear Power Warranty



\* Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd.

THE POWER OF RISING VALUE

### Dimensions of PV Module



### ELECTRICAL DATA (STC)

| Model Number                  | RSM110-8-530M | RSM110-8-535M | RSM110-8-540M | RSM110-8-545M | RSM110-8-550M |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Rated Power in Watts-Pmax(Wp) | 530           | 535           | 540           | 545           | 550           |
| Open Circuit Voltage-Voc(V)   | 37.38         | 37.58         | 37.78         | 38.02         | 38.24         |
| Short Circuit Current-Isc(A)  | 18.08         | 18.13         | 18.18         | 18.23         | 18.28         |
| Maximum Power Voltage-Vmp(V)  | 31.06         | 31.26         | 31.46         | 31.66         | 31.86         |
| Maximum Power Current-Imp(A)  | 17.07         | 17.12         | 17.17         | 17.22         | 17.27         |
| Module Efficiency (%) *       | 20.3          | 20.5          | 20.7          | 20.9          | 21.0          |

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

\* Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

### ELECTRICAL DATA (NMOT)

| Model Number                  | RSM110-8-530M | RSM110-8-535M | RSM110-8-540M | RSM110-8-545M | RSM110-8-550M |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Maximum Power-Pmax (Wp)       | 401.5         | 405.3         | 409.0         | 412.8         | 416.7         |
| Open Circuit Voltage-Voc (V)  | 34.76         | 34.95         | 35.14         | 35.36         | 35.56         |
| Short Circuit Current-Isc (A) | 14.83         | 14.87         | 14.91         | 14.95         | 14.99         |
| Maximum Power Voltage-Vmp (V) | 28.82         | 29.01         | 29.19         | 29.38         | 29.57         |
| Maximum Power Current-Imp (A) | 13.93         | 13.97         | 14.01         | 14.05         | 14.09         |

NMOT: Irradiance at 600 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

### MECHANICAL DATA

|                    |   |
|--------------------|---|
| Solar cells        | Monocrystalline   |
| Cell configuration | 110 cells (5×11+5×11)   |
| Module dimensions  | 2384×1096×35mm  |
| Weight             | 29kg  |
| Superstrate        | High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass                                     |
| Substrate          | White Back-sheet  |
| Frame              | Anodized Aluminium Alloy type 6005-2T6, Silver Color                                |
| J-Box              | Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes                                     |
| Cables             | 4.0mm <sup>2</sup> (12AWG), Positive(+)350mm, Negative(-)350mm (Connector Included) |
| Connector          | Risen Twinsel PV-SY02, IP68   |

### TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

|   |             |
|---|-------------|
| Nominal Module Operating Temperature (NMOT) | 44°C±2°C    |
| Temperature Coefficient of Voc              | -0.25%/°C   |
| Temperature Coefficient of Isc              | 0.04%/°C    |
| Temperature Coefficient of Pmax             | -0.34%/°C   |
| Operational Temperature                     | -40°C~+85°C |
| Maximum System Voltage                      | 1500VDC     |
| Max Series Fuse Rating                      | 30A         |
| Limiting Reverse Current                    | 30A         |

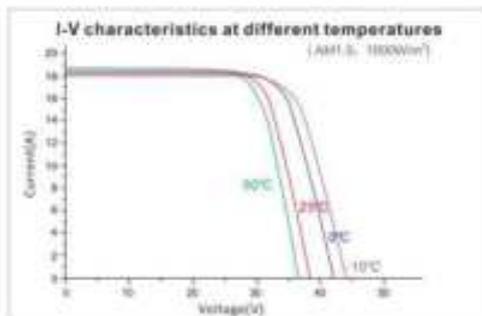
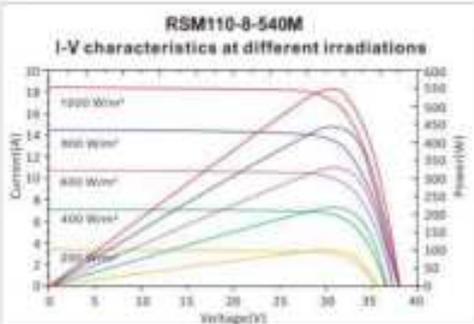
### PACKAGING CONFIGURATION

|  |                |
|--|----------------|
|  | 40ft(HQ)       |
| Number of modules per container        | 620            |
| Number of modules per pallet           | 31             |
| Number of pallets per container        | 20             |
| Packaging box dimensions (LxWxH) in mm | 2401×1115×1235 |
| Box gross weight[kg]                   | 950            |

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

©2021 Risen Energy. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

THE POWER OF RISING VALUE



### Our Partners:



# Kevelaar

## Kevelaar\_West

**Created** Dec. 18, 2022  
**Updated** Dec. 18, 2022  
**Time-step** 1 minute  
**Timezone offset** UTC+1  
**Site ID** 81326.14385

**Project type** Basic  
**Project status:** active  
**Category** 500 kW to 1 MW  
**(1,000 kW / 32,400 m<sup>2</sup> limit)**



### 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 | 15.0 | 270.0       | 4,467         | 5,913          | -               |

## Component Data

### PV Array(s)

Total PV footprint area: 8,813 m<sup>2</sup>

**Name:** PV Feld

**Footprint area:** 8,813 m<sup>2</sup>

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

**Tilt:** 15.0 deg

**Orientation:** 270.0 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      | 51.575845 | 6.218435  | 20.17            | 1.50                | 21.67           |
| 2      | 51.575832 | 6.219272  | 20.23            | 1.50                | 21.73           |
| 3      | 51.575692 | 6.220280  | 20.56            | 1.50                | 22.06           |
| 4      | 51.575512 | 6.220870  | 20.68            | 1.50                | 22.18           |
| 5      | 51.575329 | 6.220843  | 20.54            | 1.50                | 22.04           |
| 6      | 51.574859 | 6.220162  | 20.47            | 1.50                | 21.97           |

### Discrete Observation Receptors

| Number | Latitude  | Longitude | Ground elevation | Height above ground | Total Elevation |
|--------|-----------|-----------|------------------|---------------------|-----------------|
|        | deg       | deg       | m                | m                   | m               |
| OP 1   | 51.575281 | 6.222474  | 20.55            | 2.00                | 22.55           |
| OP 2   | 51.575928 | 6.220082  | 21.02            | 2.00                | 23.02           |
| OP 3   | 51.575995 | 6.218065  | 21.01            | 2.00                | 23.01           |
| OP 4   | 51.575168 | 6.221627  | 21.25            | 2.00                | 23.25           |
| OP 5   | 51.575375 | 6.214675  | 22.02            | 2.00                | 24.02           |

## Summary of PV Glare Analysis

*PV configuration and total predicted glare*

| <b>PV Name</b> | <b>Tilt</b> | <b>Orientation</b> | <b>"Green" Glare</b> | <b>"Yellow" Glare</b> | <b>Energy Produced</b> | <b>Data File</b> |
|----------------|-------------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|------------------|
|                | <b>deg</b>  | <b>deg</b>         | <b>min</b>           | <b>min</b>            | <b>kWh</b>             |                  |
| PV Feld        | 15.0        | 270.0              | 4,467                | 5,913                 | -                      |                  |

### Distinct glare per month

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

| <b>PV</b>        | <b>Jan</b> | <b>Feb</b> | <b>Mar</b> | <b>Apr</b> | <b>May</b> | <b>Jun</b> | <b>Jul</b> | <b>Aug</b> | <b>Sep</b> | <b>Oct</b> | <b>Nov</b> | <b>Dec</b> |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| pv-feld (green)  | 139        | 119        | 240        | 261        | 662        | 666        | 657        | 423        | 204        | 210        | 137        | 145        |
| pv-feld (yellow) | 882        | 645        | 500        | 565        | 14         | 0          | 0          | 360        | 608        | 541        | 816        | 940        |

## PV & Receptor Analysis Results

*Results for each PV array and receptor*

### PV Feld potential temporary after-image

| <b>Component</b> | <b>Green glare (min)</b> | <b>Yellow glare (min)</b> |
|------------------|--------------------------|---------------------------|
| OP: OP 1         | 0                        | 0                         |
| OP: OP 2         | 1147                     | 3848                      |
| OP: OP 3         | 1368                     | 2065                      |
| OP: OP 4         | 0                        | 0                         |
| OP: OP 5         | 1952                     | 0                         |

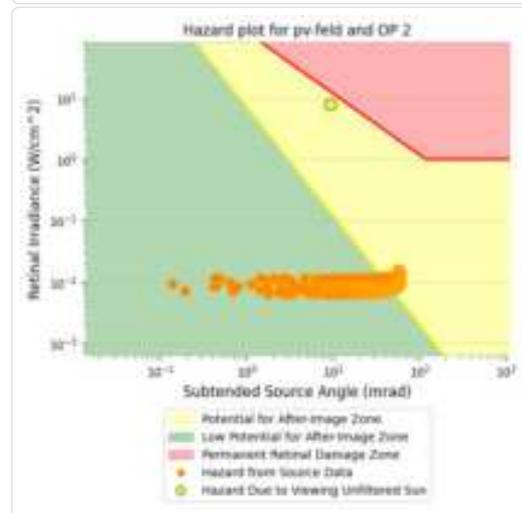
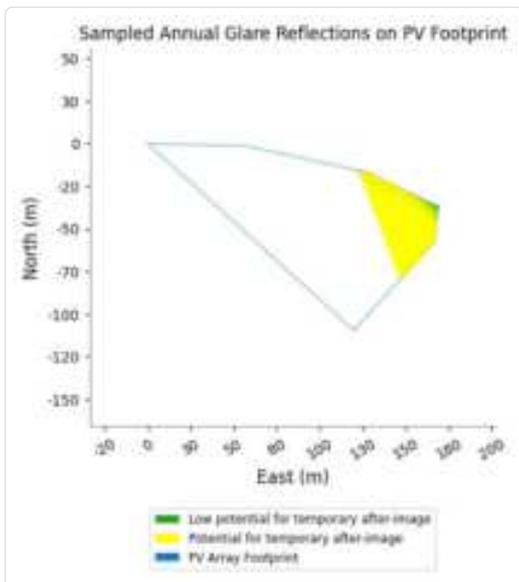
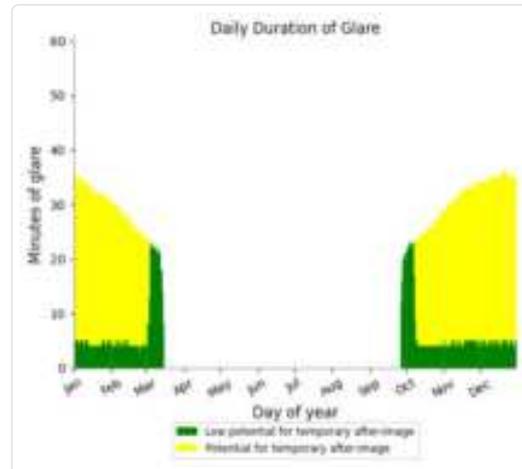
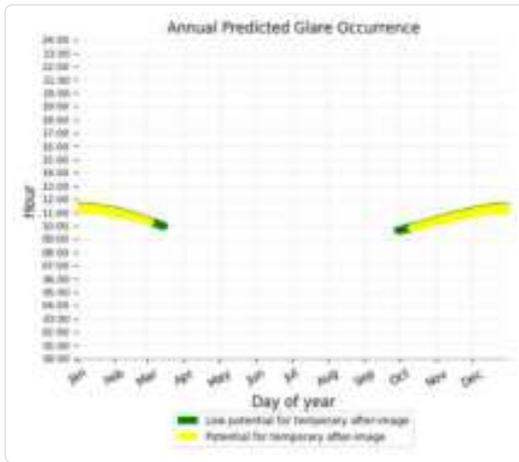
### PV Feld - OP Receptor (OP 1)

*No glare found*

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

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

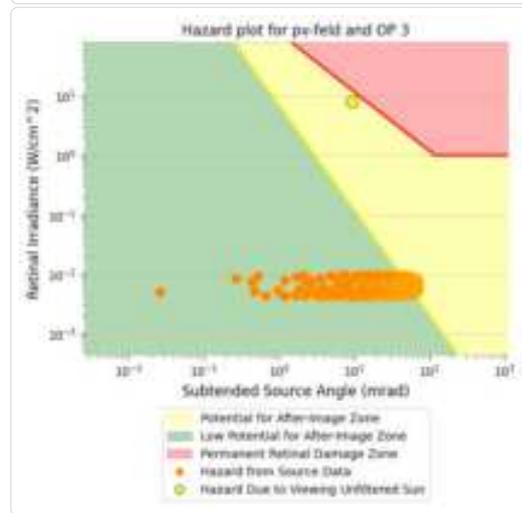
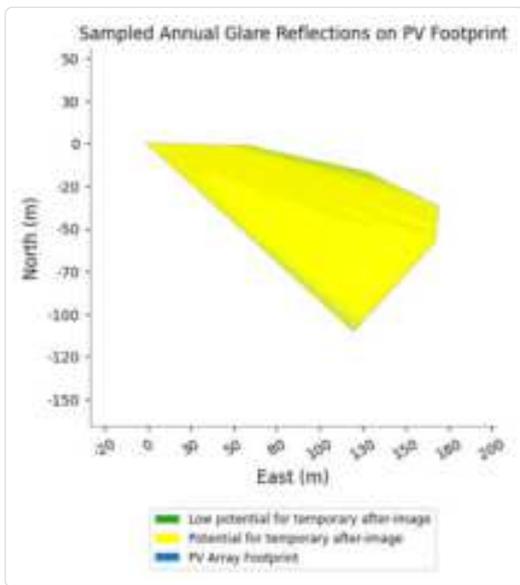
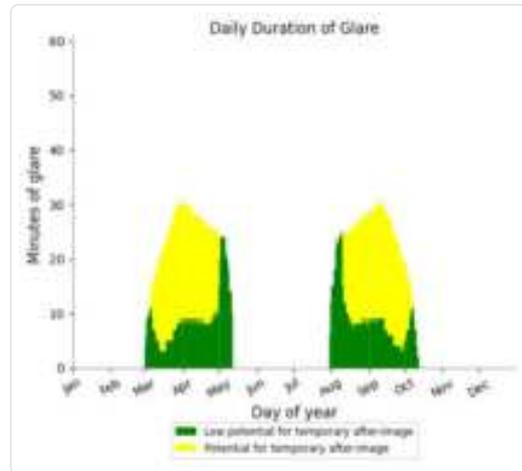
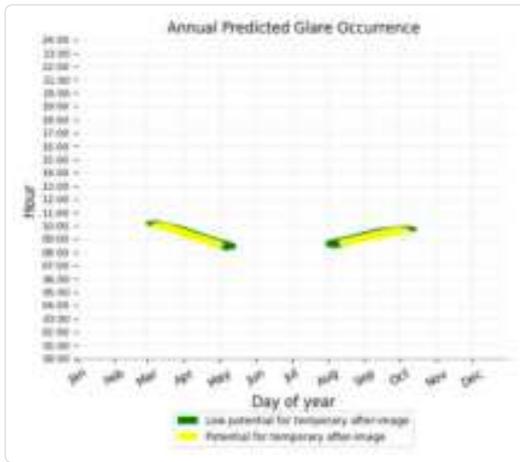
- 1,147 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 3,848 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



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

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

- 1,368 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 2,065 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



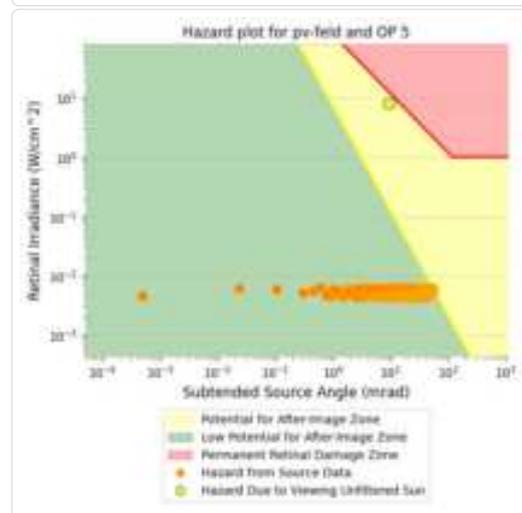
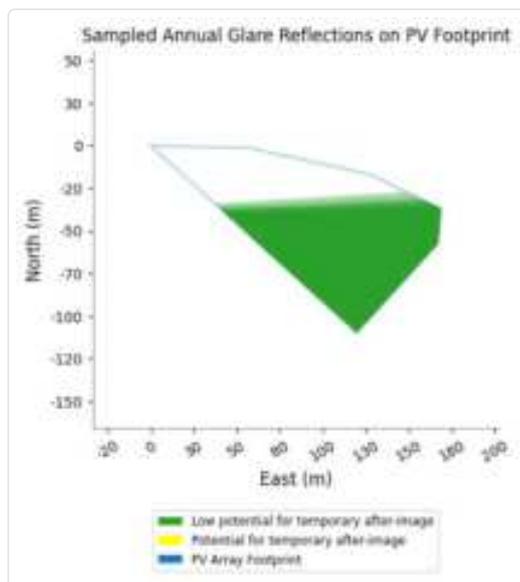
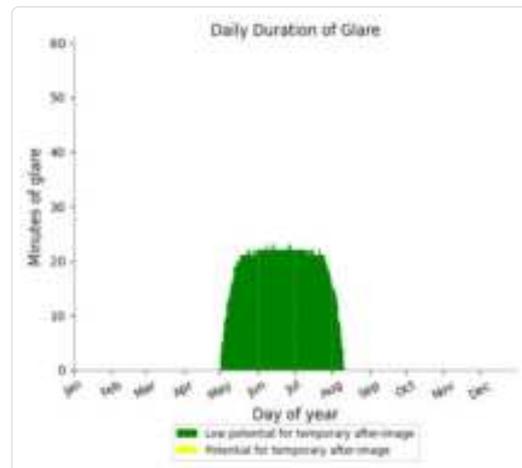
### PV Feld - OP Receptor (OP 4)

No glare found

## PV Feld - OP Receptor (OP 5)

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

- 1,952 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 0 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



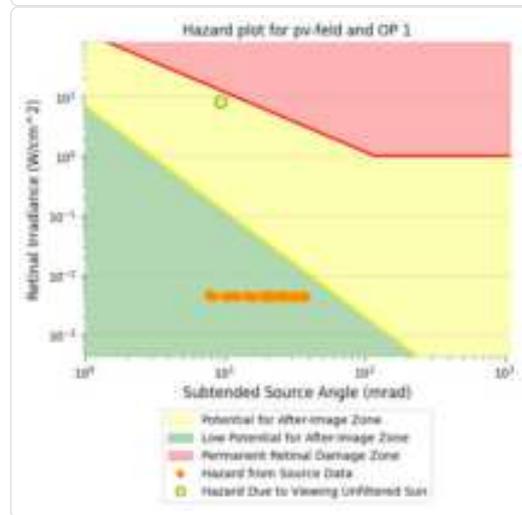
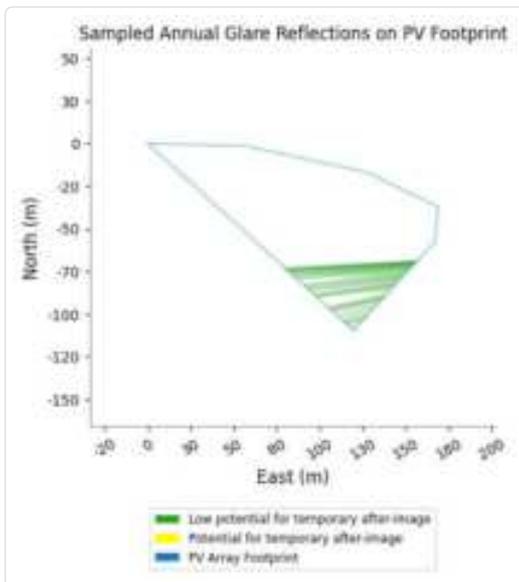
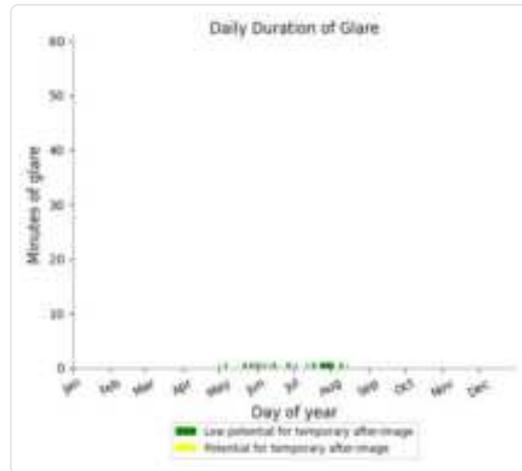
## Assumptions

- 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.

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

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

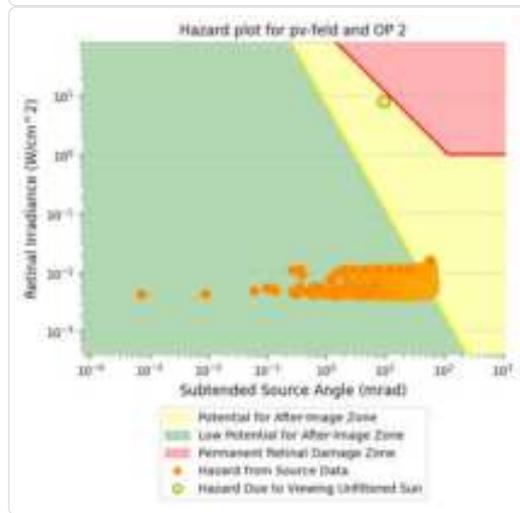
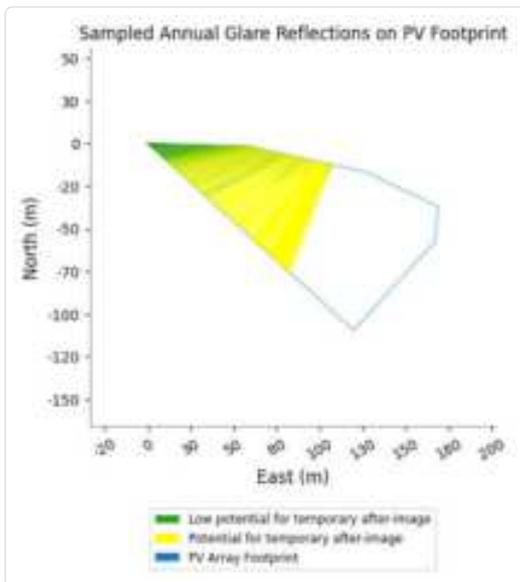
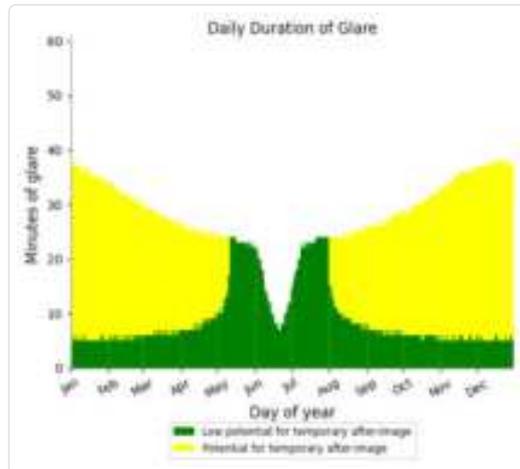
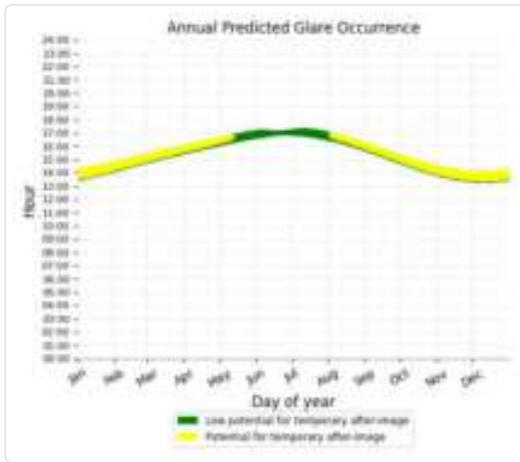
- 36 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 0 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



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

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

- 3,417 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 6,724 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



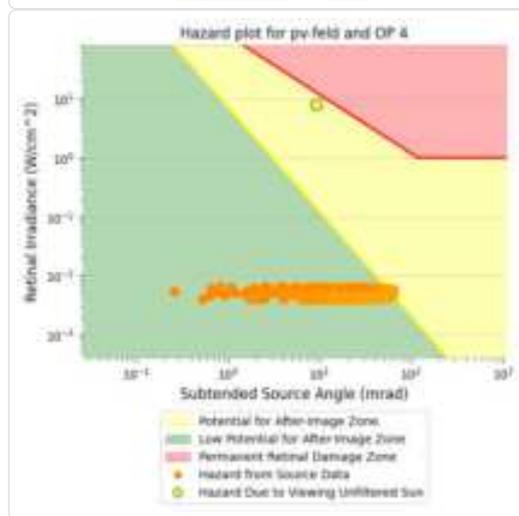
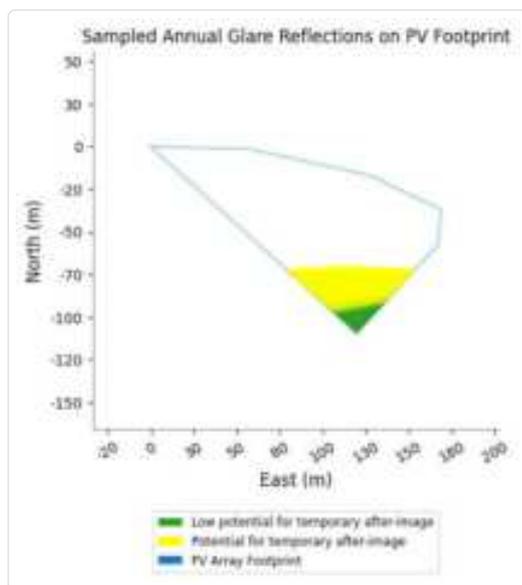
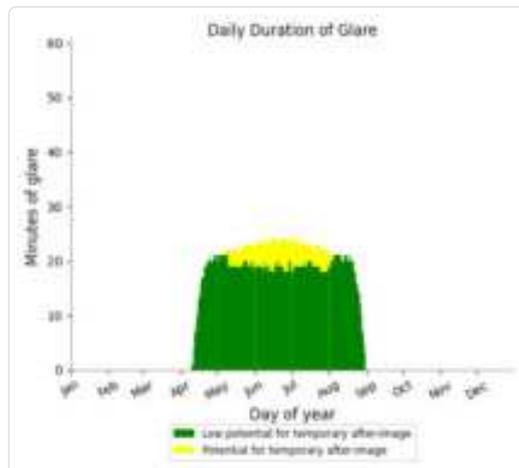
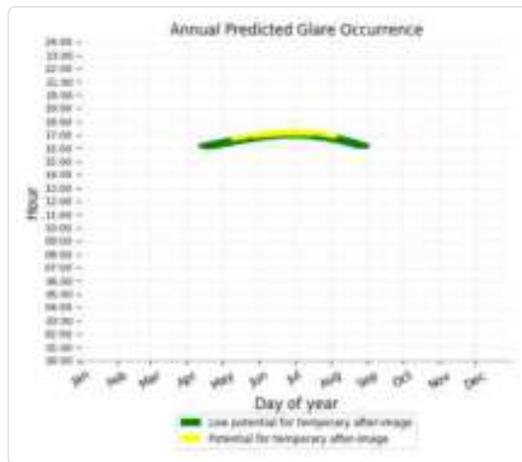
### PV Feld - OP Receptor (OP 3)

No glare found

## PV Feld - OP Receptor (OP 4)

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

- 2,616 minutes of "green" glare with low potential to cause temporary after-image.
- 351 minutes of "yellow" glare with potential to cause temporary after-image.



## PV Feld - OP Receptor (OP 5)

No glare found

## Assumptions

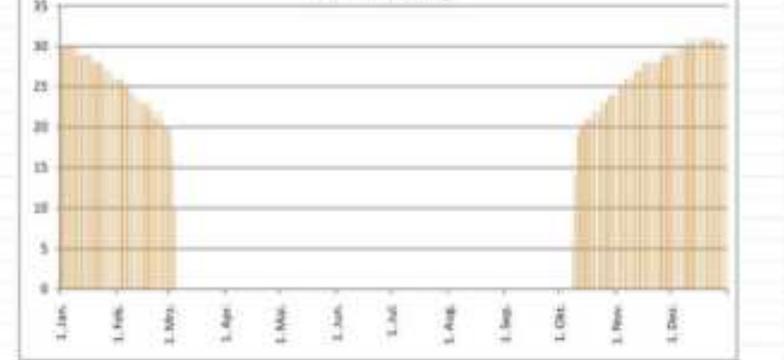
- Times associated with glare are denoted in Standard time. For Daylight Savings, add one hour.
- Glare analyses do not automatically account for physical obstructions between reflectors and receptors. This includes buildings, tree cover and geographic obstructions.
- Detailed system geometry is not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

| Datum               | Comsol Irradiance | DNI (W/m²) | Ocular Hazard # | Reflectivity | Retinal Irradiance | Subretinal Glare Angle | Altitude | Sun Azimuth | Sun Position | Sun Position | Sun Position | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Reflected Sun Vector | Tag      | Anzahl | Minuten |                     | Anfang | Ende |
|---------------------|-------------------|------------|-----------------|--------------|--------------------|------------------------|----------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|--------|---------|---------------------|--------|------|
|                     |                   |            |                 |              |                    |                        |          |             |              |              |              |                      |                      |                      |          |        | Minuten | Minuten im Zeitraum |        |      |
| 2022-01-01 11:04:00 | 0,012043          | 917,5809   | 2               | 0,305942     | 0,015922           | 0,056124               | 12,6     | 157,7       | 0,371        | -0,903       | 0,217        | -0,43                | 0,903                | 0,903                | 1. Jan.  | 30     | 11:04   | 11:33               |        |      |
| 2022-01-01 11:05:00 | 0,012559          | 919,3067   | 2               | 0,302404     | 0,015768           | 0,056782               | 12,6     | 157,9       | 0,367        | -0,904       | 0,218        | -0,427               | 0,904                | 0,906                | 2. Jan.  | 30     | 11:04   | 11:33               |        |      |
| 2022-01-01 11:06:00 | 0,012532          | 921,0009   | 2               | 0,298902     | 0,015615           | 0,057198               | 12,7     | 158,1       | 0,363        | -0,905       | 0,219        | -0,424               | 0,905                | 0,908                | 3. Jan.  | 30     | 11:03   | 11:32               |        |      |
| 2022-01-01 11:07:00 | 0,012468          | 922,694    | 2               | 0,295492     | 0,015464           | 0,057576               | 12,7     | 158,4       | 0,36         | -0,907       | 0,22         | -0,422               | 0,907                | 0,911                | 4. Jan.  | 30     | 11:04   | 11:33               |        |      |
| 2022-01-01 11:08:00 | 0,0124            | 924,3815   | 2               | 0,292115     | 0,015315           | 0,057917               | 12,8     | 158,6       | 0,356        | -0,908       | 0,221        | -0,419               | 0,908                | 0,914                | 5. Jan.  | 30     | 11:03   | 11:32               |        |      |
| 2022-01-01 11:09:00 | 0,012326          | 926,0115   | 2               | 0,288789     | 0,015168           | 0,058216               | 12,8     | 158,8       | 0,352        | -0,909       | 0,222        | -0,416               | 0,909                | 0,916                | 6. Jan.  | 30     | 11:04   | 11:33               |        |      |
| 2022-01-01 11:10:00 | 0,012246          | 927,644    | 2               | 0,285555     | 0,015022           | 0,058476               | 12,9     | 159,1       | 0,349        | -0,91        | 0,223        | -0,413               | 0,91                 | 0,919                | 7. Jan.  | 30     | 11:03   | 11:32               |        |      |
| 2022-01-01 11:11:00 | 0,012162          | 929,259    | 2               | 0,282229     | 0,014878           | 0,058694               | 13       | 159,3       | 0,345        | -0,912       | 0,224        | -0,411               | 0,912                | 0,922                | 8. Jan.  | 29     | 11:04   | 11:32               |        |      |
| 2022-01-01 11:12:00 | 0,012073          | 930,8565   | 2               | 0,279115     | 0,014736           | 0,058875               | 13       | 159,5       | 0,341        | -0,913       | 0,225        | -0,408               | 0,913                | 0,924                | 9. Jan.  | 30     | 11:03   | 11:31               |        |      |
| 2022-01-01 11:13:00 | 0,011978          | 932,4363   | 2               | 0,275989     | 0,014596           | 0,059017               | 13,1     | 159,7       | 0,337        | -0,914       | 0,226        | -0,405               | 0,914                | 0,927                | 10. Jan. | 29     | 11:03   | 11:31               |        |      |
| 2022-01-01 11:14:00 | 0,01188           | 933,9985   | 2               | 0,27291      | 0,014457           | 0,059118               | 13,1     | 160         | 0,334        | -0,915       | 0,227        | -0,403               | 0,915                | 0,93                 | 11. Jan. | 29     | 11:03   | 11:31               |        |      |
| 2022-01-01 11:15:00 | 0,011776          | 935,543    | 2               | 0,269878     | 0,01432            | 0,059179               | 13,2     | 160,2       | 0,33         | -0,916       | 0,228        | -0,4                 | 0,916                | 0,932                | 12. Jan. | 29     | 11:02   | 11:30               |        |      |
| 2022-01-01 11:16:00 | 0,011668          | 937,0699   | 2               | 0,266893     | 0,014185           | 0,059199               | 13,2     | 160,4       | 0,326        | -0,917       | 0,229        | -0,397               | 0,917                | 0,935                | 13. Jan. | 29     | 11:03   | 11:31               |        |      |
| 2022-01-01 11:17:00 | 0,011554          | 938,579    | 2               | 0,263953     | 0,014051           | 0,059176               | 13,3     | 160,7       | 0,322        | -0,918       | 0,23         | -0,394               | 0,918                | 0,938                | 14. Jan. | 29     | 11:02   | 11:30               |        |      |
| 2022-01-01 11:18:00 | 0,011438          | 940,0704   | 2               | 0,261058     | 0,013919           | 0,059107               | 13,3     | 160,9       | 0,319        | -0,919       | 0,23         | -0,391               | 0,919                | 0,94                 | 15. Jan. | 29     | 11:01   | 11:29               |        |      |
| 2022-01-01 11:19:00 | 0,011312          | 941,5441   | 2               | 0,258206     | 0,013789           | 0,058986               | 13,4     | 161,1       | 0,315        | -0,921       | 0,231        | -0,388               | 0,921                | 0,943                | 16. Jan. | 29     | 11:01   | 11:29               |        |      |
| 2022-01-01 11:20:00 | 0,011181          | 942,9999   | 2               | 0,255398     | 0,01366            | 0,058803               | 13,4     | 161,4       | 0,311        | -0,922       | 0,232        | -0,385               | 0,922                | 0,946                | 17. Jan. | 29     | 11:00   | 11:28               |        |      |
| 2022-01-01 11:21:00 | 0,011043          | 944,4379   | 2               | 0,252633     | 0,013533           | 0,058553               | 13,5     | 161,6       | 0,307        | -0,923       | 0,233        | -0,383               | 0,923                | 0,948                | 18. Jan. | 28     | 11:00   | 11:27               |        |      |
| 2022-01-01 11:22:00 | 0,010896          | 945,8581   | 2               | 0,24991      | 0,013407           | 0,058223               | 13,5     | 161,8       | 0,303        | -0,924       | 0,234        | -0,38                | 0,924                | 0,951                | 19. Jan. | 28     | 11:00   | 11:27               |        |      |
| 2022-01-01 11:23:00 | 0,010738          | 947,2603   | 2               | 0,247228     | 0,013283           | 0,057794               | 13,6     | 162         | 0,3          | -0,925       | 0,235        | -0,377               | 0,925                | 0,953                | 20. Jan. | 28     | 10:59   | 11:26               |        |      |
| 2022-01-01 11:24:00 | 0,010568          | 948,6447   | 2               | 0,244587     | 0,01316            | 0,057244               | 13,6     | 162,3       | 0,296        | -0,926       | 0,236        | -0,374               | 0,926                | 0,956                | 21. Jan. | 28     | 10:58   | 11:25               |        |      |
| 2022-01-01 11:25:00 | 0,010378          | 950,0112   | 2               | 0,241986     | 0,013039           | 0,056555               | 13,7     | 162,5       | 0,292        | -0,927       | 0,236        | -0,371               | 0,927                | 0,959                | 22. Jan. | 28     | 10:58   | 11:25               |        |      |
| 2022-01-01 11:26:00 | 0,010184          | 951,3596   | 2               | 0,239424     | 0,012919           | 0,055558               | 13,7     | 162,7       | 0,288        | -0,928       | 0,237        | -0,368               | 0,928                | 0,961                | 23. Jan. | 28     | 10:57   | 11:24               |        |      |
| 2022-01-01 11:27:00 | 0,009972          | 952,6901   | 2               | 0,236901     | 0,012801           | 0,05432                | 13,8     | 163         | 0,284        | -0,929       | 0,238        | -0,365               | 0,929                | 0,964                | 24. Jan. | 27     | 10:56   | 11:23               |        |      |
| 2022-01-01 11:28:00 | 0,009747          | 954,0026   | 2               | 0,234416     | 0,012684           | 0,05294                | 13,8     | 163,2       | 0,281        | -0,93        | 0,239        | -0,362               | 0,93                 | 0,966                | 25. Jan. | 27     | 10:55   | 11:21               |        |      |
| 2022-01-01 11:29:00 | 0,009511          | 955,2971   | 2               | 0,231969     | 0,012569           | 0,051423               | 13,8     | 163,4       | 0,277        | -0,931       | 0,239        | -0,359               | 0,931                | 0,969                | 26. Jan. | 27     | 10:55   | 11:21               |        |      |
| 2022-01-01 11:30:00 | 0,009264          | 956,5734   | 2               | 0,229559     | 0,012455           | 0,049846               | 13,9     | 163,7       | 0,273        | -0,932       | 0,24         | -0,356               | 0,932                | 0,971                | 27. Jan. | 27     | 10:54   | 11:20               |        |      |
| 2022-01-01 11:31:00 | 0,009016          | 957,8318   | 2               | 0,227185     | 0,012342           | 0,047882               | 13,9     | 163,9       | 0,269        | -0,933       | 0,241        | -0,353               | 0,933                | 0,974                | 28. Jan. | 27     | 10:53   | 11:19               |        |      |
| 2022-01-01 11:32:00 | 0,008763          | 959,0772   | 2               | 0,224847     | 0,012231           | 0,044881               | 14       | 164,1       | 0,265        | -0,933       | 0,241        | -0,35                | 0,933                | 0,977                | 29. Jan. | 26     | 10:52   | 11:17               |        |      |
| 2022-01-01 11:33:00 | 0,008506          | 960,294    | 2               | 0,222545     | 0,012121           | 0,041812               | 14       | 164,4       | 0,261        | -0,934       | 0,242        | -0,347               | 0,934                | 0,979                | 30. Jan. | 26     | 10:51   | 11:16               |        |      |
| 2022-01-01 11:34:00 | 0,008245          | 961,498    | 3               | 0,220277     | 0,012013           | 0,037181               | 14,1     | 164,6       | 0,258        | -0,935       | 0,243        | -0,345               | 0,935                | 0,982                | 31. Jan. | 26     | 10:51   | 11:16               |        |      |
| 2022-01-01 11:35:00 | 0,007979          | 962,6837   | 3               | 0,218044     | 0,011906           | 0,032093               | 14,1     | 164,8       | 0,254        | -0,936       | 0,244        | -0,342               | 0,936                | 0,984                | 1. Feb.  | 26     | 10:49   | 11:14               |        |      |
| 2022-01-01 11:36:00 | 0,007707          | 963,8512   | 3               | 0,215844     | 0,011801           | 0,027319               | 14,1     | 165,1       | 0,25         | -0,937       | 0,244        | -0,339               | 0,937                | 0,987                | 2. Feb.  | 26     | 10:48   | 11:13               |        |      |
| 2022-01-01 11:37:00 | 0,007429          | 965,0006   | 3               | 0,213677     | 0,011695           | 0,022515               | 14,2     | 165,3       | 0,246        | -0,938       | 0,245        | -0,336               | 0,938                | 0,989                | 3. Feb.  | 26     | 10:47   | 11:12               |        |      |
| 2022-01-01 11:38:00 | 0,007146          | 966,1316   | 3               | 0,211543     | 0,011592           | 0,017675               | 14,2     | 165,5       | 0,242        | -0,939       | 0,246        | -0,332               | 0,939                | 0,992                | 4. Feb.  | 25     | 10:46   | 11:10               |        |      |
| 2022-01-02 11:04:00 | 0,012583          | 917,5208   | 2               | 0,303665     | 0,015803           | 0,06655                | 12,6     | 157,7       | 0,371        | -0,903       | 0,217        | -0,43                | 0,903                | 0,903                | 5. Feb.  | 25     | 10:45   | 11:09               |        |      |
| 2022-01-02 11:05:00 | 0,012528          | 919,2338   | 2               | 0,300152     | 0,015649           | 0,066991               | 12,7     | 157,9       | 0,367        | -0,904       | 0,22         | -0,428               | 0,904                | 0,907                | 6. Feb.  | 25     | 10:43   | 11:07               |        |      |
| 2022-01-02 11:06:00 | 0,012467          | 920,9296   | 2               | 0,296682     | 0,015497           | 0,067391               | 12,7     | 158,1       | 0,364        | -0,905       | 0,221        | -0,425               | 0,905                | 0,909                | 7. Feb.  | 25     | 10:43   | 11:07               |        |      |
| 2022-01-02 11:07:00 | 0,012403          | 922,6081   | 2               | 0,293285     | 0,015347           | 0,067754               | 12,8     | 158,3       | 0,36         | -0,906       | 0,222        | -0,422               | 0,906                | 0,912                | 8. Feb.  | 24     | 10:42   | 11:05               |        |      |
| 2022-01-02 11:08:00 | 0,012333          | 924,2693   | 2               | 0,289931     | 0,015199           | 0,068079               | 12,9     | 158,6       | 0,356        | -0,908       | 0,223        | -0,42                | 0,908                | 0,915                | 9. Feb.  | 24     | 10:41   | 11:04               |        |      |
| 2022-01-02 11:09:00 | 0,012254          | 925,9132   | 2               | 0,286628     | 0,015053           | 0,068362               | 12,9     | 158,8       | 0,352        | -0,909       | 0,224        | -0,417               | 0,909                | 0,917                | 10. Feb. | 24     | 10:39   | 11:02               |        |      |
| 2022-01-02 11:10:00 | 0,012173          | 927,5397   | 2               | 0,283376     | 0,014908           | 0,068604               | 13       | 159         | 0,349        | -0,91        | 0,225        | -0,414               | 0,91                 | 0,92                 | 11. Feb. | 24     | 10:38   | 11:01               |        |      |
| 2022-01-02 11:11:00 | 0,012086          | 929,1489   | 2               | 0,280173     | 0,014765           | 0,068807               | 13       | 159,3       | 0,345        | -0,911       | 0,225        | -0,412               | 0,911                | 0,923                | 12. Feb. | 23     | 10:37   | 10:59               |        |      |
| 2022-01-02 11:12:00 | 0,011995          | 930,7407   | 2               | 0,277002     | 0,014624           | 0,068973               | 13,1     | 159,5       | 0,341        | -0,912       | 0,226        | -0,409               | 0,912                | 0,925                | 13. Feb. | 23     | 10:36   | 10:58               |        |      |
| 2022-01-02 11:13:00 | 0,011899          | 932,315    | 2               | 0,273914     | 0,014484           | 0,069099               | 13,1     | 159,7       | 0,338        | -0,913       | 0,227        | -0,406               | 0,913                | 0,928                | 14. Feb. | 23     | 10:34   | 10:56               |        |      |
| 2022-01-02 11:14:00 | 0,011798          | 933,8718   | 2               | 0,270856     | 0,014347           | 0,069184               | 13,2     | 159,9       | 0,334        | -0,915       | 0,228        | -0,403               | 0,915                | 0,931                | 15. Feb. | 23     | 10:33   | 10:55               |        |      |
| 2022-01-02 11:15:00 | 0,011693          | 935,4111   | 2               | 0,267845     | 0,014211           | 0,069229               | 13,2     | 160,2       | 0,33         | -0,916       | 0,229        | -0,4                 | 0,916                | 0,933                | 16. Feb. | 22     | 10:32   | 10:53               |        |      |
| 2022-01-02 11:16:00 | 0,011583          | 936,9129   | 2               | 0,264888     | 0,014076           | 0,069231               | 13,3     | 160,4       | 0,326        | -0,917       | 0,23         | -0,398               | 0,917                | 0,936                | 17. Feb. | 23     | 10:30   | 10:52               |        |      |
| 2022-01-02 11:17:00 | 0,011467          | 938,3372   | 2               | 0,261996     | 0,013943           | 0,069189               | 13,3     | 160,6       | 0,323        | -0,918       | 0,231        | -0,395               | 0,918                | 0,939                | 18. Feb. | 22     | 10:29   | 10:50               |        |      |

| Minuten | Minuten im Zeitraum | Erste Zeit | Letzte Zeit | Messpunkt OP 2 |
|---------|---------------------|------------|-------------|----------------|
| 11      | 3048                | 09:43      | 11:33       |                |

Potentielle Reflexionen am Messpunkt OP 2:  
 3848 Minuten pro Jahr (Summe grauer)  
 11 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Bereinigung (Datenzeit mit 4995 Ereignis / 1147):  
 1. Zeitraum ab 05:50 Uhr bis Sonnenuntergang  
 2. Sonnenstand über Horizont ist min. 5° (Standard: min. 10°)  
 3. Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)



| Datum               | Coronal<br>Inzidenz | DMI<br>(M/m <sup>2</sup> ) | Ocular<br>Hazard # | Reflectivity | Retinal<br>Inzidenz | Schwändel<br>Glare-Angle | Sun<br>Azimuth | Sun<br>Position | Sun<br>Position | Sun<br>Position | Reflected<br>Sun Vector | Reflected<br>Sun Vector | Reflected<br>Sun Vector | Tag   | Anzahl<br>Minuten | Anfang | Ende  |          |
|---------------------|---------------------|----------------------------|--------------------|--------------|---------------------|--------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-------------------|--------|-------|----------|
|                     |                     |                            |                    |              |                     |                          |                |                 |                 |                 |                         |                         |                         |       |                   |        |       | Altitude |
| 2022-03-01 10:12:00 | 0,004955            | 881,2787                   | 2                  | 0,193911     | 0,009693            | 0,015789                 | 21,3           | 137,8           | 0,626           | -0,69           | 0,363                   | -0,724                  | 0,69                    | 0,002 | 5. Mrz.           | 2      | 10:05 | 10:06    |
| 2022-03-01 10:13:00 | 0,004928            | 882,7652                   | 2                  | 0,190957     | 0,009561            | 0,01168                  | 21,4           | 138             | 0,623           | -0,692          | 0,365                   | -0,722                  | 0,691                   | 0,005 | 6. Mrz.           | 3      | 10:04 | 10:06    |
| 2022-03-01 10:14:00 | 0,004423            | 884,2429                   | 2                  | 0,188054     | 0,009431            | 0,006753                 | 21,5           | 138,3           | 0,619           | -0,694          | 0,367                   | -0,72                   | 0,694                   | 0,008 | 7. Mrz.           | 6      | 10:02 | 10:07    |
| 2022-03-01 10:15:00 | 0,004121            | 885,7117                   | 2                  | 0,185199     | 0,009304            | 0,000534                 | 21,6           | 138,7           | 0,616           | -0,696          | 0,368                   | -0,718                  | 0,696                   | 0,011 | 8. Mrz.           | 9      | 10:00 | 10:08    |
| 2022-03-02 10:10:00 | 0,005348            | 880,0359                   | 2                  | 0,190689     | 0,009519            | 0,025237                 | 21,5           | 137,4           | 0,63            | -0,684          | 0,367                   | -0,729                  | 0,684                   | 0,003 | 9. Mrz.           | 10     | 09:59 | 10:08    |
| 2022-03-02 10:11:00 | 0,005118            | 881,5203                   | 2                  | 0,187783     | 0,009389            | 0,022262                 | 21,6           | 137,6           | 0,627           | -0,686          | 0,369                   | -0,727                  | 0,686                   | 0,006 | 10. Mrz.          | 12     | 09:57 | 10:08    |
| 2022-03-02 10:12:00 | 0,004875            | 882,9561                   | 2                  | 0,184917     | 0,009261            | 0,018764                 | 21,7           | 137,8           | 0,623           | -0,689          | 0,37                    | -0,725                  | 0,689                   | 0,009 | 11. Mrz.          | 13     | 09:55 | 10:07    |
| 2022-03-02 10:13:00 | 0,004608            | 884,4631                   | 2                  | 0,1821       | 0,009135            | 0,014414                 | 21,9           | 138,1           | 0,62            | -0,691          | 0,372                   | -0,723                  | 0,691                   | 0,012 | 12. Mrz.          | 15     | 09:53 | 10:07    |
| 2022-03-02 10:14:00 | 0,004311            | 885,9215                   | 2                  | 0,179331     | 0,009011            | 0,008875                 | 22             | 138,3           | 0,617           | -0,693          | 0,374                   | -0,721                  | 0,693                   | 0,015 | 13. Mrz.          | 16     | 09:52 | 10:07    |
| 2022-03-02 10:15:00 | 0,00398             | 887,3712                   | 2                  | 0,176608     | 0,008889            | 0,001725                 | 22,1           | 138,6           | 0,613           | -0,695          | 0,376                   | -0,719                  | 0,695                   | 0,019 | 14. Mrz.          | 18     | 09:50 | 10:07    |
| 2022-03-03 10:08:00 | 0,005853            | 878,817                    | 2                  | 0,19045      | 0,009493            | 0,034289                 | 21,7           | 136,7           | 0,637           | -0,676          | 0,369                   | -0,736                  | 0,676                   | 0,001 | 15. Mrz.          | 18     | 09:48 | 10:05    |
| 2022-03-03 10:09:00 | 0,005671            | 880,2992                   | 2                  | 0,187523     | 0,009363            | 0,032459                 | 21,8           | 137             | 0,634           | -0,679          | 0,371                   | -0,734                  | 0,679                   | 0,004 | 16. Mrz.          | 19     | 09:46 | 10:04    |
| 2022-03-03 10:10:00 | 0,005463            | 881,7729                   | 2                  | 0,184645     | 0,009235            | 0,03023                  | 21,9           | 137,2           | 0,631           | -0,681          | 0,373                   | -0,732                  | 0,681                   | 0,007 | 17. Mrz.          | 19     | 09:45 | 10:03    |
| 2022-03-03 10:11:00 | 0,00523             | 883,238                    | 2                  | 0,181817     | 0,009108            | 0,027369                 | 22             | 137,4           | 0,627           | -0,683          | 0,374                   | -0,73                   | 0,683                   | 0,011 | 18. Mrz.          | 20     | 09:42 | 10:01    |
| 2022-03-03 10:12:00 | 0,005004            | 884,6945                   | 2                  | 0,179036     | 0,008984            | 0,024407                 | 22,1           | 137,7           | 0,624           | -0,685          | 0,376                   | -0,728                  | 0,685                   | 0,014 | 19. Mrz.          | 19     | 09:41 | 09:59    |
| 2022-03-03 10:13:00 | 0,004741            | 886,1425                   | 2                  | 0,176303     | 0,008861            | 0,020398                 | 22,2           | 137,9           | 0,621           | -0,687          | 0,378                   | -0,726                  | 0,687                   | 0,017 | 20. Mrz.          | 20     | 09:39 | 09:58    |
| 2022-03-03 10:14:00 | 0,004453            | 887,5819                   | 2                  | 0,173617     | 0,00874             | 0,015428                 | 22,3           | 138,2           | 0,617           | -0,689          | 0,379                   | -0,724                  | 0,689                   | 0,02  | 21. Mrz.          | 20     | 09:37 | 09:56    |
| 2022-03-03 10:15:00 | 0,004122            | 889,0126                   | 2                  | 0,170976     | 0,008621            | 0,00881                  | 22,4           | 138,4           | 0,614           | -0,691          | 0,381                   | -0,722                  | 0,691                   | 0,023 | 22. Mrz.          | 21     | 09:35 | 09:55    |
| 2022-03-03 10:16:00 | 0,003757            | 890,4347                   | 2                  | 0,168338     | 0,008504            | 0,000271                 | 22,5           | 138,6           | 0,61            | -0,694          | 0,383                   | -0,72                   | 0,694                   | 0,026 | 23. Mrz.          | 21     | 09:34 | 09:54    |
| 2022-03-04 10:07:00 | 0,006113            | 879,1014                   | 2                  | 0,187273     | 0,009338            | 0,039641                 | 21,9           | 136,3           | 0,641           | -0,671          | 0,373                   | -0,742                  | 0,671                   | 0,003 | 24. Mrz.          | 22     | 09:32 | 09:53    |
| 2022-03-04 10:08:00 | 0,005933            | 880,5728                   | 2                  | 0,184384     | 0,009209            | 0,038189                 | 22             | 136,5           | 0,638           | -0,673          | 0,375                   | -0,74                   | 0,673                   | 0,006 | 25. Mrz.          | 21     | 09:30 | 09:50    |
| 2022-03-04 10:09:00 | 0,005694            | 882,0358                   | 2                  | 0,181544     | 0,009082            | 0,035678                 | 22,1           | 136,8           | 0,634           | -0,675          | 0,377                   | -0,738                  | 0,675                   | 0,009 | 26. Mrz.          | 22     | 09:28 | 09:49    |
| 2022-03-04 10:10:00 | 0,005539            | 883,4904                   | 2                  | 0,178753     | 0,008957            | 0,034407                 | 22,2           | 137             | 0,631           | -0,677          | 0,378                   | -0,736                  | 0,677                   | 0,012 | 27. Mrz.          | 22     | 09:27 | 09:48    |
| 2022-03-04 10:11:00 | 0,005321            | 884,9364                   | 2                  | 0,17601      | 0,008834            | 0,031294                 | 22,3           | 137,3           | 0,628           | -0,679          | 0,38                    | -0,734                  | 0,679                   | 0,015 | 28. Mrz.          | 22     | 09:24 | 09:45    |
| 2022-03-04 10:12:00 | 0,005085            | 886,374                    | 2                  | 0,173313     | 0,008713            | 0,028931                 | 22,4           | 137,5           | 0,624           | -0,681          | 0,382                   | -0,732                  | 0,681                   | 0,018 | 29. Mrz.          | 22     | 09:23 | 09:44    |
| 2022-03-04 10:13:00 | 0,004828            | 887,8031                   | 2                  | 0,170662     | 0,008594            | 0,025249                 | 22,5           | 137,7           | 0,621           | -0,684          | 0,383                   | -0,73                   | 0,684                   | 0,022 | 30. Mrz.          | 22     | 09:21 | 09:42    |
| 2022-03-04 10:14:00 | 0,004541            | 889,2237                   | 2                  | 0,168056     | 0,008476            | 0,02054                  | 22,6           | 138             | 0,618           | -0,686          | 0,385                   | -0,727                  | 0,686                   | 0,025 | 31. Mrz.          | 22     | 09:19 | 09:40    |
| 2022-03-04 10:15:00 | 0,004275            | 890,6358                   | 2                  | 0,165495     | 0,00836             | 0,014601                 | 22,8           | 138,2           | 0,614           | -0,688          | 0,387                   | -0,725                  | 0,688                   | 0,028 | 1. Apr.           | 22     | 09:17 | 09:38    |
| 2022-03-04 10:16:00 | 0,003958            | 892,0393                   | 2                  | 0,162977     | 0,008246            | 0,006483                 | 22,9           | 138,5           | 0,611           | -0,69           | 0,388                   | -0,723                  | 0,69                    | 0,031 | 2. Apr.           | 21     | 09:16 | 09:36    |
| 2022-03-05 10:05:00 | 0,00645             | 877,9262                   | 2                  | 0,187095     | 0,009313            | 0,044673                 | 22             | 136,6           | 0,648           | -0,663          | 0,375                   | -0,749                  | 0,663                   | 0,001 | 3. Apr.           | 22     | 09:13 | 09:34    |
| 2022-03-05 10:06:00 | 0,006298            | 879,3953                   | 2                  | 0,184335     | 0,009184            | 0,043306                 | 22,1           | 136,9           | 0,645           | -0,665          | 0,377                   | -0,747                  | 0,665                   | 0,004 | 4. Apr.           | 21     | 09:12 | 09:32    |
| 2022-03-05 10:07:00 | 0,006057            | 880,8561                   | 2                  | 0,181584     | 0,009057            | 0,041524                 | 22,3           | 136,1           | 0,642           | -0,667          | 0,379                   | -0,745                  | 0,667                   | 0,007 | 5. Apr.           | 21     | 09:10 | 09:30    |
| 2022-03-05 10:08:00 | 0,005822            | 882,3085                   | 2                  | 0,178843     | 0,008932            | 0,040796                 | 22,4           | 136,4           | 0,638           | -0,669          | 0,38                    | -0,743                  | 0,669                   | 0,01  | 6. Apr.           | 21     | 09:08 | 09:28    |
| 2022-03-05 10:09:00 | 0,005578            | 883,7525                   | 2                  | 0,175729     | 0,008808            | 0,039825                 | 22,5           | 136,6           | 0,635           | -0,671          | 0,382                   | -0,741                  | 0,671                   | 0,014 | 7. Apr.           | 21     | 09:06 | 09:26    |
| 2022-03-05 10:10:00 | 0,005378            | 885,1887                   | 2                  | 0,173022     | 0,008687            | 0,03786                  | 22,6           | 136,8           | 0,632           | -0,674          | 0,384                   | -0,739                  | 0,674                   | 0,017 | 8. Apr.           | 20     | 09:05 | 09:24    |
| 2022-03-05 10:11:00 | 0,005162            | 886,6155                   | 2                  | 0,170361     | 0,008567            | 0,03552                  | 22,7           | 137,1           | 0,628           | -0,676          | 0,386                   | -0,737                  | 0,676                   | 0,02  | 9. Apr.           | 20     | 09:04 | 09:23    |
| 2022-03-05 10:12:00 | 0,004912            | 888,0344                   | 2                  | 0,167746     | 0,008449            | 0,03267                  | 22,8           | 137,3           | 0,625           | -0,678          | 0,387                   | -0,735                  | 0,678                   | 0,023 | 10. Apr.          | 20     | 09:01 | 09:20    |
| 2022-03-05 10:13:00 | 0,004674            | 889,4449                   | 2                  | 0,165175     | 0,008333            | 0,02995                  | 22,9           | 137,6           | 0,622           | -0,68           | 0,389                   | -0,733                  | 0,68                    | 0,026 | 11. Apr.          | 19     | 09:00 | 09:18    |
| 2022-03-05 10:14:00 | 0,004409            | 890,8469                   | 2                  | 0,162648     | 0,008218            | 0,024754                 | 23             | 137,8           | 0,618           | -0,682          | 0,391                   | -0,731                  | 0,682                   | 0,029 | 12. Apr.          | 20     | 08:58 | 09:17    |
| 2022-03-05 10:15:00 | 0,004174            | 892,2406                   | 2                  | 0,160164     | 0,008105            | 0,01895                  | 23,1           | 138,1           | 0,615           | -0,684          | 0,392                   | -0,729                  | 0,684                   | 0,032 | 13. Apr.          | 19     | 08:56 | 09:14    |
| 2022-03-05 10:16:00 | 0,003905            | 893,6258                   | 2                  | 0,157722     | 0,007994            | 0,011056                 | 23,2           | 138,3           | 0,611           | -0,686          | 0,394                   | -0,726                  | 0,686                   | 0,036 | 14. Apr.          | 20     | 08:54 | 09:13    |
| 2022-03-06 10:04:00 | 0,006446            | 878,2398                   | 2                  | 0,183899     | 0,009318            | 0,046069                 | 22,3           | 135,7           | 0,652           | -0,657          | 0,379                   | -0,754                  | 0,657                   | 0,002 | 15. Apr.          | 19     | 08:53 | 09:11    |
| 2022-03-06 10:05:00 | 0,006382            | 879,6982                   | 2                  | 0,181018     | 0,009203            | 0,044612                 | 22,4           | 135,4           | 0,649           | -0,659          | 0,381                   | -0,752                  | 0,659                   | 0,005 | 16. Apr.          | 19     | 08:51 | 09:09    |
| 2022-03-06 10:06:00 | 0,00627             | 881,1483                   | 2                  | 0,178226     | 0,009087            | 0,043                    | 22,5           | 135,7           | 0,645           | -0,661          | 0,383                   | -0,75                   | 0,661                   | 0,009 | 17. Apr.          | 19     | 08:49 | 09:07    |
| 2022-03-06 10:07:00 | 0,006156            | 882,5901                   | 2                  | 0,175461     | 0,008973            | 0,042302                 | 22,6           | 135,9           | 0,642           | -0,663          | 0,384                   | -0,748                  | 0,663                   | 0,012 | 18. Apr.          | 18     | 08:48 | 09:05    |
| 2022-03-06 10:08:00 | 0,006037            | 884,0238                   | 2                  | 0,172745     | 0,008861            | 0,04026                  | 22,7           | 136,2           | 0,639           | -0,665          | 0,386                   | -0,746                  | 0,665                   | 0,015 | 19. Apr.          | 19     | 08:46 | 09:04    |
| 2022-03-06 10:09:00 | 0,005913            | 885,4491                   | 2                  | 0,170074     | 0,008741            | 0,042664                 | 22,8           | 136,4           | 0,635           | -0,668          | 0,388                   | -0,744                  | 0,668                   | 0,018 | 20. Apr.          | 18     | 08:45 | 09:02    |
| 2022-03-06 10:10:00 | 0,005784            | 886,8662                   | 2                  | 0,167449     | 0,008623            | 0,040776                 | 22,9           | 136,7           | 0,632           | -0,67           | 0,39                    | -0,742                  | 0,67                    | 0,021 | 21. Apr.          | 18     | 08:43 | 09:00    |
| 2022-03-06 10:11:00 | 0,00567             | 888,275                    | 2                  | 0,164889     | 0,008506            | 0,038503                 | 23             | 136,9           | 0,629           | -0,672          | 0,391                   | -0,74                   | 0,672                   | 0,024 | 22. Apr.          | 18     | 08:41 | 08:58    |

| Zeitraum   | Start       | Ende | Minuten pro Tag | Minuten im Zeitraum | Erste Zeit | Letzte Zeit | Messpunkt OP 3 |
|------------|-------------|------|-----------------|---------------------|------------|-------------|----------------|
|            |             |      |                 |                     |            |             |                |
| 07. März   |             |      | 22              | 1026                | 08:30      | 10:08       |                |
| 11. August | 06. Oktober |      | 22              | 1028                | 08:36      | 09:47       |                |

Potenzielle Reflexionen am Messpunkt OP 3:

2054 Minuten pro Jahr (Quenne gesamt)

568 Minuten im Juni-September mit Sichtschutz durch Blatwerk

1006 Minuten im Oktober-Mai ohne Sichtschutz durch Blatwerk

22 Minuten pro Tag (Max)

Parameter für Daten Berechnung (Übersatz mit 3434 Einträgen /-1168):

1. Zeitraum ab 05:50 Uhr bis Sonnenuntergang
2. Sonnenstand über Horizont ist min. 5° (Standard: min. 10°)
3. Dauer der Reflexion ist min. 5 Minuten pro Tag (Standard: min. 5 Minuten)

